

Expertise collective

Activité physique

Contextes et effets sur la santé

L'exercice physique est de moins en moins intégré aux activités de la vie quotidienne telles que le travail ou les déplacements. Les conséquences sanitaires de cette évolution des modes de vie vers une plus grande sédentarisation inquiètent les pouvoirs publics. Même si de plus en plus de personnes s'adonnent aux activités physiques ou sportives pendant leurs loisirs, la majorité de la population n'atteint pas le niveau d'activité physique hebdomadaire requis pour un effet bénéfique sur la santé.

À la demande du ministère de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative, l'Inserm a réuni un groupe pluridisciplinaire d'experts afin de réaliser, selon la procédure d'expertise collective, une analyse des déterminants individuels et collectifs susceptibles de favoriser l'activité physique, une évaluation des effets de l'activité physique sur la santé, ainsi que l'analyse des contextes sociaux et environnementaux dans lesquels se sont développées les activités physiques et sportives au cours de l'histoire récente.

À l'issue de la synthèse des données, le groupe d'experts propose de promouvoir l'activité physique pour tous en insistant sur ses bienfaits pour la santé et de développer l'activité physique chez l'enfant et l'adolescent sous des formes ludiques intégrées au temps scolaire. Il souligne la nécessité d'adapter les recommandations d'exercice physique pour les patients atteints de pathologie chronique en fonction de leur état de santé.

La réalisation de ces recommandations ne peut se faire qu'avec l'aménagement de l'environnement (transports actifs, activités de jeux à l'école, activités sur les lieux de travail...). Des recherches sont cependant encore nécessaires pour mieux comprendre les mécanismes physiologiques en jeu dans les effets de l'activité physique sur la santé et pour optimiser son action préventive. Il est important également de prévoir l'évaluation des actions de promotion entreprises à l'échelle nationale.

Prix : 60 €

ISBN 978-2-85598-862-4

ISSN 978-2-85598-863-2



9 782855 988627

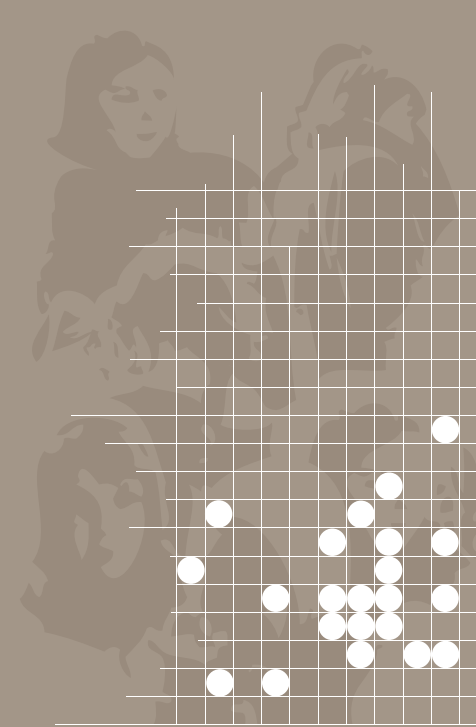
Inserm

www.inserm.fr

Expertise collective

Activité physique Contextes et effets sur la santé

Inserm



Expertise collective

Activité physique

Contextes et effets sur la santé

Inserm

Institut national
de la santé et de la recherche médicale

Activité physique

Contextes et effets
sur la santé

© Les éditions Inserm, 2008 101 rue de Tolbiac, 75013 Paris

- Dans la même collection**
- Lombalgies en milieu professionnel. Quels facteurs de risques et quelle prévention ? 2000
 - Dioxines dans l'environnement. Quels risques pour la santé ? 2000
 - Hormone replacement therapy. Influence on cardiovascular risk ? 2000
 - Rythmes de l'enfant. De l'horloge biologique aux rythmes scolaires. 2001
 - Susceptibilités génétiques et expositions professionnelles. 2001
 - Éducation pour la santé des jeunes. Démarches et méthodes. 2001
 - Alcool. Effets sur la santé. 2001
 - Cannabis. Quels effets sur le comportement et la santé ? 2001
 - Asthme. Dépistage et prévention chez l'enfant. 2002
 - Déficits visuels. Dépistage et prise en charge chez le jeune enfant. 2002
 - Troubles mentaux. Dépistage et prévention chez l'enfant et l'adolescent. 2002
 - Alcool. Dommages sociaux, abus et dépendance. 2003
 - Hépatite C. Transmission nosocomiale. État de santé et devenir des personnes atteintes. 2003
 - Santé des enfants et des adolescents, propositions pour la préserver. Expertise opérationnelle. 2003
 - Tabagisme. Prise en charge chez les étudiants. 2003
 - Tabac. Comprendre la dépendance pour agir. 2004
 - Psychothérapie. Trois approches évaluées. 2004
 - Déficiences et handicaps d'origine périnatale. Dépistage et prise en charge. 2004
 - Tuberculose. Place de la vaccination dans la maladie. 2004
 - Suicide. Autopsie psychologique, outil de recherche en prévention. 2005
 - Cancer. Approche méthodologique du lien avec l'environnement. 2005
 - Trouble des conduites chez l'enfant et l'adolescent. 2005
 - Cancers. Pronostics à long terme. 2006
 - Éthers de glycol. Nouvelles données toxicologiques. 2006
 - Déficits auditifs. Recherches émergentes et applications chez l'enfant. 2006
 - Obésité. Bilan et évaluation des programmes de prévention et de prise en charge. 2006
 - La voix. Ses troubles chez les enseignants. 2006
 - Dyslexie, dysorthographe, dyscalculie. Bilan des données scientifiques. 2007
 - Maladie d'Alzheimer. Enjeux scientifiques, médicaux et sociétaux. 2007
 - Croissance et puberté. Évolutions séculaires, facteurs environnementaux et génétiques. 2007



Ce logo rappelle que le code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants-droits.

Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique.

Toute reproduction, partielle ou totale, du présent ouvrage est interdite sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20 rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).

Activité physique

Contextes et effets
sur la santé

Expertise collective

Inserm
●

Institut national
de la santé et de la recherche médicale

Ce document présente les travaux du groupe d'experts réunis par l'Inserm dans le cadre de la procédure d'expertise collective (annexe), pour répondre à la demande du ministère de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative^a concernant l'activité physique, ses contextes et ses effets sur la santé. Ce travail s'appuie sur les données scientifiques disponibles en date du second semestre 2007. Près de 2 000 articles ont constitué la base documentaire de cette expertise.

Le Centre d'expertise collective de l'Inserm a assuré la coordination de cette expertise collective.

a. Désignation en vigueur jusqu'au mois de juin 2007.

Groupe d'experts et auteurs

Sylvain AQUATIAS, Université de Limoges, Institut universitaire de formation des maîtres, PPF Interactions didactiques et langages / GRESCO (groupe de recherche en sociologie du Centre Ouest)

Jean-François ARNAL, Inserm U 858, Institut de médecine moléculaire de Rangueil (I2MR), Toulouse ; Fabien PILLARD, Service d'exploration de la fonction respiratoire et de médecine du sport, Hôpital Larrey, Toulouse ; Daniel RIVIÈRE, Service d'exploration de la fonction respiratoire et de médecine du sport, Clinique des voies respiratoires, Hôpital Larrey, Toulouse
Jean BILARD, EA 4206, Conduites addictives de performance et santé, Université Montpellier I, Montpellier

Jean-Paul CALLÈDE, CNRS UMR 8598, Groupe d'étude des méthodes de l'analyse sociologique, Maison des sciences de l'homme, Paris

Jean-Marie CASILLAS, Inserm U 887, Motricité et plasticité, Pôle de rééducation et réadaptation, CHU, Dijon

Marie CHOQUET, Inserm U 669, Troubles du comportement alimentaire et santé mentale des adolescents, Maison des adolescents, Hôpital Cochin, Paris

Charles COHEN-SALMON, Inserm U 676, Physiopathologie, conséquences fonctionnelles et neuroprotection des atteintes du cerveau en développement, Hôpital Robert Debré, Paris

Daniel COURTEIX, Laboratoire de biologie de l'activité physique et sportive, EA 3533, Université Blaise Pascal, UFR STAPS, Clermont-Ferrand II

Martine DUCLOS, Service de médecine du sport et des explorations fonctionnelles, CHU Gabriel Montpied, Centre de recherche en nutrition humaine (CRNH-Auvergne), INRA UMR 1019, Université Clermont I, Clermont-Ferrand

Pascale DUCHÉ, Laboratoire de biologie de l'activité physique et sportive, EA 3533, Université Blaise Pascal, UFR STAPS, Clermont-Ferrand II

Charles-Yannick GUEZENNEC, Pôle départemental de médecine du sport de l'Essonne, Centre national du rugby, Marcoussis

Patrick MIGNON, Laboratoire de sociologie du sport, Institut national du sport et de l'éducation physique (INSEP), Paris

Jean-Michel OPPERT, Inserm U 557, Épidémiologie nutritionnelle, Centre de recherche en nutrition humaine Île-de-France ; Service de nutrition, Hôpital Pitié-Salpêtrière (AP-HP), Paris ; Université Pierre et Marie Curie, Paris

Christian PREFAUT, Inserm ERI 25, Muscle et pathologies, Service central de physiologie clinique, Hôpital Arnaud de Villeneuve, Montpellier

Pierre ROCHCONGAR, Unité de biologie et médecine du sport, CHU de Rennes, Rennes

Anne VUILLEMIN, École de santé publique, Faculté de médecine, Université Henri Poincaré, Nancy I, Vandoeuvre lès Nancy

Ont présenté une communication

François DUFOREZ, Damien LEGER, Centre du sommeil et de la vigilance, Hôtel-Dieu, Paris

Brian MARTIN, Office fédéral du sport, Haute école fédérale, Macolin, Suisse

Francesca RACIOPPI, Organisation mondiale de la santé (OMS), Rome, Italie

Angélo TREMBLAY et Jean-Philippe CHAPUT, Service de médecine sociale et préventive, Université de Laval, Québec

Wanda WENDEL-VOS, Centre de prévention santé, Institut national santé et environnement, Bilthoven, Pays-Bas

Ont fait une relecture critique

Martine BUNGENER, Cermes (Centre de recherche médecine, science, santé et société), CNRS UMR 8169 – Inserm U 750, EHESS, Université Paris-XI, Villejuif

Didier MAINARD, Physiopathologie et pharmacologie articulaires, UMR CNRS 7561, Service de chirurgie orthopédique, Hôpital central, Nancy

Coordination scientifique, éditoriale, bibliographique et logistique

Fabienne BONNIN, attachée scientifique, Centre d'expertise collective de l'Inserm, Faculté de médecine Xavier-Bichat, Paris

Catherine CHENU, attachée scientifique, Centre d'expertise collective de l'Inserm, Faculté de médecine Xavier-Bichat, Paris

Véronique DUPREZ, chargée d'expertise, Centre d'expertise collective de l'Inserm, Faculté de médecine Xavier-Bichat, Paris

Jeanne ÉTIEMBLE, directrice, Centre d'expertise collective de l'Inserm, Faculté de médecine Xavier-Bichat, Paris

Cécile GOMIS, secrétaire, Centre d'expertise collective de l'Inserm, Faculté de médecine Xavier-Bichat, Paris

Anne-Laure PELLIER, attachée scientifique, Centre d'expertise collective de l'Inserm, Faculté de médecine Xavier-Bichat, Paris

Chantal RONDET-GRELLIER, documentaliste, Centre d'expertise collective de l'Inserm, Faculté de médecine Xavier-Bichat, Paris

Sommaire

Avant-propos.....	XI
-------------------	----

Analyse

I Contextes de l'activité physique et sportive en France ...	1
1. Jalons historiques des pratiques physiques et sportives	3
2. Fondements des politiques du sport.....	17
3. Évolution des pratiques physiques et sportives.....	37
4. Contextes sociaux et motivations	59
5. Facteurs déterminants de l'environnement.....	99
6. Stratégies de promotion de l'activité physique	119

II Mesures de l'activité physique et effet global sur la santé.....	147
7. Mesures et caractéristiques	149
8. Effets sur la mortalité.....	175
9. Effets sur le bien-être et la qualité de vie	193

III Activité physique et fonctions physiologiques.....	211
10. Fonction musculaire.....	213
11. Capital osseux	241
12. Fonction endothéliale et régulation rhéologique	281
13. Système immunitaire	313
14. Fonctions cérébrales et système nerveux	323
15. Facteurs génétiques de la réponse à l'entraînement	337

IV Activité physique et pathologies	349
16. Maladies cardiovasculaires.....	351
17. Cancer.....	409
18. Maladies respiratoires.....	433
19. Obésité	447

20. Traumatismes et handicaps	485
21. Santé mentale	509
22. Addictions.....	539
V Activité physique dans différentes populations	565
23. Chez l'enfant et l'adolescent.....	567
24. Chez la femme.....	575
25. Chez la personne âgée.....	611
26. Évolution des recommandations internationales	633
Synthèse et recommandations	651
Communications.....	753
Promotion de l'activité physique en Europe : définir des stratégies intégrées	755
Promotion de l'activité physique dans la vie quotidienne : une opportunité pour le secteur des transports.....	769
Promotion de l'activité physique aux Pays-Bas : coût-efficacité des programmes d'intervention	779
Promotion de l'activité physique au Québec : lutte contre l'obésité dans un contexte de mondialisation	783
Effets de l'activité physique sur le sommeil	795
Annexe.....	805
Expertise collective Inserm : éléments de méthode	807

Avant-propos

Dans les pays industrialisés, l'évolution du mode de vie s'accompagne d'un abandon progressif de la dépense physique dans les activités professionnelles comme dans celles de la vie courante. Si le labeur physique excessif dans les périodes antérieures a contribué à un vieillissement prématuré de la population, aujourd'hui, l'accroissement du travail sédentaire tend à priver une majorité d'individus d'une stimulation physique nécessaire au bon équilibre et à la santé. L'épidémie d'obésité et l'accroissement de maladies chroniques, telles que les maladies cardiovasculaires, sont souvent mis en relation avec ce phénomène.

Cette réalité interpelle les pouvoirs publics et les professionnels des champs sanitaire et sportif qui s'interrogent sur leur capacité à agir sur les habitudes de vie, le bien-être et la santé de la population par différentes stratégies de promotion de l'activité physique. « Bouger » est ainsi devenu un nouvel enjeu de santé publique.

S'il est communément admis que l'activité physique régulière est bonne pour la santé, notamment pour prévenir ou contribuer au traitement de certaines maladies chroniques, la relation entre activité physique ou sportive et santé est beaucoup plus complexe qu'il n'y paraît. Cette relation dépend en effet de nombreux paramètres individuels tels que l'âge, le genre, l'état de santé, les déterminants psychosociologiques mais également des caractéristiques de l'activité elle-même, son volume et sa fréquence au cours de la vie.

Le ministère de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative^b a sollicité l'Inserm pour la réalisation d'une expertise collective, à partir des connaissances scientifiques et médicales, concernant les effets sur la santé de l'activité physique et sportive en termes de bénéfices et de risques. Le dopage qui constitue un domaine d'investigation en tant que tel est exclu du cadre de l'expertise.

L'Inserm a réuni un groupe pluridisciplinaire d'experts compétents dans le champ de la sociologie, épidémiologie, physiologie, clinique, biologie, psychologie, santé publique. Au cours de 13 séances de travail, le groupe a analysé et synthétisé la littérature scientifique et médicale internationale pour aborder les questions suivantes :

- Quelles sont les conséquences de l'évolution des modes de vie sur l'activité physique dans la vie courante ?

b. Désignation en vigueur jusqu'au mois de juin 2007.

- Quelles sont les données chiffrées récentes sur l'activité physique et sportive en France selon le sexe, l'âge et le niveau socioéconomique ? Comment la France se situe-t-elle par rapport aux autres pays ?
- Quel est le contexte socio-historique de la pratique sportive en France et quels sont les fondements des politiques du « sport » ?
- Quels sont les déterminants psychosociologiques et environnementaux qui conditionnent l'adhésion à l'activité physique et sportive ? Quelles sont les stratégies de promotion de l'activité physique qui en découlent ?
- Quels sont les outils et méthodes pour mesurer l'activité physique en particulier celle de la vie courante ?
- Quelles sont les évidences épidémiologiques concernant le lien entre activité physique et diminution de la mortalité ?
- Quels sont les effets de l'activité physique sur le bien-être, la qualité de vie, le sommeil ?
- Que sait-on des effets de l'activité physique sur les grandes fonctions de l'organisme : fonction musculaire, capital osseux, système ostéo-articulaire, système cardiovasculaire, fonctions cérébrales, système immunitaire, contrôle du poids...? Quels sont les effets en terme de prévention des maladies ?
- Quels sont les données sur les bienfaits et les risques de l'activité physique chez les patients atteints de maladies cardiovasculaires, cancers, pathologies broncho-pulmonaires, troubles musculo-squelettiques, obésité ? Quels sont les types de pratiques, la fréquence et l'intensité nécessaires pour protéger contre ces maladies ou leurs facteurs de risque et pour contribuer au traitement ?
- Quels sont les traumatismes et leurs conséquences liés au sport et à l'activité physique ? Existe-t-il des contextes favorisant la dépendance au sport (contexte social, type de personnalité, sexe, âge) ?
- Que connaît-on sur les déterminants génétiques associés à la performance ?
- Quels sont les bénéfices et risques de l'activité physique dans certaines populations (enfants, femmes, athlètes, personnes âgées, personnes handicapées) au niveau de la santé physique et mentale ? Quelles caractéristiques doit présenter l'activité physique aux différents âges pour être bénéfique sur la santé ?
- Quelles sont les recommandations fondées sur les connaissances pour la population générale adulte, les enfants, les personnes âgées et les populations pathologiques ?

Pour compléter son analyse, le groupe d'experts a auditionné plusieurs intervenants dans les domaines de la recherche sur les stratégies de promotion de l'activité physique et les approches environnementales, les effets de l'activité physique sur le sommeil et les études en économie de la santé.

I

Contextes
de l'activité physique
et sportive en France

1

Jalons historiques des pratiques physiques et sportives

Les origines du « sport », en France, sont à la fois nombreuses et anciennes (instruction militaire, gymnastique scolaire, sport de l'aviron, sports athlétiques...). La question des origines est à rapprocher de celle relative aux fondements des politiques du sport en France mais elle ne saurait s'y limiter. Au tout début des années 1920, les politiques publiques sportives croisent une autre histoire : celle de la pratique associative des sports (pour l'essentiel les *Athletics* importés d'Outre-Manche), engagée dans les années 1880 et redynamisée avec l'entrée en vigueur de la loi sur la liberté d'association du 1^{er} juillet 1901. On peut situer autour de 1850 le début de l'ensemble des gymnastiques (gymnastique : de salon, de maintien, corrective, orthopédique...), la gymnastique par l'Armée ou encore la gymnastique dans le système scolaire¹.

Composantes importantes de la société civile, les associations sportives vont poursuivre leur développement tant elles sont soucieuses de leur autonomie, voire même de leur indépendance. Au contact de la puissance publique, elles vont contribuer à améliorer un nouvel espace culturel et éducatif de participation sociale, d'initiative, de concertation et de contractualisation autour du sport (Callède, 2001).

Évolution contextuelle des pratiques sportives en France

Le contexte socio-historique de la pratique sportive en France peut se subdiviser schématiquement en deux grandes phases d'évolution :

- une phase initiale de développement des clubs civils antérieure à l'implication directe de la puissance publique dans le domaine sportif (1880-1920) ;

1. L'École militaire de Joinville est fondée en 1852. La gymnastique est introduite dans l'enseignement des lycées en tant que matière facultative en 1854 (arrêté du 13 mars). Le *Rowing-club* de Paris est créé en 1859.

- une longue période de soutien – et d’accompagnement par étapes successives – de l’action sportive des clubs civils par les pouvoirs publics (à partir des années 1920) jusqu’à aujourd’hui. Les années 2000 témoignent d’une différenciation sociale des formes de l’activité sportive, avec des pratiquants de plus en plus nombreux, tandis que les aides de la puissance publique (l’État, les communes, les autres collectivités territoriales) n’ont jamais été aussi importantes.

Les dirigeants en charge du mouvement sportif pensent aujourd’hui qu’il faut « défendre l’unité du sport », depuis l’activité physique la plus modeste jusqu’au plus haut niveau de la compétition internationale... Cette unité peut en effet se concevoir autour de l’adhésion à des valeurs partagées. Cependant, la mise en avant de l’unité du sport peut, pour certains, justifier une position hégémonique du modèle de la compétition (sélection des meilleurs parmi les jeunes, performance, titres internationaux...) et masquer l’exigence légitime d’une activité physique régulière pour le plus grand nombre.

Phase de genèse

Différents modèles organisationnels d’exercice physique préexistent à l’implantation des sports athlétiques. Il s’agit, pour ne mentionner que les plus répandus, de la gymnastique, du tir, de l’escrime, de la vélocipédie, du canotage et de l’aviron. Il existe également la longue histoire de la prise en considération des exercices physiques par l’Armée (la marche, la nage, l’escrime, l’équitation, la gymnastique...) (Spivak, 1972). Il faut mentionner enfin l’enseignement de la gymnastique au sein de l’institution scolaire, en particulier dans les collèges et les lycées (Arnaud, 1991), qui va s’ouvrir progressivement aux jeux de plein air au tournant des années 1890. Dans ce contexte, plusieurs influences sont perceptibles, susceptibles de créer des tensions et des oppositions. L’Annuaire de la jeunesse², qui est une sorte de guide des études et de répertoire des établissements d’enseignement, s’en fait l’écho : « La question de l’éducation physique peut revêtir trois aspects principaux ; on peut la considérer au point de vue athlétique, au point de vue militaire, au point de vue hygiénique » (p. 3). Ainsi s’exprime respectivement, l’influence de l’USFSA (Union des sociétés françaises de sports athlétiques) dans laquelle s’implique activement Pierre de Coubertin, l’influence de l’École de Joinville et des professeurs de gymnastique formés dans la mouvance pédagogique de l’Union des sociétés de gymnastique de France et la corporation des médecins dont certains sont fermement acquis à la gymnastique suédoise.

Une dizaine d’années plus tard, l’Exposition universelle de Paris fournit l’occasion d’organiser une importante exposition de l’économie sociale

2. Annuaire de la Jeunesse (par MH Vuibert, rue des Écoles, Paris). Chapitre « Éducation physique ». Paris, Librairie Nony et Cie, 1894 (cinquième année) (VII-1111 p.), p 3-11

(et d'accueillir les 2^e Jeux Olympiques, 1900). L'économiste Charles Gide est en charge du rapport de synthèse de cette exposition qui traite de l'économie non marchande³. Deux points méritent d'être rappelés : tout d'abord, les institutions sociales présentes rassemblent toutes les œuvres, sociétés de secours mutuel ou de prévoyance, coopératives... fondées à l'initiative du mouvement associatif, du patronat ou de la puissance publique ; l'auteur choisit, pour illustrer la vie associative, de présenter la composition détaillée de 7 500 associations sportives⁴ (p. 42 et 43).

Évolution de la pratique sportive : les différents modèles

La deuxième période se caractérise par quelques étapes clé qui marquent l'évolution socio-historique du contexte de la pratique sportive. Jusqu'au milieu des années 1920, le modèle organisationnel le plus répandu est celui du club sportif (qui est souvent un club omnisports). Dans la mesure du possible, ce club s'efforce de devenir propriétaire de ses propres installations (siège, terrains de sports, vestiaire avec douches et sanitaires). Il s'agit du modèle associatif patrimonial.

Les élections municipales de 1925 marquent un nouveau jalon dans l'organisation locale du sport. Diverses municipalités urbaines sont conquises par la gauche. Celle-ci a inscrit les questions de l'éducation physique et de la culture dans son programme. Dans les deux mandats municipaux qui vont suivre (jusqu'en 1929, à partir de 1929...), l'équipement communal s'enrichit : stade, gymnase, piscine, salle dite d'éducation physique et de gymnastique médicale, centres aérés. C'est le modèle municipal d'équipement communal. Le gouvernement du Front populaire permettra de généraliser ces initiatives afin de les étendre à l'ensemble du territoire (pour l'essentiel des communes urbaines). Durant ces années de l'entre-deux-guerres, les directions de quelques grandes entreprises vont inscrire l'éducation physique, les sports et le contrôle médical au programme de leurs œuvres sociales (Pinot, 1924). Ce modèle paternaliste s'inscrit souvent dans une gestion globale – et contrôlée – de la population des salariés de l'entreprise⁵.

3. GIDE C. *Économie sociale* (Imprimerie nationale, 1903), Paris, Librairie de la Société du Recueil J.-B. Sirey & du Journal du Palais, 1907 (3^e édition revue et augmentée, 2^e éd. 1905) (Voir tout particulièrement l'avant-propos, p. V-VII et l'Introduction, p. 1-56)

4. De prime abord, le thème peut paraître « exotique ». Il l'est beaucoup moins si on rappelle que le rôle de l'économie sociale a été réaffirmée par un décret du 15 décembre 1981, créant la Délégation interministérielle à l'Économie sociale, et que le ministre des « sports » qui est à la tête du ministère de la Jeunesse, des Sports et de la Vie Associative jusqu'au mois de juin 2007, est en charge également de la Délégation interministérielle à l'Innovation sociale et à l'Économie sociale.

5. Michelin (Industriels). *Une expérience d'éducation physique. Prospérité*, revue trimestrielle d'organisation scientifique, Clermont-Ferrand, Éditions Michelin, n°12, 1932. Les résultats – positifs – de cette expérience d'application de la méthode hébertiste sont exposés dans la revue en 1936.

Durant la courte période du Front populaire (1936-1938), la prise en considération de la santé et du contrôle médical, au sein des associations sportives, résulte en grande partie de l'incitation des pouvoirs publics.

En résumant l'enchaînement des faits politiques, concernant la situation de la pratique sportive en France, à la veille de l'avènement de la V^e République (1958), l'essentiel de la pratique sportive se limite aux jeunes, principalement la jeunesse scolarisée, avec un net avantage pour les garçons par rapport aux filles. Les années 1960 vont connaître plusieurs changements :

- la modernisation du « système sportif » engagé par Maurice Herzog, alors Ministre des sports ;
- la crise du modèle associatif patrimonial ; les installations sportives ne répondent plus à la demande sociale ;
- la mise en place d'une politique municipale d'équipement sportif communal (surtout dans les villes de banlieues où l'habitat collectif est dense).

Un troisième modèle d'organisation de la pratique sportive se met en place : le modèle de coopération normalisée, qui conduit à rationaliser les efforts des partenaires en présence. L'action sportive locale se définit schématiquement par deux acteurs institutionnels mobilisant chacun des ressources propres. La municipalité fournit les équipements sportifs, avec les agents chargés de leur maintenance et les subventions aux clubs. Pour leur part, les clubs sportifs favorisent l'encadrement bénévole des sports et la transmission du modèle culturel du sport par l'apprentissage des disciplines sportives. Coexistent un modèle « communal » qui reconnaît la prépondérance des municipalités dans l'action sportive locale, et un modèle « libéral » qui privilégie son propre réseau d'influence sans s'opposer cependant au pluralisme associatif.

Jusqu'à la fin des années 1960, le contrôle médico-sportif assuré en tant que service public dans différentes antennes locales fonctionne de manière efficace. Pour sa part, Gildas Loirand interprète cette réalité comme étant caractéristique d'une conception fortement coercitive du rôle de l'État, face aux risques physiques qui accompagnent la pratique de la compétition sportive⁶. L'élan va cependant tourner court. Sinon, comment comprendre la banalisation de cette obligation de surveillance médicale dans les années qui suivent, alors même que l'accent est mis sur la compétition sportive ? En effet, on sait qu'ultérieurement le contrôle médico-sportif, réduit au certificat médical annuel (sérieux, de complaisance, voire délivré de façon

6. LOIRAND G. L'État et la cohésion instituée du mouvement sportif. In : Assises Nationales du Sport, Sport et société : quelle cohérence ? Actes du 3^e rassemblement des ANS, Lille, 12, 13 et 14 novembre 1998, Lille, reprogr. Ville de Lille (106 p), p. 34-40. « (...) en se polarisant sur ses propres fins — la compétition prise pour elle-même — le sport des années 1950-60 avait largement fait la preuve, pour l'État gardien du corps, des dangers et des risques qu'il faisait peser sur la santé physique et morale des pratiquants » (cit. p. 38).

quasi automatique...), va perdre peu à peu son caractère d'obligation, faute de contrôle. Ceci n'est pas sans conséquence. La modernisation de l'offre d'activité physique et sportive (APS) doublée d'une meilleure inscription dans des préoccupations de santé – l'ajustement à une demande sociale croissante – aurait pu être un bon outil pédagogique et « associatif » de santé publique.

Par ailleurs, c'est essentiellement le sport de compétition qui est valorisé, autrement dit le sport d'une minorité (de jeunes) au sein d'une population qui s'adonne aux activités sportives ou qui souhaiterait accéder à des activités de détente et d'entretien physique.

Évolutions observables depuis les années 1980

Durant les années 1980, le modèle prévalent depuis une vingtaine d'années, est traversé par diverses tensions. Il connaît tout à la fois une crise d'identité (avec la montée du professionnalisme et la place grandissante des enjeux financiers par exemple), de croissance (avec l'augmentation des adeptes d'activités physiques et sportives), de légitimité idéologique également. En effet, de « nouveaux publics » apparaissent (gymnastique volontaire, activités sportives de loisir...) et demandent d'accéder aux installations sportives (vestiaires, piscine, gymnase...). Les associations souhaitent bénéficier d'une subvention annuelle honorable. La différenciation sociale des formes organisées de la pratique sportive va en s'accroissant. Les clubs professionnels ou des sections professionnelles de certains clubs omnisports s'éloignent du sport de masse, et a fortiori du sport pour tous ou des activités d'entretien physique. Par ailleurs, la massification de la pratique sportive en particulier au cours des loisirs s'accompagne d'accidents et de traumatismes qui deviennent un sujet de préoccupations pour les médecins (Koralstein, 1986), et engendre de nouvelles dépenses de santé publique (sécurité sociale, mutuelles et assurances). La mise en place de programmes successifs de prévention de la délinquance juvénile par le sport dans les quartiers dits « sensibles » va couvrir un autre domaine d'animation qui n'a aucun équivalent dans les décennies passées.

Les clubs sportifs d'entreprise et l'activité sociale des comités d'entreprise (ces derniers ayant été instaurés par le législateur à la Libération) composent un autre modèle organisationnel pour promouvoir les activités physiques et sportives. Leur essor contribue à la démocratisation des loisirs et à l'innovation pédagogique, voire même à la recherche⁷. À partir de la fin des années

7. Mentionnons la série des « Cahiers de l'IFOREP », un institut de formation et de recherche lié à la Caisse d'action sociale des industries électriques et gazières (EDF-GDF), dont certains traitent des thèmes qui nous intéressent : « Les activités physiques et sportives », n°7, 1979 ; « Quel sport pour quelle santé ? », 1983 ; « Pour le sport », n°60, 1990.

1980, ces clubs vont être affectés par les transformations de la vie économique et la baisse sensible, à l'échelle du pays, d'une implication des syndicats.

La volonté du Mouvement olympique (le Comité national olympique et sportif français, CNOSF) est d'agir sur l'ensemble de l'échelle des niveaux de pratique du sport, ainsi que l'indique sans ambiguïté son président, Nelson Paillou⁸. « Quelles obligations nous dictent les communes ? Tout d'abord le sport pour tous. Je suis obligé de me battre dans le mouvement sportif pour faire comprendre aux fédérations que le sport pour tous est important. Je le distinguerai du sport de masse. Le sport de masse se pratique dans un club avec de la petite compétition de championnat. Le sport pour tous, c'est le sport de tous les âges, le sport ludique, le sport-jeu, c'est vivre son corps, c'est le sport-santé, c'est le sport-équilibre » (p. 9). Cependant, ce discours ne s'accorde pas avec ce qui est observé. D'une part, le sport de compétition reste prioritaire, d'autre part, les adeptes du « sport pour tous » n'entendent pas adhérer aux clubs sportifs.

Situation actuelle

Le contexte de la pratique sportive se compose aujourd'hui de la compétition sportive de masse organisée par les clubs, du secteur du sport de haut niveau qui relève désormais de clubs plus ou moins professionnels et l'activité physique des sportifs non affiliés à une association. À ces composantes, vient s'ajouter le sport scolaire pratiqué sur une base volontaire dans les établissements de l'enseignement secondaire (en dehors des heures obligatoires d'éducation physique et sportives).

Les récentes enquêtes statistiques montrent que plus de deux pratiquants « sportifs » sur trois ne possèdent pas d'affiliation à un groupement. Il y a autant de non pratiquants d'une activité physique qu'il existe de sportifs engagés dans la compétition. La collectivité devrait être à même de proposer aux uns comme aux autres une offre incitative et de qualité. Elle pourrait par ailleurs accompagner l'engagement des personnes dans une activité régulière d'entretien physique par des guides pédagogiques appropriés et attractifs (Labadie, 1987). Au niveau local, force est de constater que les mesures prises en faveur d'une activité physique et sportive pour tous sont très inégales.

À l'échelle de la commune, en dehors du sport professionnel, on peut identifier plusieurs types de « services » publics qui recourent les modèles déjà présentés :

8. PAILLOU N. Sports, loisirs, société. Les politiques municipales des sports. Actes des quatrième Rencontres d'Angers (26-27 novembre 1987), Les Cahiers du Centre National de la Fonction Publique Territoriale, n°24, février 1988 (292 p) (Voir p. 6-12)

- un courant associatif simple : c'est le modèle le plus ancien mais il peut s'agir aussi d'un courant émergent lié à l'initiative prise par un groupe de personnes ;
- un courant associatif contractuel structuré sur la base d'une convention d'objectif liant le(s) club(s) et la municipalité ;
- un modèle municipal de service direct à la personne qui vient compléter le modèle précédent comme la mise sur pied d'une école municipale de natation, d'une école multisports encadrée par des agents municipaux...

L'offre commerciale privée (gymnases clubs, clubs de remise en forme...) constitue un autre modèle d'organisation. Des études récentes montrent comment cette offre lucrative s'adapte à l'évolution de la demande sociale : diversification des services, convivialité, proximité du lieu de travail. Elle a été également bien étudiée par Olivier Bessy qui lui a consacré une thèse de sociologie (Bessy, 1990).

Un nouveau modèle, que le sociologue Antoine Haumont appelle « l'individualisme sportif de masse » (Haumont, 1987)⁹ se dessine. Il pourrait être à l'origine de changements significatifs dans l'amélioration du cadre de vie. Les sportifs (individuels, familles, groupes d'amis) revendiquent dans les villes la mise en place d'un réseau cohérent de pistes cyclables, l'aménagement de parcours (pour la course à pied, le roller, la marche) dans les parcs et jardins publics, le long des rives de fleuves ou d'axes rayonnants protégés et destinés à la circulation « sportive » et permettant d'accéder aux espaces péri-urbains.

En revanche, la problématique « Activité physique, santé et prévention » est quasi inexistante dans le cadre de l'action sportive locale.

Pour compléter cette description, indiquons quelques aspects supplémentaires. Par la scolarisation obligatoire, et grâce à l'éducation physique et sportive (une discipline d'enseignement) et au sport scolaire (dans le cadre des « associations sportives » qui reposent sur l'adhésion volontaire des collégiens et lycéens), les jeunes sont aujourd'hui plus nombreux à pouvoir pratiquer des activités physiques et sportives. Dans le même temps, on constate une chute des prises de licence sportive par les adolescents des deux sexes. Peut-être conçoivent-ils autrement leur sociabilité culturelle ?

Au niveau de la population en général, de grandes différences s'observent dans les manières de concevoir les activités physiques et sportives, dans leur inscription quotidienne ou hebdomadaire et dans le cadre des loisirs. Cependant, les différents espaces-temps sociaux (le travail, la famille, les loisirs, les transports et les déplacements), et leur maîtrise, sont difficiles à caractériser et ne peuvent être réduits à quelques tendances-types. On sait

9. HAUMONT A. La pratique sportive. In : Sociologie du sport. HAUMONT A, LEVET JL, THOMAS R (eds). PUF, Paris, 1987 : 63-148 ; Voir p. 86 et suivantes

néanmoins que le cadre de vie (le lieu de résidence) reste une variable « synthétique » fort pertinente liée en partie aux efforts qui ont été accomplis par les communes, les départements et les régions. Un ouvrage dirigé par Jean Viard, « La France des temps libres et des vacances » (Viard et coll., 2002), fournit des informations intéressantes illustrées par une cartographie abondante.

La situation locale observable en France, telle qu'on vient de l'esquisser, s'articule logiquement avec d'autres plans de référence : contrat entre l'État (le ministère¹⁰) et le CNOSF (et les fédérations nationales), relayé et complété avec une relation tripartite au niveau des régions (DRJS¹¹, CREPS¹², Conseil régional et CROS¹³) ou au niveau des départements (DDJS¹⁴, Conseil général et CDOS¹⁵).

Comparaison à l'échelle internationale

Cette troisième et dernière section porte sur une approche comparative, à l'échelle internationale, des contextes de la pratique des activités physiques et sportives. Abordé sous cet angle, le contexte de la pratique sportive est le point de convergence de la participation ou de la demande des personnes, de l'implication des pouvoirs publics, de l'offre sportive telle qu'elle est proposée par des groupements associatifs, la collectivité publique, l'initiative privée marchande.

France : rappel

Considérons que la France incarne un premier cas de figure, soit un pays à État fort et centralisé. Le Mouvement sportif et olympique est chargé par l'État du développement sportif, au nom de la délégation d'une mission de service public. L'adjonction de la mission « Sport pour tous » à la mission « olympique » du Mouvement sportif tend à négliger, pour certains, les solutions possibles visant à une sensibilisation à la pratique régulière des activités physiques en vue de promouvoir la santé pour le plus grand nombre.

Dans l'ouvrage de référence élaboré sous l'égide de TAFISA (*Trim & Fitness International Sport for All Association*) rassemblant les investigations conduites

10. Ministère de la jeunesse, des sports et de la vie associative (une désignation en vigueur jusqu'au mois de juin 2007)

11. Direction régionale de la jeunesse et des sports

12. Centre régional d'éducation populaire et sportive

13. Comité régional olympique et sportif

14. Direction départementale de la jeunesse et des sports

15. Comité départemental olympique et sportif

dans 36 pays (DaCosta et Miragaya, 2002), la situation française est analysée par Joël Raynaud (2002). L'auteur indique que le ministère de la Jeunesse et des Sports a créé dès 1978 un département « Sport pour tous » reflétant en cela une aspiration perceptible dans l'évolution des comportements en faveur des activités physiques récréatives. La loi de 1984, dans son article 1^{er}, insiste sur le principe d'une accession de tous à la culture sportive. Pour autant, il semble manquer à l'ambition ministérielle une ligne d'action ferme, originale et spécifique, inscrite dans la durée. Actuellement, la prise de conscience de l'intérêt de l'activité physique pour tous s'intensifie. Le CNOSF, les fédérations sportives et les collectivités territoriales s'impliquent dans les différents programmes « Sport pour tous », avec le soutien du Ministère. La France présente une multitude d'initiatives locales qui, par leurs objectifs et leurs impacts, relèvent d'un sport pour tous. Cependant, la prise en considération de l'activité physique comme composante essentielle de la santé reste timide.

Autres pays de l'Europe de l'Ouest

Quelques exemples pris en Europe de l'Ouest, en s'appuyant sur les contributions fournies dans un ouvrage dirigé par Klaus Heinemann (2003) permettent d'esquisser une typologie.

Un premier cas de figure se rapporte à des pays dans lesquels la puissance de l'État non démocratique a longtemps exercé une forte emprise – de contrôle et de limitation – sur le mouvement sportif, à l'exemple de l'Espagne ou du Portugal. Pour combler leur retard, ces pays – à commencer par les grandes villes – ont développé conjointement et dans une sorte d'effervescence collective des politiques d'équipement sportif, de soutien aux associations et de valorisation directe des programmes « Sport pour tous », tout en laissant sa chance à l'initiative marchande. C'est particulièrement visible en Espagne (Puig et coll., 2003).

L'Italie est un cas de figure un peu particulier puisque le Comité national olympique italien constitué au moment de la période mussolinienne, occupe une place prépondérante (en faveur du sport de compétition et du haut niveau). Pour autant, la fédéralisation du sport pour tous (avec l'*Unione Italiana Sport Popolare*) a su diversifier des actions programmatiques et festives, auxquelles adhèrent les nouveaux publics du sport et des activités physiques de détente (Ferrari et coll., 2003).

Un autre cas de figure permet de regrouper plusieurs pays de l'Europe du Nord dans lesquels la puissance publique légitime et démocratique ne s'est pas engagée dans une contractualisation exclusive avec les fédérations sportives nationales (qui auraient pu revendiquer un contrat d'exclusivité) mais avec l'ensemble du secteur associatif. Dans l'ouvrage cité, le cas du Danemark (Ibsen et Ottesen, 2003) illustre bien cette perspective (voir :

« *Universal and egalitarian welfare principles* », p. 51 ; « *A mixture of organisational forms* », p. 53 ; « *Conclusions* », p. 80). Cette réalité correspond à ce qu'on appelle habituellement le « modèle scandinave » (« *the Scandinavian Model* »). Il rassemble le Danemark, la Finlande, la Norvège et la Suède.

L'Allemagne d'aujourd'hui développe un modèle partiellement similaire au précédent, qui permet de regrouper les pays dans lesquels l'accès à la santé et à la culture sportive est reconnu comme le droit de tous (Engelhardt et Heinemann, 2003). Toutefois, en Allemagne, soulignent les auteurs, cette affirmation est particulièrement forte : « *sport for all' is not only the programmed objective of organized sport in Germany. It is also the basic principle of (welfare) state support of sport* » (p. 141). Ce sont les Länder qui sont en charge de ce développement, en apportant leur appui aux initiatives locales, sur fond de crise de l'État Providence.

La situation de la Grande-Bretagne est spécifique avec un État faiblement interventionniste, au profit d'initiatives de la société civile et des acteurs du marché. En outre, la Grande-Bretagne est souvent identifiée comme « le pays sportif par excellence »... Dopson et Waddington (2003) proposent un cadre de référence des politiques publiques du sport conduites en Grande-Bretagne. La conception libérale en vigueur, la préférence accordée à la culture de la compétition sportive, la façon de mettre en avant la responsabilité des individus, propres à la mentalité britannique, n'empêchent pas les deux auteurs de formuler les questions suivantes : « *Are such policies oriented primarily towards sporting goals, or towards goals concerned with health and welfare ?* » (p. 112). Quel est le ministère compétent pour prendre en charge le « sport » ? En fonction de la définition donnée au « sport », on pourra apporter la précision indispensable. « *Should it be the Ministry of Sport, Or the Department of Health, Or Education ? Or the Home Office ?* » (p. 113). En Grande-Bretagne, on ne confond pas les différents modèles d'activité physique, y compris dans leurs correspondances au plan ministériel. Pour le domaine qui nous intéresse, à savoir l'activité physique ordinaire, et si l'on s'en tient à l'analyse considérée (p. 116-119), c'est le service public en charge de la santé qui fournit l'information destinée à rappeler la responsabilité de chaque personne. En matière d'activités physiques et sportives pour le plus grand nombre, une opposition semble exister entre le contexte organisationnel français et le contexte britannique.

États-Unis et Canada

L'expérience des États-Unis et celle du Canada présentent-elles des traits similaires au cas britannique ? Dans la mesure où la majorité des études sur « Activité physique et santé » proviennent de ces pays, il n'est pas inutile de fournir quelques repères sur l'Amérique du nord. Aux États-Unis et au Canada, la prise en considération du sport d'une part et des activités physiques récréatives de l'autre s'est imposée plus tôt qu'en Europe.

Pour les États-Unis (Kelly, 1989), l'activité sportive est un élément majeur des loisirs. Cependant, à partir des années 1960, outre les âges qui marquent le renoncement au sport (au sortir du système scolaire, ou vers quarante ans, par exemple), on a pu constater une nette diminution globale de la pratique sportive. Le modèle du sport de compétition, trop exigeant, expliquait en partie cette désaffection massive. Les agences gouvernementales ont diligemment des enquêtes nationales pour approfondir ces questions et d'autres ont été réalisées par de grands instituts de recherches au cours des années 1970 et 1980, afin de mieux cerner les nouvelles tendances. Parmi celles-ci, des activités comme la randonnée, le vélo ou des activités d'extérieur, à proximité du lieu de résidence, figurent en bonne place.

En 1943, le gouvernement canadien a édicté le premier « *National Physical Fitness Act* », accompagné de la création du « *National Physical Fitness Council* » (Horna, 1989). Depuis, la mobilisation et l'effort des pouvoirs publics ont connu des fluctuations, bien marquées durant les années 1960 et au début des années 1970, en retrait une dizaine d'années plus tard... Cependant, les données statistiques fournies par le gouvernement canadien au début des années 1980 montrent l'importance croissante des activités physiques. Les activités d'entretien et de dépense physique le plus souvent pratiquées par les Canadiens âgés de 10 ans et plus sont : la marche, le vélo, la natation, le « jogging » et la course à pied, suivies par le jardinage (« *gardening* ») et l'entretien physique chez soi (« *home exercises* »). À l'époque, pour la plupart des Canadiens, hommes et femmes confondus, les principaux obstacles à la pratique sont le manque de temps, l'inadéquation des installations et des espaces aménagés pour les activités physiques et sportives et le fait de n'avoir pas de collègue avec qui pratiquer ce genre d'activités.

Ajoutons que les États-Unis autant que le Canada, du fait de l'étendue de leurs territoires respectifs, montrent conjointement des situations locales qui peuvent être très contrastées. Ces différences sont liées à des facteurs historiques, au lieu de résidence (cadre urbain ou non), au développement industriel, à des particularités climatiques, au niveau des ressources financières...

Dans chacun des cas évoqués, on constate que le contexte socio-historique de la pratique des activités sportives d'un pays correspond à une réalité singulière. La façon de concevoir l'activité physique récréative est dépendante du type de relation qu'entretient la population « sportive » avec des initiatives associatives ou encore avec les mesures prises, dans ce domaine, par les pouvoirs publics.

En conclusion, quelques jalons historiques permettent de mieux comprendre l'évolution de l'organisation des activités physiques et sportives en France. Le contexte de la pratique sportive est à la fois complexe et diversifié. Cette réalité reflète la diversité des significations accordées à l'activité physique et sportive (émotion que procure la haute compétition, satisfaction

personnelle à s'entretenir par l'exercice, souci de l'esthétique du corps...). Dans le système sportif, la santé pour le plus grand nombre est encore peu envisagée. Toutefois, les bulletins de liaison de groupements qui assurent la promotion de l'éducation physique et sportive (Union sportive de l'enseignement primaire, revue de l'Union nationale du sport scolaire, Gymnastique volontaire, Retraite sportive...) accordent de plus en plus d'importance aux questions de santé. Ceci contribue à faire évoluer les mentalités en faveur de l'activité physique pour la santé. Cependant, la question de l'organisation de la promotion est encore discutée. Pierre Chifflet (2005) parle à propos de l'organisation du sport en France du « mythe d'un système unifié »¹⁶. Dans d'autres pays, il existe depuis longtemps une distinction entre le modèle sportif (la compétition, le club, la performance) et le domaine des activités physiques récréatives pour le plus grand nombre.

BIBLIOGRAPHIE

ARNAUD P. Le militaire, l'écolier, le gymnaste. Naissance de l'éducation physique en France (1869-1889). PUL, Lyon, 1991

BESSY O. De nouveaux espaces pour le corps. Approche sociologique des salles de « mise en forme » et leur public (le marché parisien). Thèse en sciences de l'éducation, sous la direction du Pr. Joffre Dumazedier, Université Paris 5-Sorbonne, 1990 (3 tomes)

CALLÈDE JP. Destins du « modèle français » du sport. Pouvoirs locaux. *Les cahiers de la décentralisation* 2001, 49 : 72-77

DACOSTA L, MIRAGAYA A. Worldwide experiences and trends in Sport For All. Meyer & Meyer Sport, Oxford, UK, 2002 : 792p

DOPSON S, WADDINGTON I. Sport and Welfare in Britain. In : Sport and Welfare Policies. Six European Case Studies. HEINEMANN K (ed). Schorndorf, Hofmann (Series Club of Cologne, vol. 3), 2003 : 87-137

ENGELHARDT GH, HEINEMANN K. Sport and Welfare Policy in Germany. In : Sport and Welfare Policies. Six European Case Studies. HEINEMANN K (ed). Schorndorf, Hofmann (Series Club of Cologne, vol. 3), 2003 : 139-217

FERRARI M, PORRO N, RUSSO P. Sport and Welfare Policy in Italy. In : Sport and Welfare Policies. Six European Case Studies. HEINEMANN K (ed). Schorndorf, Hofmann (Series Club of Cologne, vol. 3), 2003 : 253-294

HAUMONT A. La pratique sportive. In : Sociologie du sport. HAUMONT A, LEVET JL, THOMAS R (eds). PUF, Paris, 1987 : 63-148

16. CHIFFLET P. Idéologie sportive et service public en France. Mythe d'un service unifié. PUG (coll. Sports, cultures, sociétés), Grenoble, 2005 : 191 p (Voir la conclusion, p. 171 et suivantes)

HEINEMANN K. Sport and Welfare Policies. Six European Case Studies. HEINEMANN K (ed). Schorndorf, Hofmann (Series Club of Cologne, vol. 3), 2003 : 366p

HORNA JLA. Trends in sports in Canada. In : Trends in Sports. A Multinational Perspective. KAMPHORST TJ, ROBERTS K (eds). Giordano Bruno Publishers, Voorthuizen, The Netherlands, 1989 : 33-65

IBSEN B, OTTESEN L. Sport and Welfare Policy in Denmark: The Development of Sport between State, Market and Community. In : Sport and Welfare Policies. Six European Case Studies. HEINEMANN K (ed). Schorndorf, Hofmann (Series Club of Cologne, vol. 3), 2003 : 31-86

KELLY JR. Trends in sport in the United States of America. In : Trends in Sports. A Multinational Perspective. KAMPHORST TJ, ROBERTS K (eds). Giordano Bruno Publishers, Voorthuizen, The Netherlands, 1989 : 67-89

KORALSTEIN JP. La santé à l'épreuve du sport. PUG, Grenoble, 1986

LABADIE JC. Le sport en douceur. Comité Français d'Éducation pour la Santé (coll. Votre santé), Paris, 1987 : 79p

PINOT R. Les œuvres sociales des industries métallurgiques. Librairie Armand Colin, Paris, 1924 : 271p

PUIG N, SARASA S, JUNYENT R, ORO C. Sport and the Welfare State in the Democratisation Process in Spain. In : Sport and Welfare Policies. Six European Case Studies. HEINEMANN K (ed). Schorndorf, Hofmann (Series Club of Cologne, vol. 3), 2003 : 295-349

RAYNAUD J. France : Developing sport for all with diversity of approaches and local autonomy. In : Worldwide expériences and trends in Sport For All. DACOSTA L, MIRAGAYA A (eds). Meyer & Meyer Sport, Oxford, UK, 2002 : 413-421

SPIVAK M. Les origines militaires de l'éducation physique en France (1774-1848). Ministère d'État chargé de la Défense nationale, Service historique, Château de Vincennes, 1972 : 192p

VIARD J, POTIER F, URBAIN J-D. La France des temps libres et des vacances. Éditions de l'Aube et DATAR, La Tour d'Aigues, 2002

2

Fondements des politiques du sport

Fournir des éléments de réponse à la question des fondements des politiques du sport en France n'est pas un exercice facile. Il convient tout d'abord de rappeler que la constitution initiale du domaine des activités sportives est antérieure à la structuration proprement dite des politiques publiques du sport. Les fondements de ces politiques sont donc à rechercher plutôt du point de vue des objectifs, et des valeurs correspondantes, que se fixe la puissance publique, en référence avec ce domaine de pratiques. Ensuite, la création et l'individualisation d'un ministère des sports, au sein du gouvernement, sont des éléments d'appréciation utiles pour examiner, au fil des décennies, l'adéquation entre les objectifs visés et les moyens mobilisés dans le cadre des politiques du sport (Callède, 2000 et 2002).

Éléments de méthodologie

Examinons, dans une première section, quelques éléments de méthodologie indispensables pour dégager les fondements des politiques publiques du sport propres à la France.

Démarches d'analyse

Les fondements des politiques du sport doivent être envisagés en référence à la sphère des valeurs de société – propres à la République Française – et aux conditions requises pour leur réalisation : en toute généralité, universalisme et accomplissement de la personne plutôt que particularisme et assignation statutaire (qui sont le propre des sociétés traditionnelles), par exemple. Pour autant, en fonction des inégalités diverses observables au sein d'une population, des valeurs spécifiques visant à respecter une particularité ou une singularité viennent compléter la table générale des valeurs afin de préserver les principes d'égalité, de justice et de solidarité. L'enseignement public, par exemple, ne saurait limiter sa mission d'éducation aux seuls très bons élèves

et il doit inventer des modèles pédagogiques adaptés au plus grand nombre, sans exclure les moins doués. Il doit être ouvert à tous et à toutes. Pour autant, cet enseignement public doit pouvoir offrir des conditions d'éducation exceptionnelles (comme les Grandes Écoles) pour ceux et celles qui possèdent des aptitudes hors du commun.

Selon le point de vue adopté au titre des politiques, à propos du domaine sportif, ou selon la période historique considérée, on constate des imbrications variables entre valeurs générales du sport et valeurs spécifiques, des emboîtements plus ou moins efficaces de tel ou tel sous-système au sein d'un système général de valeurs. Habituellement, sous cet angle de vue, particularisme est synonyme d'excellence... Ainsi l'exceptionnalité du sportif ou de la sportive de haut niveau, la valorisation de la performance sportive sont-elles de l'ordre de la singularité ? La problématique de l'accès du plus grand nombre à la culture sportive met plutôt l'accent sur le registre généreux de l'universalisme. Cependant, elle pose rarement la question de la non pratique et de l'inactivité physique qui relèvent d'un particularisme « en creux ». Or, cette prise de conscience est le préalable indispensable pour concevoir une action d'envergure destinée à réduire les inégalités sociales et devant profiter d'abord, sans doute, à ceux qui sont les plus exposés à la dégradation de leur propre « santé ».

Les politiques du sport en France reposent, par principe, sur un système général de valeurs qui permet l'accessibilité du plus grand nombre aux activités physiques et sportives. Ce système doit être en mesure d'intégrer deux cas singuliers. Il convient de reconnaître la spécificité de la valeur d'excellence qu'incarnent les meilleurs (qui représenteront la France dans les compétitions internationales). Il convient également de reconnaître les déficits (et les préjudices de santé) pouvant affecter ceux et celles qui n'accèdent pas à la culture physique et sportive. En d'autres termes, l'intérêt général, tel qu'il est défini par la puissance publique combine l'ouverture sociale la plus large et des points de focalisation qui contribuent à la cohérence d'ensemble.

L'autre démarche revient à privilégier le processus de structuration et de restructuration organisationnelle qui caractérise l'histoire des politiques publiques du sport. En d'autres termes, pour la politique sportive, dans un pays à État fort comme la France, la puissance publique définit ce que doit être l'intérêt général. Cette identification se traduit matériellement par la construction d'installations sportives, par la formation d'agents d'encadrement des pratiques, par l'affectation de moyens financiers. Dans ce cas, c'est la pratique des activités physiques et sportives du plus grand nombre qui constitue logiquement l'objectif à atteindre. Toutefois, la puissance publique est à même d'identifier conjointement des cas d'exception, en fonction de critères spécifiques. Ces critères contribuent à définir une forme d'excellence (le champion, l'artiste...) qui marque le rayonnement symbolique du pays. Des institutions spécialisées peuvent les accueillir, dotées d'agents spécialisés (entraîneur, médecin...) et subventionnées pour répondre à cette mission.

Par ailleurs, l'organisation des politiques du sport intègre des cas singuliers marqués d'un déficit reconnu (non pratique sportive des jeunes dans les « quartiers sensibles », quasi-exclusion des individus porteurs d'un handicap, d'une déficience ou d'une incomplétude...), auxquels la puissance publique entend apporter des moyens de résolution ou des solutions, avec un accompagnement humain adéquat (éducateurs « socio-sportifs ») dans le cadre d'un programme sport et réinsertion sociale des jeunes, du sport adapté.

Ces fondements des politiques du sport en France possèdent ainsi un double ancrage : un ancrage par les valeurs (conception universaliste doublée de la prise en considération des particularités) et un ancrage de type organisationnel (administratif, matériel et humain). Ils sont pour partie un héritage du passé (des fondements socio-historiques), et pour une large part des principes d'action affirmés dans le cadre de l'action publique développée par l'État et les collectivités territoriales (la commune, le département, la région).

En toute logique, on considèrera que les politiques du sport en France lient de façon indissociable les deux plans : les valeurs affichées se traduisent par l'organisation concrète du sport et, en retour, la politique organisationnelle du sport est inspirée par les valeurs qui privilégient l'épanouissement de la personne.

Naissance d'un ministère des Sports

Le point qui vient d'être exposé ne saurait occulter le fait que les efforts déployés au titre des politiques du sport peuvent varier d'intensité en fonction des époques ou des conjonctures. Ajoutons que la désignation précise de ce qu'on appelle communément le « ministère des Sports », son rang au sein du gouvernement, la mention précise de ses domaines de compétence et, le cas échéant, son rattachement ministériel de tutelle sont autant de précieux indices d'information pour comprendre pourquoi les questions de santé occupent tantôt un rang important, tantôt un rang moins évident.

Historiquement, l'effort du ministère des Sports porte essentiellement sur les publics réels, déclarés ou dits « captifs » : jeunes scolarisés, jeunes appelés sous les drapeaux, licenciés dans les clubs... Pour les jeunes filles, l'application des directives va se faire en fonction de la présence de ces dernières dans les institutions concernées (à commencer par le système scolaire primaire). Il faut attendre la seconde moitié des années 1930 pour noter un équilibre de traitement entre l'éducation physique et sportive (EPS) des garçons et celle des filles. À ce moment-là, la valorisation du plein air et de la pleine nature facilite la promotion d'une conception de l'exercice physique affranchi de la culture sportive centrée sur la compétition. L'ère des loisirs, qui s'ouvre à partir des années 1960, va se concrétiser par l'essor des pratiques hors cadre organisationnel et par l'affirmation progressive d'une activité physique et sportive du « deuxième âge » (les personnes déjà trop âgées

pour la compétition en club, par exemple), voire du « troisième âge » (les retraités qui subviennent à leurs besoins).

Compte tenu de l'intitulé général de l'expertise « Activité physique et santé », qui émane du ministère des Sports en exercice, il n'est pas inutile de se livrer à un rapide rappel historique relatif au ministère des Sports. Qu'en est-il de la problématique « activité physique et santé » au cours des décennies ? Quelles en sont les valeurs de référence ? Tout en abordant cet aspect d'un point de vue historique, nous mentionnerons quelques références bibliographiques qui représentent la traduction des préoccupations ministérielles du moment. Il ne s'agit pas d'une bibliographie scientifique mais pour l'essentiel d'un inventaire documentaire relatif à l'histoire de l'action du ministère et de sa traduction administrative.

La période examinée correspond à la succession des « ministères des sports » et de leurs attributions respectives, qu'a connu la France, de la fin de la Grande Guerre à nos jours. Il faudrait procéder à un travail analogue au niveau des ministères contigus ou de tutelle (la Santé publique, l'Éducation nationale, le Travail et l'Emploi, la Population, en particulier) ou encore, sur une période plus récente, au niveau des programmes interministériels dans lesquels le ministère des Sports est partie prenante (aux limites de l'action sociale et de la prévention). L'exercice permettrait de vérifier si certains aspects relatifs à la problématique « Activité physique et santé » n'ont pas été envisagés, voire pris en charge de façon plus pertinente ailleurs que dans le cadre institutionnel des sports.

Historique des politiques sportives

Analysons comment les politiques sportives qui se sont succédées en France depuis le début du XX^e siècle ont intégré la composante « activité physique et santé ».

Préoccupations hygiénistes des précurseurs

Abordons la question proposée à partir de la fin de la Première Guerre mondiale. Dans un ouvrage particulièrement intéressant publié en 1919, Édouard Herriot consacre un long chapitre aux questions de démographie, d'hygiène et de santé publique (chap. IV). L'auteur envisage en particulier « le problème de l'éducation physique » (p. 180-195). Il s'interroge : « Peut-être arriverons-nous ainsi peu à peu à la constitution d'un grand service central, – Ministère ou non – de l'éducation physique ». Herriot rappelle à ce propos la création, le 20 juin 1918, du Comité national d'éducation physique et sportive et d'hygiène sociale, placé sous la présidence du député Henry Paté (p. 193).

Au lendemain de l'Armistice de novembre 1918, l'idée est relancée. « La guerre, moissonneuse farouche, a affaibli la race jusque dans ses plus intimes profondeurs (...). La France réclame la création de piscines, de terrains de jeux, de stades dans toutes les communes, la transformation de tous nos établissements scolaires en foyers de propagande d'hygiène et de diffusion de la joie saine des exercices physiques », déclare solennellement Henry Paté, en sa qualité de président du Comité national de l'éducation physique et sportive et d'hygiène sociale, dans un article en forme d'éditorial intitulé : « Pour un ministère de la Santé Publique » (Paté, 1919). À cette condition, on peut penser que la problématique « Activité physique et santé » est susceptible de connaître un traitement adéquat.

Cependant, en ces années d'immédiat après guerre, il faut tenir compte des tensions qui sont la traduction directe de luttes d'influence entre le ministère de la Guerre (qui est en charge de l'École de Joinville), tout un ensemble de médecins qui œuvrent dans l'esprit d'un grand ministère de la Santé publique et de l'Hygiène sociale, et un corps enseignant – d'ailleurs plutôt réservé quant à l'évolution sociale du sport (mercantilisme, chauvinisme, violence) – en poste dans les établissements scolaires primaires ou secondaires qui relèvent du ministère de l'Instruction publique. Le corps médical élargit ses compétences dans le domaine de la rééducation physique et des gymnastiques qualifiées de « corrective », de « respiratoire », de « gymnastique orthopédique ». Les besoins en ce domaine paraissent importants et les améliorations ne se font que progressivement. « Les enfants, et surtout les enfants des villes, respirent mal et se tiennent mal », souligne le docteur Louis Lamy au début des années 1930¹⁷.

Mis en chantier dès 1919, le Projet de règlement général d'Éducation physique (Direction de l'infanterie), approuvé par le ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts, se compose de plusieurs parties, auxquelles vient s'ajouter un volume d'Annexe intitulé « Instruction sur le rôle des médecins dans l'éducation et la rééducation physiques » (1921). Dans le premier chapitre, rédigé en forme d'aperçu historique (p. 9-12), est souligné le rôle décisif de plusieurs médecins « qui, dans leurs ouvrages, ont fait la part de l'éducation physique ». L'énumération des personnalités témoigne d'un souci consensuel, par delà les appartenances et implications institutionnelles. Quelques années plus tard, le Règlement proprement dit qui en résulte est présenté de façon similaire.

Cette méthode française d'éducation physique va faire l'objet d'une réédition actualisée, à partir de 1925, à l'initiative du ministère de la Guerre, sous le titre « Règlement général d'Éducation physique », livré en trois tomes auxquels s'ajoutent trois volumes d'annexes. Le premier fascicule d'annexes

17. Dr Louis Lamy. *La gymnastique respiratoire et la gymnastique orthopédique*. Paris, Librairie J.-B. Baillière et fils, 1935 (2^e édition). Cit. p. 5 (128 p).

est consacré au rôle du médecin. L'exemplaire consulté porte sur sa couverture la mention du Sous-secrétariat d'État de l'éducation physique (1921). L'ensemble du Règlement sera publié à nouveau en 1931. Les cadres qui appartiennent à l'École de Joinville et ceux qui y interviennent ont apporté une contribution majeure à la mise au point du « Règlement ». Depuis l'Armistice de la Grande Guerre, l'École a accueilli non seulement des militaires en formation mais également des instituteurs, à l'occasion de stages, voire des moniteurs de sports. Pourtant, vers la fin des années 1920, si le prestige de « Joinville » est intact, le paysage de la formation change, principalement avec l'ouverture, à partir de 1927, des Instituts régionaux d'éducation physique (IREP) rattachés aux Facultés de médecine (Bordeaux, Paris, Lille, Lyon, Nancy...).

La mention variable du ministère de tutelle, sur la couverture des divers tirages du « Règlement », reflète les tensions et les enjeux qui traversent le domaine de l'éducation physique et des sports. Selon Gilbert Andrieu, l'Annexe n°1, qui porte la marque du docteur Boigey, médecin major à l'École de Joinville, « représente un petit manuel à l'usage des médecins comme les autres parties du « Règlement Général » sont à l'usage des éducateurs » (Andrieu, 1990, p. 47).

Que constate-t-on au niveau communal ? L'année 1925 marque une étape décisive dans la structuration des premières politiques sportives municipales, en particulier dans les nouvelles municipalités qui se veulent progressistes. Les salles (ou gymnases) destinées à l'éducation physique, à la rééducation physique font partie du programme d'équipement communal. Les enjeux locaux ne sont pas exactement la transposition des enjeux nationaux. D'une façon générale, la valorisation de la culture sportive éclipse les velléités patriotiques d'une éducation physique utilitariste et « militaire ». Un fait bien noté et étudié dans les monographies que plusieurs historiens ou sociologues du sport ont consacrées aux politiques sportives municipales¹⁸.

Politiques d'éducation physique et sportive

Au tout début des années 1930, se pose clairement la question de la création d'un ministère des Sports de plein exercice. La presse s'en fait l'écho (Bardel, 1931). Le Sous-secrétariat d'État de l'éducation physique, que dirige Émile Morinaud, a permis le regroupement et la fusion des services militaires et civils, lesquels étaient partagés jusque-là entre le ministère de la Guerre et le ministère de l'Instruction publique. Après avoir présenté et commenté

18. Pour une synthèse sur la question, voir : Jean-Paul Callède, « Maires et ministres entrepreneurs : l'invention des politiques publiques du sport (1918-1939) », in : Philippe Tétart (dir.), *Histoire du sport en France*, Paris, Vuibert, 2007, tome 1, p. 134-182.

les missions du Sous-secrétariat d'État, l'auteur de l'article conclut : « Les hommes d'État qui ont en charge de veiller sur l'avenir du pays, sur l'avenir physique de notre jeunesse, ont le devoir impérieux de nous créer le plus rapidement possible un Ministère des Sports ». Hélas, les quelques années qui suivent vont être plus chaotiques.

Durant la brève période du gouvernement de Front populaire (1936-1938), l'éducation physique et sportive de la jeunesse est largement valorisée. Dans le premier gouvernement de Front populaire, le sous-secrétariat d'État à l'organisation des Loisirs et Sports, confié à Léo Lagrange, est rattaché au ministère de la Santé Publique dirigé par Henri Sellier, tandis que le docteur Pierre Desarnaulds se voit confier la charge de sous-secrétaire d'État de l'Éducation physique, rattaché au ministère de l'Éducation nationale avec à sa tête Jean Zay.

Léo Lagrange insiste sur l'accès de tous les jeunes à l'éducation sportive, dont le Brevet sportif populaire doit être un indicateur pertinent. « Son but, en donnant aux Français et aux Françaises le souci de leur santé et de leur développement physique, est de leur faire subir des épreuves dont les conditions sont suffisantes pour témoigner d'un bon état physique ». À cette époque, se met en place une articulation efficace entre la politique conduite par l'État et celle qui est développée au niveau local, dans les villes en particulier. Mentionnons, à titre d'illustration, la plaquette éditée par la ville de Montluçon sur l'organisation de l'Éducation Physique et des sports à l'échelle de la commune (Dormoy, 1938). « La Municipalité de Montluçon, poursuivant ses réalisations pour la protection de l'Enfance et de la Jeunesse, a décidé la création d'un Institut municipal d'éducation physique et des sports », indique Marx Dormoy (p. 3). Il s'agit d'associer les efforts de tous ceux « qui savent ce qu'on peut attendre des exercices du corps rationnellement pratiqués » (p. 5). « L'Éducation physique ne peut produire son plein effet que si, dans son application, une collaboration étroite existe entre le corps médical, l'administration académique et le personnel enseignant. » (ibid.). Faute de quoi, les uns et les autres, « travaillant isolément sans échanger des idées » « ne sauraient arriver à une solution exacte et suffisamment générale » (ibid.). Le rôle du médecin en éducation physique est détaillé (pages 8 et 9), suivi d'une description du schéma d'organisation des services (p. 9 et 10).

L'État français de Vichy constitue une interruption dans le développement de la République. Il n'est pas aisé de faire la part entre la fonction de contrôle social ou de coercition exercée par l'administration sur la population (la jeunesse, le monde sportif...) et la volonté de modernisation et d'innovation sociale dans le domaine qui nous intéresse. Indiquons simplement deux jalons intéressants. En 1943, la radiodiffusion nationale et le commissariat général à l'Éducation générale et aux sports publient une brochure avec planches explicatives sur le quart d'heure d'éducation physique à la radio (Radiodiffusion nationale, 1943). Cette « leçon quotidienne d'éducation

physique à la radio » s'adresse « à cet ensemble considérable de personnes que leurs obligations, des raisons de tous ordres, d'âge, de santé ou de goût personnel empêchent d'assurer à leur corps un entraînement rationnel et régulier » (Introduction, p. 3). La seconde référence est de circonstance. Il s'agit d'une étude du D^r Philippe Encausse qui restitue le contexte de la période considérée : Éducation physique et sous-alimentation, publiée au mois de juin 1944 (Encausse, 1944). L'auteur, qui livre des travaux de qualité depuis 1936, a réalisé des enquêtes dont certaines synthèses paraissent dans les revues du commissariat aux Sports de Vichy.

À la Libération, après les élections du 2 juin 1946, Andrée Viénot prend la direction du Sous-secrétariat d'État à la Jeunesse et aux Sports. L'Encyclopédie générale des Sports publiée à ce moment-là détaille l'organisation du ministère (Georges, 1946). On retrouve l'esprit du Front populaire. Le docteur Philippe Encausse est chef de Bureau en charge du contrôle médical dont l'action se décline en différentes missions¹⁹. Il s'agit également de ne pas redoubler des préjudices de santé causés à la jeunesse par les quatre années de privations de l'Occupation. Une pratique mal comprise de l'Éducation physique ou des sports peut être source de désagrément pour l'intéressé(e). Dès 1946, le D^r Encausse fait paraître une Notice administrative et technique sur le contrôle médical sportif (Encausse, 1946) et, l'année suivante, il publie des Directives de gymnastique corrective à l'usage des adolescents déficients. La mise en place d'un Comité national du plein air (pour la promotion des activités de pleine nature) et le développement des institutions de plein air (colonies de vacances, camps de vacances, colonies sanitaires, écoles de plein air, préventorium...) contribuent à populariser les activités physiques. Les Mouvements de jeunesse et d'éducation populaire bénéficient de cette réorganisation.

Au niveau ministériel, outre un rattachement fréquent au ministère de l'Éducation nationale, l'Éducation physique et les Sports vont connaître un « statut » variable : par exemple, ce domaine, qui dispose d'un directeur général, est absorbé par le ministère de la Jeunesse, des Arts et des Lettres (à la fin de l'année 1947) ; autre cas de figure, le domaine est inclus dans un secrétariat d'État à l'Enseignement Technique, à la Jeunesse et aux Sports (en 1950). Heureusement, certains fonctionnaires de l'administration centrale parviennent à maintenir la continuité de l'action publique.

19. Contrôle médical sportif ; surveillance médicale du Brevet sportif populaire ; liaison avec le Comité National des Sports, les fédérations sportives, les autres organismes sportifs ou médico-sportifs français et étrangers ; création, équipement et inspection de centres médico-sportifs ; inspection du service médical administratif des fédérations ; inspection du service médical accompagnant les grandes manifestations sportives ; contrôle sanitaire des salles d'éducation physique et inspection du matériel ; contrôle sanitaire des piscines (p. 6).

Prémices d'une politique Sport et Santé

En 1952, le D^r Encausse publie l'ouvrage « Sport et santé » (1952), qui constitue un bilan important pour notre problématique. C'est le premier ouvrage du genre publié par un haut fonctionnaire du ministère. Son auteur occupe toujours les fonctions de chef des services médicaux de la Direction générale de la jeunesse et des sports qui est placée à l'époque au sein du ministère de l'Éducation nationale. Dans son avant-propos, le Directeur général de la jeunesse et des sports, souligne la nécessité de mettre en place « une surveillance médicale sérieuse » pour les jeunes. L'auteur précise : « Dans ce but, la Direction générale de la jeunesse et des sports s'est attachée, entre autres missions, à la réorganisation du contrôle médical des activités physiques et sportives extrascolaires, en liaison avec le ministère de la Santé publique et de la Population, les fédérations et associations sportives, les dirigeants, éducateurs et médecins sportifs enfin, aux efforts desquels je tiens à rendre ici un public hommage » (p. 7).

En 1954, le Bureau médical du « Ministère » publie un nouveau tirage d'une brochure consacrée à la « Rééducation physique. Notice d'orientation de l'enseignement » (Direction générale de la Jeunesse et des Sports et coll., 1954). Le document mentionne une dizaine de brochures publiées par les services médicaux de la Direction générale de la jeunesse et des sports depuis 1946²⁰.

En 1962, le D^r Encausse publie une nouvelle édition actualisée de son ouvrage « Sport et santé » (Encausse, 1962). Inspecteur général, il est toujours à la tête des services médicaux du ministère des Sports qui a pris l'appellation de Haut commissariat à la jeunesse et aux sports dirigé par Maurice Herzog. Ce sont les premières années de la V^e République.

Incontestablement, le D^r Encausse a été tout à la fois un scientifique et un responsable éclairé en charge du Bureau médical du ministère. Son livre « Sport et santé » envisage essentiellement deux aspects : l'influence des activités physiques et sportives sur l'organisme ; l'organisation administrative, technique et pratique du contrôle médical des activités physiques et sportives. Ses préoccupations concernent l'accompagnement de la population « sportive » de l'époque, ce qui constitue autant une délimitation qu'une limitation, sans doute, mais le premier aspect traité insiste sur les méfaits de l'absence d'exercice physique. Le recensement des thèses de médecine et la mention des travaux de recherche récompensés par un prix, qui figurent dans l'ouvrage, confirment l'existence d'une sorte de point aveugle quant à la prise en considération significative de la problématique

20. En particulier : Notice administrative et technique sur le contrôle médical sportif, Directives de gymnastique corrective à l'usage des adolescents déficients, L'épreuve fonctionnelle cardiovasculaire de Martinet dans la fatigue sportive...

« Activité physique et santé ». Ajoutons cependant, qu'au titre de l'éducation populaire et du plein air, les colonies de vacances, les camps de vacances contribuent à la valorisation de l'exercice physique.

Grâce à une action ministérielle décisive, qui s'explique pour partie dans l'œuvre de redressement national et de modernisation des politiques publiques sectorielles (1946-1962/63), la problématique « Éducation physique, sport et santé de la jeunesse » connaît une sorte d'apogée. Localement, les centres médico-sportifs connaissent une activité et une fréquentation soutenues. C'est l'urgence et des priorités précises qui avaient guidé l'action tout au long de la IV^e République et jusqu'au tournant des années 1960. Il s'agissait d'abord de relancer la machine économique, la production, de restaurer et d'optimiser les réseaux de communication et de transports, de résoudre la pénurie de logements sociaux... Par la suite, au nom de la généralisation du loisir et du sport, l'opinion générale – quant à l'avènement d'une « civilisation des loisirs » – se nourrit de l'impression selon laquelle le seuil de la stricte nécessité sociale est désormais franchi et dépassé. Jusqu'au début des années 1980, l'optimisme sportif est de mise. Cependant, cette « nécessité » sociale va se rappeler à la société et à la population française une vingtaine d'années plus tard.

Vers un « sport pour tous »

La « sportisation » de la culture physique et de l'exercice va aller *crescendo* tout au long des années 1960 et durant la décennie suivante. Le sport de compétition possède une légitimité idéologique qui occulte quelque peu les autres façons de prendre de l'exercice. À l'époque, les fédérations affinitaires et multisports, leurs responsables de clubs, les associations de jeunesse et d'éducation populaire vont laisser le champ libre au modèle sportif défendu par les fédérations unisports. Telle est du moins notre hypothèse. La contre-illustration positive est sans doute à chercher du côté de l'action que développent certains comités d'entreprises au nom d'un sport pour tous les salariés et les membres de leur famille (gymnastique volontaire, gymnastique de pause, activités physiques diverses, compétition sportive de masse, accompagnées d'un contrôle médical, colonies de vacances...).

En mettant en évidence le poids des inégalités sociales et socioéconomiques, les données statistiques nationales montrent la part d'illusion qui accompagne l'affirmation progressive d'une image de la « civilisation du loisir ». On constate cependant une augmentation du nombre de pratiquants sportifs : 4,9 % de sportifs licenciés en 1949, 6,7 % en 1961, 11 % en 1973... On peut aussi « retourner » cette série statistique en soulignant que la problématique « Activité physique et santé », qui concerne le reste de la population, et en priorité certaines classes d'âge, reste mal connue et qu'elle peut être considérée comme une préoccupation négligée par les politiques publiques. L'attention accordée aux activités physiques et sportives est inégalement partagée.

Outre les sportifs « déclarés » (licenciés en clubs), il existe des « sportifs » (qui s'auto-déclarent comme tels) qui ne possèdent aucune affiliation organisationnelle. Il existe également des « non sportifs » qui, pour la majorité d'entre eux, ne s'adonnent à aucune activité physique. Cette disparité renvoie à une question sociale d'actualité. En 1968, la Fédération française des offices municipaux des sports choisit d'aborder le thème du « sport pour tous » à l'occasion de son congrès annuel.

En 1974, Claude Piard fait paraître un livre qui envisage une réorientation possible du développement des sports en France (Piard, 1974). Le livre constate le faible taux de participation sportive enregistré par diverses enquêtes ou sondages. Pour les jeunes comme pour les adultes, les loisirs ne se réduisent pas à l'activité sportive (et *a fortiori* à la pratique sportive compétitive structurée dans les clubs). L'auteur insiste sur la nécessité de mettre en place une nouvelle politique sportive à partir d'un programme « Sport pour tous ». Il rappelle qu'en Europe occidentale, le Conseil de l'Europe a impulsé depuis le début des années 1970 une réflexion et incité à l'établissement d'un premier état des lieux sur la question dans cinq pays (voir : « La campagne sport pour tous », p. 75 et suivantes). Cependant, la prise en charge par le Comité national olympique et sportif français d'un programme sport pour tous, dès 1973, avec la nomination d'un chargé de mission au sein de cette structure, n'est pas nécessairement à moyen terme la meilleure des solutions... Il est envisagé d'organiser une Journée nationale « sport pour tous ». En soulignant que les activités physiques à la portée de tous ne sauraient être « le monopole d'une fédération ou d'une association », l'auteur ne perçoit pas le risque d'inertie organisationnelle du Comité national olympique et sportif français, dont les priorités d'action sont ailleurs, et le désintérêt de ceux et celles qui ne sont pas impliqués dans le sport fédéral. Rappelons que c'est un peu plus tard, en 1978, que le ministère de la Jeunesse et des Sports envisage vraiment la question du « sport pour tous ».

En revanche, Claude Piard est plus convaincant quand il expose ensuite deux conceptions d'un sport pour tous développées respectivement par la Fédération française d'entraînement pour le monde moderne (FFEPM) et par la Fédération française d'éducation physique et de gymnastique volontaire (FFEPGV) (p. 79-85). On a la possibilité d'apprécier la fidélisation de ces publics au sein des deux structures associatives. L'une et l'autre développent une action des plus crédibles au regard de ce que doivent être les critères de réussite d'un sport pour tous. L'enjeu est d'atteindre des publics potentiels, c'est-à-dire à la fois des pratiquants « qui n'ont plus leur place dans les sections sportives des clubs » (selon la formule en usage) et des nouveaux adeptes de l'exercice physique. Par ailleurs, une sociabilité tend à se structurer autour de différentes activités : gymnastique volontaire, randonnée pédestre, cyclotourisme... Le milieu des années 1970 est marqué par un jalon important : la loi « relative au développement de l'éducation physique et du sport » du 29 octobre 1975, dite « loi Mazeaud ». Cette loi est destinée

principalement à accompagner, d'un point de vue organisationnel, les transformations de l'activité sportive en France. Elle souligne que « l'entreprise apparaît devoir être une des structures privilégiées pour le développement du sport pour tous » (titre II). En revanche, la loi est relativement discrète sur la place que doivent tenir les activités physiques de chacun et l'entretien de la santé.

Certes, l'action du ministère va s'élargir à quelques préconisations, à quelques incitations de caractère ludique destinées à sensibiliser ponctuellement de nouveaux pratiquants. Les « Journées nationales » animées conjointement par les services du ministère, les clubs et les localités (par exemple l'opération « Parcours du cœur ») ne semblent pas avoir un impact significatif sur les comportements, dans la durée. À la charnière des années 1970 et 1980, la France n'est-elle pas en train d'accumuler du retard par rapport à certains des pays voisins ? C'est évident. D'ailleurs l'examen comparatif des actions conduites en faveur du « sport pour tous », chez tel ou tel de nos proches voisins, et les bilans établis, viennent conforter cette idée (Dacosta et Miragaya, 2002).

Diversification des activités physiques

L'évolution du sport, au tout début des années 1980, aboutira logiquement nous semble-t-il, à la « Loi Avice » du 16 juillet 1984, relative à l'organisation et à la promotion des activités physiques et sportives. Des changements culturels positifs se superposent à une crise de l'État Providence et à des signes tangibles de récession économique. Les activités physiques et sportives progressent, les vacances sportives également bien que des inégalités sociales persistent ou se redéplient, en partie liées à la complexité croissante des flux migratoires. Les départs anticipés à la retraite ne sont qu'un élément parmi d'autres de traitement du chômage et ils contribuent conjointement à l'invention accélérée du « troisième âge ». L'occupation du temps libre par cette classe d'âge (faussement homogène) s'oriente pour partie vers les activités d'entretien physique. L'action des grands comités d'entreprise est alors à son zénith. Elle contribue à la démocratisation des activités physiques et sportives et à celle des séjours de vacances. Sur la nouvelle station balnéaire de Bombannes (littoral girondin), réaménagée entre 1979 et 1982 et bénéficiant du soutien du Conseil général, par exemple, on envisage d'implanter une antenne médicale de l'Université de Bordeaux 2 pour accompagner les groupes de résidents (séjours de vacances, stages de formation continue, stages de préparation à la retraite...) dans leurs activités de (re)mise en condition physique... Pareille action se situe bien dans l'esprit du nouveau ministère du Temps libre, avec à sa tête André Henry, dans lequel Edwige Avice est en charge de la Jeunesse et des Sports avant de se voir confier, en mars 1983, la direction d'un ministère regroupant désormais l'ensemble des trois domaines.

Dans les années qui suivent, les difficultés économiques et la montée du chômage vont contrarier cet élan novateur. L'optimisme ambiant décroît. Certains comités d'entreprise sont affectés par les restructurations économiques. Une priorité est accordée aux activités sportives des jeunes dans les quartiers dits « sensibles » (programmes interministériels Vacances et Loisirs pour Tous, Loisirs Quotidiens des Jeunes).

Par la suite, plusieurs ministres vont se succéder au gré des remaniements ministériels, du changement de majorité et des périodes de cohabitation. L'appellation du « ministère » varie. Il peut être un ministère de plein exercice, un secrétariat d'État, avec à sa tête une personnalité ayant un statut de délégué auprès du Premier ministre, dans certains cas de figure.

Impact de la décentralisation

La décentralisation, qui devient effective avec les lois de 1982 et de 1983, se traduit par une redistribution des rôles entre l'État, les départements et les régions. Ici ou là, certains départements avaient conduit auparavant des actions en faveur du sport et elles contribuent déjà à la mise en œuvre locale des programmes de développement de la pratique sportive des jeunes. Pour les régions, il s'agit d'une compétence nouvelle. En outre, il ne faut pas oublier le rôle déterminant des communes (Collomb, 1988 ; Bayeux, 1996).

Les collectivités territoriales (département, région) ont plein pouvoir pour conduire des politiques sportives locales, tandis que le ministère se doit de les aider à assumer leurs nouvelles responsabilités. En 1996, Roger Bambuck note que, dans ce cadre de l'action publique, « le rôle de l'État s'est profondément transformé : de tuteur, il est devenu partenaire » (Secrétariat d'État chargé de la jeunesse et des sports). Les politiques sportives territoriales (les départements, les régions) développent des orientations nouvelles qui concilient aménagement des territoires, développement durable et mise en valeur touristique des espaces de pleine nature et des pratiques sportives. Prennent-elles en considération la question de la santé des populations ? Il est possible de recenser quelques initiatives isolées, comme les opérations (colloques, journées de formation, actions sur le terrain) organisées par l'Office départemental des sports de l'Hérault. De même, le rôle des centres médico-sportifs redevient d'actualité avant d'être considéré comme peu viable (Allemandou, 1995). Ces centres implantés à l'échelle de la commune ne sont-ils pas les victimes toutes désignées du libéralisme qui caractérise la médecine qui s'exerce en cabinet privé ? Les services déconcentrés du ministère (DDJS, DRJS²¹) et les instances locales du Mouvement sportif (CDOS,

21. DDJS et DRJS : Directions départementale et régionale de la jeunesse et des sports

CROS²²) sont-ils, dans ce contexte, des forces de proposition et d'accompagnement des actions ? La décentralisation, l'inter-communalité d'aujourd'hui peuvent-elles ouvrir des opportunités intéressantes ? Diverses initiatives relatives au thème qui nous intéresse mériteraient d'être répertoriées, permettant d'évaluer la mobilisation correspondante et son efficacité²³. Dans l'immédiat, notons cependant qu'il n'est pas possible de dégager les traits caractéristiques d'une action significative, en faveur de la santé par les activités physiques et sportives, qui puisse être mise à l'actif de la décentralisation. Dans ce secteur d'intervention, l'impact de la décentralisation supposera une articulation avec des intentions ministérielles clairement affichées.

Vers la promotion du sport pour la santé ?

Les initiatives ministérielles se multiplient, en faveur d'une activité physique et sportive pour le plus grand nombre, mais la problématique de la santé n'occupe pas une place centrale au sein de l'action du ministère. Ou plus exactement, les objectifs de cohésion sociale et de solidarité l'emportent sur l'explicitation du thème de la santé. L'examen attentif de la série des rapports d'activité du ministère, dont le principe remonte à l'année 1994 (relatant l'action de l'année précédente), est particulièrement éclairant.

La première mention détaillée de la santé se trouve dans le Rapport annuel publié par le ministère en septembre 1996, qui correspond aux activités relatives à l'année 1995. On y apprend que la « Mission de médecine du sport et de la lutte antidopage » « s'est engagée en 1995 dans une démarche visant à favoriser la pratique sportive dans un but de santé » (Ministère de la Jeunesse et des Sports, 1996). Dans les années qui suivent, la lutte antidopage mobilise l'essentiel des énergies.

Rappelons, à ce propos, quelques aspects historiques. Dans le domaine du dopage, « l'âge de déraison » commence aux alentours de 1960 et se poursuit jusqu'au milieu des années 1990 (Laure, 2000). La France promulgue une loi antidopage dès le 1^{er} juin 1965 (Loi n° 65-412 tendant à la répression de l'usage des stimulants à l'occasion des compétitions sportives). Peu avant, alors que des personnalités du mouvement sportif (national et international) préparent des mesures à prendre contre le « *doping* », le Conseil de l'Europe

22. CDOS et CROS : Comités départemental et régional olympiques et sportifs

23. Mentionnons quelques exemples, à titre d'illustrations. Association aquitaine sport pour tous (fondée en 1980), « 25^{ème} anniversaire », bulletin n°96, 1^{er} trimestre 2006 (16 p.). Office Départemental des Sports de l'Hérault, A.P.S., Sport Santé après 50 ans, actes du colloque national organisé à l'initiative de l'ODSH, 14-15 septembre 2002, éd. Département de l'Hérault, 2002 (138 p.). DDJS de la Gironde et Communauté de communes de l'Estuaire, Programme de formation sur les conduites à risque des jeunes, à destination des personnes exerçant des fonctions de référents auprès des adolescents et des jeunes adultes, 2003-2004

a lancé un appel solennel, au cours de l'année 1963, contre ce type d'usage, notamment dans le souci de préserver la santé des jeunes sportifs (Laure, 2000). Par cette loi de 1965, on peut considérer qu'en France, la puissance publique s'est emparée très tôt de la question, grâce au Ministre Maurice Herzog, au nom de la préservation de la santé des sportifs mais également de la défense de l'éthique et du principe d'égalité des compétiteurs dans le sport. Par la suite, la « Loi Mazeaud » (loi n° 75-988, du 29 octobre 1975), la « loi Bambuck » (loi n° 89-432 du 28 juin 1989)... marquent d'autres jalons importants d'affirmation de cette volonté exemplaire qui ne s'est jamais démentie depuis.

Prenons ensuite le rapport d'activité ministériel pour l'année 2000 (Ministère de la Jeunesse et des Sports, 2000). Ce volume grand format de 95 pages détaille l'action du ministère et il inaugure pour l'occasion une nouvelle présentation destinée à une assez large diffusion. La problématique activité physique et santé est évoquée dans un unique paragraphe intitulé : « Les actions sport santé » (p. 57). Il s'agit des actions conduites en collaboration avec le Comité français d'éducation pour la santé (voir la brochure Sport, Ados et dos) et de la manifestation nationale des Parcours du Cœur, en liaison avec la Fédération française de cardiologie (2 095 Parcours du cœur ont été organisés en 1998, presque tous avec l'aide des services déconcentrés de l'État ; les DRJS et DDJS). Toujours au titre de la santé, il faut mentionner également la rubrique : « Protéger la santé des sportifs » qui correspond à l'axe historique fort, structuré autour du contrôle médical du sportif licencié. Le rapport détaille les « moyens humains et financiers pour renforcer la surveillance médicale des sportifs » qui sont engagés dans le haut niveau. Il présente le dispositif territorial en vue du « développement des actions de prévention » ainsi que « l'organisation de la lutte contre le dopage ». À l'évidence, la problématique santé impulsée par le ministère concerne surtout les licenciés sportifs. Toutefois, le titre III (Valoriser la dimension sociale du sport, p. 16 et 17) insiste sur l'accès à la pratique sportive pour le plus grand nombre (jeunes défavorisés, personnes handicapées, soutien aux activités physiques et sportives en entreprise, insertion par le sport). Pour autant, dans ce cas, la référence à la santé ne saurait être qu'implicite.

Une orientation ministérielle qui prévaut depuis quelques années, c'est bien la dimension sociale et solidaire des activités physiques et sportives, comme on vient de le noter, avec une insistance conjointe sur la valorisation du bénévolat, la dynamique familiale, la découverte de la nature, les méfaits des conduites à risque (incluant une mise en garde contre les dangers du tabac, de l'alcool, des drogues).

Par ailleurs, en se plaçant du point de vue de la société, c'est-à-dire au niveau des représentations sociales et des mentalités, on constate que la logique du plaisir et de la liberté l'emporte sur celle qui mettra l'accent sur la discipline de vie et des obligations assumées de façon responsable ; cette

dernière favorisant ce qu'il convient d'appeler une bonne santé. Or, cette orientation sociale n'est pas facile à retraduire dans les termes d'une sensibilisation aux questions de santé publique – par l'activité physique – qui reposerait en outre sur une action pédagogique adéquate.

Toutefois, c'est cet engagement dans le domaine de la santé que l'on peut reconnaître dans l'affichage récent de certaines actions du ministère. Le rapport d'activité 2003 du ministère des Sports insiste sur deux volets. Il s'agit d'abord de « promouvoir les activités physiques et sportives en tant que facteur positif de santé tout en maîtrisant les risques sanitaires liés à ces pratiques » (dès le plus jeune âge, en ciblant les populations sédentaires ou peu actives, en émettant des recommandations pratiques, en incitant les fédérations sportives et les collectivités territoriales « à promouvoir le sport pour tous par la promotion de pratiques familiales et par l'amélioration de l'accessibilité des installations sportives »). Il s'agit d'engager un programme national et pluriannuel « Bien vieillir » (2003-2005), présidé par le professeur Saillant. Le rapport se fait également l'écho du programme « Bougez-vous la vie », la déclinaison française du programme européen HEPA (*Health Enhancing Physical Activity*) (voir p. 36).

Le rapport d'activité 2004 (Ministère de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative, 2004) détaille deux orientations du ministère. D'une part, le document fait état de « la promotion de la santé par le sport » (p. 37), qui reprend la problématique du programme engagé l'année précédente. Le CREPS d'Houllgate est désormais investi du statut de site pilote national pour les actions « sport-santé ». D'autre part, le rapport détaille « la prévention des conduites à risque » (p. 52) à destination des jeunes, relayé par les DRJS et DDJS en partenariat avec le secteur associatif.

En outre, certaines actions conduites dans une dynamique interministérielle comportent souvent une incidence positive, en termes de santé publique (Ministère des Sports, 2003).

On constate ainsi une tendance impulsée par le ministère à la mobilisation générale autour des questions de « santé », en liaison avec l'activité physique et sportive. Aujourd'hui, la demande d'expertise adressée à l'Inserm par le ministère peut être interprétée comme l'ébauche d'un signe fort visant à dégager une perspective pour une action d'ensemble. Au-delà d'un état des lieux, il s'agira de fournir un diagnostic afin de proposer des préconisations réalistes.

En conclusion, il est possible de dégager les fondements des politiques sportives conduites en France. Cependant, ces fondements paraissent réactualisés au fil des décennies, en fonction de l'importance accordée au sport de compétition, au rayonnement de la France et au prestige que favorise la réussite sportive au plan international, du soutien à l'éducation physique et

sportive ou aux activités physiques et sportives du plus grand nombre, du rôle dévolu au sport (décliné selon une diversité d'expressions) en tant qu'outil pédagogique d'éducation de la jeunesse et d'intégration sociale. On conçoit que ces objectifs dépendent à la fois de facteurs extérieurs (pour triompher dans les compétitions internationales) et de facteurs internes comme la structure socio-démographique de la population sportive du moment ou encore les désajustements entre une demande sociale d'activité physique et l'offre apportée par la collectivité. Rappelons que le ministère de l'Éducation nationale (compétitions internationales scolaires ou universitaires, démocratisation de la culture sportive, enseignement de l'EPS et animations des associations sportives d'établissement) opère de façon analogue. Dans les établissements scolaires, on constate un effort récent portant sur la diététique, l'éducation aux bonnes habitudes alimentaires (avec la consommation de légumes, de fruits tout en réduisant celle des sucreries, des boissons sucrées...). En revanche, l'articulation entre l'EPS et l'entretien de la santé mériterait d'être mieux utilisée.

La France est incontestablement un pays qui possède des politiques sectorielles structurées et dynamiques. La problématique de la santé par l'exercice physique relève principalement du ministère des Sports. Il paraît indispensable que ce dernier ne se tourne pas invariablement vers le mouvement sportif institutionnel très engagé dans la promotion du modèle compétitif du sport. Des solutions nouvelles doivent être expérimentées et généralisées. L'interministérialité est susceptible d'ouvrir des perspectives porteuses de changement. De même, la décentralisation, à l'échelle des territoires de proximité, peut contribuer à relayer de telles initiatives. Les actions conduites par les associations pour la valorisation de la pratique régulière d'une activité physique pour l'entretien de la santé peuvent être efficacement soutenues par les collectivités territoriales.

En outre, à l'échelle des décennies, il faut comprendre la désignation précise du ministère des Sports comme le reflet de préoccupations qui correspondent pour partie aux missions et orientations programmatiques du moment. Quelles sont les conjonctures pendant lesquelles la question de la santé occupe une place prépondérante ? Dans des périodes de « reconstruction nationale » (1919 et les années suivantes, 1944 et les années suivantes), la santé publique est à l'ordre du jour. Dans des années de croissance économique et d'euphorie sportive (années 1960 et 1970, voire début des années 1980), elle tend à s'estomper. À l'aube du XXI^e siècle, le thème de la santé ressurgit en France, tout comme il a ressurgi ailleurs, souvent mis en avant comme une urgence par les pouvoirs publics, dans des nations confrontées aux maux des « pays riches » (sédentarité, déclin de l'activité physique à l'âge adulte, mauvaises habitudes alimentaires, vieillissement, maladies connexes et diverses...).

Dans une période complexe, à l'exemple de la situation actuelle (diversification des profils socio-démographiques de la population française,

différenciation des niveaux de vie, nouvelles pauvretés, sédentarité accrue, pollutions urbaines...), du fait aussi de la complexité du domaine de l'activité physique et sportive – et des confusions de sens qui l'accompagnent – la problématique « Activité physique et santé », aux différents âges de la vie, et pour les représentants des deux sexes, doit être (re)mise à l'ordre du jour, avec un affichage ministériel fort.

Dans ce cas, faut-il considérer la place du sport, au sein du nouveau ministère de la Santé, de la Jeunesse et des Sports (dans le gouvernement constitué à l'issue du second tour des élections présidentielles de mai 2007), comme la préfiguration d'un tel affichage fort ? Ce n'est pas impossible.

BIBLIOGRAPHIE

ALLEMANDOU B. Promotion du contrôle médico-sportif : enjeux et stratégies. Sport, relations sociales et action collective, Actes du colloque des 14 et 15 octobre 1993. éd. MSHA, Bordeaux, 1995 : 409-418

ANDRIEU G. L'éducation physique au XX^e siècle : une histoire des pratiques. Éditions Librairie du Sport, Joinville-le-Pont, 1990 : 126p

BARDEL P. Vers un ministère des sports. *Le Gymnaste* 1931, 10 : 474-477

BAYEUX P. Le sport et les collectivités territoriales. PUF, Paris, 1996 : 128p

CALLEDE J-P. Les politiques sportives en France. Éléments de sociologie historique. Economica, Paris, 2000 : 190p

CALLEDE J-P. Les politiques du sport en France. *L'année sociologique* 2002, 52 : 437-458

CALLEDE J-P. Maires et ministres entrepreneurs : l'invention des politiques publiques du sport (1918-1939). In : Histoire du sport en France. Tome 1. TETART P (eds). Vuibert, Paris, 2007 : 134-182

COLLOMB P. (dir.) Sport et décentralisation (Actes du colloque de Nice, mars 1987). Economica, Paris, 1988 : 255p

CONSEIL DE L'EUROPE, COMITÉ D'ÉDUCATION EXTRA-SCOLAIRE. Le Doping des athlètes. Strasbourg, janvier 1963 ; Madrid, novembre 1963

DACOSTA L, MIRAGAYA A. Worldwide experiences and trends. In : Sport For All. Meyer & Meyer Sport, Oxford, UK, 2002 : 792p

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA JEUNESSE ET DES SPORTS, MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE, SECRÉTARIAT D'ÉTAT À L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE, À LA JEUNESSE ET AUX SPORTS. Rééducation Physique. Notice d'orientation de l'enseignement, 2^e édition, 1954 : 27p

DORMOY M. Contribution à l'Organisation de l'Éducation Physique et des Sports. Institut municipal de Montluçon, Janvier 1938 : 68p

ENCAUSSE P. Éducation physique et sous-alimentation. Influence de l'Éducation Physique et Sportive sur la Jeunesse en fonction de l'alimentation actuelle. Éditions Henri Dangles, Paris, 1944 : 63p

ENCAUSSE P. Notice administrative et technique sur le contrôle médical sportif. CMS 46-10, 1946

ENCAUSSE P. Sport et Santé. Amédée Legrand & Cie, Paris, 1952 : 223p

ENCAUSSE P. Sport et Santé. Précis de médecine sportive. JB Baillière & fils, Paris, 1962 : 299p

GEORGES D. Encyclopédie générale des Sports et Sociétés sportives en France. Éditions Romainville, Paris, 1946

HERRIOT E. Créer. Payot, Paris, 1919 : 506 p et 376p

LA RADIODIFFUSION NATIONALE ET LE COMMISSARIAT GÉNÉRAL À L'ÉDUCATION GÉNÉRALE ET AUX SPORTS. Le quart d'heure d'éducation physique à la radio. Éditions SOSA, Paris, 1943

LAURE P. Histoire du dopage et des conduites dopantes. Vuibert, Paris, 2000 : 218p

MINISTÈRE DE LA JEUNESSE ET DES SPORTS. Rapport annuel sur l'état de l'administration. Septembre 1996 : 161p

MINISTÈRE DE LA JEUNESSE ET DES SPORTS. Rapport d'Activité Ministériel 2000. MJS, Paris, 2000 : 95p

MINISTÈRE DE LA JEUNESSE, DES SPORTS ET DE LA VIE ASSOCIATIVE. Rapport d'Activité 2004. MJSVA, Paris : 87p

MINISTÈRE DES SPORTS, MINISTÈRE DÉLÉGUÉ À LA FAMILLE. Sport, adolescence et famille. Rapport de proposition remis à M Jean-François Lamour, Ministre des Sports, et Christian Jacob, Ministre délégué à la Famille, novembre 2003 : 317p

MINISTÈRE DES SPORTS. Rapport d'Activité 2003. MS, Paris, 2003 : 155p

PATÉ H. Pour un ministère de la Santé Publique. La vie au grand air 1919, 841

PIARD C. Vers une nouvelle politique sportive. « Sport pour tous » dernière chance des fédérations. Amphora, Paris, 1974 : 143p

SECRETARIAT D'ÉTAT CHARGÉ DE LA JEUNESSE ET DES SPORTS. Équipements sportifs et socio-éducatifs : principes d'action. Paris, Mission Technique de l'Équipement, décembre 1996

SOUS-SECRETARIAT D'ÉTAT DE L'ÉDUCATION PHYSIQUE. Règlement général d'Éducation physique. Méthode française, annexe 1. Rôle du médecin, Paris, Imprimerie nationale, 1921 : 61p

3

Évolution des pratiques physiques et sportives

Les Français sont-ils sportifs et si oui, comment pratiquent-ils le sport ? Et s'ils ne sont pas à proprement parlé sportifs, peut-être sont-ils au moins physiquement actifs ? Dans tous les cas, soutiennent-ils la comparaison avec leurs voisins européens et avec les autres nations développées ? Quelles sont les meilleures méthodes pour répondre à ces questions ? Voilà des questionnements réguliers concernant l'évaluation du niveau de pratique physique et sportive en France. On peut faire remonter l'origine de ces interrogations aux années 1980. Depuis les premiers éléments de quantification proposés par l'Insee en 1967, les sondages commandés par la presse ou par les industriels du sport et les enquêtes lancées par les administrations (du sport, de la santé publique et des statistiques nationales) ont apporté leurs contributions. Ce souci de mesure est bien sûr lié à la volonté d'apprécier les changements survenus dans le domaine du sport depuis les années 1960, mais aussi d'évaluer les effets des politiques sportives mises en œuvre à partir de cette époque. Plus récemment, les préoccupations de santé publique ont aussi poussé au développement d'enquêtes sur l'activité physique et amené la mise en œuvre de nouveaux instruments de mesure. Les relations entre pratique physique et santé représentent également une préoccupation importante dans les pays voisins ou aux États-Unis. Dans ce pays, par exemple, les données sur l'activité physique produites dans *A Report of the Surgeon General*, paru en 1996 (*US Department of Health and Human Services, 1996*), ont conduit à une large mobilisation durant cette période (*US Department of Health and Human Services, 1996*).

Malgré la multiplication des données, la comparaison entre les pays ou entre les périodes est toutefois rendue difficile par la diversité des définitions utilisées dans les différents pays, voire dans un même pays, selon les moments et selon les institutions qui réalisent l'enquête. Les évaluations disponibles proviennent en effet de sources diverses qui font reposer leurs estimations sur des définitions différentes :

- de la réalité observée (sport ou activité physique) ;
- du phénomène qu'on veut mesurer (niveau d'activité ou taux de pénétration des disciplines) ;

- de la période de temps prise en considération (semaine ou année).

Cette diversité conduit à l'existence d'estimations variables, mais qui toutes pointent vers un écart entre l'activité déclarée et les recommandations des instituts de santé publique : une part importante des Français, des Européens ou des Américains sont en dessous du seuil d'activité considéré comme nécessaire à un bon état de santé. De plus, parmi les pratiquants, les types de sport, les formes d'encadrement et les motivations peuvent constituer des sujets de préoccupation en raison des risques qu'ils font courir aux individus.

Mesures de la pratique

La première enquête, en population générale, sur les pratiques sportives des Français, réalisée par l'Insee, remonte à 1967 (Insee, 1970). Elle estimait alors que 39 % des Français âgés d'au moins 14 ans se livraient à un sport. L'enquête réalisée en 2000 par l'Insep et le ministère de la Jeunesse et des Sports évaluait à 36 millions le nombre de personnes s'adonnant à une activité physique ou sportive, soit 83 % des Français de 15 à 75 ans, et donc mettait en évidence une croissance tout à fait impressionnante (Ministère des Sports et coll., 2002). Mais en même temps, on constate des écarts importants entre des enquêtes réalisées dans une même période. Ainsi, l'enquête Insee de 1983 compte 43 % des Français comme sportifs (Garrigues, 1988) quand celle de l'Insep (Institut national du sport et de l'éducation physique) de 1985 en dénombrait 73 % (Irlinger et coll., 1988). Pour la dernière décennie, l'Inpes (Institut national de prévention et d'éducation pour la santé) avec le Baromètre santé 2000 évaluait à 42 % des Français âgés de 12 à 75 ans le pourcentage de sportifs (Guilbert et coll., 2001) et celui de 2005 à 58 %, mais seulement 46 % de personnes ayant une activité physique entraînant des bénéfices pour la santé (Escalon et coll., à paraître). On notera enfin que l'enquête 2003 menée par le ministère de la Jeunesse et des Sports, le ministère de la Culture et l'Insee (Ministère de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative et coll., 2005) donne le chiffre de 71 % pour la pratique sportive auquel s'ajoutent les 14 % de pratiques physiques dites utilitaires, comme le fait d'aller travailler en vélo, ce qui donne encore un taux global supérieur à 80 % de Français physiquement actifs (tableau 3.I).

Tableau 3.1 : Évaluation du taux des pratiques physiques et sportives des Français à travers les sondages 1967-2003

Année	Enquête	Période prise en compte	Tranches d'âges	Taille de l'échantillon	Taux de pratique physique ou sportive
1967	Insee	Année écoulée	14 ans et +	5 895	39 %
1979	Sofres	Année écoulée	18 ans et +	1 000	30 %
1983	Insee	Année écoulée	18 ans et +	7 380	43 %
1985	Insep	Année écoulée	12 ans et +	3 000	73 %
1987	Insee	Année écoulée	14 ans et +	10 878	48 %
1994	Credoc	Année écoulée	14-65 ans	1 000	68 %
1997	BVA	Année écoulée	15 ans et +	1 000	44 %
2000	Insep - MJS	Année écoulée	15 ans et +	6 526	61 % (réponse spontanée) 83 % (après relance)
2000	Cfes	Semaine écoulée	12 ans et +	13 685	42 %
2003	Insee - MJSVA	Année écoulée	15 ans et +	5 626	71 % 84 % (activité « utilitaire »)
2005	Inpes	Semaine écoulée	15 ans et +	30 000	58 % (pratique habituelle d'un sport) 46 % (activité physique suffisante)

Définition de l'activité physique et sportive

Certes, on pourra relever entre les enquêtes des différences concernant les tranches d'âge interrogées (de 12, 14 ou 15 à 65 ou 75 ans) ou encore le fait que les informations relatives à la pratique physique et sportive soient enregistrées au moyen de questionnaires portant sur d'autres sujets comme l'habillement ou les loisirs. Mais on peut considérer que le facteur le plus important est celui de la définition de ce que les enquêteurs entendent par le terme sport et la formulation de la question qui en découle.

Ainsi, l'enquête ministère des Sports-Insep 2000 (Ministère des Sports et coll., 2002) demandait d'emblée aux personnes interrogées si elles avaient pratiqué au moins une fois dans l'année une activité physique ou sportive, puis relançait celles qui avaient répondu négativement à cette première question. En cela, il s'agissait de reprendre le mode d'interrogation adopté dans l'enquête Insep de 1985 (Irlinger et coll., 1988) et de se donner une idée la plus complète possible de la palette des activités physiques qu'on pouvait pratiquer. Les résultats auraient bien sûr été différents si on s'était contenté de la première réponse ou si l'on avait demandé si les gens avaient fait du sport, sachant que le mot « sport » renvoie à des représentations cul-

turelles qui sont loin d'être partagées par tous ceux qui pratiquent une activité physique (Ministère des Sports et coll., 2002). Les différentes estimations mesurent en effet différentes manières de définir le sport et l'activité physique et traduisent différents objectifs. On peut, par exemple, principalement s'intéresser à l'activité sportive encadrée. Il existe en effet des définitions institutionnelles du sport selon lesquelles les seuls sportifs sont les licenciés appartenant à un club (During, 2002). À ce titre, la population sportive s'élèverait aujourd'hui à environ 15 millions de personnes sur l'ensemble de la population, 11 millions dans l'enquête 2000 puisque l'interrogation ne portait que sur les 15-75 ans et qu'une bonne partie des licenciés ont moins de 15 ans. Mais on comprend bien que si on se limite à cette seule population, on ne tient pas compte de ce qui paraît être la nouveauté du fait sportif depuis une trentaine d'années, à savoir qu'il existe un nombre considérable d'individus qui jouent régulièrement au football, sillonnent en courant les bois et les parcs, s'étendent physiquement dans les salles de fitness ou parcourent les sentiers de grande randonnée. En effet, ces pratiquants n'ont pas de licence et ne participent pas à des compétitions officielles. Par ailleurs, des préoccupations de santé et de bien-être peuvent pousser des personnes à se livrer à une activité physique régulière, et non à du sport. Même si on demande, pour être plus large, si les personnes ont fait un sport, comme dans l'enquête Insee de 1983, on risque de ne retenir que ceux qui se livrent à des activités qu'on considère généralement comme des sports, jouer au basket-ball ou au tennis par exemple, sans être membre d'un club. Inclure ces sportifs augmenterait le taux de pratique, mais moins que si on parle d'activité physique ou sportive, comme dans les enquêtes de l'Insep de 1985 et 2000.

Pour rendre compte de la nouvelle réalité de l'engagement des individus dans des pratiques physiques, les chercheurs de l'Insep et du ministère de la Jeunesse et des Sports depuis l'enquête de 1985, ont voulu, mesurer le taux de pénétration dans la société française des différents sports ou pratiques physiques. On ne tient alors plus compte seulement des sportifs au sens rigoureux ou institutionnel du terme, mais des personnes qui consacrent une partie non négligeable de leur temps, de leur budget et de leur énergie à une activité physique mettant souvent en application un modèle sportif, mais pas toujours quand il s'agit de la chasse, de la pêche ou de la ballade dominicale. Doit-on, en effet, les ignorer sous prétexte que la dépense physique est mineure, qu'il n'y a pas de compétition organisée ou qu'elle est l'objet d'une réprobation morale, comme la chasse ? Il est certain qu'en prenant en compte ces activités, on court le risque de majorer la participation des personnes dont la pratique est occasionnelle. Toutefois, ceci permet d'évaluer les différentes modalités d'investissement dans les activités physiques à partir du type de pratique, de la fréquence déclarée et des formes d'engagement sociales ou institutionnelles.

La question de la sur- ou de la sous-évaluation est posée dès lors qu'on prend en compte les activités physiques et sportives ou seulement le sport. Elle est

aussi posée si on prend comme période de référence l'année écoulée ou la semaine. Ainsi, les enquêtes Insee (1967, 1983 et 1987) et Insep (1985 et 2000) ont interrogé sur les activités pratiquées dans les douze derniers mois. Il y a alors le risque d'oubli, que l'on dépasse en posant éventuellement une question pour savoir si les personnes n'ont rien oublié ; il y a aussi le risque d'une mauvaise appréciation du temps consacré. En revanche, l'avantage est de pouvoir prendre en compte la diversité des activités physiques ou sportives d'un individu au cours d'une année. De son côté, le Baromètre santé, en interrogeant sur la quantité de temps passée à faire du sport ou une activité physique durant la semaine écoulée (Guilbert et coll., 2001), privilégie les pratiques régulières, mais est plus proche de la réalité des quantités de temps passées à faire une activité physique. On comprend ainsi que les estimations de pratique globale produites par le Baromètre santé soient inférieures à celles données par les différentes enquêtes du ministère des Sports, de l'Insep ou de l'Insee.

Pénétration des activités physiques et sportives ou intensité des activités physiques

Les dispositifs adoptés par l'Insee ou l'administration du sport ne mesurent pas l'intensité des pratiques, encore moins la dépense énergétique. Pour des raisons qui relèvent d'objectifs de santé publique, l'Inpes, avec le Baromètre santé, vise à évaluer un niveau d'activité physique. Dans ce cadre, il est distingué des activités de travail et des activités de loisir, elles-mêmes divisées en activités intenses, dont le sport fait partie, et activités modérées, tandis qu'est fixée une durée minimum de dix minutes en deçà de laquelle l'activité n'est pas prise en compte. De cette façon il devient possible de comparer l'activité physique de la population considérée à celle des pays qui ont adopté ce type de mesure, l'*International Physical Activity Questionnaire* (IPAQ) et d'évaluer le niveau de pratique par rapport aux recommandations proposées par les différents organismes de santé publique. Ainsi, l'enquête 2005 du Baromètre santé (Escalon et coll., à paraître) estime que moins de la moitié des Français âgés de 18 à 65 ans (45,7 %) a pratiqué, au cours des sept derniers jours précédant l'enquête, une activité physique à un niveau entraînant des bénéfices pour la santé. Les 19 % de personnes qui ont pratiqué plus de deux heures une activité intensive dans la semaine s'opposent aux 42 % qui ont pratiqué moins de 10 minutes. Outre la précision de la mesure, ce type d'interrogation a le mérite de rappeler que le travail est une source importante d'activité physique (Proper, 2006) et d'accumuler les données permettant de comprendre les rapports existants entre activité sportive, activité physique, sédentarité et obésité (Oppert, et coll., 2006). Le tableau 3.II donne quelques exemples des différentes questions qui peuvent être posées selon les enquêtes.

En mettant en regard les deux principales enquêtes réalisées, en France, en population générale, on arrive ainsi à ce qui peut paraître un paradoxe, à savoir constater que, en 2005, un peu plus de 80 % des Français âgés de plus de 15 ans se sont livrés dans l'année à une activité physique ou sportive, tandis qu'on peut estimer que plus de la moitié de la population a une activité physique insuffisante si on la réfère aux conseils des divers organismes nationaux et internationaux de santé publique (Blair et coll., 1993 ; Conférence ministérielle, 2006).

Tableau 3.II : Exemples de questions posées dans différentes enquêtes

	Première question	Question éventuelle de relance ou de précision
<i>Australian Sports Commission, 2001 et 2006</i>	« Durant les 12 derniers mois, avez-vous participé à des activités physiques pour l'entraînement, le loisir ou le sport ? »	
Insep, 2000	« Dans les 12 derniers mois, avez-vous pratiqué une activité physique ou sportive (à l'exception des cours obligatoires d'éducation physique) ? »	Pour ceux qui ont répondu « non » à la question précédente : « Êtes-vous sûr de ne pas avoir ... (proposition d'une liste d'activités) ? »
Insee, 2003	« Au cours des douze derniers mois, y compris pendant vos vacances, avez-vous pratiqué même occasionnellement une de ces activités (proposition d'une liste de 27 activités physiques et sportives) ? »	Plusieurs questions portant sur les moyens de transport
Baromètre santé, 2005	« Hier, avez-vous fait des activités physiques intenses comme porter des charges lourdes, faire du VTT ou jouer au football ? Merci de ne pas inclure la marche »	Plusieurs questions sur la pratique sportive : « Parmi ces activités intenses ou modérées, avez-vous pratiqué un sport ? », « Au cours des sept derniers jours avez-vous pratiqué un sport ? », « Habituellement faites-vous du sport ? »
Eurobaromètre, 2004	« Combien de fois vous êtes-vous entraînés ou avez-vous pratiqué du sport ? »	

Nomenclature en France et à l'étranger

L'utilisation du questionnaire IPAQ correspond à la volonté de se donner des protocoles communs de mesure pour les différents pays, ici dans le cadre des campagnes de santé publique. Elle se situe dans la suite des conclusions du *Report of the Surgeon General (US Department of Health and Human Services, 1996)* et des objectifs du programme *Healthy People 2000*²⁴

qui définissaient les objectifs de santé publique pour la société américaine et distinguaient « activité physique modérée », incluant le fait de marcher dans les actes de la vie quotidienne, de monter les escaliers, de faire le ménage et « activité physique vigoureuse » qui pouvait alors inclure le sport, la danse ou le fait de porter des charges lourdes. L'Eurobaromètre dans certaines de ses livraisons, par exemple celle produite par la Commission Européenne (*European Opinion Research Group*, 2003), utilise le questionnaire IPAQ pour évaluer la prévalence de l'activité physique en Europe. Pour d'autres, telles qu'elles apparaissent dans Bottenburg et coll. (2005), les mesures d'activité physique s'appuient sur une échelle de fréquences classique (« jamais », « une fois dans l'année », « combien dans les quatre dernières semaines »...). De son côté, *Sport England* (*Sport England Communication*, 2006) semble s'orienter vers des mesures inspirées du questionnaire IPAQ, mais appliquées uniquement au domaine du loisir. On ajoutera que ces enquêtes ont en commun d'utiliser une définition élargie du sport, comme activité physique récréative, semblable à celle utilisée dans les enquêtes de l'administration française du sport.

Idéalement, il faudrait pouvoir lier des questionnements concernant l'activité physique et sportive, qui correspondent à un besoin de vérifier l'efficacité des politiques publiques et l'impact du sport dans la société, à des interrogations sur la qualité et la quantité de l'activité telles que les enquêtes de santé publique sur l'impact sanitaire peuvent en inclure. D'autant qu'il y a un intérêt certain à lier ces préoccupations comme le montre l'exemple britannique. Dans les enquêtes de participation au sport, la Grande-Bretagne et l'Irlande font apparaître des taux de pratiques plus élevés que la France ou l'Italie (Bottenburg et coll., 2005), alors que les enquêtes de prévalence du surpoids ou des maladies cardiovasculaires les mettent en tête des pays victimes des effets de la sédentarité. Comme le proposent certains chercheurs, il faut prendre en compte le nombre mais aussi l'intensité des activités pratiquées, par exemple un individu peut simultanément augmenter son activité s'il ajoute la course au football mais avec une intensité faible pour ces deux pratiques. De plus, il est nécessaire de s'intéresser aux éléments de mode de vie comme l'activité physique quotidienne, les modes d'alimentation et les différentes pratiques de loisir (Smith et coll., 2004). C'est aussi le sens des études qui cherchent à établir les relations existant entre activité physique, sport et pratique de santé. Elles concernent par exemple les liens entre activité physique, sédentarité, obésité et consommation de produits psychoactifs (Escalon et coll., à paraître) ; les activités physiques liées au travail ou aux loisirs, les habitudes alimentaires et les risques cardiovasculaires (Oppert et coll., 2005) ; et pour les femmes, le fait de vivre en milieu urbain ou rural et d'atteindre le niveau d'activité physique bénéfique pour la santé (Bertrais et coll., 2004).

Activité physique et sportive en France

Plusieurs enquêtes réalisées dans les années 2000 semblent convergentes pour permettre un état des lieux des activités physiques et sportives en France.

Données générales

On prendra ici comme base descriptive l'enquête réalisée par l'Insep et le ministère de la Jeunesse et des Sports en 2000 (figure 3.1) pour les raisons suivantes : cette enquête a été prise en compte dans les comparaisons européennes ; elle a exploré le champ plus vaste des activités physiques ou sportives ; elle permet la comparaison avec d'autres enquêtes en population générale ; enfin, l'enquête réalisée par le ministère de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative, le ministère de la Culture et l'Insee en 2003 n'en contredit pas les principaux résultats.

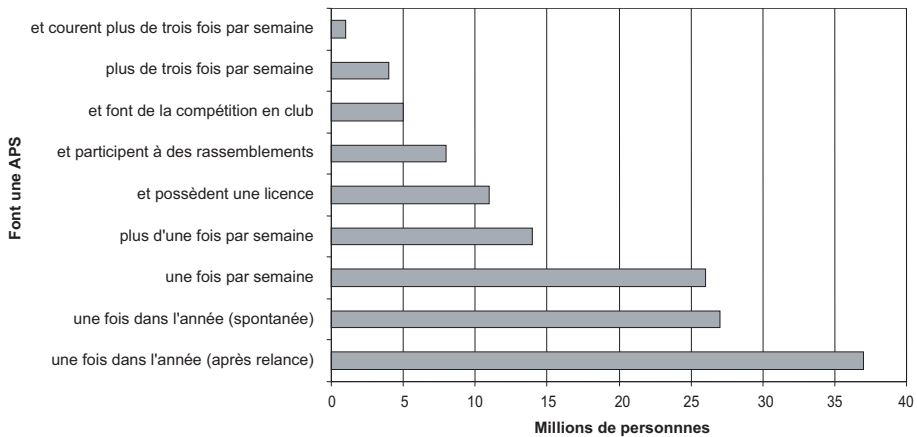


Figure 3.1 : Niveaux de participation aux activités physiques et sportives en France selon l'enquête Insep, ministère de la Jeunesse et des Sports en 2000

Selon cette enquête, en juillet 2000, 36 millions de Français âgés de 15 à 75 ans déclarent avoir pratiqué au moins une fois dans l'année une activité physique ou sportive (APS), soit 83 % de la population interrogée et une augmentation de 10 points par rapport à l'enquête de 1985. Ce qui avait été noté alors est bien confirmé, à savoir la massification de la pratique des activités physiques et sportives. Mais ces pratiques sont accomplies de façon plus ou moins régulières, plus ou moins intenses, plus ou moins assurées : si on exclut des activités qui peuvent paraître par trop éloignées du sport comme la ballade ou la chasse, on recense un peu plus de 31 millions au

lieu de 36 millions de personnes pratiquant des activités physiques et sportives ; si on ne prend en compte que ceux qui ont répondu spontanément, on est aussi autour de ce chiffre de 30 millions de pratiquants. De plus, pour 10 millions, cette pratique est occasionnelle, réalisée moins d'une fois par semaine. Les pratiquants réguliers, ceux qui font du sport au moins une fois par semaine, sont 26 millions, représentent 60 % de la population. Le nombre de ceux qui pratiquent plus d'une fois par semaine, soit 14 millions, est un peu plus élevé que le nombre de licenciés qui est de 11 millions. Les compétiteurs sont environ 9 millions et la pointe de la pyramide sportive est représentée par les 10 à 12 000 sportifs, professionnels et sportifs de haut niveau, consacrant l'essentiel de leur temps au sport. Sans doute devrait-on encore indiquer le nombre de ceux qui dans quelques activités emblématiques des nouvelles formes d'engagement sportif se livrent à une pratique physique ou sportive plus de trois fois par semaine, soit 600 000 coureurs ou joggers et 500 000 pratiquants de la musculation. On voit que le nombre de 60 % de pratiquants réguliers est proche des 58 % de personnes ayant pratiqué une activité physique intense du Baromètre santé 2005. En revanche, il est plus éloigné de l'estimation de l'Eurobaromètre 2004 (*European Opinion Research Group*, 2004) qui obtient le nombre de 43 %.

L'Étude nationale nutrition santé (ENNS), dont les premiers résultats ont été rendus publics en décembre 2007²⁵, fournit des données récentes sur l'activité physique à partir d'un échantillon national de 3 115 adultes (18-74 ans) et de 1 675 enfants (3-17 ans) vivant en France métropolitaine en 2006. Dans cette étude, la mesure de l'activité physique repose sur des données déclaratives recueillies par questionnaires : l'IPAQ (*International Physical Activity Questionnaire*) pour les personnes de 15 ans et plus, et le YRBSS (*Youth Risk Behaviour Surveillance System*²⁶) pour les adolescents de 11-14 ans. Les deux tiers des adultes (63 %) pratiquent l'équivalent d'un minimum de 30 min par jour d'activité physique modérée au moins 5 jours par semaine, avec une proportion comparable chez les hommes et chez les femmes. Ce volume d'activité physique est atteint chez 71 % des adolescents de 15-17 ans, les garçons ayant un niveau un peu plus élevé que les filles. Selon les données du questionnaire YRBSS, 60 % des adolescents de 11-14 ans (65 % des garçons, 55 % des filles) effectuent un minimum de 30 min par jour d'activité physique d'intensité modérée 5 jours par semaine tandis que 39 % des adolescents de 11-14 ans (45 % des garçons, 30 % des

25. Étude nationale nutrition santé (ENNS, 2006). Situation nutritionnelle en France en 2006 selon les indicateurs d'objectif et les repères du Programme national nutrition santé (PNNS). Institut de veille sanitaire, Université de Paris 13, Conservatoire national des Arts et Métiers. Décembre 2007. 74 pages. Rapport disponible sur le site Internet de l'InVS (www.invs.sante.fr)

26. Questionnaire utilisé par les CDC (*Centers for Disease Control and Prevention*) dans la surveillance des comportements à risque des adolescents aux États-Unis.

filles) pratiquent l'équivalent d'un minimum de 30 min d'activité physique chaque jour de la semaine. Par ailleurs, un questionnaire a été récemment développé par l'Usen (Unité de surveillance et d'épidémiologie nutritionnelle) pour les enfants de 3-10 ans²⁷. Environ un tiers des enfants de 3-10 ans pratiquent des jeux de plein air chaque jour. Par ailleurs, les deux tiers des enfants de 3-10 ans avaient pratiqué un sport en dehors de l'école et 82,5 % d'entre eux avaient eu un cours d'éducation physique la semaine précédant la passation de questionnaire.

Types d'activités pratiquées et objectifs de leur pratique

Lorsqu'elles posent la question de manière ouverte, « Quelle (s) activité (s) avez-vous pratiqué ? Citez les », les enquêtes font le constat d'une diversification des pratiques : ce sont plus de 200 dénominations qui ont été proposées par les personnes interrogées dans l'enquête Insep-MJSVA 2000, allant des différents jeux de boule aux sports de glisse en passant bien sûr par les sports collectifs et les différentes manières de marcher (de la ballade hygiénique au trekking).

Les activités les plus populaires sont, dans l'ordre, les marches, la natation, le vélo, avec chacune plus de 10 millions de pratiquants, suivies par les différentes formes de course à pied, les jeux de boules, les différentes formes de gymnastiques et les sports d'hiver. Dans ce classement, la première activité répondant à une partie des critères qui définissent le sport est le football avec cinq millions de pratiquants (pour près de 2 millions et demi de licenciés) et le second le tennis avec quatre millions d'adeptes (pour un peu plus d'un million de licenciés). Outre les activités de plein air comme les sports d'hiver, les marches et les activités aquatiques (à l'exception de la piscine) qui sont majoritairement pratiquées, on peut remarquer la place importante des sports collectifs. Plus de 10 millions de Français jouent au moins à un de ces sports avec environ 9 millions de pratiquants des sports de raquette et plus de trois millions de pratiquants des sports de glisse urbaine (*roller* ou *skate-board*) ou de pleine nature (les différentes formes du *surf*) (tableau 3.III).

27. Ce questionnaire simple a été validé contre accélérométrie sur une quarantaine d'enfants de cette tranche d'âge.

Tableau 3.III : Activités les plus populaires en France

Activités	Nombre de Français qui déclarent avoir pratiqué l'activité au moins une fois dans l'année (%)
Marcher	20 millions (55)
Nager	14 millions (38)
Faire du vélo	13 millions (34)
Courir	6 millions (17)
Jouer aux boules	6 millions (16)
Pratiquer une gymnastique	5 millions (14)
Pratiquer un sport d'hiver	5 millions (13)
Jouer au football	5 millions (13)
Jouer au tennis	4 millions (10)

Il convient de noter que chacun des sports ou famille de sports cités ici doit se décliner selon les différentes modalités de la pratique : il faut distinguer, par exemple, la gymnastique sportive, pratiquée par les seuls membres des clubs, et les différentes formes de gymnastique d'entretien ; ou encore, dans les marches, il convient de voir que ce n'est pas la même chose de faire du *trekking* dans le Hoggar et de se balader le dimanche en famille. D'ailleurs, les profils de pratiquants sont différents : les adeptes du *trekking* sont jeunes, dotés de diplômes et de revenus relativement élevés tandis que la balade concerne des tranches d'âge plus élevées et des groupes appartenant aux catégories populaires.

Deux objectifs paraissent dominer l'entrée dans la pratique sportive. D'un côté la recherche du bien-être et d'un équilibre personnel sous la forme de préoccupations de santé ou de besoin d'exercice. De l'autre l'affirmation de la sociabilité, celle des liens familiaux ou amicaux, qui fait que même si le plaisir et le choix personnel sont donnés comme raisons principales de pratiquer, pour la majorité des personnes interrogées le sport est une pratique sociale (tableau 3.IV). Pour les deux tiers des personnes interrogées, le sport ou l'activité physique est une activité collective, même si on pratique un sport individuel. Le cadre social peut changer : certains sports se font plus volontiers en famille (les sports d'hiver), entre jeunes du même âge (le football ou le VTT) ou entre femmes (les gymnastiques), d'autres encore ne concernent que les membres de l'équipe dans le cas des sports pratiqués dans un cadre officiel. Ces attentes se situent loin devant la recherche de la performance ou de la compétition et encore moins celle du risque. La gymnastique sportive ou le cyclisme de compétition concerne une part infime des pratiquants des activités de gymnastique ou de cyclisme et plus de la moitié des footballeurs opèrent en dehors de tout cadre officiel de compétition.

Tableau 3.IV : Quelques unes des motivations de la pratique

MS-Insep 2000	Pratiquants concernés (%)	Baromètre santé 2000	Pratiquants concernés (%)
Bien-être	92	Plaisir	71
Santé	83	Santé	62
Faire des rencontres	64	Rencontrer des amis	38
La gagne	19	Gagner	8
Le risque	7	Maigrir	15

Cadre de la pratique du sport

Le palmarès des activités traduit le goût pour des pratiques dégagées d'obligation trop fortes, mais inscrites dans une préoccupation de bien-être. La transformation remarquable du cadre de la pratique sportive concerne le fait, constaté depuis le milieu des années 1980, d'une perte du monopole des fédérations sportives sur le développement des nouvelles modalités de pratique. On peut effectivement constater l'augmentation du nombre de licences délivrées par les fédérations entre 1950 et 2006 puisqu'on passe en cinquante ans de deux à quatorze millions. Mais on voit bien aussi que le nombre des pratiquants a augmenté plus vite que le nombre des licenciés. On considérait en 1985 qu'un pratiquant sur deux avait une pratique non institutionnalisée (Insee, 1987) ; aujourd'hui le rapport serait proche de un sur quatre. Même si, comme on l'a expliqué, l'interrogation de l'enquête Insee avait une définition plus restrictive de l'activité physique envisagée, le décalage reste sensible.

À la relativisation de l'association sportive comme cadre de la pratique s'ajoute la particularité du sport à l'école. En général, dans les enquêtes, la pratique physique ou sportive considérée est celle qui se fait en dehors des cours d'éducation physique obligatoires en collège et au lycée. Mais certaines études citées dans les grands rapports sur l'activité physique aux États-Unis mettent en avant le recours fréquent aux dispenses ou encore la diminution, pour des raisons diverses, des heures effectives d'exercice réalisées pendant les cours. Faute d'informations, on ne peut que faire la même hypothèse concernant les élèves français. Pourtant, ce sont les jeunes qui pratiquent le plus, et la relation entre pratique physique et sportive tout au long de la vie et niveau de diplôme est forte.

Les lieux de pratique fréquentés par les personnes interrogées suggèrent des motifs de pratiques et montrent qu'on se passe volontiers des installations sportives dédiées et donc qu'on manifeste une certaine distance vis-à-vis de l'institution sportive. Ainsi, est affirmé le goût du lien avec la nature, les deux tiers des activités sont choisies pour cette raison et pratiquées dans ce

cadre avec 63 % qui ont lieu en pleine nature, 47 % dans les espaces aménagés comme les parcs ou les parcours de santé et 34 % dans la rue. La fréquentation est moindre pour les activités qui nécessitent des équipements dont l'accès est payant comme les piscines (26 %) ou consacrés spécifiquement au sport comme les stades. Mais on ne peut pas considérer, comme il est souvent dit, que les pratiques qui se déroulent hors des lieux dédiés au sport sont sauvages ou libres. En effet, beaucoup d'entre elles ont pour cadre, certes la nature, mais c'est une nature socialisée (les chemins balisés ou les plages surveillées) par l'action des collectivités territoriales et des associations sportives (Ministère des Sports, 2002).

En effet, pour des raisons évidentes, certains sports sont principalement pratiqués en vacances : la voile, les sports d'eau douce, la glisse de neige ou de mer, le patinage et les sports d'hiver. D'autres sports sont associés à une détente comme le tennis de table qui se pratique, pour la majorité de ses pratiquants, de façon occasionnelle. Dans ce cadre, le support de l'association sportive apparaît facultatif. En revanche, d'autres activités physiques et sportives appellent un fort engagement du pratiquant qui peut être mesuré par la fréquence de la pratique, l'appartenance à un club ou à une association ou la participation à la compétition : par exemple, la danse et la gymnastique sont pratiquées au moins une fois par semaine par plus de 80 % des adeptes, 71 % des pratiquants d'arts martiaux sont inscrits dans un club et la moitié ou plus des rugbymen ou des athlètes font de la compétition (Ministère des Sports, 2002). L'univers des disciplines sportives et des activités physiques suggère l'existence de deux pôles : l'un est marqué par l'assiduité, voire un engagement fort, comme le rugby, les arts martiaux ou le handball ; l'autre est davantage lié aux temps de vacances et à la détente comme le ski, la voile ou le tennis de table.

Il y a peu de licenciés parmi les adeptes des activités les plus pratiquées, telles la marche, la natation, le vélo, les sports d'hiver ou la course à pied, mais aussi le patinage et le roller ou les sports de glisse. Ces activités reposent le plus souvent sur l'usage des espaces naturels ou urbains, nécessitant un minimum d'aménagement, ou sur des espaces aménagés mais très répandus, comme les piscines. La pratique de ces sports n'implique pas une formation technique ou un système de progression qui nécessitent l'appartenance à un club et la prise d'une licence alors que c'est le cas de l'équitation ou du judo par exemple.

Pour beaucoup de disciplines, le souci de santé et de bien-être a soutenu leur progression au-delà de 45 ans : ainsi, la notion de compétition est absente et la sociabilité familiale ou amicale est préférée aux contraintes de l'association. Rappeler ceci est simplement constater que des attentes émergentes (sociabilité, bien-être) portées par de nouvelles populations physiquement actives ne trouvent pas, sans doute, leur place dans les structures fédérales qui demeurent orientées vers la pratique compétitive.

Place des activités physiques et sportives dans la société

En quarante ans, le sport a pris une place de choix dans les loisirs des Français, aux côtés des autres pratiques culturelles. Les facteurs explicatifs de la croissance des pratiques physiques et sportives sont multiples : c'est la réduction du temps de travail et l'augmentation du pouvoir d'achat qui permettent le développement de nouveaux loisirs ; l'allongement de la scolarité et la présence du sport à l'école qui familiarisent avec l'activité physique et avec le discours sanitaire ; les politiques publiques, État et collectivités locales, d'offre d'équipements ; la recherche de marchés par les producteurs de matériel ou les entreprises de service ; les innovations technologiques qui mettent à la disposition des individus des matériaux meilleur marché et facilitant l'entrée en pratique ; le développement d'un marché du soin et du bien-être alimenté par la démocratisation des valeurs individualistes qui promeuvent aussi bien le culte de la jeunesse, le souci de soi, l'esthétique corporelle/l'apparence, la santé, la recherche de sensations et la sociabilité ; les transformations du travail dans le cadre du nouveau capitalisme qui entretiennent le culte de la performance.

Mais si la démocratisation des activités physiques et sportives est incontestable, on doit être sensible aux inégalités. Ainsi, l'écart de participation entre hommes et femmes est resté stable depuis 1985 : 71 % des femmes déclaraient alors une activité contre 77 % des hommes ; en 2000, elles participent un peu plus, 79 %, mais les hommes aussi, 88 % (Insep, 1985 ; Ministère des Sports, 2002). Le diplôme et le revenu, et le statut socioéconomique qui va avec, font varier en taille, en variété et en longévité l'activité physique et sportive des individus. Être un homme, jeune, de 15 à 19 ans, avoir un revenu conséquent ou au moins régulier, posséder un diplôme et appartenir aux professions libérales ou aux professions intermédiaires vont, ainsi, de paire avec une participation plus forte, et une égalité plus grande entre hommes et femmes, aux activités physiques et sportives. Cette situation n'est pas propre à la France. On la retrouve dans les données canadiennes (Statistiques Canada, 1998), australiennes (*Australian Sport Commission*, 2001 et 2006) ou américaines (*US Department of Health*, 1996) et en Europe, les pays du Nord sont plus égalitaires que ceux du Sud (Bottenburg, 2005).

Il demeure ainsi une proportion non négligeable de Français qui ne se livre à aucune activité et une autre partie dont l'irrégularité de la participation laisse penser qu'elle ne s'inscrit pas dans la représentation qu'on peut se faire de l'activité physique et sportive, à savoir un engagement physique volontaire régulier, comme l'attestent les données du Baromètre santé de 2000 et 2005. De plus, on peut penser, en dehors de ceux qui ne pratiquent pas du tout, qu'on a atteint pour une majorité une limite ou un équilibre de l'activité physique et sportive. Parmi ceux qui font une activité, 56 % ne souhaitent pas en faire plus (Ministère des Sports, 2002). Ce n'est pas l'existence

d'autres centres d'intérêt qui empêche de faire plus d'activités. Faire du sport n'empêche pas de lire, d'aller au cinéma ou de sortir et ne pas faire de sport, c'est aussi ne pas lire, ne pas sortir, ne pas aller au cinéma, mais être un plus grand consommateur de spectacles télévisuels (Ministère des Sports, 2002). Déclarer ne pas vouloir ou pouvoir faire plus, témoigne de l'existence d'un sentiment d'équilibre. Ce sentiment peut être renforcé par la réponse sur ce qu'on déclare faire en se livrant à une activité : c'est d'abord à une recherche de plaisir, puis à un loisir ou à un exercice physique ou d'entretien et enfin à un sport. Une bonne partie des activités sont bien vues comme appartenant au sport même si on en a vidé le contenu compétitif, mais le plaisir et le souci de soi dominant. Le plaisir du sport ou de l'activité physique ne vaut que s'il participe de l'équilibre plus général de la personne.

Influence de l'évolution des modes de vie sur l'activité physique dans la vie courante

La progression de la pratique physique volontaire correspond à la baisse de la part d'activité physique dans le travail. Toutefois, les analyses d'ensemble sur les transformations historiques de l'activité physique en liaison avec la sédentarisation et les modifications des habitudes alimentaires montrent qu'on reste très éloigné du niveau de pratique de nos ancêtres (Eaton et coll., 1988 ; Booth et coll., 2002 ; Chakravarthy et coll., 2004).

Deux constats peuvent être faits qui illustrent le changement de statut des activités physiques et sportives dans la société. L'un peut être vu comme positif : il concerne l'allongement de la durée de vie sportive ; l'autre comme négatif : il s'agit d'une éventuelle crise de la pratique physique et sportive chez les jeunes.

La pratique sportive reste près de vingt ans plus tard associée à la jeunesse et au statut d'élèves ou d'étudiants (Garrigues, 1989). En effet, la quasi totalité, 91 %, des 15-18 ans ont pratiqué une activité physique ou sportive et la moitié des personnes participant à des compétitions a entre 15 et 30 ans (Ministère des Sports, 2002). De plus, les jeunes sportifs sont beaucoup plus nombreux que ceux repérés dans cette enquête : en effet, on peut estimer que 30 % à 40 % des licences sportives sont prises par des jeunes de moins de 15 ans. Certaines activités sont, de façon caractéristique, des activités de jeunes, leur pratique cessant plus ou moins brutalement après 24 ans : c'est le cas du basket-ball, du handball, du patinage ou des sports de combat et les jeunes constituent les gros effectifs des sports tels que l'athlétisme, les sports collectifs, les sports de glisse et les sports de pleine nature, le tennis et les arts martiaux. Mais leur part n'a pas changé depuis quinze ans. Le Baromètre santé 2005 confirme que le taux d'activité physique des jeunes (18-24 ans) est plus élevé que la moyenne (Guilbert et Gautier, 2006).

La croissance de la pratique sportive entre l'enquête Insep de 1985 et celle de 2000 est due à l'allongement de la période de pratique. Les personnes âgées de plus de 55 ans participaient à 59 % en 1985 ; c'est maintenant 73 % de ces tranches d'âge qui déclarent pratiquer une APS. On y trouve des activités comme la chasse, la ballade ou la marche hygiénique, la pêche ou les boules, qu'on pourrait qualifier de traditionnelles, mais aussi des activités comme la randonnée, la natation ou la gymnastique, correspondant à des générations qui ont été habituées à la pratique sportive, qui ont des préoccupations de santé et d'entretien physique et dont les membres sont plus diplômés et disposent de moyens économiques réguliers suffisants pour introduire ces activités dans leurs loisirs. On retrouve ici, dans l'activité physique et sportive, la confirmation de l'importance prise par les jeunes, ou futurs, retraités dans les pratiques de loisir (Pichot, 2002).

Ce constat d'une augmentation de la pratique grâce à son allongement dans le temps de la vie est d'autant plus troublant qu'une enquête menée en 2002 auprès des jeunes de 12 à 17 ans donne le chiffre de 69 % de pratiquants parmi cette classe d'âge (Ministère des Sports, 2004) contre 91 % des 15-24 ans en 2000. Le Baromètre santé nutrition 2002 (Guilbert et coll., 2004) estime de son côté que 20 % des jeunes sont inactifs ou peu actifs, c'est-à-dire n'ont pas pratiqué une activité physique intense de plus de 30 minutes dans les quinze jours précédents l'enquête, ce qui est proche des estimations précédentes. De plus, certains se sont essayés à mesurer les performances aérobiques des jeunes pour constater qu'elles avaient sensiblement baissé en vingt ans (Tomkinson et coll., 2003 ; Simon et coll., 2005). Il existe sans doute des raisons méthodologiques pour expliquer un si gros écart entre les deux enquêtes menées par le ministère, notamment la place de la question sur la pratique physique et sportive globale. Mais relevons aussi que les différentes fédérations constatent un important *turn-over* parmi leurs jeunes adhérents et que se pose la question de la concurrence entre le sport et d'autres formes de loisir voire les études, ainsi que celle de la sociabilité des pairs. Les contraintes de temps, la discipline et les ruptures avec les réseaux amicaux que la pratique du sport compétitif implique peuvent expliquer qu'on puisse aimer nager, faire du vélo ou jouer au foot dans un parc parce que ce sont des pratiques plus informelles qui peuvent s'inscrire dans la sociabilité adolescente, ce qui est moins le cas du judo ou du football dans un club. On peut aussi penser que la concurrence des jeux vidéo n'est pas seulement une tarte à la crème : ce sont des jeux qui reposent sur la convivialité, qui supposent, pour faire bonne figure, un entraînement sérieux et qui comportent une dimension compétitive. Enfin, on devra noter que cette crise de la participation des jeunes à la pratique physique et sportive est encore plus remarquable en ce qui concerne les jeunes filles (tableau 3.V), notamment celles qui sont issues des milieux populaires et qui sont engagées dans les filières d'enseignement court (Ministère de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative, 2004).

Tableau 3.V : Évolution de la pratique sportive des jeunes entre 12 et 17 ans (Enquête MJS-Insep 2001)

	Garçons		Filles		Total (%)
	12-14 ans (%)	15-17 ans (%)	12-14 ans (%)	15-17 ans (%)	
Pratique un sport	77	77	66	54	66
Pratique en club	61	52	49	34	51
A une licence	56	45	33	23	33
Fait de la compétition	49	39	23	17	30

Situation dans d'autres pays

La construction européenne s'accompagne de la production de statistiques européennes visant à mesurer les avancées des pratiques physiques et sportives considérées comme les éléments nécessaires d'une contribution au bien-être général des populations. Mais les états sont très différemment équipés pour des enquêtes lourdes et l'existence de protocoles communs tel que celui proposé dans le réseau Compass (*Co-ordinated Monitoring of Participation in Sports*) n'est avérée que pour une dizaine de pays. Outre la coordination difficile entre les calendriers des institutions publiques ou privées qui engagent des enquêtes, leur usage se heurte au fait que les pays ayant déjà réalisé des enquêtes lourdes, par exemple la France participe en donnant simplement accès à ses données, ont mis au point des modes de questionnements qui correspondent aux préoccupations des institutions et des États et au fait que les enquêtes sont coûteuses : il est difficile de refondre un questionnaire qui ne permettrait pas de comparer l'information avec celle des enquêtes réalisées précédemment. Ainsi, les données comparatives comme celles publiées dans *Sports participation in the European union* (Bottenburg et coll., 2005) proviennent d'un travail de sélection opéré dans différentes bases de données et les comparaisons sont difficiles pour les mêmes raisons que celles qu'on a évoqué à propos de la France : période interrogée, définition large ou étroite du sport...

Donner des chiffres absolus de comparaison n'aurait pas grand sens, même si on peut, en Europe, opposer un bloc scandinave très actif, à condition d'en retirer la Suède (Cavill et coll., 2006), à une Europe du sud moins active. Pour les autres pays, les différences relevées dans les taux de participation ou le niveau d'activité doivent être analysées en référence aux méthodologies utilisées. On peut bien mettre en évidence des préférences nationales comme la place occupée par le *snooker* (le billard anglais) en Grande-Bretagne et en Irlande, le hockey sur glace au Canada (et la démocratisation du golf dans ce pays) ou les activités d'hiver à ski ou raquette dans les pays nordiques. Mais ce qui est le plus frappant ce sont les points communs. D'abord pour ce qui concerne les activités les plus populaires : marcher, nager, faire du vélo, courir, se muscler ou entretenir son corps apparaissent partout aux premières places. Ensuite, les enquêtes

font apparaître les mêmes conditions, et par contraste les obstacles, à la pratique physique et sportive : les revenus et les diplômes plus élevés, la jeunesse et le fait d'être un homme. Enfin, le plus important, les données australiennes (*Australian Sports Commission*, 2001 et 2006), canadiennes (Statistiques Canada, 1998) ou anglaises (*Sport England*, 2006) font état d'une baisse de la pratique des activités physiques et sportives dans la dernière décennie.

Activités physiques et sportives, risque et santé

Une autre grande conclusion des enquêtes en population générale les plus récentes est la confirmation de l'implantation de ce qu'on appelle les « nouveaux sports ». Il s'agit du *roller* et du *skate board* pour ceux qui sont pratiqués le plus, mais aussi toutes les activités qui utilisent les forces naturelles que ce soit le deltaplane ou le *kite surf*. Les sports de glisse, *roller* et *skate* et glisse sur eau ou neige regroupent près de 3 millions de pratiquants. Dans cette notion de nouveaux sports, on intègre volontiers, en plus des sports de glisse « nature », les activités se déroulant dans un cadre naturel ou menées en dehors de tout esprit de compétition comme la marche plus ou moins sportive, l'escalade et le VTT. Mais ce sont aussi, pour certaines, des activités qu'on pourrait regrouper dans une culture sportive urbaine parce qu'elles s'inscrivent soit dans une forme d'appropriation des espaces de circulation, soit dans les nouveaux espaces aménagés dans et autour des grandes villes, salles de sport ou parcs aménagés (L'Aoustet et coll., 2001 et 2002).

On avait beaucoup insisté dans le milieu des années 1980 sur l'opposition entre « nouveaux sports », ou encore « sports américains » ou « californiens » pour marquer l'origine de ces pratiques et sports traditionnels (Loret, 1995 ; Pociello, 1995). Elle semble devoir être relativisée (Ministère des Sports, 2002). La percée, dans les années 1980, de nouveaux sports comme le *roller*, le *surf*, l'escalade ou le *rafting* n'a pas remis en cause l'importance de sports considérés comme plus traditionnels tels le football, le tennis et globalement les sports collectifs. On peut même mettre en évidence une certaine stagnation de ces nouveaux sports : en 1985, les sports de glisse nature représentaient 5 % des sports pratiqués et en 2000, 3 % ; les sports collectifs étaient pratiqués par 12 % des personnes interrogées, en 2000, ils le sont par 23 %. Jouent sans doute ici des facteurs tels que le poids démographique moindre des jeunes dans la société ou le coût de certaines pratiques qui, malgré une forte médiatisation freinent leur croissance comme le fait de pouvoir partir en vacances dans des lieux adéquats, d'acheter et de renouveler son matériel. Mais ce sont les modalités urbaines de ces sports qui s'affirment nettement (L'Aoustet et coll., 2001). De plus, les adeptes des « nouveaux sports », s'ils en sont des pratiquants intenses pendant leurs vacances, ils sont souvent aussi des pratiquants engagés dans la compétition durant l'année, étant plus, sauf pour une minorité, des super sportifs que des rebelles, même si ce sont ces

activités qui se présentent le plus nettement comme recherche de sensation et d'émotions et goût du risque (Lafabrigue, 2001 ; Collard, 2002).

Ces sports sont en général considérés comme des sports à risque au même titre que les sports mécaniques, les sports de combat ou l'équitation, mais tout autant le football, et les sports collectifs, qui sont à l'origine de la majorité des accidents de sport.

Deux préoccupations paraissent dominer l'entrée dans la pratique sportive. D'un côté la recherche du bien-être et d'un équilibre personnel sous la forme de préoccupations de santé ou de besoin d'exercice. De l'autre l'affirmation de la sociabilité, celle des liens familiaux ou amicaux (Ministère des Sports, 2002 ; Laporte, 2002), loin devant la recherche de la performance ou la compétition et encore moins le risque. Mais si le palmarès des activités traduit le goût pour des pratiques dégagées d'obligation trop fortes et inscrites dans une préoccupation de bien-être, il convient de relever quelques faits qui soulèvent des interrogations quant aux liens entre pratiques physiques et sportives et les risques qui sont associés à ces pratiques.

D'abord, même si les enquêtes d'accidentologie sont trop faiblement développées, on remarquera le poids des accidents de sport, 22 % des accidents de la vie courante relevés par la Caisse nationale d'assurance des travailleurs salariés, concernant spécialement les jeunes de 10 à 24 ans pratiquant des sports collectifs (Garry, 2003 et 2004). Ces accidents relèvent de plusieurs logiques :

- un plus grand nombre de pratiquants génère mécaniquement un plus grand nombre d'accidents ;
- le goût pour l'activité physique fait courir des risques variés aux pratiquants peu préparés, même pour des activités comme la marche ;
- le développement de nouvelles activités comme les sports de pleine nature et les sports de glisse pratiqués principalement par des jeunes garçons induit une plus grande prise de risque ;
- l'existence d'une population de sportifs intensifs, notamment de coureurs à pied, qu'on connaît mal, 600 000 personnes environ courent plus de trois fois par semaine ;
- le développement de pratiques en dehors des associations sportives fait courir le risque d'un moindre apprentissage des normes de sécurité.

Tous ces facteurs augmentent le risque d'accidents. Ensuite, on pourra relever les questions soulevées par le lien entre une pratique sportive intensive et l'existence de comportements à risque comme le fait de vouloir maigrir, les désordres alimentaires ou la consommation de médicaments. Enfin, on ne manquera pas de s'interroger sur les signes, en l'absence de données plus solides, d'un moindre investissement des jeunes, spécialement les jeunes filles, dans la pratique physique et sportive ou en tout cas d'une moindre intensité de cette pratique.

En conclusion, on mettra en évidence les points suivants. Premièrement, s'il existe des données relativement nombreuses sur les activités physiques et spor-

tives, les différences de méthodologie et d'objectifs, pénétration des sports ou intensité de l'activité physique, rendent difficiles les comparaisons dans le temps et dans l'espace, surtout dans la perspective d'une mise en relation entre activité physique et santé. Il convient donc de promouvoir des enquêtes standardisées qui puissent prendre en compte les deux types de questionnement.

Deuxièmement, malgré ces problèmes de méthodes, les écarts repérés entre les enquêtes portant sur la pénétration et celles qui évaluent l'intensité de l'activité physique, les grandes fluctuations dans l'évaluation de la pratique juvénile, les études internationales convergent et mettent en évidence la baisse de participation au sport et l'augmentation du phénomène du surpoids. On peut considérer qu'il y a bien un problème de participation aux activités physiques ou sportives pour qu'une partie de plus en plus importante de la population atteigne les objectifs proposés par les organismes de santé publique.

Troisièmement, c'est également une conclusion qu'on retrouve dans les différents pays, les obstacles à la participation aux activités physiques et sportives sont très fortement des obstacles socioéconomiques : plus le diplôme et les revenus sont élevés plus la pratique est forte. De même, la différence entre hommes et femmes est constante, amplifiée par les facteurs de revenus. Peut-être sur ce point conviendrait-il d'interroger le social, les phénomènes de discrimination, et le culturel, le poids spécifique de certaines valeurs culturelles dans la non participation ou le retrait.

Quatrièmement, même si les motivations affirmées de la participation aux activités physiques et sportives sont des motivations de santé et de bien-être loin de la prise de risque et de la recherche d'émotions fortes, l'existence de pratiquants intensifs, soit dans les sports dits à risque et cela concerne les jeunes, soit dans des pratiques plus conventionnelles (marche, course à pied, fitness) et cela concerne semble-t-il plutôt des adultes, n'est pas sans poser des problèmes d'augmentation des accidents de sport et des risques sanitaires d'une pratique intensive.

BIBLIOGRAPHIE

AUSTRALIAN SPORTS COMMISSION. Participation in exercise, recreation and sport, 2001

AUSTRALIAN SPORTS COMMISSION. Participation in exercise, recreation and sport, 2006

BERTRAIS S, PREZIOSI P, MENNEN L, GALAN P, HERCBERG S, OPPERT J-M. Socio-demographic and geographic correlates of meeting current recommendations for physical activity in middle-aged french adults : the supplementation en vitamines et minéraux antioxydants (suvimax) study. *American Journal of Public Health* 2004, **94** : 1560-1566

BLAIR SN, MCCLOY CH. Research Lecture: physical activity, physical fitness, and health. *Res Q Exerc Sport* 1993, **64** : 365-376

BOOTH FW, CHAKRAVARTHY MV, GORDON SE, SPANGENBURG EE. Waging war on physical inactivity: using modern molecular ammunition against an ancient enemy. *J Appl Physiol* 2002, **93** : 3-30

BOTTENBURG VAN M, RIJNEN B, STERKENBURG VAN J. Sports participation in the European Union, WJH Mulier Institute, Arko Sports Media, 2005

CAVILL N, KAHLMEIER S, RACIOPPI F. Physical activity and health in Europe. Evidence for action. World Health Organization, 2006

CHAKRAVARTHY MV, BOOTH FW. Eating, exercise, and “thrifty” genotypes: connecting the dots toward an evolutionary understanding of modern chronic diseases. *J Appl Physiol* 2004, **96** : 3-10

COLLARD L. Le risque calculé dans le défi sportif. *L'année sociologique* 2002, **52** : 351-370

CONFÉRENCE MINISTÉRIELLE EUROPÉENNE DE L'OMS SUR LA LUTTE CONTRE L'OBESITE. Promouvoir l'activité physique au service de la santé: cadre d'action dans la région européenne de l'OMS, Istanbul, 15-17 novembre 2006, Organisation mondiale de la santé

DEFLANDRE A, LORANT J, GAVARRY O, FALGAIRETTE G. Physical activity and sport involvement in French high school students. *Perceptual and Motor Skills* 2001, **92** : 107-120

DURING B. La sociologie du sport en France. *L'année sociologique* 2002, **52** : 297-314

EATON SB, KONNER M, SHOSTAK M. Stone agers in the fast lane: chronic degenerative diseases in evolutionary perspective. *Am J Med* 1988, **84** : 739-749

ESCALON H, VUILLEMIN A, ERPELDING M-L, OPPERT JM. Activité physique, sédentarité et surpoids. Baromètre santé 2005. INPES, à paraître

EUROPEAN OPINION RESEARCH GROUP. Physical activities, Special Eurobarometer. European Commission, 2003

EUROPEAN OPINION RESEARCH GROUP. The citizens of European Union and sport, Special Eurobarometer. European Commission, 2004

GARRIGUES P. Evolution de la pratique sportive des Français de 1967 à 1984, *Les Collections de l'Insee*, série M, 1988, 134

GARRIGUES P. Une France un peu plus sportive qu'il y a vingt ans... grâce aux femmes. *Economie et statistique* 1989, **224** : 45-49

GARRY F. Les accidents de la vie courante en 2000. Point Stat, Caisse nationale d'assurance maladie des travailleurs salariés, 2003, 39

GARRY F. Les accidents de la vie courante en France selon l'enquête santé et protection sociale 2000. *Bulletin épidémiologique hebdomadaire* 2004, **19-20** : 81-82

GUILBERT P, PERRIN-ESCALON H. Baromètre santé nutrition 2002, éditions Inpes, 2004

GUILBERT P, GAUTIER A. Baromètre Santé 2005, Editions Inpes, 2006

GUILBERT P, BAUDIER F, GAUTIER A. Baromètre Santé 2000, Editions CFES, 2001

INSEE. Les comportements de loisirs des Français, Ménages 1970, 2

IRLINGER P, LOUVEAU C, METOUDI M. Les pratiques sportives des Français. Insep, 1988

L'AOUSTET O, GRIFFET J. The experience of teenagers at Marseilles' skate park - Emergence and evaluation of an urban sports site. *Cities* 2001, **18** : 413-418

L'AOUSTET O, NIEL A, GRIFFET J. Current forms of sports activities amongst young people: Description of trends and inquiry methods. *Loisir & Societe-Society and Leisure* 2002, **25** : 119-138

LAFABREGUE C. The dynamics of sporting practices among the young. *Loisir & Societe-Society and Leisure* 2001, **24** : 81-109

LAPORTE R. Sociabilité des pratiquants sportifs. *L'année sociologique* 2002, **52** : 371-390

LORET A. Génération glisse. Dans l'eau, l'air, la neige... La révolution du sport des années fun. Editions Autrement, 1995

MINISTÈRE DE LA JEUNESSE, DES SPORTS ET DE LA VIE ASSOCIATIVE, INSEP. Les adolescents et le sport, Editions de l'Insep, 2004

MINISTÈRE DE LA JEUNESSE, DES SPORTS ET DE LA VIE ASSOCIATIVE, MINISTÈRE DE LA CULTURE, INSEE. La pratique des activités physiques et sportives en France, Editions de l'Insep, 2005

MINISTÈRE DES SPORTS, INSEP. Les pratiques sportives en France, Editions de l'Insep, 2002

MORRIS JN. Exercise in the prevention of coronary heart disease: today's best buy in public health. *Med Sci Sports Exerc* 1994, **26** : 807-814

OPPERT J-M, SIMON C, RIVIÈRE D, GUEZENNEC C-Y. Activité physique et santé. Arguments scientifiques, pistes pratiques. Société française de nutrition, 2005

OPPERT JM, THOMAS F, CHARLES MA, BENETOS A, BASDEVANT A, SIMON C. Leisure-time and occupational physical activity in relation to cardiovascular risk factors and eating habits in French adults. *Public Health Nutr* 2006, **9** : 746-754

PICHOT L. Recreational sports as experienced by the over-fifties: an instructive microcosm of social relationships. *Loisir & Societe-Society and Leisure* 2002, **25** : 329-349

POCIELLO C. Les cultures sportives. Pratiques, représentations et mythes sportifs. PUF, 1995

PROPER KI, HILDEBRANDT VH. Physical activity among Dutch workers--differences between occupations. *Prev Med* 2006, **43** : 42-45 Epub

SIMON C, KLEIN C, WAGNER A. La sédentarité des enfants et des adolescents, un enjeu de santé publique. *Journal de Pédiatrie et de Puériculture* 2005, **18** : 217-223

SMITH A, GREEN K, ROBERTS K. Sports participation and the obesity / health crisis. *International Review for the Sociology of Sport* 2004, **39** : 457-464

SPORT ENGLAND COMMUNICATIONS. Active people survey. Sport England, 2006

STATISTIQUES CANADA. La pratique des sports au Canada en 1998. *La culture en perspective* 1998, **12** : 6-7

TOMKINSON GR, LÉGER L, OLDS T, CAZORLA G. Secular trends in the performance of children and adolescents (1980-2000). *Sports Medecine* 2003, **33** : 285-300

US DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. Physical activity and health. A Report of the Surgeon General, US Department of Health and Human Services, Centers for Disease and Prévention Control, National Center for Chronic Disease and Health Promotion, 1996

4

Contextes sociaux et motivations

Comprendre comment l'évolution des contextes sociaux influence la participation aux différents types d'activité physique est primordial pour créer et cibler des interventions efficaces et augmenter les niveaux de pratique de l'activité physique dans la population. Ces enjeux impliquent de travailler à plusieurs niveaux.

Il faut d'abord connaître les influences majeures de la participation à des activités physiques : milieu socioéconomique, environnement social et environnement matériel sont les plus étudiés parmi les variables agissantes. Partant de ces contextes, il est également nécessaire d'examiner les motivations des personnes de faire ou non une ou plusieurs activités physiques. Pour répondre à ces deux questions, nous nous sommes servis de sources différentes, provenant de recherches en population générale ou d'enquêtes à petits échantillons, réalisées dans différents pays.

Limites des études exploitées

Il importe de signaler dès à présent les difficultés méthodologiques qui relativisent parfois les résultats. En effet, selon les époques et les pays, les mesures de l'activité physique ont été effectuées de manières fort différentes. Depuis quelques années, la forte corrélation entre santé et activité physique a incité les chercheurs à construire des outils de recueil d'informations plus performants et tenant compte des multiples contextes de l'activité physique. On distingue alors trois niveaux d'activité physique : faible (la marche), modéré et élevé. Mais on commence seulement à disposer d'enquêtes fondées sur ces outils.

Pour les études antérieures, qui sont aussi les plus nombreuses, des limites certaines existent. La première tient aux critères choisis pour décider de la pratique d'activité physique. Dans la plupart des études disponibles, l'activité physique est saisie à partir de critères simplifiés²⁸. Parfois on appréhende seule-

28. Pour exemple, en France, le Baromètre santé 2000 (Guilbert et coll., 2001) porte uniquement sur les activités sportives. Il y est précisé que « une formulation associant l'activité physique (activité physique ou sportive) aurait donné des taux de pratique plus importants » (Baromètre santé 2000, p. 32). Les premiers résultats du Baromètre santé 2005 (Guilbert et Gautier, 2006) corrigent ce défaut, puisque c'est le questionnaire IPAQ (*International Physical Activity Questionnaire*) qui a été utilisé.

ment les activités sportives, parfois on appréhende les activités physiques globalement sans différencier les niveaux de dépense énergétique, parfois on appréhende les niveaux d'exercices modérés et intensifs. Peu d'études examinent la question du niveau le plus bas d'exercice.

Une deuxième limite est l'absence de certains champs d'appréhension de l'activité physique. L'activité physique liée aux transports et au travail, aux activités domestiques et au jardinage n'est quasiment pas explorée. Cette absence est dommageable pour avoir une vision exhaustive des déterminismes des activités physiques. Malheureusement, en l'état actuel des recherches, nous ne disposons pas des données permettant une comptabilité rigoureuse des activités physiques et sportives toutes activités confondues. C'est donc sur les activités physiques de loisirs que portera essentiellement notre travail.

La comptabilité de l'activité sportive de loisirs elle-même pose problème : être compté comme pratiquant d'une activité physique et sportive peut être déterminé par le fait d'avoir eu une activité physique ou sportive au moins dans l'année, ou dans le dernier mois, ou dans la dernière semaine. Or, pour vérifier que l'activité physique agit sur la santé, il faut saisir au moins un niveau d'activité et une fréquence hebdomadaire d'exercice. Nous ne disposons pas toujours de cette dernière donnée.

L'appréhension des activités est loin d'être systématique. Ainsi, l'opposition entre activité physique et comportement sédentaire apparaît de manière floue. On peut penser que si l'un augmente, l'autre baisse. Cependant, cela dépend de la manière dont sont définis les critères de l'un ou l'autre. L'activité physique comparée au comportement sédentaire est souvent évaluée par des indicateurs (avoir fait une activité faisant suer ou changeant le rythme respiratoire pour l'activité physique, regarder la télévision pour le comportement sédentaire) qui ne permettent pas de disposer d'un partage exclusif entre ces deux types de comportements. Par exemple, les récents résultats du Baromètre santé 2005 (Guilbert et Gautier, 2006) montrent qu'alors que les heures passées devant un ordinateur ou un livre (plus de trois heures) diminuent les probabilités d'avoir un niveau d'activité physique favorable à la santé (calculé avec le questionnaire IPAQ, *International Physical Activity Questionnaire*), seul le temps passé devant la télévision diminue les chances d'activité sportive. Tout dépend donc de la manière dont est déterminé l'exercice physique. Dans le cadre de la promotion de l'activité physique, ce décalage pose des problèmes puisque l'on ne sait pas alors s'il est plus juste d'agir en tentant de diminuer la sédentarité ou en favorisant l'activité physique (ou sur les deux), les deux comportements n'étant pas influencés par les mêmes facteurs.

Au niveau de la saisie des motivations, les méthodologies utilisées varient beaucoup. On trouve des questions ouvertes ou des questions fermées qui ne donnent pas toujours de résultats comparables. Même pour les seules questions

fermées, les items diffèrent parfois de manière importante d'une enquête à l'autre et certains restent imprécis. Les possibilités de comparaison sont donc assez réduites.

Au-delà de ces limites, la diversité des recherches, tant du point de vue des méthodes (questionnaires en face à face ou téléphoniques, entretiens, suivis durables de cohortes ou photographies ponctuelles des activités...) que de la taille des échantillons, pose réellement question. Nous avons pris le parti ici de n'exploiter que les résultats les plus fiables et les plus cohérents entre eux. Ont été privilégiées les études par questionnaires portant sur des échantillons représentatifs. Les rares études qualitatives utilisées seront signalées dans le texte. Aucune méta-analyse n'existe sur les thématiques des contextes sociaux et des motivations.

Liens entre contexte socioéconomique, environnement social et activité physique et sportive

Nous allons étudier successivement ces différentes variables pour mieux comprendre en quoi elles agissent sur la pratique des activités physiques ou sportives.

Activité physique et sportive et appartenance sociale

Les premiers liens établis entre les activités physiques et le statut socioéconomique datent des années 1970 en France. Pierre Bourdieu (1979) a montré qu'il existe des corrélations conséquentes entre les classes sociales et les sports pratiqués, même si on ne peut parler là que de tendances.

Ces différences de pratiques sportives en fonction des catégories sociales sont traitées de manière plus large dans tout ce qui tient du rapport au corps. C'est l'objet d'un article de Luc Boltanski (1971), basé sur la consommation médicale et les soins du corps. Des usages différenciés du corps existent qui sont déterminés par les conditions de vie : « L'intérêt et l'attention que les individus portent à leur corps, c'est-à-dire, d'une part à leur apparence physique, plaisante ou déplaisante, d'autre part, à leurs sensations physiques, de plaisir ou de déplaisir, croît à mesure que l'on s'élève dans la hiérarchie sociale (passant des agriculteurs aux ouvriers, des ouvriers aux employés, des employés aux cadres), et que diminue la résistance physique des individus qui n'est autre que la résistance qu'ils sont en mesure d'opposer à leur corps et leur force physique, c'est-à-dire le parti qu'ils peuvent tirer de leur corps. » (Boltanski, 1971). Il s'agit-là d'un cadre large, cherchant à établir des logiques de constitution des pratiques en examinant leurs valeurs symboliques.

Les travaux de Christian Pociello (1999), par exemple, prenant appui sur des statistiques des années 1980, montrent bien comment des cultures sportives se confrontent à des styles de vie, construisant « une opposition nette entre les sujets qui prennent le sport comme « simple » composante active, hygiénique, dynamisante de leurs activités distractives ou récréatives, culturelles ou touristiques et, par ailleurs, les partisans d'un sport de compétition « pur et dur », d'oppositions franches et instituées et parfois à fort investissement énergétique (...) » (Pociello, 1999). De chaque côté de cet axe, on trouvera une population sur-représentée, d'un côté des femmes et des cadres moyens du public, de l'autre des cadres supérieurs du privé. Tendances là encore, qui ne définissent pas les préférences sportives de manière systématique mais jouent, par les systèmes de représentations symboliques des activités sportives, sur les types d'activité recherchés. Ces résultats ne sont pas le propre de la France et on peut en retrouver d'autres exemples, aux Pays-Bas par exemple (Elling et Claringbould, 2005).

Pourtant, ces travaux sont à présent contestés pour différentes raisons :

- la théorie n'explique qu'en partie les choix, les systèmes de dispositions ne conduisant pas systématiquement à la pratique d'un sport prédéfini ;
- la consommation de masse d'activités et de biens sportifs s'accroît dans toutes les populations, perturbant la distribution culturelle des pratiques ;
- les transformations des modes de socialisation dans les sociétés contemporaines produiraient de nouveaux types de groupes et le rôle de l'appartenance sociale dans la production des identités sociales en serait diminué.

C'est donc en partie l'évolution des systèmes de valeurs, produisant des hybridations culturelles, qui empêcherait de saisir l'influence des contextes socio-économiques sur les pratiques sportives, en réduisant le rôle des classes sociales dans la constitution des goûts.

Pourtant, dans les études disponibles, on peut noter que la catégorie socioprofessionnelle, le niveau de diplôme et le niveau de revenus sont fréquemment utilisés pour expliquer des différences d'activité physique et sportive.

Catégorie socioprofessionnelle, niveau de diplôme, niveau de revenus

Par exemple, les résultats du Baromètre santé 2000, étude en population générale en France portant sur un échantillon représentatif de 13 685 personnes de 12 à 75 ans (Guilbert et coll., 2001), où la pratique sportive est définie seulement sur la question « Au cours des 7 derniers jours, avez vous pratiqué un sport ? », montrait des différences importantes entre les catégories socioprofessionnelles²⁹ (figure 4.1).

29. Seules les données de 2000 seront examinées ici. Au moment où nous écrivions, nous ne disposions pas des recoupements entre les données de prévalence de l'activité physique et les données socioéconomiques de l'échantillon pour le Baromètre santé 2005. La consultation de ces données à la fin de l'expertise ne montre pas de différence significative avec les conclusions rapportées ici.

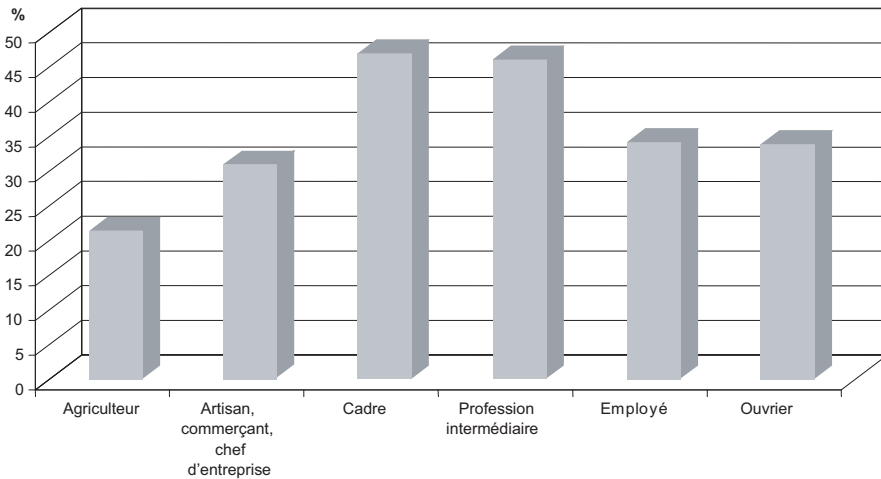


Figure 4.1 : Pourcentage de pratiquants par catégorie socioprofessionnelle (d'après Guilbert et coll., 2001, Baromètre santé 2000)

La presque équivalence entre ouvriers et employés d'une part, entre professions intermédiaires et cadres d'autre part, montre que la seule appartenance sociale ne peut expliquer la totalité de la tendance à pratiquer des activités sportives.

L'enquête « Participation culturelle et sportive »³⁰ (PCS) de l'Insee en 2003, portant sur 5 700 personnes de plus de 15 ans, montre un même type de résultats. Les ouvriers et les agriculteurs font 1,6 fois moins d'activités physiques ou sportives que les professions intermédiaires, les artisans et commerçants 1,9 fois moins et les étudiants 2,2 fois plus. Mais les écarts des autres catégories (cadres, employés, chômeurs, retraités) ne sont pas très forts. Ces chiffres semblent étayer l'hypothèse d'une diminution au cours du temps de l'importance des milieux sociaux dans la définition des activités de loisirs et notamment en ce qui concerne les activités physiques et sportives.

Un autre facteur, fortement corrélé au statut socioéconomique, est le niveau d'études. Les résultats les plus évidents proviennent de la même enquête de 2003 (PCS, Insee) (figure 4.2).

Plus les personnes ont un niveau d'études élevé, plus elles ont des activités sportives. Alors que la pratique physique et sportive est très différente entre hommes et femmes sans diplôme (79 % pour les hommes contre 64 % pour les femmes dans l'enquête PCS), l'écart de pratique entre hommes et femmes est quasiment inexistant parmi les personnes diplômées du

30. http://www.insee.fr/fr/ppp/fichiers_detail/parcul03/

supérieur. Différentes études corroborent ce fait : si un faible niveau d'études peut être associé pour les femmes à une moindre probabilité d'exercice hebdomadaire, cette différence n'est pas significative pour les hommes (Droomers et coll., 2001 ; Giles-Corti et Donovan, 2002a ; Popham et Mitchell, 2006).

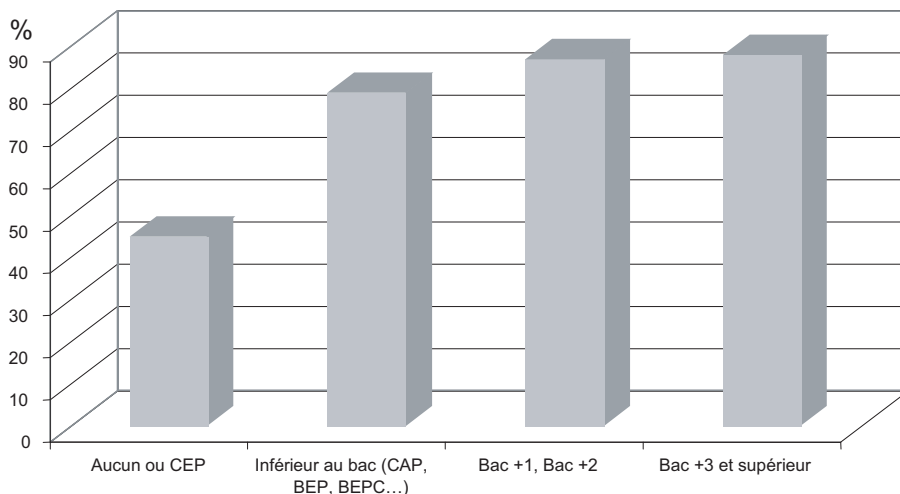


Figure 4.2 : Pourcentage de personnes ayant pratiqué au moins une activité physique et sportive dans les douze mois selon le niveau d'études (d'après Insee, Résultats de l'enquête 2003 « Pratiques culturelles et sportives »)

On retrouve là des différences de représentation entre hommes et femmes quant aux activités physiques. Ces représentations sont liées au milieu social, la pratique sportive restant conséquente chez les hommes des classes populaires. De la même manière, ne jamais avoir travaillé fait baisser les probabilités de faire des activités physiques pour les femmes, alors que cela n'a pas d'influence pour les hommes (Popham et Mitchell, 2006).

Le niveau d'activité physique est aussi fortement corrélé au niveau de revenus (figures 4.3 et 4.4).

Les figures 4.3 et 4.4, provenant l'une du Baromètre santé 2000, l'autre de l'enquête PCS de l'Insee (2003), présentent des résultats similaires. La proportion est nette : plus l'on a des revenus élevés, plus les probabilités d'avoir eu une activité sportive dans la dernière semaine est élevée. « La majorité des sports occasionnent des frais parfois importants (inscription, matériel, équipement, déplacement...), ce qui peut constituer un frein à la pratique pour certains groupes socialement fragilisés » commentent les auteurs du Baromètre santé. Mais ce n'est pas seulement d'accès et d'équipement dont il est question ici puisque l'enquête PCS laisse une place plus importante aux activités physiques de loisir (au lieu de seulement considérer les activités sportives) et inclut

des activités ne nécessitant pas un équipement coûteux. D'autre part, la même étude souligne le rôle des niveaux de revenus après 30 ans : on pratique d'autant plus d'activités physiques et sportives que les revenus sont élevés. Enfin, les revenus jouent dans le choix du type de pratique, les populations plus aisées étant davantage inscrites dans les structures institutionnelles (clubs, salles...), les populations plus pauvres ayant des pratiques moins formalisées.

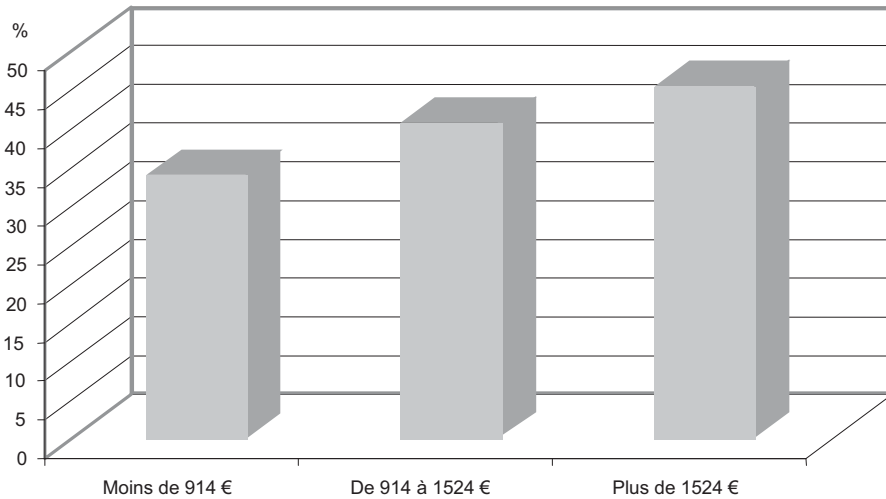


Figure 4.3 : Taux d'activité sportive en fonction des revenus mensuels du ménage par unité de consommation (d'après Guilbert et coll., 2001, Baromètre santé 2000)

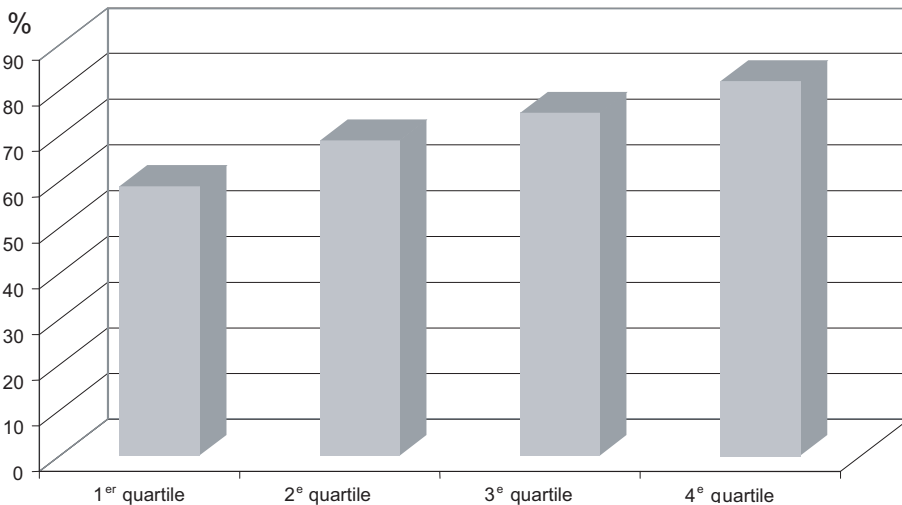


Figure 4.4 : Pratiques physiques et sportives en fonction des revenus (d'après Insee, Résultats de l'enquête 2003 « Pratiques culturelles et sportives »)

De façon similaire, de nombreuses études par questionnaires en population générale montrent la relation entre le niveau de revenus et l'exercice physique. C'est le cas de l'enquête « *Health survey for England 2003* », portant sur 18 553 personnes de 16 ans et plus. Elle montre que les hommes qui vivent dans les foyers à bas revenus ont une faible probabilité de participation régulière dans toutes les activités physiques. De manière plus générale, les taux de participation à l'exercice physique, les activités sportives et la marche baissent en même temps que les revenus (Stamatakis, 2004).

Pourtant, certaines études montrent une corrélation plus nuancée entre le niveau de revenus et le niveau d'exercice. C'est le cas d'une étude anglaise portant sur un échantillon important, 9 473 personnes interrogées en 4 vagues sur 8 ans, et assez comparable au Baromètre santé en France (Popham et Mitchell, 2005). La corrélation entre revenus du foyer et exercice hebdomadaire existe bien (avoir un métier à basse qualification réduit les probabilités d'exercice), mais elle joue ici davantage pour les hommes que pour les femmes et reste relativement faible, opérant de manière plus nette pour les agents de maîtrise et les techniciens (hommes et femmes).

Le niveau de revenus et le diplôme sont bien discriminants. Comment agissent-ils ? Une des premières variables à examiner est alors celle de l'accès aux équipements. Dans la mesure où, en France comme dans d'autres pays, le fait d'habiter un quartier ou un autre peut être socialement déterminé par le niveau de revenus ou les mécanismes de sélection résidentielle, il est légitime de se poser la question de l'accès aux structures d'exercice physique et sportif par rapport aux lieux de résidence.

Lieu de résidence et accès aux équipements

Une première étape, pour étudier cette relation, est de comparer la taille de l'agglomération et le nombre de pratiquants. L'hypothèse à confirmer est qu'il existe des disparités au niveau des équipements disponibles en matière d'activités physiques et sportives selon les types de lieux de résidence.

Ainsi, les résultats du Baromètre santé 2000 montrent des disparités d'activité sportive selon la taille de l'agglomération : on trouve par exemple 39,3 % de pratiquants dans les communes rurales contre 42 % et plus dans les villes de plus de 100 000 habitants. Comme l'enquête portait uniquement sur les pratiques sportives, il est logique de penser que le rôle des équipements est surdimensionné ici. On voit dans d'autres recherches que lorsque c'est l'activité physique en général qui est mise en avant, les lieux informels sont plus employés (Giles-Corti et Donovan, 2002b).

L'enquête de 2000 sur les pratiques sportives en France (MJS/Insep³¹, 2000) indique que les pratiques sportives des Français, selon qu'ils habitent à la

ville ou à la campagne, sont assez similaires : 81 % de la population rurale et 84 % de la population urbaine déclarent une activité physique ou sportive au moins dans l'année écoulée. Un pourcentage important des ruraux, proche du pourcentage des urbains, pratique une fois par semaine (70 % de ruraux, 73 % d'urbains). Les différences entre ville et campagne semblent se trouver davantage dans le type de pratiques, ce qui explique aussi les différences entre le taux de pratiques dans les deux enquêtes (MJS/Insep et Baromètre santé) puisqu'un certain nombre d'entre elles pouvaient être considérées comme n'étant pas réellement des sports par les personnes interrogées. Ainsi, bicyclette, boules, pêche et chasse apparaissent davantage en milieu rural alors que natation, footing, ski, tennis et danse apparaissent plus en milieu urbain.

Mais c'est peut-être davantage dans l'opposition entre lieux de vie favorisés ou non que la différence réside. En Écosse, McIntyre et coll. (1993) montrent que l'inégale distribution des équipements joue en faveur des banlieues favorisées et explique ainsi une plus faible pratique des activités physiques et sportives des classes à faibles revenus. Aux États-Unis, Ross (2000) démontre que les habitants des banlieues pauvres ont un haut niveau de marche, alors que les pratiques sportives plus intenses sont corrélées avec des revenus supérieurs. Elling et Claringbould (2005) notent un phénomène analogue aux Pays-Bas et soulignent l'importance de la sécurité dans les déplacements et les lieux d'activité physique, notamment pour les femmes et les enfants.

Les travaux australiens de Giles-corti et Donovan (2003) sur un échantillon de 1 803 adultes (18-59 ans) présentent des résultats plus complets, mais aussi plus mesurés. Axés sur les pratiques physiques récréatives, ils montrent clairement une différence entre les zones d'habitation favorisées et défavorisées : les habitants ayant des statuts socioéconomiques plus bas utilisent moins les équipements payants que les habitants des zones plus riches. Les auteurs indiquent que les zones à faible statut socioéconomique comportent des équipements propices à l'activité physique en proportion similaire ou supérieure aux zones à haut statut socioéconomique, même s'ils ne sont pas de même type (les accès à la plage et aux terrains de golf sont plus fréquents dans les zones à hauts revenus), mais que ce sont d'abord les lieux informels (plage, parcs et rues) qui sont utilisés aux fins d'activité physique récréative. Jouent aussi les perceptions de l'environnement : les habitants des zones à bas statut socioéconomique perçoivent moins souvent leur environnement comme sûr, attractif et permettant de se promener et, de même, ils sont plus sensibles au trafic routier. Leurs travaux soulignent les effets de la perception du voisinage sur la marche, en termes de sécurité et de plaisir. Ils concluent à la force des normes sociales et culturelles qui influent sur les comportements (Giles-Corti et Donovan, 2003).

On comprend que les différences établies en termes de voisinage et d'équipements seront alors très variables selon les politiques territoriales et nationa-

les, mais aussi en fonction de la perception de l'environnement qu'ont les habitants d'une zone précise.

En ce qui concerne la France, de manière générale, parmi les raisons de non pratique d'activité physique ou sportive données dans l'enquête PCS, les difficultés d'accès aux équipements, l'éloignement, et les horaires sont rarement évoqués. La répartition des équipements sportifs publics et privés et les effets de compensation des activités entre rural et urbain permettent semble-t-il des activités physiques sans problème réel d'accès. L'argument financier lui-même se retrouve bien dans les milieux modestes et pour les personnes au chômage, mais arrive derrière les autres raisons. On peut donc, en ce qui concerne la France, penser que la question de l'accès aux équipements est très marginale entre rural et urbain. Elle joue sur le type d'activité pratiqué (la natation, par exemple, est plus fréquente lorsqu'on habite à 20 minutes d'une piscine), mais peu sur la pratique elle-même (PCS ; Insee, 2003). En revanche, la question se pose des relations entre centre et périphérie, certaines communes de banlieue pouvant présenter un relatif sous-équipement par rapport à la concentration de population y résidant (MJSVA/Insep³², 2001).

Appartenance ethnique

Une autre variable est souvent étudiée, pour laquelle peu de données sont disponibles en France. Il s'agit de l'appartenance ethnique. Les principaux travaux qui l'abordent sont principalement hollandais, canadiens et américains.

Aux Pays-Bas, les filles (entre 14 et 20 ans) des minorités ethniques participent moins aux activités sportives que les filles des majorités ethniques. Une des variables examinées, l'appartenance à l'Islam, n'est pas explicative ici (Ellings et Knoppers, 2005). Dans un travail de 1999, Marie Choquet notait que les filles françaises de souche sont plus nombreuses à pratiquer un sport que les autres (50 % contre 44 % des Françaises d'origine étrangère et 40 % des étrangères) (Choquet et coll., 1999). Certainement, on voit ici une spécificité en ce qui concerne les filles, mais sans qu'un facteur précis puisse être détaché. Est-ce lié à une plus grande participation aux tâches domestiques, dont on sait qu'elle est plus forte dans les familles des milieux populaires auxquelles appartiennent plus souvent les filles issues des minorités ethniques ? Est-ce lié à une éducation parentale plus stricte vérifiant davantage les sorties des filles ? Rien ici ne permet de conclure.

Aux États-Unis, les travaux sur le surpoids des enfants montrent que ceux qui sont le plus concernés par ce problème sont aussi ceux qui regardent beaucoup la télévision et n'ont pas ou peu d'activité physique. Parmi ceux-ci,

32. Ministère de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative/Institut national du sport et de l'éducation physique

les enfants les plus concernés sont les filles, les noirs non-hispaniques et les mexicains-américains (Andersen et coll., 1998 ; Gordon-Larsen et coll., 1999).

Le fait de regarder la télévision est considéré comme l'indice principal de sédentarité (certains auteurs y rajoutent le fait d'être devant un ordinateur, hors situation de travail). Ici le seuil semble être à quatre heures et plus de télévision par jour, seuil corrélé au surpoids (Andersen et coll., 1998). Bien qu'aux États-Unis, on reconnaisse le poids de l'appartenance ethnique dans les considérations de santé et la propension à faire de l'exercice physique, peu d'études ont exploré cette dimension (Ram et coll., 2004). Il semble que l'appartenance ethnique joue sur le choix des activités ludiques hors l'école, les minorités ethniques déclarant souvent moins de ressources environnementales permettant l'exercice physique. Et, dans le même temps, on voit que les étudiants des catégories socioéconomiques les plus élevées reçoivent plus souvent une éducation physique scolaire et de meilleure qualité, que les élèves issus de familles défavorisées. L'éducation physique semble être mieux faite dans les écoles des zones riches que dans celles des quartiers pauvres (Sallis et coll., 1996). Au Canada, l'appartenance ethnique semble moins pertinente que le statut socioéconomique et les auteurs concluent à un lien entre le statut socioéconomique et la participation aux sports organisés (O'Loughlin et coll., 1999).

Toutes ces recherches ne permettent pas de détacher significativement le rôle de l'appartenance ethnique de celui des revenus ou de la composition familiale (opposition entre famille monoparentale et famille avec les deux parents) aux États-Unis (Lindquist et coll., 1999) ou du genre aux Pays-Bas. Cependant, la plupart des conclusions amène à penser que l'accès au sport varie en fonction des équipements, scolaires ou non, présents dans le quartier. Aussi, à défaut d'éliminer le facteur ethnique, peut-on penser que le facteur socioéconomique prévaut ici. On retrouve là les interrogations sur le taux d'équipements des quartiers, posées plus haut.

Temps de loisirs et activité physique

Le faible taux de pratique des agriculteurs et artisans, commerçants et chefs d'entreprise en France permet de poser aussi la question du temps disponible. Les disparités du taux d'activité physique et sportive varient en fonction de la situation professionnelle. La figure 4.5 montre ces variations.

Bien que les questions du Baromètre santé ne portent que sur l'activité sportive alors que le questionnaire du PCS est plus complet, on observe, au-delà des disparités d'effectifs, une même tendance. D'un côté les étudiants ont davantage d'activités physiques et sportives et de l'autre les autres inactifs (personnes au foyer ne cherchant pas de travail) et les retraités en font moins. Il existe aussi une faible différence entre les travailleurs et les chômeurs.

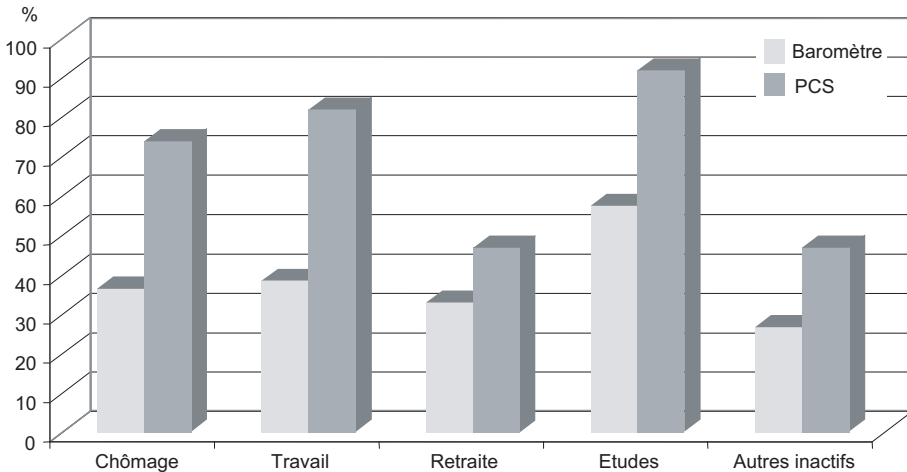


Figure 4.5 : Taux de pratique physique et sportive selon la situation professionnelle (d'après Guilbert et coll., 2001, Baromètre santé 2000 et Insee, résultats de l'enquête 2003 « Pratiques culturelles et sportives »)

Le fait d'être étudiant contribue grandement à la hausse des probabilités d'activités sportives. Les chiffres du PCS cumulent étudiants, lycéens et militaires. Pour les lycéens, les cours d'EPS rendent l'exercice sportif quasiment obligatoire, de même que celui-ci est lié à l'activité militaire. Le cas des étudiants est différent. Leur taux de participation montre une plus grande disponibilité temporelle mais aussi probablement une spécificité de la « culture estudiantine ». En Angleterre, Popham et Mitchell (2006) trouvent les mêmes différences de pratiques que celles que révèle l'enquête PCS, entre étudiants hommes et population active.

L'enquête PCS 2003 montre que, pour les travailleurs, la pratique sportive augmente avec le nombre de congés pris au cours de l'année et ce indépendamment du niveau de vie et du milieu professionnel. Le taux de pratique est de 76 % pour les personnes travaillant ayant pris deux semaines au moins, de 81 % pour celles qui ont pris de 3 à 5 semaines, de 88 % pour celles ayant pris 6 semaines de congé et plus. « Les actifs n'ayant pas pris de congés du tout au cours des douze mois précédant l'enquête pratiquent en moyenne deux APS différentes contre quatre pour les actifs ayant pris plus de six semaines de congés » (Muller, 2005a). On voit là l'effet des activités physiques ponctuelles, liées aux vacances, dont on peut penser qu'elles ne peuvent, par leur irrégularité, agir réellement sur la santé.

Les résultats du PCS ne montrent pas de différence importante entre le fait de travailler ou d'être au chômage. Mais les résultats sont établis en fonction de l'activité physique et sportive sur l'année. Lorsque l'on observe la pratique hebdomadaire, le temps de travail semble jouer de manière plus importante : pour les hommes, travailler un temps moyen de 48 heures par

semaine est associé avec une probabilité d'exercice hebdomadaire réduite comparé à ceux qui sont sans emploi. Pour les femmes, un effet similaire est observé à partir de plus de trente heures de travail par semaine.

Le nombre d'heures agit davantage pour les hommes : travailler dans une petite entreprise ou être à son compte fait baisser les probabilités d'exercice hebdomadaire, faire des heures supplémentaires agit de la même façon (Popham et Mitchell, 2006). On peut alors supposer qu'au-delà de la question des revenus, susceptible d'agir sur les heures supplémentaires, il faudrait considérer une variable supplémentaire qui serait celle de l'engagement dans le travail.

Sont observables aussi des variables qui tiennent aux temporalités familiales et, notamment, à la présence d'enfants en bas âge. L'enquête PCS montre que 75 % des personnes vivant avec un enfant de moins de trois ans ont eu une activité physique ou sportive en 2003 contre 83 % des personnes vivant avec des enfants entre 4 et 14 ans (PCS ; Insee, 2003). L'enquête de Popham et Mitchell montre que si la naissance d'enfants diminue les probabilités d'exercice régulier, des variations existent en fonction du sexe considéré chez les parents. Pour les hommes, la poursuite d'un exercice régulier ne baisse que lorsque l'enfant a moins de quatre ans. Pour les femmes, on ne perçoit pas d'effet significatif lorsque l'enfant a moins d'un an, mais ensuite les effets perdurent au-delà de 4 ans. Les auteurs postulent que les recommandations d'exercice post-natal pousseront les femmes à faire plus d'exercice pendant la première année de l'enfant, alors que les exigences du rôle maternel réduisent ensuite les possibilités d'exercice jusqu'à l'adolescence (Popham et Mitchell, 2006). Une autre étude, menée aux États-Unis, montre des résultats similaires en comparant une population de mères de 20 à 65 ans dont les enfants ont moins de cinq ans avec une population de même âge sans enfants (Sternfeld et coll., 1999). On sait que la présence d'enfants au foyer va de pair avec une plus grande fréquence du sentiment de fatigue, et, chez les femmes en particulier, de celui d'être débordé dans la vie quotidienne. Ce sentiment s'établit en conjonction des horaires de travail dont elles se plaignent plus souvent que les hommes³³ (Chenu, 2002). Contraintes professionnelles et contraintes familiales pèsent donc de manière nette dans le fait d'avoir ou non des activités physiques.

Culture du temps

Puisque nous étudions ici l'activité physique au travers des activités de loisirs, la compréhension de la manière dont ces dernières s'établissent est

33. Il faut néanmoins préciser que la plupart des textes cités ici sur le temps de travail se fondent sur l'enquête « Emplois du temps » de l'Insee, datant de 1998-1999, c'est-à-dire avant le passage aux 35 heures.

susceptible de nous éclairer sur la « culture du temps » des différents milieux sociaux, c'est-à-dire leur plus ou moins grande capacité à structurer leurs disponibilités.

Les catégories populaires (ouvriers) ont le plus de temps libre et occupent davantage leurs loisirs à des activités domestiques (bricolage, jardinage, télévision), les cadres, disposant de moins de temps libre, ont davantage de loisirs extérieurs, culturels et sportifs (Coulangeon et coll., 2003).

Encore faut-il différencier ici les modes de gestion du temps. On différencie ainsi les loisirs du temps quotidien, défini par les contraintes professionnelles et domestiques, et les loisirs de temps long qui nécessitent une planification.

Dans le premier cas, les ressources économiques, sociales et culturelles jouent peu. C'est d'abord le temps disponible qui définit les activités. Les activités les plus fréquentes, pour les actifs occupés, hors périodes de congés, sont alors la télévision ou la vidéo (70,2 %), la lecture (25,4 %) et les semi-loisirs (jardinage, bricolage et activités d'entretien, 23,8 %). On notera que le sport (incluant l'activité physique à domicile) ne concerne alors que 5,8 % des personnes et les ballades 4,9 %.

En revanche, dans le second cas, on observe une plus grande propension aux loisirs (nombre et fréquence) des cadres et professions intermédiaires par rapport aux agriculteurs et aux ouvriers, des personnes disposant de hauts revenus (1 677 € ou plus) par rapport à celles disposant de bas revenus (moins de 838 €), des personnes plus diplômées par rapport au moins diplômées.

C'est donc bien ici le milieu social qui fait différer les pratiques. Leurs disparités sont donc liées à une « inégale capacité à planifier et à organiser de manière active l'espace du temps libre, capacité qui semble dépendre pour l'essentiel du revenu et des facteurs sociaux et culturels (...) » (Coulangeon et coll., 2003).

Les auteurs insistent sur le fait que plus le temps libre quotidien est important et moins le capital culturel est élevé, plus l'utilisation de la télévision est conséquente ; une utilisation qui est un facteur de sédentarité.

On lit là une structuration du temps de travail lié aux grandes transformations de la production dans notre société où le niveau de qualification joue directement sur le temps de travail : un homme cadre travaille en moyenne 348 heures de plus par an qu'un ouvrier (Befy, 2006) et la perméabilité des différentes activités des cadres les oblige à un niveau d'organisation plus important (Guilbert et Lancry, 2005). Les capacités à organiser le temps semblent alors décisives dans la mise en place d'activités de loisirs.

Enfin, on peut se poser la question de savoir si les activités de loisirs, abordées ici de manière assez générale, comportent un pan significatif d'activités physiques et sportives. L'enquête sur les pratiques culturelles et sportives des

Français nous montre que le nombre de sorties, de visites et d'activités artistiques augmente avec celui des activités sportives. Les deux tiers des personnes de 15 ans ou plus ont des loisirs relevant des deux champs « sport » et « culture ». Le cumul de ces activités est fréquent, notamment dans certaines catégories de population. Ainsi, les personnes faisant beaucoup de sport pratiquent aussi plus souvent des activités artistiques que celles qui ont peu d'activités physiques ou sportives. La fréquence des pratiques sportives et celle des activités culturelles augmentent conjointement avec le diplôme et le niveau de vie (PCS ; Insee, 2003).

Puisque l'on sait que les bénéfices de l'activité physique sur la santé dépendent d'une pratique régulière, à défaut de disposer de données détaillées, on peut vérifier la répartition des pratiques institutionnelles (en club et autres structures), qui correspondent logiquement à une certaine constance, la pratique institutionnelle étant associée à la régularité de pratique (Baromètre santé 2000 ; PCS : Insee, 2003). Or, on constate que, en dehors de l'âge, facteur déterminant dans l'institutionnalisation des pratiques, le fait d'appartenir aux populations favorisées joue de manière importante : les personnes appartenant aux ménages les plus aisés pratiquent bien plus de manière institutionnelle, ce que montre la figure 4.6.

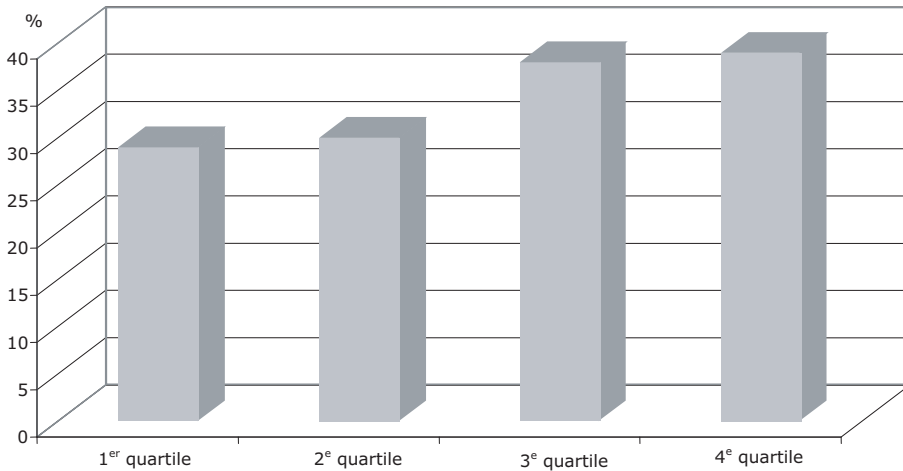


Figure 4.6 : Pourcentage de pratiquants institutionnalisés en fonction du niveau de revenus (d'après Insee, Résultats de l'enquête 2003 « Pratiques culturelles et sportives »)

En résumé, la « culture du temps » semble bien déterminante ici. Ce n'est pas tant le niveau de revenus que le fait que celui-ci soit associé à des catégories sociales disposant de capacités à prévoir et gérer leurs disponibilités qui détermine les activités de loisirs et parmi celles-ci les activités physiques et leur fréquence.

Transmission des modèles parentaux

Les personnes issues des classes aisées de la population (niveau de revenu et capital scolaire plus importants) pratiquent davantage que ceux des classes défavorisées. Mais, de plus, les différences de pratique se retrouvent au niveau de leur progéniture. Même si les adolescents ont souvent des activités physiques et sportives puisque deux tiers d'entre eux pratiquent une activité sportive en dehors des cours d'enseignement physique et sportif (EPS) (MJSVA/Insep, 2001), il existe bien des différences liées aux catégories socioprofessionnelles qui s'appliquent en fonction du sexe.

L'enquête « Pratique sportive des adolescents » commanditée par le ministère de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative et l'Insep en 2001 et menée auprès de 1 501 adolescents de 12 à 17 ans montre bien cela. Les enfants de 12 à 17 ans n'ayant pas d'activité physique et sportive en dehors des heures d'EPS sont avant tout des filles de milieux sociaux peu favorisés, à la fois au niveau des revenus et du capital scolaire : « Sans doute plus des trois quarts des filles de familles où les parents n'ont aucun diplôme et dont les revenus sont inférieurs à 1 066 euros par mois ne font pas de sport » (MJSVA/Insep, 2001). On retrouve là des logiques présentes au niveau des pratiques en population générale. Elles agissent à la fois par les caractéristiques socioéconomiques et par le sexe.

Les disparités d'exercice physique hors pratiques scolaires se prolongent tout au long de la scolarité en se renforçant. À la fin du second degré, on trouve toute une gamme de situations qui sont marquées par deux pôles : d'un côté les garçons des milieux favorisés ayant un fort taux de pratique sportive (81 %), de l'autre les filles issues de milieux sociaux moins favorisés dont le taux de pratique sportive est bas (40 %). Les enfants se dirigeant vers les filières professionnelles pratiquent moins que leurs camarades en lycée (72 % contre 58 %). Cette différence est plus forte pour les filles que pour les garçons. On rencontre là une explication partielle du haut degré de pratique sportive des étudiants : les plus sportifs vont à l'université.

Si de nombreuses variables sont susceptibles d'entrer en ligne de compte (taille de la fratrie, configuration familiale, situation professionnelle de la mère), les deux variables les plus importantes sont le niveau de diplôme et le niveau de revenus. Le niveau de diplôme des parents est plus discriminant que le niveau de revenus, son influence se renforce d'autant plus que les parents interviennent dans le choix du cursus scolaire. Le niveau de revenus agit davantage pour les filles que pour les garçons (figures 4.7A et 4.7B).

Les revenus des parents agissent sur le fait que les enfants soient licenciés ou pas dans un club et cela davantage pour les filles que pour les garçons. Les disciplines choisies elles-mêmes sont fortement marquées socialement. Les enfants des milieux favorisés pratiquent ski, voile et escrime, tennis et golf. Les enfants moins favorisés font du football, du rugby, de la boxe et de la lutte.

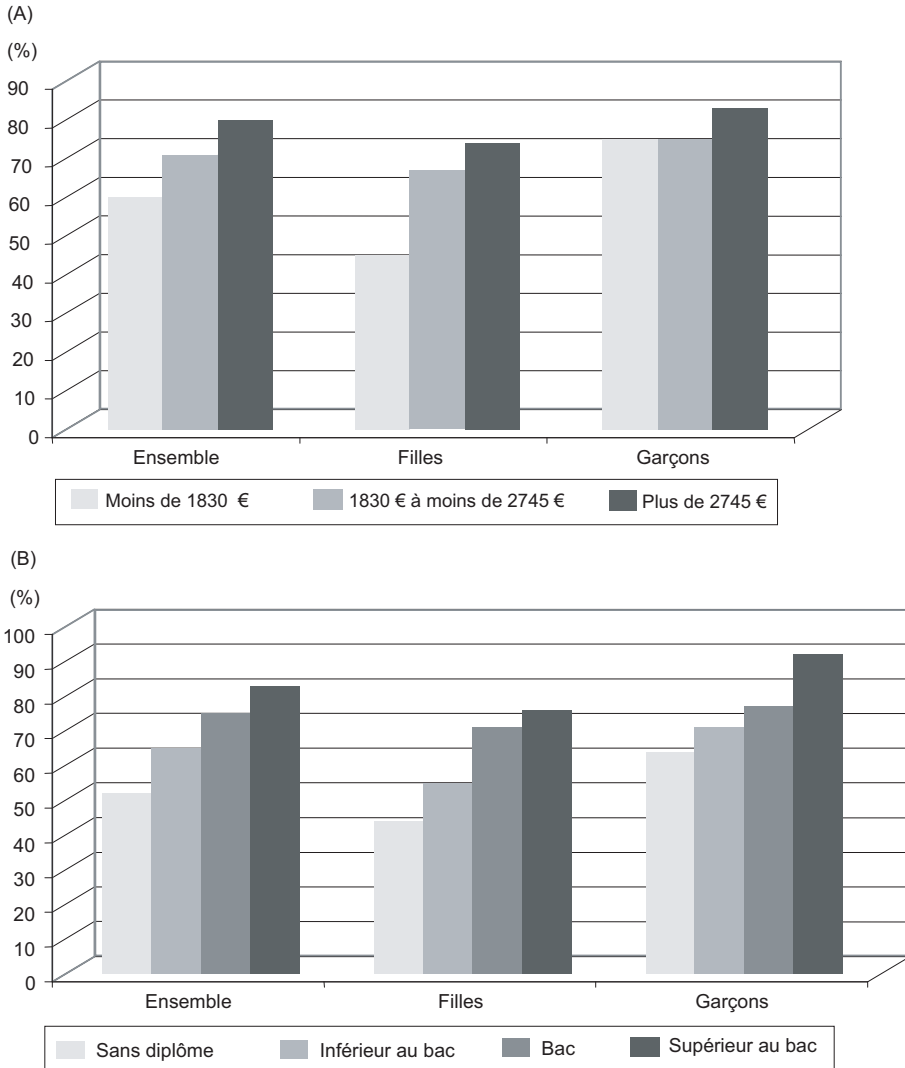


Figure 4.7 : Pratique sportive des enfants selon les revenus des parents (A) et selon le niveau de diplôme des parents (B) (d'après MJSVA/Insep, 2001, Pratique sportive des adolescents)

On remarque, comme pour les adultes, que les jeunes non sportifs pratiquent moins d'activités culturelles que leurs camarades sportifs. Il ne semble donc pas qu'il y ait « de modèle alternatif dans lequel les sportifs délaisseraient d'autres activités, qui seraient au contraire pratiquées par les non sportifs ». De même, les sportifs, garçons et filles, sont plus nombreux à lire chaque jour que les non sportifs. On retrouve là une causalité sociale : les non spor-

tifs appartiennent à des milieux moins favorisés où l'usage de la lecture, comme du sport, est moins fréquent (MJSVA/Inserm, 2001).

Les différents points évoqués ici semblent montrer qu'il existe bien une transmission des modèles sportifs des parents vers les enfants. Les parents qui pratiquent le plus, c'est-à-dire ceux issus des milieux les plus favorisés, influencent la pratique juvénile de leurs enfants. De plus, à niveau égal de diplôme, le fait d'avoir un père qui pratique un sport augmente les probabilités des enfants d'en faire un et ce autant pour les garçons que pour les filles. L'écart entre les garçons et les filles disparaît si la mère pratique régulièrement un sport (MJSVA/Insep, 2001).

Tous ces éléments indiquent qu'il existe toujours des écarts liés aux appartenances sociales. Ces dernières sont moins liées aux groupes socioprofessionnels et aux « cultures » qui en émergeaient qu'elles ont pu l'être auparavant. Cependant, les déterminismes sociaux restent importants. L'élément le plus déterminant ici est sans conteste le niveau de diplôme. Le double mouvement de massification et de démocratisation scolaire a permis l'accès aux études de la majorité de la population française. Mais, malgré cet accès, des inégalités scolaires, puis des inégalités sociales perdurent. Le lien entre le niveau de diplôme et l'accès au travail, de manière générale, mais aussi à différentes formes de travail selon leurs niveaux de qualification, joue de manière importante sur l'insertion sociale. Dans ce cadre, il faut comprendre que non seulement les activités physiques et sportives suivent le niveau d'insertion sociale, mais aussi que la propension à la pratique se transmet plus ou moins à la génération suivante, comme se transmettait autrefois la culture ouvrière. En ce sens, les cours d'EPS à l'école semblent avoir une importance marginale sur l'adoption du goût de l'activité physique et sportive, et ce de manière encore plus nette en ce qui concerne les filles.

Motivations pour la pratique d'activités physiques et sportives

Au-delà de l'effet des contraintes (appartenance sociale, temps, revenus, accessibilité), il est important de pouvoir considérer les valeurs accordées aux activités physiques et sportives afin de comprendre les motivations des pratiquants.

Les chercheurs ont identifié plusieurs motivations d'exercice physique : la santé, l'apparence, la perte de poids, le support social, la détente, la réduction du stress, la compétition et la reconnaissance. Ces motivations interviennent de manière variable et non exclusive dans les activités sportives (Davis et coll., 1995). Mais les études disponibles en utilisent des gammes différentes et parfois peu comparables.

Le Baromètre santé 2000 proposait aux répondants une gamme relativement vaste de motivations de pratique sportive : pour le plaisir, pour la santé, pour

maigrir, pour se muscler, pour rencontrer des amis, par esprit de compétition, par obligation (école, famille, médecin). Le plaisir, la santé et les rencontres avec des amis sont les trois motivations qui interviennent le plus. On notera cependant que la catégorie « plaisir » est vaste et imprécise, les sources du plaisir n'étant pas spécifiées (Guilbert et coll., 2001).

Les raisons du choix d'une activité physique et sportive sont liées à des valeurs diverses : bien-être individuel, détente, santé, engagement (physique et moral), compagnie des proches et rencontre avec les autres, contact avec la nature sont fréquemment avancés. La recherche des sensations, l'amélioration des performances, l'esprit de compétition ou la volonté de gagner, la prise de risque apparaissent de façon moins conséquente. Toutes ces raisons données déterminent les activités de manière sélective : on les retrouve plus ou moins en fonction des activités choisies. Pour exemple, si la recherche de détente et de bien-être est présente pour presque tous les types d'activités, la recherche de santé est donnée davantage pour les pratiquants de gymnastique, de course à pied, de musculation, d'arts martiaux et de sports de combat alors que la volonté d'être avec ses proches est plus présente pour ceux qui jouent aux boules ou vont aux sports d'hiver (MJS/Insep, 2000).

Les motivations annoncées varient de manière conséquente en fonction des catégories socioprofessionnelles, de l'âge et du sexe.

Facteurs de variation des motivations : catégorie socioprofessionnelle, sexe et âge

Pour toutes les catégories socioprofessionnelles, le plaisir, puis la santé interviennent en premier lieu. De ce fait, peu de différences apparaissent réellement d'une catégorie à l'autre. Quelques-unes méritent cependant d'être soulignées (figure 4.8).

Les agriculteurs sont les seuls à présenter un profil atypique car ils sont ceux pour qui les motivations de santé, de se muscler et de gagner sont les plus faibles. On remarque que l'esprit de compétition est plus important pour les artisans, commerçants et chefs d'entreprise (16,9 % contre 7,8 % pour les ouvriers, deuxième catégorie où cette motivation apparaît le plus). Les cadres sont un peu plus nombreux que les autres à donner la santé comme motivation (71,3 % contre 67,6 % pour les professions intermédiaires, 66,4 % pour les ouvriers et 65,6 % pour les employés). Enfin, perdre du poids est plus important pour les employés (Baromètre santé 2000).

Les différences de motivation apparaissent plus nettement entre les sexes. Les hommes disent faire du sport pour le plaisir plus fréquemment que les femmes (74,9 % contre 67,5 %). De même, les premiers déclarent plus fréquemment faire un sport par esprit de compétition (10,7 % contre 3,9 %) alors que les secondes avancent plus souvent la recherche de perte de poids (18,6 % contre 10,8 %) (Baromètre santé 2000) (figure 4.9).

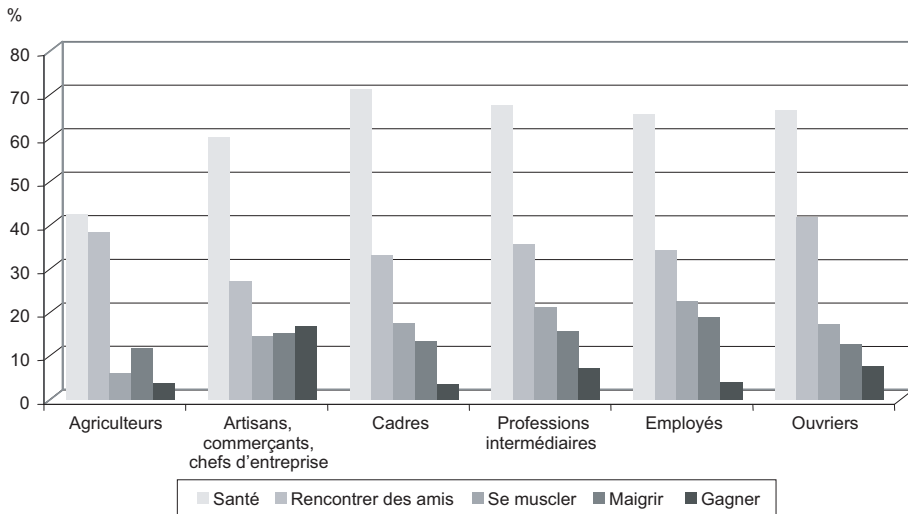


Figure 4.8 : Motivations (hors plaisir) de pratique sportive en fonction des catégories socioprofessionnelles (d'après Guilbert et coll., 2001, Baromètre santé 2000)

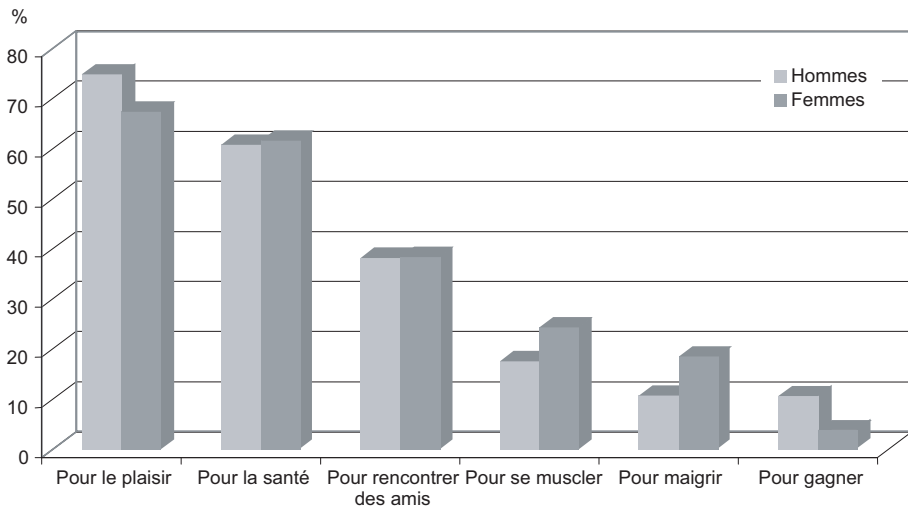


Figure 4.9 : Motivations des pratiques sportives en fonction du sexe (d'après Guilbert et coll., 2001, Baromètre santé 2000)

La faible attraction de la compétition sur les femmes se retrouve dans d'autres recherches. Dans l'enquête PCS, elles ne sont que 4 % des pratiquantes à s'y adonner contre 15 % des pratiquants. Plus rarement présentes

dans les sports collectifs ou duels (tennis, boxe, escrime...), elles sont davantage tournées vers les pratiques individuelles, qu'elles font à des fins d'entretien et de détente et non de performance (PCS ; Insee, 2003).

De même, de fortes variations apparaissent en fonction de l'âge (figure 4.10).

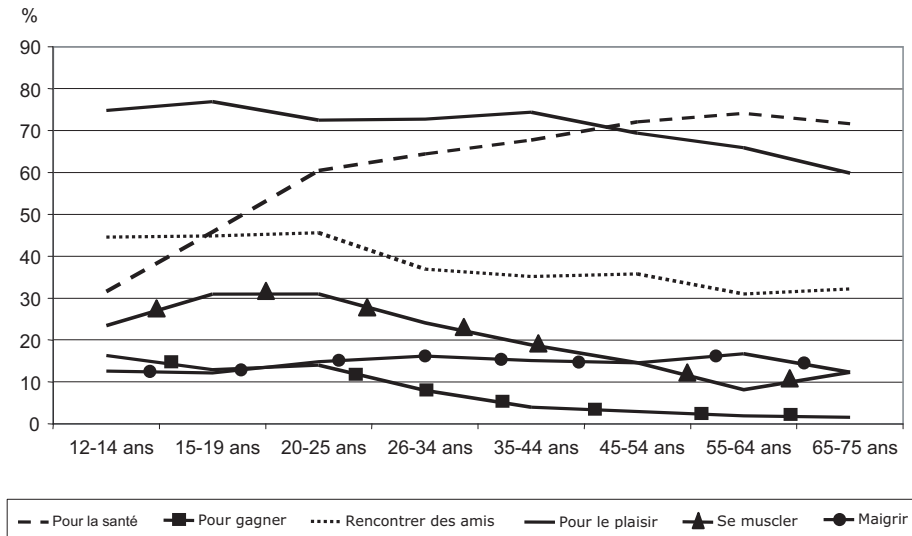


Figure 4.10 : Motivations des activités sportives en fonction de l'âge (d'après Guilbert et coll., 2001, Baromètre santé 2000)

Plus l'on vieillit, plus les motivations pour la santé augmentent. Le sport « pour la santé » est deux fois plus souvent cité par les 20-25 ans (60,5 %) que par les 12-14 ans (31,6 %). Le plaisir diminue après 19 ans et perd beaucoup d'importance après 44 ans. La motivation « pour gagner » culmine entre 12 et 25 ans et diminue ensuite constamment au fil de l'âge. La recherche d'une sociabilité est importante jusqu'à 25 ans et diminue ensuite de manière conséquente. La volonté de se muscler est forte entre 15 et 25 ans, puis s'abaisse sans cesse avant de connaître un léger regain après 65 ans (Baromètre santé 2000). Il est alors nécessaire d'examiner séparément les différentes classes d'âge.

Adolescents et jeunes adultes

Les parents sont responsables des premières opportunités des enfants de faire un sport et sont complètement impliqués dans l'expérience sportive de leurs enfants (Greendorfer, 1992 ; Brustad et Partridge, 2002). Les premiers sports des enfants sont souvent choisis par les parents et participent de représenta-

tions sexuées. Les filles sont davantage inscrites dans les clubs de gymnastique et les structures de danse, les garçons dans les clubs de judo qui, tous trois proposent des accueils à partir de 5 ans, voire 3 ans (judo) et 4 ans (danse et gymnastique) (MJSVA/Insep, 2001).

Il existe parfois des traditions familiales du sport, bien plus présentes dans les classes supérieures et moyennes pratiquant en club, qui se transmettent « naturellement » aux enfants, à force de visites aux stades ou de pratiques accompagnées. Elles sont parfois liées directement à la compétition, résultant alors d'une culture de la performance (Aquatias et coll., 1999). Et l'on sait que le fait d'avoir des parents sportifs prédisposent à faire du sport : les adolescents dont les parents font du sport font eux-mêmes plus souvent du sport que les autres adolescents (80 % contre 60 %, MJSVA/Insep, 2001). De même, le fait que les parents montrent à leurs enfants l'attention qu'ils leur portent pour leur réussite dans des activités sportives joue sur l'estime de soi des enfants dans l'exercice sportif (Bois et Sarrazin, 2005) et l'on sait qu'une socialisation positive dans le sport augmente les chances de participation sportive tout au long de la vie (Elling et Claringbould, 2005). Cependant, les attentes des parents diffèrent en fonction du sexe des enfants. Ils attendent moins des filles un comportement sportif (Fredricks et Eccles, 2005).

La majorité des réponses (90 %) des adolescents à la question de ce qui leur plaît dans le sport est liée d'abord au plaisir : se dépenser, se défouler, bouger, s'amuser, se détendre. Vient ensuite le fait d'apprendre, de maîtriser une technique, de sortir et de s'occuper (entre 80 et 90 % des réponses). Les préoccupations de santé et d'apparence (maigrir, rester en forme...) viennent ensuite, en troisième position (entre 70 et 80 % des réponses). Suivent les motivations liées aux sociabilités (faire des rencontres), à la compétitivité (faire des compétitions, se mesurer aux autres, se surpasser), aux sensations (avoir des sensations fortes, prendre des risques) ou à l'oubli des problèmes. Enfin, entre 40 et 50 % des réponses concernent le fait de se donner en spectacle (être apprécié d'un public, donner des spectacles, être regardé par les autres).

Ces réponses sont assez similaires pour garçons et filles, en dehors de « l'esprit de compétition », des « sensations fortes » ou du « sentiment de se surpasser » que les garçons mettent bien plus en avant (de 30 à 40 %) (MJSVA/Insep, 2001). De Bourdeaudhuij et Sallis (2002) ont montré que la compétition était une motivation significative dans l'activité physique des jeunes hommes de 16 à 24 ans, ce qui confirme cette différence entre genres.

On note enfin une motivation d'activité physique et sportive propre aux plus jeunes des garçons (12-15 ans) et aux plus âgées des filles (14-17 ans) : le fait de pouvoir « sortir ». Le contrôle parental étant plus affirmé et plus durable sur les filles que sur les garçons, il est logique de trouver une telle dispersion (Baromètre santé jeunes 1997-1998 ; Arenes et coll., 1998).

Les réponses données à ce « qu'on espère » dans l'enquête sur les adolescents sont également très différentes en fonction du sexe : les rêves de gloire et de fortune concernent quatre garçons sportifs sur dix et seulement deux sur dix pour les filles. Mais ce sont les plus jeunes des garçons qui sont les plus concernés (12-13 ans) (MJSVA/Insep, 2001).

Une autre étude auprès d'adolescents scolarisés de 14 et 15 ans (n=448) en Seine Saint-Denis montre que les garçons sont particulièrement sensibles à la compétition et à la victoire alors que les filles s'attachent d'abord à leur santé et ensuite aux relations amicales. Garçons et filles divergent aussi sur la volonté de maigrir (plus importante chez les filles) ou de se muscler (plus importante chez les garçons). On perçoit donc des motivations fortement sexuées (figure 4.11).

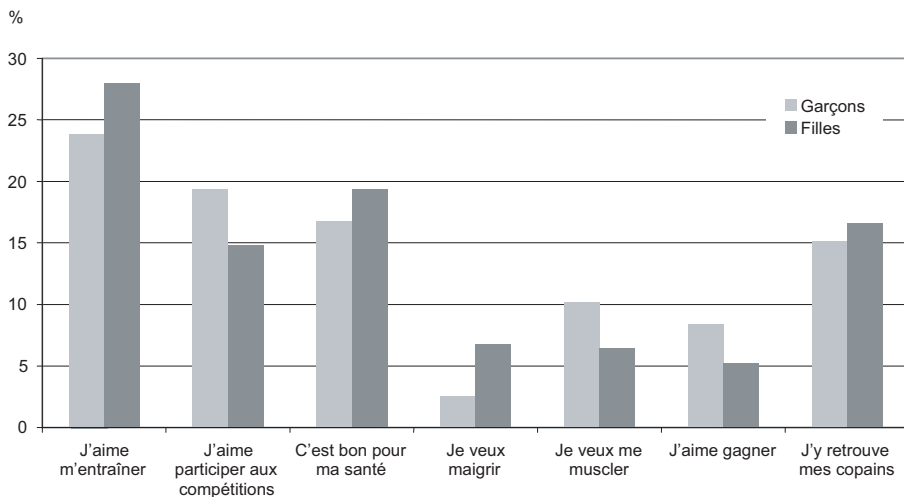


Figure 4.11 : Motivation principale à faire du sport de garçons et filles de 14-15 ans (d'après Niéto et Leroux, 2003)

Les items « j'y suis obligé », « autres raisons » et « je ne sais pas » (3,3 % du total) ne figurent pas dans le graphique.

Le temps de pratique influence notablement les motivations. On observe que les filles qui ont la pratique la plus intensive (8 heures et plus d'entraînement hebdomadaire) ont des motivations qui se rapprochent sensiblement de celles des garçons. En effet, elles ont une attention plus marquée que les autres pratiquantes à la compétition et à la victoire, et dans le même temps une attention moindre à leur santé et au fait de retrouver leurs amis. La volonté de maigrir diminue, alors que celle de se muscler augmente. En parallèle, la position des garçons ne connaît pas de telles transformations et est plus homogène que celle des filles dans toutes les catégories de pratique. On peut alors penser que les valeurs adoptées par les sportifs qui ont le

temps de pratique le plus intensif sont plutôt des valeurs masculines. De même, les sportifs pratiquant hors des clubs sont moins intéressés par l'entraînement et la compétition et déclarent en revanche une forte attention à la santé et aux relations amicales (Niéto et Leroux, 2003).

Les adolescents de l'enquête MJSVA/Insep citent aussi des motifs de déplaisir. Ceux-ci sont plus présents pour les filles que pour les garçons, pour les non sportifs que les sportifs. La figure 4.12 présente les plus importants.

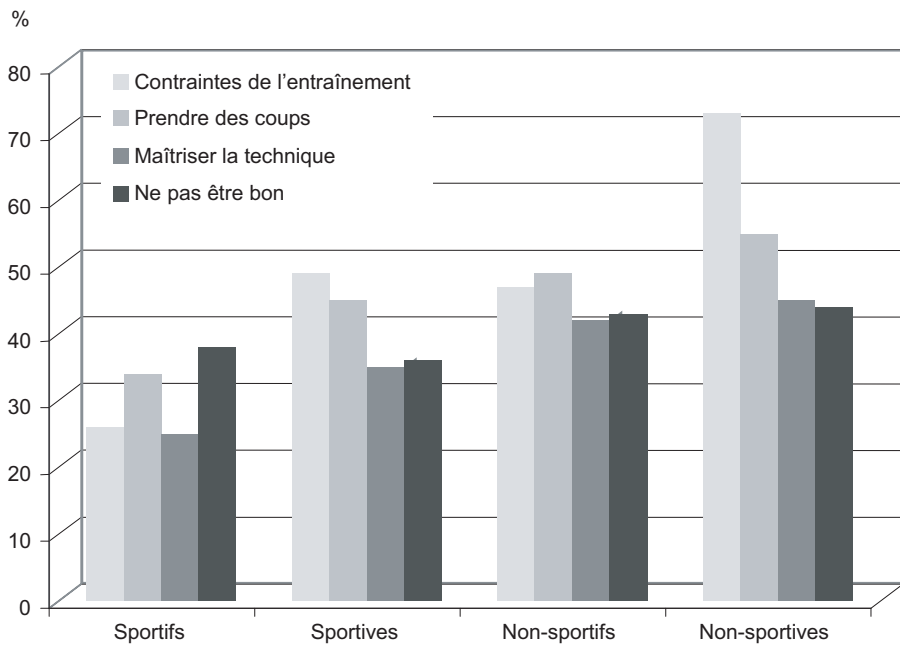


Figure 4.12 : Principaux motifs de déplaisir des adolescents (d'après MJVSA/Insep, 2001)

Le fait de « prendre des coups » ressort davantage chez les non sportifs, filles et garçons, que chez les sportifs, mais reste conséquent, puisque c'est le deuxième motif de déplaisir, quelle que soit la population considérée. Les contraintes de l'entraînement sont toujours plus importantes pour les filles, sportives ou non.

Les motifs de déplaisir sont presque toujours plus cités par les jeunes filles de milieu favorisé que par celles de milieu moins favorisé (niveau de diplôme plus bas). Les auteurs font l'hypothèse d'un certain rejet du sport par ces populations féminines « du fait de l'éloignement culturel pour les catégories les plus défavorisées, du fait de l'expérience pour les catégories les plus favorisées » (MJSVA/Insep, 2001).

Chez les adolescents non sportifs, la crainte de « ne pas être bon » (figure 4.12) constitue un autre motif de déplaisir. Une étude sur une population d'étudiants (n=363) permet de corroborer ce fait, même si la population est plus âgée (18-20 ans). Pour les étudiants, l'influence des amis apparaît plus forte que celle de la famille. Ceux-ci, par les compliments et les encouragements, contribuent à l'estime de soi, qui est le plus fort prédicteur du temps total d'exercice. Inversement, plus les étudiants sont critiqués, plus leur attitude envers l'exercice est négative. Les auteurs notent que cela vaut davantage pour les activités sportives à forte dépense, du fait que les étudiants interprètent les questions sur l'exercice en ce sens, sans penser aux activités physiques modérées ou légères. Quoi qu'il en soit, dans ce cadre, les activités réelles des amis comptent davantage que leurs opinions (Okun et coll., 2003). De même, une étude irlandaise sur les comportements de santé des adolescents montre un lien positif entre l'attention des jeunes à l'évaluation par autrui et le fait qu'ils évitent l'exercice pour des raisons d'apparence, de force et de coordination (Martin et coll., 2001). La question de l'estime de soi est centrale pour les adolescents. Durant l'enfance, elle est arbitrée essentiellement par les parents, à la fin de l'adolescence, l'influence des pairs a gagné en importance. On ne s'étonnera donc pas de retrouver ce facteur parmi les trois plus cités comme causes d'abandon d'une activité physique et sportive : les contraintes de l'entraînement, la maîtrise de la technique et le sentiment de ne pas être bon. Les filles parlent davantage des contraintes de l'entraînement, les garçons du sentiment de ne pas être bon (MJSVA/Insep 2001).

Adultes

On retrouve au niveau des adultes des tendances similaires à celles qui agissent sur le comportement adolescent. Le plaisir est toujours la motivation dominante mais le rôle des sociabilités y intervient beaucoup aussi. Celles-ci varient selon les périodes : on fait davantage de sport avec sa famille et ses proches pendant les vacances. Certaines activités physiques et sportives sont alors plus présentes : boules, marche, pêche ou ski (MJSVA/Insep, 2001 ; PCS, Insee, 2003). Durant l'année, d'autres sports se lient davantage aux sociabilités professionnelles : c'est le cas pour le football, le golf, le rugby ou l'escalade. D'autres encore sont davantage faits avec des amis (football, basket-ball, rugby). Les sociabilités sont plus sportives pour les pratiquants des sports collectifs, des arts martiaux et des sports de combat ou du golf dont la moitié de l'effectif total déclare faire du sport avec leurs condisciples, ce qui est deux fois plus fréquent que pour la moyenne générale des sportifs (MJSVA/Insep, 2001).

Les résultats du Baromètre santé 2000 montrent une décroissance de la motivation « rencontrer des amis » au fil de l'âge (45,6 % à 20-25 ans et 31 % à 55-64 ans). Ces résultats peuvent découler de l'absence des activités

physiques, considérées par les répondants comme n'étant pas du sport. Cependant, on sait que presque toutes les pratiques de sociabilité baissent avec l'âge et ce, d'autant plus que le niveau de diplôme et les revenus sont bas. Les femmes sont plus facilement atteintes par cet effet de l'âge sur les sociabilités (Bidart, 1997). On peut donc penser que cette décroissance est réelle et qu'elle agit directement sur l'exercice sportif.

Plus on a de proches (*significant others*) qui font de l'exercice toutes les semaines avec soi, plus on a de chances d'atteindre le niveau recommandé d'activité physique (calculé par la dépense énergétique). De même, les membres d'un club ou d'une structure d'activité physique ont deux fois et demi plus de chances d'arriver au niveau recommandé. Ce dernier point pose la question du support social (Giles-Corti et Donovan, 2002a). Le niveau de sociabilité n'est pas une variable suffisante, encore faudrait-il savoir comment les proches, ayant des activités physiques et sportives ou non, et les personnes qui pratiquent avec ceux qui ont ces activités considèrent les pratiquants et les soutiennent. Mais nous disposons de peu de données à ce sujet.

Autre tendance, au cours de la vie les préoccupations de santé sont sans cesse croissantes dans les motivations des pratiquants sportifs : plus on avance en âge, plus les activités physiques et sportives sont pratiquées à cette fin (de 60,5 % pour les 20-25 ans à 74,1 % pour les 55-64 ans) (Baromètre santé 2000).

Personnes âgées

La pratique des seniors (50 ans et plus) est marquée par une rupture à partir de 60 ans où la pratique diminue de manière conséquente, d'abord pour les femmes à 60 ans, puis pour les hommes à 65 ans. La population des seniors pratiquant est plus féminine, disposant de plus de temps libre, moins diplômée mais avec un niveau de vie plus élevé que la moyenne de la population (PCS ; Insee, 2003).

Les motivations à pratiquer une activité sportive évoluent toutes à la baisse. Si la baisse de l'importance des motivations commence souvent plus tôt, entre les 55-64 ans et les 65-75 ans on voit diminuer de manière conséquente le plaisir (- 6,1 %). Au contraire, de 65 à 75 ans, la motivation sociale (rencontrer des amis) augmente légèrement (après une baisse à partir de 55 ans) ainsi que la volonté de se muscler (respectivement + 1,2 % et 2,2 %). Malgré la faiblesse des différences, ces deux inversions montrent la modification des intérêts du sport pour les personnes âgées (Baromètre santé 2000).

Les raisons de moindre pratique exprimées sont principalement les problèmes de santé et le fait de s'estimer trop âgé pour avoir une activité physique et sportive. Ces raisons sont plus marquées pour les femmes. De 60 à 64 ans,

elles sont 58 % à invoquer les raisons de santé et 24 % à s'estimer trop âgées pour expliquer qu'elles ne pratiquent pas. C'est à partir de 75 ans que les causes avancées s'inversent : l'âge intervenant pour 62 % et la santé pour 65 %. Pour les hommes, la classe d'âge des 60-64 ans argue des problèmes de santé pour 43 % et de l'âge pour 18 % seulement. À 75 ans et plus, 71 % mettent en avant les problèmes de santé et 54 % l'âge (PCS ; Insee, 2003).

Les raisons avancées quant aux problèmes de santé sont difficilement contestables. Mais le fait d'estimer être trop âgé pose de toutes autres questions, liées là encore aux représentations collectives des personnes âgées en société. Le fait de vieillir a longtemps été considéré comme un problème social et médical. En conséquence, le repos ou les légers exercices à finalités thérapeutiques ont longtemps été les normes définies pour les personnes âgées. La croissance de la population du « troisième âge » modifie ces perceptions et rend nécessaire une relecture des représentations antérieures. Une enquête qualitative australienne montre que l'usage du sport de compétition est aussi, au-delà du désir de rester physiquement actif et de préserver sa santé et son autonomie, un moyen de négocier et de résister aux représentations courantes du vieillissement (Dionigi, 2006). La croissance de l'investissement associatif des seniors pourrait aller en ce sens. Les 60-69 ans adhèrent de plus en plus souvent : 58 % sont membres d'au moins une association. Le taux d'adhésion des 60-69 ans dans les associations sportives était en 2002 de 11 % (Enquête « Vie associative », partie variable de l'Enquête permanente sur les conditions de vie d'octobre 2002, Insee), il n'était que de 8 % pour l'ensemble des plus de 60 ans en 1999 (Enquête permanente sur les conditions de vie des ménages, Insee, Octobre 1999).

On peut donc penser que les motivations des seniors à pratiquer des activités physiques et sportives pourraient se modifier en même temps que leurs conditions de vie. Pour cela, il est essentiel de travailler sur les représentations générales de la vieillesse et du vieillissement dans nos sociétés.

Activité physique et sportive et insertion sociale

Les différents facteurs qui conditionnent la pratique sportive dévoilent à la fois des déterminants purement matériels (le coût des activités, la disponibilité d'équipements, le temps de loisirs) et des déterminants culturels, liés aux modes de vie des personnes. Les motivations accompagnent ce mouvement au niveau des représentations, notamment des représentations sexuées, pour définir le choix des pratiques (hors club, en club, en club avec compétition) et des activités.

Que les facteurs se conjuguent et se renforcent, nul doute à cela. Niveau de diplômes, niveau de revenus et catégories socioprofessionnelles semblent

bien déterminer le cadre global des activités de loisirs consacrées aux activités physiques et sportives. Mais entre le poids des contraintes socioéconomiques et celui des motivations, il importe de voir lequel est le plus important. Un bon moyen de confronter ces deux grands types de variables est de considérer les raisons de non pratique sportive.

Raisons de non pratique des activités physiques et sportives

La première raison avancée par les non pratiquants est liée à des problèmes de santé. Elle concerne plus du tiers des personnes ayant peu ou pas d'activités physiques et sportives dans l'enquête PCS. Les hommes non pratiquants mettent cependant plus volontiers en avant les contraintes professionnelles ou scolaires (23 % des hommes contre 13 % des femmes) alors que les femmes mettent plus souvent en avant les contraintes familiales (17 % des femmes contre 9 % des hommes).

Si l'on observe ces différentes motivations de non pratique en fonction du niveau de diplôme, on voit apparaître de fortes dissemblances (figure 4.13).

Les contraintes professionnelles et familiales concernent toutes deux le manque de temps des personnes interrogées. Et l'on voit que ce manque de temps agit plus sur les personnes ayant un niveau de diplôme supérieur au bac que sur les personnes n'ayant aucun diplôme, avec un effet de sexe dans les deux cas, les contraintes professionnelles ou scolaires étant toujours plus citées par les hommes que par les femmes, les contraintes familiales étant toujours plus citées par les femmes que par les hommes. Si l'on additionne les deux types de contraintes, on voit qu'elles sont très nettement majoritaires pour les personnes ayant un diplôme supérieur au bac. Au contraire, pour les personnes n'ayant aucun diplôme, les problèmes de santé sont d'abord cités, puis l'absence de goût pour le sport.

D'un côté, les personnes ayant fait des études supérieures ont moins de temps disponible et font pourtant, en proportion, plus d'activités physiques et sportives que les personnes ayant un faible niveau scolaire. Nous avons vu que ce paradoxe pouvait être résolu par l'existence d'une culture du temps différente, les personnes plus diplômées sachant mieux s'organiser.

Mais cela n'explique pas les choix que les personnes diplômées peuvent faire. Le manque de goût pour le sport est peu expliqué.

La question des motivations s'articule alors à celles des représentations. Pour mieux comprendre cela, on peut considérer les écarts de pratique entre hommes et femmes en fonction des milieux : ceux-ci disparaissent presque dans les milieux favorisés, et notamment sous l'effet du diplôme, mais ils restent importants dans les milieux populaires. Les écarts entre garçons et filles sont plus forts lorsque l'on considère les revenus inférieurs à 1 066 € par mois (66 % des filles ne pratiquent pas contre seulement 17 % des garçons).

C'est donc que les revenus des parents jouent beaucoup sur la pratique des filles et moins sur celle des garçons. L'impact du diplôme des parents semble agir plus sur ces derniers : 31 % des garçons et 57 % des filles ne pratiquent pas de sport dans les familles dont les parents sont sans diplôme. Ce sont les garçons des familles ayant des revenus moyens et de faible niveau de diplôme qui sont les moins sportifs (MJSVA/Insep, 2001).

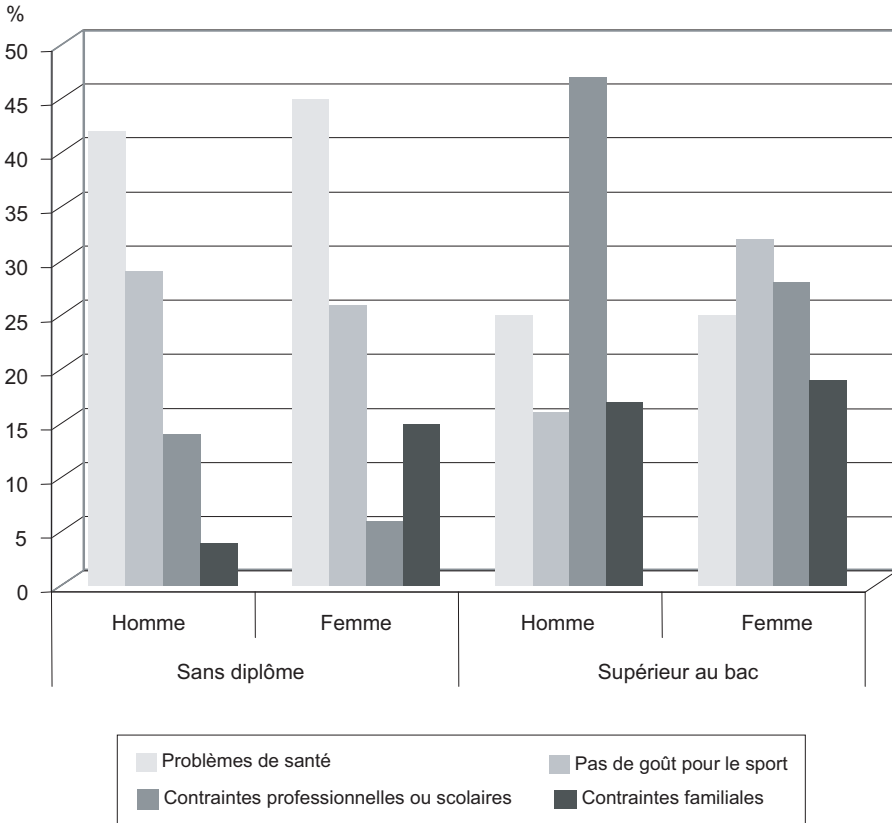


Figure 4.13 : Principales raisons de faire peu ou pas d'activité physique par sexe et niveau de diplôme (d'après Insee, Résultats de l'enquête 2003 « Pratiques culturelles et sportives »)

Or, « le sport est un vecteur central de socialisation virile. Sur le terrain, l'adolescent gagne ses galons de mâle » (Guionnet et Neveu, 2004). Les modèles de comportements virils dans les classes populaires sont susceptibles de jouer ici un rôle important. Ils semblent être plus présents lorsque le niveau de diplôme des parents se cumule avec de bas revenus. Les pratiques et les modalités d'exercice ont certes évolué. Le sexe n'est plus le

caractère le plus discriminant dans les pratiques sportives. Mais il reste néanmoins un facteur important chez les adolescents.

Au niveau des adultes, à partir de 25 ans et quel que soit le niveau de diplôme et de revenus, les hommes pratiquent plus que les femmes. Cependant, ici, en plus de l'effet du diplôme qui réduit l'écart, joue aussi l'activité féminine. Les femmes actives (travaillant ou au chômage) pratiquent plus que les femmes inactives. Le fait de travailler, d'avoir travaillé ou d'être à la recherche d'un emploi augmente la pratique féminine. L'accès aux diplômes et l'accès au travail remettraient en cause les représentations négatives de l'activité sportive féminine en milieu populaire.

Styles de vie et conception de la santé et des activités physiques et sportives

On retrouve un même schéma explicatif des relations entre style de vie et pratique des activités physiques et sportives dans un travail (Perrin et coll., 2002) (n=3 019) où les auteurs constituent quatre profils qui rendent compte de 61 % des informations recueillies :

- un style de vie sans activité physique et avec un sentiment de ne pas être en bonne santé (style 1). Les personnes considèrent leur niveau de santé comme en dessous de la moyenne et mentionnent des difficultés psychologiques. Elles consultent un médecin une fois par mois et prennent des médicaments tous les jours. Elles se plaignent de problèmes de sommeil, de circulation, de motricité. Elles définissent la santé comme la capacité à sortir et voir des amis et comme la capacité à travailler. Aucune d'entre elles n'a d'activité physique et ils n'ont jamais considéré celle-ci comme un plaisir. Il s'agit essentiellement de femmes sans emploi ou ne travaillant pas à l'extérieur ;
- un style de vie physiquement actif, orienté vers les loisirs (style 2). Les personnes se considèrent en excellente santé, physique et psychologique, et définissent la bonne santé comme la capacité à pratiquer du sport et de l'activité physique. Elles disent pratiquer des activités physiques et sportives une fois ou deux par semaine depuis plus de cinq ans. Le sport est décrit comme leur loisir favori. L'activité physique est liée à un sentiment de plaisir et est utilisée pour rester en forme, en bonne santé et être énergique. On trouve ici essentiellement des personnels de la fonction publique, enseignants ou cadres administratifs, professionnels de la santé, étudiants ;
- un style de vie physiquement actif par obligation sans prise en compte de la santé (style 3). Les personnes que l'on trouve ici fument et boivent de manière conséquente. Elles définissent la santé comme la capacité à sortir et voir des amis et comme la capacité à travailler. Elles ne consultent jamais un docteur, ne prennent pas de médicaments et n'ont pas de sentiment de stress. Elles ne pratiquent pas d'activité physique, ce qu'elles justifient par le fait que leurs occupations professionnelles leur en donnent bien assez.

Pendant leurs loisirs, elles aiment à faire des choses à la maison ou au jardin. Elles ne savent pas s'il est possible d'apprendre à se relaxer. Il s'agit essentiellement d'hommes et d'ouvriers d'usine ;

- un style de vie physiquement actif, dirigé vers le soulagement du stress (style 4). Il s'agit de personnes qui consultent pour faire face à un haut niveau de stress. Elles disent ne pas fumer, boire modérément et consulter un médecin tous les trois mois. Leurs activités physiques incluent de la gymnastique d'entretien, de la relaxation ou du golf, aux fins de diminuer leur niveau de stress ou d'améliorer leur silhouette. Mais les activités physiques décrites ne sont pas leurs passe-temps favoris. Il s'agit essentiellement de femmes et de cadres qui travaillent dans le public ou le privé.

De grandes oppositions se dégagent sur deux axes différents. Un premier axe se définit entre les pôles des sensations morbides et des sensations de plaisir. C'est dans cette opposition que se constitue le style 1 qui se trouve alors du côté des sensations morbides face au style 2, du côté des sensations de plaisir. Un second axe se dégage entre deux pôles d'instrumentation corporelle, l'un lié au rôle des activités physiques et sportives dans l'apaisement du stress et le contrôle de soi (style 4), l'autre à la simple recherche d'un corps efficace dans les activités professionnelles (style 3).

Certains traits culturels liant plusieurs catégories sociales se montrent bien, comme la culture du temps pour les professions intermédiaires et les cadres. Ici cependant, les motivations des activités physiques et sportives semblent être globalement différentes, entre les cadres qui ont des activités physiques et sportives aux fins d'apparence ou de diminution du stress et les professions intermédiaires qui utilisent leurs activités pour la détente, la santé et la forme.

Ce travail permet aussi d'appréhender une catégorie jusqu'ici presque invisible, celles des travailleurs manuels. Les ouvriers, sur-représentés dans le style de vie physiquement actif par obligation, font peu d'activités physiques et sportives et cela est peut-être à lier avec leurs dépenses énergétiques dans le travail. Pourtant, les hommes des classes populaires font aussi du sport et tous ne sont donc pas représentés par ce profil. Il nous faudrait davantage de données pour pouvoir apprécier et comparer les effets du travail manuel (et des différents types de travail manuel) sur les activités physiques et sportives. Ainsi, une étude américaine portant sur 6 360 adultes semble indiquer que plus l'on a un travail actif dur (*heavy labour*), par opposition à des professions demandant de marcher ou encore d'être debout ou assis, plus l'on a un style de vie actif en termes de loisirs (Kruger et coll., 2006). À l'inverse, une étude écossaise montre qu'alors que les activités physiques sont d'autant plus probables que les individus font partie de classes sociales supérieures, les différences tendent à se niveler lorsque toutes les activités physiques sont comptabilisées, y compris et surtout celles résultant du travail (McIntyre et Mutrie, 2004). De même, une étude australienne établit que les populations se situant à un faible statut socioéconomique ne font pas assez d'activité

physique, mais que l'écart se réduit lorsque la marche utilisée comme moyen de transport est comptabilisée (Armstrong et coll., 2000).

Les résultats du Baromètre santé 2005 montrent un intéressant décalage entre les activités sportives de loisirs (n=17 411 individus de 12 à 75 ans) et la pratique d'une activité physique considérée comme favorable à la santé³⁴, appréciée à partir du questionnaire IPAQ (n=8 708 individus de 15 à 75 ans), considérant tous les domaines d'activités, y compris le travail, les activités domestiques et les transports (Guilbert et Gautier, 2006). Alors que la probabilité d'avoir une activité physique favorable à la santé est plus forte chez les agriculteurs et exploitants et les ouvriers, au contraire, les probabilités pour ces deux catégories d'avoir une activité sportive baissent. De même, alors que les probabilités de pratique sportive de loisirs augmentent chez les employés, les professions intermédiaires et les cadres et professions intellectuelles, les chances d'avoir une activité physique favorable à la santé baissent. La corrélation entre le niveau de diplôme, le niveau de revenus et la pratique sportive est importante, conformément aux résultats déjà donnés, mais, au contraire, le fait de disposer de revenus supérieurs à 1 500 euros par mois et d'un diplôme supérieur au baccalauréat fait baisser les probabilités d'avoir une pratique physique favorable à la santé. De la même manière, les milieux géographiques s'opposent. Si, en milieu rural, les chances de pratiquer une activité sportive sont moins importantes qu'en milieu urbain (+ de 100 000 habitants), celles d'avoir un niveau d'activité physique favorable à la santé sont plus importantes qu'en milieu urbain (+ de 200 000 habitants). Enfin, chez les actifs occupés, les personnes travaillant à temps partiel ont plus de chances d'avoir une activité physique favorable à la santé que celles travaillant à temps plein. Mais la variable temps plein/temps partiel n'est plus efficace pour déterminer les chances d'avoir une activité sportive. Seul le fait d'avoir plus de vingt-cinq jours de congés par an favorise la pratique sportive alors que disposer de moins de vingt-cinq jours rend plus probable un niveau d'activité physique favorable à la santé. De même, alors que, pour les adultes, la présence d'un enfant de moins de quatorze ans au foyer ne joue pas sur le fait de disposer ou non d'une activité physique favorable à la santé, elle diminue les chances de pratiquer une activité sportive.

On comprend bien que le questionnaire IPAQ permet de saisir des dimensions habituellement masquées, lorsque c'est uniquement l'activité sportive qui est questionnée. Ces résultats demandent cependant à être confirmés par d'autres recherches. Les questions relatives au niveau de diplôme et à la catégorie socioprofessionnelle ne sont pas toujours confirmées par d'autres études (Ainsworth et coll., 2003 ; Parks et coll., 2003 ; Wilbur et coll., 2003 ; Sjöström et coll., 2006).

34. Le seuil retenu inclut les 30 minutes d'activité physique d'intensité modérée recommandées par la plupart des grandes institutions sanitaires, mais aussi l'activité physique minimum quotidienne des individus interrogés, le tout équivalant à 10 000 pas par jour.

Cependant, les résultats du Baromètre santé 2005 sont en cohérence avec les travaux cités plus haut (Perrin et coll., 2002 ; McIntyre et Mutrie, 2004) et montrent que l'appréhension de tous les domaines d'activité, mieux saisis par le questionnaire IPAQ, nuance et rend plus compréhensibles les comportements en fonction des variables examinées.

Ces résultats pourraient amener à penser que ce qui favorise la pratique des sports de loisirs rend moins probable un niveau d'activité physique favorable à la santé. Mais ce sont les contextes sociaux d'où émergent les styles de vie qui semblent les plus à même d'expliquer les décalages entre pratiques sportives et niveau d'activité physique. En fait, les différentes études examinées ici montrent clairement qu'il ne suffit pas de considérer les types de métiers, certes importants en ce qui concerne l'effort physique accompli dans le cadre du travail, mais aussi les engagements professionnels et la culture, professionnelle ou sociale, agissant sur les styles de vie. En ce sens, l'indicateur IPAQ, bien que présentant un réel progrès, reste trop global pour saisir la totalité des situations.

En conclusion, l'insertion sociale apparaît comme un facteur important de la pratique d'activité physique ou sportive. Des travaux américains montrent que les populations composées de minorités ethniques ou de personnes à statut socioéconomique bas ont un niveau élevé de sédentarité (Albright et coll., 2005). Les travaux français désignent une même tendance. Les personnes qui disposent d'un niveau de diplôme bas de même que de bas revenus pratiquent moins d'activités sportives que les autres. Même si les résultats du Baromètre santé 2005 pondèrent ce point de vue, en mettant en avant les efforts physiques au travail, cela montre à l'évidence que pour ceux ne disposant pas d'un emploi, le problème reste entier.

Là encore, femmes au foyer, célibataires avec enfants et actifs à la recherche d'un emploi sont plus nombreux à déclarer ne pratiquer aucune activité physique ou sportive. Parmi les personnes sans diplôme, 30 % ne pratiquent aucun sport, alors que seulement 7 % des diplômés de l'enseignement supérieur sont dans ce cas (MJSVA/Insep, 2001). Et l'on sait le poids du niveau de diplôme sur l'emploi (Attal-Toubert et Lavergne, 2006). Enfin, puisque nous avons largement abordé plus haut la question de l'organisation temporelle des individus, on ne peut que souligner le rôle que joue l'inactivité professionnelle sur celle-ci (Schnapper, 1981).

Les résultats de l'enquête PSC (« Pratiques culturelles et sportives ») montrent bien cela : « en 2003, 29 % des personnes de 15 ans ou plus n'ont pratiqué aucune activité physique ou sportive, 23 % ne se sont adonnés à aucune activité culturelle (visites de musée, d'exposition, sorties au spectacle ou au cinéma, pratique artistique), et 14 % se trouvent même dans les deux situations à la fois. Si ce sont le plus souvent des personnes âgées, dont l'état de santé limite sans doute l'activité physique et les sorties, un tiers ont

cependant moins de 60 ans. Parmi ces personnes, les femmes, les chômeurs et les inactifs sont plus nombreux que dans le reste de la population du même âge » (Muller, 2005b). On le voit, la fréquence de loisirs culturels est liée à la fréquence d'activités physiques et sportives. Et le niveau d'insertion sociale joue sur les deux.

On peut proposer plusieurs facteurs pour expliquer le lien entre pratique d'activité physique et sportive et insertion sociale.

Le premier tient à la prolongation des études. Les travaux récents de Bernard Lahire ont montré que les étudiants et élèves se caractérisent par une forte variété des goûts culturels (Lahire, 2004). L'expérimentation de loisirs variés pourrait prédisposer à une attitude ouverte et plus le temps de la scolarité est long, plus on aurait tendance à pratiquer des loisirs culturels et des activités physiques et sportives. La culture estudiantine construirait des dispositions qui pourraient être actualisées ensuite dans la vie professionnelle. L'importance du diplôme dans les pratiques sportives verrait le jour ici.

Cette tendance peut être limitée par la persistance de représentations sexuées sur les comportements masculins et féminins dans les classes populaires. Celle-ci contribuerait à diminuer la pratique d'activités physiques et sportives chez les filles des familles à faible niveau de diplôme et faible niveau de revenus alors qu'elle inciterait au contraire les garçons à pratiquer davantage. Comme la réussite scolaire est encore très liée au capital scolaire des parents, on trouverait alors des effets de reproduction sociale qui se répercuteraient dans les activités physiques et sportives.

Ce schéma se renforce d'autres représentations qui, dans les strates les plus élevées de la société, diffusent des modèles de sportivité. La diffusion de l'idéologie entrepreneuriale dans les couches moyennes et supérieures de la population française, de l'individu performant au cadre dynamique (Ehrenberg, 1991), peut expliquer la croissance des pratiques sportives, à la fois sur le plan des loisirs actifs (recherche de détente) et sur celui de la qualification sociale (être « sportif »). Cette idéologie pourrait être moins présente dans les couches défavorisées de la population, soit parce que le défaut d'insertion sociale limite la transmission des influences, soit parce que ces modèles se transmettent surtout à travers certaines professions.

Dans tous les cas, une situation de socialisation réduite, liée en général à l'inactivité professionnelle, entraîne une moindre pratique des activités physiques et sportives.

BIBLIOGRAPHIE

AINSWORTH BE, WILCOX S, THOMSON WW, RICHTER DL, HENDERSON KA. Personal, social, and physical environmental correlates of physical activity in African-American women in South Carolina. *Am J Prev Med* 2003, 25 : 23-29

ALBRIGHT CL, PRUITT L, CASTRO C, GONZALEZ A, WOO S, KING AC. Modifying physical activity in a multiethnic sample of low-income women: one-year results from the IMPACT (Increasing Motivation for Physical ACTivity) project. *Ann Behav Med* 2005, **30** : 191-200

ANDERSEN RE, CRESPO CJ, BARTLETT SJ, CHESKIN LJ, PRATT M. Relationship of physical activity and television watching with body weight and level of fatness among children : Results from the third National Health and nutrition Examination survey. *J Amer Med Ass* 1998, **279** : 938-942

AQUATIAS S, DESRUES I, LEROUX M, STETTINGER V, VALETTE-VIALLARD C. Activités sportives, pratiques à risques, usages de substances dopantes et psychoactives : recherche sur la pratique moderne du sport. Resscom, Ministère de la Jeunesse et des Sports, 1999

ARENES J, JANVRIN MP, BAUDIER F. Baromètre Santé jeunes 97-98. Paris, CFES, 1999

ARMSTRONG T, BAUMAN A, DAVIES J. Physical activity patterns of australian adults. Results of the 1999 National physical activity survey. Australian Institute of Health and Welfare, Canberra, 2000

ATTAL-TOUBERT K, LAVERGNE H. Premiers résultats de l'enquête sur l'emploi 2005. *Insee Première* 2006, **1070**

BEFFY M. Les salariés à temps complet travaillent 1 650 heures dans l'année. *Insee Première*, 2006, **1066**

BIDART C. L'amitié, un lien social. Paris, La Découverte, 1997

BOIS JE, SARRAZIN PG. Parents' appraisals, reflected appraisals, and children's self-appraisals of sport competence : A yearlong study. *Journal of Applied Sport Psychology* 2005, **17** : 273-289

BOLTANSKI L. Les usages sociaux du corps. *Les Annales ESC* 1971, **1** : 205-233

BOURDEAUDHUIJ I, SALLIS J. Relative contribution of psychosocial variables to the explanation of physical activity in three population-based adult samples. *Preventive Medicine* 2002, **34** : 279-288

BOURDIEU P. La distinction, critique sociale du jugement. Minuit, Paris, 1979

BRUSTAD RJ, PARTRIDGE JA. Parental and peer influence on children's psychological development through sport. In : Children and youth in sport: A biopsychosocial approach. SMOLL FL, SMITH RE (eds). Dubuque, Kendall/Hunt Publishing, 2002 : 187-210

CAVILL N. National campaigns to promote physical activity : can they make a difference ? *International Journal of Obesity* 1998, **22** (suppl 2) : S48-S51

CHENU A. Les horaires et l'organisation du temps de travail. *Economie et statistique* 2002, **352-353** : 151-167

CHOQUET M, BOURDESSOL H, ARVERS P, GUILBERT P, DE PERETTI C. Jeunes, sport, conduites à risques. Rapport de recherche, analyse commanditée par le Ministère de la Jeunesse et des sports, mission environnement social des jeunes, 1999

COULANGEON P. Temps libre et loisirs. Grandes tendances. In : L'état de la France. La Découverte, Paris, 2003 : 151-156

DAVIS C, FOX J, BREWER H, RATUSNY D. Motivations to exercise as a function of personality characteristics, age and gender. *Personality and individual differences* 1995, **19** : 165-174

DIONIGI R. Competitive Sport as leisure in Later Life : Negotiations, Discourse, and Aging. *Leisure Sciences* 2006, **28** : 181-196

DROOMERS M, SCHRIJVERS CTM, MACKENBACH JP. Educational level and decreases in leisure time physical activity : predictors from the longitudinal GLOBE study. *J Epidemiol. Community Health* 2001, **55** : 562-568

DUNN AL, MARCUS BH, KAMPERT JB, GARCIA ME, KOHL HW, BLAIR SN. Comparison of lifestyle and structured interventions to increase physical activity and cardiorespiratory fitness. *JAMA* 1999, **281** : 327-334

EHRENBERG A. Le culte de la performance. Calmann-Lévy, Paris, 1991

ELLING A, CLARINGBOULD I. Mechanisms inclusion and exclusion in the Dutch sports landscape : Who can and wants to belong? *Sociology of Sport Journal* 2005, **22** : 498-515

ELLING A, KNOPPERS A. Sport, gender and ethnicity: Practises of symbolic inclusion/exclusion. *Journal of Youth and Adolescence* 2005, **34** : 257-268

FEBVRE M, MULLER L. Une personne sur deux est membre d'une association en 2002. *Insee Première* septembre 2003, **920**

FREDRICKS JA, ECCLES JS. Family socialization, gender, and sport motivation and involvement. *Journal of Sport & Exercise Psychology* 2005, **27** : 3-31

GILES-CORTI B, DONOVAN RJ. The relative influence of individual, social and physical environment determinants of physical activity. *Soc Sci Med* 2002a, **54** : 1793-1812

GILES-CORTI B, DONOVAN RJ. Socioeconomic status differences in recreational physical activity levels and real and perceived access to a supportive physical environment. *Prev Med* 2002b, **35** : 601-611

GILES-CORTI B, DONOVAN RJ. Relative influences of individual, social environmental, and physical environmental correlates of walking. *Am J Public Health* 2003, **93** : 1583-1589

GORDON-LARSEN P, MCMURRAY RG, POPKIN BM. Adolescent physical activity and inactivity vary by ethnicity : the national longitudinal Study of adolescent Health. *J Pediatr* 1999, **135** : 301-306

GREENDORFER SL. Sport socialization. In : Advances in sport psychology. HORN TS (ed). Human Kinetics Publishers, Champaign, 1992 : 201-218

GROESZ LM, LEVINE MP, MURNEN SK. The effect of experimental presentation of thin media images on body satisfaction : a meta-analytic review. *International Journal of Eating Disorders* 2002, **31** : 1-16

GUILBERT L, LANCRY A. Les activités, temps et lieux de vie des cadres : Un système de déterminants individuels, contextuels et technologiques. *@ctivités*, revue

électronique 2005, 2 <http://www.activites.org/v2n2/html/guilbert.html>, consulté le 09/09/06

GUILBERT PH, GAUTIER A. Baromètre santé 2005. Premiers résultats. INPES, Saint-Denis, 2006

GUILBERT P, BAUDIER F, GAUTIER A. Baromètre santé 2000, CFES, Paris, 2001

GUIONNET C, NEVEU E. Féminins / masculins, Sociologie du genre. Armand Colin, Paris, 2004

KRUGER J, YORE MM, AINSWORTH BE, MACERA CA. Is participation in occupational physical activity associated with lifestyle physical activity levels? *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 2006, **48** : 1143-1148

LAHIRE B. La culture des individus, dissonances culturelles et distinction de soi. La Découverte, Paris, 2004

LINDQUIST CH, REYNOLDS KD, GORAN MI. Sociocultural determinants of physical activity among children. *Prev Med* 1999, **29** : 305-312

MARTIN KA, LEARY MR, O' BRIEN J. Role of self-presentation in the health practices of a sample of Irish adolescents. *Journal of Adolescent Health* 2001, **28** : 259-262

MCINTYRE S, MUTRIE N. Socio-economic differences in cardiovascular disease and physical activity : stereotypes and reality. *J R Soc Health* 2004, **124** : 66-79

MCINTYRE S, MACIVER S, SOOMAN A. Area, class and health : should we be focusing on places or people ? *J Soc Policy* 1993, **22** : 213-234

MICHAUDON H. L'engagement associatif après 60 ans. *Insee Première*, septembre 2000, **737**

MIGNON P, TRUCHOT G. Les pratiques sportives en France. Résultats de l'enquête menée en 2000 par le Ministère des Sports et l'Institut National du Sport et de l'Éducation Physique. Ministère des Sports et Insep, 2002

MINISTÈRE DE LA JEUNESSE, DES SPORTS ET DE LA VIE ASSOCIATIVE, INSTITUT NATIONAL DU SPORT ET DE L'ÉDUCATION PHYSIQUE. Pratique sportive des adolescents. Ministère des sports/ Insep, Paris, 2001

MINISTÈRE DE LA JEUNESSE, DES SPORTS ET DE LA VIE ASSOCIATIVE, INSTITUT NATIONAL DU SPORT ET DE L'ÉDUCATION PHYSIQUE. Pratiques sportives en France : enquête 2000. Ministère des sports/ Insep, Paris, 2002

MULLER L. La pratique des activités physiques et sportives en France, enquête 2003. Ministère de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative, Ministère de la culture et de la communication, Insee, Ministère de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative et Insep, 2005a

MULLER L. Pratique sportive et activités culturelles vont souvent de pair. *Insee Première*, mars 2005b, **1008**

NIETO J, LEROUX M. Jeunes, sport, santé, enquête quantitative et qualitative auprès de jeunes de 14 et 15 ans en Seine Saint-Denis, Rapport de recherche. RES, 2003

O'LOUGHLIN J, PARADIS G, KISHCHUK N, BARNETT T, RENAUD L. Prevalence and correlates of physical activity behaviors among elementary schoolchildren in

multiethnic, low income, inner city neighborhoods in Montreal, Canada. *Ann Epidemiol* 1999, **9** : 397-407

OKUN MA, RUEHLMAN L, KAROLY P, LUTZ R, FAIRHOLME C, SCHAUB R. Social support and social norms : Do both contribute to predicting leisure-time exercise? *Am J Health Behav* 2003, **27** : 493-507

PARKS SE, HOUSEMANN RA, BROWNSON RC. Differential correlates of physical activity in urban and rural adults of various socioeconomic backgrounds in the United States. *J Epidemiol Community Health* 2003, **57** : 29-35

PERRIN C, FERRON C, GUEGUEN R, DESCHAMPS JP. Lifestyle patterns concerning sports and physical activity, and perceptions of health. *Sozial Und Praventionmedizi* 2002, **47** : 162-171

POCIELLO C. Sports et sciences sociales, histoire, sociologie et prospective. Vigot, Paris, 1999

POPHAM F, MITCHELL R. Leisure time exercise and personal circumstances in the working age population: longitudinal analysis of the British household panel survey. *J Epidemiol Community Health* 2006, **60** : 270-274

RAM N, STAREK J, JOHSON J. Race, ethnicity, and sexual orientation : Still a void in sport and exercise psychology ? *Journal of Sport and Exercise Psychology* 2004, **26** : 250-268

ROSS C. Walking, exercising, and smoking : does neighborhood matters ? *Soc Sci Med* 2000, **51** : 265-274

SALLIS JF, OWEN N. Physical activity and behavioral medicine. Sage, Thousand Oaks, CA, 1999

SALLIS JF, ZAKARIAN JM, HOVELL MF, HOFSTETTER CR. Ethnic, socioeconomic, and sex differences in physical activity among adolescents. *J Clin Epidemiol* 1996, **49** : 125-134

SCHNAPPER D. L'épreuve du chômage, Paris, Idées/Gallimard, 1981

SHEPHARD RJ. Do Work-site exercise and healths programs work ? *The Physician and Sportsmedicine* 1999, **27** : 48-72

SJÖSTRÖM M, OJA P, HAGSTRÖMER M, SMITH BJ, BAUMAN A. Health-enhancing physical activity across European Union countries: the Eurobarometer study. *J Public Health* 2006, **14** : 291-300

STAMATAKIS E. Physical activity. In : Health survey for England 2003. SPROSTON K, PRIMATESTON P (eds). vol 2, « Risk factors for cardio-vascular disease » London, TSO, 2004 : 107-141

STAT-INFO. Jeunesse et sports, Bulletin de statistiques et d'études, la France sportive, premiers résultats de l'enquête « pratiques sportives 2000 » Mars 2001, n°01-01

STERNFELD B, AINSWORTH BE, QUESENBERRY J. Physical activity patterns in a diverse population of women. *Prev Med* 1999, **28** : 313-323

TRUCHOT G. Les adolescents et le sport, Résultats de l'enquête menée en 2001 par le Ministère de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative et de l'Institut natio-

nal du Sport et de l'Education Physique, Ministère de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative et Insep, 2004

WILBUR J, CHANDLER PJ, DANCY B, LEE H. Correlates of physical activity in urban Midwestern African-American women. *Am J Prev Med* 2003, 25 : 45-52

5

Facteurs déterminants de l'environnement

Les changements environnementaux sont susceptibles d'induire des modifications des comportements sédentaires et de moduler le niveau d'activité physique dans les populations. Avec les déterminants psychologiques et socioéconomiques, les déterminants environnementaux représentent les facteurs prépondérants conditionnant l'adhésion au sport et à l'activité physique. La plupart des études directes ou des méta-analyses sur les déterminants environnementaux concernent l'activité physique de loisir et celle liée au transport journalier. Ces études insistent sur la marge de progression dont la société dispose en considérant les espaces-temps de liaison(s) journalière(s) (*routine activities, daily routines*) que sont les déplacements à pied, la marche soutenue ou l'utilisation du vélo. Sans doute y a-t-il ainsi une distinction à établir entre les travaux réalisés dans un monde anglophone – voire américanophone – et ce que nous savons de la situation actuelle en France. Cette ouverture, qui paraît largement ignorée en France, est peut-être un axe d'innovation culturelle à mettre en avant.

Un certain nombre des études qui vont être examinées ci-après témoignent de préoccupations visant à mettre au point une méthodologie générale et des instruments de mesure fiables de l'impact de l'environnement sur l'activité physique. C'est le cas des équipes constituées autour de Terri Pikora et Billie Giles-Corti (Australie), James F. Sallis (États-Unis, Californie), Ross C. Brownson (États-Unis) ou encore Nancy Humpel et Neville Owen (Australie).

Éléments de méthodologie

Posons comme schéma de base les mises en rapport de différents types de variables. Les variables indépendantes permettent de caractériser le profil social des individus (âge, sexe, situation scolaire, profession, niveau de revenus, appartenance ethnique...). Les variables dépendantes renvoient aux activités physiques (ou sportives) pratiquées par ces mêmes individus (désignation des activités – marche, vélo, utilisation des équipements collectifs –, régularité, fréquence, intensité, combinaison de pratiques...).

Les déterminants environnementaux peuvent être considérés comme des variables intermédiaires, et traités comme tels. En toute logique, certains déterminants environnementaux auront le statut de facteurs dits facilitateurs ou incitatifs (en d'autres termes le statut de médiations) permettant d'optimiser les conditions de la pratique d'activités physiques (et/ou sportives), avec une incidence positive sur la santé des intéressés. Par opposition, d'autres déterminants environnementaux constituent un registre différent de variables intermédiaires qui, dans ce cas précisément, désignent autant d'obstacles – réels ou présumés tels – à l'activité physique (obstacles « objectifs » : sous-équipement sportif, mauvaise sécurisation des réseaux piétonniers ou cyclables... ou bien représentations sociales ou obstacles subjectivement perçus comme tels : impression d'insécurité, mauvaise image du quartier...).

Il est possible d'agencer ces éléments dans le cadre d'un schéma simplifié (figure 5.1).

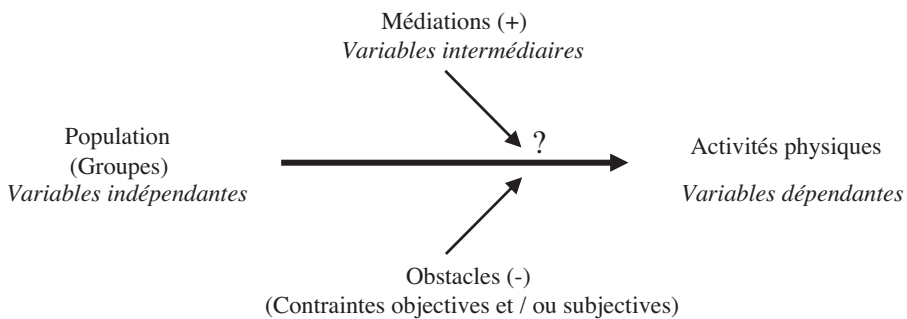


Figure 5.1 : Mise en relation des variables pertinentes

Environnement urbain et cadre de vie

La maîtrise urbanistique et/ou l'aménagement du cadre de vie, au niveau de l'espace public, suppose(nt) la prise en considération de ces médiations ou facteurs incitatifs et, conjointement, la neutralisation des obstacles objectifs à la pratique d'une activité physique ou la suppression des effets dissuasifs d'ordre psychologique qui conduisent certaines personnes à renoncer à toute activité d'entretien physique à l'extérieur de leur propre habitation.

Envisagées globalement, les enquêtes disponibles répertoriées par l'Inserm visent trois objectifs :

- vérifier l'impact de l'environnement urbain (ou du cadre de vie) sur l'activité physique (par exemple pour des déplacements effectués à pied ou à bicyclette) en liaison avec des aménagements adéquats (pistes, sentiers de randonnée, installations sportives...)

- rendre compte de ces mêmes pratiques en fonction de la perception et des représentations sociales qu'ont les personnes de l'environnement physique, en croisant au besoin les formes de pratique et les types de représentations ;
- suggérer des modélisations théoriques qui puissent servir d'outils d'aide à la décision pour les spécialistes de planification urbaine et autres urbanistes.

Proposons une illustration de ce type de démarche d'analyse. Une enquête réalisée en Belgique auprès de 1 000 résidents de la ville de Gand, âgés de 18 à 65 ans, au moyen d'un questionnaire a permis de recueillir des données sur les corrélations entre l'environnement et l'activité physique, les activités physiques (statique, en mouvement, modérée ou soutenue), les variables démographiques (de Bourdeaudhuij et coll., 2003). Les personnes ayant un bon niveau de culture se déplacent volontiers à pied et n'éprouvent pas de sentiment d'insécurité. La marche et les activités physiques d'une intensité modérée sont liées à la présence d'un réseau de trottoirs permettant l'accès aux magasins ou aux transports en commun. Les activités plus intenses sont liées à l'accès aux biens d'équipements de loisirs et aux équipements récréatifs. Selon cette étude, au-delà de l'importance des variables démographiques, l'impact des variables environnementales reste cependant faible (il convient de ne pas perdre de vue ce constat, pour la suite du chapitre). Les hypothèses au sujet des variables environnementales doivent être affinées, notent les chercheurs, pour mettre en évidence un lien pertinent entre environnement et activités physiques. Cependant, les acteurs politiques doivent commencer à concevoir des agglomérations qui faciliteront l'activité physique pour se déplacer, les loisirs physiques et autres pratiques d'exercice.

Constat alarmant : le déclin inéluctable de l'activité physique

Différentes études récentes mettent l'accent de façon centrale sur le déclin de l'activité physique de l'individu, en lien avec le développement de la société moderne (Foster et Hillsdon, 2004 ; Brownson et coll., 2005). Cependant, il semble possible d'intervenir sur l'environnement, sur le cadre de vie, afin de favoriser l'activité physique. En outre, l'environnement peut avoir un effet incitatif sur le comportement des personnes.

La première revue systématique d'études (Foster et Hillsdon, 2004) présente les résultats d'interventions au niveau environnemental visant à favoriser la pratique. Les auteurs mentionnent tout d'abord les facteurs généraux qui expliquent le recul spectaculaire de l'activité physique : la réduction des occupations de l'individu ayant une incidence physique, l'usage de l'automobile, le déclin de la marche (en particulier chez les enfants, les femmes et les personnes âgées), certains aménagements de l'espace public (escaliers roulants, ascenseurs, portes automatiques), la réduction de l'éducation physique

et du sport dans certains établissements scolaires, la crainte des adultes pour la sécurité des enfants dans les jeux libres, le remplacement des loisirs de dépense physique par la télévision, les jeux vidéo et Internet. Les résultats de cette revue suggèrent que des changements de l'environnement peuvent permettre d'augmenter différents types d'activités physiques. Toutefois, en l'absence d'études bien contrôlées, il est difficile d'apprécier l'efficacité des interventions et la nature de la relation entre environnement et activité physique reste à préciser. Cette revue d'analyses ouvre, en conclusion, sur un programme de recherches à développer.

Une revue récente (Brownson et coll., 2005) prenant en considération près d'une soixantaine d'études s'intéresse à la diminution de fréquence des activités physiques aux États-Unis (marche, utilisation des escaliers, activités ménagères, travail de jardinage...). Elle établit les tendances des pratiques actuelles suivant le type d'activité et montre une stabilisation de l'activité physique de loisir, une diminution de l'activité liée au travail, au transport et au domicile ainsi qu'une augmentation des activités sédentaires. Elle définit un programme de recherche autour de ces questions sachant que le rapport aux activités physiques varie en fonction du profil sociologique des individus. Il s'agit de mieux cerner : les comportements spécifiques des hommes et des femmes, les facteurs déterminants de la marche pour se déplacer, la dépendance vis-à-vis de l'automobile (par rapport à la marche et au vélo, sachant que ces usages sont inversement proportionnels au nombre de voitures par foyer), les obstacles à l'usage de la marche ou du vélo chez les enfants (l'éloignement géographique de l'école, les dangers du trafic automobile), les activités qui engendrent de la sédentarité (télévision, jeux vidéo...). Cette revue de synthèse rassemble enfin quelques lignes directrices d'actions et de mesures, extraites des enquêtes examinées, sur lesquelles nous reviendrons en conclusion.

Enquêtes sur l'environnement physique prenant en considération le contexte social et géographique

Une enquête internationale parue en 2001 a pour cadre d'analyse plusieurs pays européens : Belgique, Finlande, Allemagne de l'Ouest et de l'Est, Pays-Bas, Espagne et Suisse. Elle a porté sur un total de 3 342 personnes adultes (18 ans et plus) joints par téléphone (Stahl et coll., 2001). Les individus étaient classés en deux groupes : actifs (70 %) ou inactifs (30 %) du point de vue des activités physiques, avec cependant d'importantes différences selon les pays. Les facteurs de l'environnement social et géographique, les caractéristiques des politiques environnementales étaient également précisés. Un modèle théorique cognitif a permis d'exploiter les données recueillies. La qualité de l'environnement social apparaît comme assez déterminante pour comprendre l'activité physique ou la « sédentarité physique ». Les

données d'enquête sont reprises, limitées à trois pays (Allemagne de l'Ouest, Allemagne de l'Est et Finlande), dans une étude publiée l'année suivante (Stahl et coll., 2002). Cependant, la comparaison entre l'environnement politique (pour le sport) et l'attitude à l'égard des activités physiques et sportives fait apparaître des limites méthodologiques : la spécificité de chaque politique publique n'est pas bien connue, l'information statistique utilisée n'est pas toujours synchrone, les aires d'enquêtes diffèrent les unes des autres (en terme de taille et de poids démographique). Cette enquête constitue plutôt une étude pilote et exploratoire.

Une étude conduite au Canada, publiée en 2002, fournit un éclairage intéressant (Craig et coll., 2002). Elle porte sur un choix raisonné de 28 environnements de voisinage pour lesquels ont été définis des traits socio-démographiques et urbanistiques caractéristiques. En fonction du score définissant chacun de ces contextes, il semble qu'une corrélation se précise entre les caractéristiques de l'environnement physique du voisinage et le fait de se rendre au travail en marchant. Ce type de constat s'inscrit dans une modélisation interprétative et une « échelle environnementale » fait apparaître des cadres de vie urbains plus ou moins incitatifs. Il y a là matière à formuler des propositions pour les spécialistes de la santé publique, les urbanistes et les chercheurs sur les moyens de transport.

Une revue de littérature australienne (Humpel et coll., 2002) conduite à partir d'une compilation de travaux permet d'isoler 19 études qui traitent de la relation entre un comportement relatif à l'activité physique et l'impact de l'environnement et du cadre de vie. Parmi les facteurs associés à une activité physique chez les adultes, on peut dégager un ensemble de variables incitatives, énumérées plus loin, se rapportant aux aspects environnementaux. Ceux-ci constituent un domaine nouveau d'investigations, allant de l'environnement domestique au cadre urbain élargi. Mentionnons l'accessibilité de pistes cyclables, de parcs, d'aires permettant la pratique des activités physiques, la diversité des installations sportives payantes ou gratuites, la présence de clubs... L'impression de sécurité, pour les pistes de marche à pied, mais surtout l'attractivité esthétique des espaces fréquentés viennent conforter l'activité physique. La théorie de la cognition sociale élaborée par A. Bandura, qui met l'accent sur les interactions entre les facteurs environnementaux, individuels et comportementaux (Bandura, 1986), permet d'éclairer cette réalité. L'identification de caractéristiques propres au cadre de vie, et susceptibles d'être intégrées dans la promotion de la santé, ne doit pas faire oublier la complexité des modélisations écologiques. Cependant, de l'avis des auteurs, ces modèles conceptuels sont d'une grande utilité pour intervenir dans les opérations de promotion de la santé. D'un point de vue méthodologique, les échelles d'attitude sont souvent utilisées. Sur les 19 études identifiées, 16 d'entre elles examinent la relation entre les environnements tels qu'ils sont perçus et l'activité physique. Quatre autres prennent en considération le lieu de résidence, les distances spatiales, l'accès aux

équipements. Deux études appréhendent simultanément appréciations subjectives et mesures objectives... Quelques tendances semblent se préciser. Pratiquer une activité physique intensive tient plus au fait d'avoir chez soi du matériel de sport approprié qu'aux caractéristiques du contexte résidentiel ou à la proximité des installations sportives (Sallis et coll., 1989 et 1990). Ces mêmes auteurs examinent par ailleurs les traits qualitatifs perçus à propos de l'environnement urbain, sous la forme d'une échelle intégrant le cadre, la sécurité, la physionomie des lieux. Une autre étude (Ball et coll., 2001) met l'accent sur 7 environnements types qui sont plus ou moins favorables à la pratique de la marche. La dimension esthétique et l'impression de « nature » comptent parmi les facteurs facilitants. Une étude réalisée aux États-Unis (King et coll., 2000) auprès des femmes de plus de 40 ans montre la faible incidence de l'espace sécurisé ou des conditions météorologiques. En revanche, ce qui est apprécié, c'est surtout l'attrait du cadre (des collines...) et l'animation du lieu, l'absence de chiens en liberté. Le manque d'installations sportives ou d'aménagements de sport est conçu comme un obstacle uniquement pour ceux et celles qui s'intéressent au sport et à l'activité athlétique (Sternfeld et coll., 1999). Les auteurs de cette synthèse proposent deux tableaux récapitulatifs particulièrement éclairants. L'accessibilité des aménagements ou des installations sportives est un facteur décisif : existence d'équipements (soit des allées pour la marche, pour le vélo ou encore des sites de nature aménagés, la possibilité effective de fréquenter un parc, le fait que des aménagements de ce type existent sur les trajets familiers, la densité d'installations sportives gratuites ou payantes...). De même, les opportunités perçues comme telles constituent des facteurs incitatifs : la bonne connaissance de l'offre locale, l'existence de possibilités sur place, les activités proposées dans les clubs locaux... De même, le côté esthétiquement attractif du cadre environnemental est déterminant : voisinage amical, abords du domicile plaisants, beau cadre, environnement local bien aménagé... D'autres aspects, au contraire, paraissent sans incidence significative, à l'exemple de l'insécurité (mais ceci tient sans doute au fait que beaucoup d'activités répertoriées par les enquêtes se déroulent chez soi et non à l'extérieur) mais la bonne réputation du secteur joue en faveur de la pratique d'une activité physique. En revanche, les conditions climatiques sont jugées sans importance. Malgré le caractère composite des études analysées, les auteurs concluent à la pertinence potentielle d'une influence de la perception du cadre de vie en matière de comportement intégrant l'activité physique.

Une autre revue de littérature réalisée en Australie (McCormack et coll., 2004) s'appuie sur des études quantitatives récentes (publiées depuis 2000). Elle renvoie à d'autres revues de questions pour les études antérieures à cette date (voir par exemple les auteurs Humpel N. ou Sallis J.). Les conclusions auxquelles parviennent les auteurs de cette revue critique sont les suivantes : aspects lacunaires de l'information, difficultés à comparer des études portant sur le même thème dans la mesure où les critères retenus ne sont pas

toujours identiques, mise en place d'environnements stimulants (par exemple des aménagements incitatifs permettant de pratiquer la marche), recours à des analyses prospectives...

Dans une étude réalisée aux Pays-Bas (Wendel-Vos et coll., 2004), la population de l'enquête se compose de 5 353 hommes (46 %) et 6 188 femmes (54 %). L'âge moyen de l'échantillon est de 49 ans, avec un niveau d'études modeste. Le but de l'enquête est d'identifier et de tester les facteurs de l'environnement qui peuvent influencer le temps passé à marcher et à faire de la bicyclette (pendant le temps de loisir ou pour de simples déplacements), à partir d'un questionnaire auto-administré. Les auteurs soulignent le manque d'études portant sur la préférence de l'automobile par rapport à la bicyclette. Pour l'enquête, le cadre environnemental dans un rayon de 300 et 500 mètres était défini à partir des critères descriptifs du Bureau de la statistique nationale. Au moyen d'une analyse régressive multivariée, il s'agit d'étudier l'association entre la marche et la bicyclette d'un côté, et les espaces verts et de loisirs de l'autre. Ces aspects sont croisés avec les variables suivantes : le genre, l'âge et le niveau d'études. En revanche, les conditions de sécurité (ou d'insécurité) et la perception de l'environnement n'ont pas pu être abordées. Dans un rayon de 300 mètres, la zone de terrains de sports est systématiquement associée avec l'usage de la bicyclette. Il en est de même pour les déplacements qui concernent la zone des parcs située dans un rayon supérieur. Cette étude montre que les espaces verts et de loisirs (terrains de sports, parcs...) sont associés à l'usage de la bicyclette pour les liaisons et les déplacements. Un environnement qui intègre des aménagements de loisirs est sans doute incitatif pour l'usage du vélo ou de la marche. Par ailleurs, on constate que les hommes sont en général plus actifs que les femmes.

La question des mesures objectives du type d'environnement comparée à celle de la perception de ce même type d'environnement est une démarche qui vise à aborder de façon originale un lien possible avec les déplacements et les activités physiques ou récréatives des individus (Hoehner et coll., 2005). Il semble possible de distinguer ainsi un type de ville incitative (*high-walkable city*), comme Savannah en Georgie, qui s'oppose à un type faiblement incitatif (*low-walkable city*), comme St. Louis, dans le Missouri. Une enquête par téléphone a été réalisée entre février et juin 2003 (1 068 adultes au total) afin de mesurer la perception de l'environnement. D'autre part, des consultations visaient à définir « objectivement » (*objectively*) le cadre de vie social et géographique (une consultation réalisée de mars à mai 2003). Ces caractéristiques du voisinage intégraient l'environnement investi, les équipements de loisirs, les aspects esthétiques et le contexte social. Les liens entre les traits de l'environnement de proximité et les activités élémentaires des déplacements et de loisir ont été étudiés. Les variables comme l'âge, l'origine raciale ou ethnique, le niveau d'études, le genre étaient requises. Les gens qui habitent à proximité d'équipements pour les activités physiques

les utilisent plus volontiers. Cet usage est associé avec les prescriptions fournies pour les activités récréatives. Concernant les conditions matérielles de déplacement, le fait de pouvoir se déplacer à pied depuis la maison s'impose comme étant le facteur déterminant d'engagement physique (*transportation activity*). Ces résultats ont été observés tant au niveau de l'enquête que de l'audit.

Espaces ruraux et espaces urbains : des environnements spécifiques ?

Il existe assez peu de travaux portant sur les environnements ruraux. Or, cette caractéristique générale de l'environnement est particulièrement importante, sachant qu'elle se définit aussi, à bien des égards, par de moindres opportunités pour pratiquer les activités physiques et sportives. Examinons les résultats enregistrés par quelques enquêtes réalisées par un même groupe de chercheurs.

Une étude publiée en 2000 a été conduite dans 12 comtés ruraux du Missouri (Brownson et coll., 2000). Elle devait permettre de mesurer l'impact des sentiers de marche et de randonnée pédestre aménagés récemment. Dans cette étude, 1 269 personnes âgées de plus de 18 ans ont été contactées par téléphone et interrogées sur leurs activités de marche, leur connaissance des actions développées en ce sens par les autorités publiques du Missouri et leur propre attitude. Ajoutons que ces comtés rassemblent une population qui se caractérise en moyenne par des revenus plutôt modestes, sans couverture médicale et disposant d'un faible niveau d'études. Ces sentiers aménagés pour la marche permettent à des adultes d'origine sociale modeste de pratiquer une activité physique. La marche est l'activité physique commune qui reste accessible à une population composée de personnes adultes, voire âgées et des représentants des minorités raciales ou ethniques.

Une autre étude, publiée à la même époque, a été réalisée aux États-Unis. Elle visait à analyser les déterminants de l'activité physique du temps libre, de façon à pouvoir comparer les habitudes des femmes adultes et âgées, appartenant à différentes minorités, habitant en ville ou en zone rurale (Wilcox et coll., 2000). Soit, au total, 1 096 réponses exploitables de femmes habitant en ville et 1 242 réponses exploitables de femmes domiciliées en milieu rural. Les femmes habitant en milieu rural sont plus sédentaires que celles qui habitent en ville et elles rencontrent davantage d'obstacles pour s'engager dans une activité d'entretien physique. Outre l'importance des facteurs socio-démographiques, des facteurs liés à l'état de santé individuel et aux facteurs psycho-sociologiques, quelle est celle des facteurs environnementaux ? Parmi les facteurs relevant de cette catégorie, l'enquête mentionne l'existence de trottoirs (bien aménagés), la densité de la

circulation, l'éclairage public, l'absence de chien en liberté, l'attrait du paysage, le fait qu'on puisse apercevoir d'autres personnes faisant de l'exercice physique, la bonne réputation du lieu, l'accessibilité des installations sportives. Les facteurs environnementaux identifiés dans l'étude recoupent les principaux facteurs énumérés plus systématiquement dans l'enquête de synthèse australienne détaillée plus haut (Humpel et coll., 2002). Ajoutons que dans un contexte rural, ces facteurs environnementaux possèdent une certaine spécificité par rapport à leur caractérisation en milieu urbain.

Enfin, évoquons une dernière étude comparative, qui date de 2003. Il s'agit également d'une comparaison entre urbains et ruraux (Parks et coll., 2003). Elle permet de corréler l'activité physique d'adultes appartenant à différents milieux sociaux (faibles revenus ou revenus élevés) et domiciliés dans l'une des trois zones distinctes suivantes : la ville, la banlieue, la campagne. Dans cette étude, 1 818 individus ont été interrogés par téléphone. Plus de la moitié des individus qui ont une activité physique résident dans une zone urbaine et les femmes sont mieux représentées que les hommes. Au terme de l'étude, qui s'appuie sur une analyse multifactorielle, plusieurs relations intéressantes apparaissent à propos de l'application des préconisations du *National Walking Survey* (NWS) et des variables environnementales qui se définissent par la proximité ou non d'aménagement pouvant donner lieu à une activité physique. Les adultes installés en milieu rural et disposant de faibles revenus pratiquent la marche, conformément aux consignes du NWS, s'il existe dans leur environnement proche des trottoirs bordant les rues. Pour les ruraux qui possèdent les revenus les plus élevés, la variable pertinente est la possibilité d'accès à une salle de gymnastique. Les adultes à revenus modestes qui habitent en ville pratiquent la marche, le jogging et fréquentent les parcs s'ils sont proches d'allées ou d'aires destinées à cet effet. Les adultes vivant en milieux urbains et dotés de revenus élevés fréquentent les infrastructures sportives. Quant aux habitants adultes domiciliés en banlieue, ceux qui ont des revenus faibles appliquent les recommandations du NWS dès lors qu'ils trouvent près de chez eux des allées pour la marche, le jogging ou même des installations sportives. Ceux qui ont des revenus élevés fréquentent assidûment les allées pour marcher ou courir et les gymnases. D'une façon générale, les préconisations du NWS sont appliquées assez souvent par les adultes s'il existe dans un environnement proche des aménagements adaptés pour pratiquer l'exercice physique.

Études portant sur le caractère incitatif de la nature

Plusieurs études (en particulier pour l'Amérique du Nord) mettent en avant le lien entre la fréquentation des parcs, qui se répartissent selon une gamme allant des parcs de proximité à des parcs d'intérêt plus général, et la pratique de l'activité physique. Pour évoquer certains d'entre eux, les auteurs

mentionnent la présence d'installations sportives et de loisirs. On peut penser que le cadre de nature reste cependant la dominante principale de ce type d'infrastructures. L'attrait de la nature est sans nul doute une motivation importante pour la pratique des activités physiques ordinaires (marche, jogging, gymnastique d'entretien).

Cette dimension de la nature est abordée de manière approfondie et spécifique par une étude britannique, qui prend en considération la santé mentale et physique en liaison avec des activités qui s'inscrivent dans un cadre de nature (Pretty et coll., 2005). L'activité physique et le contact avec la nature sont connus pour avoir des effets bénéfiques sur ces deux aspects de la santé. L'enquête vise à vérifier s'il existe un bénéfice synergétique.

L'étude est centrée sur l'impact psychologique de l'image renvoyée par l'environnement. Elle s'appuie sur 5 groupes de 20 personnes exposées à une séquence de 30 scènes projetées sur un mur tandis qu'ils sont occupés à une activité d'entretien physique. Quatre catégories de scènes peuvent être projetées : une scène rurale plaisante, une scène rurale désagréable, une scène urbaine plaisante, une scène urbaine désagréable. Les auteurs mesureraient la tension des sujets ainsi que deux critères psychologiques : l'estime de soi et l'humeur, avant et après l'intervention. L'exercice seul (sans les images) réduit la tension, accroît l'estime de soi et a un effet positif sur les traits d'humeur. Les scènes rurales et urbaines agréables produisent un effet positif plus grand encore sur l'estime de soi. Ceci montre, de l'avis des auteurs, l'effet synergétique du cadre. En revanche, les scènes désagréables urbaines et rurales réduisent l'effet positif sur l'estime de soi. Enfin, les scènes rurales désagréables et dramatiques ont le plus grand effet, diminuant les effets bénéfiques de l'exercice. Pour autant, un tel protocole nous paraît bien artificiel (il nous semble relever d'une psychologie de laboratoire) pour qu'on puisse transposer à la nature elle-même les exercices dits exercices verts (*green exercise*) qui sont effectués en tenant compte d'un environnement plaisant.

Enquêtes sur l'environnement portant sur des catégories socio-démographiques spécifiques

Quelques enquêtes portent plus précisément sur une classe d'âge ou un groupe de population.

Personnes âgées

Une étude récente conduite dans la ville de Portland (Oregon, États-Unis) avait pour objectif d'étudier les effets de l'environnement physique (fonctionnalité urbaine, aspects esthétiques, sécurité de la personne, motif du

déplacement) sur la pratique de la marche chez les personnes âgées (Cunningham et coll., 2005). Tout en tenant compte de la dimension modeste de l'étude, on constate que, chez les personnes âgées, la qualité du cadre de vie a une incidence positive sur le fait de se déplacer volontiers à pied.

Portant sur cette même catégorie socio-démographique, une étude australienne portant sur 8 881 personnes âgées de 65 ans et plus s'intéresse aux facteurs associés à l'activité physique (Lim et Taylor, 2005). Elle rappelle que différents travaux ont démontré qu'une activité physique régulière améliore l'espérance de vie et les capacités fonctionnelles de l'individu âgé. Ces aspects sont développés dans la partie de l'expertise relative aux personnes âgées. En Australie, une campagne de sensibilisation auprès des personnes âgées a été lancée en 1999, étant donné l'augmentation des personnes âgées dans la population du pays jusqu'à l'horizon 2015. Elle permet de démontrer l'importance des facteurs socio-démographiques et de santé sur l'activité physique des personnes âgées. Il est à noter qu'une personne âgée sur deux, en Australie, pratique une activité physique adéquate (raisonnable). Les facteurs liés à l'environnement perçu sont très secondaires pour comprendre l'attitude des personnes âgées vis-à-vis de l'exercice physique. Cependant, à l'évidence, des obstacles comme les conditions de temps (*weather*), le sentiment d'insécurité dans la rue, la possible présence de chiens en liberté sont surdimensionnés par les personnes âgées très peu actives, contrairement aux jugements fournis par celles qui développent une activité physique adéquate.

Adolescents

Une enquête sur les rapports entre l'environnement perçu et l'activité physique a été conduite au Portugal, auprès des adolescents (Mota et coll., 2005). Cette approche est intéressante car, le plus souvent, ce type d'enquête est réalisé auprès des adultes ou des personnes âgées. Un questionnaire a été distribué auprès de 1 250 lycéens, au moment du cours d'éducation physique et sportive, 591 filles et 532 garçons l'ont complété (moyenne d'âge : 14,6 ans). Selon que les jeunes pratiquent une activité physique ou non, on constate des écarts significatifs dans la façon de percevoir l'environnement : ceux qui ont une activité physique sont plus sensibles que les inactifs à la commodité dans les trajets, aux infrastructures pour les piétons ou pour les vélos et au caractère attractif du cadre environnemental pour qui se déplace à pied. En revanche, l'impression d'insécurité est surtout éprouvée par les inactifs pour lesquels ce trait est véritablement exagéré.

Une récente enquête conduite aux États-Unis a pris pour thème la gamme des parcs publics et l'activité physique chez les adolescentes d'origine ethnique diversifiée (Cohen et coll., 2006). L'activité physique peut être influencée par l'environnement local. L'accessibilité des équipements de proximité peut être particulièrement importante pour la jeunesse qui n'a pas encore le

permis de conduire et dont les activités de voisinage supposent le recours à la marche ou à la bicyclette. Il convient de rappeler que les États-Unis ont déjà une importante infrastructure de parcs. Parmi les adultes, 70 % indiquent qu'ils vivent à proximité d'un parc ou d'installations de sports. Les parcs peuvent être un lieu privilégié pour favoriser l'activité physique. Ceci peut être un atout pour les adolescentes dont l'activité physique décline dès la puberté. L'enquête croisée a porté sur 1 556 lycéennes qui ont été sélectionnées dans 6 établissements secondaires du 1^{er} cycle dans 6 terrains d'enquête diversifiés. Pour cet échantillon composite (qui tient entre autres à la diversité des origines ethniques), on note que la proximité des parcs est un facteur favorable à l'activité physique mais ce lien est plausible plus que véritablement démontré. Il est possible que la proximité d'un parc augmente l'intérêt pour l'activité physique en produisant un comportement plus normatif. L'offre d'activités physiques et/ou sportives des parcs ne permet pas d'isoler des traits spécifiques inducteurs d'une pratique physique. Au terme de la recherche, les résultats escomptés sont loin d'être probants.

Étudiants en sport

Le lien entre le contexte de l'activité physique et la tendance des étudiants de la Faculté des sports d'une université de l'Ontario (Canada) à suivre les recommandations d'activité aérobique du CDC/ACSM (*Centers for Disease Control and Prevention/American College of Sports Medicine*) ont été analysés par Burke et coll. (2005). Les études sociologiques montrent que le cadre de l'exercice physique est important pour la pratique physique elle-même. Pratiquer seul va de pair avec une adhésion limitée tandis que la pratique collective s'accompagne d'une adhésion plus forte. Le but de cette étude est de voir si la pratique d'un sport dans un seul contexte ou dans une combinaison de quatre contextes (dans une classe structurée, avec d'autres mais en dehors d'une classe structurée, seul mais avec un plan d'entraînement, complètement seul), est de nature à orienter les étudiants de l'Université vers une activité d'aérobic proposée sur le campus. Dans cette étude, 196 étudiants et 398 étudiantes ont complété un questionnaire d'activités physiques auto-administré concernant la fréquence, l'intensité et la durée de l'activité dans chacun des quatre contextes identifiés. On constate une relation positive entre le pourcentage d'étudiants qui suivent les recommandations de pratique du CDC/ACSM et le nombre de contextes fréquentés. Un faible pourcentage d'étudiants (9,9 %) est actif dans un seul contexte (sur quatre possibles), avec une majorité de jeunes engagés dans une activité physique collective en dehors d'un cadre structuré (type 2). Un plus grand pourcentage d'étudiants (28,9 %) est actif dans deux contextes, tandis que 61,2 % d'entre eux sont actifs dans trois ou quatre contextes. Les auteurs concluent que les professionnels de santé, dont l'objectif est de motiver les inactifs physiques et ceux qui sont déjà actifs, devraient promouvoir les

opportunités d'activité physique dans des contextes sociaux variés. On peut penser que cette sous-population étudiante n'est pas forcément représentative du comportement étudiant ordinaire et qu'il n'est pas illogique de retrouver beaucoup d'« activistes » sportifs dans une Faculté des sciences du sport.

Études concernant l'équipement local, la planification urbaine et l'urbanisme

Certaines enquêtes sont produites par des spécialistes de la planification urbaine, de l'aménagement ou de l'urbanisme (Handy et coll., 2002). Comment l'environnement construit est-il susceptible d'avoir une influence sur l'activité physique ? L'enquête mentionnée définit l'environnement aménagé à partir de six dimensions comme la densité et la pression urbaine, la connexion entre les réseaux de communication, le degré de hiérarchisation des rues, les qualités esthétiques des espaces et la structure « régionale ». Le dernier critère indiqué est important car il tend à définir un niveau d'espace pour lequel la marche ou l'usage de la bicyclette ne saurait concurrencer la voiture (qui est plus rapide). Pour 25 % des déplacements (qui sont inférieurs à un mile), la marche et le vélo pourraient être encouragés. De plus, en améliorant certains aspects de l'environnement (réseaux de communication, combinaison des moyens de transports utilisables, escaliers, éclairage nocturne...), on lèvera des barrières psychologiques qui n'incitent ni à la marche, ni à l'usage de la bicyclette.

Une autre étude, réalisée aux États-Unis par des spécialistes de l'urbanisme et de la planification urbaine, a procédé à une évaluation des instruments d'expertise appliqués à l'environnement à propos des usages de la marche et de la bicyclette (Vernez Moudon et Lee, 2003). Il s'agit d'établir les traits caractéristiques d'un environnement physique propice à la marche et au vélo. La bibliographie de référence comporte 70 titres. L'inactivité physique est l'un des principaux risques de santé au sein de la population des États-Unis et 60 % des Américains adultes ne se sentent pas concernés par les préconisations gouvernementales. Pourtant, ces dernières années, des activités physiques comme la marche ou le vélo, incluses dans le quotidien, connaissent un certain essor, au titre des activités physiques pratiquées de façon régulière. En outre, elles contribuent à réduire les encombrements de la circulation et la pollution. Parmi les déplacements, 90 % s'effectuent en automobile alors qu'un tiers d'entre eux sont inférieurs à 1,6 kilomètre (soit une distance qui convient parfaitement à la marche), et 13 % de ces déplacements se situent entre 1,6 et 3,2 kilomètres (soit une distance qui convient parfaitement pour le vélo). Les deux auteurs ont procédé à une étude analytique des différents instruments d'expertise sur l'environnement : soit 31 grilles d'analyse examinées. Les facteurs environnementaux sont définis

par quelques 200 variables. Les auteurs identifient une trentaine de variables couvrant les aspects spatio-psycho-sociologiques de la marche et/ou de l'usage de la bicyclette, tandis qu'ils identifient 24 variables se rapportant aux aspects des politiques publiques. Leur analyse montre qu'il existe des instruments d'expertise de l'environnement pertinents et opératoires pour mettre en valeur la marche ou le vélo.

Nécessité d'élaborer un outil méthodologique général

L'étude de Sallis et coll. (2006) se présente comme l'élaboration d'un cadre opératoire général dans une approche écologique (environnementaliste) pour créer des collectivités de vie propices à l'activité physique (*Active Living Communities*). L'idée directrice est que des interventions à de multiples niveaux ciblant des environnements sociaux, des environnements géographiques et des politiques publiques doivent être réalisées pour que s'accomplissent des modifications significatives dans les habitudes physiques des populations. L'article propose un modèle qui identifie l'environnement potentiel en mettant l'accent sur quatre domaines : loisir, transport, occupation, sphère domestique. Cette recherche à multiples niveaux suppose diverses disciplines et méthodes afin de créer de nouvelles approches pluridisciplinaires. En définitive, l'étude est une analyse détaillée des facteurs incitatifs, dont ceux relatifs aux politiques publiques et aux caractéristiques environnementales. L'efficacité de la combinaison de différents facteurs, dont les facteurs environnementaux, de même que l'amélioration des facteurs qui concourent à produire ensemble un environnement incitatif pour l'activité physique sont démontrées par les résultats des études examinées. L'action concertée en faveur de la création de collectivités de vie intégrant l'activité physique, mobilisant différents acteurs institutionnels (puissance publique, associations, entreprises, groupes de pression...), peut être appréhendée en termes de modèles. Selon les auteurs de l'étude, le modèle d'action le plus probant est celui proposé en Nouvelle Galles du Sud (Australie). En revanche, ils indiquent que ce type de modèle est loin d'être d'actualité aux États-Unis. Notons, pour notre part, que la plupart des études qui envisagent les facteurs environnementaux dans leurs rapports aux facteurs psychologiques et comportementaux tendent logiquement à dessiner des « modèles » qui s'apparentent à celui décrit par l'équipe de James F. Sallis. À ce jour, les enquêtes initiées par Nancy Humpel et ses collègues, comme Neuville Owen, et collaborateurs font autorité et elles accordent beaucoup d'attention à une activité de base comme la marche (Owen et coll., 2004).

Toutefois, si l'on essaye de recouper les thèmes de ces études et nos sujets de préoccupation, il semble que l'on ne dispose pas encore, à ce jour, de travaux similaires en France. La remarque a cependant valeur d'hypothèse ou

d'interrogation plus que d'affirmation étayée. On peut penser par exemple que des travaux d'urbanisme, d'aménagement du cadre de vie, voire d'architecture urbaine prennent en considération des questions telles que l'incitation à la marche, à l'usage de la bicyclette, le renoncement au « tout automobile »... Dans la mesure où ces aspects ne sont pas traités sous la forme d'enquêtes empiriques quantitatives, elles n'apparaissent pas dans les revues scientifiques internationales de médecine, de santé, de loisirs ou de sport. En outre, en France, la prise de conscience relative à ces questions de société prend plutôt la forme de journées nationales de sensibilisation à l'exercice physique, peu inscrites dans les usages quotidiens.

L'enjeu de ces analyses apparaît évident. Il s'agit globalement d'attirer l'attention sur les conséquences du déclin de l'activité physique sous ses formes les plus élémentaires (Brownson et coll., 2005). Cette étude bâtit sa conclusion sur des perspectives envisageables pour améliorer la situation dans les prochaines années. Les auteurs mettent l'accent sur les implications souhaitables pour l'action politique, afin de rendre les banlieues et les agglomérations des villes plus attractives pour l'activité physique, en mettant l'accent sur un développement multiple (parcs, espaces verts, aménagements pour des activités récréatives, réseaux des communications de voisinage...). L'omniprésence de l'automobile et l'extension urbaine ont conduit à la déperdition de l'activité physique. Des mouvements tels que *Smart Growth* (développement harmonieux) et le Congrès pour un nouvel urbanisme tentent de promouvoir des activités récréatives amicales. Il convient également de replacer l'activité physique au centre des intérêts de la jeunesse (en 2001, un tiers des jeunes fréquentent les cours d'enseignement des sports). Le recours à des établissements scolaires de proximité serait un facteur plus propice à réintroduire l'activité physique pour les déplacements. Pour les adultes, sur le lieu de travail, il conviendrait de réintroduire la question de l'activité physique dans une ambiance amicale et en accordant le temps nécessaire sur le lieu même du travail. Des études permettraient de distinguer différents niveaux d'engagement physique.

Quelques études permettent d'aborder la situation en milieu rural. Dans ce cadre environnemental, l'offre d'équipements sportifs est sans doute moindre que celle qui caractérise les villes et les banlieues. Pour autant, l'enquête de Parks et coll. (2003) démontre que des populations de niveau socioéconomique modeste peuvent être sensibles aux messages des programmes en faveur de l'exercice physique si des aménagements pour la marche ou la course à pied (allées, pistes, sentiers...) sont réalisés à proximité de leur lieu de vie.

En outre, les relations entre maladies ou problèmes de santé et contexte environnemental de société appellent des échanges et des débats beaucoup plus précis, ainsi qu'y invitaient d'ailleurs des interrogations déjà anciennes (Bradford Hill, 1965). Comment peut-on détecter les relations entre maladies, blessures et conditions de travail, par exemple ? Comment peut-on déterminer ce qui relève des hasards physiques, chimiques et

psychologiques ? L'environnement et la maladie : simple association ou lien de causalité ? À l'évidence, il s'agit de dégager les échelles environnementales pertinentes par des analyses appropriées afin de mieux établir des liens explicatifs.

Outre les méthodes d'enquête proprement dites, il existe des outils de recueil de données standardisés, comme l'IPAQ (*International Physical Activity Questionnaire*), qui permettent d'établir des comparaisons (voir par exemple Hoehner et coll., 2005). Pourquoi ne pas inclure un ensemble conséquent de données relatives à la qualité de l'environnement et du cadre de vie ?

En conclusion, si l'on s'en tient aux résultats d'une majorité d'enquêtes et de méta-analyses, l'environnement physique peut se décliner à différents niveaux d'échelle et il est possible de spécifier des déterminants environnementaux susceptibles de jouer en faveur ou en défaveur de l'activité physique pratique (pour distinguer celle-ci de l'activité physique récréative et/ou sportive). Les enquêtes qui abordent ce type de question sont relativement fournies. Des méthodes ont été mises au point qui permettent de classer les cadres de vie et environnements essentiellement urbains ou péri-urbains (les banlieues), en fonction de différents critères. Il y a des critères de situation socio-géographique au sein des trames urbaines : centres d'agglomération, banlieues urbaines d'agglomération, petites villes isolées... D'autres critères sont plutôt de type morphologique : densité urbaine, réseaux de voies piétonnes ou de pistes cyclables, réseaux des transports en commun, dimension esthétique du bâti, qualité humaine des espaces, localisation des services...

D'autres critères encore relèvent surtout des représentations sociales et de la perception que les individus ou des groupes (les personnes âgées, les parents en se plaçant du point de vue de leurs enfants, par exemple) se font de l'environnement urbain, perçu comme sécurisé ou non (soit un espace qui inclut le lieu d'habitation, le lieu de travail, les lieux qui rassemblent commerces ou services divers, les établissements scolaires...). Au niveau des études extensives les plus ambitieuses, il semble aisé de caractériser objectivement des environnements plus propices que d'autres à une activité physique prenant place dans les différents trajets journaliers. C'est d'ailleurs une préoccupation qui se retrouve dans plusieurs publications. Les combinaisons multiples de facteurs élémentaires créent elles-mêmes une diversité de contextes que les analyses régressives ne sont pas toujours en mesure de hiérarchiser à des fins de synthèse univoque. Dans ce cas, il s'agit plutôt d'attirer l'attention des décideurs publics sur des caractéristiques qui doivent être intégrées à la planification urbaine et à l'aménagement territorial.

Une autre idée est de vérifier en quoi certains cadres de vie sont propices à générer une activité physique, de l'ordre de 30 minutes par jour (marche ou vélo, ou encore combinaison des deux formes), quand d'autres ne le sont pas. Si la fréquentation des installations sportives (les lieux) est rarement

évoquée dans les travaux examinés, à l'exception des espaces aménagés que sont les parcs, pas plus que les liens (la fréquentation d'un groupe, d'une association...), on manque de travaux qualitatifs plus détaillés sur les simples activités physiques (y compris à propos de la marche, de l'usage de la bicyclette...) qui à l'avenir pourraient prendre place massivement au niveau des déplacements quotidiens des personnes. On pense ici aux opérations de mise à disposition d'un parc de vélos telles que certaines villes françaises, dont la capitale, le proposent. Ce dernier type de préoccupation doit être pris en considération dans la manière d'envisager l'espace urbain et il va de pair avec un recul progressif de l'usage de l'automobile. Ces aspects peuvent être mis en relation avec les orientations ou acquis précisés par Francesca Racioppi³⁵. Ajoutons que la mise en valeur de cet environnement objectivement incitatif ne sera réapproprié subjectivement en tant que tel qu'avec la mise en place d'animations de sensibilisation proposées à l'initiative de groupements de proximité composés d'agents des collectivités locales, du tissu associatif, des institutions en charge de la santé des populations.

BIBLIOGRAPHIE

BALL K, BAUMAN A, LESLIE E, OWEN N. Perceived environmental aesthetics and convenience and company are associated with walking for exercise among Australian adults. *Preventive Medicine* 2001, **33** : 434-440

BANDURA A. Social foundations of thought and action. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1986

BRADFORD HILL A. The environment and disease : Association or causation ? President's Address. *Proceedings of the Royal Society of Medicine* 1965, **58** : 295-300

BROWNSON RC, HOUSEMANN RA, BROWN DR. Promoting physical activity in rural communities. Walking trail access, use, and effects. *Am J Prev Med* 2000, **18** : 235-241

BROWNSON RC, BOEHMER TK, LUKE DA. Declining rates of physical activity in the United States: what are the contributors? *Annu Rev Public Health* 2005, **26** : 421-443

BURKE SM, CARRON AV, EYS MA. Physical activity context and university student's propensity to meet the guidelines Centers for Disease Control and Prevention/ American College of Sports Medicine. *Medical Science Monitor* 2005, **11** : CR171-CR176

COHEN DA, ASHWOOD JS, SCOTT MM, OVERTON A, EVENSON KR, et coll. Public parks and physical activity among adolescent girls. *Pediatrics* 2006, **118** : e1381-e1389

35. Voir la communication de Francesca Racioppi : « Promouvoir l'activité physique dans la vie quotidienne : une opportunité pour le secteur des transports », dans la partie Communications de cet ouvrage.

CRAIG CL, BROWNSON RC, CRAGG SE, DUNN AL. Exploring the effect of the environment on physical activity: a study examining walking to work. *Am J Prev Med* 2002, **23** (2 suppl) : 36-43

CUNNINGHAM GO, MICHAEL YL, FARQUHAR SA, LAPIDUS J. Developing a reliable Senior Walking Environmental Assessment Tool. *Am J Prev Med* 2005, **29** : 215-217

DE BOURDEAUDHUIJ I, SALLIS JF, SAELENS BE. Environmental correlates of physical activity in a sample of Belgian adults. *Am J Health Promot* 2003, **18** : 83-92

FOSTER C, HILLSDON M. Changing the environment to promote health-enhancing physical activity. *J Sports Sci* 2004, **22** : 755-769

HANDY SL, BOARNET MG, EWING R, KILLINGSWORTH RE. How the built environment affects physical activity: views from urban planning. *Am J Prev Med* 2002, **23** : 64-73

HOEHNER CM, BRENNAN RAMIREZ LK, ELLIOTT MB, HANDY SL, BROWNSON RC. Perceived and objective environmental measures and physical activity among urban adults. *Am J Prev Med* 2005, **28** : 105-116

HUMPEL N, OWEN N, LESLIE E. Environmental factors associated with adults' participation in physical activity: a review. *Am J Prev Med* 2002, **22** : 188-199

KING AC, PRUITT LA, PHILLIPS W, OKAR R, RODENBURG A, HASKELL WL. Comparative effects of two physical activity programs on measured and perceived physical functioning and other health-related quality of life outcomes in older adults. *J geront A Biol Sci Med Sci* 2000, **55** : M74-M83

LIM K, TAYLOR L. Factors associated with physical activity among older people--a population-based study. *Prev Med* 2005, **40** : 33-40

MCCORMACK G, GILES-CORTI B, LANGE A, SMITH T, MARTIN K, PIKORA TJ. An update of recent evidence of the relationship between objective and self-report measures of the physical environment and physical activity behaviours. *J Sci Med Sport* 2004, **7** : 81-92

MOTA J, ALMEIDA M, SANTOS P, RIBEIRO JC. Perceived neighborhood environments and physical activity in adolescents. *Prev Med* 2005, **41** : 834-836

OWEN N, HUMPEL N, LESLIE E, BAUMAN A, SALLIS JF. Understanding environmental influences on walking; Review and research agenda. *Am J Prev Med* 2004, **27** : 67-76

PARKS SE, HOUSEMANN RA, BROWNSON RC. Differential correlates of physical activity in urban and rural adults of various socioeconomic backgrounds in the United States. *J Epidemiol Community Health* 2003, **57** : 29-35

PRETTY J, PEACOCK J, SELLENS M, GRIFFIN M. The mental and physical health outcomes of green exercise. *International Journal of Environmental Health Research* 2005, **15** : 319-337

SALLIS JF, HOVELL MF, HOFSTETTER CR, FAUCHER P, ELDER JP, et coll. A multivariate study of determinants of vigorous exercise in a community sample. *Prev Med* 1989, **18** : 20-34

SALLIS JF, HOVELL MF, HOFSTETTER CR, ELDER JP, HACKLEY M, et coll. Distance between homes and exercise facilities related to frequency of exercise among San Diego residents. *Public Health Rep* 1990, **105** : 179-185

SALLIS JF, CERVERO RB, ASCHER W, HENDERSON KA, KRAFT MK, KERR J. An ecological approach to creating active living communities. *Annu Rev Public Health* 2006, **27** : 297-322

STAHL T, RUTTEN A, NUTBEAM D, BAUMAN A, KANNAS L, et coll. The importance of the social environment for physically active lifestyle--results from an international study. *Soc Sci Med* 2001, **52** : 1-10

STAHL T, RUTTEN A, NUTBEAM D, KANNAS L. The importance of policy orientation and environment on physical activity participation - a comparative analysis between Eastern Germany, Western Germany and Finland. *Health Promot Int* 2002, **17** : 235-246

STERNFELD B, AINSWORTH BE, QUESENBERRY CP. Physical activity patterns in a diverse population of women. *Prev Med* 1999, **28** : 313-323

VERNEZ MOUDON A, LEE C. Walking and bicycling : an evaluation of environmental audit instruments. *Am J Health Promotion* 2003, **18** : 21-37

WENDEL-VOS GC, SCHUIT AJ, DE NIET R, BOSHUIZEN HC, SARIS WH, KROMHOUT D. Factors of the physical environment associated with walking and bicycling. *Med Sci Sports Exerc* 2004, **36** : 725-730

WILCOX S, CASTRO C, KING AC, HOUSEMANN R, BROWNSON RC. Determinants of leisure time physical activity in rural compared with urban older and ethnically diverse women in the United States. *J Epidemiol Community Health* 2000, **54** : 667-672

6

Stratégies de promotion de l'activité physique

Les interventions de promotion de l'activité physique portent sur deux types de déterminants : les motivations individuelles où il s'agit de faire adopter de nouveaux comportements contribuant à l'amélioration de la santé, et les facteurs liés à l'environnement qui doivent faciliter les activités physiques et sportives à travers des aménagements incitatifs. Si les deux aspects sont nécessaires dans le cadre d'une politique globale, ils sont souvent traités séparément dans les recherches, ce pourquoi nous reproduisons ici cette séparation.

Interventions sur les déterminants individuels

La plupart des études sur la promotion de l'activité physique utilisent un modèle créé à l'origine en psychothérapie pour traiter les comportements addictifs et notamment la consommation de tabac : le modèle transthéorique de changement des comportements (*TransTheoretical Model of behavior change*, TTM) (Prochaska et DiClemente, 1983). Nous allons partir de ce modèle pour ensuite explorer la validité des démarches de promotion de la santé en accentuant l'analyse de celles menées dans le cadre des activités professionnelles.

Modèle transthéorique : théorie et applications

Le modèle transthéorique de changement des comportements, fréquemment utilisé dans la promotion de l'activité physique, est appliqué indépendamment de l'âge et du sexe des personnes. Il vise à identifier le stade de pratique de l'activité physique des personnes pour les aider éventuellement à progresser vers une étape de plus grande pratique. Il identifie différentes étapes dans le passage à l'activité physique :

- la précontemplation : la personne n'a pas l'intention de faire de l'exercice pendant les six mois à venir ;

- la contemplation : la personne voudrait faire de l'exercice régulièrement dans les six mois à venir ;
- la préparation : la personne considère sérieusement le fait de faire de l'exercice dans le mois à venir ou a commencé sans que l'exercice soit réellement conséquent ;
- l'action : la personne fait régulièrement de l'exercice caractérisé par des changements ouvertement mesurables dans les six mois passés ;
- le maintien : la personne fait régulièrement de l'exercice depuis plus de six mois.

Ces étapes doivent permettre de comprendre l'évolution des personnes concernées au fur et à mesure qu'elles passent d'un stade à un autre. Le processus de changement est constitué de changements de comportements et de changements d'expérience. Le processus de changement d'expérience se compose de la prise de conscience, du soulagement émotionnel, de la réévaluation personnelle et de la réévaluation environnementale, de l'ouverture sociale (*social liberation*), entendue comme ouverture à d'autres modes de vie alternatifs et physiquement actifs. Le processus de changement comportemental se compose du contre-conditionnement (substitution d'un comportement par un autre), des relations d'aide (prise de confiance et acceptation de l'aide d'autres personnes pendant les premiers stades), du renforcement organisationnel (changement des contingences qui réglaient le comportement antérieur), de la libération de soi (engagement personnel dans le changement) et du contrôle des stimuli (contrôle des situations qui déclenchaient le comportement antérieur) (Prochaska et DiClemente, 1983 ; Marcus et Simkin, 1994 ; Prochaska et Velicer, 1997).

Pour décrire le passage d'une étape à une autre, d'autres concepts sont encore utilisés, qui permettent de comprendre comment on passe d'un stade à l'autre :

- confiance en soi (*self efficacy*) : être sûr de ne pas revenir à un comportement antérieur non désiré, même en cas de circonstance à haut risque ;
- tentation : l'intensité de l'envie de revenir à une habitude particulière dans une situation difficile ;
- équilibre décisionnel : évaluation entre avantages et désavantages.

L'équilibre décisionnel est très important dans les premières étapes. Dans le premier stade (passage de la pré-contemplation à la contemplation), le rôle des obstacles à la mise en œuvre (*barriers efficacy*) est important. Ces derniers sont mesurés par rapport à un exercice effectué cinq fois par semaine avec une échelle comportant douze items (mauvais temps, manque d'intérêt, douleur et inconfort, solitude...). On retrouve notamment là un certain nombre des points examinés plus haut quant à l'environnement et aux sociabilités dans la pratique d'exercice physique.

Ce modèle est particulièrement élaboré et présente un intérêt certain pour la compréhension des changements de comportements, notamment par une

vision dynamique des comportements. De l'idée d'un fonctionnement linéaire du modèle, avec un passage mécanique d'une étape à l'autre, on est passé à une vision en termes de cycles de fonctionnement avec des régressions et des progressions.

Une méta-analyse permet de vérifier un certain nombre de points : le passage d'une étape à une autre provoque bien une croissance de l'activité physique et de la confiance en soi et les effets positifs de l'activité physique sont d'autant plus perçus que les sujets progressent d'une étape à l'autre (Marshall et Biddle, 2001). Mais les études se limitent trop souvent à des étapes particulières plutôt qu'à la totalité du processus et les mesures retenues sont trop peu standardisées pour permettre la comparaison. Finalement, si le modèle transthéorique apparaît efficace pour décrire le processus de changement en théorie, ses applications concrètes semblent faibles, puisque le fonctionnement du processus de changement des comportements d'exercice physique reste assez peu clair. Les construits théoriques du modèle ne sont pas perceptibles concrètement (Marshall et Biddle, 2001). Le développement de travaux finlandais dans un modèle adapté du TTM montre aussi l'importance des facteurs contextuels dans la pratique physique : à des moments différents, les sujets peuvent se situer à différents stades de changement selon les modes d'activité physique proposés (Miilunpalo et coll., 2000). Cependant, certains facteurs sont bien mis en exergue comme agissant sur l'inactivité physique : une faible confiance en soi, une motivation basse, la dépression et l'anxiété sociale (Sallis et Owen, 1999).

Ces résultats sont à la base de nombreuses campagnes et expériences de promotion de l'activité physique. Mais les résultats de ces expériences, pour autant que ces dernières démontrent des résultats significatifs par rapport à des démarches, restent assez faibles. Ainsi, le travail mené par Peterson et Aldana (1999) auprès d'employés d'une grande entreprise de télécommunications montre que l'échantillon des personnes ayant bénéficié d'une aide personnalisée et construite en fonction de leur stade d'activité physique voyait l'activité physique augmenter de 13 % dans le groupe, alors que la progression dans le groupe ayant reçu des messages généraux n'était que de 1 % et que le groupe témoin voyait son activité physique baisser de 8 % (Peterson et Aldana, 1999). La différence est significative, mais reste faible, même si elle est plus conséquente que dans des travaux antérieurs (Marcus et coll., 1992 ; Cardinal et Sachs, 1995). C'est plus de la moitié de l'échantillon qui reste à la même étape (59,8 % contre 65,7 % pour l'échantillon ayant eu une intervention générique) et ceux qui progressent le plus sont ceux qui sont déjà au stade de l'action.

Une autre méta-analyse, examinant 16 actions de promotion de l'activité physique fondées sur le TTM, menées entre 1982 et 2001 et concernant uniquement des adultes, amène à se poser la question des modalités de mise en action du modèle transthéorique. En effet, si la plupart des actions ont une réelle efficacité dans le court terme, elles s'avèrent bien moins efficaces dans

le long terme. Parmi les études sur le court terme, 73 % montrent des effets positifs, alors que ce n'est que 29 % des études sur le long terme qui sont dans ce cas (Adams et White, 2003).

Démarches générales de promotion de l'exercice physique

Deux grandes directions s'offrent aux campagnes de promotion de l'activité physique : soit montrer les apports de celle-ci sur la santé, soit souligner les gains en termes d'apparence physique. Il semble que le secteur public utilise la santé comme motivation alors que le secteur privé privilégie l'apparence.

Plusieurs recherches montrent la faible efficacité des campagnes de promotion de l'exercice fondées sur la santé (Cavill, 1998 ; Hillsdon et coll., 2001). Le peu de recherches effectuées sur les campagnes de promotion fondées sur l'apparence montre que les publicités influencent négativement l'image du corps, notamment chez les femmes (Groesz et coll., 2002). Si aucun lien n'est réellement établi entre la représentation médiatique des pratiquants, l'image du corps et les comportements en matière d'exercice physique, on note que les campagnes fondées sur l'apparence peuvent avoir des effets contraires sur les personnes ne pratiquant pas d'exercice physique, celles-ci pensant ne pas pouvoir atteindre les canons physiques décrits par la publicité (Berry et Howe, 2004).

Différents projets ont tenté d'augmenter l'activité physique avec des modalités différentes. Ils permettent de comparer les modalités de la promotion de l'activité physique en montrant lesquelles sont les plus efficaces. Ainsi, au-delà des campagnes générales de promotion par l'affichage et les médias, plusieurs méthodes ont été expérimentées reposant sur des courriers, des appels téléphoniques et des cours, avec des combinaisons diverses de ces derniers éléments. Les méthodes basées sur le téléphone et le courrier, quelles que soient leurs combinaisons, font bien augmenter l'exercice physique (entre 81 et 86 minutes de marche supplémentaire par semaine), mais sans réelle différence entre les personnes contactées par téléphone et celles contactées par courrier et téléphone (Chen et coll., 1998).

En fait, les différents travaux démontrent que les modes de vie et la culture des personnes visées doivent être pris en compte pour promouvoir efficacement l'exercice physique. C'est une approche de ce type qu'initie le projet ACT (*Activity Counseling Trial*) en montrant que l'addition d'apports en termes de stratégies comportementales et cognitives en plus d'interventions téléphoniques et par courrier accroît les capacités fonctionnelles découlant de l'exercice physique (*the Writing Group for the Activity Counseling Research Group*, 2001). C'est le cas aussi pour le projet *Active* où deux populations composées d'individus blancs à hauts statuts socioéconomiques sont étudiées. L'une suit un programme standard fondé sur des cours de gymnastique avec un entraîneur pour développer un programme personnalisé, l'autre a,

en plus, une série de travaux de groupes permettant d'élaborer des stratégies de mise en place d'activités physiques et une planification de ces activités pendant les temps de loisirs. Si les deux méthodes augmentent la dépense énergétique des personnes concernées, la seconde accroît l'activité physique trois fois plus que la première. C'est donc l'adaptation au style de vie qui agit ici (Dunn et coll., 1999). De même, le projet *Impact*, mené auprès d'une population de femmes à bas revenus, montre que plus l'on emploie des schémas culturels proches de la culture des personnes (respect des valeurs familiales, emploi d'entraîneurs de même culture), plus l'on est concret (don de pedomètres, stratégies pour éviter l'ennui, listes d'endroits économiques pour faire du sport...), plus l'efficacité augmente (Albright et coll., 2005).

On comprend mieux pourquoi les démarches utilisant le modèle transthéorique, évoquées ci-dessus, ont rencontré un succès limité. Utilisant principalement des courriers, n'établissant pas de lien entre l'étape de changement considérée et le style de vie, aidant peu les gens à établir des stratégies personnalisées, leur impact reste limité. Les actions basées sur le TTM et utilisant un conseil personnalisé pourraient être plus efficaces, mais la diversité des situations ne permet pas de généraliser (Adams et White, 2003).

On retrouve là ce qui a été évoqué dans un chapitre précédent, tenant d'une part à la spécificité des situations professionnelles et familiales (culture du temps et temps disponible) et des représentations qui découlent de ces situations.

Programmes de promotion de l'activité physique au travail

Considérant la nécessité d'adaptation aux styles de vie, il ne peut être de site plus approprié que le lieu de travail pour tenter d'installer des habitudes d'exercice physique, ce d'autant plus que ces démarches semblent pouvoir agir de manière significative sur l'absentéisme pour maladie (Lechner et De Vries, 1997 ; Shephard, 1999). Pourtant, les interventions sur le lieu de travail dans le monde anglo-saxon (États-Unis, Angleterre, Australie et Canada) n'ont pas montré une véritable augmentation, statistiquement significative, de l'activité physique. Le peu de démarches menées scientifiquement montrent peu de résultats, voire aucun. Probablement est-ce aussi que ces démarches doivent prendre en compte l'organisation même du travail afin de rendre compatibles l'exercice physique et les temps de travail. Les interventions américaines ont tendance à renforcer le poids de la responsabilité individuelle sur l'état de santé alors que les stratégies environnementales et organisationnelles ont également un potentiel considérable pour développer les activités physiques au travail (Dishman et coll., 1998).

La prise en compte des niveaux d'organisation et du processus d'exécution du programme joue de manière évidente sur la participation des employés. Mais ceux-ci agissent de manière différente selon les populations concer-

nées. Les employés hommes et blancs se trouvant dans les positions supérieures participent plus volontiers sous l'impulsion de leurs cadres, alors que les femmes, les minorités ethniques et les personnes à faible niveau de qualification sont moins sensibles à l'entraînement par leurs supérieurs. Ceux-là s'exerceront davantage s'ils sont bien informés, s'ils disposent de structures adaptées sur place ou de temps libre ainsi que d'encouragements appropriés (Crump et coll., 1996).

Cette même inégalité est bien saisie et développée dans une expérimentation californienne. Puisque les minorités ethniques ont à la fois peu d'équipements sportifs à la maison et des préoccupations quant à la sécurité à l'extérieur, c'est sur le lieu de travail que seront mis en place les exercices physiques. Ceux-ci prennent corps dans des réunions collectives où intervient une brève séquence (10 minutes) d'exercice à base de mouvements simples. Mais il s'agit ici d'un public « captif », ce qui réduit les chances d'adhésion spontanée des personnes à l'exercice physique. Si l'adaptation culturelle du programme est bien effectuée, ce type de démarche touche là ses limites (Yancey et coll., 2004).

Aménagements environnementaux

Deux types de facteurs incitatifs pour la pratique de l'activité physique peuvent être distingués. Le premier type de facteurs rassemble les éléments du cadre de vie, en particulier les caractéristiques de l'espace parcouru dans les itinéraires habituels pour se rendre au travail, à l'école (pour les plus jeunes), pour s'approvisionner dans les magasins et pour d'autres obligations encore. L'autre type de facteurs suppose une action volontariste (messages, signalétique, recommandations...) qui permettra, le cas échéant, d'optimiser le caractère incitatif de l'environnement.

Afin d'analyser l'impact des aménagements de l'espace, des mesures ou actions destinées à faciliter la participation aux activités physiques et sportives, sur le(s) lieu(x) de vie, il convient d'isoler différents facteurs de facilitation, d'incitation et/ou d'information qui opèrent comme autant de médiations, le cas échéant avec des effets combinés ou complémentaires les uns des autres. Ces variables intermédiaires désignent soit des caractéristiques du cadre de vie (aménagement de trottoirs, d'allées de promenade, de pistes cyclables, de rateliers à vélos...), soit des initiatives, des expérimentations ou des opérations inscrites dans la durée, ayant pour objectif qu'un nombre accru de personnes puisse s'ouvrir à une activité physique régulière. Conjointement, pour être efficaces, de telles médiations doivent permettre de réduire les effets négatifs de certaines contraintes : des obstacles réels ou potentiels comme le sentiment d'insécurité, le manque d'attrait esthétique d'un itinéraire à parcourir, la faible curiosité à l'égard des messages médiati-

ques « sérieux », voire la mauvaise compréhension de ces messages, des contraintes subjectives et familiales liées aux habitudes de vie observables dans les milieux modestes...

La littérature scientifique portant sur les facteurs liés à l'environnement et incitatifs quant à la pratique d'une activité physique a été analysée. Les travaux retenus mettent en évidence les facteurs de l'environnement qui conditionnent l'activité physique. En outre, une étude intéressante (Parks et coll., 2003) a montré comment les recommandations publiques en matière de santé par l'exercice sont d'autant mieux appliquées, par les adultes, que ceux-ci disposent non loin de chez eux d'aménagements incitatifs (trottoirs, allées réservées à la marche ou au jogging).

Un inventaire succinct de quelques actions de promotion lancées en France autour de la problématique « activité physique et santé » est présenté. Ayant rarement fait l'objet d'analyses susceptibles d'être répertoriées comme telles dans les revues scientifiques internationales, on pourrait penser que les questions concernant la promotion de la santé par l'activité physique sont négligées ou considérées comme négligeables par les autorités françaises. Pour autant, en France, des travaux de facture universitaire font actuellement défaut dans le domaine considéré ou bien ils perdent de leur pertinence propre dès lors qu'ils sont ramenés à la problématique du sport institutionnalisé.

Mesure de l'impact de l'environnement sur l'activité physique

Des études ont pour objectif d'établir des instruments de mesure des caractéristiques de l'environnement susceptibles d'influencer, voire de conditionner l'activité physique. Dans ce cas, la notion d'activité physique peut être prise dans une acception élémentaire.

Une étude publiée par Cunningham et coll. (2005) a porté sur la recherche de l'influence des facteurs environnementaux liés à l'urbanisation, tout en rappelant que ce type de recherche a tendance parfois à écarter différents segments de la population comme les adultes ou les personnes âgées. Les adultes d'un certain âge sont davantage influencés par les caractéristiques de l'environnement urbain que les individus plus jeunes. Développer des mesures fiables est indispensable pour améliorer notre compréhension des effets de l'environnement sur la pratique d'une activité physique. Dans le cadre de l'instrument de mesure *Senior Walking Environmental Audit Tool* (SWEAT), 355 formes de contextes ont été évalués et 36 d'entre eux de façon très fiable. Cet instrument de mesure distingue quatre grandes rubriques : la fonctionnalité (soit les aspects structurels de l'environnement), la sécurité (de la personne parmi les flux de circulation et le trafic), l'esthétique du cadre urbain, les déplacements et les destinations. S'agissant de la pratique de la marche, des facteurs influents apparaissent : la présence de bancs publics,

d'endroits prévus pour se reposer, la lisibilité de la signalisation urbaine, par exemple.

Dans le même type de démarche, mentionnons les études de Pikora et de son équipe pour établir un instrument d'audit fiable destiné à évaluer l'impact de l'environnement et du cadre de vie sur des activités physiques comme la marche ou l'utilisation du vélo (Pikora et coll., 2002 et 2003). Ces aspects ont été abordés dans un chapitre précédent.

Influence sur les déplacements quotidiens

L'influence de l'environnement sur les habitudes de vie, et en particulier sur l'activité physique de tous les jours, est un point capital. Il s'agit de ce qu'on nomme les *daily routines*. L'enjeu de société est de substituer des espaces-temps de liaison passifs à des séquences actives de déplacements ou d'introduire dans ces espaces-temps une composante de véritable activité physique.

Plusieurs travaux donnent des indications qui sont conjointement des repères faciles à mémoriser, y compris au sein de la population, ou pour sensibiliser cette dernière aux efforts à consentir (30 minutes par jour, à prendre sur les temps de déplacements quotidiens ; 400 mètres de distance correspondent à 5 minutes de marche).

L'augmentation des formes actives de déplacement que sont la marche ou l'usage du vélo mérite une attention soutenue. Une étude réalisée à partir d'une enquête par téléphone en Californie (Berrigan et coll., 2006), explore l'inclusion d'un moment de marche et de bicyclette (*Non-Leisure-Time Walking and Bicycling*, NLTWB) utilisée pour les déplacements (et non pendant le temps de loisir) et en même temps l'adhésion aux recommandations en matière d'activité physique. Les disparités apparentes dans l'adhésion des adultes de Californie à ce type d'opération sont connues et abordées par ailleurs. La répartition du niveau d'activité physique dans de multiples domaines dépend des revenus, du niveau d'études et des origines socio-culturelles (et ethniques) différentes.

Pour autant, le fait d'inclure la marche et la bicyclette à but pratique (et non récréatif) réduit mais n'élimine pas les disparités dans l'adhésion au niveau d'activité physique recommandé. Cette réduction des disparités de pratiques des activités physiques et sportives liées aux appartenances de race, d'éducation et de revenus mérite d'être soulignée. Cependant, des différences socio-culturelles demeurent. Ainsi, les effets du NLTWB sont plus importants pour les gens originaires d'Amérique du Sud et pour ceux originaires de îles du Pacifique.

Conjointement, cette étude illustre les difficultés à évaluer l'adhésion aux préconisations d'activité physique et à estimer quelles sont les populations à risque, compte tenu des effets négatifs liés à la sédentarité. Pour autant, elle

laisse entrevoir des possibilités de mobilisation même pour des groupes de niveau socioéconomique modeste.

Ajoutons qu'aujourd'hui, urbanistes et autres spécialistes de la planification urbaine ont établi un décompte précis des déplacements de proximité qui peuvent détrôner en partie l'usage intensif de la voiture au profit de la marche ou de la bicyclette. Les opérations de sensibilisation de base à ces questions doivent s'appuyer sur ces constats pour des déplacements à la fois utilitaires et récréatifs (Vernez Moudon et Lee, 2003). Il s'agit là d'une latitude d'action non négligeable pour promouvoir la santé.

De ce point de vue, on peut penser qu'un environnement incitatif permet la constitution d'un modèle élémentaire de mobilisation physique. Ce point est à approfondir sous l'angle de la recherche sociale et à généraliser.

Utilisation et impact des médias

La télévision est généralement considérée comme un fait culturel envahissant l'environnement quotidien et la vie des personnes et des familles (Brownson et coll., 2005). Elle immobilise ces dernières et les soustrait par là-même aux activités physiques. Pour autant, des émissions de télévision peuvent servir à la promotion d'une pratique régulière des activités physiques, comme dans un exemple hollandais *The Netherlands on the Move* (Nom-tv) (Hopman-Rock, 2005). Ce programme quotidien, qui visait d'abord les personnes de plus de 55 ans, a été conçu comme faisant partie d'une campagne nationale de promotion de l'activité physique. L'objectif était de mettre en évidence les facteurs de participation à l'exercice et l'assiduité des personnes à ce programme. Simultanément, une étude réalisée (1 045 personnes interrogées par téléphone, à leur domicile, 988 réponses exploitables) auprès des 35-54 ans et des 55 ans et plus, s'est intéressée aux déterminants de la participation à un programme d'éducation à la santé qui devait être lancé prochainement. Sept mois plus tard, les mêmes personnes ont été à nouveau interrogées par téléphone (362 questionnaires exploitables).

L'émission Nom-tv est diffusée à deux reprises : à 6h45 et à 9h08 du matin, et elle dure à chaque fois 15 minutes, les séquences d'exercices étant entrecoupées de conseils sur la santé. Au terme d'une analyse de régression, il apparaît que ce type de programme intéresse surtout des femmes âgées qui ont une bonne connaissance des bienfaits de l'exercice physique et un faible niveau des obstacles perçus à la participation, imputable pour partie au programme d'exercice déjà proposé par la radio. La participation est conséquente et 21 % des personnes qui suivent l'émission ne sont pas physiquement actives. Quatre années plus tard, ce programme Nom-tv touche chaque jour 30 000 téléspectateurs volontaires à l'émission de 7 h et 90 000 à celle de 9 h.

Les auteurs de l'enquête soulignent le trop faible nombre d'études relatives à l'impact des médias alors même que des travaux australiens (Booth et coll., 1992 ; Bauman et coll., 2001) avaient déjà montré le rôle positif de ce type de campagne médiatique. En outre, une émission comme Nom-tv, par son impact journalier (120 000 téléspectateurs), apparaît comme étant une solution plutôt efficace et peu coûteuse permettant d'atteindre avec succès les personnes âgées non actives, et en particulier les femmes. Cette enquête a bénéficié des avis de la Fondation hollandaise pour le cœur et du ministère de la Santé, de la Protection sociale et des Sports.

Aspects linguistiques et culturels des programmes de communication

Les études qui mentionnent des programmes de sensibilisation aux bienfaits de l'exercice physique montrent que ceux-ci sont désignés souvent par des abréviations concises qui peuvent frapper l'attention des publics visés et être employées comme des outils de communication et de mobilisation collective. Aux États-Unis par exemple, à Portland (Oregon), a été mis en place le *Senior Walking Environmental Audit Tool* (SWEAT, pour « sueur ») (Cunningham et coll., 2005). De même, il existe un instrument d'observation structurée qui a pour appellation SPACES (pour « espaces ») : *Systematic Pedestrian and Cycling Environmental Scan* (Pikora et coll., 2002) qui met l'accent sur l'enjeu spatial à considérer pour développer une activité physique de tous les jours. Le programme « ParticipAction », mêlant des mots explicites à la fois dans la langue anglaise et dans la langue française (Lagarde, 2007) témoigne d'une attention soutenue aux questions de diffusion de l'information. En général, des programmes de ce type suscitent une adhésion collective : participation effective, crédit de sympathie, compréhension des enjeux de santé sous-jacents...

Les stratégies de promotion de l'activité physique incluent la mise en place de campagnes de communication. De telles campagnes de communication-santé sont susceptibles d'influencer la perception des publics, en rapport avec des enjeux de politique de santé, et de renforcer des liens organisationnels (Freimuth et Quinn, 2004). Encore faut-il que ces communications soient conçues du point de vue de l'efficacité et adaptées à la population cible. Les études de François Lagarde, spécialiste en marketing social et professeur associé au Département d'administration de la santé (Université de Montréal) (Lagarde, 2004a et b), prennent en considération le contexte bilingue du Canada et s'appuient sur l'étude du programme canadien ParticipAction (1971-2001). « Si certains concepts sont universels et s'adaptent aux différences culturelles ou socio-linguistiques, d'autres ne passent tout simplement pas ». Le constat est à retenir si l'on envisage de transposer des programmes américanophones à la France, par exemple. « Dès l'élaboration de l'orientation et de la stratégie des campagnes, ParticipAction s'est assuré que les formules utilisées étaient pertinentes aux deux groupes culturels et se

déclinaient aisément dans les deux langues. Des recherches formatives et des pré-tests segmentés ont permis de contrôler ces aspects. Autre point important, ce type d'action n'avait rien de ponctuel. Le programme canadien a bénéficié d'un soutien médiatique ininterrompu. À ces campagnes sont venus s'ajouter des projets d'éducation et de mobilisation financés entre autres par divers échelons des instances gouvernementales. » Dernier aspect à rappeler, souligné par l'auteur, et qui pourrait plus facilement se concevoir en France, des événements sportifs, à l'exemple du « Défi amical inter-villes » ont permis à des millions de personnes de participer à cette action d'envergure.

Le fond et la forme de la communication renvoient ainsi à la maîtrise des usages techniques et contrôlés de la langue. Il semble que l'impact de la communication (messages, slogans, formules choc...) soit efficace dans la mesure où il est relayé par des initiatives concrètes de proximité, avec un caractère ludique évident. Retenons deux autres traits culturels soulignés par Lagarde dans son analyse : « des études ont démontré que le Canada français, contrairement au Canada anglais, réagit mal aux directives et aux prêches. Les conseils y passent mieux lorsqu'ils sont enrobés d'humour et de légèreté » (Lagarde, 2007). Cet exemple de promotion de l'activité physique est à retenir tant pour le traitement méthodologique de l'action programmatique que pour sa capacité à identifier les meilleures conditions possibles de réception des messages et de mobilisation des personnes. Il ne saurait exister de message programmatique diffusé du centre vers la périphérie sans une réappropriation active et récréative à l'échelon local (qui compose la périphérie), doublée d'une dimension ludique mise en valeur. Il s'agit d'un modèle complexe mais qui a déjà fait ses preuves sur le territoire canadien.

Interventions des politiques publiques pour promouvoir l'activité physique

L'intervention des politiques publiques a un prolongement à travers les organisations sportives ou autres qui visent au changement des comportements de santé. Dans ce cas, la notion d'environnement est prise dans un sens restreint et spécialisé. Pour soutenir un changement dans des attitudes inspirées par un souci de santé, la stratégie qui consiste à intervenir dans les clubs et autres structures sportives organisées s'avère être payante. On peut le vérifier dans la lutte contre le tabac, la consommation d'alcool, la trop grande exposition au soleil, les mauvaises habitudes alimentaires, les discriminations sociales... Les organisations sportives jouent donc un rôle important. Un article récent propose une revue de lecture des études qui prennent en considération ces questions de santé (Jackson et coll., 2006). Les auteurs mettent cependant l'accent sur le fait que les études traitées manquent souvent de rigueur scientifique. Ils insistent sur la nécessité de maîtriser des techniques d'évaluation rigoureuses pour mesurer les résultats des campagnes publiques de promotion de la

santé. Pour ce faire, leur étude définit tout un ensemble de critères de contrôle de la modification durable des attitudes (données recueillies avant la campagne de sensibilisation, données recueillies après la campagne). C'est seulement à ces conditions que l'on pourra évaluer l'influence précise de ces opérations et définir des axes stratégiques pour de futures actions de promotion de la santé.

Aux États-Unis et dans les autres pays industriels où l'inactivité est considérée comme un problème de santé publique, les adultes ne trouvent pas suffisamment de directives de santé préconisant l'activité physique. Notant que les études ayant pour thème l'évaluation des interventions sur ce thème sont peu fournies, des auteurs se sont proposés d'élaborer un modèle afin de stimuler des recherches et des applications dans ce domaine (Sallis et coll., 1998). Les auteurs rappellent que la rhétorique sur la promotion de la santé a mis l'accent sur la valeur de l'environnement et de l'intervention de la puissance publique. Ils citent à ce propos la Charte pour la promotion de la santé d'Ottawa (1985) qui définit cinq catégories d'intervention :

- l'élaboration de politiques publiques en faveur de la santé ;
- l'aménagement d'environnements adéquats ;
- le renforcement de l'action concertée ;
- le développement des habiletés personnelles ;
- une réorientation des services de santé.

Or, chacun de ces aspects recoupe directement ou indirectement la problématique des facteurs environnementaux. D'autres chercheurs ont proposé un cadre de référence assez suggestif qui définit la promotion de la santé comme « la combinaison de supports éducationnels et environnementaux pour des actions et des conditions de vie conduisant à la santé » (Green et Kreuter, 1991). Cependant, de telles propositions restent générales. L'étude de Sallis et coll. (1998) s'emploie d'abord à décrire des modèles écologiques pouvant servir de base pour des interventions programmatiques. Dès 1988, McLeroy et ses collègues avaient déjà abordé la question en identifiant cinq niveaux de déterminants comportementaux : les facteurs intrapersonnels (incluant les variables psychologiques et biologiques), la dynamique des relations interpersonnelles, les facteurs institutionnels (organisations, infrastructures d'équipements collectifs), les facteurs relatifs aux liens et aux réseaux inter-institutionnels, les politiques publiques mises en œuvre. Décrire des lieux, rendre compte de leur perception par les intéressés est une chose, de même que décrire des programmes et des interventions publiques (la mobilisation de moyens requis), vérifier leur impact effectif et durable (habitudes acquises, impression d'améliorer sa propre condition physique) est une tout autre opération.

État de la question en France

En France, les politiques actuelles d'aménagement du territoire prennent en considération la question des déplacements quotidiens à pied ou à vélo.

La multiplication des allées piétonnes, dans les centres-villes, le développement des pistes cyclables et leur mise en réseau au niveau inter-communal, incluant des secteurs péri-urbains, sans parler de l'aménagement de parcours de jogging, en sont des signes tangibles. Certaines politiques volontaristes de limitation de la circulation automobile, à l'échelle de villes comme Paris, Lyon, Bordeaux, se traduisent par un service de mise à disposition de vélos, loués ponctuellement pour une somme modique.

Malheureusement, dans les études sur la promotion de l'activité physique, la recherche française en sciences sociales est singulièrement absente. À l'échelle de l'Europe, ce sont surtout les chercheurs finlandais ou allemands, dont les travaux ont une certaine visibilité au niveau des revues internationales de langue anglaise, qui ont le plus contribué à ce domaine de recherche (Stahl et coll., 2002). Les travaux réalisés à l'étranger ne sont pas forcément transposables en France. Il semble cependant que l'on pourrait accorder plus d'attention aux études canadiennes et à de possibles comparaisons constructives (Harvey et coll., 1993).

En France, des campagnes de sensibilisation impulsées au niveau national ont le mérite d'exister et rappellent, de façon périodique, la nécessité d'une activité physique régulière. Concernant les fondements des politiques sportives en France, traités dans un autre chapitre, des compléments peuvent être apportés en évoquant, par exemple, la mobilisation des États généraux du sport³⁶, réunis à la fin de l'année 2002. Toutefois, la question de l'activité physique envisagée au quotidien (déplacements à pied, usage de la bicyclette, promenade) ne reçoit pas de solution réellement satisfaisante car elle est immanquablement ramenée sur le terrain du « sport ».

États généraux du sport

Les États généraux du sport (EGS) ont permis au ministère de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative (MJSVA) et au Comité national olympique et sportif français (CNOSF) de définir un cadre d'analyse et d'ébaucher des priorités d'action, même si l'ensemble garde un caractère quelque peu composite. En effet, les exigences du sport de haut niveau et celles du sport de compétition ne gagnent pas à être traitées sur un même plan que les activités physiques pour tous. Pareillement, ces dernières renvoient à une topographie (l'usage de la marche ou de la bicyclette, l'accès à des espaces libres récréatifs...), à une sociabilité de proximité ou à des âges de la vie qui n'ont pas grand chose à voir avec le sport de compétition.

36. États Généraux du Sport, Groupe Sport/Santé (président Gérard Saillant, rapporteur Claude-Louis Gallien). Contribution au Rapport final des États Généraux du Sport. In : 1^{ère} Biennale de l'AFRAPS, Éducation pour la Santé et Activité Physique et Sportive. Université du Littoral Côte d'Opale, Dunkerque, textes réunis par Jacques Mikulovic (éd). AFRAPS, 2004 : 309-320

D'ailleurs, les constats et les préconisations qui figurent dans la contribution du groupe Sport/Santé des EGS reflètent assez bien, semble-t-il, ces aspects. La plaquette de synthèse des EGS, publiée et diffusée en 2006, présente l'effort français en ce domaine (« La préservation du capital santé par les activités physiques et sportives », p. 38) : « Les bénéfices reconnus de la pratique d'une activité physique régulière (...) font l'objet d'un large consensus (ministère de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative/Comité national olympique et sportif français, 2006). Cette problématique est déclinée dans des programmes internationaux, qui ont aussi une traduction nationale et même une réalité concrète à un échelon de proximité dans de nombreux programmes régionaux de santé publique auxquels sont associés les services déconcentrés du ministère ». La plaquette des EGS rappelle qu'à l'échelle européenne, un groupe de travail restreint auquel participe la France a été mis en place sur le thème « Sport et Santé » (lutte contre l'obésité et contre les conséquences de la vie sédentaire). La plaquette mentionne aussi les principaux programmes « Santé » développés dans le cadre national. Le document évoque enfin « les actions locales départementales et régionales » qui sont caractérisées par une large diversité des types d'intervention et le rôle des fédérations sportives.

Le document de synthèse des EGS, qui détaille l'analyse du groupe Sport/Santé, est plus explicite encore. Il fait porter ses réflexions sur trois axes susceptibles de permettre « le développement d'une politique de prévention associant le sport et la santé : formation (éducation, information, recherche), suivi médical (prévention, soins, antidopage), responsabilités (responsabilisation, assurances, suivi social, réinsertion) » (ministère de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative/Comité national olympique et sportif français, 2006).

Quelques nouvelles pistes à explorer

Certains points soulignés par le groupe Sport/Santé dans sa contribution à la synthèse des EGS recourent les aspects abordés par les enquêtes et études.

L'avenir est incontestablement de prendre en considération le cadre régional et local, à condition de bien clarifier les objectifs visés. La décentralisation, qui s'est mise en place à partir de 1982-1983 (lois du 2 mars 1982, du 7 janvier 1983 et du 22 juillet 1983), ouvre désormais des perspectives nouvelles. Le document évoque « la création de maisons du sport et de la santé, ces structures devant être conçues comme des centres de ressources de proximité (quartiers, municipalités, intercommunalités) et des espaces de promotion de la santé par le sport, permettant la démultiplication de l'action des centres médico-sportifs au sein de pôles régionaux de médecine du sport » (ministère de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative/Comité national olympique et sportif français, 2006, p. 315). Il identifie également des « Populations à caractère spécifique » (p. 317 et suiv.).

En partant du cadre de référence qu'offrent les politiques publiques locales en matière de dynamique territoriale et de maillage des territoires de proximité, il est logique d'aboutir à la définition d'un cadre d'action analogue

tout en faisant porter l'efficacité du dispositif sur l'associativité de proximité, affiliée ou non aux fédérations sportives dites affinitaires (Callède, 2004).

Les médiations institutionnelles de ce type paraissent s'imposer comme une voie prometteuse et l'on en trouve confirmation dans un récent séminaire interfédéral *Eval'form* (conforme aux objectifs généraux du programme HEPA, *Health Enhancing Physical Activity* ; Martin, 2006), dont un compte-rendu détaillé vient d'être publié par la revue « Sport dans la Cité ». Il réunissait les représentants du ministère et de la Fédération nationale des offices municipaux du sport (FNOMS), de la Fédération française entraînement physique dans le monde moderne (FFEPMM), de la Fédération française d'éducation physique et de gymnastique volontaire (FFEPGV) et de la Fédération sportive et gymnique du travail (FSGT) (Sport dans la Cité, n°189, p. 35-41).

On pourrait sans peine mentionner d'autres structures fédérales, comme la Fédération française de la retraite sportive, ou encore les diverses structures qui couvrent les associations sportives du domaine scolaire (USEP, UNSS, UGSEL)³⁷. Les traits culturels propres à la sociabilité sportive associative (convivialité, camaraderie, solidarité...) sont susceptibles d'être mobilisés, en tant que médiations, avec le soutien du ministère et de ses services déconcentrés, mais également au titre du ministère de l'Éducation nationale, pour une généralisation des actions de sensibilisation et d'éducation entreprises, articulant une impulsion nationale et des mobilisations de proximité. Le département pouvant être un bon niveau de coordination des initiatives locales.

Sous l'angle des facteurs environnementaux, il s'agit de considérer que les multiples associations implantées localement peuvent constituer un élément de valorisation de l'exercice physique.

Préconisation de la marche et du vélo

À côté de cette mobilisation associative, complémentaire de l'action qui peut être entreprise dans les établissements scolaires et universitaires, et sur le lieu de travail, dans les entreprises, il est indispensable de reconsidérer sérieusement l'activité physique de tous les jours (déplacements à pied ou à bicyclette), ainsi que le proposent diverses études réalisées à l'étranger. En France, les architectes, urbanistes et aménageurs tout comme les élus politiques n'ignorent pas la question mais ont tendance à la replacer dans une multi-fonctionnalité de la « ville » ou de l'espace social qui éclipse un peu la dimension à la fois spécifique et pratique qui nous intéresse.

En règle générale, les possibilités qui pourraient s'inscrire dans les espaces-temps de liaison (les déplacements journaliers) sont essentiellement abordées en termes d'économie de temps et d'efficacité dans les connexions entre lieux

37. USEP : Union sportive de l'enseignement du premier degré ; UNSS : Union nationale du sport scolaire ; UGSEL : Union générale sportive de l'enseignement libre

d'activités (du domicile au lieu de travail, en passant par l'école, pour les enfants, les achats pour se nourrir, les loisirs...). En règle générale, les déplacements ne sont pas perçus ni investis comme des supports possibles ou potentiels à une activité physique élémentaire (marche, bicyclette). Peut-être s'agit-il là d'une spécificité française, et contrairement à ce que l'on peut observer dans des pays « neufs » pour lesquels, d'une façon générale, le rapport vécu à l'espace est différent (d'où les travaux portant sur des zones d'habitat urbain ou péri-urbain aux États-Unis, Canada, Australie...).

En France, les phases d'activité urbanistique, au lendemain des deux conflits mondiaux (phases de reconstruction, au début des années 1920, puis de la Libération jusqu'au tournant des années 1950) ou au début des années 1960 (retard des constructions à usage d'habitation, sous-équipement scolaire et sportif...), ont probablement sous-estimé ces aspects, en privilégiant d'abord les lieux (et les infrastructures lourdes), secondairement les liens (de sociabilité, de participation sociale) et rarement les liants (caractérisés par les liaisons permettant de connecter les différents lieux fréquentés de façon quotidienne ou hebdomadaire, principalement). Le tout s'inscrivant dans un espace social déjà très dense. Il n'est pas possible d'entrer plus dans le détail dans le cadre de la présente analyse mais l'inventaire de base des bibliographies disponibles (géographie, sociologie, urbanisme) confirmerait ces points. C'est sans doute en s'intéressant aux travaux relatifs à ces expérimentations novatrices qu'ont été les villes nouvelles qu'on trouverait les meilleurs domaines de comparaison avec les études américaines ou australiennes. Créées quasiment de toutes pièces en un temps record, ces villes, résultent du schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme de la région parisienne établi en 1965 et, pour la province, de l'action de la Datar (Délégation à l'aménagement du territoire et à l'action régionale). Les neuf villes nouvelles réunissent aujourd'hui plus d'un million d'habitants. En termes de cadre de vie, leur contexte est peut-être ce qui se rapproche le plus des espaces urbains périphériques intégrés dans les terrains d'enquête des études nord-américaines ou australiennes.

Aujourd'hui, en France, promouvoir l'activité physique élémentaire pour tous relève presque d'une inversion logique : redonner du temps et de l'espace au temps et distances concernant les liaisons, par l'usage de la marche ou du vélo. Parmi les cadres de vie propices à ces usages, les cités (avec espaces verts, allées piétonnes, pistes pour les vélos...) paraissent plus incitatives objectivement que les rues traditionnelles, mais on sait aussi qu'elles ne sont pas perçues comme étant les plus sûres car associées à un bâti dense (immeubles collectifs, tours, barres) abritant une population modeste... Jusqu'à présent, les efforts ont surtout porté sur la maîtrise des espaces-temps de liaison (les liants) afin de préserver les activités quotidiennes et/ou hebdomadaires (dont la place croissante des loisirs). Le temps moyen qu'un habitant des agglomérations de Bruxelles, Genève, Île-de-France accepte de consacrer aux transports reste constant et proche d'une heure (Ravaud, 2004). La place croissante des loisirs (y compris des loisirs passifs ou sédentaires comme aller au cinéma, au spectacle, se rece-

voir entre amis...) s'impose en partie au détriment d'un investissement actif et physique dans les déplacements (avec l'usage de l'automobile, du bus, du tram, du métro...). C'est un aspect de l'inversion logique évoquée plus haut.

Certes les documents utilisés pour rendre compte des efforts de la France dans le domaine de la prévention dans le domaine de la santé par l'activité physique n'ont pas les caractéristiques des enquêtes extensives et quantitatives publiées dans les revues internationales de langue anglaise. En effet, on ne saurait confondre les deux types de travaux. Toutefois, ne perdons pas de vue que bon nombre de ces études publiées en anglais insistent, dans leurs conclusions, sur le fait que des enquêtes complémentaires ou plus approfondies seraient utiles, afin de se conformer aux exigences scientifiques classiques. Ces études se prolongent par des réflexions prescriptives et/ou des orientations programmatiques pertinentes. Elles invitent cependant à poursuivre l'effort dans les directions investiguées. Dès lors, on est en droit de relativiser l'écart de statut entre les deux types de travaux.

En résumé, pour illustrer les éléments de réponse qui sont étayés par des études fiables, en matière d'impact des traits de l'environnement sur l'activité physique, on peut proposer un schéma (figure 6.1). On y retrouve les deux types de facteurs identifiés : dans la partie inférieure les caractéristiques relatives au cadre de vie et à son appropriation ; dans la partie supérieure, les médiations et les vecteurs de mobilisation accrue que sont les messages et préconisations diverses.

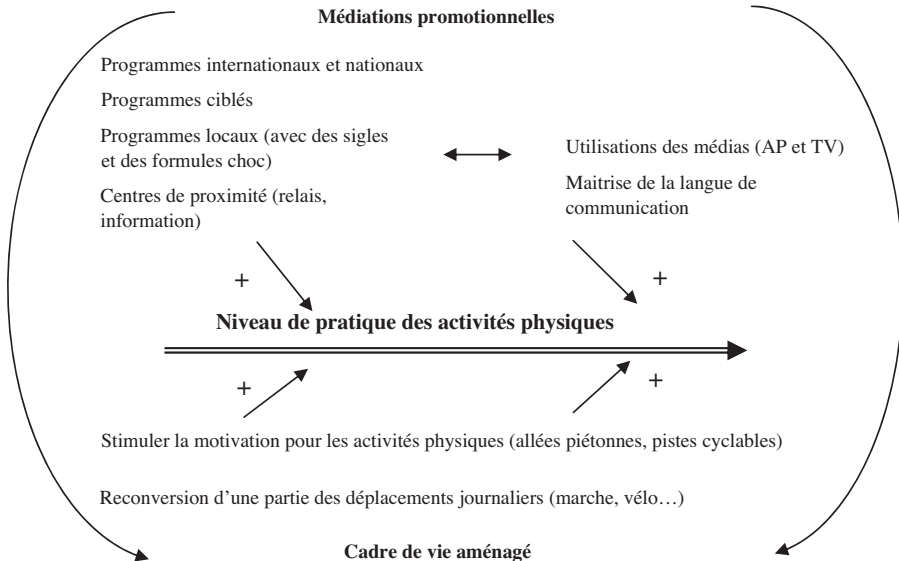


Figure 6.1 : Facteurs environnementaux et leur impact sur la pratique de l'activité physique

Efficacité des interventions de promotion de l'activité physique

La mise en évidence des effets bénéfiques de l'activité physique sur la santé, la prévalence de l'inactivité physique dans les pays industrialisés, l'identification de déterminants modifiables de l'activité physique et le développement des stratégies de promotion de la santé ont conduit au développement d'études d'intervention visant spécifiquement une augmentation de l'activité physique habituelle.

Les dernières années ont vu la publication d'un nombre croissant de méta-analyses ou de revues systématiques des interventions portant sur l'activité physique. De façon générale, les modèles utilisés dans ces interventions sont des modèles « socio-écologiques » du comportement, qui renvoient aux interactions dynamiques entre les individus et leur environnement physique et socio-culturel (Sallis et coll., 1998). Cette démarche répond à la nécessité d'une approche intégrée de la promotion de l'activité physique, centrée sur les changements au niveau des populations plus qu'au niveau individuel.

En tant que comportement, l'activité physique a la particularité de prendre place dans des lieux ou circonstances bien définis. La notion de micro- et macro-environnement prend ainsi une grande importance pour mieux identifier les possibilités d'intervention. Dans ce domaine, on peut distinguer les actions par « secteur » (par exemple, le système des transports, le système éducatif au sens large, le secteur de la santé...) et par « lieu » (par exemple, l'école, l'entreprise, toutes les infrastructures sportives...) (Swinburn et coll., 1999).

Nous envisagerons dans un premier temps les études d'intervention visant une augmentation de l'activité physique à partir des méta-analyses et revues systématiques disponibles, puis nous indiquerons les pistes qui se dessinent en matière de promotion de l'activité physique par secteur ou domaine d'intervention.

Études d'intervention sur l'activité physique

Sallis et coll. (1998) ont été les premiers à réaliser une revue de l'efficacité des interventions de promotion de l'activité physique. Parmi les 7 études analysées dans cette revue, deux études concluaient à l'efficacité de panneaux encourageant l'usage des escaliers (Brownell et coll., 1980 ; Blamey et coll., 1995). Les effets observés restaient cependant de durée limitée. Par ailleurs, l'hétérogénéité des études disponibles était soulignée, ainsi que leur ancienneté, certaines d'entre elles datant du début des années 1980. Les critères de jugement retenus étaient également très variables puisqu'il pouvait s'agir de l'utilisation des escaliers (dans 2 études), de l'assiduité à des séances de jogging, de l'activité totale ou de trajet rapportée par questionnaire ou de la mesure de la capacité cardio-respiratoire.

Dans la revue systématique du *Community Preventive Service* aux États-Unis (Kahn et coll., 2002), les approches de promotion de l'activité physique ont été

classées en 3 grandes catégories : actions d'information, action sur le comportement individuel ou collectif, actions sur l'environnement au sens large. Quatorze études ont été analysées. Concernant les actions d'information, en accord avec la revue de Sallis et coll. (1998), la mise en place de panneaux encourageant l'usage des escaliers était considérée comme efficace. Les autres actions recommandées sont indiquées dans le tableau 6.I.

Tableau 6.I : Promotion de l'activité physique chez l'adulte. Interventions d'efficacité prouvée (d'après Kahn et coll., 2002 ; Hilldson et coll., 2005)

Actions d'information
Campagnes au niveau des communautés
Panneaux pour encourager l'usage des escaliers
Actions sur le comportement individuel ou de groupe
Changements de comportement-santé adapté au niveau individuel
Soutien par l'entourage, l'environnement social au niveau de la communauté
Actions sur l'environnement au sens large
Création ou facilitation de l'accès aux sites et équipements d'activité physique, combinée à une information pour y accéder

On peut noter que dans différentes catégories, c'est la combinaison des approches qui paraissait prometteuse. Par exemple, dans le domaine des actions sur l'environnement, la création ou l'amélioration de l'accès aux sites et infrastructures permettant l'activité physique était reconnue comme efficace quand elle était couplée à la mise à disposition d'une information adaptée, permettant de connaître ces possibilités et de savoir comment s'y rendre. Le tableau 6.II indique un certain nombre d'approches citées dans la revue de Kahn et coll. (2002) mais dont l'efficacité n'avait pas été prouvée. Comme le soulignaient les auteurs, absence de preuve d'efficacité ne veut pas dire absence d'efficacité.

Tableau 6.II : Promotion de l'activité physique chez l'adulte. Interventions d'efficacité non encore prouvée (d'après Kahn et coll., 2002 ; Hilldson et coll., 2005)

Actions d'information « monocomposant »
Publicité, activités promotionnelles
Messages TV, radio, panneaux
Actions sur le comportement individuel ou de groupe
École : éducation à la santé, pause TV/vidéo...
Environnement social : support par l'entourage familial
Actions sur l'environnement au sens large
Programmes encourageant et facilitant les déplacements à pied et en vélo (construction de routes, transports en commun, mise à disposition de vélos et zones piétonnes)

Foster et Hillsdon (2004) ont effectué une revue systématique des études ayant utilisé des interventions sur l'environnement pour augmenter l'activité physique favorable à la santé (« *Health-Enhancing Physical Activity* », HEPA). Les conclusions étaient mitigées avec une augmentation modeste de l'activité physique. Matson-Koffman et coll. (2005) ont passé en revue 129 études sur les interventions environnementales et les programmes de santé publique visant à augmenter l'activité physique (ou améliorer les apports alimentaires). Les interventions pour lesquelles l'efficacité était la plus nette incluaient : les panneaux pour augmenter l'usage des escaliers, l'accessibilité des lieux et occasions de pratique d'activité physique, l'éducation physique à l'école avec augmentation de la durée pendant laquelle les élèves étaient physiquement actifs, les approches intégrées sur le lieu de travail, y compris les approches éducatives, le soutien par les employés et collègues, les « primes » (incitatives) et l'accès aux équipements sportifs.

Une revue *Cochrane* a été effectuée sur le sujet par Hillsdon et coll. (2005). Ces auteurs concluaient que les interventions pouvaient modifier mais seulement de façon modeste l'activité physique d'une part, telle qu'évaluée par questionnaires auto-administrés, et la capacité cardio-respiratoire d'autre part. Selon ces auteurs, les interventions analysées ne permettaient pas d'atteindre un niveau prédéfini d'activité physique, ce qui limite leur portée en termes de respect des recommandations de santé publique pour l'activité physique en tout cas au niveau individuel. Une remarque importante concernait l'impossibilité de définir quels composants des interventions étaient efficaces, du fait de l'hétérogénéité des études disponibles.

Cavill et Foster (2004) ont identifié 4 approches différentes concernant les interventions de promotion de l'activité physique au niveau de la « communauté ». Il s'agissait :

- des approches intégrées au niveau d'une population telles que par exemple les grands programmes de prévention cardiovasculaire ;
- des campagnes utilisant les médias ;
- des approches centrées sur l'individu ;
- des approches visant à modifier l'environnement.

Selon ces auteurs, bien que les programmes à grande échelle aient un certain impact, leur effet au niveau de la population dans son ensemble n'est pas démontré. À l'inverse, les programmes de taille plus restreinte, appliquant à l'échelle de la communauté les techniques de changement de comportement habituellement utilisées au niveau individuel, donneraient des résultats plus probants.

Ces revues systématiques retrouvent donc des arguments considérés comme forts pour l'efficacité des interventions suivantes : éducation physique à l'école avec des professeurs/enseignants bien formés, signes/panneaux pour inciter à l'usage des escaliers, support social au niveau de la communauté et changement de comportement adapté au niveau individuel, approches

intégrées sur le lieu de travail, création ou augmentation de l'accès aux sites d'activité physique associées à l'information pour y parvenir.

Bien que certaines de ces interventions paraissent produire des effets prometteurs, de nombreuses questions méthodologiques restent ouvertes, en particulier en matière d'évaluation non seulement de l'effet des interventions mais de leur mise en place (*process evaluation*, évaluation de processus). Il faut noter également que de très nombreuses « expérimentations naturelles » sont réalisées lors d'actions visant la population, sans évaluation associée de l'impact en termes de santé (Ogilvie et coll., 2004).

Concernant l'analyse de l'efficacité des programmes de promotion de l'activité physique à destination des enfants et des adolescents, la revue de Van Sluijs et coll. (2007) identifie à partir de 57 études, trois types d'interventions : éducatif, environnemental et multicomposant. Ces interventions peuvent avoir lieu à l'école, dans la famille, la communauté, combiner l'école et la communauté ou la famille, ou être faites à partir des soins de santé primaire. La population ciblée peut ne concerner qu'un seul sexe, une minorité ethnique ou socioéconomique. Quatre niveaux de preuves ont été attribués aux études analysées : pas d'effet sur l'activité physique, effet non concluant, effet limité, effet fort. Seuls les programmes multicomposants qui se déroulent à l'école ainsi que dans la communauté et/ou la famille et qui concernent les adolescents montrent un effet fort. Les programmes environnementaux ciblant des populations au niveau socioéconomique faible ont un effet limité pour les enfants. Les autres types d'intervention n'ont pas d'effet démontré ou ne sont pas concluants.

Promotion de l'activité physique par secteur ou domaine

Les relations mises en évidence entre activité physique dans le cadre des transports et réduction de la mortalité (Andersen et coll., 2000) conduisent à promouvoir le transport « actif » pour la promotion de la santé. Ogilvie et coll. (2004) ont effectué une revue systématique des interventions visant à remplacer les déplacements en voiture par la marche ou le vélo. Parmi les 22 études ou actions incluses dans cette revue, seules 4 retrouvaient un effet significatif en termes d'augmentation de l'activité physique. Il existe cependant des exemples de pays, comme la Finlande, où une politique suivie de promotion de l'usage du vélo a été un réel succès (voir la partie « communications » de cet ouvrage). Le gain en termes de santé dans ces exemples ne s'est pas fait aux dépens d'une augmentation du nombre d'accidents (en particulier mortels) et le rapport coût-bénéfice était jugé favorable.

Les interventions de promotion de l'activité physique sur le lieu de travail ont fait l'objet de plusieurs revues (Dishman et coll., 1998 ; Proper et coll., 2003 ; Engbers et coll., 2005) dont les résultats divergent. Seule la revue de Proper et coll. (2003) conclut à un effet significatif sur le niveau d'activité physique mais pas sur la capacité physique.

Programmes en cours en France

Le Programme national nutrition santé (PNNS) lancé en 2001 par le ministère de la Santé et dont l'objectif général est d'améliorer l'état de santé de la population en agissant sur un déterminant majeur, la nutrition, comporte un objectif de lutte contre l'obésité par l'augmentation de la consommation de fruits et légumes et le développement de l'activité physique. Ce programme a donné lieu à des réglementations, des actions de communications et d'éducation ainsi que des déclinaisons régionales et locales. Dans ce cadre, deux exemples d'actions locales innovantes peuvent être cités : le projet du Val-de-Marne qui s'adresse aux jeunes en surpoids dépistés dans les classes de 5^e et comporte une prise en charge éducative et médicale incluant la réduction de la sédentarité et Icaps, intervention auprès des collégiens sur l'activité physique et la sédentarité dans le Bas-Rhin. Dans ce dernier programme, une évaluation cas-témoin à deux ans montre que 87 % des collégiens participants ont augmenté leur activité physique de loisir contre 62 % dans le groupe témoin, 41 % ont diminué leurs comportements sédentaires contre 34 % dans le groupe témoin. La proportion de collégiens présentant un excès de poids a été réduite de 21 % alors qu'elle a continué à croître dans le groupe témoin (passant de 24 % à 28 %) (Simon et coll., 2004 et 2006 ; Inserm, 2006).

En conclusion, certaines interventions de promotion de l'activité physique ont déjà montré une efficacité, ou paraissent particulièrement prometteuses : approches intégrées sur le lieu de travail, transport « actif » dans le cadre de la mise en place de stratégies de planification urbaine et d'aménagement du territoire favorisant l'activité physique au quotidien. Pour ce dernier type d'approche, il faut souligner que les études préalables visant à identifier les relations entre environnement « construit » et habitudes d'activité physique (au niveau individuel) sont encore récentes, et peu développées, particulièrement en France. Ainsi, chez les adultes, la prise en compte de l'environnement (sécurité et présence d'équipements) et du temps disponible est inévitable. L'association d'actions promotionnelles et d'aménagements du cadre de vie constitue un environnement incitatif à la pratique physique. La promotion sur le lieu de travail est un bon moyen d'obtenir des résultats, à la condition que les spécificités culturelles des employés et l'organisation même du travail soient considérées en même temps que le stade d'activité physique des personnels. De même, au niveau local, des politiques développant un environnement propice à l'activité physique, tel que les voies cyclables ou les chemins de randonnée et favorisant l'accès à des équipements sportifs donnent des résultats.

Les auteurs des études disponibles s'accordent pour mettre en avant dans ce domaine la nécessité d'une approche intégrée, multisectorielle, avec un fort engagement au niveau local. Les professionnels de santé peuvent jouer un

rôle moteur dans ce processus en permettant au dialogue de s'établir entre les secteurs et partenaires impliqués, pour capter l'attention de nouveaux acteurs et élaborer des instruments d'évaluation adaptés. L'évaluation est une priorité, tant l'évaluation de l'impact des interventions que l'évaluation de la mise en place des actions, sans oublier l'évaluation coût-bénéfice. Une difficulté est de trouver le juste équilibre entre les stratégies centrées sur les changements de comportement individuel et celles portant sur les modifications de l'environnement (au sens large). Cependant, il faut insister sur l'inefficacité de certaines mesures éducatives en l'absence d'action préalable sur l'environnement de vie des sujets. Ainsi, par exemple promouvoir les déplacements à pied n'a de sens que si la sécurité des personnes est assurée.

BIBLIOGRAPHIE

ADAMS J, WHITE M. Are activity promotion interventions based on the transtheoretical model effective? A critical review. *Br J Sports Med* 2003, **37** :106-114

ALBRIGHT CL, PRUITT L, CASTRO C, GONZALEZ A, WOO S, KING AC. Modifying physical activity in a multiethnic sample of low-income women: one-year results from the IMPACT (Increasing Motivation for Physical ACTivity) project. *Ann Behav Med* 2005, **30** : 191-200

ANDERSEN LB, SCHNOHR P, SCHROLL M, HEIN HO. All-cause mortality associated with physical activity during leisure time, work, sports, and cycling to work. *Arch Intern Med* 2000, **160** : 1621-1628

BAUMAN AE, BELLEW B, OWEN N, VITA P. Impact of an Australian mass media campaign targeting physical activity in 1998. *Am J Prev Med* 2001, **21** : 4147

BERRIGAN D, TROIANO RP, MCNEEL T, DISOGRA C, BALLARD-BARBASH R. Active transportation increases adherence to activity recommendations. *Am J Prev Med* 2006, **31** : 210-216

BERRY TR, HOWE BL. Effects of health-based and appearance-based exercise advertising on exercise attitudes, social physique anxiety and self-presentation in an exercise setting. *Social Behavior and Personality* 2004, **32** : 1-12

BLAMEY A, MUTRIE N, AITCHISON T. Health promotion by encouraged use of stairs. *Br Med J* 1995, **311** : 289-290

BOOTH M, BAUMAN A, OLDENBOURG B, OWEN N, MAGNUS P. Effects of a national mass-media campaign on physical activity participation. *Health Promot Int* 1992, **7** : 241-247

BROWNELL KD, STUNKARD AJ, ALBAUM JM. Evaluation and modification of exercise patterns in the natural environment. *Am J Psychiatry* 1980, **137** : 1540-1545

BROWNSON RC, BOEHMER TK, LUKE DA. Declining rates of physical activity in the United States: what are the contributors? *Annu Rev Public Health* 2005, **26** : 421-443

CALLÈDE JP. Temps libéré, cultures sportives et éducation pour la santé des seniors. Contribution à l'aménagement durable des territoires. In : Éducation pour la Santé et Activité Physique et Sportive. MIKULOVIC J (ed). 1^{ère} Biennale de l'Afraps, Université du Littoral Côte d'Opale, Dunkerque, éd. Afraps, 2004 : 241-245

CALLÈDE JP. Les cultures sportives. Changements dans les espaces et les temps sociaux. Axe Sports, espaces et temps sociaux, colloque Jeux, Sports, Olympisme, Université René Descartes Paris 5, 12 et 13 mai 2006

CARDINAL BJ, SACHS ML. Prospective analysis of stages of exercise movements following mail-delivered, self instructional exercise packets. *Am J Health Promotion* 1995, **6** : 430-432

CAVILL N. National campaigns to promote physical activity : can they make a difference ? *International Journal of Obesity* 1998, **22** (suppl 2) : S48-S51

CAVILL N, FOSTER C. How to promote health-enhancing physical activity: community interventions. In : Health enhancing physical activity. OJA P, BORMS J (eds). Meyer et Meyer, Oxford, 2004 : 369-391

CHEN AH, SALLIS JF, CASTRO CM, HICKMAN SA, LEE RE. A home-based behavioral intervention to promote walking in sedentary ethnic minority women : project WALK. *Women's Health : Research in Gender. Behavior and Policy* 1998, **4** : 19-39

CRUMP CE, EARP JAL, KOZMA CM, HERTZ-PICCIOTTO I. Effect of Organization-Level Variables on Differential Employee Participation in 10 Federal Worksite Health Promotion Programs. *Health Education Quarterly* 1996, **23** : 204-223

CUNNINGHAM GO, MICHAEL YL, FARQUHAR SA, LAPIDUS J. Developing a reliable Senior Walking Environmental Assessment Tool. *Am J Prev Med* 2005, **29** : 215-217

DISHMAN RD, OLDENBURG B, O'NEAL H, SHEPHARD RJ. Worksite Physical Activity Interventions. *Am J Prev Med* 1998, **15** : 344-361

ENGBERS LH, VAN POPPEL MN, CHIN A PAW MJ, VAN MECHELEN W. Worksite health promotion programs with environmental changes: a systematic review. *Am J Prev Med* 2005, **29** : 61-70

FNOMS. Sport dans la cité. Séminaire HEPa, *Revue de la FNOMS* 2006, **189** : 35-41

FOSTER C, HILLSDON M. Changing the environment to promote health-enhancing physical activity. *J Sports Sci* 2004, **22** : 755-769

FREIMUTH VS, QUINN SC. The contributions of health communication to eliminating health disparities. *Am J Public Health* 2004, **94** : 2053-2055

GREEN LW, KREUTER MW. Health promotion planning: an educational and environmental approach. Mayfield Publishing Company, 1991 : 527 p

GROESZ LM, LEVINE MP, MURNEN SK. The effect of experimental presentation of thin media images on body satisfaction : a meta-analytic review. *International Journal of Eating Disorders* 2002, **31** : 1-16

HARVEY J, BEAMISH R, DEFRANCE J. Physical exercise and the welfare state: a framework for comparative analysis. *International Review for Sociology of Sport* 1993, **28** : 53-63

HILLSDON M, CAVILL N, NANCHAHAL K, DIAMOND A, WHITE IR. National level promotion of physical activity : results from England's Active for Life Campaign. *Journal of Epidemiology and Community Health* 2001, **55** : 755-761

HILLSDON M, FOSTER C, THOROGOOD M. Interventions for promoting physical activity. *Cochrane Database Syst Rev* 2005, **25** : CD003180

HOPMAN ROCK M, BORGHOUTS JAJ, LEURS MTW. Determinants of participation in a health education and exercise program on television. *Prev Med* 2005, **41** : 232-239

INSERM. Obésité, bilan et évaluation des programmes de prévention et de prise en charge. Expertise collective, éditions Inserm, 2006 : 217p

JACKSON NW, HOWES FS, GUPTA S, DOYLE J, WATERS E. Policy interventions implemented through sporting organisations for promoting healthy behaviour change. *Cochrane Database Syst Rev* 2005, **2** : CD004809

KAHN EB, RAMSEY LT, BROWNSON RC, HEATH GW, HOWZE EH, POWELL KE, et coll. The effectiveness of interventions to increase physical activity. A systematic review. *Am J Prev Med* 2002, **22** (4 suppl) : 73-107

LAGARDE F. Le défi du bilinguisme : des campagnes réussies dans les deux langues. *Revue Canadienne de santé publique* 2004a, **95** : S32-S34

LAGARDE F. Facteurs clés du succès de ParticipAction. *Revue Canadienne de santé publique* 2004b, **95** : S22-S26

LAGARDE F. La promotion de l'activité physique dans le contexte bilingue canadien : l'exemple de ParticipAction. In : Jeux, sports et francophonie. L'exemple du Canada. AUGUSTIN JP, DALLAIRE C (dir.). Pessac. Ed. MSHA, 2007 : 51-56

LECHNER L, DE VRIES H. Effects of an employee fitness program on reduced absenteeism. *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 1997, **39** : 827-831

MARCUS BH, SIMKIN LR. The transtheoretical model : Application to exercise behavior. *Medecine and Science in Sports and Exercise* 1994, **26** : 1400-1404

MARCUS BH, BANSPACH SW, LEFEBVRE RC, ROSSI JS, CARLETON RA, ABRAMS DB. Using the stages of change model to increase the adoption of physical activity among community participants. *Am J Health Promotion* 1992, **6** : 124-129

MARSHALL SJ, BIDDLE SJ. The transtheoretical model of behavior change: a meta-analysis of applications to physical activity and exercise. *Ann Behav Med* 2001, **23** : 229-246

MATSON-KOFFMAN DM, BROWNSTEIN JN, NEINER JA, GREANEY ML. A site-specific literature review of policy and environmental interventions that promote physical activity and nutrition for cardiovascular health: what works? *Am J Health Promot* 2005, **19** : 167-193

MIILUNPALO S, NUPPONEN R, LAITAKARI J, MARTTILA J, PARONEN O. Stages of change in two modes of health-enhancing physical activity: methodological aspects and promotional implications. *Health Education Research* 2000, **15** : 435-448

MINISTÈRE DE LA JEUNESSE, DES SPORTS ET DE LA VIE ASSOCIATIVE, COMITÉ NATIONAL OLYMPIQUE ET SPORTIF FRANÇAIS. États Généraux du Sport, 2002-2006. La mise en œuvre des mesures pour le développement du sport à l'issue des États Généraux du Sport, 39p

MINISTÈRE DE LA JEUNESSE, DES SPORTS ET DE LA VIE ASSOCIATIVE, COMITÉ NATIONAL OLYMPIQUE ET SPORTIF FRANÇAIS. La mise en œuvre des mesures pour le développement du sport à l'issue des États Généraux du Sport ; 2002-2006. 2006, 38p

OGILVIE D, EGAN M, HAMILTON V, PETTICREW M. Promoting walking and cycling as an alternative to using cars: systematic review. *BMJ* 2004, **329** : 763

PARKS SE, HOUSEMANN RA, BROWNSON RC. Differential correlates of physical activity in urban and rural adults of various socioeconomic background in the United States. *J Epidemiol Community Health* 2003, **57** : 29-35

PERRIN C. Approches psychosociologiques. In : *Activité physique et santé*. MANIDI MJ, DAFFLON-ARVANITOU I (eds). Paris, Masson, 2000

PETERSON RP, ALDANA SG. Improving exercise behavior : An application of the stages of change model in a worksite setting. *Am J Health Promotion* 1999, **13** : 229-232

PIKORA TJ, BULL FCL, JAMROZIK K, KNUIMAN M, GILES-CORTI B, DONOVAN RJ. Developing a reliable audit instrument to measure the physical environment for physical activity. *Am J Prev Med* 2002, **23** : 187-194

PIKORA T, GILES-CORTI B, BULL F, JAMROZIK K, DONOVAN R. Developing a framework for assessment of the environmental determinants of walking and cycling. *Social Science & Medicine* 2003, **56** : 1693-1703

PROCHASKA JO, DICLEMENTE CC. Stages and processes of self-change of smoking: Toward an integrative model of change. *Journal of Consulting and Clinical Psychology* 1983, **51** : 390-395

PROCHASKA JO, VELICER WF. The transtheoretical model of health behavior change. *American Journal of Health Promotion* 1997, **12** : 38-48

PROPER KI, KONING M, VAN DER BEEK AJ, HILDEBRANDT VH, BOSSCHER RJ, VAN MECHELEN W. The effectiveness of worksite physical activity programs on physical activity, physical fitness, and health. *Clin J Sport Med* 2003, **13** : 106-117

RAVAUD M. Économie des transports. Métropole : des transports capricieux. *Le journal du CNRS* septembre 2004, **176** : 8

SALLIS JF, OWEN N. Physical activity and behavioral medicine. Sage, Thousand Oaks, CA, 1999

SALLIS JF, BAUMAN A, PRATT M. Environmental and policy interventions to promote physical activity. *Am J Prev Med* 1998, **15** : 379-397

SIMON C, WAGNER A, DIVITA C, RAUSCHER E, KLEIN-PLATAT C, et coll. Intervention centred on adolescents' physical activity and sedentary behaviour (ICAPS): concept and 6-month results. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2004, **28** : S96-S103

SIMON C, WAGNER A, PLATAT C, ARVEILER D, SCHWEITZER B, et coll. ICAPS: a multilevel program to improve physical activity in adolescents. *Diabetes Metab* 2006, **32** : 41-49

STAHL T, RUTTEN A, NUTBEAM D, KANNAS L. The importance of policy orientation and environment on physical activity participation--a comparative analysis between Eastern Germany, Western Germany and Finland. *Health Promot Int* 2002, **17** : 235-246

SWINBURN B, EGGER G, RAZA F. Dissecting obesogenic environments: the development and application of a framework for identifying and prioritizing environmental interventions for obesity. *Prev Med* 1999, **29** : 563-570

VAN SLUIJS EMF, MCMINN AM, GRIFFIN J. Effectiveness of interventions to promote physical activity in children and adolescents: systematic review of controlled trials. *BMJ* 2007, **335** : 703-716

VERNEZ MOUDON A, LEE C. Walking and bicycling: An evaluation of environmental audit instruments. *American Journal of Health Promotion* 2003, **18** : 21-37

WRITING GROUP FOR THE ACTIVITY COUNSELING RESEARCH GROUP. Effects of physical activity counseling in primary care. The Activity Counseling Trial : A randomized controlled trial. *Journal of the American Medical Association* 2001, **286** : 677-687

YANCEY AK, MCCARTHY WJ, TAYLOR WC, MERLO A, GEWA C, WEBER MD, FIELDING JE. The Los Angeles Lift Off: a sociocultural environmental change intervention to integrate physical activity into the workplace. *Prev Med* 2004, **38** : 848-856

II

Mesures de l'activité physique et effet global sur la santé

7

Mesures et caractéristiques

L'activité physique se définit comme tout mouvement corporel produit par la contraction des muscles squelettiques entraînant une augmentation de la dépense d'énergie au dessus de la dépense de repos. Il s'agit d'un comportement qui se caractérise par plusieurs paramètres pouvant être mesurés au moyen de différentes méthodes.

L'activité physique a un coût énergétique qui peut être traduit en dépense énergétique quantifiable (LaMonte et coll., 2001 ; Schutz et coll., 2001). Les méthodes de mesure de la dépense énergétique permettent de mesurer directement le coût énergétique global de l'activité physique d'un individu. Cependant, elles dépendent de facteurs tels que la masse corporelle, le rendement et l'efficacité du mouvement, rendant difficile la comparaison entre individus (Schutz et coll., 2001).

À l'inverse, les méthodes de mesure de l'activité physique permettent de mesurer et comparer cette activité entre les individus, et également de recueillir les différentes caractéristiques de l'activité physique. Par extrapolation, la dépense énergétique liée à l'activité physique peut également être évaluée. Les indicateurs résultant de la combinaison des paramètres mesurés peuvent être un score, une appartenance à un groupe prédéfini, un temps ou une dépense énergétique.

L'activité physique est un phénomène complexe qui se caractérise par son type (quelle activité physique), sa durée (pendant combien de temps), sa fréquence (quelle régularité et quel fractionnement), son intensité (quel investissement physique et quelle dépense énergétique), et son contexte (quel environnement). Les conditions sociales dans lesquelles elle est pratiquée ont également leur importance (Montoye, 2000). Les variations saisonnières des activités physiques ne facilitent pas leur mesure mais il est nécessaire de les considérer (Uitenbroek, 1993 ; Matthews et coll., 2001a, b et 2002).

Cinq contextes dans lesquels l'activité physique peut se dérouler ont été identifiés : loisir, jardinage/bricolage, tâches ménagères, transport, activité occupationnelle (rémunérée ou non) (Booth, 2000). Il est intéressant de noter que toute activité modérée (c'est-à-dire qui demande un effort physique modéré et fait respirer un peu plus difficilement que normalement),

telles que les activités ménagères (Gunn et coll., 2002 et 2004 ; Brooks et coll., 2004) ou monter les escaliers (Boreham et coll., 2000), permet d'atteindre des bénéfices de santé équivalents et contribue à atteindre les recommandations (Blair et coll., 1992). En effet, une étude menée chez des femmes âgées de 60 à 79 ans a montré que plus des 2/3 des sujets atteignaient les recommandations lorsque les tâches ménagères étaient considérées mais que lorsque ces activités étaient exclues la proportion descendait à 21 % (Lawlor et coll., 2002). La mesure de ces activités n'est pas à négliger du fait de la relation inverse existant entre niveau d'activité physique et mortalité. Weller et Corey ont non seulement montré que plus le niveau d'activité physique est élevé, plus la mortalité diminue chez les femmes mais surtout que cette association est principalement due à l'énergie dépensée dans des activités autres que de loisir, notamment ménagères, qui représentent 82 % de leur activité totale (Weller et coll., 1998). Cependant, le coût énergétique de ces activités ne peut être qu'estimé étant donné les résultats contradictoires des études s'attachant à déterminer le coût énergétique des activités ménagères. Des auteurs ont montré que les tâches ménagères d'intérieur telles que faire les vitres, la poussière ou passer l'aspirateur et la marche à pas lent ne permettent pas d'atteindre un niveau de dépense énergétique modérée (Hendelman et coll., 2000). De plus, les valeurs énergétiques trouvées dans cette étude diffèrent significativement de celles du *compendium* (Ainsworth et coll., 2000b). Plus récemment, Gunn et coll. (2002) ont mis en évidence que les activités telles que la marche à un pas modéré, balayer, faire les vitres et tondre sont réalisées à une intensité modérée mais pas passer l'aspirateur, contrairement au *compendium* (Ainsworth et coll., 2000b).

Par ailleurs, une étude a montré que la prévalence de la marche peut grandement varier selon le type de marche inclus dans l'instrument de mesure, passant de 43 % si seul le temps de loisir est considéré à 81 % si la totalité de la marche est prise en compte (Bates et coll., 2005). Il est donc nécessaire de mieux comprendre la contribution respective de l'activité physique au travail et de l'activité physique de loisir dans le dénombrement du nombre de pas quotidien (Welk et coll., 2000b).

Une même activité physique peut se pratiquer à différentes intensités correspondant au coût énergétique d'un travail physique. En dehors de l'utilisation de méthodes objectives de mesure de la dépense énergétique, il existe deux méthodes pour estimer l'intensité de l'activité physique dont il a été montré qu'elles sont discordantes et qu'elles peuvent conduire à des erreurs de classement des individus par rapport aux recommandations (Wilcox et coll., 2001) :

- demander au sujet d'estimer l'intensité de chaque activité rapportée (légère, modérée, intense) en lui donnant des informations et des exemples ;
- attribuer une intensité à chaque activité rapportée en utilisant un système de classification uniforme.

Le coût énergétique lié à une activité physique peut être exprimé en équivalent métabolique (MET ou *Metabolic Equivalent Tasks* : rapport du coût énergétique d'une activité donnée à la dépense énergétique de repos)³⁸. Le coût énergétique varie en fonction de l'intensité de l'activité physique : <3 METs pour une activité légère, 3-6 METs pour une activité moyenne et >6 METs pour une activité intense. Les tables disponibles dans la littérature permettent d'estimer la valeur énergétique de l'activité physique (Ainsworth et coll., 1993 et 2000b ; Vaz et coll., 2005). Le coût énergétique peut aussi être défini à partir de la perception de l'effort par les sujets eux-mêmes, notamment au moyen de l'échelle de perception de l'effort de Borg (1982), basée sur les sensations physiques qu'ont les sujets lorsqu'ils pratiquent une activité physique (fréquence cardiaque, respiration, transpiration, fatigue musculaire) (Goss et coll., 2003).

Une revue de la littérature a mis en évidence que le cumul de plusieurs périodes courtes (10-15 minutes) d'activité est aussi bénéfique qu'une période longue totalisant la même durée (Hardman, 2001). Des études récentes ont confirmé ces résultats (Lee et coll., 2000 ; Murphy et coll., 2002 ; Osei-Tutu et coll., 2005), bien que d'autres aient montré qu'une marche continue puisse engendrer des bénéfices supplémentaires (Woolf-May et coll., 1999 ; Murtagh et coll., 2005) ou une dépense énergétique supérieure comparé à une marche intermittente (Fulton et coll., 2001).

Peu d'informations sont disponibles sur les bénéfices dérivés de l'accumulation de très courtes périodes d'exercice (5-6 minutes) (Haskell, 2001), mais une étude récente tend à montrer que le cumul de périodes très courtes (50 % ≤ 6 minutes) peut améliorer la forme physique de sujets adultes sédentaires (Macfarlane et coll., 2006).

Les activités de la vie courante sont plus difficiles à mesurer que les exercices intenses car elles sont généralement moins structurées et il est donc plus difficile de s'en rappeler. Elles peuvent également être pratiquées à des intensités variables selon les individus et être cumulées au cours de la journée ce qui rend encore plus difficile les mesures de fréquence, durée et intensité de ces activités (Welk et coll., 2000a).

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour mesurer l'activité physique et/ou la dépense énergétique qui lui est associée.

38. Le MET est l'équivalent métabolique correspondant à la consommation d'oxygène de repos qui équivaut à 3 millilitres d'oxygène par kilogramme de masse corporelle par minute ou à environ 1 kilocalorie par kilogramme de masse corporelle par heure. Les activités physiques peuvent être classées selon la dépense énergétique qu'elles engendrent. Par exemple, une activité physique de 2 METs exige une consommation d'oxygène 2 fois plus importante que celle de repos.

Méthodes de mesure de l'activité physique et de la dépense énergétique

Des ouvrages sont consacrés à la présentation des différentes méthodes de mesure de l'activité physique et de la dépense énergétique (Montoye et coll., 1996 ; Welk, 2002) et de nombreux articles sont également disponibles dans la littérature (Melanson et coll., 1996 ; Haskell et coll., 2000 ; *International Life Sciences Institute*, 2000 ; Schutz et coll., 2001 ; Oppert, 2001 et 2004 ; Vanhees et coll., 2005). Des études s'attachent plus particulièrement à faire le point des méthodes existantes selon la pathologie considérée (Casillas et coll., 2005 ; Pitta et coll., 2006) alors que d'autres s'intéressent à repérer les spécificités de la mesure dans des populations particulières, telles que les enfants et les adolescents (Sirard et coll., 2001 ; Trost, 2001) mais aussi les personnes âgées (Starling et coll., 1999).

Nous distinguerons les méthodes de mesure de l'activité physique des méthodes de mesure de la dépense énergétique (tableau 7.I) (LaMonte et coll., 2001).

Tableau 7.I : Méthodes de mesure de l'activité physique et de la dépense énergétique (d'après LaMonte et coll., 2001 ; Sirard et coll., 2001)

	Activité physique	Dépense énergétique
Critères de références	Observation	Calorimétrie directe Calorimétrie indirecte (eau doublement marquée, consommation d'oxygène)
Mesures secondaires	Podomètre Accéléromètre	Fréquence cardiaque
Mesures déclaratives	Rappel d'activité (auto-administré, entretien) par le sujet ou une tierce personne Journal/log	

Méthodes de mesure de l'activité physique

L'observation du comportement, le recensement de déclarations d'activité physique et les mesures effectuées à l'aide d'instruments portables permettent donc de rendre compte du niveau d'activité physique. Nous allons examiner ces différentes méthodes une à une.

Observation

L'observation directe du comportement par des observateurs est l'une des premières méthodes de mesure de l'activité physique qui nécessite la présence de l'observateur sur le terrain. L'observation indirecte consiste à enregistrer

les comportements des personnes puis à les visionner. Dans les deux cas, l'observation est menée par des observateurs entraînés qui utilisent des grilles d'observation pour relever les activités du sujet et les éléments qui s'y rapportent. Elle permet de caractériser l'activité physique et de quantifier les différents paramètres qui s'y rapportent. L'observation peut porter sur l'activité physique dans son ensemble ou sur un aspect spécifique du mouvement (partie du corps, nombre de mouvements par unité de temps, distance, durée, tempo, continuité, rythmicité du mouvement...) (Montoye et coll., 1996 ; McKenzie, 2002).

Cette technique est plus particulièrement utilisée chez les enfants du fait de la difficulté à utiliser d'autres méthodes dans cette population mais n'est pas utilisée dans les enquêtes épidémiologiques (tableau 7.II).

Tableau 7.II : Atouts et limites de l'observation

Atouts	Limites
Recueil d'informations en temps réel	Acceptabilité de l'observateur par le sujet (intrusif, influence sur le comportement)
Objectivité	Nombre d'observateurs nécessaires
Possibilité d'analyse du mouvement	Consommateur de temps
Ressources matérielles limitées (sauf si enregistrement vidéo)	Travail fastidieux (fatigue des observateurs)
	Reproductibilité inter-observateurs

Journal/Log

Le journal ou le log est une méthode déclarative qui consiste en un relevé régulier de l'activité physique par le sujet lui-même sur un formulaire préparé à l'avance. Le journal fournit un compte-rendu détaillé de toutes les activités physiques d'une journée alors que le log est un recueil continu de la participation du sujet à certaines activités physiques ; l'heure de début et de fin d'activité étant relevée au moment ou peu de temps après l'arrêt de l'activité physique. Le log diffère du journal par le fait que toutes les activités de la journée ne sont pas reportées (Haskell et coll., 2000). Le journal est rarement utilisé comme instrument de mesure seul mais plus fréquemment en complément d'une autre méthode. Cette méthode nécessite une bonne coopération des sujets et est inappropriée chez les enfants voire chez certaines personnes âgées. Ses atouts sont son faible coût et la possibilité de relever des données chez un grand nombre de sujets en même temps.

Rappel d'activité (questionnaire)

Le rappel d'activité est également une méthode déclarative qui se présente sous la forme d'un questionnaire rempli par le sujet lui-même, en auto-

administration ou au cours d'un entretien, ou par une tierce personne (enseignant, assistante maternelle, conjoint...). Les questionnaires sont souvent utilisés dans les études épidémiologiques pour déterminer quel est leur niveau d'activité physique habituel. Ils sont traditionnellement conçus de manière à ce que le sujet reporte le type d'activité pratiquée, la fréquence, la durée et l'intensité. Les questionnaires se présentent sous différentes formes : papier³⁹, assisté par ordinateur (Berthouze et coll., 1993 ; Vuillemin et coll., 2000), à remplir sur le web (Marsden et coll., 2001) et leurs périodes de rappel sont variables pouvant s'étendre sur la vie du sujet (Friedenreich et coll., 1998 ; Vuillemin et coll., 2000 ; Chasan-Taber et coll., 2002).

Les indicateurs d'activité physique fournis sont calculés à partir d'informations recueillies à l'aide de questions ouvertes ou fermées (échelle de Likert, ensemble fini de modalités). Il est important de signaler que les indicateurs de dépense énergétique obtenus à partir de questionnaires restent imprécis du fait des multiples facteurs qui en influencent leur calcul, en particulier les caractéristiques physiques du sujet (âge, sexe, taille, poids) et les conditions environnementales et sociales de la pratique (température, altitude, humidité, niveau...) ; leur interprétation doit donc rester prudente. En effet, la validité d'un questionnaire peut varier du fait du poids du sujet (Norman et coll., 2001).

De nombreux questionnaires de mesure de l'activité physique sont disponibles dans la littérature. La plupart d'entre eux sont des questionnaires génériques, administrables en population générale. Certains questionnaires ont été spécifiquement élaborés pour mesurer l'activité physique au travail, d'autres ne mesurent que l'activité physique de loisir, mais de plus en plus, les questionnaires intègrent les différents contextes de pratique et permettent de mesurer l'activité physique habituelle globale. Des questionnaires ont plus particulièrement été conçus pour être administrés à des enfants/adolescents (Kohl et coll., 2000 ; Tessier et coll., 2007), des personnes âgées (DiPietro et coll., 1993 ; Washburn et coll., 1993 ; Pols et coll., 1995 ; Schuit et coll., 1997 ; Washburn et coll., 1999 ; Washburn, 2000 ; Harada et coll., 2001 ; Stewart et coll., 2001 ; Schuler et coll., 2001 ; Robert et coll., 2004 ; Taylor-Piliae et coll., 2006). De plus, des questionnaires élaborés pour les adultes (Baecke et coll., 1982 ; Berthouze et coll., 1993) comme le MLTPAQ (*Minnesota Leisure-Time Physical Activity Questionnaire*) (Taylor et coll., 1978 ; Sallis et coll., 1985) ont été adaptés ou utilisés dans des populations de personnes âgées (Voorrips et coll., 1991 ; Cartmel et coll., 1992 ; Bonnefoy et coll., 1996 ; Bonnefoy et coll., 2001). Les propriétés psychométriques de certains d'entre eux sont adaptées à des populations spécifiques, telles que les femmes enceintes (*Kaiser Physical*

39. À ce sujet, voir : A collection of physical activity questionnaire for health-related research. In : Med Sci Sports Exerc 1997, 29 (suppl)

Activity Survey) (Schmidt et coll., 2006), les sujets atteints du VIH/SIDA (*Baecke Physical Activity Questionnaire*) (Florindo et coll., 2006), de schizophrénie (IPAQ, *International Physical Activity Questionnaire*) (Faulkner et coll., 2006), de déficiences (Washburn et coll., 2002 ; Pitta et coll., 2006) ou d'obésité (*Baecke Physical Activity Questionnaire*, IPAQ) (Tehard et coll., 2005) voire les personnes âgées atteintes de douleur au genou ou d'infirmité physique (Martin et coll., 1999). Des questionnaires ont également été spécialement élaborés pour mesurer : l'activité physique chez des sujets déficients atteints de maladies chroniques (Rimmer et coll., 2001), les contraintes mécaniques exercées sur l'os (de Ridder et coll., 2002 ; Kemper et coll., 2002), une activité spécifique comme la marche (Giles-Corti et coll., 2006) ; mais aussi pour permettre au médecin de famille d'identifier rapidement les sujets insuffisamment actifs (Marshall et coll., 2005). En fonction du questionnaire administré et du mode de calcul du score appliqué, l'estimation de la proportion de sujets suivant les recommandations d'activité physique peut fortement varier (Sarkin et coll., 2000) et les comparaisons internationales sont donc difficiles (Zhu, 2000). Le questionnaire IPAQ est un des rares questionnaires ayant fait l'objet de traduction-adaptation en plusieurs langues⁴⁰ et dont les propriétés psychométriques ont été explorées (Craig et coll., 2003 ; Rutten et coll., 2003a et b). Cependant, ce questionnaire semble surestimer le niveau d'activité physique (Rzewnicki et coll., 2003).

L'utilisation de cette méthode est particulièrement problématique chez les enfants âgés de moins de 10 ans (Pate, 1993) du fait de leurs capacités cognitives et du caractère sporadique de l'intensité et de la durée de l'activité physique. Le tableau 7.III présente les atouts et les limites des questionnaires de rappel d'activité.

Actimétrie

L'actimétrie est une méthode objective de mesure de l'activité d'un sujet, un dispositif permettant de quantifier le mouvement. Nous disposons actuellement d'appareils, portables à la ceinture ou à la cheville, qui permettent d'enregistrer les variations de vitesse des membres ou de la masse corporelle afin de rendre compte de l'activité physique voire de l'énergie dépensée au cours d'activités variées. Il existe deux principes de mesure de l'activité physique au moyen de détecteurs de mouvements. Le premier repose sur le principe du comptage des pas au moyen d'un podomètre. Le second intègre l'accélération du mouvement quantifiée à l'aide d'un accéléromètre.

40. www.ipaq.ki.se

Tableau 7.III : Atouts et limites du rappel d'activité (d'après Sallis et coll., 2000 ; Shephard, 2003)

Atouts	Limites
Faible coût	Précision du rappel
Application facile	Plusieurs facteurs liés à l'instrument et au sujet
Recueil des caractéristiques des activités physiques	(contexte des questions, âge, facteurs culturels, statut professionnel, capacité cognitive...)
Valide pour classer les sujets dans des catégories d'activité physique (Strath et coll., 2000)	modifie la précision du rappel (Durante et coll., 1996)
Prise en compte de la variation saisonnière des activités physiques si période de rappel suffisamment importante	Biais de mémoire, d'interprétation de la part du sujet (activités de faible intensité, anciennes, longueur de la période de rappel) (Washburn et coll., 2000 ; Bonnefoy et coll., 2001)
Utilisable dans des enquêtes épidémiologiques	Conception du questionnaire : questionnaires proposant un intervalle de réponse ont montré une quantité d'activité physique rapportée plus élevée comparé aux questions ouvertes (Sarkin et coll., 2000). Les questionnaires courts et simples montrent généralement des coefficients de reproductibilité et de validité plus élevés que des questionnaires longs (Bonnefoy et coll., 2001)
	Tables des coûts énergétiques : la plupart des données disponibles ont été dérivées de populations limitées en nombre de sujets, genre (un seul genre), âge (jeunes) et les valeurs ne sont pas disponibles pour toutes les activités physiques
	Surestimation du temps et sous-estimation de la dépense énergétique (Tzetzis et coll., 2001 ; Walsh et coll., 2004)
	Usage inapproprié des échelles ordinales ou des indices résumés basés sur des intervalles ou des <i>ratios</i> pour évaluer les effets de l'activité physique (Zhu, 1996 et 2000)
	Validité (corrélation entre mesure observée et critère externe) difficile à établir

Podomètre

Le podomètre est le premier des appareils portables utilisé pour rendre compte du niveau d'activité physique. Il a été conçu pour comptabiliser le nombre de pas sur une période de temps à partir de l'enregistrement des mouvements réalisés dans le plan vertical (Bassett et coll., 2000). Le nombre de pas peut être converti en une distance voire une dépense énergétique si des paramètres sont renseignés dans l'appareil (longueur du pas moyen, sexe, âge, poids). Le podomètre fournit une estimation satisfaisante de l'activité physique si les mouvements coïncident avec les déplacements verticaux du centre de gravité du corps (marche, course, saut, mais aussi mouvements parasites). Tout mouvement dans le plan vertical (comme se lever d'une chaise) peut éventuellement être détecté et compté pour un pas selon le seuil de réglage du podomètre (Schonhofer et coll., 1997). Une mauvaise reproductibilité a été observée pour des vitesses lentes (Welk et coll.,

2000b) pouvant être expliquée par le fait que les accélérations sont moins prononcées au niveau de la hanche et donc mal comptabilisées (Bassett et coll., 1996). En effet, des degrés de sensibilité variés ont été relevés selon les podomètres (Bassett et coll., 1996 ; Hendelman et coll., 2000). La comparaison d'un podomètre (*Yamax Digi Walker 200*) à un accéléromètre uniaxial (*CSA accelerometer*) a montré que le podomètre est moins sensible que l'accéléromètre pour détecter la marche. Le seuil d'accélération verticale requis pour enregistrer un pas est plus élevé pour le podomètre ($0,35xg$ versus $0,30xg$) (Tudor-Locke et coll., 2002). Certains podomètres sont plus précis que d'autres mais la tension des ressorts présents dans ces appareils peut varier à l'intérieur d'une même marque. « Les podomètres sont précis pour évaluer le nombre de pas, moins précis pour évaluer une distance et encore moins précis pour évaluer les kilocalories » (Crouter et coll., 2003). Le podomètre est limité dans sa capacité à évaluer la distance marchée ou l'énergie dépensée du fait de l'accroissement de la longueur du pas avec l'augmentation de la vitesse de marche (Bassett et coll., 1996). Une étude comparant les mesures entre le podomètre *Yamax-Digiwalker-500®* et l'eau doublement marquée (voir partie « Méthodes de mesure de la dépense énergétique ») a montré que la dépense énergétique liée à l'activité physique estimée à partir du nombre de pas est sous-estimée de 59 % comparé à l'eau doublement marquée (Leenders et coll., 2001).

L'activité physique ne se limite pas à la marche ou à l'activité des membres inférieurs ce qui peut restreindre l'utilisation de cet appareil. Mais du fait que la marche et la course représentent une part importante de notre activité, le podomètre reste valable pour estimer la quantité totale de mouvements quotidiens (Crouter et coll., 2003). Des recommandations ont alors été élaborées afin de faciliter l'interprétation des données recueillies au moyen de cet appareil (Tudor-Locke et coll., 2004 et 2005) (tableau 7.IV).

Tableau 7.IV : Atouts et limites du podomètre

Atouts	Limites
Simple, facile d'utilisation	Données fournies : nombre de pas, estimation d'une distance
Faible coût	Pas d'information sur la nature de l'activité physique, le temps passé et l'intensité de ces activités
Acceptable, léger, petite taille	Pas de sensibilité au changement de vitesse, pas de détection de l'augmentation du coût métabolique du fait de la graduation de la marche ou du port d'une charge
Feed-back immédiat	Tendance à sous-estimer la marche très lente (Cyarto et coll., 2004)
Utile pour favoriser et contrôler la marche (atteinte du nombre de pas recommandé) ou dans un contexte d'éducation à la santé (intéressant comme instrument de modification du comportement) (Welk et coll., 2000b)	Impossibilité de segmenter l'activité dans le temps
Porté dans les conditions de la vie courante	Activités : marche, course (pas d'enregistrement des activités n'impliquant pas les membres inférieurs)
	Moins sensible qu'un accéléromètre (seuil d'accélération verticale plus élevé pour détecter un pas) ; validité
	Pas de mémorisation ni d'enregistrement des données qui doivent être relevées

Accéléromètre

L'accéléromètre est un appareil porté pour enregistrer les accélérations et les décélérations occasionnées par les mouvements du sujet. L'accélération peut être mesurée dans un plan ou plusieurs plans (Mathie et coll., 2004). Les accéléromètres uniaxiaux détectent les mouvements dans le plan vertical, ils peuvent être imprécis pour les activités avec des mouvements statiques du tronc comme faire du vélo et ramer (Freedson et coll., 2000). Les accéléromètres triaxiaux sont capables de détecter les mouvements dans trois plans (vertical, médio-latéral et antéro-postérieur), mais ils peuvent être sensibles aux vibrations, comme par exemple celles occasionnées en voiture (Le Masurier et coll., 2003). L'accélération de la masse corporelle et/ou des membres étant proportionnelle à la dépense énergétique, l'accéléromètre est également utilisé pour estimer une dépense énergétique liée à l'activité physique à partir d'équations pré-établies intégrant les caractéristiques du sujet. L'accéléromètre permet d'obtenir une mesure valide de l'activité physique mais l'estimation de la dépense énergétique est moins précise (Pate, 1993 ; Hendelman et coll., 2000) avec la possibilité de sous-estimation de la dépense énergétique pour des intensités basses et de surestimation pour des intensités plus élevées (Montoye et coll., 1983 ; Maliszewski et coll., 1991), de surestimation du coût énergétique de la marche et de sous-estimation de celui des autres activités du fait de l'incapacité à détecter les mouvements des bras (Bassett et coll., 2000) ou de conditions incompatibles (natation). Ainsi, l'accéléromètre peut sous-estimer la dépense énergétique quotidienne de 50-55 % (comparé à l'eau doublement marquée) (Starling et coll., 1999) ainsi que celle des activités telles que le golf et les tâches ménagères jusqu'à 55 % (Hendelman et coll., 2000). De plus, des études (Bassett et coll., 2000 ; Ainsworth et coll., 2000a) montrent des résultats discordants avec les coûts énergétiques disponibles dans le *compendium* (Ainsworth et coll., 1993 ; Ainsworth et coll., 2000b). Les accéléromètres diffèrent par la sensibilité au mouvement et la manière dont le mouvement est enregistré et traité par l'appareil, mais malgré une technologie et une sensibilité différente, ces instruments fournissent les mêmes paramètres⁴¹ (Bassett et coll., 2000 ; Welk et coll., 2000a).

L'appareil peut se porter au niveau de la hanche, du bas du dos ou de la cheville selon les modèles. Une période d'enregistrement de 3 à 5 jours, à raison d'un minimum de 10 h par jour, est nécessaire pour estimer le niveau habituel d'activité physique, 7 jours étant l'idéal (Trost et coll., 2005). L'utilisation simultanée d'un journal ou d'un rappel d'activité pour relever les activités permet d'augmenter la précision de la mesure. Le tableau 7.V présente les atouts et les limites de l'accéléromètre.

41. Le supplément du journal *Medicine and Science in Sports and Exercise* (2005, vol. 37) intitulé « Objective monitoring of physical activity. Closing the gaps in the science of accelerometry » fournit des explications détaillées sur les aspects techniques des accéléromètres.

Tableau 7.V : Atouts et limites de l'accéléromètre (d'après Trost et coll., 2005 ; Ward et coll., 2005)

Atouts	Limites
Objectivité	Coût
Petite taille	Expertise technique pour analyser les données
Portable sur une période de temps longue sans interférence avec le mouvement normal	Matériels informatiques (stockage des données, logiciels)
Conditions de la vie courante	Précision limitée dans l'estimation de la dépense énergétique (Leenders et coll., 2001)
Capacité à enregistrer les données en continu sur de longues périodes de temps	Manque d'équations valides pour des populations spécifiques pour chaque instrument (Welk et coll., 2000a)
Données fournies : durée, fréquence, intensité du mouvement, segmentation des périodes de pratique	Traditionnellement validé en laboratoire sur tapis roulant (marche ou course) et non validé par des mesures directes de coûts énergétiques dans les conditions de la vie courante ou au cours d'activités autres que de locomotion
Application en pratique clinique (Culhane et coll., 2005)	Disponibilité des équations utilisées pour convertir les informations enregistrées en dépense énergétique
	Compliance à considérer même si faible rôle des sujets (allumer l'accéléromètre, vérifier le positionnement correct, éviter les chocs, vérifier le niveau de la batterie)
	(20 % de non compliance dans une population de sujets âgés (Kochersberger et coll., 1996) et 19 % chez des patients atteints de broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO) (Pitta et coll., 2005)

Méthodes de mesure de la dépense énergétique

Les méthodes de mesure de la dépense énergétique incluent essentiellement la calorimétrie directe, la calorimétrie indirecte et la fréquence cardiaque.

Calorimétrie directe

La calorimétrie directe repose sur la mesure de la production de chaleur. La quantification des composants de la perte de chaleur dans une chambre calorimétrique (enceinte hermétique) permet de calculer la dépense énergétique associée à partir du principe d'égalité entre production de chaleur et dépense énergétique.

Cette méthode précise permet de calculer la dépense énergétique globale sans limitation d'activités ou d'intensités, mais le peu d'équipements disponibles et le coût de la calorimétrie en font une méthode peu utilisée. Il est de plus très difficile de reproduire la complexité des activités dans lesquelles les sujets s'engagent dans la vie courante.

Calorimétrie indirecte

Cette méthode inclut à la fois l'eau doublement marquée et la consommation d'oxygène. La méthode de l'eau doublement marquée (Prentice, 1990 ; Schoeller et coll., 1991 ; Speakman, 1998) est reconnue comme critère de

référence pour l'évaluation de la dépense énergétique en situation réelle et la validation d'autres méthodes de mesure de la dépense énergétique liée à l'activité physique (Melanson et coll., 1996). Une étude récente souligne les difficultés d'utiliser cette méthode comme critère standard de validation du fait du rôle de la composition corporelle (Masse et coll., 2004).

Le principe de l'eau doublement marquée consiste à déterminer la production de dioxyde de carbone en mesurant la différence d'élimination d'isotopes stables marqués (deutérium et oxygène-18) à partir de l'eau corporelle totale. Le sujet ingère de l'eau contenant une concentration connue d'isotopes d'hydrogène (deutérium) et d'oxygène (oxygène-18) dont la quantité dépend de sa masse corporelle. Les isotopes se mélangent à l'eau corporelle et sont éliminés en quelques jours dans les fluides corporels. L'hydrogène marqué est éliminé du corps sous forme d'eau (urines principalement, sueur, respiration) et l'oxygène marqué est éliminé sous forme d'eau et de dioxyde de carbone. Le métabolisme de l'eau corporelle est estimé en mesurant quotidiennement la concentration de deutérium dans des échantillons d'urine ou de salive. La différence de taux d'excrétion entre les traceurs, déterminé au moyen d'un spectromètre de masse, reflète le volume de dioxyde de carbone produit pendant la période d'observation (3 semaines maximum).

La précision et la nature non invasive de cette méthode en font un outil idéal pour l'étude du métabolisme énergétique chez l'Homme (Schoeller, 1999). Elle permet de calculer une dépense énergétique globale sur une période de temps déterminée mais ne permet pas de connaître la quantité d'énergie dépensée sur des périodes plus brèves à l'intérieur de cette période de temps. Le type d'activité pratiquée n'est pas pris en compte et doit être relevé séparément. La dépense énergétique liée à l'activité physique peut être estimée en faisant la différence entre la dépense énergétique totale, le métabolisme de repos, et la thermogenèse alimentaire (tableau 7.VI).

Tableau 7.VI : Atouts et limites de la calorimétrie indirecte

Atouts	Limites
Faible nécessité de coopération de la part du sujet	Disponibilité du sujet Coût
Précision, validité	Disponibilité de l'oxygène-18 Matériel (spectromètre de masse)
Reflète l'activité du sujet en situation réelle	Expertise technique pour la préparation de l'échantillon et des mesures Estimation du quotient respiratoire (connaître la consommation d'oxygène) : délai d'au moins 3 jours pour avoir une moyenne de dépense énergétique quotidienne
Caractère non invasif	Mesure globale de la dépense énergétique (dépense énergétique liée à l'activité physique obtenue par déduction) Pas de segmentation de l'activité Pas de portrait qualitatif de l'activité physique Nécessité de combiner avec une autre méthode
	Non applicable en pratique clinique courante ou dans des études de populations

Consommation d'oxygène (calorimétrie indirecte)

Les échanges gazeux pulmonaires en oxygène et en dioxyde de carbone sont essentiellement fonction de leur utilisation ou libération par les tissus au cours de l'effort. L'évaluation de la dépense énergétique au moyen de mesures respiratoires est fondée sur la relation existant entre la consommation d'oxygène et le coût énergétique de l'oxydation des substrats énergétiques (Jequier et coll., 1987).

La consommation maximale d'oxygène, appelée VO_2 max, représente la quantité maximale d'oxygène que l'organisme peut prélever, transporter, et consommer par unité de temps (ml/kg/min) ; plus elle est élevée, plus grande est l'endurance⁴².

L'utilisation de la consommation d'oxygène pour quantifier la dépense énergétique dans des études de population est limitée pour plusieurs raisons : coûts, matériel encombrant et importun malgré les matériels portables (King et coll., 1999), manque de validité et de reproductibilité bien établi dans des contextes de terrain variés (LaMonte et coll., 2001).

Fréquence cardiaque

La fréquence cardiaque est un paramètre physiologique communément utilisé comme une méthode objective de mesure de la dépense énergétique (Strath et coll., 2000 ; Epstein et coll., 2001). L'appareil de mesure se compose d'un émetteur et d'un récepteur. L'émetteur est porté au niveau de la poitrine et le récepteur, identique à une montre digitale, est porté au poignet. La fréquence cardiaque est enregistrée toutes les 15, 30, 45, ou 60 secondes pendant 24 heures. La dépense énergétique est déterminée individuellement à partir d'équations de régressions établies en mesurant simultanément la consommation d'oxygène et la fréquence cardiaque au repos et au cours d'exercices de différents niveaux. L'utilisation de la fréquence cardiaque pour estimer la dépense énergétique repose sur le postulat que la fréquence cardiaque est directement liée à la consommation d'oxygène (Ainslie et coll., 2003). Cette relation n'est pas toujours linéaire pour les activités d'intensité faible et très élevée (Freedson et coll., 2000). Du fait que beaucoup d'activités quotidiennes sont d'intensité faible à modérée (Ainsworth et coll., 1993 ; Ainsworth et coll., 2000b), l'enregistrement de la fréquence cardiaque peut ne pas fournir une estimation précise de la dépense énergétique quotidienne dans les conditions de la vie courante. Toutefois, la fréquence cardiaque peut être utilisée pour estimer la dépense énergétique (Wareham et coll., 1997 ; Kurpad et coll., 2006) mais la précision de l'estimation dépend du type de fréquence

42. L'endurance est la capacité de maintenir, pendant une durée prolongée, un effort d'intensité donnée.

cardiaque (FC) utilisé⁴³ (Hilloskorpi et coll., 2003) et des paramètres inclus pour prédire la dépense énergétique liée à l'activité physique (Hilloskorpi et coll., 1999). Une étude plus récente a montré que l'estimation de la dépense énergétique liée à l'activité physique à partir de la fréquence cardiaque est possible après ajustement selon l'âge, le genre, la masse corporelle et la forme physique (Keytel et coll., 2005) ; toutefois, son utilisation chez les adolescents n'est pas recommandée (Ekelund et coll., 2001 ; Epstein et coll., 2001).

La nécessité de développer de nouvelles courbes de calibration individuelle fréquence cardiaque-consommation d'oxygène et les facteurs pouvant affecter la fréquence cardiaque (stress, température corporelle, prise de médicaments...) font de l'enregistrement de la fréquence cardiaque une méthode moins adaptée à des recherches liées à la santé que pour l'entraînement sportif par exemple (LaMonte et coll., 2001). Cependant, la fréquence cardiaque peut être utile dans une approche intégrant plusieurs méthodes (Haskell et coll., 1993 ; Healey, 2000). L'utilisation de ce paramètre combiné avec un accéléromètre donne des résultats intéressants et prometteurs (Eston et coll., 1998 ; Truth et coll., 1998). Le tableau 7.VII présente les atouts et les limites de la fréquence cardiaque.

Tableau 7.VII : Atouts et limites de la fréquence cardiaque

Atouts	Limites
Faible coût Acceptabilité	Nécessité de définir la relation entre la fréquence cardiaque et la dépense énergétique pour chaque sujet ce qui implique le recours à la calorimétrie indirecte Facteurs intrinsèques et extrinsèques de variation de la fréquence cardiaque sans modification de la dépense énergétique Pas d'informations sur les caractéristiques de l'activité physique

Ces méthodes de mesure de la dépense énergétique fournissent des données sur une période de temps limitée, elles sont utiles en tant que critère d'évaluation d'autres méthodes (Montoye, 2000).

Autres paramètres physiologiques

Une étroite relation entre la température corporelle et la dépense énergétique a été rapportée dans des conditions de laboratoire. Cependant, cette approche n'est pas utilisable pour estimer une dépense énergétique du fait du

43. Différentes évaluations de la fréquence cardiaque : FC ; % de la FC de réserve = $100 \times [(FC \text{ activité} - FC \text{ repos}) / (FC \text{ max} - FC \text{ repos})]$; différence entre FC activité et FC repos (FC nette) ; la prédiction de la dépense énergétique est plus précise avec l'utilisation de FC réserve ou FC nette que FC

délai (environ 40 min) nécessaire pour atteindre un état stable de la température corporelle. De plus, la relation température corporelle-dépense énergétique est altérée par des conditions climatiques chaudes et humides et par le niveau de forme. Pour ces raisons, cette méthode ne convient pas dans la plupart des circonstances. Si le contrôle de la température corporelle n'est pas adapté en tant que seule mesure de la dépense énergétique, cette approche peut être utile comme partie d'un système de monitoring (Healey, 2000).

Il existe également une relation étroite entre la ventilation et la consommation d'oxygène mais les mêmes limites que celles décrites pour la consommation d'oxygène peuvent s'appliquer à la ventilation. Un appareil électronique porté autour du thorax servant à détecter la réponse ventilatoire au cours de l'activité physique a été proposé comme méthode de mesure de la dépense énergétique dans les conditions de la vie courante (Healey, 2000). Séparément ou combiné à d'autres méthodes, ce système pourrait permettre d'améliorer l'estimation de la dépense énergétique sur le terrain mais les données établissant les propriétés de cet instrument ne sont pas encore disponibles (LaMonte et coll., 2001).

L'évaluation de l'activité physique par le biais d'une question sur la sueur reste limitée du fait qu'il peut y avoir des interférences avec d'autres variables pouvant influencer le fait de suer (Washburn et coll., 1990 ; Dominguez-Berjon et coll., 1999) mais cet indicateur semble potentiellement intéressant chez les sujets atteints de maladie coronarienne (Gruner et coll., 2002). Des études complémentaires sont nécessaires avant de recommander une utilisation en population générale (Dominguez-Berjon et coll., 1999).

L'estimation de la dépense énergétique à partir de l'enregistrement de la pression sanguine n'est pas recommandée du fait du manque de validité des mesures à partir des appareils portables (notamment au cours d'exercices intenses) et de l'influence des paramètres émotionnels sur la pression sanguine. De plus, bien que l'augmentation de la pression systolique varie de façon quasi linéaire avec l'intensité, elle diffère selon l'exercice, que ce dernier soit dynamique ou statique (Montoye et coll., 1996).

Les différents paramètres cités sont tous liés à la dépense énergétique et peuvent être enregistrés par des équipements portés par le sujet. Néanmoins, ces méthodes sont limitées en précision et/ou faisabilité pour estimer la dépense énergétique dans des populations ou des conditions particulières.

En conclusion, la multiplicité et la diversité des méthodes et instruments sont certainement le reflet de l'intérêt et de la complexité de la mesure des activités physiques rendue difficile tant par la variété, les formes et les conditions de pratique, que par les contraintes liées aux relations entre activité physique et santé. Les différentes méthodes mesurent généralement diffé-

rents composants de l'activité physique et ne sont donc pas forcément comparables car elles ne permettent pas d'obtenir les mêmes informations. Il n'existe pas une méthode qui permette de mesurer tous les paramètres de l'activité physique dans les conditions de la vie courante (Schutz et coll., 2001) et de fournir une dépense énergétique précise. La combinaison de méthodes offre la possibilité de recueillir des informations complémentaires et d'augmenter la précision de ces informations (Sallis et coll., 2000). Par exemple, l'accéléromètre est fréquemment couplé à un journal, un rappel d'activité ou à un cardiofréquence-mètre, voire à un GPS (*Global Positioning System*). La combinaison d'un accéléromètre et d'un cardiofréquence-mètre pour mesurer l'activité physique date des années 1990 mais la disponibilité d'un seul appareil combinant les deux est récente ; l'Actiheart™ permet de procéder à un enregistrement sur une durée de 11 jours (Brage et coll., 2005 ; Corder et coll., 2005 ; Brage et coll., 2006).

Certaines des méthodes décrites sont également utilisées pour mesurer l'inactivité physique (Evenson et coll., 2005 ; Garnier et coll., 2006) et le comportement sédentaire (Macera et coll., 2001). Des mesures indirectes de l'activité physique basées sur le recensement et la fréquentation des environnements (installations et équipements sportifs, parcs, pistes de marche ou cyclable) favorables à l'activité physique ainsi que sur la perception de cet environnement par le sujet font leur apparition.

L'applicabilité d'un instrument de mesure peut s'apprécier au travers de 5 critères : le coût financier ou le coût en temps pour l'investigateur et le sujet, l'acceptabilité, le caractère intrusif ou la capacité à modifier l'activité du sujet, la fiabilité et la validité. Toutefois, le choix d'une méthode dépend avant tout du contexte et de l'objectif de la mesure.

BIBLIOGRAPHIE

AINSLIE P, REILLY T, WESTERTERP K. Estimating human energy expenditure: a review of techniques with particular reference to doubly labelled water. *Sports Med* 2003, **33** : 683-698

AINSWORTH BE, HASKELL WL, LEON AS. Compendium of physical activities: energy costs of human movement. *Med Sci Sports Exerc* 1993, **25** : 71-78

AINSWORTH BE, BASSETT DR JR, STRATH SJ, SWARTZ AM, O'BRIEN WL, et coll. Comparison of three methods for measuring the time spent in physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 2000a, **32** : S457-S464

AINSWORTH BE, HASKELL WL, WHITT MC, IRWIN ML, SWARTZ AM, et coll. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc* 2000b, **32** : S498-S516

BAECKE JAH, BUREMA J, FRIJTERS JER. A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. *Am J Clin Nutr* 1982, **36** : 936-942

BASSETT DR JR, AINSWORTH BE, LEGGETT SR, MATHIEN CA, MAIN JA, et coll. Accuracy of five electronic pedometers for measuring distance walked. *Med Sci Sports Exerc* 1996, **28** : 1071-1077

BASSETT DR JR, AINSWORTH BE, SWARTZ AM, STRATH SJ, O'BRIEN WL, KING GA. Validity of four motion sensors in measuring moderate intensity physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 2000, **32** : S471-S480

BATES JH, SERDULA MK, KHAN LK, JONES DA, GILLESPIE C, AINSWORTH BE. Total and leisure-time walking among U.S. adults should every step count? *Am J Prev Med* 2005, **29** : 46-50

BERTHOUBE SE, MINAIRE PM, CHATARD JC, BOUTET C, CASTELLS J, LACOUR JR. A new tool for evaluating energy expenditure: the "Q.A.P.S.E." development and validation. *Med Sci Sports Exerc* 1993, **25** : 1405-1414

BLAIR SN, KOHL HW, GORDON NF, PAFFENBARGER RSJR. How much physical activity is good for health? *Annu Rev Public Health* 1992, **13** : 99-126

BONNEFOY M, KOSTKA T, BERTHOUBE SE, LACOUR JR. Validation of a physical activity questionnaire in the elderly. *Eur J Appl Physiol* 1996, **74** : 528-533

BONNEFOY M, NORMAND S, PACHIAUDI C, LACOUR JR, LAVILLE M, KOSTKA T. Simultaneous validation of ten physical activity questionnaires in older men: a doubly labeled water study. *J Am Geriatr Soc* 2001, **49** : 28-35

BOOTH M. Assessment of physical activity: an international perspective. *Res Q Exerc Sport* 2000, **71** : S114-S120

BOREHAM CA, WALLACE WF, NEVILL A. Training effects of accumulated daily stair-climbing exercise in previously sedentary young women. *Prev Med* 2000, **30** : 277-281

BORG GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982, **14** : 377-381

BRAGE S, BRAGE N, FRANKS PW, EKELUND U, WAREHAM NJ. Reliability and validity of the combined heart rate and movement sensor Actiheart. *Eur J Clin Nutr* 2005, **59** : 561-570

BRAGE S, BRAGE N, EKELUND U, LUAN J, FRANKS PW, et coll. Effect of combined movement and heart rate monitor placement on physical activity estimates during treadmill locomotion and free-living. *Eur J Appl Physiol* 2006, **96** : 517-524

BROOKS AG, WITHERS RT, GORE CJ, VOGLER AJ, PLUMMER J, CORMACK J. Measurement and prediction of METs during household activities in 35- to 45-year-old females. *Eur J Appl Physiol* 2004, **91** : 638-648

CARTMEL B, MOON TE. Comparison of two physical activity questionnaires, with a diary, for assign physical activity in an elderly population. *J Clin Epidemiol* 1992, **45** : 877-883

CASILLAS JM, DELEY G, SALMI-BELMIHOUB S. Assessment of physical activity in cardiovascular diseases. *Ann Readapt Med Phys* 2005, **48** : 404-410

CHASAN-TABER L, ERICKSON JB, MCBRIDE JW, NASCA PC, CHASAN-TABER S, FREEDSON PS. Reproducibility of a self-administered lifetime physical activity questionnaire among female college alumnae. *Am J Epidemiol* 2002, **155** : 282-289

CORDER K, BRAGE S, WAREHAM NJ, EKELUND U. Comparison of PAEE from combined and separate heart rate and movement models in children. *Med Sci Sports Exerc* 2005, **37** : 1761-1767

CRAIG CL, MARSHALL AL, SJOSTROM M, BAUMAN AE, BOOTH ML, et coll. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Med Sci Sports Exerc* 2003, **35** : 1381-1395

CROUTER SE, SCHNEIDER PL, KARABULUT M, BASSETT DR JR. Validity of 10 electronic pedometers for measuring steps, distance, and energy cost. *Med Sci Sports Exerc* 2003, **35** : 1455-1460

CULHANE KM, O'CONNOR M, LYONS D, LYONS GM. Accelerometers in rehabilitation medicine for older adults. *Ageing* 2005, **34** : 556-560

CYARTO EV, MYERS AM, TUDOR-LOCKE C. Pedometer accuracy in nursing home and community-dwelling older adults. *Med Sci Sports Exerc* 2004, **36** : 205-209

DE RIDDER CM, KEMPER HC, BERTENS MJ, VAN GAMEREN AC, RAS E, et coll. Concurrent validity of a weight-bearing activity questionnaire in prepubertal and pubertal girls and boys. *Ann Hum Biol* 2002, **29** : 237-246

DIPIETRO L, CASPERSEN CJ, OSTFELD AM, NADEL ER. A survey for assessing physical activity among older adults. *Med Sci Sports Exerc* 1993, **25** : 628-642

DOMINGUEZ-BERJON F, BORRELL C, NEBOT M, PLASENCIA A. Physical activity assessment in population surveys: can it really be simplified? *Int J Epidemiol* 1999, **28** : 53-57

DURANTE R, AINSWORTH BE. The recall of physical activity: using a cognitive model of the question-answering process. *Med Sci Sports Exerc* 1996, **28** : 1282-1291

EKELUND U, POORTVLIET E, YNGVE A, HURTIG-WENNLOV A, NILSSON A, SJOSTROM M. Heart rate as an indicator of the intensity of physical activity in human adolescents. *Eur J Appl Physiol* 2001, **85** : 244-249

EPSTEIN LH, PALUCH RA, KALAKANIS LE, GOLDFIELD GS, CERNY FJ, ROEMMICH JN. How much activity do youth get? A quantitative review of heart-rate measured activity. *Pediatrics* 2001, **108** : E44

ESTON RG, ROWLANDS AV, INGLEDEW DK. Validity of heart rate, pedometry, and accelerometry for predicting the energy cost of children's activities. *J Appl Physiol* 1998, **84** : 362-371

EVENSON KR, MCGINN AP. Test-retest reliability of adult surveillance measures for physical activity and inactivity. *Am J Prev Med* 2005, **28** : 470-478

FAULKNER G, COHN T, REMINGTON G. Validation of a physical activity assessment tool for individuals with schizophrenia. *Schizophr Res* 2006, **82** : 225-231

FLORINDO AA, LATORRE MDO R, SANTOS EC, NEGRAO CE, AZEVEDO LF, SEGURADO AA. Validity and reliability of the Baecke questionnaire for the evaluation of habitual physical activity among people living with HIV/AIDS. *Cad Saude Publica* 2006, **22** : 535-541

FREEDSON PS, MILLER K. Objective monitoring of physical activity using motion sensors and heart rate. *Res Q Exerc Sport* 2000, **71** : S21-S29

FRIEDENREICH CM, COURNEYA KS, BRYANT HE. The lifetime total physical activity questionnaire: development and reliability. *Med Sci Sports Exerc* 1998, **30** : 266-274

FULTON JE, MASSE LC, TORTOLERO SR, WATSON KB, HEESCH KC, et coll. Field evaluation of energy expenditure from continuous and intermittent walking in women. *Med Sci Sports Exerc* 2001, **33** : 163-170

GARNIER D, BENEFICE E. Reliable method to estimate characteristics of sleep and physical inactivity in free-living conditions using accelerometry. *Ann Epidemiol* 2006, **16** : 364-369

GILES-CORTI B, TIMPERIO A, CUTT H, PIKORA TJ, BULL FC, et coll. Development of a reliable measure of walking within and outside the local neighborhood: RESIDE's Neighborhood Physical Activity Questionnaire. *Prev Med* 2006, **42** : 455-459

GOSS F, ROBERTSON R, DASILVA S, SUMINSKI R, KANG J, METZ K. Ratings of perceived exertion and energy expenditure during light to moderate activity. *Percept Mot Skills* 2003, **96** : 739-747

GRUNER C, ALIG F, MUNTWYLER J. Validity of self-reported exercise-induced sweating as a measure of physical activity among patients with coronary artery disease. *Swiss Med Wkly* 2002, **132** : 629-632

GUNN SM, BROOKS AG, WITHERS RT, GORE CJ, OWEN N, et coll. Determining energy expenditure during some household and garden tasks. *Med Sci Sports Exerc* 2002, **34** : 895-902

GUNN SM, VAN DER PLOEG GE, WITHERS RT, GORE CJ, OWEN N, et coll. Measurement and prediction of energy expenditure in males during household and garden tasks. *Eur J Appl Physiol* 2004, **91** : 61-70

HARADA ND, CHIU V, KING AC, STEWART AL. An evaluation of three self-report physical activity instruments for older adults. *Med Sci Sports Exerc* 2001, **33** : 962-970

HARDMAN AE. Issues of fractionization of exercise (short vs long bouts). *Med Sci Sports Exerc* 2001, **33** : S421-S427

HASKELL WL. What to look for in assessing responsiveness to exercise in a health context. *Med Sci Sports Exerc* 2001, **33** : S454-S458

HASKELL WL, KIERNAN M. Methodologic issues in measuring physical activity and physical fitness when evaluating the role of dietary supplements for physically active people. *Am J Clin Nutr* 2000, **72** : 541S-550S

HASKELL WL, YEE MC, EVANS A, IRBY PJ. Simultaneous measurement of heart rate and body motion to quantitate physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 1993, **25** : 109-115

HEALEY J. Future possibilities in electronic monitoring of physical activity. *Res Q Exerc Sport* 2000, **71** : 137-145

HENDELMAN D, MILLER K, BAGGETT C, DEBOLD E, FREEDSON P. Validity of accelerometry for the assessment of moderate intensity physical activity in the field. *Med Sci Sports Exerc* 2000, **32** : S442-S449

HILLOSKORPI HK, FOGELHOLM M, LAUKKANEN R, PASANEN M, OJA P, et coll. Factors affecting the relation between heart rate and energy expenditure during exercise. *Int J Sports Med* 1999, **20** : 438-443

HIILOSKORPI HK, PASANEN ME, FOGELHOLM MG, LAUKKANEN RM, MANTTARI AT. Use of heart rate to predict energy expenditure from low to high activity levels. *Int J Sports Med* 2003, **24** : 332-336

INTERNATIONAL LIFE SCIENCES INSTITUTE. Measurement of moderate physical activity: advances in assessment techniques. *Med Sci Sports Exerc* 2000, **32**

JEQUIER E, FELBER JP. Indirect calorimetry. Baillieres. *Clin Endocrinol Metab* 1987, **1** : 911-935

KEMPER HC, BAKKER I, TWISK JW, VAN MECHELEN W. Validation of a physical activity questionnaire to measure the effect of mechanical strain on bone mass. *Bone* 2002, **30** : 799-804

KEYTEL LR, GOEDECKE JH, NOAKES TD, HIILOSKORPI H, LAUKKANEN R, et coll. Prediction of energy expenditure from heart rate monitoring during submaximal exercise. *J Sports Sci* 2005, **23** : 289-297

KING GA, MCLAUGHLIN JE, HOWLEY ET, BASSETT DRJR, AINSWORTH BE. Validation of Aerosport KB1-C portable metabolic system. *Int J Sports Med* 1999, **20** : 304-308

KOCHERSBERGER G, MCCONNELL E, KUCHIBHATLA MN, PIEPER C. The reliability, validity, and stability of a measure of physical activity in the elderly. *Arch Phys Med Rehabil* 1996, **77** : 793-795

KOHL HW, FULTON JE, CASPERSEN CJ. Assessment of physical activity among children and adolescents: a review and synthesis. *Prev Med* 2000, **31** : 54-76

KURPAD AV, RAJ R, MARUTHY KN, VAZ M. A simple method of measuring total daily energy expenditure and physical activity level from the heart rate in adult men. *Eur J Clin Nutr* 2006, **60** : 32-40

LAMONTE MJ, AINSWORTH BE. Quantifying energy expenditure and physical activity in the context of dose response. *Med Sci Sports Exerc* 2001, **33** : S370-S378

LAWLOR DA, TAYLOR M, BEDFORD C, EBRAHIM S. Is housework good for health? Levels of physical activity and factors associated with activity in elderly women. Results from the British Women's Heart and Health Study. *J Epidemiol Community Health* 2002, **56** : 473-478

LE MASURIER GC, TUDOR-LOCKE C. Comparison of pedometer and accelerometer accuracy under controlled conditions. *Med Sci Sports Exerc* 2003, **35** : 867-871

LEE IM, SESSO HD, PAFFENBARGER RSJR. Physical activity and coronary heart disease risk in men: does the duration of exercise episodes predict risk? *Circulation* 2000, **102** : 981-986

LEENDERS NYJM, SHERMAN WM, NAGARAJA HN, KIEN CL. Evaluation of methods to assess physical activity in free-living conditions. *Med Sci Sports Exerc* 2001, **33** : 1233-1240

MACERA CA, HAM SA, JONES DA, KIMSEY CD, AINSWORTH BE, NEFF LJ. Limitations on the use of a single screening question to measure sedentary behavior. *Am J Public Health* 2001, **91** : 2010-2012

MACFARLANE DJ, TAYLOR LH, CUDDIHY TF. Very short intermittent vs continuous bouts of activity in sedentary adults. *Prev Med* 2006, **43** : 332-336

MALISZEWSKI AF, FREEDSON PS, EBBELING CJ, CRUSSEMEYER J, KASTANGO KB. Validity of the Caltrac accelerometer in estimating energy expenditure and activity in children and adults. *Pediatr Exerc Sci* 1991, **3** : 141-151

MARSDEN J, JONES RB. Validation of Web-based questionnaires regarding osteoporosis prevention in young British women. *Health Bull (Edinb)* 2001, **59** : 254-262

MARSHALL AL, SMITH BJ, BAUMAN AE, KAUR S. Reliability and validity of a brief physical activity assessment for use by family doctors. *Br J Sports Med* 2005, **39** : 294-297

MARTIN KA, REJESKI WJ, MILLER ME, JAMES MK, ETTINGER WH, MESSIER SP. Validation of the PASE in older adults with knee pain and physical disability. *Med Sci Sports Exerc* 1999, **31** : 627-633

MASSE LC, FULTON JE, WATSON KL, MAHAR MT, MEYERS MC, WONG WW. Influence of body composition on physical activity validation studies using doubly labeled water. *J Appl Physiol* 2004, **96** : 1357-1364

MATHIE MJ, COSTER AC, LOVELL NH, CELLER BG. Accelerometry: providing an integrated, practical method for long-term, ambulatory monitoring of human movement. *Physiol Meas* 2004, **25** : R1-20

MATTHEWS CE, FREEDSON PS, HEBERT JR, STANEK EJIII, MERRIAM PA, et coll. Seasonal variation in household, occupational, and leisure time physical activity: longitudinal analyses from the seasonal variation of blood cholesterol study. *Am J Epidemiol* 2001a, **153** : 172-183

MATTHEWS CE, HEBERT JR, FREEDSON PS, STANEK EJIII, MERRIAM PA, et coll. Sources of variance in daily physical activity levels in the seasonal variation of blood cholesterol study. *Am J Epidemiol* 2001b, **153** : 987-995

MATTHEWS CE, AINSWORTH BE, THOMPSON RW, BASSETT DRJR. Sources of variance in daily physical activity levels as measured by an accelerometer. *Med Sci Sports Exerc* 2002, **34** : 1376-1381

MCKENZIE TL. Use of direct observation to assess physical activity. In : Physical activity assessments for health-related research. WELK GJ (ed). Human Kinetics, Champaign, IL, 2002 : 179-195

MELANSON ELJR, FREEDSON PS. Physical activity assessment: a review of methods. *Crit Rev Food Sci Nutr* 1996, **36** : 385-396

MONTOYE HJ. Introduction: evaluation of some measurements of physical activity and energy expenditure. *Med Sci Sports Exerc* 2000, **32** : S439-S441

MONTOYE HJ, WASHBURN R, SERVAIS S, ERTL A, WEBSTER JG, NAGLE FJ. Estimation of energy expenditure by a portable accelerometer. *Med Sci Sports Exerc* 1983, **15** : 403-407

MONTOYE HJ, KEMPER HCG, SARIS WHM, WASHBURN RA. Measuring physical activity and energy expenditure. Human Kinetics, Champaign, IL, 1996

MURPHY M, NEVILL A, NEVILLE C, BIDDLE S, HARDMAN A. Accumulating brisk walking for fitness, cardiovascular risk, and psychological health. *Med Sci Sports Exerc* 2002, **34** : 1468-1474

MURTAGH EM, BOREHAM CA, NEVILL A, HARE LG, MURPHY MH. The effects of 60 minutes of brisk walking per week, accumulated in two different patterns, on cardiovascular risk. *Prev Med* 2005, **41** : 92-97

NORMAN A, BELLOCCO R, BERGSTROM A, WOLK A. Validity and reproducibility of self-reported total physical activity-differences by relative weight. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2001, **25** : 682-688

OPPERT JM. Mesure des dépenses énergétiques et de l'activité physique. In : *Traité de nutrition clinique de l'adulte*. BASDEVANT A, LAVILLE M, LERBOURS E (eds). Flammarion, Paris, 2001 : 337-343

OPPERT JM. Mesure des dépenses énergétiques et de l'activité physique. In : *Traité de Médecine, Tome 1*. GODEAU P, HERSON S, PIETTE JC (eds). Flammarion, Paris, 2004 : 1567-1571

OSEI-TUTU KB, CAMPAGNA PD. The effects of short- vs. long-bout exercise on mood, VO₂max, and percent body fat. *Prev Med* 2005, **40** : 92-98

PATE RR. Physical activity assessment in children and adolescents. *Crit Rev Food Sci Nutr* 1993, **33** : 321-326

PITTA F, TROOSTERS T, SPRUIT MA, PROBST JC, DECRAMER M, GOSSELINK R. Characteristics of physical activities in daily life in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2005, **171** : 972-977

PITTA F, TROOSTERS T, PROBST VS, SPRUIT MA, DECRAMER M, GOSSELINK R. Quantifying physical activity in daily life with questionnaires and motion sensors in COPD. *Eur Respir J* 2006, **27** : 1040-1055

POLS MA, PEETERS PHM, BUENO-DE-MESQUITA HB. Validity and repeatability of a modified Baecke questionnaire on physical activity. *Int J Epidemiol* 1995, **24** : 388

PRENTICE A. The doubly-labelled water method for measuring energy expenditure. Technical recommendations for use in humans. International Atomic Energy Agency, Vienna, 1990

RIMMER JH, RILEY BB, RUBIN SS. A new measure for assessing the physical activity behaviors of persons with disabilities and chronic health conditions: the Physical Activity and Disability Survey. *Am J Health Promot* 2001, **16** : 34-42

ROBERT H, CASILLAS JM, ISKANDAR M, D'ATHIS P, ANTOINE D, et coll. The Dijon physical activity score: reproducibility and correlation with exercise testing in healthy elderly subjects. *Ann Readapt Med Phys* 2004, **47** : 546-554

RUTTEN A, VUILLEMIN A, OOIJENDIJK WT, SCHENA F, SJOSTROM M, et coll. Physical activity monitoring in Europe. The European Physical Activity Surveillance System (EUPASS) approach and indicator testing. *Public Health Nutr* 2003a, **6** : 377-384

RUTTEN A, ZIEMAINZ H, SCHENA F, STAHL T, STIGGELBOUT M, et coll. Using different physical activity measurements in eight European countries. Results of the European Physical Activity Surveillance System (EUPASS) time series survey. *Public Health Nutr* 2003b, **6** : 371-376

RZEWNICKI R, VANDEN AUWEELE Y, DE BOURDEAUDHUIJ I. Addressing overreporting on the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) telephone survey with a population sample. *Public Health Nutr* 2003, **6** : 299-305

SALLIS JF, SAELENS BE. Assessment of physical activity by self-report: status, limitations, and future directions. *Res Q Exerc Sport* 2000, **71** : S1-14

SALLIS JF, HASKELL WL, WOOD PD. Physical activity assessment methodology in the Five-City Project. *Am J Epidemiol* 1985, **121** : 91-106

SARKIN JA, NICHOLS JF, SALLIS JF, CALFAS KJ. Self-report measures and scoring protocols affect prevalence estimates of meeting physical activity guidelines. *Med Sci Sports Exerc* 2000, **32** : 149-156

SCHMIDT MD, FREEDSON PS, PEKOW P, ROBERTS D, STERNFELD B, CHASAN-TABER L. Validation of the Kaiser Physical Activity Survey in pregnant women. *Med Sci Sports Exerc* 2006, **38** : 42-50

SCHOELLER DA. Recent advances from application of doubly labeled water to measurement of human energy expenditure. *J Nutr* 1999, **129** : 1765-1768

SCHOELLER DA, FJELD CR. Human energy metabolism: what have we learned from the doubly labelled water method? *Annu Rev Nutr* 1991, **11** : 355-373

SCHONHOFER B, ARDES P, GEIBEL M, KOLHER D, JONES PW. Evaluation of a movement detector to measure daily activity in patients with chronic lung disease. *Eur Respir J* 1997, **10** : 2814-2819

SCHUIT AJ, SCHOUTEN EG, WESTERTERP KR, SARIS WHM. Validity of the physical activity scale (PASE) for the elderly according to energy expenditure assessed by the doubly labelled water method. *J Clin Epidemiol* 1997, **50** : 541-546

SCHULER PB, RICHARDSON MT, OCHOA P, WANG MQ. Accuracy and repeatability of the Yale physical activity survey in assessing physical activity of older adults. *Percept Mot Skills* 2001, **93** : 163-177

SCHUTZ Y, WEINSIER RL, HUNTER GR. Assessment of free-living physical activity in humans: an overview of currently available and proposed new measures. *Obes Res* 2001, **9** : 368-379

SHEPHARD RJ. Limits to the measurement of habitual physical activity by questionnaires. *Br J Sports Med* 2003, **37** : 197-206

SIRARD JR, PATE RR. Physical activity assessment in children and adolescents. *Sports Med* 2001, **31** : 439-454

SPEAKMAN JR. The history and theory of the doubly labelled water technique. *Am J Clin Nutr* 1998, **68** : 932S-938S

STARLING RD, MATTHEWS DE, ADES PA, POEHLMAN ET. Assessment of physical activity in older individuals. *J Appl Physiol* 1999, **86** : 2090-2096

STEWART AL, MILLS KM, KING AC, HASKELL WL, GILLIS D, RITTER PL. CHAMPS physical activity questionnaire for older adults: outcomes for interventions. *Med Sci Sports Exerc* 2001, **33** : 1126-1141

STRATH SJ, SWARTZ AM, BASSETT DRJR, O'BRIEN WL, KING GA, AINSWORTH BE. Evaluation of heart rate as a method for assessing moderate intensity physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 2000, **32** : S465-S470

TAYLOR HL, JACOBS DR, SCHUCKER B, KNUDSEN J, LEON AS, DEBACKER GA. A questionnaire for the assessment of leisure time physical activities. *J Chron Dis* 1978, **31** : 741-755

TAYLOR-PILIAE RE, NORTON LC, HASKELL WL, MAHBOUDA MH, FAIR JM, et coll. Validation of a New Brief Physical Activity Survey among Men and Women Aged 60-69 Years. *Am J Epidemiol* 2006, **164** : 598-606

TEHARD B, SARIS WH, ASTRUP A, MARTINEZ JA, TAYLOR MA, et coll. Comparison of Two Physical Activity Questionnaires in Obese Subjects: The NUGENOB Study. *Med Sci Sports Exerc* 2005, **37** : 1535-1541

TESSIER S, VUILLEMIN A, BRIANCON S. Revue des questionnaires de mesure de l'activité physique validés chez les enfants et les adolescents. *Arch Pediatr* 2007, soumis

TREUTH MS, ADOLPH AL, BUTTE NF. Energy expenditure in children predicted from heart rate and activity calibrated against respiration calorimetry. *Am J Physiol* 1998, **275** : E12-E18

TROST SG. Objective measurement of physical activity in youth: current issues, future directions. *Exerc Sport Sci Rev* 2001, **29** : 32-36

TROST SG, MCIVER KL, PATE RR. Conducting accelerometer-based activity assessments in field-based research. *Med Sci Sports Exerc* 2005, **37** : S531-S543

TUDOR-LOCKE C, BASSETT DRJR. How many steps/day are enough? Preliminary pedometer indices for public health. *Sports Med* 2004, **34** : 1-8

TUDOR-LOCKE C, AINSWORTH BE, THOMPSON RW, MATTHEWS CE. Comparison of pedometer and accelerometer measures of free-living physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 2002, **34** : 2045-2051

TUDOR-LOCKE C, BURKETT L, REIS JP, AINSWORTH BE, MACERA CA, WILSON DK. How many days of pedometer monitoring predict weekly physical activity in adults? *Prev Med* 2005, **40** : 293-298

TZETZIS G, AVGERINOS A, VERNADAKIS N, KIOUMOURTZOGLOU E. Differences in self-reported perceived and objective measures of duration and intensity of physical activity for adults in skiing. *Eur J Epidemiol* 2001, **17** : 217-222

UITENBROEK DG. Seasonal variation in leisure time physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 1993, **25** : 755-760

VANHEES L, LEFEVRE J, PHILIPPAERTS R, MARTENS M, HUYGENS W, TROOSTERS T, BEUNEN G. How to assess physical activity? How to assess physical fitness? *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2005, **12** : 102-114

VAZ M, KARAOLIS N, DRAPER A, SHETTY P. A compilation of energy costs of physical activities. *Public Health Nutr* 2005, **8** : 1153-1183

VOORRIPS LE, RAVELLI AC, DONGELMANS PC, DEURENBERG P, VAN STAVEREN WA. A physical activity questionnaire for the elderly. *Med Sci Sports Exerc* 1991, **23** : 974-979

VUILLEMIN A, GUILLEMIN F, DENIS G, HUOT J, JEANDEL C. A computer-assisted assessment of lifetime physical activity: reliability and validity of the QUANTAP software. *Rev Epidemiol Sante Publique* 2000, **48** : 157-167

WALSH MC, HUNTER GR, SIRIKUL B, GOWER BA. Comparison of self-reported with objectively assessed energy expenditure in black and white women before and after weight loss. *Am J Clin Nutr* 2004, **79** : 1013-1019

WARD DS, EVENSON KR, VAUGHN A, RODGERS AB, TROIANO RP. Accelerometer use in physical activity: best practices and research recommendations. *Med Sci Sports Exerc* 2005, **37** : S582-S588

WAREHAM NJ, HENNINGS SJ, PRENTICE AM, DAY NE. Feasibility of heart-rate monitoring to estimate total level and pattern of energy expenditure in a population-based epidemiological study: the Ely Young Cohort Feasibility Study 1994-5. *Br J Nutr* 1997, **78** : 889-900

WASHBURN RA. Assessment of physical activity in older adults. *Res Q Exerc Sport* 2000, **71** : S79-S88

WASHBURN RA, GOLDFIELD SR, SMITH KW, MCKINLAY JB. The validity of self-reported exercise-induced sweating as a measure of physical activity. *Am J Epidemiol* 1990, **132** : 107-113

WASHBURN RA, SMITH KW, JETTE AM, JANNEY CA. The physical activity scale for the elderly (PASE): development and evaluation. *J Clin Epidemiol* 1993, **46** : 153-162

WASHBURN RA, MCAULEY E, KATULA J, MIHALKO SL, BOILEAU RA. The physical activity scale for the elderly (PASE): evidence for validity. *J Clin Epidemiol* 1999, **52** : 643-651

WASHBURN RA, HEATH GW, JACKSON AW. Reliability and validity issues concerning large-scale surveillance of physical activity. *Res Q Exerc Sport* 2000, **71** : S104-S113

WASHBURN RA, ZHU W, MCAULEY E, FROGLEY M, FIGONI SF. The physical activity scale for individuals with physical disability: development and evaluation. *Arch Phys Med Rehabil* 2002, **83** : 193-200

WELK GJ. Physical activity assessments for health-related research. Human Kinetics, Champaign, IL, 2002

WELK GJ, BLAIR SN, WOOD K, JONES S, THOMPSON RW. A comparative evaluation of three accelerometry-based physical activity monitors. *Med Sci Sports Exerc* 2000a, **32** : S489-S497

WELK GJ, DIFFERDING JA, THOMPSON RW, BLAIR SN, DZIURA J, HART P. The utility of the Digi-walker step counter to assess daily physical activity patterns. *Med Sci Sports Exerc* 2000b, **32** : S481-S488

WELLER I, COREY P. The impact of excluding non-leisure energy expenditure on the relation between physical activity and mortality in women. *Epidemiology* 1998, **9** : 632-635

WILCOX S, IRWIN ML, ADDY C, AINSWORTH BE, STOLARCZYK L, et coll. Agreement between participant-rated and compendium-coded intensity of daily activities in a

triethnic sample of women ages 40 years and older. *Ann Behav Med* 2001, **23** : 253-262

WOOLF-MAY K, KEARNEY EM, OWEN A, JONES DW, DAVISON RC, BIRD SR. The efficacy of accumulated short bouts versus single daily bouts of brisk walking in improving aerobic fitness and blood lipid profiles. *Health Educ Res* 1999, **14** : 803-815

ZHU W. Should total scores from a rating scale be used directly? *Res Q Exerc Sport* 1996, **67** : 363-372

ZHU W. Score equivalence is at the heart of international measures of physical activity. *Res Q Exerc Sport* 2000, **71** : S121-S128

8

Effets sur la mortalité

L'activité physique régulière est généralement considérée comme un comportement qui réduit la mortalité prématurée toutes causes confondues et qui améliore de nombreux paramètres de santé. Elle pourrait jouer un rôle dans l'allongement de l'espérance de vie.

L'activité physique ou sportive est considérée comme un facteur a priori favorable à la santé. Les effets bénéfiques sur la santé des activités physiques et sportives sont connus depuis l'Antiquité. Au XIX^e siècle, les premiers travaux scientifiques, réalisés en 1843 à Londres, montraient que les taux de mortalité de personnes sédentaires étaient plus élevés que ceux de travailleurs physiquement actifs. Au début des années 1950, des auteurs comparant 30 000 chauffeurs de bus (supposés peu actifs physiquement) à 20 000 contrôleurs supposés actifs trouvaient que ces derniers étaient moins exposés à la survenue d'infarctus du myocarde (Taylor et coll., 1962). Dès la fin des années 1980, un nombre conséquent de travaux semblent conforter la relation entre activité physique et mortalité prématurée moins élevée (toutes causes confondues).

Concernant les études épidémiologiques récentes, certaines étudient (de façon longitudinale de préférence) la population générale et visent à étudier l'effet des activités physiques et sportives sur la santé (la mortalité étant un des indicateurs de santé) parmi un ensemble de facteurs qui influent l'état de santé. D'autres études ont mis en évidence l'effet de l'activité physique sur l'amélioration de la santé chez les personnes qui sont malades.

Il est possible de faire plusieurs remarques d'ordre méthodologique. Les études sont ajustées sur l'activité physique, l'âge, le sexe... mais il y a beaucoup d'autres facteurs qui peuvent différer entre les groupes de sujets et avoir une influence sur l'espérance de vie, comme le niveau de vie ou la qualité de la vie sociale. De plus, l'activité physique est mesurée à partir d'indicateurs différents, ce qui rend difficile la comparaison des résultats, il n'y a pas de standard dans ce domaine. Enfin, le recensement de la mortalité sur une cohorte nécessite une longue durée d'observation difficilement compatible avec des essais contrôlés randomisés.

Toutefois, il existe de grandes études en population générale réalisées sur un grand nombre d'individus et leurs résultats vont globalement dans la même

direction et suggèrent des effets positifs. Mais les *odds ratio* (OR), risques relatifs (RR), *hazard ratio* (HR) ne sont pas toujours significatifs⁴⁴ malgré les effectifs élevés. Des effets de type « dose-réponse » (avec souvent deux seuils) sont observés entre la condition physique, l'activité physique et la mortalité.

Mortalité toutes causes

Le rapport du *Surgeon General* (*Centers for Disease Control and Prevention*, 1996) a examiné les études épidémiologiques parues avant 1996 qui ont comparé les niveaux d'activité physique et l'état de santé de cohortes. Leurs résultats montrent que les personnes qui ont un niveau d'activité physique élevé ou modéré ont un taux de mortalité plus faible que celles qui ont des habitudes sédentaires ou une forme (*fitness*) cardio-respiratoire médiocre. Cet effet est retrouvé quel que soit l'âge chez l'adulte y compris jusqu'à 80 ans pour une activité modérée.

Les études en population générale, publiées depuis 1996 et portant sur au moins 5 000 personnes suivies pendant au moins 5 ans dans différents pays (Finlande, Japon, États-Unis, Danemark, Grande-Bretagne, Canada, Suède) montrent d'une façon générale un risque relatif de décès moindre chez les personnes actives par rapport aux personnes inactives (tableau 8.I). La réduction de la mortalité toutes causes varie de 2 % à 58 % selon le niveau et le type d'activité considérés et selon les études. Mais le résultat est plus probant pour les hommes que pour les femmes : dans les études de Kampert et coll. (1996), de Barengo et coll. (2004) et Fujita et coll. (2004), les OR, HR ou RR non significatifs concernent les femmes ; dans les études de Lee et coll. (2000), de Carlsson et coll. (2007), l'intervalle de confiance de certains HR, OR ou RR avoisine le 1,0 malgré des effectifs très élevés.

Sept études portant sur des cohortes de plus de 30 000 personnes (Kampert et coll., 1996 ; Kushi et coll., 1997 ; Andersen et coll., 2000 ; Fujita et coll., 2004 ; Barengo et coll., 2004 ; Hu et coll., 2005a ; Leitzmann et coll., 2007) qui ont ajusté les données sur des facteurs biologiques, médicaux, comportementaux (consommation tabac, alcool) et certains facteurs sociaux (comme l'âge, le sexe, parfois le niveau d'études) montrent un risque relatif inversement proportionnel au niveau d'activité physique. Une de ces études a décomposé le type d'activité en activités de loisir, au travail ou de transport (marche et vélo) (Barengo et coll., 2004). La réduction de la mortalité est plus importante pour l'activité au travail que pour l'activité de loisirs et plus pour les hommes que pour les femmes.

44. Quand l'intervalle de confiance inclut la valeur 1,0, cela signifie que l'OR, le RR ou le HR n'est pas statistiquement significatif, et ce malgré la valeur citée de l'OR, RR ou HR.

La revue de Oguma et coll. (2002) a examiné les résultats de 38 études de cohortes (37 prospectives et une rétrospective publiées entre 1966 et 2000) uniquement pour ce qui concerne les femmes. Pour 23 études, il y a une relation inverse significative entre l'activité physique ou la forme physique (*physical fitness*) et le taux de mortalité, 9 études trouvent une différence non significative de 20 % dans les taux de mortalité entre les plus et les moins actives, les 6 autres études trouvent une différence inférieure à 20 %. L'auteur a calculé un risque relatif médian (calculé sur les 38 études) de mortalité qui est de 0,66, mais sans intervalle de confiance, qui diffère d'une étude à une autre. Le même indicateur calculé dans cette revue pour les études concernant les hommes est de 0,65. Si on isole le type d'activité, le risque est de 0,70 pour les activités de loisir, de 0,65 pour les activités professionnelles et de 0,55 si c'est la forme physique qui est mesurée.

Une étude récente a porté sur 252 925 individus retraités de 50 à 71 ans suivis entre 1995 et 2001 (Leitzmann et coll., 2007). Elle montre qu'une pratique à un niveau voisin de celui des recommandations pour l'activité d'intensité modérée (au moins 3 heures par semaine) ou pour l'activité d'intensité élevée (au moins 20 minutes 3 fois par semaine) entraîne une réduction du risque de mortalité de l'ordre de 30 % par rapport au fait d'être inactif (tableau 8.1). La réduction du risque atteint 50 % si la pratique combine les deux types de recommandations.

Quantité d'activité physique efficace et effet dose-réponse

Les études de mortalité toutes causes confondues qui ont évalué des niveaux d'activité physique montrent généralement une relation inverse entre le niveau d'activité physique et la mortalité, le plus souvent entre niveau modéré et élevé par rapport à moins actif (Kamper et coll., 1996 ; Kushi et coll., 1997 ; Kujala et coll., 1998 ; Wannamethee et coll., 2000 ; Lee et Paffenbarger, 2000 ; Ansersen et coll., 2000 ; Crespo et coll., 2002 ; Fujita et coll., 2004 ; Barengo et coll., 2004 ; Leitzmann et coll., 2007). Mais le nombre de catégories étudiées est relativement faible (entre 3 et 5 catégories, 7 pour l'étude de Carlsson et coll., 2007), ce qui ne permet pas, comme pour les variables quantitatives, de parler d'un réel effet dose-réponse, même si la tendance est retrouvée.

La revue de Oguma et coll. (2002) identifie 16 études sur 28 qui montrent une relation inverse dose-réponse entre l'activité physique et la mortalité toutes causes. Sur 13 études ayant réalisé des tests statistiques, 8 trouvent une relation significative (3 niveaux d'activité physique).

La question du seuil ou de la dose d'activité nécessaire reste posée, notamment pour appuyer les recommandations d'activité physique (exemple : marcher 30 minutes par jour).

Tableau 8.1 : Activité physique et mortalité toutes causes, études en population générale depuis 1996

Références Nom de l'étude Pays	Population Type d'étude	Facteurs d'ajustement	Mesure, type et niveau d'activité physique	Résultats RR ¹ , OR ² et HR ³ [IC 95 %]
Paffenbarger et coll., 1986 ⁴ <i>Harvard Alumni Health Study</i> États-Unis	16 936 hommes Âge : 35-74 ans Suivi : 12-16 ans	Âge	Estimation des kcal dépensés lors d'exercices	Risque de 25 à 33 % inférieur si dépense >2 000 kcal/semaine lors d'exercices
Kaplan et coll., 1996 <i>Alameda County Study</i> États-Unis	6 131 adultes (dont 3 299 femmes) Âge : 16-94 ans Suivi de 28 ans Longitudinale	Âge, sexe, origine ethnique, niveau scolaire	Sports, marche, natation	Actifs RR=0,84 [0,77-0,92]
Kampert et coll., 1996 <i>Aerobic Center Longitudinal Study</i> États-Unis	32 421 (7 080 femmes, 25 341 hommes) Âge : 20-88 ans Suivi de 8 ans Prospective	Âge, année de consultation, tabagisme, maladies chroniques, anomalies ECG	Mesure de la condition physique (5 catégories)	Activité modérée RR=0,71 [0,58-0,87] Hommes RR=0,68 [0,39-1,17] Femmes
Kushi et coll., 1997 <i>Iowa Women's Health Study</i> États-Unis	40 417 femmes ménopausées Âge : 55-69 ans Suivi de 7 ans Prospective	Âge, consommation alcool, tabac, œstrogène, indice de masse corporelle, pression artérielle, diabète, statut marital, niveau scolaire, antécédents familiaux de cancer	Index d'activité physique (fréquence et niveau d'activité)	Activité modérée RR=0,77 [0,69-0,86] Activité élevée RR=0,68 [0,60-0,77]
Villeneuve et coll., 1998 <i>Canada Fitness Survey</i> Canada	14 442 (dont 8 196 femmes) Âge : 20-69 ans Suivi : 7 ans	Âge, tabagisme	<i>Minnesota Leisure-Time Physical Activity Questionnaire</i>	Hommes dépense énergétique >0,5 kcal/kg/j RR=0,82 [0,65-1,04] Femmes dépense énergétique >3 kcal/kg/j RR=0,71 [0,45-1,11]

Références Nom de l'étude Pays	Population Type d'étude	Facteurs d'ajustement	Mesure, type et niveau d'activité physique	Résultats RR ¹ , OR ² et HR ³ [IC 95 %]
Kujala et coll., 1998 <i>Finish Twin Cohort</i> Finlande	15 902 (dont 7 977 femmes) Âge : 25-64 ans Suivi : 17 ans Prospective	Âge, tabagisme, profession, alcool, Exclue pathologies cardiovasculaires et diabète	3 catégories de niveau d'activité physique	Occasionnellement actifs RR=0,71 [0,62-0,81] Régulièrement actifs RR=0,57 [0,45-0,74] Les plus actives OR=0,73 [0,54-1,00]
Weller et Corey, 1998 <i>Canada Fitness Survey Cohort</i> Canada	6 620 femmes Âge : 30 ans et + Suivi : 7 ans	Âge	4 niveaux d'activité	
Haapanen-Niemi et coll., 2000 Finlande	2 212 (dont 1 122 femmes) Âge : 35-63 ans Suivi : 16 ans Prospective	Âge, statut marital, profession, santé perçue, tabagisme, alcool	3 niveaux d'activité	Hommes les moins actifs RR=1,26 [0,89-1,77] ⁵ Femmes les moins actives RR=1,61 [0,89-2,927]
Lee, 2000 <i>US Longitudinal Study of Aging</i> États-Unis	7 527 Âge : 70 ans et plus Suivi : 7 ans	Caractéristiques sociodémographiques, maladies, santé perçue	Perception de leur niveau d'activité par rapport aux autres personnes	RR=0,99 plus actives RR=1,18 autant actives RR=1,40 moins actives
Lee et Paffenbarger, 2000 <i>Harvard Alumni health Study</i> États-Unis	13 485 hommes Âge : 57,5 ans moyenne	Âge, tabagisme, alcool, perte prématurée des parents	Dépenses énergétiques estimées à partir de l'activité physique quotidienne, sport et activités récréatives (5 niveaux)	RR=0,73 [0,64-0,84] (dépense énergétique ≥16 800 kJ/semaine) RR=0,80 [0,69-0,93] (12 600 à 16 800 kJ) RR=0,74 [0,65-0,83] (8 400 à 12 600 kJ) RR=0,80 [0,72-0,88] (4 200 à 8 400 kJ)
Andersen et coll., 2000 Danemark	30 640 (dont 13 375 femmes) Âge : 20-93 ans Suivi : 14 ans Prospective	Âge, niveau scolaire, pression artérielle, indice de masse corporelle, tabagisme, lipides sériques	4 niveaux de temps d'activité physique	2-4 heures (activités légères) RR=0,68 [0,64-0,72] + 4 heures ou 2-4 heures d'activité intense RR=0,64 [0,60-0,66] + 4 heures d'activité intense RR=0,53 [0,42-0,69]

Références Nom de l'étude Pays	Population Type d'étude	Facteurs d'ajustement	Mesure, type et niveau d'activité physique	Résultats RR ¹ , OR ² et HR ³ [IC 95 %]
Crespo et coll., 2002 <i>Puerto Rico Heart health Program</i> États-Unis	9 136 hommes Âge : 45-64 ans Suivi : 3 ans Prospective	Âge, niveau scolaire, tabagisme, pression artérielle, cholestérol, lieu de résidence, indice de masse corporelle	4 niveaux d'activité physique	Légèrement actifs OR=0,68 [0,58-0,79] Modérément actifs OR=0,63 [0,54-0,75] Très actifs OR=0,55 [0,46-0,65] Entre 30-60 min/jour RR=1,06 [0,95-1,19] ⁵ -30 min/jour RR=1,16 [1,04-1,29] (groupe référence pour calcul du RR : 60 min et +/jour)
Fujita et coll., 2004 <i>Miyagi Cohort Study</i> Japon	41 163 (dont 21 159 femmes) Âge : 40-64 ans Suivi : 11 ans Prospective	Âge, niveau scolaire, tabagisme, alcool, statut marital, antécédents médicaux, indice de masse corporelle, alimentation	Temps quotidien de marche	Activité loisir modérée HR=0,91 [0,84-0,98] Hommes HR=0,89 [0,81-0,98] Femmes Activité loisir élevée HR=0,79 [0,70-0,90] Hommes HR=0,98 [0,83-1,16] Femmes Activité travail modérée HR=0,75 [0,71-0,84] Hommes HR=0,79 [0,70-0,89] Femmes Activité travail élevée HR=0,77 [0,71-0,84] Hommes HR=0,78 [0,70-0,87] Femmes
Barengo et coll., 2004 Finlande	32 677 (dont 16 824 femmes) Âge : 30-59 ans Suivi : 20 ans Prospective	Âge, année de l'étude, niveau scolaire, tabagisme, pression artérielle, cholestérol, indice de masse corporelle	3 niveaux d'activité de loisir, de travail et marche et vélo	Plus actifs OR=0,63 [0,59-0,68] Hommes OR=0,75 [0,70-0,80] Femmes
Lam et coll., 2004 Hong-Kong	37 132 (dont 19 437 femmes) Âge : 35-85 ans Retrospective	Âge, niveau scolaire, tabagisme, alcool	5 niveaux d'activité physique de loisir	

Références Nom de l'étude Pays	Population Type d'étude	Facteurs d'ajustement	Mesure, type et niveau d'activité physique	Résultats RR ¹ , OR ² et HR ³ [IC 95 %]
Hu et coll., 2005a Finlande	47 192 (dont 24 684 femmes) Âge : 25-64 ans Suivi : 17,7 ans	Âge, année de l'étude, niveau scolaire, tabagisme, pression artérielle, cholestérol, indice de masse corporelle, diabète	3 niveaux d'activité	Activité modérée HR=0,74 [0,68-0,81] Hommes HR=0,64 [0,58-0,70] Femmes Activité élevée HR=0,63 [0,58-0,70] Hommes HR=0,58 [0,52-0,64] Femmes
Carlsson et coll., 2007 Suède	13 109 paires de jumeaux Âge : 14-46 ans Suivi : 29 ans	Tabagisme, alcool, indice de masse corporelle, maladie longue ou sévère	7 niveaux d'activité physique	Activité modérée HR=0,84 [0,72-0,98] Hommes HR=0,82 [0,70-0,96] Femmes Activité élevée HR=0,64 [0,50-0,83] Hommes HR=0,75 [0,50-1,14] Femmes Dizygotes avec niveau activité > à leur jumeau OR=0,95 [0,82-1,10] Monozygotes avec niveau activité > à leur jumeau OR=0,80 [0,65-0,99]
Leitzmann et coll., 2007 États-Unis	252 925 (dont 110 097 femmes) Âge : 50-71 ans Suivi : 1 265 347 personnes-années (environ 5 ans) Prospective	Âge, niveau scolaire, origine ethnique, statut marital, antécédents de cancer, hormones de substitution, prise de vitamines, aspirine, alimentation, tabagisme, alcool, indice de masse corporelle	Niveau des recommandations	Activité modérée RR=0,73 [0,68-0,78] Activité élevée RR=0,68 [0,64-0,73]

¹ RR : risque relatif ; ² OR : odds ratio ; ³ HR : hazard ratio ; ⁴ L'étude de Paffenbarger et coll. (1986) est présentée bien qu'étant plus ancienne car elle reste une des premières grandes études sur le sujet ; ⁵ Dans ces deux études, le groupe de référence pour le calcul du risque relatif (auquel on attribue RR=1) est le groupe le plus actif contrairement à toutes les autres études présentées dans ce tableau où le groupe de référence est le moins actif.

Beaucoup d'études d'évaluation de l'activité physique n'ont pas quantifié de façon précise son intensité, sa fréquence et sa durée, mais ont seulement repéré des niveaux (bas, modéré, intense). En ce sens, la mesure de la dépense énergétique peut être un autre indicateur intéressant, mais plus difficile à réaliser dans les enquêtes en population générale.

D'après la revue de Kesaniemi et coll. (2001), la plupart des études décrivent une relation linéaire inverse entre le niveau d'activité physique et le taux de mortalité, la dose minimale effective n'est pas bien définie mais une activité physique qui entraîne une dépense de 1 000 kcal par semaine est associée à une réduction de 30 % de la mortalité toutes causes confondues. La revue de Oguma et coll. (2002) fait état d'un minimum de 1 680 kcal (4 200 kJ) par semaine pour infléchir la mortalité chez les femmes.

L'étude de Paffenbarger et coll. (1994) citée dans le *Surgeon General* (1996) montre qu'une marche hebdomadaire de 15 km et plus diminue le risque relatif (RR=0,67), de même que monter plus de 55 marches d'escalier par semaine (RR=0,75).

Effets des changements de pratiques

Deux études marquantes publiées dans les années 1990 méritent d'être citées. Dans l'étude de Paffenbarger et coll. (1993), les hommes qui ont augmenté leur activité physique jusqu'à modérée ont un taux de mortalité de 23 % plus faible que ceux qui sont restés sédentaires (suivi sur 11 ans). Dans l'étude de Blair et coll. (1995), les hommes qui ont amélioré leur condition cardio-respiratoire au cours des 4,8 années (moyenne) de suivi ont réduit de 64 % leur risque relatif de mortalité (effet comparable à ceux qui ont arrêté de fumer qui ont réduit leur mortalité de 50 %).

Dans l'étude de Schnohr et coll. (2003), par rapport aux sédentaires, le risque de mortalité est moindre pour les hommes et les femmes ayant une activité modérée ou élevée ainsi que pour les hommes qui ont augmenté leur niveau d'activité (de bas à modéré ou élevé).

Dans la cohorte féminine de l'étude de Gregg et coll. (2003a), les femmes présentent un risque moins élevé si les activités restent élevées ou sont augmentées par rapport à celles qui restent sédentaires.

Sherman et coll. (1999) ont suivi 5 209 personnes sans pathologie cardiovasculaire déclarée durant 16 ans (tableau 8.II). Les sujets les plus actifs à la fin du suivi ont un taux de mortalité moins élevé que les moins actifs (RR=0,58 pour les hommes, RR=0,61 pour les femmes). Il n'apparaît pas de différence significative pour les activités physiques exercées dans le passé.

Au total, dans ces études, les sujets qui sont et restent actifs au cours du suivi (entre 6 et 16 ans) ont un risque de mortalité entre 29 % et 79 % plus faible que les sédentaires qui le restent. Ceux qui deviennent actifs au cours du suivi

ont tendance à rattraper ceux qui sont toujours restés actifs en terme de niveau du risque relatif.

Mortalité par maladies cardiovasculaires

En population générale, l'association entre activité physique et risque de mortalité cardiovasculaire est proche de celle observée pour le risque de mortalité toutes causes (Kaplan et coll., 1996 ; Sherman et coll., 1999 ; Crespo et coll., 2002 ; Barengo et coll., 2004 ; Lam et coll., 2004 ; Hu et coll., 2005a ; Carlsson et coll., 2007 ; Leitzmann et coll., 2007) (tableau 8.III). L'association est un peu plus faible pour les femmes (RR=0,52 toutes causes, RR=0,64 maladies cardiovasculaires) (Gregg et coll., 2003a). La relation inverse dose-réponse déjà observée pour la mortalité toutes causes est retrouvée pour la mortalité par maladie cardiovasculaire (Kesaniemi et coll., 2000).

Pour les populations déjà atteintes d'une pathologie ou à risque cardiovasculaire, l'effet de l'activité est comparable à la population générale. Ainsi, le taux de mortalité diminue significativement pour les actifs légers et modérés, pas pour les actifs intenses (Wannamethee et coll., 2000) (tableau 8.IV). Mais les patients ayant déjà souffert d'un infarctus du myocarde et qui sont restés actifs ou ont augmenté leur activité ont un risque de mortalité toutes causes nettement moindre que ceux qui sont restés sédentaires (Steffen-Batey et coll., 2000). Pour Richardson et coll. (2004), les personnes à risque cardiovasculaire ont plus de bénéfice à être actifs en terme de risque de mortalité diminuée que les autres. Les personnes diabétiques qui marchent plus de deux heures par semaine ont un taux de mortalité toutes causes et par maladie cardiovasculaire diminué (Gregg et coll., 2003b). Il en est de même pour les diabétiques actifs modérés et élevés (Hu et coll., 2005b).

Mortalité par cancer

La revue de Kesaniemi et coll. (2001) fait état d'un grand nombre d'études dont certaines suggèrent une association entre activité physique et réduction du taux de mortalité liée au cancer. Selon ces auteurs, les données les plus probantes concernent la mortalité par cancer du côlon.

Parmi les études en population générale qui ont distingué les causes de mortalité (Kampert et coll., 1996 ; Lam et coll., 2004 ; Hu et coll., 2005a ; Leitzmann et coll., 2007), celles de Lam et coll. (2004) et de Leitzmann et coll. (2007) montrent un risque relatif de décès par cancer diminué significativement chez les plus actifs par rapport aux non actifs (tableau 8.V).

Dans l'étude de Gregg et coll. (2003a) qui porte sur des femmes âgées de 65 ans et plus, la mortalité par cancer est moindre chez les actives par rapport aux non actives.

Tableau 8.II : Études récentes sur les effets des changements de pratiques sur la mortalité

Références Nom de l'étude Pays	Population Type d'étude	Facteurs d'ajustement	Niveau d'activité physique	Résultats ¹
Sherman et coll., 1999 <i>Framingham Heart Study</i> États-Unis	5 209 Âge : 30-62 ans Suivi : 16 ans	Âge, facteurs de risque cardiovasculaires	4 niveaux d'activité récente et à distance	Actifs actuels RR=0,58 [0,43-0,79] Hommes RR=0,61 [0,45-0,82] Femmes Pas de différence pour l'activité passée
Steffen-Batey et coll., 2000 <i>Corpus Christi Heart Project</i> États-Unis	406 patients ayant eu un infarctus du myocarde Âge : 25-74 ans Suivi : 7 an	Âge, sexe, origine ethnique, sévérité de l'infarctus, antécédents familiaux cardiovasculaires, tabagisme, cholestérol, hypertension, diabète	4 niveaux d'évolution d'activité	RR=0,21 [0,10-0,44] actifs sans changement RR=0,11 [0,03-0,46] activité augmentée RR=0,49 [0,26-0,90] activité diminuée
Schnohr et coll., 2003 <i>Copenhagen City Heart Study</i> Danemark	7 023 Âge : 20-79 ans Suivi : 7 ans		3 niveaux d'activité (2 mesures à 5 ans d'intervalle)	Activité modérée lors des deux mesures RR=0,71 [0,57-0,88] Hommes RR=0,64 [0,52-0,79] Femmes Activité élevée lors des deux mesures RR=0,61 [0,48-0,76] Hommes RR=0,66 [0,51-0,85] Femmes Hommes ayant augmenté leur niveau d'activité de bas à modéré ou haut entre les deux mesures RR=0,64 [0,50-0,81]
Gregg et coll., 2003a États-Unis	9 518 femmes Âge : 65 ans et + Suivi : 6 ans	Âge, tabagisme, indice de masse corporelle, comorbidités	5 niveaux d'activité physique (2 mesures à 5 ans d'intervalle)	Augmentation activité entre les deux mesures RR=0,52 [0,40-0,69] Activité élevée lors des deux mesures RR=0,68 [0,56-0,82]

¹ Groupe de référence pour le calcul du risque relatif : sédentaire sans changement

Tableau 8.III : Activité physique et mortalité par maladie cardiovasculaire en population générale

Références Nom de l'étude Pays	Population Type d'étude	Facteurs d'ajustement	Type et niveau d'activité physique	Résultats
Kaplan et coll., 1996 <i>Alameda County Study</i> États-Unis	6 131 adultes (dont 3 299 femmes) Âge : 16-94 ans Suivi de 28 ans Longitudinale	Âge, sexe, origine ethnique, niveau scolaire	Sports, marche, natation	Actifs RR=0,81 [0,71-0,93]
Weller et Corey, 1998 <i>Canada Fitness Survey Cohort</i> Canada	6 620 femmes Âge : 30 ans et + Suivi : 7 ans	Âge	4 niveaux d'activité	Les plus actives OR=0,51 [0,28-0,91]
Barengo et coll., 2004 Finlande	32 677 (dont 16 824 femmes) Âge : 30-59 ans Suivi : 20 ans Prospective	Âge, année de l'étude, niveau scolaire, tabagisme, pression artérielle, cholestérol, indice de masse corporelle	3 niveaux d'activité de loisir, de travail et marche et vélo	Activité loisir modérée HR=0,91 [0,82-1,00] Hommes HR=0,83 [0,71-0,96] Femmes Activité loisir élevée HR=0,83 [0,69-0,99] Hommes HR=0,89 [0,68-1,18] Femmes Activité travail modérée HR=0,75 [0,64-0,87] Hommes HR=0,73 [0,60-0,88] Femmes Activité travail élevée HR=0,77 [0,69-0,87] Hommes HR=0,77 [0,65-0,91] Femmes
Lam et coll., 2004 Hong Kong	37 132 (dont 19 437 femmes) Âge : 35-85 ans Rétrospective	Âge, niveau scolaire, tabagisme, alcool	5 niveaux d'activité physique de loisir	Les plus actifs OR=0,66 [0,60-0,74] Hommes OR=0,78 [0,70-0,86] Femmes

Références Nom de l'étude Pays	Population Type d'étude	Facteurs d'ajustement	Type et niveau d'activité physique	Résultats
Hu et coll., 2005a Finlande	47 192 (dont 24 684 femmes) Âge : 25-64 ans Suivi : 17,7 ans	Âge, année de l'étude, niveau scolaire, tabagisme, pression artérielle, cholestérol, indice de masse corporelle, diabète	3 niveaux d'activité	Activité modérée HR=0,82 [0,72-0,93] Hommes HR=0,62 [0,54-0,71] Femmes Activité élevée HR=0,71 [0,62-0,82] Hommes HR=0,55 [0,47-0,65] Femmes
Carlsson et coll., 2007 Suède	13 109 paires de jumeaux Âge : 14-46 ans Suivi : 29 ans	Tabagisme, alcool, indice de masse corporelle, maladie longue ou sérieuse	7 niveaux d'activité physique	Activité modérée HR=0,86 [0,68-1,08] Hommes HR=0,85 [0,64-1,13] Femmes Activité élevée HR=0,55 [0,36-0,55] Hommes HR=0,34 [0,12-0,95] Femmes
Gregg et coll., 2003a États-Unis	9 518 femmes Âge : 65 ans et + Suivi : 6 ans	Âge, tabagisme, indice de masse corporelle, comorbidités	5 niveaux d'activité physique	Activité modérée RR=0,65 [0,53-0,79]
Leitzmann et coll., 2007 États-Unis	252 925 (dont 110 097 femmes) Âge : 50-71 ans Suivi : 1 265 347 personnes-années (environ 5 ans) Prospective	Âge, niveau scolaire, origine ethnique, statut marital, antécédents de cancer, hormones de substitution, prise de vitamines, aspirine, alimentation, tabagisme, alcool, indice de masse corporelle	Niveau des recommandations	Activité modérée RR=0,71 [0,63-0,80] Activité élevée RR=0,67 [0,60-0,75]

Tableau 8.IV : Activité physique et mortalité des populations à risque cardiovasculaire

Références Nom de l'étude Pays	Population Type d'étude	Facteurs d'ajustement	Mesure et niveau d'activité physique	Résultats
Wannamethee et coll., 2000 <i>British Regional Health Study</i> Grande-Bretagne	7 735 hommes avec pathologie des coronaires Âge : 40-59 ans Suivi : 12-14 ans Prospective	Âge, tabagisme, CSp ^a , santé perçue, diabète, antécédents cardiovasculaires	6 catégories de niveau d'activité physique	Activité légère RR=0,42 [0,25-0,71] Activité modérée RR=0,47 [0,24-0,82] Activité intense RR=0,63 [0,39-1,03] Actifs sans changement RR=0,21 [0,10-0,44] Activité augmentée RR=0,11 [0,03-0,46] Activité diminuée RR=0,49 [0,26-0,90] (groupe de référence : sédentaire sans changement)
Steffen-Batey et coll., 2000 <i>Corpus Christi Heart Project</i> États-Unis	406 patients ayant eu un infarctus du myocarde Âge : 25-74 ans Suivi : 7 ans	Âge, sexe, origine ethnique, sévérité de l'infarctus, antécédents familiaux cardiovasculaires, tabagisme, cholestérol, hypertension, diabète	4 niveaux d'évolution d'activité	Activité régulière à vigoureuse OR=0,62 [0,44-0,86] Activité modérée à légère OR=0,64 [0,52-0,81] Personnes à risque élevé cardiovasculaire Actifs modérés à légers OR=0,55 [0,41-0,74] Actifs réguliers à vigoureux OR=0,55 [0,31-0,97]
Richardson et coll., 2004 <i>Health and Retirement Study</i> États-Unis	9 824 Âge : 51-61 ans Suivi : 8 ans Prospective	Âge, sexe, race, cancer, obésité, risque cardiovasculaire (tabagisme, hypertension, diabète, maladie coronarienne, infarctus)	3 catégories : sédentaire, actif occasionnel ou léger, régulier, modéré ou vigoureux	

Références Nom de l'étude Pays	Population Type d'étude	Facteurs d'ajustement	Mesure et niveau d'activité physique	Résultats
Hu et coll., 2005b Finlande	3 708 diabétiques Âge : 25-74 ans Suivi : 18,7 ans	Âge, sexe, niveau scolaire, indice de masse corporelle, tension artérielle, cholestérol, tabagisme	3 catégories : actifs légers, modérés, élevés	Mortalité toutes causes Actifs modérés HR=0,61 [0,51-0,73] Actifs élevés HR=0,55 [0,47-0,66] Mortalité cardiovasculaire Actifs modérés HR=0,57 [0,46-0,72] Actifs élevés HR=0,54 [0,43-0,67]
Gregg et coll., 2003b <i>National Health Interview Survey</i> États-Unis	2 896 diabétiques Âge : 18-95 ans Suivi : 8 ans Prospective	Âge, sexe, ethnie, hypertension, perte de poids, médicaments, tabagisme	Durée de marche par semaine et autres activités physiques	Marche ≥ 2 heures/semaine Mortalité toutes causes HR=0,61 [0,48-0,78] Mortalité cardiovasculaire HR=0,66 [0,45-0,96]

*CSP : Catégorie socio-professionnelle

Tableau 8.V : Activité physique et mortalité par cancer

Références Nom de l'étude Pays	Population Type d'étude	Facteurs d'ajustement	Mesure et niveau d'activité physique	Résultats
Kampert et coll., 1996 <i>Aerobic Center Longitudinal Study</i> États-Unis	32 421 (7 080 femmes, 25 341 hommes) Âge : 20-88 ans Suivi de 8 ans Prospective	Âge, année de consultation, tabagisme, maladies chroniques, anomalies ECG	Mesure de la condition physique (5 catégories)	Activité modérée RR=0,71 [0,49-1,03] Hommes RR=0,84 [0,38-1,88] Femmes
Lam et coll., 2004 Hong-Kong	37 132 (dont 19 437 femmes) Âge : 35-85 ans Rétrospective	Âge, niveau scolaire, tabagisme, alcool	5 niveaux d'activité physique de loisir	Plus actifs OR=0,69 [0,63-0,76] Hommes OR=0,78 [0,71-0,85] Femmes
Hu et coll., 2005a Finlande	47 192 (dont 24 684 femmes) Âge : 25-64 ans Suivi : 17,7 ans	Âge, année de l'étude, niveau scolaire, tabagisme, pression artérielle, cholestérol, indice de masse corporelle, diabète	3 niveaux d'activité	Activité modérée HR=0,83 [0,69-1,00] Hommes HR=0,85 [0,71-1,01] Femmes Activité élevée HR=0,79 [0,65-0,96] Hommes HR=0,73 [0,60-0,88] Femmes
Gregg et coll., 2003a États-Unis	9 518 femmes Âge : 65 ans et + Suivi : 6 ans	Âge, tabagisme, indice de masse corporelle, comorbidités	5 niveaux d'activité physique	Activité modérée RR=0,77 [0,60-0,97]
Leitzmann et coll., 2007 États-Unis	252 925 (dont 110 097 femmes) Âge : 50-71 ans Suivi : 1 265 347 personnes- années Prospective	Âge, niveau scolaire, origine ethnique, statut marital, antécédents de cancer, hormones de substitution, prise de vitamines, aspirine, alimentation, tabagisme, alcool, indice de masse corporelle	Niveau des recommandations	Activité modérée RR=0,87 [0,78-0,96] Activité élevée RR=0,87 [0,79-0,96]

En conclusion, les études disponibles, réalisées en population générale ayant ajusté sur plusieurs facteurs de confusion possibles, montrent pour une majorité d'entre elles un risque relatif de décès prématuré moindre, quelle que soit la cause, chez les personnes actives par rapport aux personnes inactives. Ce bénéfice est observé surtout pour les hommes et quel que soit l'âge. La majorité des études montrent un moindre effet (certaines études ne montrent pas d'effet) chez les femmes. On peut donc suggérer que d'autres facteurs entrent en ligne de compte pour les femmes. Si le fait d'augmenter son activité physique peut entraîner un bénéfice, la durée de pratique pour obtenir le meilleur effet reste à préciser. Bien qu'un certain effet dose-réponse ait été

observé, des études complémentaires sont requises pour affiner et préciser l'intensité, la durée et la fréquence d'activité physique nécessaire pour infléchir le risque tout en tenant compte des activités quotidiennes hors loisir et hors travail généralement non comptabilisées. Dans une perspective de santé publique de réduction de la mortalité, ces données permettraient de confirmer ou d'orienter les recommandations habituelles d'activité physique. Mais surtout, il ne faut pas perdre de vue que l'effet spécifique de l'activité physique ou sportive restera difficile à isoler, tant cette activité est associée à une hygiène de vie plus globale (nutrition, sommeil...) et tant la mortalité est également un indicateur de qualité de vie qui dépasse la seule activité physique et inclut, par exemple, les conditions socioéconomiques et la santé mentale.

BIBLIOGRAPHIE

ANDERSEN LB, SCHNOHR P, SCHROLL M. All-cause mortality associated with physical activity during leisure time, work, sports and cycling to work. *Arch Intern Med* 2000, **160** : 1621-1628

BARENGO N, HU G, LAKKA TA, PEKKARINEN H, NISSINEN A, TUOMILEHTO J. Low physical activity as a predictor for a total and cardiovascular disease mortality in middle-aged men and women in finland. *European Heart Journal* 2004, **25** : 2204-2211

BLAIR SN, KOHL HW 3RD, BARLOW CE, PAFFENBARGER RS JR, GIBBONS LW, MACERA CA. Changes in physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy and unhealthy men. *JAMA* 1995, **273** : 1093-1098

CARLSSON S, ANDERSSON T, LICHTENSTEIN P, MICHAELSSON K, AHLBOM A. Physical activity and mortality: is the association explained by genetic selection? *Am J Epidemiol* 2007, **166** : 255-259

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. Physical activity and health. A report of the surgeon general. US Department of Health and Human Services, CDC, 1996 : 278p

CRESPO CJ, GARCIA PALMIERI MR, PEREZ PERDOMO R, MCGEE DL, SMIT E, et coll. The relationship of physical activity and body weight with all-cause mortality: results from the Puerto Rico Heart Health Program. *Ann Epidemiol* 2002, **12** : 543-552

FUJITA K, TAKAHASHI H, MIURA C, OHKUBO T, SATO Y, et coll. Walking and mortality in Japan: the miyagi cohort study. *J Epidemiol* 2004, **14** : S26-S32

GREGG EW, CAULEY JA, STONE K, THOMPSON TJ, BAUER DC, CUMMINGS SR, ENSRUD KE. Relationship of changes in physical activity and mortality among older women. *JAMA* 2003a, **289** : 2379-2386

GREGG EW, GERZOFF RB, CASPERSEN CJ, WILLIAMSON DF, NARAYAN KMV. Relationship of walking to mortality among US adults with diabetes. *Arch intern Med* 2003b, **163** : 1440-1447

HAAPANEN-NIEMI N, MIILUNPALO S, PASANEN M, VUORI I, OJA P, MALMBERG J. Body mass index, physical inactivity and low level of physical fitness as determi-

nants of all-cause and cardiovascular disease mortality-16y follow-up of middle-aged and elderly men and women. *Int J Obes* 2000, **24** : 1465-1474

HU G, TUOMILEHTO J, SILVENTOINEN K, BARENGO NC, PELTONEN M, JOUSILAHTI P. The effects of physical activity and body mass index on cardiovascular, cancer and all-cause mortality among 47 212 middle-aged Finnish men and women. *Int J Obes* 2005a, **29** : 894-902

HU G, JOUSILAHTI P, BARENGO NC, QIAO Q, LAKKATA, TUOMILEHTO J. Physical activity, cardiovascular risk factors, and mortality among Finnish adults with diabetes. *Diabetes Care* 2005b, **28** : 799-805

KAMPER JB, BLAIR SN, BARLOW CE, KOHL HW. Physical activity, physical fitness, and all-cause and cancer mortality: a prospective study of men and women. *Ann Epidemiol* 1996, **6** : 452-457

KAPLAN GA, STRAWBRIDGE WJ, COHEN RD, HUNGERFORD LR. Natural history of leisure-time physical activity and its correlates: associations with mortality from all causes and cardiovascular disease over 28 years. *Am J Epidemiol* 1996, **144** : 793-797

KESANIEMI YA, DANFORTH E, JENSEN MD, KOPELMAN PG, LEFEBVRE P, REEDER BA. Dose-reponse issues concerning physical activity and health: an evidence-based symposium. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2001, **33** (6 suppl) : S351-S358

KUJALA UM, KAPRIO J, SARNA S, KOSKENVUO M. Relationship of leisure-time physical activity and mortality: the Finnish twin cohort. *JAMA* 1998, **279** : 440-444

KUSHI LH, FEE RM, FOLSOM AR, MINK PJ, ANDERSON KE, SELLERS TA. Physical activity and mortality in postmenopausal women. *JAMA* 1997, **277** : 1287-1292

LAM TH, HO SY, HEDLEY AJ, MAK KH, LEUNG G. Leisure time physical activity and mortality in Hong Kong: case-control study of all adult deaths in 1998. *Ann Epidemiol* 2004, **14** : 391-398

LEE Y. The predictive value of self assessed general, physical and mental health on functional decline and mortality in older adults. *J Epidemiol Community Health* 2000, **54** : 123-129

LEE IM, PAFFENBARGER RSJR. Associations of light, moderate, and vigorous intensity physical activity with longevity. The Harvard Alumni Health Study. *Am J Epidemiol* 2000, **151** : 293-299

LEITZMANN MF, BLAIR A, BALLARD-BARBASH R, MOUW T, HOLLENBECK AR, SCHATZKIN A. Physical activity recommendations and decreased risk of mortality. *Arch Intern Med* 2007, **167** : 2453-2460

OGUMA Y, SESSO HD, PAFFENBARGER RS. Physical activity and all cause mortality in women: a review of the evidence. *Br J Sports med* 2002, **36** : 162-172

PAFFENBARGER RS JR, HYDE RT, WING AL, HSIEH CC. Physical activity, all-cause mortality, and longevity of college Alumni. *N Engl J Med* 1986, **314** : 605-613

PAFFENBARGER RS JR, HYDE RT, WING AL, LEE IM, JUNG DL, KAMPERT JB. The association of changes in physical-activity level and other lifestyle characteristics with mortality among men. *N Engl J Med* 1993, **328** : 538-545

PAFFENBARGER RS JR, HYDE RT, WING AL, LEE IM, KAMPERT JB. Some interrelations of physical activity, physiological fitness, health and longevity. In : Physical activity, fitness, and health: international proceeding and consensus statement. BOUCHARD C, SHEPHARD RJ, STEPHEN T (eds). Champaign IL, Human Kinetics, 1994 : 119-133

RICHARDSON CR, KRISKA AM, LANTZ PM, HAYWARD RA. Physical activity and mortality across cardiovascular disease risk groups. *Med Sci Sports Exerc* 2004, **36** : 1923-1929

SCHNOHR P, SCHARLING H, JENSEN JS. Changes in leisure-time physical activity and risk of death: an observational study of 7,000 men and women. *Am J Epidemiol* 2003, **158** : 639-644

SHERMAN SE, D'AGOSTINO RB, SILBERSHATZ H, KANNEL WB. Comparison of past versus recent physical activity in the prevention of premature death and coronary artery disease. *Am Heart J* 1999, **138** : 900-907

STEFFEN-BATEY L, NICHAMAN MZ, GOFF DC, FRANKOWSKI RF, HANIS CL, et coll. Change in level of physical activity and risk of all-cause mortality or reinfarction: the corpus christi heart project. *Circulation* 2000, **102** : 2204-2209

TAYLOR HL, KLEPETAR E, KEYS A, PARLIN W, BLACKBURN H, PUCHNER T. Death rates among physically active and sedentary employees of the railroad industry. *American Journal of Public Health* 1962, **52** : 1697-1707

VILLENEUVE PJ, MORRISON HI, CRAIG CL, SCHAUBEL DE. Physical activity, physical fitness, and risk of dying. *Epidemiology* 1998, **9** : 626-631

WANNAMETHEE SG, SHAPER AG, WALKER M. Physical activity and mortality in older men with diagnosed coronary heart disease. *Circulation* 2000, **102** : 1358-1363

WELLER I, COREY P. The impact of excluding non-leisure energy expenditure on the relation between physical activity and mortality in women. *Epidemiology* 1998, **9** : 632-635

9

Effets sur le bien-être et la qualité de vie

Dans nos sociétés contemporaines, le corps est un support majeur de l'identité. Dès lors, les pratiques qui visent à l'embellir, le relaxer, le renforcer se multiplient. La quête du bien-être et de la qualité de vie dans son corps et par son corps devient universelle car elle apparaît indispensable au soi et à l'unité psychosomatique. Être « bien dans son corps et dans sa tête » est synonyme d'harmonie, de joie de vivre, de bonne santé mentale, de tout ce qui fait que la vie mérite d'être vécue. Au-delà de ces clichés marketing ou de ces illusions d'unité identitaire, on fera ici le point, à partir des publications dans les revues scientifiques internationales, sur les répercussions psychiques d'une pratique physique et/ou sportive régulière, en particulier sur les facteurs en jeu dans le vécu de « bien-être » ou le ressenti d'une « qualité de vie ».

Effets psychologiques de l'activité physique sur le bien-être

La santé est définie par l'OMS comme « un état complet de bien-être physique, mental et social », sans que la notion de « bien-être » ait été clairement définie.

Définitions du bien-être

Ryff et Keyes (1995) considèrent que le bien-être est constitué par :

- une bonne estime de soi et une évaluation positive de sa vie ;
- de bonnes relations avec les autres ;
- une sensation de maîtrise sur sa vie et son environnement ;
- la sensation de pouvoir prendre ses propres décisions et d'être autonome ;
- donner un sens à sa vie ;
- se sentir dans la continuité de son développement personnel.

Selon Netz et coll. (2005), le bien-être serait la résultante de quatre dimensions :

- le bien-être émotionnel (trait et état d'anxiété, stress, tension, état et trait de dépression, angoisse, confusion, énergie, vigueur, fatigue, émotions, optimisme) ;

- les perceptions de soi (compétences, perception de soi, estime globale de soi, image du corps, perception de sa condition physique, perception de maîtrise de soi, attribution causale...);
- le bien-être psychique (douleur, perception des troubles somatiques...);
- le bien-être perçu (qualité de vie, bien-être subjectif...).

Il est évident que le bien-être est une notion complexe, plurifactorielle, mal définie, qui est beaucoup plus subtile que le simple fait de se sentir bien et que ce bien-être est constamment en évolution et en construction tout au long de notre vie.

Ce manque de précision dans la définition de ce concept va se répercuter au niveau de la méthodologie pour mesurer son état et son évolution. Le bien-être est parfois mesuré à partir d'une ou plusieurs échelles globales (échelle de satisfaction, de bonheur, de qualité de vie : exemple le *General Well Being Schedule*). Les échelles à plusieurs sous-dimensions donnent des résultats plus détaillés mais les unes se centrent sur les aspects positifs, les autres font la part entre les dimensions positives et négatives, d'autres tentent des corrélations entre les différents aspects du bien-être. Les évaluations ciblent les dimensions physiques ou psychologiques.

Les chercheurs abordent donc surtout la question du bien-être au travers des facteurs dominants que sont l'anxiété et le stress, les émotions, l'estime de soi, l'état dépressif. L'attention se porte aussi bien sur les populations sans difficultés particulières que sur les populations présentant des déficiences, en se posant la question des répercussions positives ou négatives possibles d'une pratique physique ou sportive sur ces dimensions.

Activité physique et bien-être

Les études sur l'activité physique et le bien-être ne sont pas nouvelles ; en 1987, le *National Institute of Mental Health* a publié un consensus sur les bienfaits de l'activité physique sur la santé mentale. En 1999, Fox dans une synthèse de la littérature portant sur 53 articles estime qu'on a des preuves actuellement suffisantes pour avancer que l'exercice physique peut agir positivement sur le bien-être de la population en général au niveau de l'état psychologique (anxiété, émotions) et de la perception de soi (estime de soi). Ses conclusions sont partagées par Penedo et Dahn dans une revue récente de la littérature (2005).

Population générale

Les études portant sur des populations hommes et femmes, sur une large échelle d'âge, sont peu nombreuses. Citons les travaux de Stephens (1988) sur 22 250 Canadiens et Américains, de Hassmen et coll. (2000) sur 3 040 Finlandais et de De Moor et coll. (2006). Cette dernière étude longitudinale est particulièrement intéressante car elle porte sur 19 288 personnes

âgées de 10 à plus de 60 ans, suivies par questionnaire de 1991 à 2002 au niveau de l'anxiété, de la dépression, de la personnalité (sociabilité, introversion, extraversion, prise de risque, recherche de sensations, réaction à l'inaction, inhibition) et de leur pratique physique. Leurs résultats soulignent que ceux qui pratiquent régulièrement des activités physiques avec une certaine intensité (60 min au niveau 4 du *Metabolic Energy Expenditure Index*) sont constamment (quel que soit l'âge et le sexe) moins anxieux, moins dépressifs, moins névrosés, plus extravertis, plus à la recherche de sensations et plus impulsifs que les non sportifs. Les différences sont constantes sur un suivi de 10 années quels que soient le sexe et l'âge. L'association entre la pratique physique régulière et le bien-être résultant du score de ces différents items est clairement soulignée. Notons le peu d'études longitudinales sur ce thème, avec une seule recherche sur trois ans portant sur la variation de l'estime de soi et du bien-être général d'une population de sportifs venant d'abandonner leur carrière internationale (Stephan et coll., 2003).

Une autre étude épidémiologique effectuée par Galper et coll. (2006) porte sur 5 451 hommes et 1 277 femmes, âgés de 28 à 88 ans et sans pathologies, et démontre l'association négative entre l'inactivité et le bien-être émotionnel mesuré par le *GWB (General Well Being Schedule)*. Les auteurs démontrent que les niveaux de condition physique cardio-respiratoire (3 niveaux) et les niveaux de pratique physique (4 niveaux) sont positivement corrélés avec les niveaux de bien-être et inversement corrélés avec les niveaux de dépression chez les hommes comme chez les femmes. Les résultats soulignent clairement le lien entre le niveau de condition physique et les symptômes dépressifs ou l'état de bien-être global ressenti avec un niveau d'effet de pratique déterminant (dose/réponse) qui se situe au niveau d'une activité de marche ou de course de 11 à 19 *miles*/semaine. Cette corrélation ne permet cependant pas de savoir si c'est la dépression qui freine l'activité physique et donc la condition physique ou si la faible condition physique et l'inactivité sont les fondements de l'état dépressif.

La littérature accumule les travaux sur les effets d'une activité physique régulière de 3 à 6 mois au niveau de populations souvent peu nombreuses (en général moins de 100 sujets). Les effets sur le bien-être sont statistiquement démontrés mais ils sont variables en intensité et les activités proposées se diversifient de la marche, au *body building* en passant par le hatha yoga, la danse africaine ou les programmes d'entraînement à la course. Les conclusions sont donc toujours « à approfondir ».

Lotan et coll. (2005), dans une revue bibliographique sur l'activité physique et le bien-être, estiment que la littérature montre des effets positifs et des corrélations prouvées, mais ne présente pas une « *scientific based evidence* » en raison du manque de consensus sur la définition, de méthodologies très diverses, d'expérimentations avec ou sans tirage au sort des sujets, de groupes à effectifs très faibles et de situations très différentes (population générale d'adolescents ou d'adultes, personnes âgées, malades chroniques, personnes

handicapées...). Pour ces auteurs, de nombreuses étapes restent encore à franchir pour cerner cette problématique. Si les recherches sur la population générale ne donnent pas des résultats clairs, l'analyse des travaux portant sur des populations spécifiques apporte-t-elle des réponses plus précises ?

Populations spécifiques

La littérature porte sur les adolescents (Juszczack et Cooper, 2002), les personnes avec des maladies chroniques, les populations handicapées mais la population majoritairement étudiée est celle des personnes âgées.

Citons une récente méta-analyse de Netz et coll. (2005) portant sur 36 recherches expérimentalement contrôlées (issues de 250 études publiées) traitant d'une population de plus de 55 ans sans pathologies, soumise à des programmes d'activités physiques clairement identifiées (type d'effort, intensité, durée) et testée sur 11 dimensions du bien-être. Cette analyse souligne globalement un effet faible mais significatif de l'exercice physique sur le bien-être ($ES^{45}=0,19$). Les écarts les plus importants entre les populations actives et non actives se situent au niveau du sentiment de compétence ($ES=0,38$) puis au niveau psychologique sur l'anxiété, le bien-être général, l'efficacité perçue, la perception de soi. Les dimensions de « qualité de vie perçue » ou « énergie, dynamisme », « dépression », « confusion mentale » et « colère » ne sont pas affectées par la pratique physique. Les effets ne sont pas liés au sexe, ni corrélés à la durée ou fréquence des exercices. Les activités en endurance ne sont pas plus efficaces que les activités en renforcement musculaire sur la population âgée ne présentant pas de pathologies. L'exercice à intensité modérée apparaît plus efficace sur le bien-être que l'exercice à forte intensité. Les effets sur l'anxiété et l'efficacité personnelle sont positivement associés avec l'augmentation de la fréquence de la pratique. Les effets déclinent en fonction de l'âge et le bien-être des plus de 76 ans renvoie à d'autres problématiques que la participation à l'activité physique. Les auteurs concluent que les effets de l'activité physique sur l'efficacité personnelle donnent un sentiment de maîtrise de soi et de valorisation qui alimente le bien-être des personnes âgées. Ces conclusions sur l'activité physique et les personnes âgées sont partagées par Mc Auley et coll. (2005) sur un suivi de 6 mois de 174 hommes et 49 femmes.

Un large consensus existe également sur le rôle bénéfique de l'activité physique au niveau des adolescents en pleine période de bouleversement pubertaire corporel et psychique (Lotan et coll., 2004). Les répercussions positives se situent en particulier au niveau du stress et du bien-être (Steptoe et Butler, 1996 ; Norris et coll., 1999), de l'image de soi (Kirkcaldy et coll., 2002). Les effets de l'activité physique sur l'estime de soi sont plus importants au niveau des adolescents qui souffrent au départ d'une estime de soi faible.

Sur les populations spécifiques, il existe un large corpus de recherche qui souligne que la participation aux activités physiques est un facteur important de développement du bien-être chez les personnes déficientes mentales (Sherrill, 1997). Les recherches contrôlées sur les autres populations spécifiques (malades chroniques) restent insuffisantes et trop diverses pour affirmer autre chose que des bénéfices potentiels sont attendus et que les programmes de rééducation par l'activité physique doivent être développés.

Composants du bien-être modifiés par l'activité physique

Si les effets de l'activité physique sur le bien-être semblent reconnus en particulier au niveau de certaines populations spécifiques (adolescents, personnes âgées, déficients mentaux), les facteurs en jeu sont divers (biochimiques, psychosociaux, psychologiques) et agissent en interaction. Les explications proposées sont :

- la distraction (rupture par rapport à la mentalisation) ;
- le plaisir corporel (sensations physiques) ;
- la baisse de l'anxiété (d'état et somatique) ;
- la perception de son efficacité ;
- une meilleure image de soi et de son corps ;
- une évaluation positive des autres (pairs, éducateurs, famille) ;
- une modification du tonus musculaire ;
- une amélioration de la condition physique (force, aptitudes respiratoires et cardiovasculaires) ;
- la production d'endomorphine, de nopépinéphrine ;
- l'augmentation de l'action des neurotransmetteurs (dopamine, sérotonine)...

Lawlor et Hopker (2001), pour expliquer les évolutions sur le bien-être apportées par l'activité physique, mettent en avant l'importance des facteurs psychologiques (regard positif des spectateurs, rupture par rapport aux pensées négatives, nouvel apprentissage, rencontre avec les autres).

Ces résultats soulignent que l'effet des activités physiques se constate plus nettement sur les populations spécifiques et que ses répercussions sont variables. Certains facteurs spécifiques de la structure de la personnalité comme l'anxiété, le sentiment de compétence, l'image de soi semblent dominants et donnent lieu à des travaux spécifiques et ciblés.

Activité physique et estime de soi

L'estime de soi est la part évaluative du soi, et par conséquent, la plus consciente et explicite (Lehalle, 1995). C'est le sentiment plus ou moins favorable que chacun éprouve à l'égard de ce qu'il pense être. L'estime de soi est multidimensionnelle et est constituée de sous-ensembles relevant de compétences dans les domaines physique, social, professionnel, familial... Elle résulte conjointement des capacités que l'on s'attribue afin d'atteindre les objectifs que l'on se fixe et du regard sur soi que les proches nous renvoient. Ce concept est

un déterminant majeur de la santé, des conduites de santé, de la qualité de vie et du bien-être (Brown, 1998).

À une époque où le corps prend une place de plus en plus importante dans notre société, le sentiment que chacun porte à son corps devient un élément important de l'estime globale que chacun s'attribue. Fox (1997) parle de valeur physique perçue. Ce sentiment est modifié par la pratique d'une activité physique. Il est une source majeure de motivation à l'engagement et la poursuite de l'activité (Sonstroem, 1997 et 1998), ce qui est, dans nos sociétés où l'inactivité progresse, un élément fondamental pour la politique de santé publique. Il est aussi à l'origine de conduites favorables ou défavorables pour la santé, de transformations corporelles (apparence), de modification de la condition physique (dont le poids), de la réalisation de performance (quel que soit le niveau ou sa nature). En retour, il change le regard que les autres portent sur soi.

Fox (1997) a validé un modèle hiérarchique qui relie l'estime de soi au soi physique (figure 9.1), du plus concret (sous-domaine) au plus global (sommet de la hiérarchie). Le soi physique est la résultante de la valeur physique perçue et de quatre sous-domaines (Fox et Corbin, 1989). L'« endurance » se rapporte à la perception de son niveau de condition physique, d'endurance et de forme, de son aptitude à maintenir un effort et de sa confiance vis-à-vis de l'effort. La « force » concerne la force explosive, la puissance musculaire et la confiance dans les situations exigeant de la force. La « compétence sportive » correspond à la perception de ses habiletés motrices liées au sport, de sa capacité à apprendre de nouveaux gestes, de ses ressources stratégiques et de sa confiance à affronter une situation compétitive. L'« apparence » se rattache à l'attrait perçu du corps (beauté), à l'aptitude à maintenir un corps séduisant et à la confiance dans son apparence. Ce modèle a été validé par la plupart des recherches internationales (voir Fox, 1997).

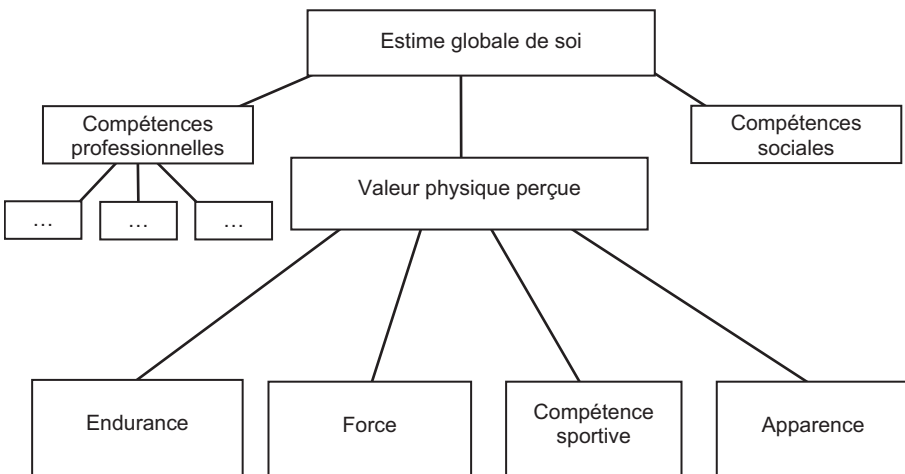


Figure 9.1 : Modèle hiérarchique (d'après Fox et Corbin, 1989)

Ce modèle hiérarchique permet de déterminer les relations entre les perceptions du domaine de compétence physique et l'estime globale de soi, autrement dit le flux causal. Selon l'hypothèse cognitive du flux causal ascendant (*bottom-up*), l'estime de soi est directement influencée par la manière dont les sujets perçoivent leurs compétences dans un sous-domaine où la réussite est considérée comme importante. L'augmentation d'un sous-domaine diffuse de la base vers le sommet de la hiérarchie. Par exemple, une performance au marathon accroît le niveau du sous-domaine endurance, qui augmente ensuite la valeur physique perçue et, enfin, l'estime globale de soi. Ainsi, tout changement de niveau d'un élément de la base du modèle est susceptible de modifier le niveau d'une dimension située juste au-dessus dans la hiérarchie. Selon l'hypothèse du flux causal descendant (*top-down*), le niveau d'estime de soi dépend de l'humeur (Brown, 1998). Cette dernière est nettement plus sensible aux événements et par conséquent plus variable que les dimensions auto-évaluatives liées à une compétence donnée. Un événement de vie négatif (par exemple une difficulté conjugale, professionnelle ou amicale) affecte plus lourdement l'estime de soi qu'un domaine ou sous-domaine. Selon l'hypothèse réciproque (*reciprocal*), le flux causal pourrait être à la fois ascendant et descendant, soit consécutivement, soit conjointement. Enfin, selon le modèle horizontal, la causalité serait majoritairement basée sur la continuité et la conservation de la valeur courante (Marsh et Yeung, 1998).

La littérature regorge de travaux indiquant l'augmentation du niveau d'estime globale de soi générale et/ou du soi physique par un programme d'activité physique d'au moins 1 mois, d'intensité modérée, à raison de 3 séances par semaine. Les recherches utilisent des échelles spécifiques mises au point en fonction de l'évolution théorique sur ces concepts (*Body Cathexis Scale*, *Coopersmith Self-Esteem Inventory*, *Soenstroem Physical Estimation*, *Physical Self Description Questionnaire*, *Physical Self Perception Profile* adapté en français par Ninot et coll., 2000 et nommé l'Inventaire du soi physique). Dans sa revue de littérature incluant 37 études randomisées et contrôlées et 42 non randomisées, Fox (2000a) conclut à un effet bénéfique de la pratique régulière d'activité physique sur les niveaux d'estime de soi et du soi physique, en particulier en cas de pratique aérobie. Par exemple, Di Lorenzo et coll. (1999) montrent une amélioration du niveau d'estime globale de soi et du soi physique suite à un programme aérobie de 3 mois chez des adultes âgés de 18 à 39 ans. McAuley et coll. (1997) observent une amélioration chez des adultes sédentaires. Taylor et Fox (2005) font participer à un programme d'activité physique 142 adultes de 40 à 70 ans, choisis au hasard, qu'ils suivent sur 9 mois au niveau de la condition physique, du dynamisme, du poids, de la masse grasseuse, de l'estime de soi et du soi physique. Comparé au groupe témoin non actif, les auteurs constatent une forte augmentation du niveau de leur soi physique (notamment de la condition physique) et de leur état de santé. Les travaux montrent que les groupes de sujets dont le niveau est inférieur au score moyen du questionnaire (par exemple tous les sujets inférieurs à 5 sur une échelle de 0 à 10) progressent

de manière significative suite à un programme adapté à leurs capacités motrices et psychologiques. Ces résultats sont observés chez les personnes en situation de handicap, malades chroniques et vieillissantes (Fox, 1997 et 2000 ; Ninot et coll., 2002). La récente méta-analyse de Spence et coll. (2005) retenant 113 études sur 426 (en fonction de critères précis d'inclusion) et portant sur une population de 7 724 adultes indique un effet significatif au seuil $p \leq 0,05$ pour l'augmentation de l'estime globale de soi par la pratique physique mais de poids faible ($d = 0,23$). Le changement est plus significatif pour la valeur physique perçue et certains sous-domaines en fonction des objectifs recherchés par la pratique corporelle.

Les modalités de pratique de l'activité physique (nature, fréquence, intensité, régularité, durée, pédagogie, didactique et matériel) sont des déterminants majeurs du changement du niveau d'estime globale de soi et du soi physique. Pour exemple, une étude menée sur une population de jeunes enfants met en évidence une corrélation significative entre les dimensions du soi physique et la quantité d'entraînement (Crocker et coll., 2000). D'autres travaux soulignent que les dimensions du soi physique présentent une corrélation plus forte avec les modalités de pratique qu'avec des mesures objectives de l'aptitude physique (Sonstroem et coll., 1991 et 1994 ; Marsh et Redmayne, 1994 ; Sonstroem et Potts, 1996 ; Fox, 2000a et b ; Buckworth et Dishman, 2002). En revanche, le niveau d'apprentissage moteur n'a pas d'effet. Une augmentation du niveau de valeur physique perçue ou d'estime globale de soi peut être observée sans pour autant s'accompagner d'amélioration des habiletés sportives (Mutrie, 1997).

La corrélation positive entre le niveau de condition physique objectivée par des marqueurs physiologiques et le niveau d'estime de soi n'est pas systématiquement retrouvée. Un changement de l'aptitude physique ne modifie pas ce niveau trop global d'estime de soi selon Sonstroem (1984). Les adaptations physiologiques n'auraient pas d'influence directe sur le fonctionnement psychologique à un niveau hiérarchique trop général (Hayden et coll., 1986). Les recherches montrent finalement peu de corrélations significatives aussi bien chez des personnes en bonne santé (Fox, 1997) que chez des personnes handicapées (Bilard, 1990). Ceci laisse penser que ce qui joue un rôle modérateur est plus la « perception subjective » de la condition physique que la modification des indicateurs physiques ou biologiques (Dishman, 1994 ; Plante, 1999).

Le cas de la compétition sportive est plus problématique (Fox, 2000a et b). Des auteurs montrent une augmentation du niveau d'estime de soi chez des enfants âgés de 8 à 14 ans pratiquant le football (Fox, 1997) ou chez des enfants de 9 à 11 ans (Roberts et coll., 1981). D'autres ne trouvent pas de changement significatif du niveau d'estime de soi chez des adolescents sportifs (Magill et Ash, 1979 ; Eppright et coll., 1997). Certains trouvent même une diminution du niveau d'estime globale de soi, dans les sous-domaines « social » et « conduite » chez des jeunes filles « à risque » âgées de 10 à

16 ans participant à un camp sportif de 5 semaines (Kishton et Dixon, 1995). L'anxiété provoquée par la compétition, l'atteinte des objectifs fixés et la comparaison sociale (être le meilleur d'une équipe moyenne ou le moins bon d'une équipe forte) vont affecter grandement les niveaux d'estime de soi et du soi physique. Jasnoski et coll. (1981) supposent que les changements d'estime globale de soi sont également dus à des facteurs personnels ou sociaux associés au programme d'entraînement. Kamal et coll. (1995), par exemple, mettent en évidence chez des athlètes d'autres domaines de sentiment de compétence particulièrement influant sur le niveau d'estime globale de soi comme l'aspect social.

Notons que le niveau d'estime de soi est devenu de manière abusive un indice d'attitudes et de comportements en particulier au niveau de la réussite sportive. Une estime de soi élevée serait un critère différenciant les athlètes qui réussissent de ceux qui connaissent moins de succès (Weinberg et Gould, 1997). Leur pratique se caractériserait par une plus grande efficacité dans le jeu (Weinberg et Gould, 1997), une détente corporelle, une concentration supérieure, des objectifs élevés (ambition, motivation), des efforts facilités, des stratégies offensives (jouer pour gagner et non pour ne pas perdre) et peu d'anxiété (Martens et coll., 1990 ; Koivula et coll., 2002).

L'instabilité de l'estime de soi et des dimensions associées intéresse depuis peu les chercheurs. Le véritable précurseur en la matière est Kernis. Il a montré que l'instabilité de l'estime de soi est un indice aussi important que son niveau (Kernis et coll., 1993). Une personne avec un niveau d'estime de soi élevé et stable n'aura pas le même fonctionnement qu'une personne avec un même niveau mais instable. L'instabilité provoque des réactions comportementales et émotionnelles plus négatives, c'est également un signe de dépression (Greenier et coll., 1999). Ces auteurs soulignent que le niveau et l'instabilité de l'estime de soi ne sont pas corrélés indiquant l'indépendance des deux dimensions, et que l'instabilité est liée à une tendance à l'anxiété et à l'hostilité, en particulier pour les personnes à estime de soi élevée. Une forte instabilité reflète une vulnérabilité vis-à-vis des stimuli externes. Ceci est particulièrement observé chez des athlètes de niveau national (Ninot et coll., 2006) et des personnes souffrant d'une broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO) de sévérité modérée (Ninot et coll., 2002). Des auteurs ont confirmé récemment l'intérêt d'étudier la variabilité intra-individuelle de l'estime de soi afin d'en saisir son fonctionnement et non ses corrélats (Nezlek et Plesko, 2001 ; Delignières et coll., 2004 ; Ninot et coll., 2005) mais aussi d'étudier les flux causaux dans les modèles multidimensionnels (Ninot et Fortes, 2007).

En résumé, la pratique d'une activité physique à dominante aérobie, au moins 1 mois, d'intensité modérée, à raison de 3 séances par semaine, avec une pédagogie adaptée, une expertise didactique et des moyens matériels appropriés augmente le soi physique, et de manière plus aléatoire l'estime globale de soi. L'augmentation de cette dernière dépendra de l'importance

accordée au domaine corporel et des effets sur des domaines moins directement liés à l'aspect corporel comme l'aspect social. La valeur du soi physique est un déterminant majeur de la poursuite d'une activité physique à long terme et de l'évitement de l'installation ou de l'aggravation du cercle vicieux du déconditionnement. Pour ce faire, une approche éducative pour la santé et de verbalisation post-exercice est un complément indispensable pour limiter les pratiques irrégulières. Des travaux randomisés et contrôlés caractérisant mieux les modalités des pratiques d'activité physique sur d'importants échantillons, incluant des marqueurs biologiques, de quantité réelle d'activité physique et d'utilisation des services de santé sont indispensables. En parallèle, des travaux intra-individuels (suivi longitudinal individuel avec évaluations brèves et répétées) doivent permettre de caractériser le poids respectif des facteurs influençant les variations des niveaux d'estime de soi et de comprendre le fonctionnement des flux causaux.

Activité physique et qualité de vie

La notion de qualité de vie est apparue dans les années 1960 aux États-Unis. Elle est aujourd'hui définie par l'OMS (*WHOQOL Group*, 1993) comme « la perception qu'un individu a de sa place dans la vie, dans le contexte de la culture, et du système de valeurs dans lequel il vit, en relation avec ses objectifs, ses attentes, ses normes et ses inquiétudes ». C'est un concept très large qui peut être influencé de manière complexe par la santé physique du sujet, son état psychologique et son niveau d'indépendance, ses relations sociales et sa relation aux éléments essentiels de son environnement (Leplège, 1999). La notion de qualité de vie épouse la même conception humaniste et holistique que la définition de la santé entendue comme un bien-être complet biopsychosocial (*WHOQOL Group*, 1993).

En tant que notion subjective, intégrée, multidimensionnelle et évolutive, la qualité de vie cherche notamment à rendre compte des conséquences d'un trouble de santé sur la satisfaction de vie. Elle invite à tenir compte indépendamment des principaux domaines de la vie quotidienne. Elle souligne la complexité du ressenti des personnes, des répercussions de leurs pathologies ou des soins (Curtis et coll., 1997). Ce concept connaît un réel attrait aujourd'hui aussi bien chez les cliniciens que les chercheurs ou le grand public. Cet intérêt coïncide avec le débat sur le fait qu'une vie de qualité devient un élément tout aussi important que sa durée. Pratiquement, cette notion impose aux professionnels de santé de tenir compte du ressenti des patients et sur leurs capacités à satisfaire leurs besoins et désirs, et non uniquement des signes cliniques et des symptômes. Ainsi, l'intérêt porté à la qualité de vie permet au sujet d'exprimer ses attentes en fonction du poids qu'il accorde à tel ou tel aspect de la vie. Elle est très utile dans le vieillissement, les maladies chroniques et/ou le handicap où la « guérison » est

impossible et où les acteurs s'attachent à démontrer les bénéfices d'une intervention donnée sur la qualité de vie.

Sous le même vocable « qualité de vie », on trouve des recherches portant sur les conditions de vie (conditions objectives et perception subjective de ces conditions), l'état de santé (répertoire des capacités et des performances réelles ou perçues de la personne), le bien-être psychologique (affects positifs ou négatifs), la qualité de vie dite objective (résultant de l'appréciation par un expert extérieur de la manière dont le sujet vit intérieurement sa vie actuelle) et la qualité de vie subjective. Aujourd'hui, la qualité de vie liée à la santé (*Health Related Quality of Life*) subjective est celle qui est le plus usitée dans le domaine de l'activité physique et la santé. Elle correspond à la satisfaction du sujet par rapport à sa vie quotidienne (autonomie, symptômes physiques, état psychologique, sexualité, image de soi, relations sociales, problèmes matériels, loisir).

La qualité de vie liée à la santé (figure 9.2) s'évalue par entretien, par questionnaire (auto ou hétéro-passation) ou par des échelles de sensations subjectives. Les questionnaires génériques sont utilisés afin de comparer des niveaux entre populations ou les bénéfices d'une intervention (activité physique, médicament, chirurgie...). Les questionnaires génériques les plus connus et les mieux validés sont le Profil de qualité de vie subjective (PQVS) mis au point en France par Gerin et coll. (1991), le *Sickness Impact Profile* (SIP), le *Nottingham Health Profile* (NHP), le *Medical Outcome Study Short Form* (SF-36) et l'Échelle de qualité de vie de l'OMS (*WHO-QOL-brief version*). Des questionnaires spécifiques le plus souvent à une maladie donnée ont été développés afin d'être plus sensibles aux changements d'état causés par cette maladie et/ou par une intervention thérapeutique ou éducative (Bowling, 2001). Bien que des progrès psychométriques restent à réaliser, ils sont utilisables pour le suivi clinique des patients et des suivis de populations particulières (dépressifs, asthmatiques, cardiaques...). Ces échelles spécifiques sont très nombreuses en langue anglaise (Bowling, 2001), mais beaucoup ne sont pas adaptées et validées en français.

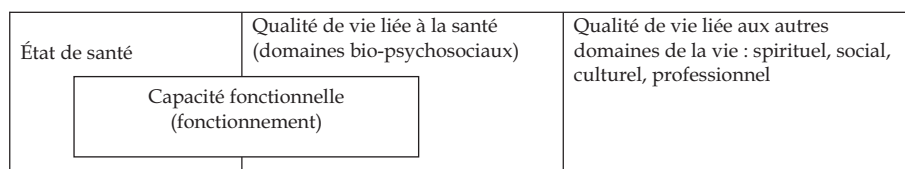


Figure 9.2 : Qualité de vie liée à la santé (d'après Curtis et coll., 1997)

Chez les malades chroniques, les personnes en situation de handicap et les personnes âgées, les bénéfices de l'exercice (ou d'une phase de réhabilitation/réadaptation incluant le réentraînement à l'effort) sur la qualité de vie globale

sont largement démontrés (Eronen et coll., 1997 ; Clarck et coll., 1999 ; Atlantis et coll., 2004). Par ailleurs, le score de qualité de vie prédit mieux le nombre de ré-hospitalisations et la mortalité des sujets atteints de BPCO que les paramètres physiologiques (Osman et coll., 1997 ; Domingo-Salvany et coll., 2002 ; Fan et coll., 2002). La puissance pronostique des scores de qualité de vie a été démontrée également en cancérologie. Enfin, les auteurs constatent des divergences de maintien des scores de qualité de vie de patients atteints de BPCO après une phase de réentraînement à l'effort en fonction de la nature des dimensions examinées (Moullec et coll., 2007). Il existe une vulnérabilité supérieure des dimensions émotionnelles (conséquences affectives d'une maladie) comparées aux dimensions fonctionnelles (façon dont les patients perçoivent leur capacité à agir dans les activités de la vie quotidienne).

Chez des sujets âgés de 18 à 64 ans sans trouble de santé, deux études transversales ont porté sur d'importantes cohortes dont les actifs ont été comparés aux non actifs avec le SF-36, celle de Brown et Frankel (1993) portant sur 685 personnes et celle de Melin et coll. (1993) comparant 2 533 adultes. Ces deux études montrent que les participants aux activités de loisir ont un score significativement plus élevé que les non actifs. Il existe une corrélation significative entre la participation aux activités physiques de loisir et la satisfaction de vie ($r=0,17$; $p < 0,001$), en particulier au niveau de la population féminine. Valois et coll. (2004) montrent un lien positif fort entre la participation aux activités physiques et la qualité de vie à partir d'une population de 4 758 adolescents scolarisés. Dans une autre étude randomisée et contrôlée comparant 451 adultes sédentaires à 427 adultes actifs, Elley et coll. (2003) mettent en évidence avec le SF-36 une amélioration à un an des scores des domaines touchant le rôle physique, la douleur corporelle, la santé générale, la vitalité et pas d'évolution sur le fonctionnement social, le fonctionnement physique, le rôle émotionnel, la santé mentale. D'autres travaux portant sur des effectifs importants ($n > 100$) soulignent que la participation régulière durant 6 mois à des activités physiques augmente le niveau de qualité de vie subjective (Kemmler et coll., 2002 ; Elley et coll., 2003). Les études soulignent que la qualité de vie évolue plus positivement chez les populations féminines quel que soit l'âge et que la pratique physique en famille augmente encore plus nettement le vécu de bien-être et le sentiment d'une bonne qualité de vie (Ransdell et coll., 2003). Ce type de pratique a des répercussions sur la qualité de vie car elle augmente le lien entre l'activité physique des parents et des enfants (Simonen et coll., 2002).

Les perspectives des travaux dans le domaine de la qualité de vie sont très nombreuses, car nombre de réponses à des questions précises restent méconnues :

- les travaux ont discuté essentiellement les scores de qualité de vie globale sans s'attacher à discriminer finement les répercussions de l'activité physique sur des dimensions spécifiques ;
- les corrélations des scores de qualité de vie avec les paramètres biologiques ou sociologiques sont très imparfaites, ce qui, au-delà de l'écart naturel

entre le ressenti et la mesure « objective », souligne les problèmes psychométriques résiduels ;

- il existe des problèmes conceptuels avec les enfants et les adolescents notamment par le recoupement théorique avec des notions comme le bien-être ou la santé perçue ;
- la qualité de vie liée à la santé se prête difficilement à l'évaluation de sujets dits normaux qui ont déjà une qualité de vie satisfaisante qui n'est pas sensée se modifier par l'exercice physique ;
- les questionnaires de qualité de vie sont surtout utilisés pour des études longitudinales de cohorte (groupe) et peu pour un usage ;
- les outils d'évaluation actuels manquent de sensibilité. Sachant que l'évolution des dimensions de la qualité de vie est un témoin intéressant de la pratique régulière d'activité physique en particulier chez les sujets âgés, en situation de handicap et/ou malades chroniques, les outils adaptés pour chaque population ou chaque pathologie à l'usage individuel restent à développer ;
- dérivé du concept de qualité de vie liée à la santé, le *Quality Adjusted Life Year* (QALY) correspond à l'évaluation de l'évolution de la satisfaction vis-à-vis de la vie sur une année entière. Chaque intervention éducative, rééducative, thérapeutique peut ainsi être évaluée en fonction du nombre de QALYs gagnés ou perdus. Pour l'instant, des problèmes éthiques et de validité limitent l'application de ce concept.

En conclusion, il est indéniable au regard des travaux examinés que la pratique régulière d'activités physiques d'intensité modérée contribue au bien-être subjectif et à la qualité de vie globale en agissant sur les facteurs qui interviennent sur ces dimensions intégrées (expériences affectives positives par l'intégration au groupe ou regard positif de l'autre, baisse du niveau de stress, satisfaction par rapport au corps, satisfaction par la participation active à la vie sociale). Ces répercussions psychiques sont constatées au niveau de populations pathologiques et non pathologiques. Ces concepts ouvrent sur une qualité de relation aux autres et accroît le réseau social avec toutes les opportunités que cela entraîne. Les personnes actives physiquement ont objectivement des indicateurs psychosociaux de niveaux plus élevés que les non actifs et subjectivement elles expriment dans les domaines des capacités physiques, des sensations somatiques, des interactions sociales, de l'état psychologique une satisfaction qui démontre une qualité de vie supérieure aux non actifs.

BIBLIOGRAPHIE

ATLANTIS E, CHOW C, KIRBY A, SINGH M F. An effective exercise-based intervention for improving mental health and quality of life measures: a randomized controlled trial. *Preventive medicine* 2004, 39 : 424-434

BILARD J. Activités physiques, représentations du corps et de soi. In : Le corps rassemblé. GARNIER C (ed). Presses Universitaires du Québec, Montréal, 1990 : 150-184

BOWLING A. Measuring disease. Open University Press, Buckingham, 2001

BROWN JD. The Self. McGraw-Hill, Boston, 1998

BROWN BA, FRANKEL BG. Activity through the years : leisure, leisure satisfaction and life satisfaction. *Sociology of Sport Journal* 1993, **10** : 1-17

BUCKWORTH J, DISHMAN RK. Exercise Psychology. BUCKWORTH J, DISHMAN RK (eds). Human Kinetics, 2002 : 330 p

CLARK S, LONG MM, SCHIFFMAN LG. The mind body connection: the relationship among physical activity level, life satisfaction, and cognitive age among mature females. *Journal of Social Behavior and Personality* 1999, **14** : 221-241

CROCKER PR, EKLUND RC, KOWALSKI KC. Children's physical activity and physical self-perceptions. *Journal of Sport Sciences* 2000, **18** : 383-394

CURTIS JR, MARTIN DP, MARTIN TR. Patient-assessed health outcomes in chronic lung disease. What are they, how do they help us, and where do we go from here? *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 1997, **156** : 1032-1039

DE MOOR MH, BEEM AL, STUBBE JH, BOOMSMA DI, DE GEUS EJ. Regular exercise, anxiety, depression and personality: a population-based study. *Prev Med* 2006, **42** : 273-279

DELIGNIÈRES D, FORTES M, NINOT G. The fractal dynamics of self-esteem and physical self. *Nonlinear Dynamics, Psychology and Life Sciences* 2004, **8** : 479-510

DILORENZO TM, BARGMAN EP, STUCKY-ROPP R, BRASSINGTON GS, FRENCH PA, LAFONTAINE T. Long-term effects of aerobic exercise on psychological outcomes. *Preventive Medicine* 1999, **28** : 75-85

DISHMAN RK. Prescribing exercise intensity for healthy adults using perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1994, **26** : 1087-1094

DOMINGO-SALVANY A, LAMARCA R, FERRER M, GARCIA-AYMERICH J, ALONSO J, et coll. Health-related quality of life and mortality in male patients with chronic obstructive pulmonary disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 2002, **166** : 680-685

ELLEY CR, KERSE N, ARROLL B, ROBINSON E. Effectiveness of counselling patients on physical activity in general practice: cluster randomised controlled trial. *British Medical Journal* 2003, **326** : 1-6

EPPRIGHT TD, SANFACON JA, BECK NC, BRADLEY JS. Sport psychiatry in childhood and adolescence: An overview. *Child Psychiatry and Human Development* 1997, **28** : 71-88

ERONEN MK, RANKINEN T, RAURAMAA R, SULKAVA R, NISSINEN A. Does aging mean a better life for women ? *Journal of the American Geriatrics Society* 1997, **45** : 594-597

FAN VS, CURTIS JR, TU SP, MCDONELL MB, FIHN SD. Using quality of life to predict hospitalization and mortality in patients with obstructive lung diseases. *Chest* 2002, **122** : 429-436

FOX KR. The physical self: from motivation to well-being. Human Kinetics, Champaign, 1997

FOX KR. The influence of physical activity on mental well-being. *Public Health Nutr* 1999, **2** : 411-418

FOX KR. Self-esteem, self-perceptions and exercise. *International Journal of Sport Psychology* 2000a, **31** : 228-240

FOX KR. The effects of exercise on self-perceptions and self-esteem. In : Physical Activity and Psychological Well-Being. BIDDLE J, FOX KR, BOUTCHER SH (eds). Routledge, London and New York, 2000b : 88-117

FOX KH, CORBIN CB. The Physical Self Perception Profile: Development and preliminary validation. *Journal of Sport and Exercise Psychology* 1989, **11** : 408-430

GALPER DI, TRIVEDI MH, BARLOW CE, DUNN AL, KAMPERT JB. Inverse association between physical inactivity and mental health in men and women. *Med Sci Sports Exerc* 2006, **38** : 173-178

GERIN P, DAZORD A, CIALDELLA P, LEIZOROVICZ A, BOISSEL JP. Le questionnaire « Profil de la qualité de vie subjective ». *Thérapie* 1991, **46** : 131-138

GREENIER KD, KERNIS MH, MCNAMARA CW, WASCHULL SB, BERRY AJ, et coll. Individual differences in reactivity to daily events: Examining the roles of stability and level of self-esteem. *Journal of Personality* 1999, **67** : 185-208

HASSMEN P, KOIVULA N, UUTELA A. Physical exercise and psychological well-being: a population study in Finland. *Prev Med* 2000, **30** : 17-25

HAYDEN RA, ALLEN GJ, CAMARONE DN. Some psychological benefits resulting from involvement in an aerobic fitness program from the perspective of participants and knowledgeable informants. *Journal of Sport Medecine* 1986, **26** : 67-76

JASNOSKI ML, HOLMES DS, SOLOMAN S, AGUIAR C. Exercise, change in aerobic capacity and changes in self-perception: An experimental investigation. *Journal of Research in Personality* 1981, **15** : 460-466

JUSZCZAK L, COOPER K. Improving health and well being of adolescent boys. *Nurs Clin North Am* 2002, **37** : 443

KAMAL AF, BLAIS AF, KELLY C, EKSTRAND K. Self esteem attributional components of athletes versus non athletes. *International Journal of Sport and Psychology* 1995, **26** : 189-195

KEMMLER W, ENGELKE K, LAUBER D, WEINECK J, HENSEN J, KALENDAR WA. Exercise effects on fitness and bone mineral density in early postmenopausal women: 1 year EFOPS results. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2002, **34** : 2115-2123

KERNIS MH, CORNELL DP, SUN CR, BERRY AJ, HARLOW T. There's more to self-esteem than whether it is high or low: The importance of stability of self-esteem. *Journal of Personality and Social Psychology* 1993, **65** : 1190-1204

KIRKCALDY BD, SHEPHARD RJ, SIEFEN RG. The relationship between physical activity and self-image and problem behavior among adolescents. *Soc Psychiatry Epidemiol* 2002, **37** : 544-550

KISHTON JM, DIXON AC. Self-perception changes among sports camp participants. *Journal of Social Psychology* 1995, **135** : 135-141

KOIVULA N, HASSMÉN P, FALLBY J. Self-esteem and perfectionism in elite athletes: Effects of competitive anxiety and self-confidence. *Personality and Individual Differences* 2002, **32** : 875-885

LAWLOR DA, HOPKER SW. The effectiveness of exercise as an intervention in the management of depression: systematic review and meta-regression analysis of randomised controlled trials. *BMJ* 2001, **322** : 763-767

LEHALLE H. Psychologie des adolescents. Presses Universitaires de France, Paris, 1995

LEPLÈGE A. La mesure de la qualité de vie. PUF, Paris, 1999

LOTAN M, MERRICK J, CARMELI E. Physical activity in adolescence. A review with clinical suggestions. *International Journal of Adolescent Medicine and Health* 2004, **16** : 13-21

LOTAN M, MERRICK J, CARMELI E. A review of physical activity and well-being. *International Journal of Adolescent Medicine and Health* 2005, **17** : 23-31

MAGILL RA, ASH MJ. Academic, psycho-social and motor characteristics of participants and non-participants in children's sport. *Research Quarterly* 1979, **50** : 230-240

MARSH HW, REDMAYNE RS. A multi-dimensional physical self concept and its relation to multiple components of physical fitness. *Journal of Sports and Exercise Psychology* 1994, **16** : 45-55

MARSH HW, YEUNG AS. Top-down, bottom-up, and horizontal models: The direction of causality in multidimensional, hierarchical self-concept models. *Journal of Personality and Social Psychology* 1998, **75** : 509-527

MARTENS R, VEALEY RS, BURTON D. Competitive anxiety in sport. Champaign II, Human Kinetics, 1990

MCAULEY E, MIHALKO SL, BANE SM. Exercise and self-esteem in middle-aged adults: multidimensional relationships and physical fitness and self-efficacy influences. *Journal of Behavioral Medicine* 1997, **20** : 67-83

MCAULEY E, ELAVSKY S, JEROME GJ, KONOPACK JF, MARQUEZ DX. Physical activity-related well-being in older adults: Social cognitive influences. *Psychology and Aging* 2005, **20** : 295-302

MELIN R, FUG-MEYER F, FUG-MEYER AR. Life satisfaction in 18 to 64 year-old Swedes: in relation to education, employment situation, health and physical activity. *Journal of Rehabilitation Medicine* 2003, **35** : 34-90

MOULLEC G, NINOT G, DESPLAN J, PRÉFAUT C, VARRAY A. Effet de la post-réhabilitation chez des personnes broncho-pneumopathes chroniques obstructives. *Revue des Maladies Respiratoires* 2007, **24** : 121-132

- MUTRIE N. The therapeutic effects of exercise on the self. In : The physical self. FOX KR (ed). Human Kinetics, Champaign, 1997 : 287-314
- NETZ Y, WU MJ, BECKER BJ, TENENBAUM G. Physical activity and psychological well-being in advanced age: a meta-analysis of intervention studies. *Psychol Aging* 2005, **20** : 272-284
- NEZLEK JB, PLESKO RM. Day-to-day relationships among self-concept clarity, self-esteem, daily events, and moods. *Personality and Social Psychology Bulletin* 2001, **27** : 201-211
- NINOT G, FORTES M. Etudier la dynamique des construits en psychologie sociale. *Science et Motricité* 2007, **1** : 11-42
- NINOT G, DELIGNIERES D, FORTES M. L'évaluation de l'estime de soi dans le domaine corporel. *STAPS* 2000, **53** : 35-48
- NINOT G, FORTES M, LEYMARIE S, BRUN A, POULAIN M, et coll. Effects of an intensive period inpatient rehabilitation program on the perceived physical self in moderate COPD patients. *International Journal of Rehabilitation Research* 2002, **6** : 51-55
- NINOT G, FORTES M, DELIGNIÈRES D. The dynamics of self-esteem in adults over a six-month period: An exploratory study. *Journal of Psychology* 2005, **139** : 315-330
- NINOT G, CONNES P, CAILLAUD C. Effects of erythropoetin on physical self in endurance athletes. *Journal of Sport Science* 2006, **24** : 383-391
- NORRIS R, CARROLL D, COCHRANE R. The effects of physical activity and exercise training on psychological stress and well being in an adolescent population. *Journal Psychosom Res* 1999, **36** : 55-65
- OSMAN LM, GODDEN DJ, FRIEND JA, LEGGE JS, DOUGLAS JG. Quality of life and hospital re-admission in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 1997, **52** : 67-71
- PENEDO FJ, DAHN JR. Exercise and well-being: A review of mental and physical health benefits associated with physical activity. *Curr Opin Psychiatr* 2005, **18** : 189-193
- PLANTE TG. Could the perception of fitness account for many of the mental and physical health benefits of exercise ? *Advances in Mind-Body Medicine* 1999, **15** : 291-301
- RANSELL LB, TAYLORA, OAKLAND D, SCHMIDT J, MOYER-MILEUR L, SHULTZ B. Daughters and mothers exercising together/ effects of home and community-based programs. *Medecine and Science in Sport and Exercise* 2003, **35** : 286-296
- ROBERTS GC, KLEIBER D, DUDA JL. An analysis of motivation in children's sport: The role of perceived competence in participation. *Journal of Sport Psychology* 1981, **3** : 206-216
- RYFF CD, KEYES CLM. The structure of psychological well-being revisited. *Personality Soc Psycho* 1995, **69** : 719-727
- SHERILL C. Disability, identity, and involvement in sport and exercise. In : The physical self. FOX RK (ed). Human Kinetics, Champain, 1997 : 257-286

- SIMONEN RL, PERUSSE L, RANKINEN T, RICE T, RAO DC, BOUCHARD C. Familial aggregation of physical activity levels in the Quebec family study. *Medicine and Science in Sport and Exercise* 2002, **34** : 1137-1142
- SONSTROEM RJ. Exercise and self-esteem. *Exercise and Sport Sciences Reviews* 1984, **12** : 123-155
- SONSTROEM RJ. The physical self system: A mediator of exercise and self-esteem. In : *The physical self: from motivation to well-being*. FOX KR (ed). Human Kinetics, Champaign, 1997 : 3-26
- SONSTROEM RJ. Physical self-concept. Assessment and external validity. *Exercise and Sport Sciences Reviews* 1998, **28** : 133-164
- SONSTROEM RJ, POTTS SA. Life adjustment correlates of physical self-concepts. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1996, **28** : 619-625
- SONSTROEM RJ, HARLOW LL, GEMMA LM, OSBORNE S. Test of structural relationships within a proposed exercise and self-esteem model. *Journal of Personality Assessment* 1991, **56** : 348-364
- SONSTROEM RJ, HARLOW LL, JOSEPHS L. Exercise and self-esteem: Validity of model expansion and exercise associations. *Journal of Sport and Exercise Psychology* 1994, **4** : 207-221
- SPENCE JC, MCGANNON KR, POON P. The effect of exercise on global self-esteem: A quantitative review. *Journal of Sport and Exercise Psychology* 2005, **27** : 311-334
- STEPHAN Y, BILARD J, NINOT G, DELIGNIERES D. Repercussions of transition out of elite sport on subjective well-being: A one-year study. *J Appl Sport Psychol* 2003, **15** : 354-371
- STEPHENS T. Physical activity and mental health in the United States and Canada: evidence from four population surveys. *Prev Med* 1988, **17** : 35-47
- STEPTOE A, BUTLER N. Sports participation and emotional wellbeing in adolescents. *Lancet* 1996, **347** : 1789-1792
- TAYLOR AH, FOX KR. Effectiveness of a primary care exercise referral intervention for changing physical self-perceptions over 9 months. *Health Psychol* 2005, **24** : 11-21
- VALOIS RE, ZULLING HUEBNER E, DRANE JW. Physical activity behaviors and perceived life satisfaction among public high school adolescents. *Journal of School Health* 2004, **74** : 59-65
- WEINBERG RS, GOULD D. Psychologie du sport et de l'activité physique. WEINBERG RS, GOULD D (eds). Vigot, Paris, 1997 : 544p
- WHOQOL GROUP. Study protocol for the world health organisation project to develop a quality of life assessment instrument. *Quality of Life Research* 1993, **2** : 153-159

III

Activité physique et fonctions physiologiques

10

Fonction musculaire

Le muscle squelettique est le seul organe qui assure le travail biomécanique de la locomotion, il est capable de transformer l'énergie biochimique contenue dans les substrats énergétiques en énergie mécanique. Sa structure et ses capacités fonctionnelles sont adaptées aux différents types de contraintes qui lui sont imposées, cette adaptation est spécifique des différentes espèces animales, mais elle peut aussi se traduire avec des différences au sein d'une même espèce en fonction du travail physique. Chez l'homme, le niveau d'activité physique influence le volume de la masse musculaire totale, les propriétés métaboliques et contractiles des muscles et leurs évolutions en fonction des différentes étapes de la vie. Le maintien d'une fonction musculaire normale est indispensable à la vie de relation et à l'autonomie fonctionnelle. Le muscle est la plaque tournante du métabolisme énergétique, son volume et son activité conditionnent la prévention des maladies métaboliques. La contrainte métabolique joue un rôle majeur dans l'utilisation du glucose. En effet, le muscle représente le principal compartiment d'utilisation du glucose, en conséquence il est l'acteur déterminant de la régulation de l'homéostasie glucidique. Par ailleurs, le muscle est un tissu soumis à un processus de remaniement continu, parmi les acteurs de ce remaniement on peut citer la production de radicaux libres résultant de l'augmentation du métabolisme énergétique local.

Contraction musculaire

Elle est la base de l'activité physique, elle résulte de la transformation d'énergie chimique en énergie mécanique par glissement des filaments de protéines contractiles, l'actine et la myosine (Huxley, 1969). L'énergie chimique est fournie par l'hydrolyse d'adénosine triphosphate (ATP) sous l'influence de l'activité ATPasique de la tête de myosine. L'importance de cette activité enzymatique hydrolysante règle la vitesse de glissement des myofilaments entre eux. Ce processus contractile est principalement sous la dépendance de la commande nerveuse qui règle la motricité à l'échelon central de l'organisme. Cette commande nerveuse est le facteur d'excitation de la contractilité qui repose sur une transmission de l'information de la périphérie du muscle vers l'intérieur par le biais d'un couplage entre l'excitation et la contraction. Le cycle de contraction-relaxation de la fibre musculaire est directement lié à

la concentration du calcium ionisé intracytoplasmique. La montée du calcium produit une interaction entre les molécules d'actine et la tête de la myosine qui conditionne le glissement des filaments et assure ainsi le phénomène mécanique de la contraction musculaire. Le relâchement fait suite à la contraction : après avoir été mis en contact avec le site ATPasique de la tête de la molécule de myosine, l'ATP est hydrolysé et la liaison entre actine et myosine se trouve rompue. Ce temps correspond à la recaptation du calcium par le réticulum sarcoplasmique, ces différentes étapes consomment de l'énergie. La puissance, la résistance à la fatigue et la vitesse de contraction du muscle sont dépendantes de la nature des protéines contractiles et de l'équipement métabolique de chaque fibre musculaire. On distingue plusieurs types de fibres musculaires. Les unités motrices qui regroupent un ensemble de fibres musculaires peuvent être classées en différents types sur la base de leurs propriétés contractiles et métaboliques (Brooke et Kaiser, 1970). Les unités motrices de type lent (*slow*) sont caractérisées par la lenteur de leur vitesse de contraction, la faible valeur de leur puissance mécanique, et leur résistance à la fatigue. À l'opposé, les unités motrices de type rapide (*fast*) sont caractérisées par leur contraction rapide et une puissance élevée. Elles sont réparties en rapides-fatigables ou rapides-résistantes, en fonction de leur résistance à la fatigue. Il est maintenant établi qu'un certain nombre des propriétés contractiles, et en particulier la vitesse de contraction de l'unité motrice, sont étroitement dépendantes de la vitesse d'hydrolyse de l'ATP. Cette propriété est sous la dépendance d'un polymorphisme des protéines contractiles et essentiellement des chaînes lourdes de myosine. Chaque molécule de myosine est formée par l'association de 2 chaînes polypeptidiques lourdes (*Myosin Heavy Chains*, MHC) et de 4 chaînes polypeptidiques légères (*Myosin Light Chains*, MLC). L'isoforme de la chaîne lourde (qui possède l'activité ATPasique) détermine le type lent ou rapide de la fibre musculaire.

Les propriétés métaboliques dépendent de l'équipement enzymatique et de la densité mitochondriale. Les fibres lentes de type I (*slow twitch*) possèdent une forte densité mitochondriale et des enzymes orientant le métabolisme vers les voies oxydatives. Elles sont capables d'utiliser des substrats glucidiques ou lipidiques et sont aussi le siège de l'oxydation de certains acides aminés lors du travail musculaire. Les fibres de type rapides sont classées en deux sous-groupes qui diffèrent par leurs capacités métaboliques : les fibres rapides résistantes à la fatigue (*Fast Twitch Resistant* type IIA) sont capables d'assurer un métabolisme oxydatif important et les fibres rapides fatigables (*Fast Twitch Fatigables* type IIB) ont un métabolisme essentiellement anaérobie⁴⁶.

46. La voie anaérobie est la voie métabolique prépondérante lors de la réalisation d'exercices musculaires courts et intenses. Elle utilise soit la dégradation des réserves en phosphagènes musculaires (ATP+phosphocréatine, cette voie est limitée dans la durée à un débit maximal de production d'énergie de quelques dizaines de secondes), soit la métabolisation du glycogène musculaire dans la voie de la glycolyse jusqu'à la production de lactate (cette voie a une puissance maximale de débit d'énergie limitée à 2 ou 3 minutes).

Concepts récents des effets de l'entraînement physique sur les structures du muscle

Il a été bien démontré que les structures des muscles d'athlètes très entraînés diffèrent de celles de sujets sédentaires (Costill et coll., 1976). Les modifications de la typologie musculaire sous l'effet de l'entraînement résultent de trois facteurs principaux qui sont : le type de stimulation nerveuse, la nature des contraintes mécaniques liées à chaque type d'activité physique et la réponse hormonale à l'effort, la nutrition pouvant moduler l'expression de ces précédents facteurs. La nature de la commande nerveuse joue probablement le rôle principal, des expérimentations sur des modèles animaux ayant bien montré qu'il est possible de transformer la typologie d'un muscle en faisant varier la nature de la stimulation nerveuse (Hoyle, 1983). Lorsque l'on essaie de schématiser les effets de l'entraînement sur le muscle, on oppose la pratique des sports d'endurance à celle des sports de force et vitesse. Les athlètes endurants présentent une augmentation de la proportion de fibres lentes de type I dans les muscles locomoteurs associée à un réseau capillaire plus dense. Il existe aussi une augmentation de la densité mitochondriale corrélée avec une amélioration de la consommation maximale d'oxygène. Les athlètes entraînés dans des sports de force présentent une augmentation de la surface des fibres musculaires et pour certains types d'activités, une augmentation de la proportion de fibres de type rapides. Cependant, la discussion reste ouverte pour savoir dans quelles proportions ces modifications, observées chez des athlètes qui réussissent dans leur discipline, sont le résultat de l'entraînement ou bien reflètent leur patrimoine génétique. Cette question a fait l'objet d'études utilisant la méthode de comparaison des jumeaux monozygotes et dizygotes (Bouchard et coll., 1986 et 1992) et les résultats indiquent que 25 à 50 % de la variabilité de typologie musculaire sont liés à l'hérédité. Plus récemment, l'étude Heritage menée par l'équipe de Bouchard au Canada indique que le polymorphisme au niveau de l'expression de nombreux gènes aurait un rôle significatif sur l'adaptation métabolique du muscle à l'entraînement (Rivera et coll., 1999). Le développement musculaire en réponse à l'entraînement physique et la régénération musculaire après une lésion passe par le recrutement et la stimulation de cellules souches du muscle, les cellules satellites (Kadi et Thomell, 2000). Le muscle adulte contient une population de cellules ayant les caractéristiques de cellules souches et localisées à la périphérie des fibres musculaires d'où leur dénomination de cellules satellites. Ces cellules sont quiescentes dans un muscle qui n'est pas soumis à la contrainte. Lors de l'exposition du muscle à une contrainte mécanique ou métabolique, différents facteurs de croissance musculaire interviennent pour stimuler la prolifération des cellules souches. L'expansion des cellules satellites conduit d'une part à l'augmentation du volume des fibres musculaires existantes (hypertrophie) et d'autre part à l'augmentation du nombre de fibres musculaires (hyperplasie). Les cellules satellites sont les principaux acteurs de la régénération musculaire après une blessure (Hawke et Garry, 2001).

Afin de hiérarchiser ces différents facteurs de croissance musculaire, un modèle théorique a été récemment proposé par Toigo et Boutellier (2006). Les stimuli mécaniques et biochimiques agissent sur la membrane musculaire. Ils sont traduits en signaux intracellulaires qui modulent la transcription et la traduction des protéines contractiles et des protéines impliquées dans le métabolisme et dont l'intensité varie en fonction de l'âge, du sexe, de l'architecture musculaire préexistante et du statut métabolique. L'augmentation du volume musculaire en réponse aux différentes contraintes qui s'exercent sur le muscle est en partie due au recrutement et au développement des cellules satellites. Nous allons analyser les principaux facteurs de développement musculaire et leurs mécanismes.

Contraintes mécaniques

Elles correspondent à l'ensemble des contraintes imposées aux structures membranaires des cellules musculaires. Elles peuvent être passives en réponse à l'étirement du muscle ou actives liées au raccourcissement de la contraction. Les contraintes mécaniques sont prises en compte au niveau de la membrane des myocytes par un système de molécules d'adhésion, les intégrines. Ces protéines activent des facteurs de transduction les *Mitogen Activated Protein Kinase* (MAPK). La voie de signalisation des MAPK met en jeu une cascade de phosphorylations qui stimulent des facteurs régulant l'expression du génome musculaire (cJUN, HSP70). D'autres capteurs de tension sont situés à l'intérieur de la cellule musculaire comme la Titine (Toigo et Boutellier, 2006). La Titine, protéine géante du sarcomère associée aux protéines contractiles, sert d'intégrateur des variations de longueur du muscle. L'efficacité de ce système est mise en évidence par le fait que la simple tension passive prolongée d'un muscle permet de maintenir une partie de la masse musculaire. Sur un plan pratique, la connaissance des facteurs liés aux contraintes mécaniques permet d'adapter la prescription d'une activité physique dont le but est de favoriser le développement musculaire. Afin d'optimiser le développement musculaire, il faut proposer des activités qui imposent un niveau de contraintes mécaniques suffisant et acceptable par le sujet. Ce principe trouve son application dans des méthodes d'entraînement ou de rééducation qui utilisent le travail musculaire excentrique. Ce travail consiste à soumettre le muscle à un étirement par rapport à ses points d'insertion lors d'une contraction musculaire visant à freiner l'allongement. Ce type de contrainte est obtenu lors de la réception d'un saut en contrebas. Récemment, des machines d'entraînement et de rééducation ont été développées pour obtenir ce type de travail musculaire. Dans le cadre de la prévention de la perte de fonction musculaire liée au processus physiologique du vieillissement, on peut proposer des plans d'entraînement en musculation qui imposent des contraintes mécaniques relativement élevées au regard des possibilités du sujet et intermittentes.

Facteurs métaboliques

Le débit d'énergie de la contraction musculaire aboutit à une diminution de la charge énergétique intramusculaire. Il en résulte une augmentation du rapport AMP/ATP. L'activation d'un système enzymatique, l'AMP kinase (AMPK), est considérée comme le capteur du statut énergétique de la cellule. Ce système agit sur les synthèses protéiques musculaires. La voie de l'AMPK stimule l'expression de gènes spécifiques de l'adaptation musculaire à une augmentation de la dépense énergétique, il s'agit principalement des gènes qui codent pour les protéines mitochondriales (Bergeron et coll., 2001). Un travail récent montre que pendant la phase d'exercice musculaire l'augmentation de l'activité de l'AMPK inhibe les synthèses de protéines en réduisant l'activité de mTOR (*mammalian Target Of Rapamycin*), un régulateur de l'initiation de la traduction (Dreyer et coll., 2006). Ce système est présenté comme le capteur du niveau énergétique du muscle qui intégrerait le statut métabolique via l'activité de l'AMPK et le statut nutritionnel par le biais de la disponibilité en acides aminés musculaires (Deldicque et coll., 2005). À l'opposé, pendant la phase de récupération il se produit un rebond d'activité de ce système. Cette action biphasique explique le fait que l'accroissement des synthèses protéiques musculaires se produise pendant la phase de récupération et semble reliée à la récupération de la charge énergétique. L'autre facteur métabolique qui agit sur le développement musculaire est influencé par le niveau de l'oxygénation musculaire : il s'agit de l'*Hypoxic Inductible Factor* (HIF). Les techniques de spectroscopie par résonance magnétique ont mis en évidence une baisse de la tension d'oxygène locale lors du début de la contraction musculaire. Cette hypoxie locale stimulerait la production du facteur HIF, favorisant la biogenèse des mitochondries (Semenza, 1999). De plus, l'hypoxie tissulaire locale stimule un facteur de développement du réseau capillaire le *Vascular Endothelial Growth Factor* (VEGF), l'augmentation de l'activité du VEGF est sous le contrôle de HIF (Richardson et coll., 1999).

La connaissance du rôle de ces facteurs métaboliques montre que l'adaptation du muscle à l'entraînement physique est obtenue au prix d'une contrainte métabolique importante. Ces éléments expliquent le fait qu'un travail intermittent intense et de courte durée permet d'obtenir une adaptation métabolique à l'exercice musculaire.

Facteurs nerveux

La commande nerveuse de la motricité agit initialement sur l'entrée de calcium dans la cellule musculaire. L'entrée transmembranaire du calcium active le relargage cyclique du calcium intracellulaire stocké dans le reticulum sarcoplasmique. Le calcium est fixé sur des protéines de liaison, les calmodulines. La modulation des flux de calcium active des phosphatases, les calcineurines qui en fin de chaîne activent un facteur de transcription

nucléaire le NFAT (*Nuclear Factor of Activated T cells*) (Rao et coll., 1997). Cette cascade d'événements agit sur la différenciation métabolique et structurale des muscles. L'augmentation de la synthèse des chaînes lourdes de la myosine de type lent et la biogenèse mitochondriale en réponse à l'entraînement physique est en grande partie dépendante de l'activation des voies de signalisation calcique. Un élément important de la transmission du message nerveux via la calcineurine est représenté par le rôle de la famille des myogénines. Les myogénines au nombre de quatre (MyoD, MRF4, myogenin, Myf5) sont des protéines qui interagissent avec le génome et régulent l'expression génique des protéines musculaires (Siu et coll., 2004). Elles se fixent sur les régions promotrices de gènes codant pour les chaînes lourdes de la myosine. Le rapport entre les concentrations musculaires locales des différentes myogénines est impliqué dans l'expression de la typologie musculaire lente ou rapide, cette action de différenciation typologique est sous la commande des facteurs nerveux et hormonaux (Hugues et coll., 1993). Elles sont particulièrement impliquées dans l'augmentation des capacités oxydatives du muscle en réponse à l'entraînement (Millers, 1991).

Rôle des hormones

De nombreuses hormones jouent un rôle sur le développement musculaire (Virus, 1992). De façon schématique, on peut distinguer les hormones qui agissent principalement sur le développement de la masse musculaire et celles qui contrôlent la différenciation du tissu musculaire.

L'augmentation de la masse musculaire résulte d'actions coordonnées des hormones stéroïdiennes, de l'axe somatotrope et de l'insuline. Les différentes études qui se sont attachées à décrire leur rôle respectif ont analysé les variations de concentrations de ces hormones en réponse à différents types d'entraînement. Le rôle des stéroïdes sur le développement musculaire s'exerce à toutes les étapes de l'existence, tout particulièrement lors de la puberté chez le garçon. La baisse physiologique de l'ensemble des stéroïdes au cours du vieillissement dans les deux sexes serait aussi associée à une réduction de la masse musculaire et à une augmentation concomitante de la masse grasse. L'entraînement physique influence les concentrations circulantes des stéroïdes gonadiques, mais ces variations restent faibles au regard des doses nécessaires pour augmenter le volume musculaire (Bhasin et coll., 1996). À l'inverse, la réponse de l'axe somatotrope est importante sous l'effet de l'exercice musculaire et de l'entraînement (Wideman et coll., 2002). La concentration d'IGF-1 (*Insulin Growth Factor-1*) intra-musculaire est augmentée sous l'effet de l'activité musculaire. Il s'agit d'une régulation de type paracrine ou autocrine en réponse aux contraintes locales subies par le muscle. L'IGF-1 stimule la prolifération et la différenciation des cellules satellites et des myoblastes qui résultent en une hypertrophie musculaire.

protéiques (Chargé et Rudnicki, 2004) et joue un rôle majeur sur l'anabolisme musculaire résultant de l'entraînement en musculation (Kraemer et coll., 1992). La stimulation de l'IGF-1 intra-musculaire induit la prolifération des cellules musculaires des sujets âgés soumis à un entraînement physique en musculation (Adamo et Farrar, 2000). De nombreuses évidences suggèrent que le déterminisme typologique de la fibre musculaire serait principalement lié aux hormones thyroïdiennes. Ces hormones semblent nécessaires à l'augmentation de la proportion des fibres rapides, en effet leur suppression empêche la synthèse des protéines contractiles rapides. Les hormones thyroïdiennes agissent sur l'expression de ces protéines par le biais du système des myogénines (Fluck et Hoppeler, 2003).

La réponse hormonale pour un même niveau d'entraînement physique est influencé, par l'âge, le statut nutritionnel et le niveau de récupération par rapport aux exercices précédents. Tous ces éléments doivent être pris en compte si l'objectif de l'entraînement est d'améliorer la fonction musculaire.

Rôle de la nutrition

Il est actuellement bien démontré que la croissance musculaire d'un organisme dépend à la fois de l'apport protéique et de l'apport calorique total (Guezennec, 1989). L'existence d'un seuil au-dessous duquel la croissance musculaire s'arrête puis devient négative a permis de définir des minima d'apport. Ce minimum est actuellement estimé à 0,80 g/kg de poids corporel et par jour d'apport protéique pour l'homme adulte. Une étude sur la balance azotée de différents types de pratiquants sportifs (Tarnopolsky et coll., 1988) a permis de mesurer les effets du type d'entraînement en endurance ou en force sur la balance azotée et la composition corporelle. Les résultats de cette étude indiquent que l'apport protéique permettant d'équilibrer la balance azotée se situe à 1,2 g de protéines/kg/jour pour la musculation et à 1,6 g de protéines/kg/jour pour les athlètes endurants.

Un autre facteur qui affecte le besoin protéique lors de l'exercice physique est la relation entre apport protéique et énergétique. L'effet de l'apport calorique sur la fixation protéique est bien documenté, et montre que dans un organisme au repos le besoin protéique s'accroît quant l'apport énergétique décroît. Cette relation est moins étroite lorsque l'on ajoute le rôle de l'exercice physique. La pratique d'un entraînement physique du type aérobie⁴⁷

47. La voie aérobie est mise en jeu dès le début d'un exercice musculaire sous-maximal. Elle devient progressivement la voie métabolique prépondérante jusqu'à un niveau de travail musculaire qui correspond à la puissance maximale aérobie (puissance de travail qui correspond à la consommation maximale d'oxygène). Pour ce type d'exercice musculaire, elle représente le système le plus important de fourniture de l'ATP, principalement à partir de l'oxydation des substrats glucidiques et lipidiques au niveau de la chaîne respiratoire mitochondriale dans la cellule musculaire.

dans une population sédentaire accroît le coefficient d'utilisation protéique (Todd et coll., 1984). La nature des acides aminés ingérés influence le niveau des synthèses protéiques, la disponibilité en leucine étant un déterminant important (Rasmussen et coll., 2000).

En dehors de l'aspect quantitatif de la ration, le niveau des apports glucidiques est un des facteurs qui influence la fixation des protéines. Parmi les mécanismes, on peut évoquer le rôle de l'hyperinsulinisme résultant d'un apport glucidique élevé. L'insuline exerce un effet anabolique puissant sur les protéines musculaires (Levenhagen et coll., 2001). Par ailleurs, il a été mis en évidence une augmentation de la production d'azote lors de l'exercice musculaire chez des sujets porteurs d'un déficit congénital enzymatique réduisant la glycogénolyse. Ce phénomène a été retrouvé chez l'homme sain par Lemon et Mullin (1980), qui ont induit une augmentation de l'excrétion urinaire de l'azote lors d'exercices musculaires pratiqués par des sujets soumis à un régime pauvre en glucides.

L'ensemble de ces éléments indique clairement la nécessité d'un apport énergétique suffisant et riche en glucides pour assurer une fixation optimale des protéines sous l'effet de l'entraînement physique. Dans la prévention de la sarcopénie du vieillissement, pour optimiser l'effet de l'entraînement en musculation sur le maintien de la masse musculaire, il est indiqué d'associer un conseil nutritionnel afin d'augmenter le niveau des apports protéiques (Sallinen et coll., 2006).

Inhibition de la croissance musculaire

Nous venons d'énumérer un ensemble de facteurs qui participent à l'augmentation de la masse musculaire sous l'effet de l'activité physique. Il existe un puissant régulateur qui limite la croissance du muscle en agissant au niveau de l'expression des gènes musculaires, la myostatine. La myostatine, un membre de la famille des TGF (*Transforming Growth Factor*), inhibe en permanence le développement de la masse musculaire (Mc Pheron et coll., 1997). Le blocage expérimental de son action chez les souris dont le gène de la myostatine est inactivé conduit à une augmentation considérable de la masse musculaire. En pathologie humaine, une réduction de l'action de la myostatine liée à une perte de fonction du gène de la myostatine a été observée chez un enfant présentant un développement précoce et anormal de sa musculature (Schuelke et coll., 2004).

Remodelage musculaire

Le tissu musculaire est soumis comme d'autres tissus à un phénomène de remodelage permanent. Le déterminisme de la masse musculaire résulte d'un équilibre entre les processus de synthèse et de dégradation qui agissent selon

des voies indépendantes (Nader et coll., 2005). Le processus de synthèse, régulé à différents niveaux, implique plusieurs mécanismes de signalisation intracellulaire parmi lesquels la sérine-thréonine kinase AKT semble jouer un rôle fondamental. La dégradation est un préalable au processus de renouvellement. Il existe plusieurs voies de dégradation qui sont dépendantes de l'activation calcique ou du statut énergétique et qui passent ou non par l'activation lysosomale. Ces processus sont mis en jeu lors de la régénération après immobilisation (Taillandier et coll., 2003).

Entraînement et maintien de la fonction musculaire

Le développement ou le maintien de la masse musculaire est indiqué dans un but d'améliorer la santé afin de conserver une fonction musculaire compatible avec la vie de relation. La diminution de la fonction musculaire peut résulter de phénomènes pathologiques ou du processus normal de vieillissement.

Renforcement musculaire et prévention de l'obésité

L'obésité s'accompagne d'une réduction relative de la masse musculaire au regard de la masse grasse et également d'une réduction absolue. L'augmentation de la masse musculaire joue un rôle dans la prévention de la surcharge pondérale en augmentant le métabolisme de repos et la capacité de locomotion. Les mécanismes d'action de la masse musculaire sur la prévention de l'obésité sont multiples.

En premier lieu, on peut citer le fait très bien établi d'une augmentation de la sensibilité à l'insuline en réponse à une augmentation de la masse musculaire et de façon inverse une diminution de la sensibilité à l'insuline sous l'effet de la réduction de volume et de la fonction musculaires (Karelis et coll., 2007). Cette diminution de la sensibilité à l'insuline diminue la sensibilité des récepteurs de la leptine (Dube et coll., 2007). Des résultats récents obtenus sur un modèle animal de souris génétiquement obèses (db/db) montre que l'entraînement physique augmente la sensibilité des récepteurs résiduels à la leptine et active au niveau musculaire les protéines de couplage du métabolisme (UCP) (Oh et coll., 2007). Par ailleurs, il a été démontré chez l'homme l'existence d'une relation entre le métabolisme de base et la masse musculaire (Alpert, 2007) de telle sorte que l'on peut prédire le niveau du métabolisme de base à partir de l'estimation de la masse maigre. L'augmentation de la masse musculaire sous l'effet d'un entraînement en force permet de maîtriser la composition corporelle par son action sur l'élévation du métabolisme de base. Ce mécanisme est aussi impliqué dans l'effet de renforcement de l'entraînement en musculation sur la perte de poids obtenue par des régimes hypocaloriques (Stiegler et Cunliffe, 2006).

Il a été démontré que la prescription du renforcement musculaire est efficace pour réduire la masse grasse chez l'enfant et l'adolescent (Atlantis et coll., 2006). À l'âge adulte, il faut systématiquement associer des séances de musculation au plan d'entraînement physique prescrit dans un but de prévention de la surcharge pondérale. La principale difficulté réside dans l'adaptation des méthodes et des appareils de musculation aux adultes présentant une forte surcharge pondérale. Ce point précis nécessite des travaux de recherches appliquées.

Exercice et prévention de la perte musculaire liée au vieillissement

À l'image de ce qui est recommandé pour le tissu osseux, il est utile de développer une masse musculaire suffisante au début de l'existence et à l'âge moyen, ce qui permet de ralentir le déclin physiologique associé au vieillissement (Mc Dermott, 2006). La sarcopénie est une perte de masse et de fonction musculaires induite par l'âge. Elle est responsable d'une perte d'autonomie, de chutes et de perte de force. La prévention doit commencer tôt par un ensemble de mesures dont une prescription d'activité physique adaptée aux différentes étapes de l'existence (Goodpaster et coll., 2001). La sarcopénie du vieillissement est caractérisée par une diminution concomitante de la masse et de la force musculaires, elle est la conséquence d'une réduction préférentielle des fibres rapides oxydatives de type 2. Sur le plan histologique, on observe une nécrose des fibres musculaires avec un remplacement des fibres musculaires par du tissu conjonctif et graisseux. Ce phénomène apparaît progressivement à partir de l'âge moyen puis s'accélère à partir de 50 ans. Il en résulte une perte moyenne de 30 à 40 % de la masse musculaire totale entre 50 et 80 ans. Le mécanisme principal semble être lié à une apoptose des cellules musculaires et à une diminution de leur remplacement par un recrutement de cellules satellites (Roth et coll., 2000). Ce phénomène est renforcé par les modifications endocriniennes propres au vieillissement. Les plus importantes pour la fonction musculaire sont la diminution du tonus de l'ensemble de l'axe somatotrope incluant la sécrétion de GH (*Growth Hormone*) mais aussi le déclin de l'IGF-1 (*Insulin like Growth Factor-1*), et la réduction des stéroïdes circulants anabolisants. En plus de ces facteurs, il a été récemment mis en évidence une élévation de la myostatine lors du vieillissement (Welle et coll., 2002). Une cytokine est aussi impliquée dans l'atrophie musculaire liée au vieillissement, il s'agit du TNF- α dont le niveau s'élève chez les sujets âgés dans le cadre d'un phénomène immuno-inflammatoire propre au vieillissement. Le TNF- α réduit la différenciation des cellules musculaires en bloquant l'expression du facteur de croissance musculaire MyoD (Chandran et coll., 2007).

Ces différents mécanismes sont sensibles à des degrés divers aux effets de l'entraînement physique en musculation des personnes âgées. L'entraînement en force stimule l'axe somatotrope (GH, IGF-1) et réduit les phénomènes inflammatoires (cytokines) (Hunter et coll., 2004).

L'entraînement en musculation est efficace pour prévenir la sarcopénie du vieillissement ; il produit à la fois une augmentation de la masse musculaire et de la force de façon identique chez l'homme et chez la femme (Hakkinen et coll., 1998). La plupart des études expérimentales montrent un effet très significatif à l'issue de 10 à 12 semaines d'entraînement à raison de 2 à 3 séances par semaines. En plus des effets sur la force, on observe une réduction de la raideur musculotendineuse due au vieillissement (Ochala et coll., 2007).

L'entraînement en endurance augmente les capacités oxydatives du muscle alors que l'entraînement en force se traduit par une stimulation des mécanismes moléculaires de la croissance musculaire. Des données récentes montrent que ces deux voies de réponse à l'entraînement peuvent soit coopérer soit s'inhiber mutuellement (Coffey et Hawley, 2007). La connaissance des différents mécanismes permet d'adapter l'entraînement physique afin d'optimiser le volume et la fonction musculaire. L'entraînement en musculation impose de fortes contraintes mécaniques, il est efficace pour augmenter la masse musculaire. Il est particulièrement utile pour prévenir la perte physiologique de masse musculaire due au vieillissement. L'entraînement en endurance impose des contraintes métaboliques. Il est utile dans le cadre de la prévention des maladies cardiovasculaires et métaboliques liées au vieillissement car l'adaptation musculaire agit sur les mécanismes favorisant leur apparition.

Entraînement physique et pathologies musculaires

La question est de savoir si un entraînement physique adapté peut améliorer l'état fonctionnel du patient atteint de différents types de myopathies sans avoir d'effets délétères. Les indications et les résultats sont différents selon le type de myopathie et sont fortement conditionnés par les mécanismes physiopathologiques de chaque myopathie. De façon très schématique, il semble que les meilleurs résultats d'un entraînement physique adapté soient observés dans les myopathies dont l'atteinte siège au niveau de la machinerie métabolique du muscle, les résultats seraient plus aléatoires dans le cas d'altérations des composants de la structure du muscle. Une étude portant sur les myopathies mitochondriales a mis en évidence une restauration partielle des capacités oxydatives mitochondriales à l'issue de 8 semaines d'un entraînement en endurance à raison de 3 à 4 séances de 20 à 30 min (Taivassalo et coll., 1998). Il en résulte une augmentation nette de la capacité aérobie et de la tolérance à l'exercice physique. La comparaison de sujets porteurs d'une myopathie mitochondriale (atteinte de la fonction métabolique du muscle) avec des sujets atteints de dystrophie musculaires de Duchenne (atteinte de la structure du muscle) montre que les résultats sont moins bons pour ce dernier type de pathologie (Taivassalo et coll., 1999). Pour confirmer l'efficacité de l'entraînement physique dans les myopathies dues à un trouble des fonctions métaboliques, on peut citer le fait que l'entraînement physique est désormais

considéré comme une thérapeutique de la maladie de McArdle, cette myopathie résulte d'une atteinte du métabolisme du glycogène musculaire (Haller et coll., 2006). Une étude contrôlée récente portant sur des sujets porteurs de myopathies mitochondriales montre que, dans le cadre de plans d'entraînements mixtes qui combinent musculation et endurance (agissant sur la tolérance à l'effort et la qualité de vie), l'amélioration de la force et de l'endurance musculaire est concomitante d'une diminution des crampes, des myalgies et de la fatigue (Cejudo et coll., 2005).

On regroupe dans le cadre des dystrophies musculaires des pathologies dont les mécanismes sont différents. Certaines sont dues à une mutation du gène de la dystrophine, une protéine du sarcolemme, d'autres résultent d'un déficit de protéines qui entrent dans la constitution de l'enveloppe du noyau cellulaire comme la lamine. Ces différences, combinées avec un degré variable d'expression du déficit génétique, expliquent sans doute pourquoi les résultats des plans d'entraînement physique sont variables. Il semblerait que l'entraînement en force soit globalement plus efficace que l'entraînement en endurance. Une mention particulière doit être faite concernant l'amélioration importante de la fonction respiratoire de sujet porteur d'une myopathie de Duchenne, après un entraînement en endurance des muscles respiratoires (Topin et coll., 2002).

L'indication et l'administration de programmes d'entraînement physique dans la prise en charge des dystrophies musculaires sont variables selon le type de l'atteinte. Les exercices doivent être pratiqués en milieu spécialisé et la tolérance doit être évaluée régulièrement à partir d'index cliniques et biologiques.

Lors de la prise en charge initiale de patients porteurs de pathologie musculaire, il faut prendre en compte les facteurs de risque de lésions musculaires résultant de leur niveau initial très faible d'aptitude à l'exercice musculaire. L'augmentation du métabolisme énergétique lors des premières séances de réentraînement produit un stress oxydant au niveau du tissu musculaire. Les défenses anti-oxydantes sont très faibles chez les sujets sans entraînement physique de telle sorte que la phase initiale d'entraînement peut s'accompagner de lésions musculaires produites par les radicaux libres. L'augmentation de la consommation d'oxygène musculaire est une source de radicaux libres.

Radicaux libres et systèmes anti-oxydants

Les radicaux libres sont des atomes ou des molécules portant un électron non apparié. Cette propriété rend ces éléments très réactifs du fait de la tendance de cet électron à se réappairier, déstabilisant ainsi d'autres molécules et pouvant provoquer une destruction des structures cellulaires. Les mitochondries consomment plus de 90 % de l'oxygène utilisé par les cellules et la chaîne respiratoire génère un flux continu de radicaux libres dérivés de

l'oxygène ; on peut estimer ce flux à 2-3 % de la quantité totale d'oxygène consommée. Dans la cellule musculaire et dans les conditions physiologiques, la formation de ce radical est principalement liée à l'activité physique et se trouve être fonction de l'intensité de l'exercice et de la consommation d'oxygène. L'autre source de la production de radicaux libres résulte de l'inflammation produite par les contraintes mécaniques s'exerçant sur le muscle lors de l'exercice physique. Les cellules du système immunitaire impliquées dans la réaction inflammatoire peuvent produire des cytokines comme le TNF- α qui est capable de faire produire des radicaux libres par les mitochondries des cellules cibles.

Cibles cellulaires des radicaux libres et lésions structurales

Les radicaux libres réagissent avec les doubles liaisons des acides gras polyinsaturés au sein des lipides (on parle alors de lipoperoxydation), altérant la perméabilité des membranes et pouvant entraîner une nécrose cellulaire. Les protéines, elles aussi, subissent des modifications par les radicaux libres (dénaturation et inactivation des enzymes, oxydation des acides aminés, désamination en dérivés carbonylés, fragmentation des chaînes polypeptidiques). Le stress oxydant exerce par ailleurs une influence sur la régulation des gènes via l'activation de facteurs de transcription tels que NF- κ B. Plus graves sont les lésions induites par les radicaux libres au niveau de l'ADN puisque ces lésions peuvent entraîner des oxydations de bases à l'origine de mutations, des fragmentations et des coupures de brins d'ADN. Aux effets directs de ces radicaux libres s'ajoute une toxicité liée aux composés issus des réactions d'oxydation (protéines oxydées, aldéhydes...) ; ces produits d'oxydation pourront à leur tour réagir avec leurs cibles cellulaires et ainsi aggraver la dégénérescence cellulaire primaire induite par les radicaux libres.

L'équilibre de la balance pro/anti-oxydante est important pour assurer le maintien de l'homéostasie de la cellule. En effet, lorsque sa toxicité est maximale, le stress oxydant peut conduire à la mort cellulaire. Dans les conditions physiologiques dites « normales », il existe un stress oxydatif qui peut être considéré comme « un bruit de fond » ; ce stress oxydatif est retrouvé dans le processus de vieillissement. L'augmentation de production des radicaux libres est aussi susceptible d'expliquer le développement de microlésions musculaires et certaines formes de « fatigue musculaire » qui en découlent. Le stress oxydant serait aussi un des facteurs potentialisant la genèse de maladies plurifactorielles telles que le diabète, la maladie d'Alzheimer, certaines maladies rhumatismales et cardiovasculaires.

Systèmes anti-oxydants de protection

L'organisme dispose de plusieurs systèmes efficaces de protection qui lui permettent de lutter contre les espèces radicalaires.

Enzymes anti-oxydantes

Ces systèmes de défense sont constitués d'un dispositif endogène de nature enzymatique représenté par :

- les superoxydes dismutases (SOD), capables d'éliminer l'anion superoxyde en le dismutant en H_2O_2 . Le mécanisme réactionnel est catalysé par un métal situé au cœur de l'enzyme dont la nature permet de distinguer les superoxydes dismutases à manganèse (localisées dans les mitochondries) et, les superoxydes dismutases à cuivre et zinc (localisées dans le cytosol). Dans le muscle squelettique par exemple, l'activité SOD cytosolique représente 65-85 % de l'activité totale de la cellule, contre 15-35 % pour l'activité mitochondriale ;
- les principales enzymes capables de détruire l' H_2O_2 sont les catalases à cofacteur fer et les glutathion peroxydases à cofacteur sélénium (GPx). La GPx nécessite pour fonctionner un donneur d'électron, le glutathion (GSH), qui est oxydé en glutathion oxydé (GSSG) au cours de la réaction catalysant les peroxydes. La régénération du glutathion oxydé en glutathion est assurée par la glutathion réductase qui utilise du NADPH comme réducteur. Ce NADPH provient du cycle des pentoses pour la plupart des tissus et essentiellement de l'isocitrate déshydrogénase (enzyme du cycle de Krebs) pour les muscles squelettiques. De nombreux autres systèmes enzymatiques existent comme les glutathion transférases, la thiorédoxine réductase et la thiorédoxine peroxydase.

Marqueurs du statut anti-oxydant

L'évaluation du stress oxydant n'est pas aisée à réaliser chez l'homme puisqu'il est pratiquement impossible de détecter ses marqueurs de manière directe. On peut cependant analyser à la fois la capacité anti-oxydante et les conséquences au niveau des fluides circulants d'un stress oxydatif par l'analyse des protéines, des lipides ou de l'ADN lymphocytaire. La mesure du rapport des concentrations de glutathion réduit et glutathion oxydé est un bon reflet de l'état rédox. La mesure du pouvoir anti-oxydant total du plasma (TRAP : *Total Radical Trapping Parameter*) est aussi dépendante de la concentration dans le plasma, de l'ensemble des substances anti-oxydantes. Ces différentes mesures permettent d'évaluer le niveau du stress oxydant résultant de l'exercice physique.

Radicaux libres et exercice physique

Des radicaux libres sont produits en réponse à l'exercice physique ; il a été démontré que leur production relève de plusieurs mécanismes. Par ailleurs, des dommages cellulaires liés au travail musculaire intense ont pu être observés alors qu'une protection contre le stress oxydant semble être induite par l'entraînement physique.

Production de radicaux libres

La production de radicaux libres suite à l'exercice physique relève principalement de deux types de mécanismes, l'un dépendant de l'augmentation importante de la consommation d'oxygène, l'autre relevant de processus d'ischémie-reperfusion de certains tissus (Ashton et coll., 1998). Le rôle joué par l'augmentation de la consommation d'oxygène sur la production de radicaux libres est aujourd'hui bien démontré. Toute augmentation de la dépense énergétique implique une accélération du flux des réactions oxydatives du métabolisme énergétique et s'accompagne d'une élévation de la production d'espèces réactives de l'oxygène. Au cours de l'exercice, la consommation d'oxygène peut être multipliée par un facteur 20 et celle des muscles squelettiques augmenter jusqu'à 200 fois. Les mitochondries du muscle squelettique sont alors le site de formation de radicaux libres dérivés de l'oxygène (Di Meo et Venditti, 2001). L'auto-oxydation des quinones dans les mitochondries des fibres musculaires constitue l'une des principales sources de production de radicaux libres de l'oxygène. L'augmentation du débit des phosphorylations oxydatives mitochondriales (en réponse à l'augmentation des activités enzymatiques des NADPH oxydases, aldéhydes oxydases, flavines déshydrogénases) qui dépend de l'intensité et de la durée de l'exercice, provoque une élévation proportionnelle des espèces réactives de l'oxygène (ERO) et leur fuite vers le cytosol (Alessio, 1993).

La production de radicaux libres en réponse à l'exercice relève aussi d'autres origines. Les conditions d'ischémie-reperfusion auxquelles sont soumis certains tissus de l'organisme permettent d'expliquer une production accrue des ERO chez les sportifs. Les ischémies-reperfusions tissulaires d'exercice peuvent avoir plusieurs origines. Les réponses cardiovasculaires se traduisent entre autres par une redistribution des débits sanguins locaux. Le territoire mésentérique, les reins sont particulièrement mal irrigués pendant l'exercice, et ce phénomène s'aggrave avec l'intensité de l'exercice. De plus, au sein des muscles actifs eux-mêmes, on peut penser que se constituent des foyers d'ischémie très transitoires. Au cours, ou le plus souvent à l'arrêt de l'exercice, ces foyers sont rapidement reperfusés entraînant la production de radicaux libres (Wolbarsht et Fridovich, 1989).

Dommmages cellulaires

L'exercice intense peut être associé au développement de microlésions musculaires (Davies et coll., 1982). À ces microlésions est associée la production de cytokines activant et recrutant des nombreux monocytes, lymphocytes et macrophages capables d'induire la production de radicaux libres. On a démontré qu'au cours d'un marathon, on observait une augmentation du nombre de polynucléaires neutrophiles et de leur capacité à produire des radicaux libres (Hessel et coll., 2000). L'accumulation intramusculaire de prostaglandines a été mise en évidence lors d'exercices dynamiques à forte composante excentrique (contraction du muscle en extension) (Smith et coll., 1993). Les

marqueurs biochimiques classiquement utilisés pour évaluer l'étendue des dommages musculaires sont régulièrement augmentés dès l'arrêt de l'exercice prolongé. On a décrit une augmentation de l'activité de la créatine kinase (CK), de la lactate déshydrogénase (LDH) dans le plasma à l'issue d'exercices intenses, sans que l'on puisse réellement rapporter ces variations à des micro-lésions musculaires d'origine mécanique, ou à une augmentation de la production de radicaux libres. La susceptibilité d'un organe à subir des dommages induits par les radicaux libres dépend de l'équilibre entre l'importance du stress oxydatif et la capacité anti-oxydante. La lipoperoxydation des membranes cellulaires est à l'origine d'une perte de la fluidité ainsi que d'une augmentation de la perméabilité conduisant à une perte des protéines cytosoliques. La majorité des études consacrées aux dommages cellulaires liés au travail musculaire, particulièrement lorsqu'il est réalisé en mode excentrique, a permis de montrer une augmentation de la concentration d'enzymes intracellulaires (créatine kinase, lactate déshydrogénase, pyruvate kinase, aspartate amino-transférase) dans le plasma, témoins de dommages musculaires (Nosaka et coll., 1995). Certains travaux ont montré qu'il existe une corrélation entre le niveau de certains marqueurs de la lipoperoxydation et les concentrations plasmatiques de ces enzymes au cours de l'exercice (Davies et coll., 1982).

Effet de l'entraînement physique sur la protection contre le stress oxydant

Il semblerait que l'entraînement physique permette d'induire une augmentation des systèmes de défenses contre les espèces réactives de l'oxygène. La plupart des travaux menés suggèrent une diminution, avec l'entraînement en endurance, du niveau de base de la lipoperoxydation membranaire, ou au cours d'exercices uniques de la production de radicaux libres (Alessio et Goldfarb, 1988). L'entraînement se traduit aussi par une diminution du taux basal du radical °OH dans le plasma et dans le muscle squelettique (Itoh et coll., 1998). Il existe une corrélation positive entre le volume d'entraînement, le VO₂max et le taux de GSH, suggérant que chez le sportif entraîné, les systèmes de résistance aux dommages oxydatifs sont particulièrement développés. Le statut anti-oxydant évalué avant une épreuve pourrait aussi être prédictif des dommages engendrés par celle-ci ; un statut élevé en anti-oxydants serait de bon pronostic. Cette adaptation pourrait expliquer le fait qu'il soit difficile de mettre en évidence un stress oxydant à l'issue d'exercices prolongés chez des sportifs entraînés (Margaritis et coll., 1997).

Homéostasie glucidique

Le muscle joue un rôle très important dans la captation et l'utilisation du glucose. Ainsi, l'effet bénéfique de l'activité physique sur la prévention de l'obésité, du syndrome métabolique et du diabète de type 2 est lié en grande partie à son effet sur l'homéostasie du glucose et la sensibilité à l'insuline.

Les mécanismes mis en jeu diffèrent en fonction de la période d'exercice (pendant l'exercice *versus* en post exercice). De même, les effets de l'entraînement (effets observés au repos, à distance du dernier exercice) sont différents des effets induits par une session d'exercice. Les voies de signalisation intracellulaires qui traduisent ces effets font l'objet de nombreuses recherches mais toutes les étapes ne sont pas encore bien connues.

Transport du glucose dans le muscle squelettique

Dans la plupart des situations physiologiques, le transport du glucose à travers la membrane cellulaire est le facteur limitant de l'utilisation du glucose par le muscle squelettique. L'insuline et l'exercice sont les stimuli physiologiques les plus importants du transport du glucose dans le muscle squelettique. De façon intéressante, chez les diabétiques de type 2, si le transport musculaire du glucose stimulé par l'insuline est diminué, ce n'est pas le cas du transport musculaire du glucose stimulé par l'exercice qui reste normal. Ceci s'explique par l'existence de différents pools de transporteurs de glucose au sein de la cellule musculaire. En effet, le glucose, molécule polaire, traverse la bicouche lipidique que représente la membrane cellulaire par diffusion facilitée grâce à des transporteurs membranaires (transporteurs de glucose ou GLUT). GLUT-4 est le principal transporteur du glucose présent au niveau de la cellule musculaire. En l'absence de stimulation (par l'insuline ou la contraction musculaire), ce transporteur de glucose (GLUT-4) est stocké dans la cellule musculaire sous forme de vésicules intracellulaires. L'insuline et l'exercice musculaire augmentent le transport musculaire du glucose en favorisant la migration vers la membrane cellulaire de ces vésicules contenant GLUT-4. Il est maintenant bien démontré que la contraction musculaire peut stimuler la translocation de ces vésicules donc le transport du glucose vers la cellule musculaire par un mécanisme indépendant de l'insuline, expliquant les effets bénéfiques de l'activité physique régulière chez le diabétique de type 2 (Jessen et coll., 2005).

Effets d'une session d'exercice

Une simple session d'exercice (que le sujet soit entraîné ou non) a des effets bénéfiques sur l'homéostasie glucidique. Les effets bénéfiques s'observent pendant l'exercice et en phase de récupération de cet exercice (dans les heures qui suivent l'arrêt de cet exercice). Cependant, les mécanismes impliqués dans ces effets de l'exercice sur l'homéostasie glucidique sont différents.

Au cours de l'exercice

L'exercice musculaire augmente la captation musculaire de glucose chez le sujet sain comme chez le diabétique de type 2. En effet, chez le sujet sain, cette augmentation survient alors que la concentration plasmatique d'insuline

diminue illustrant ainsi l'augmentation de la sensibilité à l'insuline. De plus, de nombreuses études réalisées chez l'Homme et l'animal ont permis de montrer que la contraction musculaire stimulait le transport de glucose musculaire selon un mécanisme indépendant de l'insuline. Les rôles respectifs de l'insuline et de l'exercice musculaire sur la captation musculaire du glucose ont été mis en évidence de façon démonstrative chez les souris invalidées spécifiquement pour le récepteur musculaire de l'insuline (souris Mirko). Si on incube le muscle soléaire de souris avec de l'insuline, on observe une augmentation de la captation du glucose par le muscle chez les souris normales (possédant le récepteur à l'insuline) mais pas chez la souris Mirko (Wojtaszewski et coll., 1999). En revanche, quand on induit des contractions musculaires en stimulant électriquement le soléaire, la captation du glucose augmente dans les deux souches de souris, démontrant que l'exercice musculaire induit une augmentation de la captation musculaire du glucose de façon indépendante de l'insuline. Il faut aussi noter qu'il existe chez la souris normale un effet synergique de l'exercice et de l'insuline sur la captation du glucose.

Ces effets s'expliquent par l'existence de deux types de vésicules intracellulaires de transporteurs de glucose (GLUT-4) dans la cellule musculaire. Sous l'action de l'insuline, les transporteurs de glucose stockés sous forme de vésicules intracellulaires sensibles à l'insuline vont être activés et les vésicules de GLUT-4 vont migrer vers la membrane cellulaire. Cette voie de stimulation est sensible à l'insuline *via* l'activité de la phosphoinositide-3 kinase. L'exercice stimule le transport du glucose par une voie différente qui implique la protéine kinase activée par l'AMP (AMPK) (Jessen et coll., 2005). L'AMPK est considérée comme un senseur métabolique sensible à la modification du rapport ATP/AMP. La consommation d'ATP par la cellule musculaire lors de l'exercice, va activer l'AMPK. Ainsi chez le rat et chez l'Homme, il a été montré qu'un exercice d'intensité modérée aérobie mais aussi un exercice bref très intense de type *sprint* augmentaient l'activité de l'AMPK musculaire (Chen et coll., 2000 ; Wojtaszewski et coll., 2000). L'activation de l'AMPK va entraîner la translocation vers la membrane plasmique d'un lot spécifique de transporteurs GLUT-4 indépendants de l'insuline, permettant l'entrée du glucose dans la cellule musculaire (Richter et coll., 2001). Le rôle de l'augmentation du calcium intracellulaire est aussi évoqué pour expliquer les effets de l'exercice musculaire sur la translocation des vésicules de GLUT-4 vers la membrane cellulaire. En effet, la contraction musculaire est initiée par la dépolarisation de la membrane cellulaire et des tubules T, stimulant la libération de calcium par le réticulum sarcoplasmique. L'augmentation de calcium intracellulaire est responsable de l'interaction entre les filaments d'actine et de myosine. Cette augmentation de calcium intracellulaire pourrait aussi induire une translocation des vésicules de GLUT-4 comme cela a été démontré chez le rat. Les candidats potentiels reliant calcium intracellulaire et translocation des vésicules de GLUT-4 sont la calmoduline, une famille de protéines kinases dépendantes de la calmoduline (CaMK) voire la protéine kinase C. Les voies du NO, des

bradykinines sont aussi d'autres candidats potentiels pour expliquer la stimulation du transport du glucose lors de l'exercice musculaire. Ces voies sont en cours d'exploration (Jessen et coll., 2005).

Période post-exercice

Elle est caractérisée par une augmentation de la sensibilité musculaire à l'insuline (pour revue : Richter et coll., 2001 ; Holloszy, 2005). Ainsi, une augmentation de la captation du glucose en réponse à l'insuline est observée pendant plusieurs heures après l'arrêt d'une simple séance d'exercice (quel que soit le type d'exercice : endurance, exercice contre résistance), chez le sujet sain comme chez le diabétique de type 2 (Richter et coll., 1989 ; Henriksen, 2002 ; Wojtaszewski et coll., 2002). Ce phénomène est localisé aux seuls muscles mobilisés pendant l'exercice et dépend en partie de l'importance de la déplétion en glycogène.

L'augmentation de la sensibilité musculaire à l'insuline dure en moyenne 48 h chez les sujets ayant une alimentation normale (c'est-à-dire sans régime pauvre en glucides ou, au contraire, enrichi en glucides). Elle comporte deux phases : une phase non insulino-dépendante, qui dure en moyenne 3 heures après l'arrêt de l'exercice et met en jeu le mécanisme décrit au paragraphe précédant suivie d'une phase insulino-dépendante, spécifique de la période post-exercice. Il s'agit d'un phénomène local, restreint aux muscles qui ont travaillé et qui peut durer jusqu'à 48 h en absence de réplétion des réserves en glycogène. En effet, l'augmentation de la sensibilité musculaire à l'insuline en post-exercice induit une augmentation du transport de glucose vers le muscle qui s'accompagne d'une augmentation de la synthèse de glycogène induite par l'insuline, favorisant ainsi la réplétion de stocks de glycogène dans des conditions où l'insulinémie est généralement basse. Il a été montré que la vitesse à laquelle le glucose est stocké ou métabolisé dans le muscle en période post-exercice rendait compte du temps au cours duquel le muscle restait plus sensible à l'insuline. Ainsi, lorsque des muscles sont incubés avec du 2-désoxyglucose (2-DG), un analogue non métabolisable du glucose qui entre peu dans la synthèse du glycogène, l'augmentation de la captation du 2-DG post-exercice (reflétant la sensibilité à l'insuline) est prolongée car le stock de glycogène est reconstitué moins rapidement. Ainsi, le degré de déplétion en glycogène après un exercice détermine en partie l'intensité et la durée de l'utilisation musculaire du glucose et donc l'insulino-sensibilité pendant la période post-exercice. L'ingestion de glucides après un exercice induit une reconstitution plus rapide des concentrations de glycogène musculaire et accélère le retour à une insulino-sensibilité proche des valeurs pré-exercice. À l'inverse, la restriction en glucides maintient la déplétion en glycogène et ralentit le retour aux valeurs pré-exercice de la sensibilité musculaire à l'insuline (Gulve et coll., 1990).

Les mécanismes sous-tendant l'effet persistant de l'exercice sur le transport musculaire du glucose restent mal connus (pour revue : Richter et coll.,

2001 ; Holloszy, 2005). L'augmentation de translocation de GLUT-4 en post-exercice n'implique pas de synthèse protéique et n'est pas associée à une augmentation de la phosphorylation des résidus tyrosine du récepteur de l'insuline, ou de l'adaptateur moléculaire IRS-1. En revanche, l'exercice phosphoryle des composants situés en aval dans la voie d'activation : la protéine kinase Akt, un effecteur-clé de la PI-3 kinase et GSK3 (*Glycogen Synthase Kinase 3*) un substrat d'Akt impliqué dans la synthèse du glycogène. Même les souris qui n'expriment pas le récepteur de l'insuline au niveau du muscle activent ces événements de signalisation (Akt et GSK3) (Wojtaszewski et coll., 2002). Il reste à démontrer que la phosphorylation de Akt et GSK3 par l'exercice est directement lié au transport de glucose.

Effets de l'entraînement

Il est bien établi que l'entraînement en endurance augmente la sensibilité à l'insuline chez le sujet sain ou insulino-résistant, normoglycémique ou diabétique de type 2 (Barnard et Youngren, 1992 ; Ebeling et coll., 1993 ; Guezennec, 1994 ; Perseghin et coll., 1996 ; Ivy, 1999). Ces données ont été obtenues en comparant des sujets sédentaires à des sujets entraînés en endurance (Ebeling et coll., 1993) ou dans les études d'intervention (où des sujets sédentaires ont été soumis à un entraînement ; Perseghin et coll., 1996). Ainsi, la captation du glucose mesurée pendant un clamp euglycémique hyperinsulinique (technique de référence qui consiste à inhiber la production endogène d'insuline, d'une part, et à perfuser à doses fixées de l'insuline et du glucose, d'autre part, ce qui permet de mesurer de façon exacte les effets de concentrations fixées et constantes d'insuline sur la captation du glucose) chez les mêmes sujets avant et après 6 semaines d'entraînement en endurance est augmentée de 30 % (Soman et coll., 1979) à 40 % (Perseghin et coll., 1996). Cet effet s'observe 48 à 72 h après la dernière session d'exercice, ce qui permet d'exclure un effet aigu du dernier exercice réalisé.

Les effets de l'entraînement s'exercent sur les composants suivants (pour revue, Ivy, 1999) :

- augmentation de la signalisation post-récepteur de l'insuline (tableau 10.I) ;
- augmentation de l'expression de GLUT-4 (d'où augmentation du transport du glucose) (Dela et coll., 1992) ;
- augmentation de l'activité de la glycogène synthase et de l'hexokinase (glycolyse) conduisant à une augmentation de la capacité oxydative du muscle (Perseghin et coll., 1996) ;
- diminution de la libération et augmentation de la clairance des acides gras libres (Shojaee-Moradie et coll., 2007) ;
- augmentation de la quantité de glucose et d'insuline délivrée au muscle par augmentation de la densité capillaire (Stewart et coll., 1999) ;

- modification de la composition musculaire (augmentation de la proportion de fibres oxydatives de type I).

L'entraînement en endurance augmente la sensibilité à l'insuline en augmentant la signalisation post-récepteur de l'insuline. L'augmentation du transport de glucose dépendant de l'insuline est liée à une augmentation de la transduction du signal au niveau des protéines IRS et PI3 kinase (Zierath, 2002). Le rôle de l'entraînement dans l'insulino-résistance et le diabète de type 2 est de restaurer ce signal dans le muscle (phosphorylation des résidus tyrosine de l'IRS-1 stimulée par l'insuline et activité de la PI3 kinase diminuée dans le muscle du diabétique de type 2). D'autres travaux sont nécessaires pour déterminer les voies de signalisation du transport du glucose et les mécanismes de l'augmentation de l'expression et/ou de la translocation de GLUT-4 en réponse à l'entraînement (Zierath, 2002).

Tableau 10.1 : Tableau récapitulatif des effets d'un exercice aigu (mesures en post-exercice immédiat) et de l'entraînement en endurance (mesures 48 h après le dernier exercice) sur la captation du glucose et l'action musculaire de l'insuline chez l'homme et l'animal (d'après Henriksen, 2002 ; Zierath, 2002)

	Effets d'un exercice aigu	Effets de l'entraînement
Tolérance au G (corps entier)		
- post exercice : HGPO	↑	↑
- post exercice : repas	↑	
Utilisation du G (corps entier)	↔	↑
Transport du G musculaire stimulée par insuline	↑	↑
Translocation de GLUT-4	↑	↑
Expression de GLUT-4	↔	↑
Récepteur insuline stimulé par insuline		
- expression de protéine	↔	↔
- phosphorylation de tyrosine	↑	↑
PI-3 kinase stimulée par insuline		
- expression de la protéine	ND	ND
- activité	↔	↑
Akt/PKB stimulée par insuline		
- expression de la protéine	ND	ND
- activité	ND	↔

G : Glucose ; HGPO : Hyperglycémie provoquée par voie orale ; ↑ : Augmenté ; ↔ : Inchangé ;

ND : Non déterminé

En conclusion, la connaissance des différents mécanismes d'action de l'exercice sur le muscle permet d'adapter l'entraînement physique afin d'optimiser le volume et la fonction musculaire. L'entraînement en musculation impose

de fortes contraintes mécaniques, il est efficace pour augmenter la masse musculaire. Il est particulièrement utile pour prévenir la perte physiologique de masse musculaire due au vieillissement. L'entraînement en endurance impose des contraintes métaboliques, il est utile dans le cadre de la prévention des maladies cardiovasculaires et métaboliques car l'adaptation musculaire interfère avec les mécanismes favorisant l'apparition de ces maladies.

Au niveau du métabolisme, le muscle joue aussi un rôle important dans l'homéostasie glucidique. Depuis une dizaine d'années, beaucoup de travaux ont eu pour objectif de préciser les mécanismes des effets bénéfiques de l'exercice sur l'homéostasie glucidique. L'augmentation du transport du glucose au cours de l'exercice musculaire par un mécanisme indépendant de l'insuline a pu être mis en évidence. Ces connaissances ont permis d'apporter des explications physiopathologiques aux données obtenues dans les grandes études d'intervention chez l'Homme montrant un rôle important de l'activité physique régulière dans la prévention et le traitement du diabète de type 2. Cependant, de nombreuses inconnues persistent, tant sur les voies de signalisation de l'insuline que sur les mécanismes de régulation du transport du glucose par la contraction musculaire.

BIBLIOGRAPHIE

ADAMO ML, FARRAR RP. Resistance training and IGF-1 involvement in the maintenance of muscle mass during the aging process. *Ageing Res Rev* 2006, **5** : 310-331

ALESSIO HM. Exercise-induced oxidative stress. *Med Sci Sports Exerc* 1993, **25** : 218-224

ALESSIO HM, GOLDFARB AH. Lipid peroxidation and scavenger enzymes during exercise. Adaptive response to training. *J Appl Physiol* 1988, **64** : 1333-1336

ALPERT SS. The cross-sectional and longitudinal dependence of the resting metabolic rate on the fat free mass. *Metabolism* 2007, **56** : 363-372

ASHTON T, ROWLANDS CC, JONES E, YOUNG IS, JACKSON SK, et coll. Electron spin resonance spectroscopic detection of oxygen-centred radicals in human serum following exhaustive exercise. *Eur J Appl Physiol* 1998, **77** : 498-502

ATLANTIS E, BARNES EH, FIATARONE SINGH MA. Efficacy of exercise for treating overweight in children and adolescent: a systematic review. *Int J of obesity* 2006, **30** : 1027-1040

BARNARD RJ, YOUNGREN JF. Regulation of glucose transport in skeletal muscle. *Faseb J* 1992, **6** : 3238-3244

BERGERON R, REN JM, CADMAN KS. Chronic activation of AMPk results in NRF-1 activation and mitochondrial biogenesis. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2001, **281** : 340-346

BHASIN S, STORER TW, BERMAN N. The effect of supraphysiological doses of testosterone on muscle size and strength in normal men. *N Engl J Med* 1996, **335** : 1-7

BOUCHARD C, SIMONNEAU JA, LORTIE G, BOULAY M, MARCOTTE M, THIBAUT MC. Genetics effects in human skeletal muscle fiber type distribution and enzymes activities. *Can J Pharmacol* 1986, **64** : 1245-1251

BOUCHARD C, DIONNE FT, SIMONNEAU JA. Genetics of aerobic and anaerobic performances. *Exerc Sports Sci Rev* 1992, **20** : 27-58

BROOKE MH, KAISER KK. Muscle fiber type: how many and what kind ? *Arch Neurol* 1970, **23** : 369-379

CEJUDO P, BAUTISTA J, MONTEMAYOR T, VILLAGOMEZ R, JIMENEZ L, et coll. Exercise training in mitochondrial myopathy : a randomized controlled trial. *Muscle Nerve* 2005, **32** : 342-350

CHANDRAN R, KNOBLOCH TJ, ANGHELINA M, AGARWAL S. Biomechanical signals upregulate myogenic gene induction in the presence or absence of inflammation. *Am J Physiol* 2007, **293** : 267-276

CHARGÉ SBP, RUDNICKI MA. Cellular and molecular regulation of muscle regeneration *Physiol Rev* 2004, **84** : 209-238

CHEN ZP, MCCONELL GK, MICHELL BJ, SNOW RJ, CANNY BJ, KEMP BE. AMPK signaling in contracting human skeletal muscle: acetyl-CoA carboxylase and NO synthase phosphorylation. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2000, **279** : E1202-E1206

COFFEY GC, HAWLEY JA. The molecular bases of training adaptation. *Sports Med* 2007, **37** : 737-763

COSTILL DL, DANIELS J, EVANS W, FINK W, KRAHENBUHL G, SALTIN B. Skeletal muscles enzyme and fiber composition in males and female athletes. *J Appl Physiol* 1976, **40** : 149-154

DAVIES KJA, QUINTANILHA AT, BROOKS GA, PACKER L. Free radicals and tissue damage produced by exercise. *Biochem Biophys Res Commun* 1982, **107** : 1198-1205

DELA F, MIKINES KJ, VON LINSTOW M, SECHER NH, GALBO H. Effect of training on insulin-mediated glucose uptake in human muscle. *Am J Physiol* 1992, **263** : E1134-E1143

DELDICQUE L, THEISEN D, FRANCAUX M. Regulation of mTOR by amino acids and resistance exercise in skeletal muscle. *Eur J Appl Physiol* 2005, **94** : 1-10

DI MEO S, VENDITTI P. Mitochondria in exercise-induced oxidative stress. *Biol Signals Recept* 2001, **10** : 125-140

DREYER HC, FUJITA S, CADENAS JG, CHINKES DL, VOLPI H, RASMUNSEN BB. Resistance exercise increases AMPK activity and reduces 4E-BP1 phosphorylation and protein synthesis in human skeletal muscle. *J Physiol* 2006, **27** : 45-50

DUBE JJ, BHATT BA, DEDOUSIS N, BONEN A, O'DOHERTY RM. Leptin, skeletal muscle lipids, and lipid-induced insulin resistance. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2007, **293** : R642-R650

EBELING P, BOUREY R, KORANYI L, TUOMINEN JA, GROOP LC, et coll. Mechanism of enhanced insulin sensitivity in athletes. Increased blood flow, muscle glucose transport protein (GLUT-4) concentration, and glycogen synthase activity. *J Clin Invest* 1993, **92** : 1623-1631

FLUCK M, HOPPELER H. Molecular basis of skeletal muscle plasticity from genes to form and function. *Rev Phys Bioch Pharmacol* 2003, **146** : 159

GOODPASTER BH, CARLSON CL, VISSER M, KELLEY DE, SCHERZINGER A, et coll. Attenuation of skeletal muscle and strength in the elderly: the Health ABC Study. *J Appl Physiol* 2001, **90** : 2157-2165

GUEZENNEC CY. Données récentes sur l'influence de l'exercice physique sur le métabolisme protéique : implications nutritionnelles et rôle des hormones. *Sciences et Sports* 1989, **4** : 281-291

GUEZENNEC CY. Place de l'entraînement physique dans le traitement des maladies métaboliques. *Cah Nutr Diét* 1994, **29** : 28-37

GULVE EA, CARTEE GD, ZIERATH JR, CORPUS VM, HOLLOSZY JO. Reversal of enhanced muscle glucose transport after exercise: roles of insulin and glucose. *Am J Physiol* 1990, **259** : E685-E691

HAKKINEN K, KALLINEN M, IZQUIERDO M, JOKELAINEN K, LASSILA H, et coll. Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. *J Appl Physiol* 1998, **84** : 1341-1349

HALLER RG, WYRICK P, TAIVASSALO T, VISSING J. Aerobic conditioning: an effective therapy in McArdle disease. *Ann Neurol* 2006, **59** : 922-928

HAWKE TJ, GARRY DJ. Myogenics satellites cells: physiology to molecular biology. *J Appl Physiol* 2001, **91** : 534-551

HENRIKSEN EJ. Invited review: Effects of acute exercise and exercise training on insulin resistance. *J Appl Physiol* 2002, **93** : 788-796

HESEL E, HABERLAND A, MULLER M, LERCHE D, SCHIMKE I. Oxygen radical generation of neutrophils : a reason for oxidative stress during marathon running? *Clin Chim Acta* 2000, **298** : 145-156

HOLLOSZY JO. Exercise-induced increase in muscle insulin sensitivity. *J Appl Physiol* 2005, **99** : 338-343

HOYLE G. Muscle and their neural control. John Wiley and Son Eds, New-York, 1983

HUGUES SM, TAYLOR JM, TAPSCOTT SJ, GURLEY CM, CARTER WJ. Peterson Selective accumulation of MyoD and myogenin mRNAs in fast and slow adult skeletal muscle is controlled by innervation and hormones. *Development* 1993, **118** : 1137-1147

HUNTER G, MCCARTHY JP, BAMMAN MM. Effects of resistance training on older adults *Sports Med* 2004, **34** : 329-348

HUXLEY AF. The mechanism of muscular contraction. *Science* 1969, **164** : 1356-1475

ITO H, OHKUWA T, YAMAMOTO T, et coll. Effects of endurance physical training on hydroxyl radical generation in rat tissues. *Life Sci* 1998, **63** : 1921-1629

236 IVY JL. Role of carbohydrate in physical activity. *Clin Sports Med* 1999, **18** : 469-484

JESSEN N, GOODYEAR LJ. Contraction signaling to glucose transport in skeletal muscle. *J Appl Physiol* 2005, **99** : 330-337

KADI F, THOMELL LE. Concomittant increase in myonuclear and satellite cell content infemale trapezius muscle following strength training. *Histochem Cell Biol* 2000, **113** : 99-103

KARELIS AD, TOUSIGNANT B, NANTEL J, PROTEAU-LABELLE M, MALITA FM, et coll. Association of insulin sensitivity and muscle strength in overweight and obese sedentary postmenopausal women. *Appl Physiol Nutr Metab* 2007, **32** : 297-301

KRAEMER RR, KILGORE JL, KRAEMER GR, CASTRACANE VD. Growth hormone, IGF-1 and testosterone response to resistive exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1992, **24** : 1346-1352

LEMON PWR, MULLIN JP. Effect of initial muscle glycogen levels on protein catabolism during exercise. *J Appl Physiol* 1980, **48** : 624-629

LEVENHAGEN DK, GRESHAM JD, CARLSON MG, MARON DJ, BOREL MJ, FLAKOLL PJ. Post exercise nutrient intake timing in humans is critical to recovery of leg glucose and protein homeostasis. *Am J Physiol Endocrinol Metabolism* 2001, **280** : E982-E993

MARGARITIS I, TESSIER F, RICHARD MJ, MARCONNET P. No evidence of oxidative stress after a triathlon race in highly trained competitors. *Int J Sports Med* 1997, **18** : 186-190

MC DERMOTT AY, MERNITZ H. Exercise and older patients: prescribing guidelines. *Am Fam Physician* 2006, **74** : 437-444

MC PHERON AC, LAWLER AM, LEE SJ. Regulation of skeletal muscle mass in mice by a new TGF superfamily member. *Nature* 1997, **387** : 83-90

MILLERS JB. Myoblasts, myosins, MyoDs and the diversification of muscle fibers. *Disorders* 1991, **1** : 7-17

NADER GA. Molecular determinants of skeletal muscle mass: getting the "AKT" together. *Int J Biochem Cell Biol* 2005, **37** : 1985-1996

NOSAKA K, CLARKSON PM. Muscle damage following repeated bouts of high force eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1995, **27** : 1263-1269

OCHALA J, LAMBERTZ D, VAN HOECKE J, POUSSON M. Changes in muscle and joint elasticity following long-term strength training in old age. *Eur J Appl Physiol* 2007, **100** : 491-498

OH KS, KIM EY, YOON M, LEE CM. Swim training improves leptin receptor deficiency-induced obesity and lipid disorder by activating uncoupling proteins. *Exp Mol Med* 2007, **39** : 385-394

PERSEGHIN G, PRICE TB, PETERSEN KF, RODEN M, CLINE GW, et coll. Increased glucose transport-phosphorylation and muscle glycogen synthesis after exercise training in insulin-resistant subjects. *N Engl J Med* 1996, **335** : 1357-1362

RAO A, LUO C, HOGAN PG. Transcription factors of the NFAT family regulation and function. *Annu Rev Immunol* 1997, **15** : 707-747

RASMUSSEN BB, TIPTON KD, MILLER SL, WOLF SE, WOLFE RR. An oral essential amino-acid- carbohydrate supplement enhances muscle protein anabolism after resistant exercise. *J Appl Physiol* 2000, **88** : 386-392

RICHARDSON RS, WAGNER H, MUDALIAR SRD, HENRY R, NOYSZEWSKI EA, WAGNER PD. Human VEGF gene expression in skeletal muscle: effect of acute normoxic and hypoxic exercise. *Am J Physiol* 1999, **277** : 2247-2252

RICHTER EA, MIKINES KJ, GALBO H, KIENS B. Effect of exercise on insulin action in human skeletal muscle. *J Appl Physiol* 1989, **66** : 876-885

RICHTER EA, DERAIVE W, WOJTASZEWSKI JF. Glucose, exercise and insulin: emerging concepts. *J Physiol* 2001, **535** : 313-322

RIVERA MA, PÉRUSSE L, SIMONEAU JA. Linkage between a muscle specific marker CK gene marker and VO₂ max in the heritage family study. *Med Sc Sports Exerc* 1999, **31** : 698-701

ROTH SM, MARTEL GF, IVEY FM. Skeletal muscle satellites cell population in healthy young and olders. men and women. *Anat Rec* 2000, **260** : 351-358

SALLINEN J, PAKARINEN A, FOGELHOLM M, SILLANPA E, ALEN M, et coll. Serum basal hormone concentration and muscle massin aging women : effects of strength training and diet. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2006, **16** : 316-331

SCHUELKE M, WAGNER KR, STOLTZ LE HUBNER C, RIEBEL T, et coll. Myostatin mutation associated with gross muscle hypertrophy in a child. *N Engl J Med* 2004, **350** : 2682-2688

SEMENZA GL. Regulation of mammalian O₂ homeostasis by hypoxia-inducible factor 1. *Annu Rev Cell Dev Biol* 1999, **15** : 551-578

SHOJAEI-MORADIE F, BAYNES KC, PENTECOST C, BELL JD, THOMAS EL, et coll. Exercise training reduces fatty acid availability and improves the insulin sensitivity of glucose metabolism. *Diabetologia* 2007, **50** : 404-413

SIU PM, DONLEY DA, BRYNER RW, ALWAYS SE. Myogenin and oxidative enzyme gene expression levels are elevated in rat soleus muscle after endurance training. *J Appl Physiol* 2004, **97** : 277-285

SMITH LL, WELLS JM, HOUMARD JA, SMITH ST, ISRAEL RG, et coll. Increases in plasma prostaglandin E₂ after eccentric exercise. A preliminary report. *Horm Metab Res* 1993, **25** : 451-452

SOMAN VR, KOIVISTO VA, DEIBERT D, FELIG P, DEFRONZO RA. Increased insulin sensitivity and insulin binding to monocytes after physical training. *N Engl J Med* 1979, **301** : 1200-1204

STEWART PM, BOULTON A, KUMAR S, CLARK PM, SHACKLETON CH. Cortisol metabolism in human obesity: impaired cortisone-cortisol conversion in subjects with central obesity. *J Clin Endocrinol Metab* 1999, **84** : 1022-1027

STIEGLER P, CUNLIFFE A. The role of diet and exercise for the maintenance of fat free mass and resting metabolic rate during weight loss. *Sports Med* 2006, **36** : 239-262

TAILLANDIER D, AUROUSSEAU E, COMBERT L, GUEZENNEC CY, ATTAIX D. Regulation of proteolysis during reloading of the unweighted soleus muscle. *Int J Biochem Cell Biol* 2003, **35** : 665-675

TAIVASSALO T, DE STEFANO N, ARGOV Z, MATTHEWS PM, CHEN J, et coll. Effects of aerobic training in patients with mitochondrial myopathies. *Neurology* 1998, **50** : 1055-1060

TAIVASSALO T, DE STEFANO N, CHEN J, KARPATI G, AROLD DL, ARGOV Z. Short term aerobic training response in chronic myopathies. *Muscle Nerve* 1999, **22** : 1239-1243

TARNOPOLSKY MA, MAC DOUGALL JD, ATKINSON SA. Influence of protein intake and training status on nitrogen balance and lean body mass. *J Appl Physiol* 1988, **64** : 187-193

TODD RS, BUTTERFIELD GE, CALLOWAY DH. Nitrogen balance in man with adequate and deficient energy intake at three levels of work. *J Nutr* 1984, **114** : 2107-2118

TOIGO M, BOUTELLIER U. New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscles adaptations. *Eur J Appl Physiol* 2006, **97** : 643-663

TOPIN N, MATECKI S, LE BRIS S, RIVIER F, ECHENNE B, et coll. Dose-dependant effect of individualized respiratory muscle training in children with Duchenne muscular dystrophy. *Neuromuscul Disord* 2002, **12** : 576-583

VIRU A. Plasma hormones and physical exercise. *Int J Sports Med* 1992, **3** : 201-202

WELLE S, BHATT K, SHAH B. Insulin-like growth factor-1 and myostatin mRNA expression in muscle : comparison between 62-77 and 21-31 yr old men. *Exp Gerontol* 2002, **37** : 833-839

WIDEMAN L, WELTMAN JY, HARTMAN ML, VELDHIJS JD, WELTMAN A. Growth hormone release during acute and chronic aerobic and resistance exercise: recent finding. *Sports Med* 2002, **32** : 987-1004

WOJTASZEWSKI JFP, HIGAKI Y, HIRSHMAN MF, DODSON MICHAEL M, DUFRESNE SD, et coll. Exercise modulates postreceptor insulin signaling and glucose transport in muscle-specific insulin receptor knockout mice. *J Clin Invest* 1999, **104** : 1257-1264

WOJTASZEWSKI JFP, NIELSEN P, HANSEN BF, RICHTER EA, KIENS B. Isoform-specific and exercise intensity-dependent activation of 5'-AMP-activated protein kinase in human skeletal muscle. *J Physiol* 2000, **528** : 221-226

WOJTASZEWSKI JFP, NIELSEN JN, RICHTER EA. Invited review: effect of acute exercise on insulin signaling and action in humans. *J Appl Physiol* 2002, **93** : 384-392

WOLBARSH ML, FRIDOVICH I. Hyperoxia during reperfusion is a factor in reperfusion injury. *Free Radic Biol Med* 1989, **6** : 61-62

ZIERATH JR. Invited review: Exercise training-induced changes in insulin signaling in skeletal muscle. *J Appl Physiol* 2002, **93** : 773-781

11

Capital osseux

L'activité physique, par les contraintes mécaniques qu'elle exerce sur le squelette, induit la formation du tissu osseux. Ce phénomène est maintenant bien établi depuis les années 1970. L'activité physique exerce un effet ostéogénique d'autant plus fort que les contraintes mécaniques varient et s'éloignent des contraintes habituelles de la marche ou de la course. Cet effet est particulièrement observé chez l'enfant pré-pubère et plus en début qu'en fin de puberté. Une pratique sportive multi-activités semble donc correspondre au meilleur bénéfice attendu à cette période de la vie. Ce type de pratique peut permettre de maximaliser le pic de masse osseuse atteint chez l'adulte jeune, et ainsi prévenir l'apparition ultérieure de l'ostéoporose.

Cependant, une spécialisation précoce et un entraînement intensif pourraient altérer les processus de croissance et de maturation du squelette. Cette question, toujours débattue, a conduit les instances médicales à édicter des recommandations concernant l'entraînement intensif précoce.

Réponses et adaptations osseuses au cours de la croissance

Le squelette est constitué de pièces osseuses articulées qui, sous l'action des muscles, permettent à l'être humain de se déplacer. Cette fonction soumet le squelette à des contraintes mécaniques qui s'intensifient avec la croissance, du fait de l'augmentation des dimensions corporelles (et donc de l'action de la gravité) et de la masse musculaire (Carter et coll., 1996 ; Rauch et Schoenau, 2002 ; Bass et coll., 2005).

Le développement du squelette ne se résume pas à l'augmentation de la masse minérale (Rauch et Schoenau, 2002) ; la taille et la morphologie des pièces osseuses évoluent afin de s'adapter aux contraintes mécaniques et ainsi conserver l'intégrité du squelette (Parfitt et coll., 2000).

Minéralisation du squelette

La masse squelettique représente 15 % de la masse corporelle totale chez le nouveau-né, contre 16 à 17 % chez l'adulte de moins de 50 ans et 13 à 14 % chez la personne âgée (Malina et coll., 1991). Environ 65 % du poids sec du squelette dégraissé est composé de minéral, c'est-à-dire des cristaux d'hydroxyapatite (Malina et coll., 1991).

La petite enfance est caractérisée par une accrétion osseuse rapide du fait d'une croissance staturale importante (Specker et coll., 1999). Le deuxième pic d'accrétion osseuse a lieu lors de la puberté. À peu près un quart de la masse osseuse adulte est acquis durant les deux années qui encadrent le second pic d'accrétion osseuse (stades de Tanner II à IV chez la fille et III à V chez le garçon), c'est-à-dire le moment où le taux de minéralisation osseuse est le plus important (Bailey et coll., 1999). Selon Martin et coll. (1997), près de 320 g de minéral osseux (dont un tiers de calcium) sont accumulés pendant l'année du pic d'accrétion osseuse chez les garçons, contre 240 g chez les filles.

Une ménarche tardive est associée à une plus faible densité minérale osseuse (DMO) au corps entier et au rachis (Rice et coll., 1993 ; Ito et coll., 1995 ; Boot et coll., 1997), faisant de cette caractéristique un facteur de risque de l'ostéoporose (Chevalley et coll., 2005).

Le pic de minéralisation osseuse intervient 6 mois à 18 mois après le pic de croissance staturale (Matkovic et coll., 1994 ; Martin et coll., 1997 ; Bailey et coll., 1999). Ce décalage est à l'origine d'une période de relative fragilité du squelette (Bailey et coll., 1999), ce qui explique en partie l'incidence élevée des fractures vers 12-14 ans chez les garçons (Blimkie et coll., 1993) et 10,5-11,5 ans chez les filles (Hagino et coll., 2000 ; Yeh et coll., 2006).

Lors de la fusion des cartilages de conjugaison, la DMO atteint 90 à 95 % de sa valeur maximale (Riggs et coll., 2002). L'âge du pic de masse osseuse intervient entre 20 et 30 ans (Teegarden et coll., 1995 ; Heaney et coll., 2000 ; New, 2001) et varie en fonction du sexe et du site considéré (Bonjour et coll., 1991 ; Slemenda et coll., 1994 ; Heaney et coll., 2000).

L'augmentation du contenu minéral osseux au cours de la croissance est davantage le résultat d'une augmentation des dimensions des pièces osseuses que d'une augmentation de la DMO volumique.

Facteurs régulant la formation du tissu osseux

La formation du tissu osseux est régulée par des facteurs mécaniques, hormonaux et énergétiques. Parmi les facteurs non mécaniques susceptibles de moduler la réponse du tissu osseux aux contraintes, les hormones jouent un rôle prépondérant (Rizzoli et coll., 2001). Avant la puberté, la croissance est surtout régulée par l'hormone de croissance et l'IGF-I (*Insulin-like Growth*

Factor-1) alors que pendant et après la puberté, ce sont les stéroïdes sexuels qui exercent une influence prédominante (Bass et coll., 2005). Les œstrogènes (dans les deux sexes), associés à l'hormone de croissance et l'IGF-I, initient les trois ou quatre années de forte croissance osseuse pendant lesquelles le squelette double sa masse (Riggs et coll., 2002). Le rôle des œstrogènes dans la maturation osseuse serait plus important que celui des androgènes (Arisaka et coll., 2001 ; Riggs et coll., 2002).

Selon Riggs et coll. (2002), les hommes atteignent un pic de masse osseuse plus élevé que celui des femmes (+25 %) : leurs os sont plus grands (croissance longitudinale pré-pubertaire plus longue et meilleure apposition périostée) et l'os cortical est plus épais.

Outre l'hormone de croissance, l'IGF-I et les hormones sexuelles, d'autres hormones sont impliquées dans la régulation du métabolisme osseux : la parathormone (PTH) et le calcitriol ou 1,25-dihydroxyvitamine D, qui stimulent la résorption osseuse (Rizzoli et Bonjour, 1998) ; la vitamine D, qui influence le processus de maturation des chondrocytes épiphysaires (Klaus et coll., 1991) ; la calcitonine, qui inhiberait la résorption osseuse mais n'aurait pas d'effet sur la formation osseuse (Canalis, 1996) ; les hormones thyroïdiennes, qui ont un effet anabolique pendant la croissance (Bassett et Williams, 2003 ; Lakatos, 2003).

Enfin, l'apport énergétique total ainsi que les apports protéiques et calciques sont des régulateurs-clés du développement musculo-squelettique, plus précisément dans le cas de carences (Bass et coll., 2005). Le polymorphisme génique est susceptible de moduler l'influence des apports nutritionnels sur le développement osseux (Dawson-Hughes et coll., 1995). Une restriction énergétique et/ou protéique peut retarder la croissance longitudinale et périostée. Les enfants et adolescents dont les apports calciques sont insuffisants risquent d'atteindre un pic de masse osseuse plus faible (Heaney et coll., 2000). En France, les apports calciques recommandés pour des personnes de 10 à 18 ans s'élèvent à 1 200 mg/j (Guéguen, 2001). Les effets d'une supplémentation calcique sur la DMO de jeunes enfants se sont révélés positifs (Lloyd et coll., 1996 ; Bonjour et coll., 1997 ; Cameron et coll., 2004) ou nuls (Courteix et coll., 2005). La minéralisation varierait selon les sites considérés, les apports calciques initiaux, le stade pubertaire des sujets (Johnston et coll., 1992 ; Bonjour et coll., 1999). L'influence d'une supplémentation calcique serait surtout améliorée en étant associée à une activité physique régulière (Courteix et coll., 2005). D'une manière générale, la quantité de calcium consommée n'est que modérément corrélée à la santé osseuse de l'enfant ou de l'adulte (Lanou et coll., 2005) car le calcium est un nutriment-seuil : au-delà d'une valeur oscillant entre 800 et 1 200 mg/j, toute augmentation supplémentaire de la consommation calcique ne semble pas avoir d'effet sur le tissu osseux (Matkovic et Heaney, 1992 ; Coxam, 2005). La sensibilité du tissu osseux à l'exercice physique serait influencée par le polymorphisme génique du récepteur de la vitamine D (Blanchet

et coll., 2002) et celui des récepteurs alpha-œstrogéniques (Suuriniemi et coll., 2004).

Effets de l'exercice physique pendant la croissance

La sensibilité du tissu osseux aux contraintes mécaniques appliquées lors de l'exercice physique serait plus élevée pendant la croissance, période pendant laquelle le *turnover* osseux est particulièrement rapide (Ruff et coll., 1994 ; Turner et Robling, 2005). Ces contraintes modifient l'environnement mécanique de l'os et donc influencent les processus de croissance longitudinale et de minéralisation osseuse. Dès les années 1950, Buskirk et coll. (1956) ont noté que l'ulna et le radius étaient plus longs du côté dominant que du côté non dominant chez des joueurs de tennis ayant débuté leur pratique dès l'enfance ou l'adolescence.

Exercice physique et minéralisation osseuse

L'effet de l'exercice physique sur la minéralisation osseuse a été étudié en fonction de l'intensité de l'exercice, de l'âge et du sexe.

Entraînement intensif

Dans cette partie sur l'entraînement intensif, les études sont réalisées sur des populations de sportifs de haut niveau.

La pratique régulière d'une activité physique est associée à une augmentation de la DMO surfacique chez l'enfant, à condition que l'activité pratiquée induise des contraintes mécaniques sur le tissu osseux. L'effet ostéogénique du sport s'exerce grâce à l'action des muscles et à celle de la gravité, par l'intermédiaire de la force de réaction du sol (lors des activités où le poids du corps est mis en jeu) et des forces appliquées au niveau des articulations (Turner, 2000 ; Blimkie et Högler, 2003). D'après de nombreux auteurs, ce sont les contractions musculaires, et non le poids du corps, qui exerceraient les plus larges contraintes sur le squelette lors de la vie courante (Burr, 1997 ; Schoenau et Frost, 2002). Elles expliqueraient 50 % de la variabilité du développement de la masse et de la résistance osseuses (Schoenau et coll., 2002).

Générés lors des phases de course, de saut (impulsion et réception), ou bien lors d'un contact avec une balle ou un ballon (frappe au tennis, shoot en football), les impacts sont à l'origine d'une déformation des structures osseuses qui stimule la minéralisation.

L'importance des impacts se manifeste notamment dans les sports où le poids du corps est porté (« *weight-bearing activities* »), par opposition aux

activités comme la natation ou le cyclisme pendant lesquelles le squelette ne subit que l'action des contractions musculaires (« *non weight-bearing activities* »). Ainsi, la DMO de jeunes nageuses est inférieure à celle de jeunes gymnastes (Courteix et coll., 1998). L'augmentation de la DMO rapportée à l'augmentation de la masse corporelle au cours de la croissance est également supérieure chez des gymnastes comparativement à des nageuses (Cassell et coll., 1996) ou des enfants normo-actifs (Nurmi-Lawton et coll., 2004 ; Ward et coll., 2005). Lima et coll. (2001) ont noté de plus fortes DMO surfaciques à plusieurs sites osseux (rachis lombaire, col fémoral) chez des garçons de 12 à 18 ans pratiquant des sports avec impacts (gymnastique, athlétisme, basketball et tennis) par rapport à ceux pratiquant des activités sans impacts (natation, water-polo). Chez 128 garçons de 16-18 ans, Ginty et coll. (2005) ont observé que le CMO (contenu minéral osseux) au corps entier était supérieur dès lors que la pratique d'activités physiques avec impacts dépassait un volume horaire de 8 heures par semaine.

Les effets positifs des impacts sur la minéralisation ont surtout été mis en évidence par l'étude des sports unilatéraux. En effet, l'élimination d'un éventuel biais de sélection des sujets sportifs dans les études transversales est obtenue en comparant, chez un même sujet, un site osseux sollicité (le bras dominant au tennis ou au squash) avec un site osseux peu ou pas sollicité (le bras non dominant). Les différences de CMO et de DMO entre les deux bras atteignent 10 à 15 % après seulement quelques années de pratique (Kannus et coll., 1995 ; Haapasalo et coll., 1998 ; Bass et coll., 2002a).

Cependant, si l'entraînement intensif exerce des effets positifs sur la minéralisation, on peut se demander si l'exercice physique reste bénéfique pour des volumes et des intensités d'entraînement plus faibles (Modlesky et Lewis, 2002).

Entraînement modéré

L'accrétion osseuse observée pendant la croissance est améliorée de 1 à 3 % suite à un programme d'entraînement réalisé trois fois par semaine pendant sept mois, dans le cadre scolaire, à raison de 10 à 12 minutes d'exercices avec des impacts allant de 3,5 à 5 G (MacKelvie et coll., 2001, 2002a et b) (un G étant équivalent à la force exercée par le poids du corps lors de la station debout). Les gains sont site-spécifiques, c'est-à-dire qu'ils sont visibles aux sites osseux soumis aux contraintes mécaniques (rachis lombaire, col fémoral) et ils doublent si l'entraînement est poursuivi sur vingt mois (MacKelvie et coll., 2003). Le bénéfice est sensiblement le même lorsque l'entraînement est plus intensif, avec des contraintes atteignant 8 G (Fuchs et coll., 2001) ou lorsque les séances sont plus longues (Bradney et coll., 1998 ; Heinonen et coll., 2000 ; McKay et coll., 2000 ; Valdimarsson et coll., 2006). Il augmente légèrement (>5 % sur dix mois) lorsque des

exercices avec charges additionnelles sont inclus au programme d'entraînement (Morris et coll., 1997). L'efficacité de ces programmes repose en partie sur l'augmentation progressive du volume (nombre de sauts par séance) et de l'intensité (hauteur des sauts) de l'entraînement (Heinonen et coll., 2000 ; Fuchs et coll., 2001 ; MacKelvie et coll., 2001, 2002a, 2003 et 2004). L'importance de ce critère a été soulevée lors d'une étude réalisée chez des jumelles homozygotes (van Langendonck et coll., 2003a). Ces auteurs ont montré qu'un entraînement ostéogénique d'une durée de 9 mois (10 minutes, 3 fois par semaine) avait un effet bénéfique sur la minéralisation osseuse du fémur proximal chez des jeunes filles ne pratiquant pas d'activités à impacts, mais pas chez celles déjà engagées dans une pratique sportive ostéogénique. De même, la réponse à l'entraînement est moins bonne chez des enfants en surcharge pondérale (MacKelvie et coll., 2002b). Outre le fait que ces enfants s'impliquent peut-être moins dans l'entraînement que des enfants de poids normal, le seuil de sensibilité de leur squelette aux impacts est sans doute plus élevé compte tenu de la contrainte mécanique quotidienne que représente leur surpoids (MacKelvie et coll., 2002b). La réponse osseuse du squelette est donc étroitement dépendante des caractéristiques du programme d'entraînement et des enfants (Heinonen et coll., 2000 ; Petit et coll., 2002). Dans l'optique d'une amélioration de la santé osseuse des jeunes populations, il faut noter que la réalisation de dix *counter-movement jumps* (saut avec élan, mains sur les hanches), trois fois par jour pendant 8 mois (soit un volume d'entraînement raisonnable), permet d'augmenter la minéralisation au fémur proximal chez des enfants d'une dizaine d'années (McKay et coll., 2005).

Âge et sexe

La principale limite à l'efficacité des exercices ostéogéniques est l'âge des sujets entraînés. Certaines études n'ont trouvé des résultats positifs qu'à partir du stade II ou III de Tanner, correspondant au début et au milieu de la puberté (Haapasalo et coll., 1998 ; MacKelvie et coll., 2001 ; Petit et coll., 2002). Cependant, un grand nombre d'études ont montré la capacité d'un entraînement ostéogénique à augmenter la minéralisation osseuse dès la pré-puberté (Cassell et coll., 1996 ; Bass et coll., 1998 et 2002a ; Fuchs et coll., 2001 ; MacKelvie et coll., 2004 ; Valdimarsson et coll., 2006). Les effets bénéfiques de l'exercice physique ont même été observés avant l'âge de 8 ans, qu'il s'agisse d'une activité gymnique récréative (Laing et coll., 2005) ou plus intensive (Zanker et coll., 2003).

En revanche, un consensus semble prévaloir concernant la plus faible efficacité d'une activité physique ostéogénique chez les adolescents en fin de puberté (stades IV et V de Tanner). Chez les jeunes filles, la vitesse de l'acquisition osseuse est plus importante avant la ménarche (McKay et coll., 1998), période pendant laquelle on observe de fortes concentrations en hormone de croissance, IGF-I, œstrogènes et androgènes (Kannus et coll., 1996 ; Morris et coll., 1997 ; Heinonen et coll., 2000). Ceci pourrait expli-

quer la relative inefficacité des programmes d'entraînement après la ménarche (Heinonen et coll., 2000), y compris pour des activités comme la musculation (Blimkie et coll., 1996) ou la pliométrie (Witzke et Snow, 2000), pourtant à fort potentiel ostéogénique. Les asymétries osseuses relevées entre les deux bras étaient deux à quatre fois plus importantes chez des jeunes filles ayant débuté le tennis avant ou au moment de la ménarche, comparativement à celles ayant débuté après quinze ans (Kannus et coll., 1995). Chez les garçons, on dispose de peu de données à l'adolescence concernant la réponse du tissu osseux aux contraintes mécaniques. Le *turnover* osseux, évalué grâce à des marqueurs biologiques, semble augmenter après 5 semaines d'un entraînement intensif en endurance, à raison de 2 heures par jour, 5 jours par semaine (Eliakim et coll., 1997). Mais la durée trop courte de l'entraînement ne permet pas d'établir le lien entre une accélération du *turnover* osseux et une augmentation significative de la DMO chez ces adolescents.

Effet ostéogénique de l'exercice

L'activité physique exerce un effet ostéogénique d'autant plus fort que :

- les contraintes mécaniques sont variées, d'une amplitude supérieure à 3 ou 4 G, et différentes des contraintes habituelles imposées lors de la marche ou la course ;
- les contraintes sont appliquées sur le squelette d'un enfant pré-pubère (stade I de Tanner) ou en début de puberté (stades II et III de Tanner) (Bass, 2000 ; Khan et coll., 2000 ; MacKelvie et coll., 2002a).

L'efficacité d'une session d'entraînement peut être estimée grâce au calcul d'un index ostéogénique, qui prend en compte l'amplitude et la fréquence des contraintes mais aussi les périodes de récupération nécessaires pour rétablir 100 % de la sensibilité du squelette aux stimuli mécaniques (Turner et Robling, 2003). Il semblerait également que plus la direction des contraintes varie, plus l'activité est ostéogénique (Nikander et coll., 2005). L'augmentation de la minéralisation reste site-spécifique (Ehrlich et Lanyon, 2002), ce qui pourrait expliquer les déficits osseux observés chez les sportifs aux sites non sollicités : le crâne chez les gymnastes (Courteix et coll., 1999a), les athlètes, danseurs ou culturistes (Karlsson et coll., 1996), ou bien le bras non dominant chez les joueurs de tennis (Haapasalo et coll., 1998 et 2000). Il s'agirait d'un phénomène de redistribution du pool calcique dont dispose tout individu, au profit des sites osseux soumis à des fortes contraintes mécaniques (Smith et coll., 1984).

Compte tenu de l'effet site-spécifique de l'exercice physique sur le tissu osseux, une pratique sportive multi-activités doit être encouragée, et ce dès la pré-puberté. Pour qu'un bénéfice significatif soit observé en terme de minéralisation osseuse, cette pratique doit induire sur le squelette des contraintes mécaniques de l'ordre de 3 à 4 G. Des séances courtes (environ dix minutes), réalisées trois fois par semaine, ont la capacité d'augmenter la

minéralisation chez l'enfant. Ce type de programme peut permettre de maximiser le pic de masse osseuse atteint chez l'adulte jeune, et ainsi de prévenir l'apparition ultérieure de l'ostéoporose. Cette maladie dégénérative, qui se caractérise par une diminution de la masse osseuse et des altérations micro-architecturales du squelette, fragilise le tissu osseux. Atteindre un pic de masse osseuse élevé, puis conserver ce capital osseux à l'âge adulte grâce à une bonne hygiène de vie, constitue un facteur de protection contre les fractures ostéoporotiques (Beck et Snow, 2003).

Exercice physique et géométrie osseuse

En plus du contenu minéral et de la densité osseuse, la résistance mécanique de l'os dépend également de ses dimensions (Van Der Meulen et coll., 2001), celles-ci étant déterminées par la surface osseuse sur laquelle le minéral se dépose (Seeman, 2001 ; Bass et coll., 2002a). S'il s'agit de la surface périostée, la taille de l'os augmente, ce qui lui confère une meilleure résistance mécanique ; s'il s'agit de la surface endostée, la taille globale de l'os n'évolue pas et le gain en terme de résistance est moindre (figure 11.1). En effet, un os est d'autant plus résistant que le minéral osseux est situé loin de l'axe longitudinal de l'os (Turner et Burr, 1993).

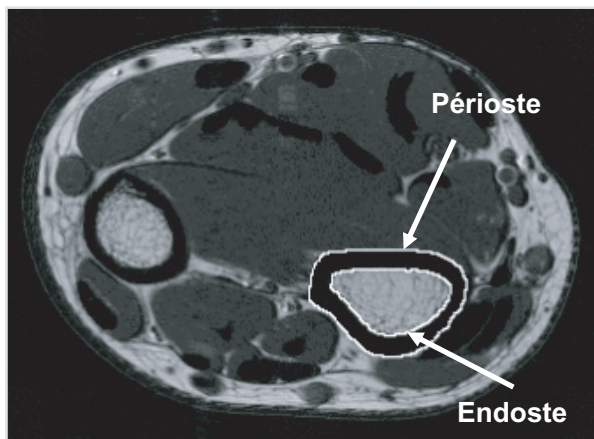


Figure 11.1 : Surfaces osseuses périostée et endostée (Image IRM d'un avant-bras de joueur de tennis âgé de 24 ans) (d'après Ducher et coll., 2005)

Or, pendant la croissance, la surface périostée serait plus sensible aux contraintes mécaniques en début de puberté alors que la surface endostée répondrait mieux aux stimuli en fin de puberté (Ruff et coll., 1994). Une augmentation de la taille des os sollicités par la pratique sportive a été rap-

portée par plusieurs études chez des enfants pré-pubères ou en début de puberté (Dyson et coll., 1997 ; Petit et coll., 2002 ; MacKelvie et coll., 2004). De même, Bass et coll. (2002a) ont observé une expansion périostée sur l'humérus dominant de joueuses de tennis pré-pubères. Chez des joueuses péri- ou post-pubères, une réduction de la taille du canal médullaire est observée à l'humérus dominant, suggérant une apposition du minéral osseux sur la surface endostée ou bien une diminution de la résorption osseuse au niveau de l'endoste. Ainsi, l'exercice physique amplifierait les adaptations macro-architecturales observées pendant la croissance (Bass et coll., 2002a). Aucune expansion périostée n'a été mise en évidence au niveau des membres inférieurs, que ce soit au fémur (Duncan et coll., 2002) ou au tibia (Heinonen et coll., 2000 ; Greene et coll., 2005 ; Ward et coll., 2005) chez de jeunes sportives pratiquant la course à pied, le triathlon, le cyclisme ou bien la gymnastique. En revanche, une augmentation de la taille de l'os a été observée sur le membre supérieur à l'humérus (Bass et coll., 2002) ou au radius (Dyson et coll., 1997 ; Ward et coll., 2005) chez des joueuses de tennis et des gymnastes. L'adaptation de la géométrie osseuse à l'exercice chez de jeunes garçons sportifs est encore peu connue mais elle est sans doute différente de celle observée chez les sportives (Ward et coll., 2005).

La natation, de par son environnement de pratique « hypogravitaire », exerce un effet sur la géométrie osseuse. Par exemple, deux études réalisées chez le rat ont montré que cette activité était susceptible de modifier la géométrie de l'os (Hart et coll., 2001 ; Huang et coll., 2003), sans forcément exercer d'effet sur la DMO (Huang et coll., 2003). Par ailleurs, il a été montré que la cavité médullaire du fémur moyen était plus large chez des adolescentes nageuses et cyclistes que chez des coureuses à pied ou des triathlètes (Duncan et coll., 2002).

En cas d'arrêt de la pratique sportive, le bénéfice osseux, lorsqu'il a été acquis pendant la croissance, serait conservé en majeure partie (Bass et coll., 1998 ; Fuchs et Snow, 2002 ; Kontulainen et coll., 2002), ce qui ne serait pas le cas d'un bénéfice acquis à l'âge adulte (Parfitt, 1994). Le squelette immature réagit aux contraintes mécaniques par des modifications architecturales, ce que le squelette mature est moins capable de faire (Nara-Ashizawa et coll., 2002). Cette spécificité de la réponse du tissu osseux immature aux stimuli mécaniques serait un élément déterminant du maintien des bénéfices osseux chez le jeune sportif qui stopperait sa pratique (Karlsson, 2003). Cependant, des individus ayant stoppé leur activité sportive après la croissance ont des valeurs de DMO plus faibles que ceux qui pratiquent encore (Bass et coll., 1998 ; Van Langendonck, 2002), d'où l'intérêt de rester actif.

En terme de résistance mécanique, il semble donc préférable de pratiquer une activité physique alors que le squelette n'est pas encore mature car ses

capacités d'expansion périostée sont beaucoup plus élevées que celles du squelette mature (Parfitt, 1994 ; Forwood et Turner, 1995 ; Modlesky et Lewis, 2002).

Effets délétères d'une pratique sportive intensive sur la croissance et la minéralisation osseuse

L'existence possible d'un seuil au-delà duquel l'entraînement intensif pourrait altérer les processus de croissance et de maturation du squelette est une question qui suscite un large débat (Baxter-Jones et coll., 2003 ; Caine et coll., 2003 ; Stokstad, 2004 ; Daly et coll., 2005 ; Beunen et coll., 2006). La spécialisation précoce qui prévaut dans certaines disciplines (gymnastique, tennis, patinage artistique...) a conduit les instances médicales à édicter des recommandations concernant l'entraînement intensif précoce (*American Academy of Pediatrics et Committee on Sports, Medicine and Fitness*, 2000 ; Commission médicale du comité international et olympique, 2005).

Effets sur la croissance

L'entraînement intensif (>20 h/semaine) est suspecté de ralentir la croissance et d'induire à terme une taille adulte inférieure à celle qui aurait été atteinte par l'enfant s'il n'avait pas participé à ce programme d'entraînement. Les principales études sur le sujet se sont focalisées sur les effets de la gymnastique (Caine et coll., 2001 et 2003 ; Baxter-Jones et coll., 2003 ; Claessens et coll., 2006) car les jeunes gymnastes sont habituellement plus petits et plus légers que les enfants ou adolescents du même âge (Claessens et coll., 1992 ; Courteix et coll., 1999b ; Bass et coll., 2000). Leur âge osseux est également plus faible pour un âge chronologique donné (Bass et coll., 2000 ; Weimann et coll., 2000 ; Maïmoun, 2005 ; Thomis et coll., 2005). La ménarche est retardée d'un à deux ans au minimum chez les filles pratiquant la gymnastique de façon intensive (Peltenburg et coll., 1984 ; Claessens et coll., 1992 ; Weimann, 2000 ; Thomis et coll., 2005) par rapport à des jeunes filles normo-actives atteignant la ménarche en moyenne entre 12,3 et 13,5 ans (Malina et coll., 2004). Le retard pubertaire des jeunes gymnastes s'explique en partie par le fait que les enfants de petite taille sont plus performants lors des exercices gymniques (Ackland et coll., 2003). Cet effet de sélection a été confirmé par plusieurs observations : les gymnastes étaient plus petits que la moyenne avant même de commencer leur pratique gymnique (Peltenburg et coll., 1984), les parents des gymnastes étaient eux-aussi plus petits que la moyenne (Theintz et coll., 1989 ; Baxter-Jones et coll., 1995) et les gymnastes qui persistent dans l'activité étaient plus petits que les gymnastes arrêtant leur pratique (Tonz et coll., 1990).

Cependant, l'effet de sélection n'exclut pas que l'entraînement intensif en gymnastique puisse altérer les mécanismes de croissance et de maturation

(Bass et coll., 2000 et 2002b ; Caine et coll., 2001 ; Daly et coll., 2005). Il a été montré que le décalage entre âge osseux et âge chronologique augmente au fur et à mesure que l'entraînement se poursuit (Bass et coll., 2000). De plus, l'âge de la ménarche est positivement corrélé au volume d'entraînement chez de jeunes gymnastes rythmiques (Georgopoulos et coll., 1999). Le pic de croissance statural est décalé dans le temps et atteint des valeurs plus faibles (5,5 à 6,4 cm/an ; Theintz et coll., 1993 ; Daly et coll., 2005) que celles observées habituellement chez les jeunes filles normo-actives (7,3 à 9,1 cm/an ; Malina et coll., 2004). Alors que les membres inférieurs des gymnastes sont moins longs que ceux d'enfants normo-actifs dès le début de la pratique sportive (effet de sélection), la vitesse de croissance du tronc semble altérée durant l'entraînement (Bass et coll., 2000 ; Daly et coll., 2000). Ce ralentissement de la croissance du tronc est plus marqué chez des gymnastes s'entraînant de 20 à 27 heures par semaine que chez des gymnastes pratiquant 7,5 à 22 heures par semaine (Daly et coll., 2005). La concentration de certaines hormones impliquées dans les processus de croissance et de maturation est plus faible chez les jeunes gymnastes : IGF-I (Jahreis et coll., 1991 ; Bass et coll., 1998), hormones thyroïdiennes (Jahreis et coll., 1991), androstènedione (Jaffré et coll., 2001), déhydro-épiandrostérone (Warren et coll., 2002a) et leptine (Weimann et coll., 1999 ; Warren et coll., 2002b ; Courteix et coll., 2007). Les effets délétères de l'entraînement seraient réversibles, tout du moins en partie, lorsque le volume de pratique diminue (Lindholm et coll., 1994) ou après l'arrêt de la pratique (Tveit-Milligan et coll., 1993 ; Constantini et coll., 1997 ; Bass, 2000).

Malgré ces observations, aucun lien de cause à effet n'a encore été clairement établi entre entraînement intensif et ralentissement de la croissance (Caine et coll., 2001 ; Bass et coll., 2002b).

Relations entre comportement alimentaire, troubles de la puberté et masse osseuse

Il est difficile de distinguer les effets de l'entraînement physique de ceux d'autres facteurs qui peuvent lui être associés, notamment la restriction calorique. Non seulement une restriction énergétique sévère peut retarder la croissance longitudinale (Bass et coll., 2005), mais elle est aussi reconnue comme étant la principale cause des perturbations de l'axe hypothalamo-hypophysio-gonadique observées chez certaines sportives (Loucks et coll., 1998 ; Williams et coll., 2001 ; Warren et coll., 2002a et b ; Eliakim et Beyth, 2003 ; Loucks, 2003). Le risque est particulièrement grand dans les sports où la prise de poids affecte la performance, en augmentant le coût énergétique et/ou en ne répondant plus aux exigences esthétiques de l'activité (Warren et coll., 2002b). Le comportement alimentaire de certaines danseuses et coureuses de fond est parfois comparable à l'anorexie (Yates et coll., 1983) alors que les gymnastes et les nageuses peuvent avoir un comportement assez proche de la boulimie avec des périodes de jeûne et de

vomissements (Lefebvre et coll., 2005). Un fort déséquilibre entre apports et dépenses énergétiques serait à l'origine de la suppression de l'activité de l'hormone gonadotrope GnRH (*Gonadotropin Releasing Hormone*), sécrétée par l'hypothalamus (Loucks et coll., 1998). Cette hormone stimule la production de FSH (hormone folliculostimulante) et LH (hormone lutéinisante) par l'hypophyse, qui à son tour stimule la sécrétion des hormones sexuelles par les gonades (œstrogènes et progestérone chez la fille, testostérone chez le garçon). La perturbation de ces sécrétions hormonales conduit à des troubles du cycle menstruel chez la jeune fille (Warren et Perlroth, 2001). Ainsi, la prévalence des aménorrhées dites « athlétiques » est 4 à 20 fois plus importante chez les athlètes féminines de haut niveau que dans la population générale (Eliakim et Beyth, 2003). Le pourcentage de masse grasse, qui est un facteur déterminant pour déclencher le début de la puberté (Frisch et McArthur, 1974 ; Georgopoulos et coll., 1999) est souvent très faible chez ces athlètes. Le stress de la compétition et d'un entraînement intensif peut aussi contribuer à l'apparition de troubles du cycle menstruel (Lefebvre et coll., 2005). L'état d'aménorrhée est associé à une diminution de la DMO trabéculaire, notamment au rachis (Khan et coll., 2002 ; Warren et coll., 2002a). On parle alors de « triade de l'athlète féminine », associant troubles nutritionnels, aménorrhée et ostéopénie (DMO comprise entre -2,5 et -1 déviations standards par rapport à la moyenne d'adultes jeunes) (Rutherford, 1999 ; Khan et coll., 2002). Les risques d'apparition de déviations vertébrales pathologiques telles que la scoliose augmentent (Warren et coll., 1986 ; Warren et Perlroth, 2001). Les fractures de fatigue sont également fréquentes chez les athlètes aménorrhéiques (Warren et Perlroth, 2001). Elles naissent de l'accumulation de microfissures (ou micro-cracks) qui se forment dans le tissu osseux suite à l'application de contraintes mécaniques répétées (David et coll., 2005).

Même après plusieurs années de normalisation des menstruations, la DMO vertébrale d'anciennes athlètes aménorrhéiques reste toujours plus faible que celle d'anciennes athlètes euménorrhéiques (Keen et Drinkwater, 1997). Les altérations du métabolisme osseux chez des jeunes sportives aménorrhéiques sont attribuées à un hypo-œstrogénisme, qui entraîne une augmentation de la résorption et du *turnover* osseux (Warren et Perlroth, 2001 ; Lefebvre et coll., 2005). Cependant, la prescription d'un traitement œstroprogestatif ne semble pas suffisant pour améliorer la DMO (Warren MP et coll., 2003) car d'autres hormones sont impliquées dans la régulation du métabolisme osseux, notamment la leptine (Welt et coll., 2004), l'IGF-I (Laughlin et coll., 1998) et l'hormone thyroïdienne T3 (Warren et Perlroth, 2001). L'hypo-œstrogénisme, lorsqu'il intervient chez la jeune fille, peut entraîner une diminution du pic de masse osseuse, ce qui augmente les risques d'apparition de l'ostéoporose à plus long terme (Warren et Perlroth, 2001 ; Khan et coll., 2002 ; Warren et coll., 2002a).

Chez le jeune garçon sportif, on retrouve un effet de sélection en fonction du morphotype, avec un retard de maturation dans les activités gymniques et

une avance pubertaire en natation (Baxter-Jones et coll., 1995 ; Damsgaard et coll., 2001 ; Georgopoulos et coll., 2004). Les cas d'hypogonadisme semblent plus rares chez le garçon et le retard de maturation squelettique est plus marqué chez les gymnastes féminines que chez les gymnastes masculins (Georgopoulos et coll., 2004). Ces différences pourraient notamment s'expliquer par une meilleure adéquation entre apports et dépenses énergétiques chez le garçon que chez la fille (Daly et coll., 2000).

Les interactions entre profil hormonal et minéralisation osseuse ont été beaucoup moins étudiées chez le garçon que chez la fille, sans doute du fait de l'absence d'un marqueur tel que la ménarche chez le garçon. De faibles valeurs de DMO ont été observées chez l'adulte entraîné en endurance mais aucun lien n'a pu être établi avec le faible taux de testostérone chez ces athlètes (MacDougall et coll., 1992 ; Maïmoun et coll., 2003). Aucune diminution des taux de testostérone et d'IGF-I n'a été relevée chez des garçons pratiquant la gymnastique de 10 à 29 heures par semaine et dont les apports énergétiques étaient normaux (Daly et coll., 2000). Les effets d'un entraînement intensif précoce sur la testostérone – dans le cas d'une balance énergétique négative – méritent cependant d'être analysés, car en stimulant l'apposition périostée, cette hormone favorise l'augmentation des dimensions osseuses chez le garçon et donc la résistance de son squelette (Riggs et coll., 2002).

Il est fréquent d'observer une croissance tardive (*timing*) et lente (*tempo*) chez les jeunes sportifs dans les activités où la petite taille est un facteur de réussite, comme la gymnastique (Baxter-Jones et Maffulli, 2002 ; Baxter-Jones et coll., 2003) ou bien dans les activités où la prise de poids affecte la performance (d'un point de vue énergétique et/ou esthétique) : course à pied, ski de fond, patinage artistique (Skierska, 1998). Inversement, les jeunes sportifs qui sont en avance pubertaire réussissent dans les sports qui favorisent les individus de grande taille, comme la natation (Skierska, 1998 ; Damsgaard et coll., 2001).

Dans les disciplines à dominante esthétique (gymnastique, danse, patinage artistique) ou les disciplines d'endurance (course à pied, cyclisme), qui sont toutes caractérisées par un volume d'entraînement important, les jeunes sportives constituent une population à risque de pathologies ostéopéniques (Pigeon et coll., 1997 ; Warren et coll., 2002a ; Georgopoulos et coll., 2004). Les effets négatifs des perturbations hormonales sur la minéralisation osseuse peuvent être compensés, sur les sites osseux porteurs, par les impacts dus à l'activité. C'est le cas de la gymnastique (Robinson et coll., 1995 ; Markou et coll., 2004 ; Maïmoun, 2005) mais pas des sports où le poids du corps est porté (cyclisme).

Il semble que la réponse physiologique de l'organisme à l'entraînement intensif soit très variable selon les individus (Daly et coll., 2002). Dans ces conditions, le suivi régulier des jeunes sportifs est recommandé (Bass

et coll., 2002b ; Daly et coll., 2002), en particulier en ce qui concerne les apports énergétiques dans le cadre de la prévention de la triade de l'athlète féminine (*Medical Commission of the International Olympique and Committee*, 2006).

Pratique physique et risque fracturaire de l'enfant

Le rôle préventif d'une pratique physique durant l'enfance sur le risque de fracture est difficile à mettre en évidence dans la population générale en raison des difficultés à mener des enquêtes sur de grandes populations. Cependant, une étude de cohorte récente effectuée sur 6 213 enfants âgés de 9,9 ans pendant deux ans (Clark et coll., 2006) a montré une relation inverse entre la masse osseuse et le risque de fracture avec un OR de 1,4 pour le risque de fracture chez les enfants appartenant au tercile le plus faible en densité osseuse mesurée au corps entier. Si l'on considère qu'il existe une relation entre la pratique physique et la densité de l'os, on peut attribuer en partie cet effet protecteur à la pratique. Un résultat similaire a été observé sur l'humérus (OR=1,6) lors de l'étude de la densité volumique.

Une analyse transversale concernant 5 461 jeunes filles âgées de 11 à 17 ans (*Growing Up Today Study*) (Loud et coll., 2005) a montré que, parmi les 2,7 % de sujets ayant une histoire de fracture de stress, les filles qui participaient à des activités plus de 16 h par semaine avaient davantage (OR=1,88) de fractures que celles qui s'entraînaient au plus 4 h par semaine. Par ailleurs, ces mêmes sujets avaient une probabilité plus grande (4,8 % *versus* 2,8 %) de présenter des désordres alimentaires et ces désordres étaient liés à la fracture de fatigue (OR=1,33). Chaque heure d'activité à impact pratiquée au-delà de 4 h par semaine augmentait significativement le risque de fracture (OR=1,5). La pratique intensive lorsqu'elle est associée à des désordres alimentaires augmente le risque de fracture de stress spécialement chez les adolescents.

Relation entre pratique physique durant l'enfance et capital osseux durant la vie adulte

Les premières études concernant l'intérêt de la pratique physique durant l'enfance étaient de type rétrospectif et associaient une plus grande densité osseuse à la quantité d'activité physique pratiquée durant l'enfance (McCulloch et coll., 1990). Il a été montré que le gain osseux qui persistait à l'âge adulte était lié à l'âge de début de pratique (Kontulainen et coll., 2002), aux caractéristiques de l'activité ainsi qu'à la durée de l'entraînement (Modlesky et Lewis, 2002). L'arrêt de l'activité n'entraînait pas la perte de ce gain (Kudlac et coll., 2004 ; Zanker et coll., 2004).

Certains auteurs ont cependant montré l'intérêt de maintenir l'activité pour potentialiser le bénéfice (van Langendonck et coll., 2003b).

On peut aborder ici l'intérêt, pour la jeune femme, de pratiquer un exercice physique avant et pendant la gestation. En effet, il a été montré l'existence d'une ostéoporose gravidique (Smith et coll., 1985 et 1995 ; Smith et Phillips, 1998 ; Kaur et coll., 2003a et b ; Kabi et coll., 2006). La densité osseuse diminue pendant la période de gestation au niveau de la colonne lombaire et de la hanche (Pearson et coll., 2004). Ceci semble être une pathologie rare mais qui peut aboutir à des complications fracturaires (Sarikaya et coll., 2004).

Effet préventif de l'activité physique sur le risque fracturaire de l'adulte

Les méta-analyses de Kelley et coll. (2000, 2001 et 2002) ont montré que l'exercice physique peut maintenir voire améliorer la densité osseuse chez l'homme et qu'il fallait conseiller des pratiques variées pour préserver la masse osseuse chez les femmes âgées. Cependant, il existe un minimum d'intensité pour rendre la pratique physique efficace, la marche semblant peu efficace par rapport à des activités en force ou résistance (Kerr et coll., 1996 ; Cussler et coll., 2003).

Par ailleurs, l'activité à base de sauts semble moins efficace pour maintenir la masse osseuse chez la personne âgée que chez le jeune et un même programme d'entraînement en saut qui améliore la densité chez les femmes non ménopausées n'est efficace chez les femmes ménopausées que s'il est accompagné d'un traitement hormonal de substitution (THS) (Bassey et coll., 1998).

Concernant l'effet de la pratique sur le risque fracturaire chez l'adulte, Sinaki et coll. (2002) ont montré que chez des femmes ménopausées deux années de renforcement musculaire dorsal entraînaient une chute de la prévalence des fractures vertébrales, qui passe de 4,3 à 1,6 % et reste significative 8 ans après l'arrêt de l'entraînement. Le bilan de la *Finnish Twin Cohort* a mis en évidence un risque relatif de fracture de hanche plus faible de 60 % chez des hommes vigoureusement actifs comparés à leurs pairs moins actifs (Kujala et coll., 2000) et la *Nurses' Health Study* a démontré une réduction du risque relatif de fracture de hanche chez la femme ménopausée de 6 % pour une intensité d'exercice de 3 MET.h-1, ce qui correspond à 1 h de marche par semaine. La diminution du risque atteint 41 % pour une marche de 4 h et plus par semaine (Feskanich et coll., 2002).

Enfin, l'effet de l'activité physique sur la réduction des fractures ostéoporotiques reste discutable, la présence d'un THS associé semblant une condition nécessaire pour mettre en évidence une réduction des fractures (Kohrt et coll., 1995 et 1998).

Mécanismes d'action des contraintes mécaniques sur le tissu osseux

Les mécanismes par lesquels une charge agit sur le tissu osseux, dans son ensemble, et sur les ostéoblastes, en particulier, sont encore mal connus, et beaucoup d'hypothèses sont en concurrence. La contrainte entraîne des modifications de l'environnement mécanique cellulaire, la cellule adaptant sa réponse en fonction des changements perçus dans le cadre d'interactions cellules-cellules, cellules-matrice...

L'adaptation osseuse aux variations de contraintes a été conceptualisée par Frost (Frost, 1987 ; Frost et coll., 1998) sous la forme d'un « mécanostat » grâce auquel l'os adapte son niveau de modelage (ou de remodelage) lorsqu'il perçoit un changement de régime de contraintes. Cette adaptation est encadrée par des seuils correspondant à des niveaux de stress mécaniques en-deçà et au-delà desquels le changement de régime a un effet nul ou délétère sur la masse osseuse.

Théorie du « mécanostat » de Frost

Cette théorie nécessite la présence de récepteurs sensibles aux variations de contraintes. Les contraintes mécaniques appliquées sur l'os engendrent des réponses biochimiques site-spécifiques. Les modifications du fonctionnement cellulaire ainsi provoquées entraîneraient des adaptations de forme et de structure de l'os. À partir de cette théorie, il détermine les applications sur l'étiologie de l'ostéopénie ou de l'ostéoporose.

Dans son modèle, Frost a distingué différentes « fenêtres », correspondant à différents niveaux de déformation osseuse (figure 11.2). La déformation est exprimée en microdéformations (microstrains ou $\mu\epsilon$), 1 000 $\mu\epsilon$ correspondant à une modification de la longueur de l'os de 0,10 %.

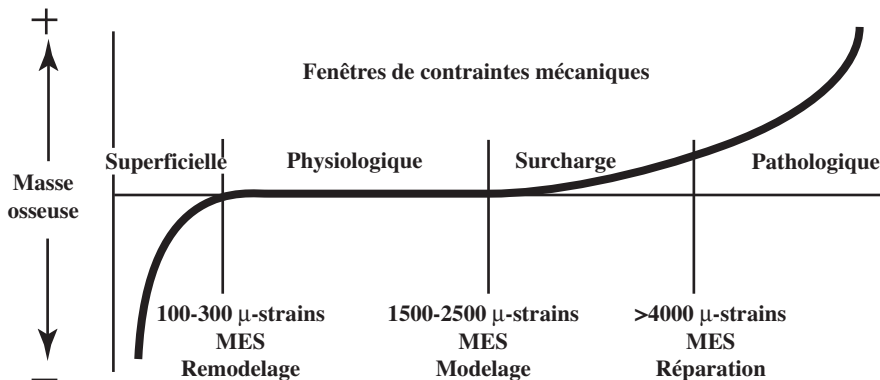


Figure 11.2 : Fenêtres de contraintes mécaniques définies par la théorie du mécanostat de Frost (d'après Forwood et Turner, 1995)

Ce mécanostat serait en position « *off* » lorsque les stimuli mécaniques sont d'ordre physiologique. Il existe alors un équilibre entre la formation et la résorption osseuse, le remodelage tend à conserver la masse osseuse. Il serait en position « *on* » quand les sollicitations mécaniques sont en dehors de la fenêtre physiologique (Ehrlich et Lanyon, 2002). Le remodelage est fortement activé en cas de contraintes trop faibles ou trop fortes de manière à ajuster la masse osseuse aux sollicitations mécaniques. L'application de contraintes mécaniques induisant un certain seuil de déformation entraîne une augmentation de la masse osseuse. Si ces contraintes sont de nouveau appliquées sur la structure osseuse, devenue plus solide, elles induiront une déformation plus faible et donc une réponse osseuse plus faible. Inversement, si les contraintes mécaniques diminuent, la masse osseuse diminuera elle aussi pour s'adapter au nouvel environnement mécanique. Pour Frost, le seuil du remodelage se situe environ à 1 500-2 500 $\mu\epsilon$. Ce seuil est aussi appelé « *minimum effective strain* ». Le seuil du remodelage est beaucoup plus faible (100-300 $\mu\epsilon$). Pour information, l'os risquerait de se fracturer pour des contraintes atteignant 25 000 $\mu\epsilon$ (Frost, 1987).

Forces mécaniques

Le (re)modelage adaptatif est une réponse structurale influencée par la distribution des forces dynamiques sur un volume osseux. Ces forces peuvent être produites par étirement, compression, torsion et cisaillement. L'effet de ces forces sur les tissus implique des mouvements de fluides et l'association de ces forces induit une déformation au sein du tissu osseux. *In vivo*, les premières expériences qui ont mesuré la déformation sur des os longs, montrent que celle-ci varie de 2 à 3 000 $\mu\epsilon$ (Rubin et Lanyon, 1982 ; Biewener et Taylor, 1986).

L'os est influencé par l'amplitude de la charge, la fréquence d'application, la distribution des déformations au sein de l'os et le nombre de cycles appliqués par jour (Lanyon, 1996). Les contraintes statiques n'ont que peu d'effets sur l'accrétion minérale osseuse. En revanche, les contraintes dynamiques provoquent des adaptations de l'os (Lanyon, 1996).

Rubin et Lanyon (1987) ont montré qu'une série de stimulations mécaniques durant une seule minute par jour était suffisante pour prévenir la perte osseuse cubitale, tant que la fréquence efficace était appliquée. Cela suggère que c'est la fréquence de la charge et non la valeur absolue de cette charge qui est l'une des variables mécaniques les plus importantes dans les adaptations osseuses (Rubin et McLeod, 1994 ; Turner et coll., 1994). Dans tous les phénomènes décrits comme pouvant intervenir dans la perception du signal, la fréquence du signal mécanique représente un élément important dans la réponse cellulaire (Fischer et coll., 1986) régulant le nombre d'événements mécaniques et leur amplitude dans le tissu trabéculaire (Barkhausen et coll., 2003).

L'amplitude du signal semble avoir une importance également sur la réponse cellulaire (Tanaka et coll., 2003a). Les études relativement récentes mettent cependant en évidence que ni la fréquence du mouvement, ni son amplitude, ne modulent la réponse à la contrainte, mais c'est le régime mécanique lui-même (dans toutes ces composantes définies par la forme du signal, l'amplitude, la fréquence), qui influence les activités cellulaires (Rubin et coll., 2001 ; Tanaka et coll., 2003a) et l'adaptation tissulaire (Rubin et coll., 2002 ; Tanaka et coll., 2003b). En effet, une stimulation mécanique entraîne une réponse tissulaire plus importante à basse amplitude et haute fréquence qu'à base fréquence et haute amplitude (l'application d'un signal à haute fréquence et haute amplitude étant impossible).

Rubin et McLeod (1994) ont montré que des stimuli mécaniques de faible amplitude sont capables de maintenir la masse osseuse à 1 Hz et peuvent induire une ostéogenèse à 20 Hz. Il en est de même pour Turner et coll. (1994) qui ont montré qu'une ostéogenèse peut être induite dans le tibia de rat seulement si la fréquence est supérieure à 0,2 Hz. Entre 0,2 et 2 Hz, la formation osseuse est proportionnelle à la fréquence d'application de la force de tension (Turner et Burr, 1993). De plus, il a été montré que l'amplitude des potentiels électriques générés par les flux induits par le stress mécanique est, elle aussi, directement proportionnelle à la fréquence d'application de la force (Otter et coll., 1992).

Ces théories impliquent donc que la contrainte mécanique agit sur les cellules et le tissu par d'autres phénomènes qu'une déformation directe du substrat et/ou de la surface cellulaire.

Mécanotransduction et mécanismes cellulaires

La déformation osseuse induite par les contraintes mécaniques crée des mouvements de liquides dans les espaces interstitiels (Forwood et Turner, 1995 ; Burr et coll., 2002). Ces flux liquidiens traversent la membrane des ostéocytes et créent ainsi une contrainte (*fluid shear stress*) à l'intérieur des cellules (figure 11.3). Si cette contrainte est suffisamment forte et rapide, elle déclenche une réponse cellulaire. Les ostéocytes fonctionneraient ainsi comme des jauges de contraintes (Huiskes et coll., 2000). En réponse aux gradients de flux liquidiens, ils libéreraient des messagers biochimiques tels les prostaglandines (Ehrlich et Lanyon, 2002). Ces messagers envoient des signaux qui se dissipent jusqu'à la surface de l'os où a lieu le recrutement des ostéoblastes. La nature du signal est encore peu connue mais il pourrait s'agir de courants électriques et/ou de transports ioniques (Huiskes et coll., 2000), provoqués par la vitesse de circulation des courants liquidiens intracaniculaires (Mosley et Lanyon, 1998). On parle de mécanotransduction car le signal mécanique (déformation de l'os) est transformé en message chimique.

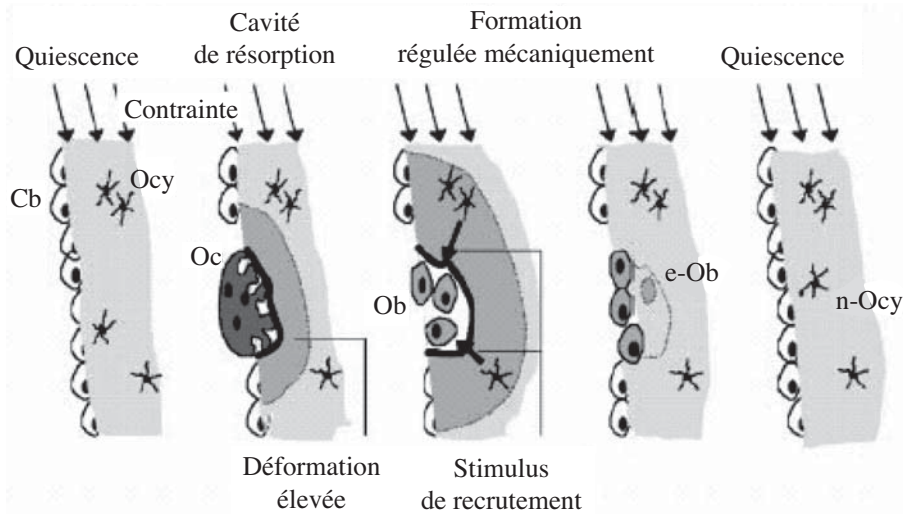


Figure 11.3 : Turnover osseux (d'après Huiskes et coll., 2000)

Cb : cellules bordantes ; Ocy : ostéocytes ; Oc : ostéoclastes ; Ob : ostéoblastes ; e-Ob : matrice de l'os ; n-Ocy : nouveaux ostéocytes

Cette transformation du signal inclut quatre étapes :

- le couplage mécanique ou mécano couplage, la transformation de la force mécanique appliquée à l'os en un signal mécanique local perçu par une cellule cible ;
- le couplage biochimique, traduction du signal mécanique local en un signal biochimique et, finalement, soit en expression génique soit en activation protéique ;
- la transmission du signal de la cellule cible à la cellule effectrice, c'est-à-dire la cellule qui va réellement former ou résorber le tissu osseux ;
- la réponse des cellules effectrices, réponse appropriée au niveau tissulaire.

La réponse cellulaire au signal dépend du type de force exercé mais aussi de la phase de la réponse (précoce et tardive). La réponse précoce fait intervenir au niveau des ostéoblastes des canaux membranaires activés ou inactivés par l'étirement. Ces canaux ioniques sont, en fait, des protéines transmembranaires facilitant le transport des ions à travers la membrane plasmique et celles des organites intracellulaires. Lanyon (1993) a suggéré que les ostéoblastes, les ostéocytes et les lignées cellulaires osseuses, du fait de leurs nombreuses connexions, peuvent être morphologiquement sensibles aux variations mécaniques. *In vitro*, la technique de *patch-clamp* a permis de mettre en évidence différents canaux ioniques sur les cellules osseuses. La plupart sont voltage-dépendants (Ravesloot et coll., 1989), mais certains sont sensibles à l'étirement membranaire (Duncan et Mislér, 1989) et répondent à une sollicitation mécanique (Duncan et Hruska, 1994). De fait,

les propriétés électriques et mécaniques de la membrane cellulaire peuvent sans doute contrôler l'activité des cellules osseuses (Ypey et coll., 1992).

Les intégrines, récepteurs de la matrice extracellulaire et le cytosquelette dont certains éléments comme l'actine sont connectés aux intégrines, participent aussi à la mécano-transduction ostéoblastique (Ajubi et coll., 1996 ; Pavalko et coll., 1998). Ces molécules associées à l'actine et à la phosphokinase C (PKC) sont nécessaires à la fois à l'hyperpolarisation et à la dépolarisation consécutives à la stimulation mécanique (Salter et coll., 1997). La prolifération cellulaire consécutive à la stimulation mécanique ferait aussi intervenir les récepteurs aux œstrogènes. En effet, l'utilisation du tamoxifène (antagoniste de l'œstradiol) élimine la prolifération ostéoblastique mécano-dépendante d'os de rat (Damien et coll., 1998). Enfin, le monoxyde d'azote (NO) et la NO synthase produits par les ostéoblastes pourraient également intervenir dans cette régulation comme ils le font au niveau vasculaire (Riancho et Mundy, 1995).

In vivo, les ostéocytes, en contact avec les ostéoblastes des canaux de Havers, semblent participer à la transmission des informations concernant les contraintes appliquées à l'os (figure 11.4). Par l'intermédiaire du réseau de leurs prolongements cytoplasmiques et des jonctions (Donahue, 2000), ils peuvent envoyer des messages chimiques aux ostéoblastes et/ou ostéoclastes. Les forces s'exerçant sur l'os pourraient donc provoquer des mouvements du fluide canaliculaire, enregistrés par les ostéocytes, qui y répondraient en libérant des cytokines régulant le métabolisme phosphocalcique (Klein-Nulend et coll., 1995).

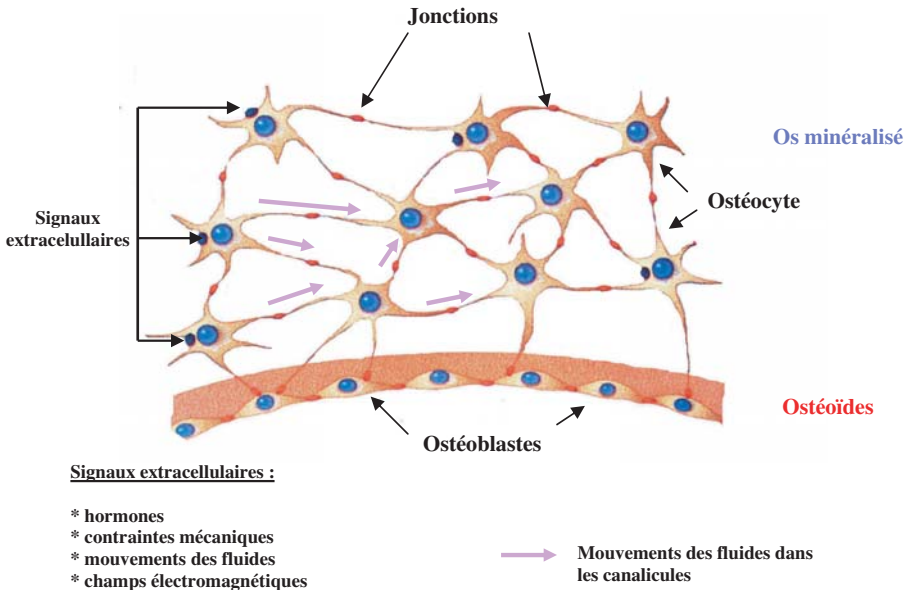


Figure 11.4 : Théorie de la mécano-transduction ostéocytaire

Lors d'une contrainte, le tissu osseux se déforme entraînant des déformations locales. Les gradients de pression que le tissu provoque en se déformant, créent un flux de fluide extracellulaire à travers le réseau ostéocytaire. Les ostéocytes sont de ce fait les premières cellules cibles de la contrainte. Cependant, la contrainte mécanique et les forces de cisaillement ne sont pas les seules conséquences de la déformation. En effet, la déformation crée un effet piézoélectrique et le flux liquidien entraîne la formation de champs électriques appelés « potentiels de flux » (Chakkalakal, 1989). Plusieurs études ont montré que les cellules osseuses répondaient aux contraintes mécaniques (Somjen et coll., 1980), au flux liquidien (Reich et coll., 1990), ainsi qu'aux champs électriques (Korenstein et coll., 1984). Toutefois, dans ces études, la contrainte mécanique appliquée (en terme d'amplitude et de durée), pour activer les cellules osseuses *in vitro*, est 10 à 100 fois supérieure à celle requise *in vivo*, même si cette notion reste controversée (Han et coll., 2004). L'ostéof ormation dépend également de la vitesse de circulation des courants liquidien s intracanaliculaires (Mosley et Lanyon, 1998), qui dépend elle-même de la vitesse de mise en charge de la structure osseuse (Lanyon, 1996 ; Judex et Zernicke, 2000). Chez l'animal, des corrélations ont été rapportées entre l'hypertrophie osseuse et la vitesse maximale de mise en charge (Mosley et Lanyon, 1998).

Les activités physiques caractérisées par des appuis très dynamiques (sports collectifs par exemple) ou des mouvements réalisés à vitesse élevée (frappe au tennis, lancer) sont susceptibles d'être ostéogéniques. Durant ces activités, les modalités des contraintes mécaniques (compression, flexion ou torsion) influencent les caractéristiques du remodelage osseux (Ehrlich et Lanyon, 2002 ; Heinonen et coll., 2002).

La réponse ostéoblastique ou chondrocytaire aux contraintes mécaniques est très variable. Dans la plupart des expérimentations, l'augmentation des contraintes stimule la prolifération des cellules ostéoblastiques issues de cultures primaires et ce quels que soient l'espèce, le type de déformation (biaxiale, multiaxiale), l'amplitude (physiologique ou supra-physiologique) et la fréquence (inférieure ou supérieure à celle de la marche : 1 Hz) (Neidlinger-Wilke et coll., 1995 ; Mikuni-Takagaki et coll., 1996 ; Matsuda et coll., 1998 ; Kaspar et coll., 2000 ; Warren SM et coll., 2003). Une prolifération cellulaire (Buckley et coll., 1988), ainsi qu'une stimulation de la synthèse protéique (Hasegawa et coll., 1985) ou d'ADN (Somjen et coll., 1980) ont été démontrées. D'autres résultats mentionnent, au contraire, une diminution de la prolifération cellulaire (Burger et coll., 1992). Fermor et coll. (1998) montrent que les contraintes mécaniques d'ordre physiologique (4 000 μe , 1 Hz) n'ont pas d'effet sur la prolifération des ostéoblastes humaines.

Selon Carter (1987), la maturation du cartilage pendant l'ossification endochondrale est respectivement accélérée ou ralentie par l'application intermittente de forces d'étirement ou de compression. Les forces mécaniques pourraient donc influencer la morphologie des os longs dès les premiers

stades de croissance endochondrale. Dès que les centres d'ossification se développent, l'application intermittente de forces de compression produite par des cisaillements entre le cartilage calcifié et le non-calcifié et, entre la diaphyse et les épiphyses favorise la croissance. L'accélération de l'ostéogénèse dans les zones de cisaillement et la synthèse accrue de protéoglycanes dans les parties comprimées sont en accord avec la théorie de Wong et Carter (1990).

Mécanismes d'un faible stimulus mécanique

Les données récentes sur les vibrations qui accompagnent les contraintes mécaniques ont modifié la théorie du mécanostat. Ces vibrations pourraient expliquer la réponse d'un système à des signaux mécaniques faibles. Étant donné que des signaux de faible intensité influencent la réponse cellulaire et l'adaptation tissulaire, la théorie du mécanostat de Frost doit être modulée (David et coll., 2003).

Le signal mécanique engendre des vibrations au niveau du substrat et de la surface cellulaire. Au moins deux théories se confrontent quant à la suite des phénomènes :

- soit le faible signal basal est amplifié par le bruit de fond, engendrant un signal secondaire capable de stimuler la cellule ;
- soit les vibrations cellulaires induites par le signal basal entraînent une résonance harmonique directe du cytosquelette.

Les deux théories font appel à la résonance harmonique, la première théorie étant connue sous le nom « résonance stochastique ».

La résonance stochastique est un effet non linéaire qui consiste en la possibilité d'améliorer la transmission d'un signal utile, au moyen d'une augmentation du bruit de fond dans le système. Cette théorie (Kamioka et coll., 2004) implique l'existence et l'importance de signaux mécaniques aléatoires, associés au signal proprement dit. En effet, la forme d'onde des vibrations n'a pas toujours une structure aussi simple que celle des vibrations fondamentales et des vibrations harmoniques.

La résonance harmonique directe du cytosquelette peut expliquer la réponse à un signal mécanique de faible intensité, pourvu que ce signal puisse entraîner directement ou indirectement la résonance du cytosquelette. En effet, la structure des cellules dépend de différents éléments du cytosquelette (microfilaments, microtubules) mais aussi des forces extérieures qui s'exercent sur la cellule. Les réseaux du cytosquelette pourraient fonctionner comme des oscillateurs harmoniques couplés, capables de vibrer à l'unisson avec des fréquences caractéristiques.

Les deux théories précédentes peuvent cependant co-exister si l'on suppose l'existence d'un environnement vibratoire basal important que les cellules

osseuses puissent détecter. En effet, à l'état basal, le fonctionnement cellulaire est assuré dans un environnement vibratoire défini d'une part par les signaux que les cellules et les tissus s'échangent en continu, et d'autre part par les signaux extérieurs s'exerçant sur le substrat et les cellules. Un signal extérieur au système considéré (tapis cellulaire, tissu, organe, organisme), ainsi qu'un dysfonctionnement cellulaire peuvent entraîner une perte de cohérence des phénomènes de résonance. Les cellules détectent la stimulation en tant que perturbation de cette « symphonie », et répondent en conséquence. Évidemment, d'aucuns prétendent que les cellules ont « l'oreille musicale », cependant cette « partition » peut-être retranscrite sous forme de différents niveaux énergétiques, que la cellule est capable d'amplifier. En effet, on peut imaginer que le réarrangement cytosquelettique qui intervient tout au long du cycle cellulaire soit en rapport avec cette perturbation. Les mêmes signaux appliqués sur le même type cellulaire peuvent entraîner des réponses différentes, selon le stade de détermination (la cellule osseuse est déterminée à partir d'un précurseur – ostéoprogéniteur – d'origine hématopoïétique ou mésenchymateuse) dans lequel se trouve la cellule (Han et coll., 2004), le cytosquelette permettant d'amplifier des signaux extrêmement faibles. Par ailleurs, des études assez récentes (You et coll., 2000) remettent notamment en cause l'hypothèse d'une influence majeure des forces de cisaillement dues aux mouvements liquidiens sur les ostéocytes (You et coll., 2001). L'hypothèse plus probable est que le mécanisme d'excitation entraîne une amplification du signal par l'interaction matrice-cytosquelette.

En conclusion, l'activité physique, lorsqu'elle induit des contraintes mécaniques sur le squelette, exerce des effets positifs sur la minéralisation osseuse pendant la croissance. La définition d'un exercice ostéogénique suit cinq principes : la surcharge, la spécificité, la réversibilité, l'influence du capital de départ et l'entraînabilité. Le principe de surcharge précise que les contraintes doivent être d'une amplitude supérieure aux contraintes subies habituellement par le squelette (>3 G). La variété des contraintes est également un facteur déterminant, qu'elle concerne les sites osseux sur lesquels les forces s'appliquent (principe de spécificité) ou bien la direction de ces mêmes forces. Le principe de réversibilité fait référence à la perte du bénéfice osseux en cas d'arrêt de l'exercice. Ce principe s'appliquerait principalement aux bénéfices osseux obtenus à l'âge adulte, et beaucoup moins à ceux obtenus durant l'enfance.

Une pratique sportive multi-activités doit être encouragée dès l'enfance, et poursuivie tout au long de la vie afin de maximaliser puis de maintenir le capital osseux. La spécialisation précoce du jeune sportif doit faire l'objet d'une attention particulière, notamment dans les sports qui combinent un volume d'entraînement élevé (>20 h par semaine) et une restriction énergétique excessive.

Les mécanismes d'action des contraintes sur le tissu osseux sont nombreux et complexes. Certains restent encore mal expliqués et leur interaction avec des mécanismes hormonaux restent encore à préciser. Ceux-ci permettent néanmoins de comprendre les effets des contraintes diverses et variées engendrées par l'activité physique sur le squelette.

BIBLIOGRAPHIE

ACKLAND T, ELLIOTT B, RICHARDS J. Growth in body size affects rotational performance in women's gymnastics. *Sports Biomech* 2003, **2** : 163-176

AJUBI NE, KLEIN-NULEND J, NIJWEIDE PJ, VRIJHEID-LAMMERS T, ALBLAS MJ, BURGER EH. Pulsating fluid flow increases prostaglandin production by cultured chicken osteocytes--a cytoskeleton-dependent process. *Biochem Biophys Res Commun* 1996, **225** : 62-68

AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS, COMMITTEE ON SPORTS MEDICINE AND FITNESS. Intensive training and sports specialization in young athletes. *Pediatrics* 2000, **106** : 154-157

ARISAKA O, HOSHI M, KANAZAWA S, NUMATA M, NAKAJIMA D, et coll. Effect of adrenal androgen and estrogen on bone maturation and bone mineral density. *Metabolism* 2001, **50** : 377-379

BAILEY DA, MCKAY HA, MIRWALD RL, CROCKER PR, FAULKNER RA. A six-year longitudinal study of the relationship of physical activity to bone mineral accrual in growing children: the university of Saskatchewan bone mineral accrual study. *J Bone Miner Res* 1999, **14** : 1672-1679

BARKHAUSEN T, VAN GRIENSVEN M, ZEICHEN J, BOSCH U. Modulation of cell functions of human tendon fibroblasts by different repetitive cyclic mechanical stress patterns. *Exp Toxicol Pathol* 2003, **55** : 153-158

BASS SL. The prepubertal years: a uniquely opportune stage of growth when the skeleton is most responsive to exercise? *Sports Med* 2000, **30** : 73-78

BASS S, PEARCE G, BRADNEY M, HENDRICH E, DELMAS PD, et coll. Exercise before puberty may confer residual benefits in bone density in adulthood: studies in active prepubertal and retired female gymnasts. *J Bone Miner Res* 1998, **13** : 500-507

BASS S, BRADNEY M, PEARCE G, HENDRICH E, INGE K, et coll. Short stature and delayed puberty in gymnasts: influence of selection bias on leg length and the duration of training on trunk length. *J Pediatr* 2000, **136** : 149-155

BASS SL, SAXON L, DALY RM, TURNER CH, ROBLING AG, et coll. The effect of mechanical loading on the size and shape of bone in pre-, peri-, and postpubertal girls: a study in tennis players. *J Bone Miner Res* 2002a, **17** : 2274-2280

BASS S, DALY R, CAINE D. Intense training in elite female athletes: evidence of reduced growth and delayed maturation? *Br J Sports Med* 2002b, **36** : 310

BASS SL, ESER P, DALY R. The effect of exercise and nutrition on the mechanostat. *J Musculoskelet Neuronal Interact* 2005, **5** : 239-254

BASSETT JHD, WILLIAMS GR. The molecular actions of thyroid hormone in bone. *Trends Endocrinol Metab* 2003, **4** : 356-364

BASSEY EJ, ROTHWELL MC, LITTLEWOOD JJ, PYE DW. Pre- and postmenopausal women have different bone mineral density responses to the same high-impact exercise. *J Bone Miner Res* 1998, **13** : 1805-1813

BAXTER-JONES AD, MAFFULLI N. Intensive training in elite young female athletes. *Br J Sports Med* 2002, **36** : 13-15

BAXTER-JONES AD, HELMS P, MAFFULLI N, BAINES-PREECE JC, PREECE M. Growth and development of male gymnasts, swimmers, soccer and tennis players: a longitudinal study. *Ann Hum Biol* 1995, **22** : 381-394

BAXTER-JONES ADG, MAFFULLI N, MIRWALD RL. Does elite competition inhibit growth and delay maturation in some gymnasts? Probably not. *Pediatr Ex Sci* 2003, **15** : 373-382

BECK BR, SNOW CM. Bone health across the lifespan - Exercising our options. *Exerc Sport Sci Rev* 2003, **31** : 117-122

BEUNEN G, MALINA RM, BAXTER-JONES A. Letter to the Editor: Blunted growth velocity in female artistic gymnasts. *Med Sci Sports Exerc* 2006, **38** : 605

BIEWENER AA, TAYLOR CR. Bone strain: a determinant of gait and speed? *J Exp Biol* 1986, **123** : 383-400

BLANCHET C, GIGUÈRE Y, PRUD'HOMME D, DUMONT M, ROUSSEAU F, DODIN S. Association of physical activity and bone: influence of vitamin D receptor genotype. *Med Sci Sports Exerc* 2002, **34** : 24-31

BLIMKIE CJR, HÖGLER W. Muscle-bone mutualism, mechanical loading and the mechanostat theory: a pediatric perspective. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto* 2003, **3** : 22-25

BLIMKIE CJ, LEFEVRE J, BEUNEN GP, RENSON R, DEQUEKER J, VAN DAMME P. Fractures, physical activity, and growth velocity in adolescent Belgian boys. *Med Sci Sports Exerc* 1993, **25** : 801-808

BLIMKIE CJR, RICE S, WEBBER CE, MARTIN J, LEVY D, GORDON CL. Effects of resistance training on bone mineral content and density in adolescent females. *Can J Physiol Pharmacol* 1996, **74** : 1025-1033

BONJOUR JP, THEINTZ G, BUCHS B, SLOSMAN D, RIZZOLI R. Critical years and stages of puberty for spinal and femoral bone mass accumulation during adolescence. *J Clin Endocrinol Metab* 1991, **73** : 555-563

BONJOUR JP, CARRIE AL, FERRARI S, CLAVIEN H, SLOSMAN D, et coll. Calcium-enriched foods and bone mass growth in prepubertal girls: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *J Clin Invest* 1997, **99** : 1287-1294

BONJOUR JP, FERRARI S, SLOSMAN D, RIZZOLI R. Calcium and bone growth. In: Nutrition and bone development. BONJOUR JP, TSANG RC (eds.) Philadelphia: Lippincott-Raven, 1999 : 189-197

BOOT AM, DE RIDDER MA, POLS HA, KRENNING EP, DE MUINCK KEIZER-SCHRAMA SM. Bone mineral density in children and adolescents: relation to puberty, calcium intake, and physical activity. *J Clin Endocrinol Metab* 1997, **82** : 57-62

BRADNEY M, PEARCE G, NAUGHTON G, SULLIVAN C, BASS S, et coll. Moderate exercise during growth in prepubertal boys: changes in bone mass, size, volumetric density, and bone strength: a controlled prospective study. *J Bone Miner Res* 1998, **13** : 1814-1821

BUCKLEY MJ, BANES AJ, LEVIN LG, SUMPIO BE, SATO M, et coll. Osteoblasts increase their rate of division and align in response to cyclic, mechanical tension in vitro. *Bone Miner* 1988, **4** : 225-236

BURGER EH, KLEIN-NULEND J, VELDHUIJZEN JP. Mechanical stress and osteogenesis in vitro. *J Bone Miner Res* 1992, **7** (suppl 2) : S397-S401

BURR DB. Muscle strength, bone mass, and age-related bone loss. *J Bone Miner Res* 1997, **12** : 1547-1553

BURR DB, ROBLING AG, TURNER CH. Effects of biomechanical stress on bones in animals. *Bone* 2002, **30** : 781-786

BUSKIRK ER, ANDERSEN KL, BROZEK J. Unilateral activity and bone and muscle development in the forearm. *The Research Quarterly* 1956, **27** : 127-131

CAINE D, LEWIS R, O'CONNOR P, HOWE W, BASS S. Does gymnastics training inhibit growth of females? *Clin J Sport Med* 2001, **11** : 260-270

CAINE D, BASS SL, DALY R. Does elite competition inhibit growth and delay maturation in some gymnasts? Quite possibly. *Pediatr Exerc Sci* 2003, **15**

CAMERON MA, PATON LM, NOWSON CA, MARGERISON C, FRAME M, WARK JD. The effect of calcium supplementation on bone density in premenarcheal females: A twin approach. *J Clin Endocrinol Metab* 2004, **89** : 4916-4922

CANALIS E. Regulation of bone remodeling. In : Primer on the metabolic bone diseases and disorders of mineral metabolism. FAVUS MJ (ed.) Lippincott - Raven, Philadelphia, New York, 1996

CARTER DR. Mechanical loading history and skeletal biology. *J Biomech* 1987, **20** : 1095-1109

CARTER DR, VAN DER MEULEN MC, BEAUPRE GS. Mechanical factors in bone growth and development. *Bone* 1996, **18** : 5S-10S

CASELL C, BENEDICT M, SPECKER B. Bone mineral density in elite 7- to 9-yr-old female gymnasts and swimmers. *Med Sci Sports Exerc* 1996, **28** : 1243-1246

CHAKKALAKAL D. Mechanoelectric transduction in bone. *J Mater Res* 1989, **4** : 1034-1046

CHEVALLEY T, RIZZOLI R, HANS D, FERRARI S, BONJOUR JP. Interaction between calcium intake and menarcheal age on bone mass gain: an 8-year follow-up study from pre-puberty to post-menarche. *J Clin Endocrinol Metab* 2005, **90** : 44-51

CLAESSENS AL, MALINA RM, LEFEVRE J, BEUNEN G, STIJNEN V, et coll. Growth and menarcheal status of elite female gymnasts. *Med Sci Sports Exerc* 1992, **24** : 755-763

CLAESSENS AL, LEFEVRE J, BEUNEN GP, MALINA RM. Maturity-associated variation in the body proportions of elite female gymnasts 14-17 years of age. *Eur J Pediatr* 2006, **165** : 186-192

CLARK EM, NESS AR, BISHOP NJ, TOBIAS JH. Association between bone mass and fractures in children: a prospective cohort study. *J Bone Miner Res* 2006, **21** : 1489-1495

COMMISSION MÉDICALE DU COMITÉ INTERNATIONAL ET OLYMPIQUE. Déclaration de consensus sur l'entraînement au sport d'élite chez l'enfant. 2005 : 1-3 (Site internet : <http://www.olympic.org/fr/organisation/commissions/medical/>)

CONSTANTINI NW, BRAUTBER C, MANNY N, ISH-SHALOM S. Differences in growth and maturation in twin athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1997, **29** : S150

COURTEIX D, LESPESSAILLES E, PERES SL, OBERT P, GERMAIN P, BENHAMOU CL. Effect of physical training on bone mineral density in prepubertal girls: a comparative study between impact-loading and non-impact-loading sports. *Osteoporos Int* 1998, **8** : 152-158

COURTEIX D, LESPESSAILLES E, OBERT P, BENHAMOU CL. Skull bone mass deficit in prepubertal highly-trained gymnast girls. *Int J Sports Med* 1999a, **20** : 328-333

COURTEIX D, LESPESSAILLES E, JAFFRÉ C, OBERT P, BENHAMOU CL. Bone material acquisition and somatic development in highly trained girl gymnasts. *Acta Paediatr* 1999b, **88** : 803-808

COURTEIX D, JAFFRÉ C, LESPESSAILLES E, BENHAMOU CL. Cumulative effects of calcium supplementation and physical activity on bone accretion in premenarchal children: a double-blind randomised placebo-controlled trial. *Int J Sports Med* 2005, **26** : 332-338

COURTEIX D, RIETH N, THOMAS T, VAN PRAAGH E, BENHAMOU CL, et coll. Preserved bone health in adolescent elite rhythmic gymnasts despite hypoleptinemia. *Horm Res* 2007, **68** : 20-27

COXAM V. Données nouvelles sur la prévention nutritionnelle de l'ostéoporose. *Médecine/Sciences* 2005, **21** : 297-301

CUSSLER EC, LOHMAN TG, GOING SB, HOUTKOOPER LB, METCALFE LL, et coll. Weight lifted in strength training predicts bone change in postmenopausal women. *Med Sci Sports Exerc* 2003, **35** : 10-17

DALY RM, BASS S, CAINE D, HOWE W. Does training affect growth? *Phys Sportsmed* 2002, **30** : 21-29

DALY RM, RICH PA, KLEIN R, BASS SL. Short stature in competitive prepubertal and early pubertal male gymnasts: The result of selection bias or intense training? *J Pediatr* 2000, **137** : 510-516

DALY RM, CAINE D, BASS SL, PIETER W, BROEKHOFF J. Growth of highly versus moderately trained competitive female artistic gymnasts. *Med Sci Sports Exerc* 2005, **37** : 1053-1060

DAMIEN E, PRICE JS, LANYON LE. The estrogen receptor's involvement in osteoblasts' adaptive response to mechanical strain. *J Bone Miner Res* 1998, **13** : 1275-1282

DAMSGAARD R, BENCKE J, MATTHIESEN G, PETERSEN JH, MÜLLER J. Body proportions, body composition and pubertal development of children in competitive sports. *Scand J Med Sci Sports* 2001, **11** : 54-60

DAVID V, LAROCHE N, BOUDIGNON B, LAFAGE-PROUST MH, ALEXANDRE C, RUEGSEGGER P, VICO L. Noninvasive in vivo monitoring of bone architecture alterations in hindlimb-unloaded female rats using novel three-dimensional microcomputed tomography. *J Bone Miner Res* 2003, **18** : 1622-1631

DAVID V, VICO L, LAFAGE-PROUST M-H. Existe-t-il un mécanostat osseux? In : Os, activité physique et ostéoporose. HÉRISSON C, FARDELLONE P (eds). Masson, Paris, 2005 : 10-33

DAWSON-HUGHES B, HARRIS SS, FINNERAN S. Calcium absorption on high and low Ca intakes in relation to vitamin D receptor genotype. *J Clin Endocrinol Metab* 1995, **80** : 3657-3661

DONAHUE HJ. Gap junctions and biophysical regulation of bone cell differentiation. *Bone* 2000, **26** : 417-422

DUCHER G, COURTEIX D, MÊME S, MAGNI C, VIALA JF, BENHAMOU CL. Bone geometry in response to long-term tennis playing and its relationship with muscle volume : A quantitative magnetic resonance imaging study in tennis players. *Bone* 2005, **37** : 457-466

DUNCAN R, MISLER S. Voltage-activated and stretch-activated Ba²⁺ conducting channels in an osteoblast-like cell line (UMR 106). *FEBS Lett* 1989, **251** : 17-21

DUNCAN RL, HRUSKA KA. Chronic, intermittent loading alters mechanosensitive channel characteristics in osteoblast-like cells. *Am J Physiol* 1994, **267** : F909-916

DUNCAN CS, BLIMKIE CJ, KEMP A, HIGGS W, COWELL CT, et coll. Mid-femur geometry and biomechanical properties in 15- to 18-yr-old female athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2002, **34** : 673-681

DYSON K, BLIMKIE CJ, DAVISON KS, WEBBER CE, ADACHI JD. Gymnastic training and bone density in pre-adolescent females. *Med Sci Sports Exerc* 1997, **29** : 443-450

EHRlich PJ, LANYON LE. Mechanical strain and bone cell function: a review. *Osteoporos Int* 2002, **13** : 688-700

ELIAKIM A, BEYTH Y. Exercise training, menstrual irregularities and bone development in children and adolescents. *J Pediatr Adolesc Gynecol* 2003, **16** : 201-206

ELIAKIM A, RAISZ LG, BRASEL JA, COOPER DM. Evidence for increased bone formation following a brief endurance-type training intervention in adolescent males. *J Bone Miner Res* 1997, **12** : 1708-1713

FERMOR B, GUNDLE R, EVANS M, EMERTON M, POCOCK A, MURRAY D. Primary human osteoblast proliferation and prostaglandin E₂ release in response to mechanical strain in vitro. *Bone* 1998, **22** : 637-643

FESKANICH D, WILLETT W, COLDITZ G. Walking and leisure-time activity and risk of hip fracture in postmenopausal women. *Jama* 2002, **288** : 2300-2306

FISCHER RA, ARMS SW, POPE MH, SELIGSON D. Analysis of the effect of using two different strain rates on the acoustic emission in bone. *J Biomech* 1986, **19** : 119-127

FORWOOD MR, TURNER CH. Skeletal adaptations to mechanical usage: results from tibial loading studies in rats. *Bone* 1995, **17** : 197S-205S

FRISCH RE, MCARTHUR JW. Menstrual cycles: fatness as a determinant of minimum weight for height necessary for their maintenance or onset. *Science* 1974, **185** : 949-951

FROST HM. The mechanostat: a proposed pathogenic mechanism of osteoporoses and the bone mass effects of mechanical and nonmechanical agents. *Bone Miner* 1987, **2** : 73-85

FROST HM, FERRETTI JL, JEE WS. Perspectives: some roles of mechanical usage, muscle strength, and the mechanostat in skeletal physiology, disease, and research. *Calcif Tissue Int* 1998, **62** : 1-7

FUCHS RK, SNOW CM. Gains in hip bone mass from high-impact training are maintained: A randomized controlled trial in children. *J Pediatr* 2002, **141** : 357-362

FUCHS RK, BAUER JJ, SNOW CM. Jumping improves hip and lumbar spine bone mass in prepubescent children: a randomized controlled trial. *J Bone Miner Res* 2001, **16** : 148-156

GEORGOPOULOS NA, MARKOU K, THEODOROPOULOU A, PARASKEVOPOULOU P, VARAKI L, et coll. Growth and pubertal development in elite female rhythmic gymnasts. *J Clin Endocrinol Metab* 1999, **84** : 4525-4530

GEORGOPOULOS NA, THEODOROPOULOU A, LEGLISE M, VAGENAKIS AG, MARKOU KB. Growth and skeletal maturation in male and female artistic gymnasts. *J Clin Endocrinol Metab* 2004, **89** : 4377-4362

GINTY F, RENNIE KL, MILLS L, STEAR S, JONES S, PRENTICE A. Positive, site-specific associations between bone mineral status, fitness, and time spent at high-impact activities in 16- to 18-year-old boys. *Bone* 2005, **36** : 101-110

GREENE DA, NAUGHTON GA, BRIODY JN, KEMP A, WOODHEAD H, FARPOUR-LAMBERT N. Bone and muscle geometry in female adolescent middle-distance runners. *Pediatr Ex Sci* 2005, **17** : 377-389

GUÉGUEN L. Calcium. In : Apports nutritionnels conseillés pour la population française. MARTIN A (ed.) Éditions Tec et Doc, Paris, 2001 : 131-140

HAAPASALO H, P KANNUS, H SIEVANEN, M PASANEN, K UUSI-RASI, et coll. Effect of long-term unilateral activity on bone mineral density of female junior tennis players. *J Bone Miner Res* 1998, **13** : 310-319

HAAPASALO H, KONTULAINEN S, SIEVÄNEN H, KANNUS P, JÄRVINEN M, VUORI I. Exercise-induced bone gain is due to enlargement in bone size without a change in volumetric bone density: a peripheral quantitative computed tomography study of the upper arms of male tennis players. *Bone* 2000, **27** : 351-357

HAGINO H, YAMAMOTO K, OHSHIRO H, NOSE T. Increasing incidence of distal radius fractures in Japanese children and adolescents. *J Orthop Sci* 2000, **5** : 356-360

HAN Y, COWIN SC, SCHAFFLER MB, WEINBAUM S. Mechanotransduction and strain amplification in osteocyte cell processes. *Proc Natl Acad Sci USA* 2004, **101** : 16689-16694

HART KJ, SHAW JM, VAJDA E, HEGSTED M, MILLER SC. Swim-trained rats have greater bone mass, density, strength, and dynamics. *J Appl Physiol* 2001, **91** : 1663-1668

HASEGAWA S, SATO S, SAITO S, SUZUKI Y, BRUNETTE DM. Mechanical stretching increases the number of cultured bone cells synthesizing DNA and alters their pattern of protein synthesis. *Calcif Tissue Int* 1985, **37** : 431-436

HEANEY RP, S ABRAMS, B DAWSON-HUGHES, AC LOOKER, R MARCUS, et coll. Peak bone mass. *Osteoporos Int* 2000, **11** : 885-1009

HEINONEN A, SIEVÄNEN H, KANNUS P, OJA P, PASANEN M, VUORI I. High-impact exercise and bones of growing girls: a 9-month controlled trial. *Osteoporos Int* 2000, **11** : 1010-1017

HEINONEN A, SIEVANEN H, KANNUS P, OJA P, VUORI I. Site-specific skeletal response to long-term weight-training seems to be attributable to principal loading modality: a pQCT study of female weightlifters. *Calcif Tissue Int* 2002, **70** : 469-474

HUANG TH, LIN SC, CHANG FL, HSIEH SS, LIU SH, YANG RS. Effects of different exercise modes on mineralization, structure, and biomechanical properties of growing bone. *J Appl Physiol* 2003, **95** : 300-307

HUISKES R, RUIJERMAN R, VAN LENTHE GH, JANSSEN JD. Effects of mechanical forces on maintenance and adaptation of form in trabecular bone. *Nature* 2000, **405** : 704-706

ITO M, YAMADA M, HAYASHI K, OHKI M, UETANI M, NAKAMURA T. Relation of early menarche to high bone mineral density. *Calcif Tissue Int* 1995, **57** : 11-14

JAFFRÉ C, COURTEIX D, DINE G, LAC G, DELAMARCHE P, BENHAMOU L. High-impact loading training induces bone hyperresorption activity in young elite female gymnasts. *J Pediatr Endocrinol Metab* 2001, **14** : 75-83

JAHREIS G, KAUF E, FROHNER G. Influence of intensive exercise on insulin-like growth factor 1, thyroid and steroid hormones in female gymnasts. *Growth regul* 1991, **1** : 95-99

JOHNSTON CC, MILLER JRJZ, SLEMENDA CW, REISTER TK, HUI S, et coll. Calcium supplementation and increases in bone mineral density in children. *N Engl J Med* 1992, **327** : 82-87

JUDEX S, ZERNICKE RF. High-impact exercise and growing bone: relation between high strain rates and enhanced bone formation. *J Appl Physiol* 2000, **88** : 2183-2191

KABI F, MKINSI O, ZRIGUI J. Pregnancy-associated osteoporosis. A new case. *Rev Med Interne* 2006, **27** : 558-560

KAMIOKA H, SUGAWARA Y, HONJO T, YAMASHIRO T, TAKANO-YAMAMOTO T. Terminal differentiation of osteoblasts to osteocytes is accompanied by dramatic changes in the distribution of actin-binding proteins. *J Bone Miner Res* 2004, **19** : 471-478

KANNUS P, HAAPASALO H, SANKELO M, SIEVÄNEN H, PASANEN M, et coll. Effect of starting age of physical activity on bone mass in the dominant arm of tennis and squash players. *Ann Intern Med* 1995, **123** : 27-31

KANNUS P, SIEVÄNEN H, VUORI I. Physical loading, exercise, and bone. *Bone* 1996, **18** : 1S-3S

KARLSSON MK. The skeleton in a long-term perspective - Are exercise induced benefits eroded by time? *J Musculoskelet Neuronal Interact* 2003, **3** : 348-351

KARLSSON MK, HASSERIUS R, OBRANT KJ. Bone mineral density in athletes during and after career: a comparison between loaded and unloaded skeletal regions. *Calcif Tissue Int* 1996, **59** : 245-248

KASPAR D, SEIDL W, NEIDLINGER-WILKE C, IGNATIUS A, CLAES L. Dynamic cell stretching increases human osteoblast proliferation and C1CP synthesis but decreases osteocalcin synthesis and alkaline phosphatase activity. *J Biomech* 2000, **33** : 45-51

KAUR M, GODBER IM, LAWSON N, BAKER PN, PEARSON D, HOSKING DJ. Changes in serum markers of bone turnover during normal pregnancy. *Ann Clin Biochem* 2003a, **40** : 508-513

KAUR M, PEARSON D, GODBER I, LAWSON N, BAKER P, HOSKING D. Longitudinal changes in bone mineral density during normal pregnancy. *Bone* 2003b, **32** : 449-454

KEEN AD, DRINKWATER BL. Irreversible bone loss in former amenorrheic athletes. *Osteoporos Int* 1997, **7** : 311-315

KELLEY GA, KELLEY KS, TRAN ZV. Exercise and bone mineral density in men: a meta-analysis. *J Appl Physiol* 2000, **88** : 1730-1736

KELLEY GA, KELLEY KS, TRAN ZV. Resistance training and bone mineral density in women: a meta-analysis of controlled trials *Am J Phys Med Rehabil* 2001, **80** : 65-77

KELLEY GA, KELLEY KS, TRAN ZV. Exercise and lumbar spine bone mineral density in postmenopausal women: a meta-analysis of individual patient data. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2002, **57** : M599-604

KERR D, MORTON A, DICK I, PRINCE R. Exercise effects on bone mass in postmenopausal women are site-specific and load-dependent. *J Bone Miner Res* 1996, **11** : 218-225

KHAN K, MCKAY HA, HAAPASALO H, BENNELL KL, FORWOOD MR, et coll. Does childhood and adolescence provide a unique opportunity to strengthen the skeleton? *J Sci Med Sport* 2000, **3** : 150-164

KHAN KM, LIU-AMBROSE T, SRAN MM, ASHE MC, DONALDSON MG, WARK JD. New criteria for female athlete triad syndrome? *Br J Sports Med* 2002, **36** : 10-13

KLAUS G, MERKE J, EING H, HUGEL U, MILDE P, et coll. 1,25(OH)2D3 receptor regulation and 1,25(OH)2D3 effects in primary cultures of growth cartilage cells of the rat. *Calcif Tissue Int* 1991, **49** : 340-348

KLEIN-NULEND J, VAN DER PLAS A, SEMEINS CM, AJUBI NE, FRANGOS JA, et coll. Sensitivity of osteocytes to biomechanical stress in vitro. *Faseb J* 1995, **9** : 441-445

KOHRM WM, SNEAD DB, SLATOPOLSKY E, BIRGE SJJR. Additive effects of weight-bearing exercise and estrogen on bone mineral density in older women. *J Bone Miner Res* 1995, **10** : 1303-1311

KOVRT WM, EHSANI AA, BIRGE SJJR. HRT preserves increases in bone mineral density and reductions in body fat after a supervised exercise program. *J Appl Physiol* 1998, **84** : 1506-1512

KONTULAINEN S, KANNUS P, PASANEN M, SIEVÄNEN H, HEINONEN A, et coll. Does previous participation in high-impact training result in residual bone gain in growing girls. *Int J Sports Med* 2002, **23** : 575-581

KORENSTEIN R, SOMJEN D, FISCHLER H, BINDERMAN I. Capacitative pulsed electric stimulation of bone cells. Induction of cyclic-AMP changes and DNA synthesis. *Biochim Biophys Acta* 1984, **803** : 302-307

KUDLAC J, NICHOLS DL, SANBORN CF, DIMARCO NM. Impact of detraining on bone loss in former collegiate female gymnasts. *Calcif Tissue Int* 2004, **75** : 482-487 Epub

KUJALA UM, KAPRIO J, KANNUS P, SARNA S, KOSKENVUO M. Physical activity and osteoporotic hip fracture risk in men. *Arch Intern Med* 2000, **160** : 705-708

LAING EM, WILSON AR, MODLESKY CM, O'CONNOR PJ, HALL DB, LEWIS RD. Initial years of recreational artistic gymnastics training improves lumbar spine bone mineral accrual in 4- to 8-year-old females *J Bone Miner Res* 2005, **20** : 509-519

LAKATOS P. Thyroid Hormones: Beneficial or Deleterious for Bone? *Calcif Tissue Int* 2003, **73** : 205-209

LANOU AJ, BERKOW SE, BARNARD ND. Calcium, dairy products, and bone health in children and young adults: a reevaluation of the evidence. *Pediatrics* 2005, **115** : 736-743

LANYON LE. Osteocytes, strain detection, bone modeling and remodeling. *Calcif Tissue Int* 1993, **53** : S102-106, discussion S106-107

LANYON LE. Using functional loading to influence bone mass and architecture: objectives, mechanisms, and relationship with estrogen of the mechanically adaptive process in bone. *Bone* 1996, **18** : 37S-43S

LAUGHLIN GA, DOMINGUEZ CE, YEN SSC. Nutritional and endocrine-metabolic aberrations in women with functional hypothalamic amenorrhea *J Clin Endocrinol Metab* 1998, **83** : 25-32

LEFEBVRE P, RAINGEARD I, RENARD E, BRINGER J. Effet de l'exercice sur le système hormonal et ses conséquences sur l'os. In : Os, activité physique et ostéoporose. HÉRISSON C, FARDELLONE P (eds). Masson, Paris, 2005 : 75-83

LIMA F, DE FALCO V, BAIMA J, CARAZZATO JG, PEREIRA RMR. Effect of impact load and active load on bone metabolism and body composition of adolescent athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2001, **33** : 1318-1323

LINDHOLM C, HAGENFELDT K, RINGERTZ BM. Pubertal development in elite juvenile gymnasts: effects of physical training. *Acta Obstet Gynecol Scand* 1994, **73** : 269-273

LLOYD T, MARTEL JK, ROLLINGS N, ANDON MB, KULIN H, et coll. The effect of calcium supplementation and Tanner stage on bone density, content and area in teenage women. *Osteoporos Int* 1996, **6** : 276-283

LOUCKS AB. Energy availability, not body fatness, regulates reproductive function in women. *Exerc Sport Sci Rev* 2003, **31** : 144-148

LOUCKS AB, VERDUN M, HEATH EM. Low energy availability, not stress of exercise, alters LH pulsatility in exercising women. *J Appl Physiol* 1998, **84** : 37-46

LOUD KJ, GORDON CM, MICHELI LJ, FIELD AE. Correlates of stress fractures among preadolescent and adolescent girls. *Pediatrics* 2005, **115** : e399-e406

MACDOUGALL JD, WEBBER C, MARTIN J, ORMEROD S, CHESLEY A, et coll. Relationship among running mileage, bone density, and serum testosterone in male runners. *J Appl Physiol* 1992, **73** : 1165-1170

MACKELVIE KJ, MCKAY HA, KHAN KM, CROCKER PRE. A school-based exercise intervention augments bone mineral accrual in early pubertal girls. *J Pediatr* 2001, **139** : 501-508

MACKELVIE KJ, KHAN KM, MCKAY HA. Is there a critical period for bone response to weight-bearing exercise in children and adolescents? a systematic review *Br J Sports Med* 2002a, **36** : 250-257

MACKELVIE KJ, MCKAY HA, PETIT MA, MORAN O, KHAN KM. Bone mineral response to a 7-month randomized controlled, school-based jumping intervention in 121 pre-pubertal boys: associations with ethnicity and body mass index. *J Bone Miner Metab* 2002b, **17** : 834-844

MACKELVIE KJ, KHAN KM, PETIT MA, JANSSEN PA, MCKAY HA. A school-based exercise intervention elicits substantial bone health benefits: a 2-year randomized controlled trials in girls. *Pediatrics* 2003, **112** : e447-e452

MACKELVIE KJ, PETIT MA, KHAN KM, BECK TJ, MCKAY HA. Bone mass and structure are enhanced following a 2-year randomized controlled trial of exercise in prepubertal boys. *Bone* 2004, **34** : 755-764

MAÏMOUN L. Sport de haut niveau et masse osseuse. In : Os, activité physique et ostéoporose. HÉRISSON C, FARDELLONE P (eds). Masson, Paris, 2005 : 98-106

MAÏMOUN L, LUMBROSO S, MANETTA J, PARIS F, LEROUX JL, SULTAN C. Testosterone is dramatically reduced in endurance athletes without impact on bone mineral density. *Horm Res* 2003, **59** : 285-292

MALINA RM, BOUCHARD C, BAR-OR O. Growth, Maturation, and Physical Activity. 1st edition ed Champaign, Illinois: Human Kinetics, 1991

MALINA RM, BOUCHARD C, BAR-OR O. Growth, maturation, and physical activity. 2nd edition ed Champaign, Illinois: Human Kinetics, 2004 : 728 p

MARKOU KB, MYLONAS P, THEODOROPOULOU A, KONTOGIANNIS A, LEGLISE M, et coll. The influence of intensive physical exercise on bone acquisition in adolescent elite female and male artistic gymnasts. *J Clin Endocrinol Metab* 2004, **89** : 4383-4387

MARTIN AD, BAILEY DA, MCKAY HA, WHITING S. Bone mineral and calcium accretion during puberty. *Am J Clin Nutr* 1997, **66** : 611-615

MATKOVIC V, HEANEY RP. Calcium balance during human growth: evidence for a threshold behavior *Am J Clin Nutr* 1992, **55** : 992-996

MATKOVIC V, JELIC T, WARDLAW GM, ILICH JZ, GOEL PK, et coll. Timing of peak bone mass in caucasian females and its implication for the prevention of osteoporosis - Inference from a cross-sectional model. *J Clin Invest* 1994, **93** : 799-808

MATSUDA N, MORITA N, MATSUDA K, WATANABE M. Proliferation and differentiation of human osteoblastic cells associated with differential activation of MAP kinases in response to epidermal growth factor, hypoxia, and mechanical stress in vitro. *Biochem Biophys Res Commun* 1998, **249** : 350-354

MCCULLOCH RG, BAILEY DA, HOUSTON CS, DODD BL. Effects of physical activity, dietary calcium intake and selected lifestyle factors on bone density in young women. *Cmaj* 1990, **142** : 221-227

MCKAY HA, BAILEY DA, MIRWALD RL, DAVISON KS, FAULKNER RA. Peak bone mineral accrual and age at menarche in adolescent girls: a 6- year longitudinal study. *J Pediatr* 1998, **133** : 682-687

MCKAY HA, PETIT MA, SCHUTZ RW, PRIOR JC, BARR SI, KHAN KM. Augmented trochanteric bone mineral density after modified physical education classes: A randomized school-based exercise intervention study in prepubescent and early pubescent children. *J Pediatr* 2000, **136** : 156-162

MCKAY HA, MACLEAN L, MACKELVIE-O'BRIEN PMK, JANSSEN P, BECK T, KHAN KM. "Bounce at the bell": a novel program of short bouts of exercise improves proximal femur bone mass in early pubertal children. *Br J Sports Med* 2005, **39** : 521-526

MEDICAL COMMISSION OF THE INTERNATIONAL OLYMPIQUE AND COMMITTEE. The female athlete triad *Med Sci Tennis* 2006, **11** : 20

MIKUNI-TAKAGAKI Y, SUZUKI Y, KAWASE T, SAITO S. Distinct responses of different populations of bone cells to mechanical stress. *Endocrinology* 1996, **137** : 2028-2035

MODLESKY CM, LEWIS RD. Does exercise during growth have a long-term effect on bone health? *Exerc Sport Sci Rev* 2002, **30** : 171-176

MORRIS FL, NAUGHTON G, GIBBS JL, CARLSON JS, WARK JD. Prospective ten-month exercise intervention in premenarcheal girls: positive effects on bone and lean mass. *J Bone Miner Res* 1997, **12** : 1453-1462

MOSLEY JR, LANYON LE. Strain rate as a controlling influence on adaptive modeling in response to dynamic loading of the ulna in growing male rats. *Bone* 1998, **23** : 313-318

NARA-ASHIZAWA N, LIU LJ, HIGUCHI T, TOKUYAMA K, HAYASHI K, et coll. Paradoxical adaptation of mature radius to unilateral use in tennis playing. *Bone* 2002, **30** : 619-623

NEIDLINGER-WILKE C, STALLA I, CLAES L, BRAND R, HOELLEN I, et coll. Human osteoblasts from younger normal and osteoporotic donors show differences in proliferation and TGF beta-release in response to cyclic strain. *J Biomech* 1995, **28** : 1411-1418

NEW SA. The role of physical activity in development and maintenance of bone health throughout the lifecycle. In : 1st Joint Meeting of the International Bone and Mineral Society and the European Calcified Tissue Society. 2001

NIKANDER R, SIEVÄNEN H, HEINONEN A, KANNUS P. Femoral neck structure in adult female athletes subjected to different loading modalities. *J Bone Miner Res* 2005, **20** : 520-528

NURMI-LAWTON JA, BAXTER-JONES AD, MIRWALD RL, BISHOP JA, TAYLOR P, et coll. Evidence of sustained skeletal benefits from impact-loading exercise in young females: a 3-year longitudinal study. *J Bone Miner Res* 2004, **19** : 314-322

OTTER MW, PALMIERI VR, WU DD, SEIZ KG, MACGINITIE LA, COCHRAN GV. A comparative analysis of streaming potentials in vivo and in vitro. *J Orthop Res* 1992, **10** : 710-719

PARFITT AM. The two faces of growth: benefits and risks to bone integrity. *Osteoporos Int* 1994, **4** : 382-398

PARFITT AM, TRAVERS S, RAUCH F, GLORIEUX FH. Structural and cellular changes during bone growth in healthy children. *Bone* 2000, **27** : 487-494

PAVALKO FM, CHEN NX, TURNER CH, BURR DB, ATKINSON S, et coll. Fluid shear-induced mechanical signaling in MC3T3-E1 osteoblasts requires cytoskeleton-integrin interactions. *Am J Physiol* 1998, **275** : C1591-1601

PEARSON D, KAUR M, SAN P, LAWSON N, BAKER P, HOSKING D. Recovery of pregnancy mediated bone loss during lactation. *Bone* 2004, **34** : 570-578

PELTENBURG AL, ERICH WBM, ZONDERLAND ML. A retrospective growth study of female gymnasts and girl swimmers. *Int J Sports Med* 1984, **5** : 262-267

PETIT MA, MCKAY HA, MACKELVIE KJ, HEINONEN A, KAHN KM, BECK TJ. A randomized school-based jumping intervention confers site and maturity-specific benefits on bone structural properties in girls: a hip structural analysis study. *J Bone Miner Res* 2002, **17** : 363-372

PIGEON P, OLIVER I, CHARLET JP, ROCHICCIOLI P. Intensive dance practice repercussions on growth and puberty. *Am J Sports Med* 1997, **25** : 243-247

RAUCH F, SCHOENAU E. Skeletal development in premature infants: a review of bone physiology beyond nutritional aspects. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2002, **86** : F82-F85

RAVESLOOT JH, YPEY DL, VRIJHEID-LAMMERS T, NIJWEIDE PJ. Voltage-activated K⁺ conductances in freshly isolated embryonic chicken osteoclasts. *Proc Natl Acad Sci USA* 1989, **86** : 6821-6825

REICH KM, GAY CV, FRANGOS JA. Fluid shear stress as a mediator of osteoblast cyclic adenosine monophosphate production. *J Cell Physiol* 1990, **143** : 100-104

RIANCHO JA, MUNDY GR. The role of cytokines and growth factors as mediators of the effects of systemic hormones at the bone local level. *Crit Rev Eukaryot Gene Expr* 1995, **5** : 193-217

RICE S, BLIMKIE CJ, WEBBER CE, LEVY D, MARTIN J, et coll. Correlates and determinants of bone mineral content and density in healthy adolescent girls. *Can J Physiol Pharmacol* 1993, **71** : 923-930

RIGGS BL, KHOSLA S, MELTON LJ. Sex steroids and the construction and conservation of the adult skeleton. *Endocr Rev* 2002, **23** : 279-302

RIZZOLI R, BONJOUR JP. Calcitropic hormones and integrated regulation of calcium balance. *Rev Prat* 1998, **48** : 1178-1184

RIZZOLI R, BONJOUR JP, FERRARI SL. Osteoporosis, genetics and hormones. *J Mol Endocrinol* 2001, **26** : 79-94

ROBINSON TL, SNOW-HARTER C, TAAFFE DR, GILLIS D, SHAW J, MARCUS R. Gymnasts exhibit higher bone mass than runners despite similar prevalence of amenorrhea and oligomenorrhea. *J Bone Miner Res* 1995, **10** : 26-35

RUBIN CT, LANYON LE. Limb mechanics as a function of speed and gait: a study of functional strains in the radius and tibia of horse and dog. *J Exp Biol* 1982, **101** : 187-211

RUBIN CT, LANYON LE. Kappa Delta Award paper. Osteoregulatory nature of mechanical stimuli: function as a determinant for adaptive remodeling in bone. *J Orthop Res* 1987, **5** : 300-310

RUBIN CT, MCLEOD KJ. Promotion of bony ingrowth by frequency-specific, low-amplitude mechanical strain. *Clin Orthop* 1994, **298** : 165-174

RUBIN C, TURNER AS, BAIN S, MALLINCKRODT C, MCLEOD K. Anabolism. Low mechanical signals strengthen long bones. *Nature* 2001, **412** : 603-604

RUBIN C, TURNER AS, MULLER R, MITTRA E, MCLEOD K, LIN W, QIN YX. Quantity and quality of trabecular bone in the femur are enhanced by a strongly anabolic, noninvasive mechanical intervention. *J Bone Miner Res* 2002, **17** : 349-357

RUFF CB, WALKER A, TRINKAUS E. Postcranial robusticity in Homo III: Ontogeny. *Am J Phys Anthropol* 1994, **93** : 35-54

RUTHERFORD PM. Is there a role for exercise in the prevention of osteoporotic fractures? *Br J Sports Med* 1999, **33** : 378-386

SALTER DM, ROBB JE, WRIGHT MO. Electrophysiological responses of human bone cells to mechanical stimulation: evidence for specific integrin function in mechanotransduction. *J Bone Miner Res* 1997, **12** : 1133-1141

SARIKAYA S, OZDOLAP S, ACIKGOZ G, ERDEM CZ. Pregnancy-associated osteoporosis with vertebral fractures and scoliosis. *Joint Bone Spine* 2004, **71** : 84-85

SCHOENAU E, FROST HM. The "muscle-bone unit" in children and adolescents. *Calcif Tissue Int* 2002, **70** : 405-407

SCHOENAU E, SCHWAHN B, RAUCH F. The muscle-bone relationship: methods and management - perspectives in glycogen storage disease. *Eur J Pediatr* 2002, **161** : S50-S52

SEEMAN E. Sexual dimorphism in skeletal size, density, and strength. *J Clin Endocrinol Metab* 2001, **86** : 4576-4584

SINAKI M, ITOI E, WAHNER HW, WOLLAN P, GELZCER R, et coll. Stronger back muscles reduce the incidence of vertebral fractures: a prospective 10 year follow-up of postmenopausal women. *Bone* 2002, **30** : 836-841

SKIERSKA E. Age at menarche and prevalence of oligo/amenorrhea in top polish athletes. *Am J Hum Biol* 1998, **10** : 511-517

SLEMENDA CW, REISTER TK, HUI SL, MILLER JZ, CHRISTIAN JC, JOHNSTON CCJR. Influences on skeletal mineralization in children and adolescents: evidence for var-

ying effects of sexual maturation and physical activity. *J Pediatr* 1994, **125** : 201-207

SMITH EL, SMITH JRPE, ENSIGN CJ, SHEA MM. Bone involution decrease in exercising middle-aged women. *Calcif Tissue Int* 1984, **36** : S129-138

SMITH R, PHILLIPS AJ. Osteoporosis during pregnancy and its management. *Scand J Rheumatol Suppl* 1998, **107** : 66-67

SMITH R, STEVENSON JC, WINEARLS CG, WOODS CG, WORDSWORTH BP. Osteoporosis of pregnancy. *Lancet* 1985, **1** : 1178-1180

SMITH R, ATHANASOU NA, OSTLERE SJ, VIPOND SE. Pregnancy-associated osteoporosis. *Qjm* 1995, **88** : 865-878

SOMJEN D, BINDERMAN I, BERGER E, HARELL A. Bone remodelling induced by physical stress is prostaglandin E2 mediated. *Biochim Biophys Acta* 1980, **627** : 91-100

SPECKER BL, MULLIGAN L, HO M. Longitudinal study of calcium intake, physical activity, and bone mineral content in infants 6-19 months of age. *J Bone Miner Res* 1999, **14** : 569-576

STOKSTAD E. Graceful, beautiful, and perilous. *Science* 2004, **305** : 641-642

SUURINIEMI M, MAHONEN A, KOVANEN V, ALEN M, LYYTIKÄINEN A, et coll. Association between exercise and pubertal BMD is modulated by estrogen receptor and genotype. *J Bone Miner Res* 2004, **19** : 1758-1765

TANAKA SM, ALAM IM, TURNER CH. Stochastic resonance in osteogenic response to mechanical loading. *Faseb J* 2003a, **17** : 313-314

TANAKA SM, LI J, DUNCAN RL, YOKOTA H, BURR DB, TURNER CH. Effects of broad frequency vibration on cultured osteoblasts. *J Biomech* 2003b, **36** : 73-80

TEEGARDEN D, PROULX WR, MARTIN BR, ZHAO J, MCCABE GP, et coll. Peak bone mass in young women. *J Bone Miner Res* 1995, **10** : 711-715

THEINTZ GE, HOWALD H, ALLEMANN Y, SIZONENKO PC. Growth and pubertal development of young female gymnasts and swimmers: a correlation with parental data. *Int J Sports Med* 1989, **10** : 87-91

THEINTZ GE, HOWALD H, WEISS U, SIZONENKO PC. Evidence for a reduction of growth potential in adolescent female gymnasts. *J Pediatr* 1993, **122** : 306-313

THOMIS M, CLAESSENS AL, LEFEVRE J, PHILIPPAERTS R, BEUNEN GP, MALINA RM. Adolescent growth spurts in female gymnasts. *J Pediatr* 2005, **146** : 239-244

TONZ O, STRONSKI SM, GMEINER CY. Growth and puberty in 7-to16-year-old female gymnasts: a prospective study. *Schweiz Med Wochenschr* 1990, **120** : 10-20

TURNER CH. Muscle-bone interactions, revisited. *Bone* 2000, **27** : 339-340

TURNER CH, BURR DB. Basic biomechanical measurements of bone: a tutorial. *Bone* 1993, **14** : 595-608

TURNER CH, ROBLING AG. Designing exercise regimens to increase bone strength. *Exerc Sport Sci Rev* 2003, **31** : 45-50

TURNER CH, FORWOOD MR, RHO J-Y, YOSHIKAWA T. Mechanical loading thresholds for lamellar and woven bone formation. *J Bone Miner Res* 1994, **9** : 87-97

TVEIT-MILLIGAN P, SPINDLER AA, NICHOLS JF. Genes and gymnastics: a case study of triplets. *Sports Med Train Rehab* 1993, **4** : 47-52

VALDIMARSSON Ö, LINDEN C, JOHNNELL O, GARDSELL P, KARLSSON MK. Daily physical education in the school curriculum in prepubertal girls during 1 year is followed by an increase in bone mineral accrual and bone width - Data from the Prospective Controlled Malmö Pediatric Osteoporosis Prevention Study. *Calcif Tissue Int* 2006, **78** : 65-71

VAN DER MEULEN MC, JEPSEN KJ, MIKIC B. Understanding bone strength: size isn't everything. *Bone* 2001, **29** : 101-104

VAN LANGENDONCK L. Influence of physical activity on bone relevance of high-impact loading, body composition and strength. Thesis, Biomedical Sciences Katholieke Universiteit Leuven, Faculty of Physical Education and Physiotherapy, Leuven, 2002

VAN LANGENDONCK L, CLAESSENS AL, VLIETINCK R, DEROM C, BEUNEN G. Influence of weight-bearing exercises on bone acquisition in prepubertal monozygotic female twins: a randomized controlled prospective study. *Calcif Tissue Int* 2003a, **72** : 666-674

VAN LANGENDONCK L, LEFEVRE J, CLAESSENS AL, THOMIS M, PHILIPPAERTS R, et coll. Influence of participation in high-impact sports during adolescence and adulthood on bone mineral density in middle-aged men: a 27-year follow-up study. *Am J Epidemiol* 2003b, **158** : 525-533

WARD KA, ROBERTS SA, ADAMS JE, MUGHAL MZ. Bone geometry and density in the skeleton of pre-pubertal gymnasts and school children. *Bone* 2005, **36** : 1012-1018

WARREN MP, PERLROTH NE. The effect of intense exercise on the female reproductive system. *J Endocrinol* 2001, **170** : 3-11

WARREN MP, BROOKS-GUNN J, HAMILTON LH, WARREN LF, HAMILTON WG. Scoliosis and fractures in young ballet dancers relation to delayed menarche and secondary amenorrhea. *N Engl J Med* 1986, **314** : 1348-1353

WARREN MP, BROOKS-GUNN J, FOX RP, HOLDERNESS CC, HYLE EP, HAMILTON WG. Osteopenia in exercise-associated amenorrhea using ballet dancers as a model: a longitudinal study. *J Clin Endocrinol Metab* 2002a, **87** : 3162-3168

WARREN MP, RAMOS RH, BRONSON EM. Exercise-associated amenorrhea. *Phys Sportsmed* 2002b, **30** : 41-46

WARREN MP, BROOKS-GUNN J, FOX RP, HOLDERNESS CC, HYLE EP, et coll. Persistent osteopenia in ballet dancers with amenorrhea and delayed menarche despite hormone therapy: a longitudinal study. *Fertil Steril* 2003, **80** : 398-404

WARREN SM, GREENWALD JA, NACAMULI RP, FONG KD, SONG HJ, et coll. Regional dura mater differentially regulates osteoblast gene expression. *J Craniofac Surg* 2003, **14** : 363-370

WEIMANN E, BLUM WF, WITZEL C, SCHWIDERGALL S, BÖHLES HJ. Hypoleptinemia in female and male elite gymnasts. *Eur J Clin Invest* 1999, **29** : 853-860

WEIMANN E, WITZEL C, SCHWIDERGALL S. Peripubertal perturbations in elite gymnasts caused by sport specific training regimes and inadequate nutrition intake. *Int J Sports Med* 2000, **21** : 210-215

WELT CK, CHAN JL, BULLEN J, MURPHY R, SMITH P, et coll. Recombinant human leptin in women with hypothalamic amenorrhea *N Engl J Med* 2004, **351** : 987-997

WILLIAMS NI, HELMREICH DL, PARFITT DB, CASTON-BALDERRAMA A, CAMERON JL. Evidence for a causal role of low energy availability in the induction of menstrual cycle disturbances during strenuous exercise training. *J Clin Endocrinol Metab* 2001, **86** : 5184-5193

WITZKE KA, SNOW CM. Effects of plyometric jump training on bone mass in adolescent girls. *Med Sci Sports Exerc* 2000, **32** : 1051-1057

WONG M, CARTER DR. A theoretical model of endochondral ossification and bone architectural construction in long bone ontogeny. *Anat Embryol (Berl)* 1990, **181** : 523-532

YATES A, LEEHEY K, SHISLAK CM. Running - an analogue of anorexia? *N Engl J Med* 1983, **308** : 251-255

YEH FJ, GRANT AM, WILLIAMS SM, GOULDING A. Children who experience their first fracture at a young age have high rates of fracture. *Osteoporos Int* 2006, **17** : 267-272

YOU J, YELLOWLEY CE, DONAHUE HJ, ZHANG Y, CHEN Q, JACOBS CR. Substrate deformation levels associated with routine physical activity are less stimulatory to bone cells relative to loading-induced oscillatory fluid flow. *J Biomech Eng* 2000, **122** : 387-393

YOU L, COWIN SC, SCHAFFLER MB, WEINBAUM S. A model for strain amplification in the actin cytoskeleton of osteocytes due to fluid drag on pericellular matrix. *J Biomech* 2001, **34** : 1375-1386

YPEY DL, WEIDEMA AF, HOLD KM, VAN DER LAARSE A, RAVESLOOT JH, et coll. Voltage, calcium, and stretch activated ionic channels and intracellular calcium in bone cells. *J Bone Miner Res* 1992, **7** (suppl 2) : S377-S387

ZANKER CL, GANNON L, COOKE CB, GEE KL, OLDROYD B, TRUSCOTT JG. Differences in bone density, body composition, physical activity, and diet between child gymnasts and untrained children 7-8 years of age. *J Bone Miner Res* 2003, **18** : 1043-1050

ZANKER CL, OSBORNE C, COOKE CB, OLDROYD B, TRUSCOTT JG. Bone density, body composition and menstrual history of sedentary female former gymnasts, aged 20-32 years. *Osteoporos Int* 2004, **15** : 145-154 Epub

12

Fonction endothéliale et régulation rhéologique

L'endothélium est la monocouche de cellules tapissant la surface interne (intima) de tous les vaisseaux. Longtemps assimilé à une simple « enveloppe » impliquée dans les processus d'hémostase, l'endothélium est actuellement considéré comme une glande endocrine, mais aussi comme un intégrateur des processus tissulaires sous-jacents. Ainsi, le monoxyde d'azote (NO) est un messenger radicalaire généré en permanence par l'endothélium. Il remplit localement de nombreuses fonctions dont les mieux reconnues sont la relaxation des cellules musculaires lisses sous-jacentes, impliquées dans la régulation de la vasodilatation, et l'inhibition de l'agrégation plaquettaire (Furchgott et Zawadzki, 1980 ; Ignarro, 1990 ; Moncada et coll., 1991). L'endothélium génère d'autres substances à action vasodilatatrice (comme la prostacycline) ou vasoconstrictrice (comme l'endothéline, mais dont l'expression est réprimée dans des conditions physiologiques). L'endothélium influence et est influencé en permanence par l'écoulement du sang (flux-dépendance) et par la présence de médiateurs neurohormonaux. Ainsi, en quelques secondes, la production de NO provoque une vasodilatation, et, dans le même temps, l'augmentation du cisaillement endothélial par l'augmentation du débit sanguin provoque une augmentation de la production de NO.

L'endothélium peut exprimer des molécules dites d'adhérence qui, comme leur nom l'indique, conditionnent le recrutement et le passage de leucocytes circulants dans l'intima (Springer, 1994). Il joue un rôle déterminant au cours des processus inflammatoires et contrôle, en outre, pour une large part, le passage inter- et transcellulaire des nombreux nutriments et hormones circulantes.

Enfin, l'endothélium intervient dans la coagulation sanguine en empêchant l'exposition du sous-endothélium, thrombogène, aux facteurs circulants de la coagulation ainsi qu'en synthétisant un certain nombre de facteurs anti- ou procoagulants.

Données de rhéologie et modification de la rhéologie au cours de l'exercice physique aigu

Le sang est une suspension de cellules et de fragments cellulaires dans une solution complexe de protéines. Dans les conditions de repos et stables, le flux sanguin vasculaire est laminaire ce qui indique que le profil de vitesse du sang est maximal au centre du vaisseau et minimal au niveau de la paroi (décroissance progressive de la vitesse). Lorsque la vitesse d'écoulement du sang dépasse une certaine valeur critique, l'écoulement devient turbulent ce qui indique que les particules du fluide sont animées de mouvements tourbillonnaires. Dans les conditions normales, il n'y a écoulement turbulent vrai que dans la partie initiale de l'aorte et de l'artère pulmonaire au moment des plus grandes vitesses pendant la systole éjectionnelle.

Deux paramètres sont utilisés pour décrire le flux sanguin :

- le taux de cisaillement ou *shear rate* qui mesure la différence de vitesse d'écoulement du sang depuis le centre du vaisseau jusqu'à la paroi (le taux de cisaillement est maximal au niveau de la paroi) ;
- la force de cisaillement qui représente la force exercée par le sang par unité de surface de la paroi vasculaire ; la force de cisaillement est définie par le produit du taux de cisaillement par la viscosité du fluide (la force de cisaillement est maximale au niveau de la paroi).

Les conditions de flux déterminent donc les forces de cisaillement qui sont susceptibles d'activer les plaquettes et d'induire la sécrétion de NO par les cellules endothéliales.

Le paragraphe suivant expose brièvement les facteurs susceptibles de modifier les conditions de flux vasculaire et donc l'intensité du *shear rate* et des forces de cisaillement ainsi que les modifications de ces facteurs au cours de l'exercice musculaire aigu.

La vitesse d'écoulement du sang est un paramètre majeur pour la mise en place d'un régime d'écoulement turbulent et donc de forces de cisaillement efficaces. Au cours de l'exercice musculaire, le débit vasculaire augmente et donc, pour une même surface de section vasculaire, les forces de cisaillement sont majorées (vitesse, $v = \text{débit vasculaire} / \pi r^2$). En réponse à cette majoration, l'endothélium « cisailé » produit du NO qui exercera son rôle myorelaxant et donc vasodilatateur ; l'augmentation de la surface de section du « tube vasculaire » a pour effet de normaliser la vitesse d'écoulement et secondairement la production de NO.

L'autre facteur essentiel de la vasodilatation artérielle au niveau des tissus est la production de métabolites locaux vaso-actifs (CO_2 , ADP, K^+ , acide lactique notamment).

Dans les deux cas, la vasodilatation permet d'augmenter le débit vasculaire tissulaire et la diminution de la vitesse de circulation du sang consécutive

à la vasodilatation artériolaire participe à l'optimisation des échanges sanguins.

La viscosité sanguine est un autre facteur modifié au cours de l'exercice musculaire et modulant l'intensité des forces de cisaillement. Lorsque la viscosité sanguine augmente (comme par exemple de façon physiologique au cours de l'exercice musculaire du fait d'une déshydratation), la vitesse de circulation du sang diminue et la vasodilatation NO-induite se produit peu. Ceci aboutit à une souffrance métabolique musculaire par défaut d'augmentation du débit tissulaire. Au cours d'un exercice musculaire, l'augmentation de la viscosité est favorisée par la perte hydrique accumulée au préalable.

Régulation du débit vasculaire local par l'endothélium et effet de l'exercice

L'endothélium régule les contraintes aux déformations des vaisseaux (rhéologie) en agissant sur la vasomotricité artérielle, par l'intermédiaire de facteurs vasoconstricteurs et vasodilatateurs, et également en modifiant d'autres propriétés de l'endothélium.

Facteurs vasodilatateurs

Il existe de nombreux facteurs susceptibles d'induire une vasodilatation artérielle. Leur niveau d'action est variable d'une substance à une autre et il peut être modifié de façon favorable par un entraînement en endurance.

Ces facteurs vasodilatateurs sont le NO (monoxyde d'azote, facteur relaxant de l'endothélium ou EDRF), les prostaglandines PGI₂ (prostacyclines) et PGE₂, et le facteur hyperpolarisant dérivé de l'endothélium (EDHF, non encore caractérisé sur le plan biochimique et responsable d'une action vasodilatatrice locale). D'autres molécules exercent leur action vasodilatatrice de façon indirecte via une réponse endothéliale avec sécrétion de NO (Higashi et coll., 1999a ; Goto et coll., 2003) : l'acétylcholine, la substance P, la bradykinine, et l'adénosine.

L'adrénaline entraîne une réponse vasodilatatrice au niveau coronaire (transmission via des récepteurs β_1) et au niveau du muscle strié squelettique (via des récepteurs β_2 ; Guimaraes et Moura, 2001). Bien qu'essentiellement vasoconstrictrice, la noradrénaline stimule la sécrétion de NO via les récepteurs endothéliaux alpha-2 couplés à la NO synthase (Vanhoutte, 2001).

Le NO est la molécule vasodilatatrice ayant recueilli le plus d'intérêt au cours des dernières années et sans doute la plus importante d'un point de vue physiologique. En ce sens, nous proposons de détailler les connaissances

actuelles sur la synthèse de NO et sur le mode d'action de cette molécule. En 1980, Furchgott et Ządawski démontraient que la relaxation des cellules musculaires lisses artérielles en réponse à l'acétylcholine était dépendante de l'intégrité anatomique de l'endothélium (Furchgott et Ządawski, 1980). Ils baptisèrent le principe à l'origine de cette relation intercellulaire l'*Endothelium Derived Relaxing Factor* (EDRF). Par la suite, le groupe de Moncada (Moncada et coll., 1991) et celui d'Ignarro (1990) identifiaient l'EDRF comme étant le NO, radical libre gazeux jouant le rôle de médiateur pour de nombreuses substances relaxantes du muscle lisse vasculaire comme la bradykinine, l'histamine, la sérotonine, l'acétylcholine et l'adénosine triphosphate (ATP). Le NO peut donc être considéré comme un « dérivé nitré endogène » généré localement par l'endothélium vasculaire et qui entraîne la relaxation localisée des cellules musculaires lisses et l'inhibition de l'agrégation plaquettaire.

Dans les milieux biologiques, le NO diffuse rapidement dans un rayon d'une centaine de micromètres pour y activer ses cibles moléculaires. La demi-vie très brève du NO ainsi que sa très grande diffusibilité à travers les membranes cellulaires permettent la régulation d'effets transitoires et labiles (Nathan, 1992 et 1994).

Par rapport à l'endothélium capillaire, l'endothélium des grosses artères est très sensible aux contraintes mécaniques, plus spécifiquement aux contraintes de cisaillement. En effet, le flux sanguin exerce un frottement du sang sur l'endothélium qui est proportionnel à la vitesse sanguine, à la viscosité sanguine et inversement proportionnel au calibre artériel.

Le point de départ de la synthèse de NO se situe au niveau de la membrane des cellules endothéliales. Des mécanosenseurs (*caveolae* ; Garcia-Cardena et coll., 1998), intégrines (Tzima et coll., 2005) et canaux ioniques (Schwartz et Lechene, 1992) sont sensibles au *shear stress* induit par une vasoconstriction ou une augmentation du débit vasculaire à diamètre vasculaire constant. Ces structures traduisent le stimulus mécanique en une série de stimuli chimiques qui vont aboutir à l'augmentation de l'activité de la eNOS (*endothelial Nitric Oxide Synthase*) via l'augmentation de la concentration calcique intra-cellulaire induite par des seconds messagers (notamment l'inositol triphosphate, IP3). D'une manière générale, cette réponse vasodilatatrice débit-dépendante du muscle lisse vasculaire sous-jacent résulte de l'activation de la guanylate cyclase soluble par le NO.

Le cisaillement (*shear stress*) induit également la synthèse de prostacyclines vasodilatatrices (de façon directe via l'activation de la cyclo-oxygénase ou indirecte via l'augmentation de la concentration calcique intra-cytoplasmique (Frangos et coll., 1985 ; Grabowski et coll., 1985 ; Boger et coll., 1995 ; Demirel et coll., 1998).

L'exercice musculaire augmente ainsi le *shear stress* et donc la synthèse de NO.

Si la réponse au *shear stress* est essentiellement directe, le *shear stress* optimise la réponse vasodilatatrice en activant la synthèse de la tyrosine kinase c-Src. Cette kinase favorise aussi la prise en charge des espèces réactives de l'oxygène (voir les effets négatifs de l'accumulation de ces composés sur la fonction endothéliale), favorise l'expression de la eNOS et stabilise les ARNm de la eNOS (Davis et coll., 2001 et 2004). Le *shear stress* induit aussi la synthèse de thrombomoduline (qui module de façon négative les phénomènes de coagulation ; Weiss et coll., 1998) et l'expression d'une activité enzymatique anti-oxydante (Xu, 2002).

Enfin, le *shear stress* régule de façon négative l'apoptose de l'endothélium (Inoue et coll., 1996 ; De Keulenaer et coll., 1998 ; Dimmeler et coll., 1999 ; Takeshita et coll., 2000). Une activité anti-apoptotique propre du NO a été proposée *in vitro* (Haendeler et coll., 2002).

Facteurs vasoconstricteurs et limitant le flux vasculaire

En opposition permanente ou temporaire aux facteurs vasodilatateurs, il existe de nombreux facteurs susceptibles d'induire une vasoconstriction. Les plus couramment reconnus sont la noradrénaline, l'angiotensine II, l'endothéline-1, les ROS (*Reactive Oxygen Species*), la NADPH oxydase (dont l'activité favorise l'inactivation du NO), le PGF2 α , le thromboxane et la sérotonine (sécrétés par les plaquettes).

Ces derniers facteurs sont plus particulièrement responsables d'événements vasoconstricteurs susceptibles de survenir lors d'un exercice musculaire aigu, leur action étant potentialisée par le taux élevé de catécholamines circulantes. Ces événements sont potentiellement contre-balançés par des facteurs vasodilatateurs induits par l'exercice musculaire aigu décrits dans le paragraphe précédent, mais un déséquilibre au profit des facteurs vasoconstricteurs peut survenir et induire une augmentation des résistances locales à l'écoulement vasculaire.

Le risque de thrombose est également favorisé par les activations endothéliale, plaquettaire et leucocytaire induites pendant l'exercice, mais aussi au décours de cet exercice (Collins et coll., 2006). La réalisation d'un exercice de forte intensité est associée à une augmentation du taux circulant d'ICAM-1 (*InterCellular Adhesion Molecule 1*), molécule d'adhésion intercellulaire (Baum et coll., 1994 ; Rehman et coll., 1997 ; Akimoto et coll., 2002), et du taux circulant de P-selectine, molécule d'adhésion plaquettaire à l'endothélium (Mockel et coll., 2001). Un exercice d'intensité élevée est associé à une majoration de l'activation plaquettaire par rapport à celle observée à l'occasion d'un exercice d'intensité modérée, ce qui potentialise l'adhésion des plaquettes à l'endothélium vasculaire via l'expression majorée de P-selectine (Cadroy et coll., 2002). L'activation leucocytaire est également majorée avec la durée de l'exercice (Fagerhol et coll., 2005), qui est un facteur de thrombose vasculaire.

Autres rôles de l'endothélium dans le contrôle rhéologique

En dehors de ses propriétés de sécrétion de facteurs impliqués dans les phénomènes de vasomotricité, l'endothélium intervient dans l'exposition de la paroi vasculaire du fait d'autres propriétés.

Lorsqu'il est activé, l'endothélium présente en effet des propriétés adhésives pour les leucocytes et les plaquettes (Bevilacqua et coll., 1994) ainsi que des propriétés thrombogéniques (Meidell, 1994). Les actions vasodilatatrice et anti-agrégante du NO peuvent contre-balancer ces modifications endothéliales au cours de l'exercice musculaire, notamment chez les patients présentant une résistance à l'activité anti-agrégante plaquettaire de l'aspirine (Gulmez et coll., 2007).

Le NO produit par l'endothélium limite également le développement des plaques d'athérosclérose via des propriétés anti-prolifératives (interférence avec les éléments clés du développement de l'athérosclérose telles la migration et l'adhésion de cellules ; Ross, 1993). Le NO régule aussi de façon négative la synthèse d'endothéline vasoconstrictrice et la diminution de la disponibilité endothéliale en NO favorise l'expression de l'endothéline vasoconstrictrice (Boulanger et Luscher, 1990 ; Luscher et coll., 1990 ; Lerman et Burnett, 1992).

Enfin, l'architecture endothéliale est très influencée par les contraintes de cisaillement (*shear stress*). Si les cellules endothéliales en culture sont de forme grossièrement polygonale en l'absence de flux, l'application de forces de cisaillement modifie cette forme en quelques heures : les cellules endothéliales deviennent allongées et orientent leur grand axe dans le sens du flux circulant. La contrepartie exacte de cette observation sur ces cellules en culture est retrouvée *in vivo* lors d'une augmentation durable du débit sanguin (Davies, 1995). En effet, au niveau du sinus aortique et des points de bifurcation artérielle où le flux n'est pas laminaire et le cisaillement endothélial faible, l'endothélium a un aspect « en pavés de rue ». En revanche, au niveau des artères de conductance où le flux est laminaire et le cisaillement normal, la morphologie des cellules endothéliales est allongée (rapport longueur/largeur d'environ 4) comme si les cellules s'adaptaient aux forces de friction entre elles et le sang circulant. En contexte hypercholestérolémique, les conditions rhéologiques au niveau du sinus aortique et des bifurcations artérielles avec des forces de cisaillement faibles et donc un aspect pavimenteux favorisent le développement de lésions d'athérosclérose.

Synthèse endothéliale de NO et hyperémie d'exercice chez l'humain

Dans le muscle strié squelettique, des travaux ont permis de vérifier le rôle du NO dans la réponse hyperémique⁴⁸ à l'exercice musculaire prolongé de

zones avec de faibles masses musculaires telles les avant-bras. Bien que la contribution du NO à l'hyperémie d'exercice soit estimée à 20-30 %, le NO ne serait pas obligatoire pour la mise en place de ce processus (Schrage et coll., 2005). De façon contrastée par rapport aux résultats parfois divergents mis en évidence sur la circulation musculaire striée squelettique, les études réalisées sur la circulation coronaire indiquent en général un rôle favorable du NO sur la vasodilatation coronaire épicaudique durant l'exercice musculaire (Radegran et Saltin, 1998 ; Bradley et coll., 1999).

Entraînement et production endothéliale de NO

L'amélioration de la vasodilatation NO-dépendante dans les suites d'un entraînement a été démontrée dans des études humaines et animales et sur des vaisseaux de dimensions différentes (petits et gros diamètres). Chez l'humain, le niveau d'amélioration de la fonction endothéliale dépend de la masse musculaire sollicitée par le programme d'entraînement ; lorsque de faibles masses musculaires sont sollicitées, comme c'est le cas dans les exercices sollicitant les masses musculaires des avant-bras, la modification de la réponse vasodilatatrice NO-dépendante est faible tandis qu'un entraînement sollicitant les membres inférieurs permet d'obtenir un bénéfice global de cette réponse.

Des études animales étudiant les réponses vasculaires périphériques et coronaires suggèrent que lors d'un exercice de courte durée, l'activité de la eNOS est améliorée avec une augmentation de la production de NO et de son activité biologique, ce qui permet une adaptation du débit vasculaire au *shear stress* aigu développé durant cet exercice.

À l'arrêt de l'entraînement, l'amélioration de l'activité biologique du NO induite par un entraînement est dissipée au cours des semaines. Malgré cette dissipation de l'activité fonctionnelle du NO, des études indiquent que l'entraînement induit également des modifications structurales NO-dépendantes (ou sous la dépendance d'autres médiateurs) de la paroi artérielle aboutissant à une augmentation du diamètre luminal artériel (Brown, 2003). Le *shear stress* est ainsi « structurellement normalisé » et l'activité endothéliale de synthèse du NO revient à son niveau initial.

Dysfonction endothéliale et entraînement

De nombreuses situations observées dans des pathologies cardiovasculaires sont caractérisées par une diminution de la fonction endothéliale avec une baisse de l'efficacité de la vasodilatation NO-dépendante. L'impact favorable potentiel de l'entraînement sur la fonction endothéliale est d'un intérêt

tout particulier dans le cadre nosologique de ces pathologies car la dysfonction endothéliale semble être une manifestation précoce et importante des maladies vasculaires (Drexler et Hornig, 1999 ; Kojda et Harrison, 1999).

Les mécanismes proposés pour expliquer la baisse de la synthèse endothéliale de NO chez les patients présentant des maladies cardiovasculaires et des facteurs de risque de ces maladies incluent une inadéquation de la quantité de substrat ou de cofacteurs disponibles ou une anomalie de l'activité enzymatique. L'activité biologique du NO pourrait également être réduite du fait de l'action directe d'anions superoxyde dans un contexte d'anomalie du potentiel redox (Ohara et coll., 1993 ; Berliner et coll., 1995 ; Kojda et Harrison, 1999).

Chez les sujets avec une altération initiale de la fonction endothéliale, le niveau de preuve indiquant l'efficacité de l'entraînement sur l'amélioration de cette fonction est très bon. Ceci contraste avec les modifications de la fonction endothéliale observées au cours d'un entraînement chez des sujets indemnes ne présentant pas de dysfonction endothéliale. L'effet bénéfique de l'entraînement est étendu si l'entraînement implique la sollicitation d'une masse musculaire importante : un entraînement sollicitant les masses musculaires des membres inférieurs permet de réduire les résistances vasculaires dans les membres supérieurs (Linke et coll., 2001 ; Maiorana et coll., 2001 ; Schmidt et coll., 2002 ; Walsh et coll., 2003a et b).

L'amélioration de la vasodilatation NO-dépendante est associée à une amélioration de la capacité fonctionnelle, notamment des patients insuffisants cardiaques. Alors que l'entraînement améliore le VO_2 max chez les patients présentant une hypercholestérolémie, l'influence de l'entraînement chez les sujets hypertendus ou diabétiques, qui présentent fréquemment une dysfonction endothéliale, reste à préciser mais des bénéfices ont été avancés chez l'animal (Maxwell et coll., 1998 ; Niebauer et coll., 1999).

Mécanismes de l'effet bénéfique de l'entraînement sur le flux vasculaire

L'exercice régule le flux vasculaire en agissant au niveau de la vasodilatation NO-dépendante ainsi que sur d'autres facteurs de la régulation rhéologique.

Vasodilatation NO-dépendante

Il est possible que l'induction répétée de l'activité de la eNOS au cours de l'activité physique puisse prolonger la demi-vie du NO en réduisant sa dégradation par les radicaux libres via l'augmentation des systèmes anti-oxydants (superoxyde dismutase, SOD, et glutathion peroxydase, GPx ; Fukai et coll.,

2000) et en diminuant l'activité de la NADPH oxydase (Adams et coll., 2005). Dans une étude récente évaluant l'efficacité de l'entraînement sur la fonction vasculaire, Hambrecht et coll. (2003) ont comparé l'effet de 4 semaines d'entraînement sur ergocycle sur la réponse cholinergique de l'artère mammaire interne gauche entre des patients présentant une coronaropathie stable et des témoins appariés. Ces données humaines uniques indiquent que l'entraînement améliore la fonction endothéliale *in vivo* via une expression majorée de la eNOS et une phosphorylation de cette enzyme. Goto et coll. (2003) ont récemment étudié l'effet de 12 semaines d'entraînement sur ergocycle à différentes intensités, basse (25 % VO₂ max), modérée (50 % VO₂ max) et haute (75 % VO₂ max) chez des sujets sains de sexe masculin. Par ce travail, ils suggèrent qu'un exercice de basse intensité serait insuffisant pour améliorer la vasomotricité dépendante du NO, que l'exercice d'intensité modérée améliore la disponibilité endothéliale en NO, tandis qu'une amélioration de la fonction vasculaire médiée par la synthèse de NO pourrait être abolie au cours d'un exercice de haute intensité du fait de la dégradation du NO exercée par les radicaux libres produits à cette intensité. Une étude récente a également mis en exergue chez des sujets hypertendus la possibilité d'améliorer le flux vasculaire NO-dépendant au repos par la réalisation d'un entraînement en force basé sur l'exercice de type *Hand-Grip*, alors que le flux vasculaire brachial était diminué pendant les séances d'entraînement (McGowan et coll., 2006). L'amélioration de la réponse vasodilatatrice est également observée à distance des muscles impliqués lors des séances d'entraînement (Kingwell et coll., 1997 ; Higashi et coll., 1999a ; Maiorana et coll. ; 2003). Cet effet vasodilatateur à distance pourrait être en partie dû à l'augmentation du *shear stress* au niveau des vaisseaux des organes non directement concernés par l'augmentation de la demande métabolique liée à l'exercice musculaire (via l'augmentation de la vasoconstriction sympathique noradrénergique). L'autre hypothèse serait la production possible d'un facteur endothélial vasodilatateur au niveau des vaisseaux des muscles concernés par l'exercice musculaire, ce facteur étant suffisamment stable pour atteindre ensuite les autres territoires vasculaires.

D'une façon générale, l'optimisation de la vasodilatation artérielle via l'entraînement en endurance justifie la réalisation de programmes d'entraînement suffisamment prolongés (10 semaines le plus souvent) (Delp et Laughlin, 1997 ; Chu et coll., 2000 ; Chen et coll., 2001 ; Yang et coll., 2002 ; Rush et coll., 2003). Au niveau des artérioles musculaires, quelques semaines d'entraînement en endurance suffisent à améliorer la réponse vasodilatatrice et donc le flux vasculaire musculaire (Sun et coll., 1994 ; Koller et coll., 1995). Cette amélioration est observée au niveau des muscles les moins oxydatifs, ainsi qu'au niveau des muscles ayant une fonction initiale oxydative mais déconditionnés (Jaspense et coll., 1999).

L'entraînement en endurance permet également d'améliorer la relaxation endothélium-dépendante des artères à destinée musculaire squelettique via

la diminution de la réponse vasoconstrictrice noradrénergique α_2 (Delp et coll., 1993 ; Kvernmo et coll., 2003), la modulation de la synthèse des prostaglandines avec une augmentation de la synthèse de prostaglandines vasodilatatrices et la diminution de la synthèse de thromboxane (Stergioulas et Filippou, 2006). La synthèse d'endothéline-1 (vasoconstrictrice) est également diminuée au cours d'un entraînement en endurance notamment en comparaison d'un entraînement en force (Otsuki et coll., 2007) ; la synthèse d'endothéline-1 vasoconstrictrice augmentant avec la durée de l'exercice y compris en endurance (Davis et coll., 2005).

Il est admis depuis plusieurs années que l'entraînement est associé à une augmentation du calibre vasculaire ; par exemple, des données autopsiques et des études angiographiques indiquent la présence d'artères coronaires avec un diamètre élargi chez les athlètes (Currens et coll., 1961 ; Pelliccia et coll., 1990). La durée de l'exercice aigu (qui doit être supérieure à 10 minutes) améliore également la prolifération des progéniteurs des cellules endothéliales quelle que soit l'intensité d'exercice considérée (Laufs et coll., 2005).

Un lien entre les modifications des conditions d'écoulement et les modifications de la structure vasculaire est supporté par un protocole expérimental classique examinant les modifications structurales des artères carotides internes de lapins après une réduction du flux vasculaire provoquée par une ligature (Langille et O'Donnell, 1986). Le diamètre du vaisseau ligaturé et avec une réduction du flux vasculaire de 70 % pendant une période de 2 semaines était significativement plus petit que celui du vaisseau controlatéral. Une conclusion similaire peut être tirée d'une étude plus ancienne montrant qu'après une perturbation du débit vasculaire par une fistule artérioveineuse, le phénomène de *shear stress* était auto-régulé (Kamiya et coll., 1980). Des études plus récentes ont confirmé cette propriété de régulation homéostatique du *shear stress* via un processus NO-dépendant (Tronc et coll., 1990). Brown, dans une excellente revue sur le remodelage coronaire en réponse à l'exercice musculaire, a conclu que le processus de remodelage vasculaire différait en fonction de la taille et la position du vaisseau dans l'arbre vasculaire ; le potentiel d'élargissement du diamètre des capillaires et des petites artères semble moins important que celui des artères de gros calibre dont le diamètre luminal est élargi dans les suites d'un entraînement (Brown, 2003). Ces modifications structurales pourraient ainsi constituer une réponse adaptative permettant de limiter le stress vasculaire pariétal induit par des exercices musculaires répétés.

Outre les modifications vasculaires structurales décrites ci-dessus, l'augmentation de la synthèse de NO via l'entraînement en endurance s'associe à une augmentation de la synthèse de VEGF (*Vascular Endothelial Growth Factor*), conduisant à l'augmentation de la surface du lit vasculaire, ce qui permet secondairement de diminuer les résistances vasculaires (Gavin et coll., 2003), et à l'augmentation de l'expression d'autres facteurs angiogéniques comme l'interleukine 8 (Nathan, 1992 ; Frydelund-Larsen et coll., 2007)

responsable de façon secondaire d'une augmentation de *Heat Shock Proteins* (HSP) favorisant l'activité de la e-NOS (Fontana et coll., 2002).

De façon un peu finaliste, les modifications vasculaires structurales avec l'augmentation du diamètre luminal vasculaire pourraient être considérées comme une réponse adaptative permettant de limiter l'augmentation de la pression transmurale et le stress vasculaire pariétal induit par des exercices musculaires répétés (Green et coll., 2004 ; Petersen et coll., 2006).

Ces effets favorables de la pratique d'une activité physique en endurance sur la fonction endothéliale peuvent être dans certains cas limités. Ainsi, une étude récente indique que la pratique d'une activité physique de façon trop régulière et trop intensive est susceptible de diminuer la réponse vasculaire au NO via un remodelage de la paroi vasculaire (Petersen et coll., 2006) et en particulier une désensibilisation du muscle lisse vasculaire au NO (Yamashita et coll., 2000) ou une production majorée de radicaux libres oxygénés (Munzel et coll., 1995 et 1996 ; Schulz et coll., 2002). De plus, l'augmentation de l'épaisseur du muscle lisse vasculaire induite par l'entraînement pourrait limiter la diffusion du NO. Cependant, bien que la réponse vasodilatatrice diminue, le débit vasculaire musculaire est augmenté via l'augmentation du diamètre luminal artériel, la stimulation de la néoangiogénèse et la stimulation de la croissance vasculaire par le VGEF. Au niveau de la circulation coronaire, l'effet favorable d'un exercice physique sur la réponse endothéliale vasodilatatrice peut également être modulé de façon négative par les forces d'origine extravasculaires (hautes pressions ventriculaires et contraction myocardique) et constrictrices des vaisseaux (Muller et coll., 1994).

Autres facteurs de la régulation rhéologique

Avec l'entraînement en endurance, les taux de VCAM-1 (*Vascular Cell Adhesion Molecule 1*), molécule d'adhésion vasculaire, et d'ICAM-1 diminuent indiquant qu'après une augmentation aiguë liée aux contraintes rhéologiques pariétales, l'expression de ces molécules d'adhésion est favorablement régulée à la baisse (Adamopoulos et coll., 2001) pouvant limiter ainsi le risque vasculaire. Une autre modification induite par l'entraînement et favorable à la vasodilatation est la baisse de la réponse α -adrénergique vasoconstrictrice (Oltman et coll., 1992).

Modifications de la fonction endothéliale au cours du vieillissement et de pathologies : effet de l'exercice musculaire

L'exercice musculaire peut réduire l'altération de la fonction endothéliale liée au vieillissement et à certaines pathologies.

Chez le sujet avançant en âge

Avec l'avancée en âge, en présence ou non d'une HTA, il existe une altération de la fonction endothéliale (Muller-Delp, 2006) via une altération de la voie du NO et une production de radicaux libres qui compromettent secondairement la disponibilité en NO (Taddei et coll., 2006) ainsi qu'un état inflammatoire chronique de bas grade qui modifie également la libération de NO (Payne, 2006).

L'entraînement en endurance atténue la diminution de la réponse vasodilatatrice musculaire évoluant avec l'avancée en âge (Mc Allister et coll., 1996 ; Mc Allister et Laughlin, 1997 ; Minami et coll., 2002 ; Maioraba et coll., 2003 ; Franzoni et coll., 2004 ; Moyna et Thompson, 2004 ; Mc Allister et coll., 2005). L'entraînement est considéré de façon isolée, ou en association avec d'autres modifications du style de vie comme les modifications du comportement alimentaire, comme un traitement préventif essentiel de l'involution de la réponse endothéliale vasodilatatrice (Franzoni et coll., 2005 ; Guay, 2005 ; Rush et coll., 2005 ; Roberts et coll., 2006 ; Taddei et coll., 2006) susceptible de diminuer les résistances et donc la pression sanguine artérielle.

Cependant et de façon spécifique à la circulation coronaire, l'avancée en âge serait associée à une réduction de la vasoconstriction coronaire en rapport avec une augmentation de la production basale de NO permettant de moduler la redistribution du sang dans la circulation coronaire (Shiple et Muller-Delp, 2005).

Des modifications vasculaires surviennent avec l'âge également au niveau des artéioles musculaires. Avec l'avancée en âge, le phénotype artériolaire musculaire devient plutôt vasoconstricteur via une augmentation de la vasoconstriction α -adrénergique et une diminution généralisée β -adrénergique (diminution du nombre et de la sensibilité des récepteurs β). Il est possible de limiter ces modifications par la pratique d'une activité physique (Donato et coll., 2007).

Chez le sujet porteur d'une pathologie cardiaque

L'altération de la réponse endothéliale caractérise les sujets insuffisants cardiaques (Hornig et coll., 1996) et les patients souffrant d'insuffisance coronaire (Hambrecht et coll., 2000).

Chez le sujet insuffisant cardiaque, le défaut de réponse vasodilatatrice est moins volontiers dû à un défaut de production de NO (Winlaw et coll., 1995) qu'à une production d'un agent vasoconstricteur dépendant de la cyclo-oxygénase (Kaiser et coll., 1989) et qu'à une diminution de la réponse du muscle lisse vasculaire au GMPc (Katz et coll., 1993). Des cytokines dont le taux est augmenté en cas d'insuffisance cardiaque comme le TNF α peu-

vent cependant altérer la réponse endothéliale vasodilatatrice NO-dépendante (réduction de la libération ; Aoki et coll., 1989), et l'expression de la eNOS (Yoshizumi et coll., 1993). Bien sûr, la diminution chronique du débit sanguin vasculaire limite le *shear stress* et donc la réponse vasodilatatrice NO-dépendante (Miller et Burnett, 1992).

En cas d'insuffisance cardiaque, la synthèse d'enzyme de conversion est également augmentée, ce qui favorise la destruction de la bradykinine (Hornig et coll., 1997), la synthèse d'angiotensine I et II et l'augmentation de la synthèse locale de radicaux libres qui auront secondairement une action négative sur l'endothélium (Rajagopalan et coll., 1996). L'entraînement en endurance régule de façon négative l'expression des récepteurs de type 1 à l'angiotensine II (AT1-R) (Adams et coll., 2005).

Chez le patient insuffisant coronarien, la fonction de recaptage du Ca^{2+} est altérée entraînant la persistance d'une concentration élevée en Ca^{2+} initiant et entretenant la contraction ; et il ne semble pas que cette altération soit réversible par l'exercice physique (Heaps et coll., 2001). Au niveau des vaisseaux collatéraux coronaires distaux, l'entraînement en endurance restaure la réponse vasodilatatrice à l'adénosine (Heaps et coll., 2000).

Chez des patients présentant des lésions athérosclérotiques évoluées et associées à une altération évoluée de la fonction endothéliale, des situations comme l'exposition au froid ou le stress induisent une activité noradrénergique vasoconstrictrice au niveau des vaisseaux coronaires, qui n'est plus contre-balançée par l'activité vasodilatatrice endothéliale à l'origine d'une vasoconstriction épicaudique « paradoxale » (Gordon et coll., 1989 ; Zeiher et coll., 1989 ; Yeung et coll., 1991).

L'entraînement en endurance améliore la réponse vasodilatatrice coronaire et artérielle pulmonaire (Hambrecht et coll., 2003) dans les suites d'une altération de cette réponse par une cardiopathie. Cet effet a été testé au niveau du lit vasculaire artériel pulmonaire dans une étude visant à évaluer l'efficacité et la tolérance d'un programme d'activité physique chez des patients porteurs d'une hypertension artérielle pulmonaire (Mereles et coll., 2006). Bien que le programme d'activité physique proposé sur 15 semaines n'ait pas permis de mesurer une modification de la pression artérielle pulmonaire (61 à 54 mmHg, baisse non significative), la tolérance des patients à l'exercice musculaire fut bonne et la qualité de vie, la classe fonctionnelle (OMS) et le VO_2 max furent améliorés (par rapport à un groupe placebo). Chez des rats ayant subi une dilatation coronaire par ballonnet ou par mise en place d'un stent coronaire, la pratique d'une activité physique régulière permet de diminuer le taux de resténose (Indolfi et coll., 2002). De façon plus générale, la pratique régulière d'une activité physique en endurance serait le mode de prévention le plus performant pour limiter le déclin de la fonction endothéliale (Scrutinio et coll., 2005 ; Linke et coll., 2006) y compris du pénis (Esposito et coll., 2004) ! En l'absence de poursuite d'un

entraînement en endurance régulier, l'ensemble des réponses vasculaires favorables chute en 3 à 4 semaines (Kemi et coll., 2004).

Chez le sujet hypertendu

La réponse vasodilatatrice artérielle est altérée chez le sujet hypertendu et cette altération passe par une diminution de la réponse vasodilatatrice NO-dépendante confirmée tant chez l'animal (Chen et Chiang, 1996 ; Chen et coll., 1996 ; Arvola et coll., 1999) que chez l'homme (Drexler et Hornig, 1999 ; Higashi et coll., 1999a ; Cai et Harrison, 2000). L'activation de la NADPH oxydase (générateur des ROS) favoriserait l'augmentation de pression sanguine artérielle (PSA) (Sowers, 2002). La réponse vasodilatatrice endothélio-dépendante est améliorée par l'entraînement en endurance (Higashi et Yoshizumi, 2004) et cette amélioration est accrue par de l'acide ascorbique (Taddei et coll., 1998). Le respect des règles hygiéno-diététiques simples (repas équilibré, perte de poids et restriction des apports sodés) participe avec l'exercice physique à l'amélioration de la réponse NO dépendante (Sciacqua et coll., 2003).

La pratique régulière d'une activité physique (au moins 3 fois 30 minutes par semaine) et en endurance (environ 50 % du VO_2 max) favorise la diminution des chiffres de PSA (Chobanian et coll., 2003). La justification d'une intensité d'exercice modérée est basée sur l'amélioration de la vasodilatation endothélium-dépendante uniquement au décours d'un entraînement à 50 % VO_2 max, tandis qu'aucune modification n'est observée au décours d'un entraînement à faible intensité (25 % VO_2 max) ou à haute intensité (75 % VO_2 max) (Goto et coll., 2003). La répétition de séances répétées d'exercices à haute intensité peut même être délétère (Abraham et coll., 1997 ; Bergholm et coll., 1999). L'amélioration du profil de la PSA par la pratique régulière d'une activité physique implique également la diminution des taux plasmatiques de noradrénaline (Mathias, 1991 ; Higashi et coll., 1999b). Si elle a pu être évoquée (Yen et coll., 1995), l'amélioration de la libération d'EDHF (vasodilatateur) dans les suites d'un entraînement en endurance devrait être confirmée par d'autres études.

Chez le sujet présentant un surpoids, une obésité, une anomalie du métabolisme lipidique

De récentes études ont confirmé l'existence d'un syndrome inflammatoire chez les sujets obèses et la corrélation positive des marqueurs de l'inflammation avec l'IMC (Indice de masse corporelle), le pourcentage de masse grasse et le degré d'insulino-résistance (Cook et coll., 2000 ; Visser et coll., 2001 ; Balagopal et coll., 2005 ; Hamdy, 2005). L'existence d'un syndrome inflammatoire biologique induit des altérations vasculaires et notamment endothé-

liales (Pearson et coll., 2003). Une étude très récente a validé de façon prospective la notion de risque de diabète de type 2 en cas d'altération de la fonction endothéliale (reflétée par l'augmentation des taux de facteur von Willebrand, vWF, et d'inhibiteur 1- de l'activateur du plasminogène, PAI-1 (Meigs et coll., 2006) et ce indépendamment de la présence d'autres facteurs de risque déjà bien reconnus. Des variations de poids secondaires à des régimes répétés influenceraient également la dégradation de la fonction endothéliale chez la femme en surpoids (Martin et coll., 2005).

L'altération de la fonction endothéliale est vérifiée chez les sujets hypercholestérolémiques (Walsh et coll., 2003a) et chez les sujets obèses (Woo et coll., 2004). L'altération de la réponse endothéliale chez les patients obèses augmente avec le niveau d'adiposité abdominale (Suh et coll., 2005).

De récentes études ont vérifié l'existence d'une relation entre un taux élevé de microparticules endothéliales et un état d'obésité voire la présence d'un syndrome métabolique (Arteaga et coll., 2006). En fait, le taux de microparticules endothéliales reflète essentiellement le degré du phénomène d'apoptose touchant les cellules endothéliales (Jimenez et coll., 2003) et ce phénomène d'altération endothéliale serait donc majoré chez les patients présentant un syndrome métabolique. L'hyperglycémie (Baumgartner-Parzer et coll., 1995a et b) et les repas riches en acides gras (Ferreira et coll., 2004) entraînent une élévation du taux de microparticules endothéliales tandis que l'augmentation du taux de HDL⁴⁹-cholestérol limite leur formation (Nofer et coll., 2001). La pathogénie des microparticules endothéliales est liée à leurs propriétés thrombotiques : leurs phosphatidylsérines activent les voies de la coagulation (Sabatier et coll., 2002 ; Freyssinet, 2003), les microparticules endothéliales peuvent adhérer aux leucocytes et favoriser l'adhésion des leucocytes entre eux via la surexpression consécutive d'un facteur d'adhésion (Sabatier et coll., 2002) ou l'adhésion des leucocytes aux plaquettes favorisant l'activation de ces dernières (Davi et coll., 2002 ; Arteaga et coll., 2006).

L'hypercholestérolémie diminue les réponses artérielles vasodilatatrices cholinergique et médiée par le NO via une limitation de l'élévation de la concentration calcique dans la paroi vasculaire (Lefroy et coll., 1993 ; Jen et coll., 2002). L'entraînement en endurance restaure cette réponse vasodilatatrice médiée par le NO chez le sujet hypercholestérolémique (Maiorana et coll., 2003 ; Green et coll., 2004 ; Moyna et Thompson, 2004).

Le rapport LDL/HDL, plutôt que la valeur absolue du LDL⁵⁰, détermine le degré de la dysfonction endothéliale (Quyyumi, 1998) et les molécules de LDL-cholestérol oxydées sont plus toxiques sur l'endothélium que les molé-

49. *High Density Lipoprotein*

50. *Low Density Lipoprotein*

cules de LDL natives (Heitzer et coll., 1996). La modulation du risque de dysfonction endothéliale par le rapport LDL/HDL dépendrait en partie d'un polymorphisme génétique de la lipase endothéliale (qui est susceptible d'influencer le métabolisme du HDL-cholestérol ; Halverstadt et coll., 2003).

La prévention de l'altération de la fonction endothéliale par les dyslipidémies devrait débiter par la prévention du surpoids et de l'obésité chez les enfants. En effet, la présence d'un excès de poids avec excès de masse grasse et présence de modifications biologiques dyslipidémiques chez des adolescents prédispose à la survenue de modifications pariétales vasculaires identiques à celles observées chez les patients porteurs d'une athérosclérose (Raitakari et coll., 2005).

Dans la même optique de prévention de la dégradation de la fonction endothéliale, un pattern d'alimentation favorable indiquant une consommation régulière de fruits, de légumes, de poissons et de graines est associé à une moindre altération de la fonction endothéliale que celle mesurée chez les sujets révélant un pattern de consommation basé sur la consommation de viandes rouges, de desserts, de fritures et de farines raffinées (Esposito et coll., 2004 ; Lopez-Garcia et coll., 2004). La réalisation d'un exercice préalable améliore la réponse vasodilatatrice endothéliale dans les suites d'un repas chez le sujet de poids normal et le sujet obèse (Gill et coll., 2003).

Chez le sujet diabétique

L'altération de la fonction endothéliale mise en évidence chez les sujets diabétiques (Maiorana et coll., 2001) est également présente dans les modèles expérimentaux. L'induction d'un diabète de type 2 chez des rats diminue la réponse vasomotrice de l'aorte via une diminution des réponses vasodilatrices à l'acétylcholine et au NO (Sakamoto et coll., 1998 ; Minami et coll., 2002). Cette altération est essentiellement due à une inactivation du NO par les anions superoxydes via une augmentation du catabolisme du NO induit par le glucose et (en cas d'hyperglycémie chronique) via les anions superoxydes synthétisés (Tesfamariam, 1994). De plus, les espèces réactives de l'oxygène activent les facteurs de transcription comme le facteur nucléaire kappa B (NF- κ B) qui est impliqué dans l'activation des cellules endothéliales, facilitant ainsi l'adhérence des leucocytes sanguins périphériques à la surface endothéliale, étape d'initiation et de propagation de l'athérosclérose et de l'inflammation vasculaire (Eto et coll., 2005). La pratique d'un entraînement en endurance améliore ces réponses vasculaires.

Le problème est encore plus complexe chez le sujet diabétique insulino-dépendant en raison du risque potentiel induit par l'insulinothérapie et relatif au pouvoir athérogène spécifique de l'insuline (facteur de croissance des cellules musculaires lisses de la paroi vasculaire ; Muis et coll., 2005). L'effet

favorable d'une activité physique régulière sur la fonction endothéliale justifie parfaitement d'encourager cette pratique chez le patient diabétique. De plus, une intervention sur le mode de vie impliquant donc la pratique régulière d'une activité physique, prévient durablement la survenue d'un diabète de type 2 (Lindstrom et coll., 2006).

Chez les sujets porteurs de pathologies inflammatoires rhumatismales

L'augmentation du risque cardiovasculaire chez les patients porteurs de pathologies rhumatismales inflammatoires d'évolution chronique a récemment été confirmée par deux études de grande puissance ; la durée d'évolution de la maladie pourrait prédire la sévérité de la maladie athéromateuse (Han et coll., 2006). L'état inflammatoire chronique de ces pathologies favorise le processus thrombogène en impliquant l'endothélium et altère également la relaxation vasculaire associée ou non à la fonction endothéliale.

L'état inflammatoire chronique induit une activation endothéliale permanente (Wallberg-Johnson et coll., 2002 ; Han et coll., 2006) et donc l'expression majorée de molécules d'adhésion (sICAM-1 et sE-selectin) et de facteurs hémostatiques d'origine endothéliale (PAI-1, vWF, D-dimères). Au cours de ces pathologies, ce même phénomène de thrombose peut être favorisé par la présence d'anticorps anti-phospholipides (anticorps anti-cardiolipides, anticorps anti LDL-oxydée (Wallberg-Johnson et coll., 2002) et d'anticorps anti-cellules endothéliales (Belizna et coll., 2006).

En ce qui concerne l'altération de la relaxation vasculaire en cas d'état inflammatoire chronique, les mécanismes suggérés sont :

- une inhibition de la NO synthase par la protéine C réactive (CRP) (Mineo et coll., 2005) ;
- une réduction du nombre et une altération de la fonction des progéniteurs des cellules endothéliales impliquant un déficit du turn-over cellulaire endothélial (Herbrig et coll., 2006) ;
- un état d'insulino-résistance secondaire au processus inflammatoire chronique via notamment le TNF α (Russell, 2004), cette insulino-résistance impliquant une moindre vasodilatation indirectement (via le système adrénergique) induite par l'insuline (Cortès Rodriguez et coll., 2007).

Modifications de la fonction endothéliale en dehors de l'exercice musculaire

Plusieurs composés actifs sont susceptibles de modifier de façon favorable la structure de l'endothélium vasculaire. Les principaux composés actifs sont :

- la vitamine C (Hornig et coll., 1998 ; Taddei et coll., 1998) dont l'action favorable est médiée par son activité anti-oxydante et donc la prévention du catabolisme du NO ;
- la vitamine E qui peut avoir une action favorable en diminuant les auto-anticorps anti LDL-oxydés (Anderson et coll., 1995 ; Heitzer et coll., 1996) ;
- les inhibiteurs de l'enzyme de conversion de l'angiotensine : ils diminuent la dégradation de la bradykinine dont l'action est vasodilatatrice (Mancini et coll., 1996 ; Hornig et coll., 1997 ; Higashi et coll., 2000). Un autre mode d'action favorable des inhibiteurs de l'enzyme de conversion de l'angiotensine sur la progression des phénomènes athéromateux passerait également par une diminution de l'inactivation du NO (Drexler et Hornig, 1999) et l'amélioration d'autres fonctions endothéliales telles l'augmentation de la synthèse de l'activateur du plasminogène et la diminution de la synthèse de l'inhibiteur de l'activateur du plasminogène (Vaughan et coll., 1997 ; Tomiyama et coll., 1998) ;
- la L-arginine : elle induit une vasodilatation du fait de sa conversion possible en NO via la NO synthase (Cook et coll., 2000). Cet effet rationalise la prescription de L-arginine chez des patients porteurs de pathologies cardiovasculaires (Siasos et coll., 2007).

Une synergie pourrait exister entre des approches pharmacologiques susceptibles d'améliorer la fonction biologique du NO, telles les statines et les inhibiteurs de l'enzyme de conversion, et les effets de l'exercice musculaire sur les conditions rhéologiques de *shear stress*.

En conclusion, Booth et coll. (2002) ont suggéré dans une récente revue de la littérature que les humains possèdent un génome sélectionné au décours d'une période marquée par un mode de vie très actif alors que le mode de vie contemporain est de façon caractéristique, sédentaire. Dans ce contexte, la pratique régulière d'une activité physique restaure les processus homéostatiques.

La majorité des études réalisées chez des sujets porteurs de pathologies caractérisées par une altération de la vasodilatation NO-dépendante ont démontré une amélioration de cette fonction dans les gros vaisseaux et les vaisseaux résistifs dans les suites d'un entraînement tandis qu'une telle amélioration chez des sujets sains est moins souvent validée.

Tenant compte des liens pronostiques forts entre la structure vasculaire, la fonction cardiaque et la survenue d'événements cardiovasculaires, l'implication de la pratique d'une activité physique régulière apparaît évidente dans le cadre de la prise en charge des patients porteurs de ces pathologies. Cependant, plusieurs interrogations demeurent, tant au sujet des mécanismes impliqués dans l'activité biologique du NO, de la nature des effets cellulaires du NO et du rôle joué par d'autres autacoïdes, qu'au sujet de questions

pratiques telles la définition de l'intensité, des modalités et du volume d'exercice optimaux à définir dans différentes populations.

BIBLIOGRAPHIE

ARVOLA P, WU X, KAHONEN M. Exercise enhances vasorelaxation in experimental obesity associated hypertension. *Cardiovascular Research* 1999, **43** : 992-1002

ABRAHAM P, SAUMET JL, CHEVALIER JM. External iliac artery endofibrosis in athletes. *Sports Med* 1997, **24** : 221-226

ADAMOPOULOS S, PARISSIS J, KROUPIS C, GEORGIADIS M, KARATZAS D, et coll. Physical training reduces peripheral markers of inflammation in patients with chronic heart failure. *Eur Heart J* 2001, **22** : 791-797

ADAMS V, LINKE A, KRANKEL N, ERBS S, GIELEN S, et coll. Impact of regular physical activity on the NAD(P)H oxidase and angiotensin receptor system in patients with coronary artery disease. *Circulation* 2005, **111** : 555-562

AKIMOTO T, FURUDATE M, SAITOH M. Increased plasma concentrations of intercellular adhesion molecule-1 after strenuous exercise associated with muscle damage. *Eur J Appl Physiol* 2002, **86** : 185-190

ANDERSON TJ, MEREDITH IT, YEUNG AC, FREI B, SELWYN AP, GANZ P. The effect of cholesterol-lowering and antioxidant therapy on endothelium-dependent coronary vasomotion. *N Engl J Med* 1995, **332** : 488-493

AOKI N, SIEGFRIED M, LEFER AM. Anti-EDRF effect of tumor necrosis factor in isolated, perfused cat carotid arteries. *Am J Physiol* 1989, **256** : H1509-H1512

ARTEAGA RB, CHIRINOS JA, SORIANO AO, JY W, HORSTMAN L, et coll. Endothelial microparticles and platelet and leukocyte activation in patients with the metabolic syndrome. *Am J Cardiol* 2006, **98** : 70-74

BALAGOPAL P, GEORGE D, PATTON N, YARANDI H, ROBERTS WL, et coll. Lifestyle-only intervention attenuates the inflammatory state associated with obesity: a randomized controlled study in adolescents. *J Pediatr* 2005, **146** : 342-348

BAUM M, LIESEN H, ENNEPER J. Leucocytes, lymphocytes, activation parameters and cell adhesion molecules in middle-distance runners under different training conditions. *Int J Sports Med* 1994, **15** (suppl 3) : S122-S126

BAUMGARTNER-PARZER SM, WAGNER L, PETTERMANN M, GESSL A, WALDHAUSL W. Modulation by high glucose of adhesion molecule expression in cultured endothelial cells. *Diabetologia* 1995a, **38** : 1367-1370

BAUMGARTNER-PARZER SM, WAGNER L, PETTERMANN M, GRILLARI J, GESSL A, WALDHAUSL W. High-glucose-triggered apoptosis in cultured endothelial cells. *Diabetes* 1995b, **44** : 1323-1327

BELIZNA C, DUIJVESTIJN A, HAMIDOU M, COHEN TERVAERT JW. Antiendothelial cell antibodies in vasculitis and connective tissue disease. *Ann Rheum Dis* 2006, **65** : 1545-1550

BERGHOLM R, MAKIMATTILA S, VALKONEN M, LIU ML, LAHDENPERA S, et coll. Intense physical training decreases circulating antioxidants and endothelium-dependent vasodilatation in vivo. *Atherosclerosis* 1999, **145** : 341-349

BERLINER JA, NAVAB M, FOGELMAN AM, FRANK JS, DEMER LL, et coll. Atherosclerosis: basic mechanisms. Oxidation, inflammation, and genetics. *Circulation* 1995, **91** : 2488-2496

BEVILACQUA MP, NELSON RM, MANNORI G, CECCONI O. Endothelial-leukocyte adhesion molecules in human disease. *Annu Rev Med* 1994, **45** : 361-378

BOGER RH, BODE-BOGER SM, SCHRODER EP, TSIKAS D, FROLICH JC. Increased prostacyclin production during exercise in untrained and trained men: effect of low-dose aspirin. *J Appl Physiol* 1995, **78** : 1832-1838

BOOTH FW, CHAKRAVARTHY MV, SPANGENBURG EE. Exercise and gene expression: physiological regulation of the human genome through physical activity. *J Physiol* 2002, **543** : 399-411

BOULANGER C, LUSCHER TF. Release of endothelin from the porcine aorta. Inhibition by endothelium-derived nitric oxide. *J Clin Invest* 1990, **85** : 587-590

BRADLEY SJ, KINGWELL BA, MCCONELL GK. Nitric oxide synthase inhibition reduces leg glucose uptake but not blood flow during dynamic exercise in humans. *Diabetes* 1999, **48** : 1815-1821

BROWN MD. Exercise and coronary vascular remodelling in the healthy heart. *Exp Physiol* 2003, **88** : 645-658

CADROY Y, PILLARD F, SAKARIASSEN KS, THALAMAS C, BONEU B, RIVIÈRE D. Strenuous but not moderate exercise increases the thrombotic tendency in healthy sedentary male volunteers. *J Appl Physiol* 2002, **93** : 829-833

CAI H, HARRISON DG. Endothelial dysfunction in cardiovascular diseases: the role of oxidant stress. *Circ Res* 2000, **87** : 840-844

CHEN HI, CHIANG IP. Chronic exercise decreases adrenergic agonist-induced vasoconstriction in spontaneously hypertensive rats. *Am J Physiol* 1996, **271** : H977-H983

CHEN HI, CHIANG IP, JEN CJ. Exercise training increases acetylcholine-stimulated endothelium-derived nitric oxide release in spontaneously hypertensive rats. *J Biomed Sci* 1996, **3** : 454-460

CHEN SJ, WU CC, YEN MH. Exercise training activates large-conductance calcium activated K(+) channels and enhances nitric oxide production in rat mesenteric artery and thoracic aorta. *J Biomed Sci* 2001, **8** : 248-255

CHOBANIAN AV, BAKRIS GL, BLACK HR, CUSHMAN WC, GREEN LA, et coll. The Seventh Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure: the JNC 7 report. *Jama* 2003, **289** : 2560-2572

CHU TF, HUANG TY, JEN CJ, CHEN HI. Effect of chronic exercise on calcium signaling in rat vascular endothelium. *Am J Physiol* 2000, **279** : H1441-H1446

COLLINS P, FORD I, BALL D, MACAULAY E, GREAVES M, BRITTENDEN J. A preliminary study on the effects of exercising to maximum walking distance on platelet and endothelial function in patients with intermittent claudication. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2006, **31** : 266-273

COOK DG, MENDALL MA, WHINCUP PH, CAREY IM, BALLAM L, et coll. C-reactive protein concentration in children: relationship to adiposity and other cardiovascular risk factors. *Atherosclerosis* 2000, **149** : 139-150

CORTES RODRIGUEZ B, FERNANDEZ DE LA PUEBLA GIMENEZ RA, MOROTE IBARROLA G, CABALLERO VILLARRASO J, et coll. Endothelial dysfunction is associated with insulin resistance in patients with rheumatoid arthritis. *Med Clin (Barc)* 2007, **128** : 414-416

CURRENS JH, WHITE PD. Half a century of running. Clinical, physiologic and autopsy findings in the case of Clarence DeMar ("Mr. Marathon"). *N Engl J Med* 1961, **265** : 988-993

DAVI G, GUAGNANO MT, CIABATTONI G, BASILI S, FALCO A, et coll. Platelet activation in obese women: role of inflammation and oxidant stress. *Jama* 2002, **288** : 2008-2014

DAVIES PF. Flow-mediated endothelial mechanotransduction. *Physiol Rev* 1995, **75** : 519-560

DAVIS ME, CAI H, DRUMMOND GR, HARRISON DG. Shear stress regulates endothelial nitric oxide synthase expression through c-Src by divergent signaling pathways. *Circ Res* 2001, **89** : 1073-1080

DAVIS ME, GRUMBACH IM, FUKAI T, CUTCHINS A, HARRISON DG. Shear stress regulates endothelial nitric-oxide synthase promoter activity through nuclear factor kappaB binding. *J Biol Chem* 2004, **279** : 163-168

DAVIS PG, FERGUSON MA, ALDERSON NL, PATE RR, BODARY PF, DURSTINE JL. Effect of exercise duration on plasma endothelin-1 concentration. *J Sports Med Phys Fitness* 2005, **45** : 419-423

DE KEULENAER GW, CHAPPELL DC, ISHIZAKA N, NEREM RM, ALEXANDER RW, GRIENGLING KK. Oscillatory and steady laminar shear stress differentially affect human endothelial redox state: role of a superoxide-producing NADH oxidase. *Circ Res* 1998, **82** : 1094-1101

DELPE MD, LAUGHLIN MH. Time course of enhanced endothelium-mediated dilatation in aorta of trained rats. *Med Sci Sports Exerc* 1997, **29** : 1454-1461

DELPE MD, MC ALLISTER RM, LAUGHLIN MH. Exercise training alters endothelium-dependent vasoreactivity of rat abdominal aorta. *J Appl Physiol* 1993, **75** : 1354-1363

DEMIREL HA, POWERS SK, CAILLAUD C, COOMBES JS, NAITO H, et coll. Exercise training reduces myocardial lipid peroxidation following short-term ischemia-reperfusion. *Med Sci Sports Exerc* 1998, **30** : 1211-1216

DIMMELER S, HERMANN C, GALLE J, ZEIHNER AM. Upregulation of superoxide dismutase and nitric oxide synthase mediates the apoptosis-suppressive effects of shear stress on endothelial cells. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 1999, **19** : 656-664

DONATO AJ, LESNIEWSKI LA, DELP MD. Ageing and exercise training alter adrenergic vasomotor responses of rat skeletal muscle arterioles. *J Physiol* 2007, **579** : 115-125

DREXLER H, HORNIG B. Endothelial dysfunction in human disease. *J Mol Cell Cardiol* 1999, **31** : 51-60

ESPOSITO K, GIUGLIANO F, DI PALO C, GIUGLIANO G, MARFELLA R, et coll. Effect of lifestyle changes on erectile dysfunction in obese men: a randomized controlled trial. *JAMA* 2004, **291** : 2978-2984

ETO M, KOUROEDOV A, COSENTINO F, LUSCHER TF. Glycogen synthase kinase-3 mediates endothelial cell activation by tumor necrosis factor-alpha. *Circulation* 2005, **112** : 1316-1322

FAGERHOL MK, NIELSEN HG, VETLESEN A, SANDVIK K, LYBERG T. Increase in plasma calprotectin during long-distance running. *Scand J Clin Lab Invest* 2005, **65** : 211-220

FERREIRA AC, PETER AA, MENDEZ AJ, JIMENEZ JJ, MAURO LM, et coll. Postprandial hypertriglyceridemia increases circulating levels of endothelial cell microparticles. *Circulation* 2004, **110** : 3599-3603

FONTANA J, FULTON D, CHEN Y, FAIRCHILD TA, MCCABE TJ, et coll. Domain mapping studies reveal that the M domain of hsp90 serves as a molecular scaffold to regulate Akt-dependent phosphorylation of endothelial nitric oxide synthase and NO release. *Circ Res* 2002, **90** : 866-873

FRANGOS JA, ESKIN SG, MCINTIRE LV, IVES CL. Flow effects on prostacyclin production by cultured human endothelial cells. *Science* 1985, **227** : 1477-1479

FRANZONI F, GALETTA F, MORIZZO C, LUBRANO V, PALOMBO C, et coll. Effects of age and physical fitness on microcirculatory function. *Clin Sci (Lond)* 2004, **106** : 329-335

FRANZONI F, GHIADONI L, GALETTA F, PLANTINGA Y, LUBRANO V, et coll. Physical activity, plasma antioxidant capacity, and endothelium-dependent vasodilation in young and older men. *Am J Hypertens* 2005, **18** : 510-516

FREYSSINET JM. Cellular microparticles: what are they bad or good for? *J Thromb Haemost* 2003, **1** : 1655-1662

FRYDELUND-LARSEN L, PENKOWA M, AKERSTROM T, ZANKARI A, NIELSEN S, PEDERSEN BK. Exercise induces interleukin-8 receptor (CXCR2) expression in human skeletal muscle. *Exp Physiol* 2007, **92** : 233-240

FUKAI T, SIEGFRIED MR, USHIO-FUKAI M, CHENG Y, KODJA G, HARRISON DG. Regulation of the vascular extracellular superoxide dismutase by nitric oxide and exercise training. *J Clin Invest* 2000, **105** : 1631-1639

FURCHGOTT RF, ZAWADZKI JV. The obligatory role of endothelial cells in the relaxation of arterial smooth muscle by acetylcholine. *Nature* 1980, **28** : 373-376

GARCIA-CARDENA G, FAN R, SHAH V, SORENTINO R, CIRINO G, PAPAPETROPOULOS A. Dynamic activation of endothelial nitric oxide synthase by Hsp90. *Nature* 1998, **392** : 821-824

GAVIN TP, ROBINSON CB, YEAGER RC, ENGLAND JA, NIFONG LW, HICKNER RC. Angiogenesis growth factor response to acute systemic exercise in human skeletal muscle. *J Appl Physiol* 2003, **96** : 19-24

GILL JM, CASLAKE MJ, MCALLISTER C, TSOFLIOU F, FERRELL WR, et coll. Effects of short-term detraining on postprandial metabolism, endothelial function, and inflammation in endurance-trained men: dissociation between changes in triglyceride metabolism and endothelial function. *J Clin Endocrinol Metab* 2003, **88** : 4328-4335

GORDON JB, GANZ P, NABEL EG, FISH RD, ZEBEDE J, et coll. Atherosclerosis influences the vasomotor response of epicardial coronary arteries to exercise. *J Clin Invest* 1989, **83** : 1946-1952

GOTO C, HIGASHI Y, KIMURA M, NOMA K, HARA K, et coll. The effect of different intensities of exercise on endothelium-dependent vasodilatation in humans: role of endothelium-dependent nitric oxide and oxidative stress. *Circulation* 2003, **108** : 530-535

GRABOWSKI EF, JAFFE EA, WEKSLER BB. Prostacyclin production by cultured endothelial cell monolayers exposed to step increases in shear stress. *J Lab Clin Med* 1985, **105** : 36-43

GREEN DJ, MAIORANA A, O'DRISCOLL G, TAYLOR R. Effect of exercise training on endothelium-derived nitric oxide function in humans. *J Physiol* 2004, **561** : 1-25

GUAY AT. Relation of endothelial cell function to erectile dysfunction: implications for treatment. *Am J Cardiol* 2005, **96** : 52M-56M

GULMEZ O, YILDIRIR A, BAL U, KONAS ND, AYDINALP A, et coll. Assessment of biochemical aspirin resistance at rest and immediately after exercise testing. *Blood Coagul Fibrinolysis* 2007, **18** : 9-13

HAENDELER J, HOFFMANN J, TISCHLER V, BERK BC, ZEIHNER AM, DIMMELER S. Redox regulatory and anti-apoptotic functions of thioredoxin depend on S-nitrosylation at cysteine 69. *Nat Cell Biol* 2002, **4** : 743-749

HALVERSTADT A, PHARES DA, FERRELL RE, WILUND KR, GOLDBERG AP, HAGBERG JM. High-density lipoprotein-cholesterol, its subfractions, and responses to exercise training are dependent on endothelial lipase genotype. *Metabolism* 2003, **52** : 1505-1511

HAMBRECHT R, WOLF A, GIELEN S, LINKE A, HOFER J, et coll. Effect of exercise on coronary endothelial function in patients with coronary artery disease. *N Engl J Med* 2000, **342** : 454-460

HAMBRECHT R, ADAMS V, ERBS S, LINKE A, KRANKEL N, et coll. Regular physical activity improves endothelial function in patients with coronary artery disease by increasing phosphorylation of endothelial nitric oxide synthase. *Circulation* 2003, **107** : 3152-3158

HAMDY O. Lifestyle modification and endothelial function in obese subjects. *Expert Rev Cardiovasc Ther* 2005, **3** : 231-241

HAN C, ROBINSON DW, HACKETT MV, PARAMORE LC, FRAEMAN KH, BALA MV. Cardiovascular disease and risk factors in patients with rheumatoid arthritis, psoriatic arthritis, and ankylosing spondylitis. *J Rheumatol* 2006, **33** : 2167-2172

HEAPS CL, STUREK M, RAPPS JA, LAUGHLIN MH, PARKER JL. Exercise training restores adenosine-induced relaxation in coronary arteries distal to chronic occlusion. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2000, **278** : H1984-H1992

HEAPS CL, STUREK M, PRICE EM, LAUGHLIN MH, PARKER JL. Sarcoplasmic reticulum Ca(2+) uptake is impaired in coronary smooth muscle distal to coronary occlusion. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2001, **281** : H223-H231

HEITZER T, JUST H, MUNZEL T. Antioxidant vitamin C improves endothelial dysfunction in chronic smokers. *Circulation* 1996, **94** : 6-9

HERBRIG K, HAENSEL S, OELSCHLAEGEL U, PISTROSCH F, FOERSTER S, et coll. Endothelial dysfunction in patients with rheumatoid arthritis is associated with a reduced number and impaired function of endothelial progenitor cells. *Ann Rheum Dis* 2006, **65** : 157-163

HIGASHI Y, YOSHIZUMI M. Exercise and endothelial function: role of endothelium-derived nitric oxide and oxidative stress in healthy subjects and hypertensive patients. *Pharmacol Ther* 2004, **102** : 87-96

HIGASHI Y, SASAKI S, KURISU S, YOSHIMUZU A, SAKI N, et coll. Regular aerobic exercise augments endothelium-dependent vascular relaxation in normotensive as well as hypertensive subjects: role of endothelium-derived nitric oxide. *Circulation* 1999a, **100** : 1194-1202

HIGASHI Y, SASAKI S, SASAKI N, NAKAGAWA K, UEDA T, et coll. Daily aerobic exercise improves reactive hyperemia in patients with essential hypertension. *Hypertension* 1999b, **33** : 591-597

HIGASHI Y, SASAKI S, NAKAGAWA K, KURISU S, YOSHIMUZU A, et coll. A comparison of angiotensin-converting inhibitors, calcium antagonists, beta-blockers, diuretics on reactive hyperemia in patients with essential hypertension: A multicenter study. *J Am Coll Cardiol* 2000, **35** : 284-291

HORNIG B, MAIER V, DREXLER H. Physical training improves endothelial function in patients with chronic heart failure. *Circulation* 1996, **93** : 210-214

HORNIG B, KOHLER C, DREXLER H. Role of bradykinin in mediating vascular effects of angiotensin-converting enzyme inhibitors in humans. *Circulation* 1997, **95** : 1115-1118

HORNIG B, ARAKAWA N, KOHLER C, DREXLER H. Vitamin C improves endothelial function of conduit arteries in patients with chronic heart failure. *Circulation* 1998, **97** : 363-368

IGNARRO LJ. Nitric oxide. A novel signal transduction mechanism for transcellular communication. *Hypertension* 1990, **16** : 477-483

INDOLFI C, TORELLA D, COPPOLA C, CURCIO A, RODRIGUEZ F, et coll. Physical training increases eNOS vascular expression and activity and reduces restenosis after balloon angioplasty or arterial stenting in rats. *Circ Res* 2002, **91** : 1190-1197

INOUE N, RAMASAMY S, FUKAI T, NEREM RM, HARRISON DG. Shear stress modulates expression of Cu/Zn superoxide dismutase in human aortic endothelial cells. *Circ Res* 1996, **79** : 32-37

JASPERSE JL, WOODMAN CR, PRICE EM, HASSER EM, LAUGHLIN MH. Handlimb unweighting decreases eNOS gene expression and endothelium-dependent dilation in rat soleus feed arteries. *J Appl Physiol* 1999, **87** : 1476-1482

JEN CJ, CHAN HP, CHEN HI. Chronic exercise improves endothelial calcium signaling and vasodilatation in hypercholesterolemic rabbit femoral artery. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2002, **22** : 1219-1224

JIMENEZ JJ, JY W, MAURO LM, SODERLAND C, HORSTMAN LL, AHN YS. Endothelial cells release phenotypically and quantitatively distinct microparticles in activation and apoptosis. *Thromb Res* 2003, **109** : 175-180

KAISER L, SPICKARD RC, OLIVIER NB. Heart failure depresses endothelium-dependent responses in canine femoral artery. *Am J Physiol* 1989, **256** : H962-H967

KAMIYA A, TOGAWA T. Adaptive regulation of wall shear stress to flow change in the canine carotid artery. *Am J Physiol* 1980, **239** : H14-H21

KATZ SD, SCHWARZ M, YUEN J, LEJEMTEL TH. Impaired acetylcholine-mediated vasodilation in patients with congestive heart failure. Role of endothelium-derived vasodilating and vasoconstricting factors. *Circulation* 1993, **88** : 55-61

KEMI OJ, HARAM PM, WISLOFF U, ELLINGSEN O. Aerobic fitness is associated with cardiomyocyte contractile capacity and endothelial function in exercise training and detraining. *Circulation* 2004, **109** : 2897-2904

KINGWELL BA, SHERRARD B, JENNINGS GL, DART AM. Four weeks of cycle training increases basal production of nitric oxide from the forearm. *Am J Physiol* 1997, **272** : H1070-H1077

KOJDA G, HARRISON D. Interactions between NO and reactive oxygen species: pathophysiological importance in atherosclerosis, hypertension, diabetes and heart failure. *Cardiovasc Res* 1999, **43** : 562-571

KOLLER A, HUANG A, SUN D, KALEY G. Exercise training augments flow-dependent dilation in rat skeletal muscle arterioles. Role of endothelial nitric oxide and prostaglandins. *Circ Res* 1995, **76** : 544-550

KVERNMO HD, STEFANOVSKA A, KIRKEBOEN KA. Enhanced endothelial activity reflected in cutaneous blood flow oscillations of athletes. *Eur J Appl Physiol* 2003, **90** : 16-22

LANGILLE BL, O'DONNELL F. Reductions in arterial diameter produced by chronic decreases in blood flow are endothelium-dependent. *Nature* 1986, **231** : 405-407

LAUFS U, URHAUSEN A, WERNER N, SCHARHAG J, HEITZ A, et coll. Running exercise of different duration and intensity: effect on endothelial progenitor cells in healthy subjects. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2005, **12** : 407-414

LEFROY DC, CRAKE T, UREN NG, DAVIES GJ, MASERI A. Effect of inhibition of nitric oxide synthesis on epicardial coronary artery caliber and coronary blood flow in humans. *Circulation* 1993, **88** : 43-54

LERMAN A, BURNETT JC. Intact and altered endothelium in regulation of vasomotion. *Circulation* 1992, **86** (6 suppl) : III12-III19

LINDSTROM J, ILANNE-PARIKKA P, PELTONEN M, AUNOLA S, ERIKSSON JG, et coll. Sustained reduction in the incidence of type 2 diabetes by lifestyle intervention: follow-up of the Finnish Diabetes Prevention Study. *Lancet* 2006, **368** : 1673-1679

LINKE A, SCHOENE N, GIELEN S, HOFER J, ERBS S, et coll. Endothelial dysfunction in patients with chronic heart failure: systemic effects of lower-limb exercise training. *J Am Coll Cardiol* 2001, **37** : 392-397

LINKE A, ERBS S, HAMBRECHT R. Exercise and the coronary circulation-alterations and adaptations in coronary artery disease. *Prog Cardiovasc Dis* 2006, **48** : 270-284

LOPEZ-GARCIA E, SCHULZE MB, FUNG TT, MEIGS JB, RIFAI N, et coll. Major dietary patterns are related to plasma concentrations of markers of inflammation and endothelial dysfunction. *Am J Clin Nutr* 2004, **80** : 1029-1035

LUSCHER TF, YANG Z, TSCHUDI M, VON SEGESSER L, STULZ P, et coll. Interaction between endothelin-1 and endothelium-derived relaxing factor in human arteries and veins. *Circ Res* 1990, **66** : 1088-1094

MAIORANA A, O'DRISCOLL G, CHEETHAM C, DEMBO L, STANTON K, et coll. The effect of combined aerobic and resistance exercise training on vascular function in type 2 diabetes. *J Am Coll Cardiol* 2001, **38** : 860-866

MAIORANA A, O'DRISCOLL G, TAYLOR R, GREEN D. Exercise and the nitric oxide vasodilator system. *Sports Med* 2003, **33** : 1013-1035

MANCINI GB, HENRY GC, MACAYA C, O'NEILL BJ, PUCILLO AL, et coll. Angiotensin-converting enzyme inhibition with quinapril improves endothelial vasomotor dysfunction in patients with coronary artery disease. The TREND (Trial on Reversing ENdothelial Dysfunction) Study. *Circulation* 1996, **94** : 258-265

MARTIN JW, BRIESMIESTER K, BARGARDI A, MUZIK O, MOSCA L, DUVERNOY CS. Weight changes and obesity predict impaired resting and endothelium-dependent myocardial blood flow in postmenopausal women. *Clin Cardiol* 2005, **28** : 13-18

MATHIAS CJ. Role of sympathetic efferent nerves in blood pressure regulation and in hypertension. *Hypertension* 1991, **18** (5 suppl) : III22-III30

MAXWELL AJ, SCHAUBLE E, BERNSTEIN D, COOKE JP. Limb blood flow during exercise is dependent on nitric oxide. *Circulation* 1998, **98** : 369-374

MC ALLISTER RM, LAUGHLIN MH. Short-term exercise training alters responses of porcine femoral and brachial arteries. *J Appl Physiol* 1997, **82** : 1438-1444

MC ALLISTER RM, KIMANI JK, WEBSTER JL, PARKER JL, LAUGHLIN MH. Effect of exercise training on responses of peripheral and visceral arteries in swine. *J Appl Physiol* 1996, **80** : 216-225

MC ALLISTER RM, JASPERSE JL, LAUGHLIN MH. Nonuniform effects of endurance exercise training on vasodilatation in rat skeletal muscle. *J Appl Physiol* 2005, **98** : 753-761

MCGOWAN CL, VISOCCHI A, FAULKNER M, VERDUYN R, RAKOBOWCHUK M, et al. Isometric handgrip training improves local flow-mediated dilation in medicated hypertensives. *Eur J Appl Physiol* 2006, **98** : 355-362

MEIDELL RS. Southwestern Internal Medicine Conference: endothelial dysfunction and vascular disease. *Am J Med Sci* 1994, **307** : 378-389

MEIGS JB, O'DONNELL C J, TOFLER GH, BENJAMIN EJ, FOX CS, et coll. Hemostatic markers of endothelial dysfunction and risk of incident type 2 diabetes: the Framingham Offspring Study. *Diabetes* 2006, **55** : 530-537

MERELES D, EHLKEN N, KREUSCHER S, GHOFrani S, HOEPER MM, et coll. Exercise and respiratory training improve exercise capacity and quality of life in patients with severe chronic pulmonary hypertension. *Circulation* 2006, **114** : 1482-1489

MILLER VM, BURNETT JC. Modulation of NO and endothelin by chronic increases in blood flow in canine femoral arteries. *Am J Physiol* 1992, **263** : H103-H108

MINAMI A, ISHIMURA N, HARADA N, SAKAMOTO S, NIWA Y, NAKAYA Y. Exercise training improves acetylcholine-induced endothelium-dependent hyperpolarization in type 2 diabetics rats, Otsuka Long-Evans Tokushima fatty rats. *Atherosclerosis* 2002, **162** : 85-92

MINEO C, GORMLEY AK, YUHANNA IS, OSBORNE-LAWRENCE S, GIBSON LL, et coll. FCGAMMARIIB mediates C-reactive protein inhibition of endothelial NO synthase. *Circ Res* 2005, **97** : 1124-1131

MOCKEL M, ULRICH NV, HELLER G, ROCKER L, HANSEN R, et coll. Platelet activation through triathlon competition in ultra-endurance trained athletes: impact of thrombin and plasmin generation and catecholamine release. *Int J Sports Med* 2001, **22** : 337-343

MONCADA S, PALMER RMJ, HIGGS E. Nitric oxide: physiology, pathophysiology and pharmacology. *Pharmacol Rev* 1991, **43** : 109-142

MOYNA NM, THOMPSON PD. The effect of physical activity on endothelial function in man. *Acta Physiol Scand* 2004, **180** : 113-123

MUIS MJ, BOTS ML, BILO HJ, HOOGMA RP, HOEKSTRA JB, et coll. High cumulative insulin exposure: a risk factor of atherosclerosis in type 1 diabetes? *Atherosclerosis* 2005, **181** : 185-192

MULLER P, CZERNIN J, CHOI Y, AGUILAR F, NITZSCHE EU, et coll. Effect of exercise supplementation during adenosine infusion on hyperemic blood flow and flow reserve. *Am Heart J* 1994, **128** : 52-60

MULLER-DELP JM. Aging-induced adaptations of microvascular reactivity. *Microcirculation* 2006, **13** : 301-314

MUNZEL T, SAYEGH H, FREEMAN BA, TARPEY MM, HARRISON DG. Evidence for enhanced vascular superoxide anion production in nitrate tolerance. A novel mechanism underlying tolerance and cross-tolerance. *J Clin Invest* 1995, **95** : 187-194

MUNZEL T, KURZ S, HEITZER T, HARRISON DG. New insights into mechanisms underlying nitrate tolerance. *Am J Cardiol* 1996, **77** : 24C-30C

NATHAN CF. Nitric oxide as a secretory product of mammalian cells. *FASEB J* 1992, **6** : 3051-3056

NATHAN C, XIE QW. Regulation of biosynthesis of nitric oxide. *J Biol Chem* 1994, **269** : 13725-13728

NIEBAUER J, MAXWELL AJ, LIN PS, TSAO PS, KOSEK J, et coll. Impaired aerobic capacity in hypercholesterolemic mice: partial reversal by exercise training. *Am J Physiol* 1999, **276** : H1346-H1354

NOFER JR, LEVKAU B, WOLINSKA I, JUNKER R, FOBKER M, et coll. Suppression of endothelial cell apoptosis by high density lipoproteins (HDL) and HDL-associated lysosphingolipids. *J Biol Chem* 2001, **276** : 34480-34485

OHARA Y, PETERSON TE, HARRISON DG. Hypercholesterolemia increases endothelial superoxide anion production. *J Clin Invest* 1993, **91** : 2546-2551

OLTMAN CL, PARKER JL, ADAMS HR, LAUGHLIN MH. Effects of exercise training on vasomotor reactivity of porcine coronary arteries. *Am J Physiol* 1992, **263** : H372-H382

OTSUKI T, MAEDA S, IEMITSU M, SAITO Y, TANIMURA Y, et coll. Vascular endothelium-derived factors and arterial stiffness in strength- and endurance-trained men. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2007, **292** : H786-H791

PAYNE GW. Effect of inflammation on the aging microcirculation: impact on skeletal muscle blood flow control. *Microcirculation* 2006, **13** : 343-352

PEARSON TA, MENSAH GA, ALEXANDER RW, ANDERSON JL, CANNON RO, et coll. Markers of inflammation and cardiovascular disease: application to clinical and public health practice: A statement for healthcare professionals from the Centers for Disease Control and Prevention and the American Heart Association. *Circulation* 2003, **107** : 499-511

PELLICCIA A, SPATARO A, GRANATA M, BIFFI A, CASELLI G, ALABISO A. Coronary arteries in physiological hypertrophy: echocardiographic evidence of increased proximal size in elite athletes. *Int J Sports Med* 1990, **11** : 120-126

PETERSEN SE, WIESMANN F, HUDSMITH LE, ROBSON MD, FRANCIS JM, et coll. Functional and structural vascular remodelling in elite rowers assessed by cardiovascular magnetic resonance. *J Am Coll Cardiol* 2006, **48** : 790-797

QUYYUMI A. Effect of atherosclerosis on endothelium-dependent inhibition of platelet activation in humans. *Circulation* 1998, **98** : 17-24

RADEGRAN G, SALTIN B. Muscle blood flow at onset of dynamic exercise in humans. *Am J Physiol* 1998, **274** : H314-H322

RAITAKARI OT, JUONALA M, VIIKARI JS. Obesity in childhood and vascular changes in adulthood: insights into the Cardiovascular Risk in Young Finns Study. *Int J Obes (Lond)* 2005, **29** (suppl 2) : S101-S104

RAJAGOPALAN S, MENG XP, RAMASAMY S, HARRISON DG, GALIS ZS. Reactive oxygen species produced by macrophage-derived foam cells regulate the activity of vascular matrix metalloproteinases in vitro. Implications for atherosclerotic plaque stability. *J Clin Invest* 1996, **98** : 2572-2579

REHMAN J, MILLS PJ, CARTER SM, CHOU J, THOMAS J, MAISEL AS. Dynamic exercise leads to an increase in circulating ICAM-1: further evidence for adrenergic modulation of cell adhesion. *Brain Behav Immun* 1997, **11** : 343-351

ROBERTS CK, WON D, PRUTHI S, KURTOVIC S, SINDHU RK, et coll. Effect of a short-term diet and exercise intervention on oxidative stress, inflammation, MMP-9, and monocyte chemotactic activity in men with metabolic syndrome factors. *J Appl Physiol* 2006, **100** : 1657-1665

ROSS R. The pathogenesis of atherosclerosis: a perspective for the 1990s. *Nature* 1993, **362** : 801-809

RUSH JW, TURK JR, LAUGHLIN MH. Exercise training regulates SOD-1 and oxidative stress in porcine aortic endothelium. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2003, **284** : H1378-H1387

RUSH JW, DENNISS SG, GRAHAM DA. Vascular nitric oxide and oxidative stress: determinants of endothelial adaptations to cardiovascular disease and to physical activity. *Can J Appl Physiol* 2005, **30** : 442-474

RUSSEL AP. Lipotoxicity: the obese and endurance-trained paradox. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2004, **28** : S66-S71

SABATIER F, ROUX V, ANFOSSO F, CAMOIN L, SAMPOL J, DIGNAT-GEORGE F. Interaction of endothelial microparticles with monocytic cells in vitro induces tissue factor-dependent procoagulant activity. *Blood* 2002, **99** : 3962-3970

SAKAMOTO S, MINAMI K, NIWA Y. Effect of exercise training and food restriction on endothelium-dependent relaxation in the Otsuka Long-Evans Tokushima fatty fat, a model of spontaneous NIDDM. *Diabetes* 1998, **47** : 82-86

SCHMIDT A, PLEINER J, BAYERLE-EDER M, WIESINGER GF, RODLER S, et coll. Regular physical exercise improves endothelial function in heart transplant recipients. *Clin Transplant* 2002, **16** : 137-143

SCHRAGE WG, DIETZ NM, EISENACH JH, JOYNER MJ. Agonist-dependent variability of contributions of nitric oxide and prostaglandins in human skeletal muscle. *J Appl Physiol* 2005, **98** : 1251-1257

SCHULZ E, TSILIMINGAS N, RINZE R, REITER B, WENDT M, et coll. Functional and biochemical analysis of endothelial (dys)function and NO/cGMP signaling in human blood vessels with and without nitroglycerin pretreatment. *Circulation* 2002, **105** : 1170-1175

SCHWARTZ MA, LECHENE C. Adhesion is required for protein kinase C-dependent activation of the Na⁺/H⁺ antiporter by platelet-derived growth factor. *Proc Natl Acad Sci USA* 1992, **89** : 6138-6141

SCIACQUA A, CANDIGLIOTA M, CERAVOLO R, SCOZZAFAVA A, SINOPOLI F, et coll. Weight loss in combination with physical activity improves endothelial dysfunction in human obesity. *Diabetes Care* 2003, **26** : 1673-1678

SCRUTINIO D, BELLOTTO F, LAGIOIA R, PASSANTINO A. Physical activity for coronary heart disease: cardioprotective mechanisms and effects on prognosis. *Monaldi Arch Chest Dis* 2005, **64** : 77-87

SHIPLEY RD, MULLER-DELP JM. Aging decreases vasoconstrictor responses of coronary resistance arterioles though endothelium-dependent mechanisms. *Cardiovascular Research* 2005, **66** : 374-383

SIASOS G, TOUSOULIS D, ANTONIADES C, STEFANADI E, STEFANADIS C. L-Arginine, the substrate for NO synthesis: an alternative treatment for premature atherosclerosis? *Int J Cardiol* 2007, **116** : 300-308

SOWERS JR. Hypertension, angiotensin II, and oxidative stress. *N Engl J Med* 2002, **346** : 1999-2001

SPRINGER TA. Traffic signals for lymphocyte recirculation and leukocyte emigration : the multistep paradigm. *Cell* 1994, **76** : 301-314

STERGIOULAS AT, FILIPPOU DK. Effects of physical conditioning on lipids and arachidonic acid metabolites in untrained boys: a longitudinal study. *Appl Physiol Nutr Metab* 2006, **31** : 432-441

SUH HS, PARK YW, KANG JH, LEE SH, LEE HS, SHIM KW. Vascular endothelial dysfunction tested by blunted response to endothelium-dependent vasodilation by salbutamol and its related factors in uncomplicated pre-menopausal obese women. *Int J Obes (Lond)* 2005, **29** : 217-222

SUN D, HUANG A, KOLLER A, KALEY G. Short-term daily exercise activity enhances endothelial NO synthesis in skeletal muscle arterioles of rats. *J Appl Physiol* 1994, **76** : 2241-2247

TADDEI S, VIRDIS A, GHIADONI L, MAGAGNA A, SALVETTI A. Vitamin C improves endothelium-dependent vasodilation by restoring nitric oxide activity in essential hypertension. *Circulation* 1998, **97** : 2222-2229

TADDEI S, VIRDIS A, GHIADONI L, VERSARI D, SALVETTI A. Endothelium, aging, and hypertension. *Curr Hypertens Rep* 2006, **8** : 84-89

TAKESHITA S, INOUE N, UYAMA T, KAWASHIMA S, YOKOYAMA M. Shear stress enhances glutathione peroxidase expression in endothelial cells. *Biochem Biophys Res Commun* 2000, **273** : 66-71

TESFAMARIAM B. Free radicals in diabetic endothelial cell dysfunction. *Free Radic Biol Med* 1994, **16** : 383-391

TOMIYAMA H, KIMURA Y, SAKUMA Y, SHIOJIMA K, YAMAMOTO A, et coll. Effects of an ACE inhibitor and a calcium channel blocker on cardiovascular autonomic nervous system and carotid distensibility in patients with mild to moderate hypertension. *Am J Hypertens* 1998, **11** : 682-689

TRONC F, WASSEF M, ESPOSITO B, HENRION D, GLAGOV S, TEDGUI A. Role of NO in flow-induced remodeling of the rabbit common carotid artery. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 1996, **16** : 1256-1262

TZIMA E, IRANI-TEHRANI M, KIOSSES WB, DEJANA E, SCHULTZ DA, et coll. A mechanosensory complex that mediates the endothelial cell response to fluid shear stress. *Nature* 2005, **437** : 426-431

VANHOUTTE PM. Endothelial adrenoreceptors. *J Cardiovasc Pharmacol* 2001, **38** : 796-808

VAUGHAN DE, ROULEAU JL, RIDKER PM, ARNOLD JM, MENAPACE FJ, PFEFFER MA. Effects of ramipril on plasma fibrinolytic balance in patients with acute anterior myocardial infarction. HEART Study Investigators. *Circulation* 1997, **96** : 442-447

VISSER M, BOUTER LM, MCQUILLAN GM, WENER MH, HARIS TB. Low-grade systemic inflammation in overweight children. *Pediatrics* 2001, **107** : E-13

WALLBERG-JOHNSON S, CVETKOVIC JT, SUNDQVIST KG, LEFVERT AK, RANTAPAA-DAHLQVIST S. Activation of the immune system and inflammatory activity in relation to markers of atherothrombotic disease and atherosclerotic in rheumatoid arthritis. *J Rheumatol* 2002, **29** : 875-882

WALSH JH, YONG G, CHEETHAM C, WATTS GF, O'DRISCOLL GJ, et coll. Effects of exercise training on conduit and resistance vessel function in treated and untreated hypercholesterolaemic subjects. *Eur Heart J* 2003a, **24** : 1681-1689

WALSH JH, BILSBOROUGH W, MAIORANA A, BEST M, O'DRISCOLL GJ, et coll. Exercise training improves conduit vessel function in patients with coronary artery disease. *J Appl Physiol* 2003b, **95** : 20-25

WEISS C, WELSCH M, ALBERT M. Coagulation and thrombomodulin in response to exercise of different type and duration. *Med Sci Sports Exer* 1998, **30** : 1205-1210

WINLAW DS, SMYTHE GA, KEOGH AM, SCHYVENS CG, SPRATT PM, MACDONALD PS. Nitric oxide production and heart failure. *Lancet* 1995, **345** : 390-391

WOO KS, CHOOK P, YU CW, SUNG RY, QIAO M, et coll. Effects of diet and exercise on obesity-related vascular dysfunction in children. *Circulation* 2004, **109** : 1981-1986

XU Q. Role of heat shock proteins in atherosclerosis. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2002, **22** : 1547-1559

YAMASHITA T, KAWASHIMA S, OHASHI Y, OZAKI M, RIKITAKE Y, et coll. Mechanisms of reduced nitric oxide/cGMP-mediated vasorelaxation in transgenic mice overexpressing endothelial nitric oxide synthase. *Hypertension* 2000, **36** : 97-102

YANG AL, TSAI SJ, JIANG MJ, JEN CJ, CHEN HI. Chronic exercise increases both inducible and endothelial nitric oxide synthase gene expression in endothelial cells of rat aorta. *J Biomed Sci* 2002, **9** : 149-155

YEN MH, YANG JH, SHEU JR, LEE YM, DING YA. Chronic exercise enhances endothelium-mediated dilation in spontaneously hypertensive rats. *Life Sci* 1995, **57** : 2205-2213

YEUNG AC, VEKSHTEIN VI, KRANTZ DS, VITA JA, RYAN TJ, et coll. The effect of atherosclerosis on the vasomotor response of coronary arteries to mental stress. *N Engl J Med* 1991, **325** : 1551-1556

YOSHIZUMI M, PERRELLA MA, BURNETT JC, LEE ME. Tumor necrosis factor downregulates an endothelial nitric oxide synthase mRNA by shortening its half-life. *Circ Res* 1993, **73** : 205-209

ZEIHER AM, DREXLER H, WOLLSCHLAEGER H, SAURBIER B, JUST H. Coronary vasomotion in response to sympathetic stimulation in humans: importance of the functional integrity of the endothelium. *J Am Coll Cardiol* 1989, **14** : 1181-1190

13

Système immunitaire

De nombreux travaux se sont attachés à l'étude de la relation entre l'exercice physique et les paramètres immunitaires. Deux situations différentes sont à envisager : d'une part la réponse immédiate à un exercice unique et d'autre part les effets à long terme de l'entraînement physique sur le système immunitaire.

Exercice physique aigu et fonctions immunitaires

En général, pendant et immédiatement après l'exercice intense, le nombre total de leucocytes (polynucléaires et mononucléaires) circulants augmente. Cette leucocytose est proportionnelle à l'intensité et à la durée de l'exercice (Mc Carthy et Dale, 1988). Elle disparaît 24 heures après l'exercice.

Répartition des populations lymphocytaires

Plusieurs travaux décrivent les changements induits par l'exercice sur les sous-types de cellules mononuclées sanguines que sont les neutrophiles, lymphocytes et monocytes (Nieman et coll., 1994 ; Pedersen et Hoffman-Goetz, 2000).

Pendant l'exercice, l'augmentation du nombre de lymphocytes concerne aussi bien les lymphocytes T CD4+ ou CD8+ que les lymphocytes B CD19+ et les NK (*Natural Killer*) CD16+ ou CD56+. Les populations les plus augmentées sont les cellules NK et les lymphocytes CD8+, induisant une diminution du rapport CD4+/CD8+ pouvant atteindre 30 à 60 %. L'augmentation des cellules NK entraîne une diminution des lymphocytes T CD4+ (Fry et coll., 1992).

La période post-exercice est caractérisée par une diminution du nombre de lymphocytes (lymphopénie) et de monocytes, en dessous des taux basaux (Moyna et coll., 1996) alors que le nombre de neutrophiles circulants continue à augmenter avec un pic plusieurs heures après la fin de l'exercice (Mc Carthy et Dale, 1988 ; Fry et coll., 1992 ; Nieman et coll., 1994). Nieman et coll. (1994) ont ainsi constaté qu'un exercice de 45 min à

80 % de VO₂ max induit une diminution du nombre de lymphocytes de 60 min à 3h30 après la fin de l'exercice alors que pendant cette période l'ensemble des leucocytes continue à augmenter. La diminution du nombre de lymphocytes est liée à une réduction du nombre de lymphocytes T CD8+ et à celle des cellules NK dans l'heure qui suit l'arrêt de l'effort maximal.

Ces phénomènes de leucocytose puis de lymphopénie post-exercice constituent la réponse bi-phasique à l'exercice intense. Il est établi que le cortisol et les catécholamines sont des médiateurs importants de ces réponses (Kappel et coll., 1998).

Prolifération lymphocytaire

Les lymphocytes T prolifèrent *in vivo*, en réponse à des antigènes spécifiques ou à des mitogènes non spécifiques tels que la phytohéماغglutinine (PHA) ou la concanavaline-A (Con-A). Chez l'homme la prolifération des lymphocytes T, en réponse à ces mitogènes, est réduite pendant et plusieurs heures après l'exercice (Fry et coll., 1992 ; Nieman et coll., 1994 ; Hinton et coll., 1997). Les études sur l'animal rapportent le même type de résultats.

À l'opposé, la prolifération des lymphocytes B à un mitogène (PWM : *PokeWeed Mitogen*) et au LPS (lipopolysaccharide) augmente ou reste inchangé après l'exercice (Nieman et coll., 1992).

Pour Pedersen et Hoffman-Goetz (2000), les réponses diminuées à la PHA et à la Con-A pendant l'exercice reflètent simplement les changements proportionnels des sous-types lymphocytaires et la diminution du pourcentage de cellules T (Tvede et coll., 1989 ; Fry et coll., 1992).

Exercice et cellules NK

Les cellules non-T non-B sont habituellement appelées *Natural Killer* (NK). Les cellules NK sont une population hétérogène qui, à la différence des lymphocytes T et B sont CD3- et expriment les marqueurs caractéristiques NK tels que CD16+ et CD56 (O'Shea et Ortaldo, 1992). Les cellules NK sont capables de détruire spontanément, avant l'activation de cellules immuno-compétentes spécifiques, des cellules cancéreuses, souvent viro-induites, et certains agents pathogènes. Contrairement aux lymphocytes T CD8+, leur activité cytolytique ne nécessite pas la coopération des lymphocytes T CD4+ et n'est pas restreinte par les molécules du complexe majeur d'histocompatibilité (CMH). N'adhérant pas et ne phagocytant pas, elles sont distinctes des monocytes et des granulocytes. L'activité cytolytique des NK est augmentée par l'interféron (IFN)- α et l'interleukine (IL)-2, alors que certaines prostaglandines et des complexes immunitaires régulent négativement la fonction de ces cellules. La culture de cellules NK en présence de cytokines (IL-2) entraîne leur prolifération et leur différenciation en cellules LAK

(*Lymphokine Activated Killer*), capables de lyser des cellules tumorales insensibles aux cellules NK.

Des exercices différents en type, en intensité et en durée induisent un recrutement sanguin de cellules de type NK (Pedersen et Ullum, 1994). Pendant, ou immédiatement après l'exercice, une augmentation intensité-dépendante de la fonction NK a été montrée : un exercice en course ou vélo à 70-80 % de VO_2 max l'augmente jusqu'à 100 % (Pedersen et coll., 1988). Cette étude montre également que ce sont les NK à haute capacité de réponse à l'IL-2 qui sont recrutées pendant un exercice sur ergocycle et que leur activité est augmentée au cours de la phase de récupération (Pedersen et Hoffman-Goetz, 2000).

Production d'anticorps et immunité mucoale

Le système immunitaire sécrétoire représente la première barrière aux infections par des micro-organismes (infections du tractus supérieur respiratoire). Bien que les IgA (immunoglobuline A) représentent seulement 10 à 15 % des immunoglobulines sériques, elles constituent la classe prédominante d'immunoglobulines des sécrétions mucoales, et sont hautement corrélées aux infections du tractus respiratoire supérieur (URTI : *Upper Respiratory Tract Infection*). En inhibant la fixation et la réplication des pathogènes, les IgA bloquent leur entrée dans l'organisme.

Des concentrations abaissées d'IgA salivaires ont été détectées après une course chez des skieurs de *cross-country* (Tomasi et coll., 1982). Ceci a été confirmé après un exercice intense et long sur ergocycle, avec une diminution de 70 % des IgA salivaires persistant plusieurs heures (Mackinnon et coll., 1989). Des diminutions en IgA salivaires ont aussi été rapportées après épreuve intense de natation (Gleeson et coll., 1995), course sur terrain (Steerenberg et coll., 1997), ou course sur tapis roulant incrémentée jusqu'à épuisement (McDowell et coll., 1992). Une étude récente confirme la baisse des IgA qui semble plutôt apparaître en post-exercice et serait transitoire : des athlètes soumis pendant 3 jours à 2 heures d'exercice sur ergocycle à 75 % de VO_2 max présentent une diminution significative des IgA salivaires 140 minutes après la dernière séance de pédalage (significativité sur la concentration absolue d'IgA en mg/ml, sur le débit des IgA en mg/min, et sur le rapport IgA/protéines salivaires) (Krzywkowski et coll., 2001). Les taux se normalisent 24 heures après. Ce phénomène transitoire de baisse des IgA était déjà décrit par Fahlman et coll. (2001). Nieman et coll. (2002) ont confirmé la baisse des IgA après marathon aussi bien chez des femmes que chez des hommes âgés de 21 à 72 ans. Cependant, il n'a pas été mis en évidence de relation entre la baisse des IgA salivaires et la fréquence des infections respiratoires après une période d'activité physique très intense (Tiollier et coll., 2005 et 2007).

Fonction des neutrophiles

Les neutrophiles représentent environ 60 % du *pool* leucocytaire total et participent à la réponse immunitaire. Ils migrent vers les sites infectés où ils se lient, ingèrent et tuent les agents pathogènes (phagocytose) par des procédés à la fois oxydatifs et non-oxydatifs. La réponse des neutrophiles aux infections inclut l'adhérence, la chimiotaxie, la phagocytose, la combustion oxydative, la dégranulation, et la mort microbienne. L'exercice a des effets à court et long terme sur la fonction des neutrophiles. En général, un exercice modéré augmente les fonctions des neutrophiles (chimiotaxie, phagocytose et activité de combustion oxydative) alors qu'un exercice extrême diminue certaines de ces fonctions sans en affecter d'autres (chimiotaxie et la dégranulation) (Smith et coll., 1990 ; Ortega et coll., 1993).

Inflammation et cytokines

L'exercice musculaire est responsable d'une réponse inflammatoire qui agit sur le système immunitaire (Ostowski et coll., 1999 ; Pedersen et Hoffman-Goetz, 2000). Les médiateurs de cette réponse sont principalement des cytokines. Les cytokines sont des hormones glycoprotéiques produites par les cellules du système immunitaire qui modulent d'une part les relations entre ces cellules et d'autre part leurs relations avec les autres cellules de l'organisme. Les cytokines facilitent l'influx de lymphocytes, monocytes et autres cellules, et ces cellules participent à la clairance de l'antigène et à la cicatrisation des tissus. Les cytokines peuvent être groupées selon leur structure ou leur fonction en interleukines (IL), en interférons (INF), en facteur de nécrose tumorale (TNF), en facteurs de croissance et en chemokines. Ces cytokines peuvent être « pro-inflammatoires » ou « anti-inflammatoires ». Les cytokines pro-inflammatoires incluent l'interleukine-1 β (IL-1 β), l'IL-6, l'IL-8 et le TNF- α . Les composés anti-inflammatoires incluent l'antagoniste du récepteur de l'IL-1 (IL-1ra), les récepteurs du TNF- α , et les cytokines IL-4 et IL-10. Une augmentation d'IL-6 a principalement été montrée après exercice excentrique, induisant une augmentation très élevée de créatine kinase (CK) (Bruunsgaard et coll., 1997b). Ceci suggère qu'il existe un lien entre réponse immunitaire et dommages musculaires. Pedersen et Hoffman-Goetz (2000) ont proposé un modèle dans lequel la cassure mécanique des myofibrilles au cours de l'exercice initierait la production locale et systémique de cytokines.

Liens entre activité physique, systèmes endocriniens, nerveux et immunitaires

L'existence de voies d'interconnexion entre les systèmes immunitaire, nerveux et endocrinien est bien établie. Pedersen et Hoffman-Goetz (2000) ont

proposé un modèle pour expliquer le rôle potentiel des hormones sur la relation « exercice-immunité ». L'adrénaline et, à un moindre degré la noradrénaline, contribueraient à l'effet aigu de l'exercice sur les sous-populations lymphocytaires et sur les activités cellulaires NK et LAK. Les catécholamines et la GH (*Growth Hormone*) réguleraient les effets sur les neutrophiles pendant l'exercice alors que le cortisol exercerait ses effets avec un laps de temps de 2 h et contribuerait à maintenir la lymphopénie et la neutrocytose après l'exercice prolongé. La testostérone et les œstrogènes pourraient contribuer à l'effet de l'exercice sur la prolifération lymphocytaire et l'activité NK. Le rôle des β -endorphines n'est pas clair, elles ne contribueraient pas au recrutement immédiat des NK dans la circulation mais pourraient jouer un rôle dans des conditions d'exercice chronique ou prolongé. Bien que les hormones du stress ne semblent pas responsables de l'augmentation des cytokines à l'exercice, les hormones sexuelles stéroïdiennes pourraient moduler les effets des cytokines à l'exercice. La baisse de l'insuline à l'exercice n'apparaît pas avoir un rôle mécanistique.

La leucocytose immédiate de l'exercice serait attribuée aux catécholamines, la neutrophilie qui apparaît après l'exercice serait due au cortisol.

Niveau d'entraînement et système immunitaire

Nieman (1994) a proposé un modèle de réponse immunitaire à l'entraînement en U inversé. Le statut immunitaire serait amélioré progressivement sous l'effet d'une augmentation de l'activité physique puis se dégraderait pour des entraînements très intenses. Ce modèle a suscité de nombreuses études afin de vérifier l'existence d'une immunosuppression chez les athlètes soumis à de fortes charges d'entraînement. Les résultats suggèrent une légère suppression de paramètres immunitaires sous entraînement intense ou surentraînement, chez l'athlète (Hack et coll., 1994 ; Gleeson et coll., 1999). Cependant, ces athlètes ne sont pas considérés comme immuno-déprimés. C'est-à-dire qu'ils ne développent pas des maladies associées à une déficience immunitaire, les infections du tractus respiratoire supérieur étant les maladies non sévères auxquelles les athlètes sont le plus exposés.

Dans les études croisées, les paramètres immunitaires (incidence des maladies, numération et fonction immunitaire) ont été comparés entre athlètes et non-athlètes, ou bien par rapport à des valeurs de référence ; aucune différence n'est apparue entre les groupes (Mackinnon, 1997). Le défaut de cette approche est la grande variabilité individuelle des paramètres immunitaires mesurés qui ne peut être mise en évidence par une détermination ponctuelle. Les études longitudinales permettent de suivre des paramètres immunitaires dans le temps, pendant la durée de l'entraînement par exemple, et les valeurs sont comparées entre différents types d'entraînement (modéré

versus intense, entraînement *versus* compétition) (Gleeson, 2007). Cependant, les deux approches ayant des inconvénients, il est important de les combiner pour examiner les adaptations du système immunitaire lors de l'entraînement.

L'incidence des infections respiratoires est plus importante après des compétitions ou pendant des périodes d'entraînement intense. De 50 à 70 % des athlètes présentent des infections respiratoires dans les deux semaines suivant des compétitions comme des marathons ou des ultra-marathons (Peters et Bateman, 1983). Leur incidence est supérieure à 40 % chez des nageurs de compétition suivis sur 4 semaines d'entraînement intense (Mackinnon et Hooper, 1996), des hockeyeurs et des joueurs de squash suivis sur 10 semaines d'entraînement (Mackinnon et coll., 1993). Au contraire, l'entraînement modéré n'accroît pas et peut même réduire les risques d'infections respiratoires (Nieman et coll., 1990). Ces données mettent bien en évidence le fait qu'un entraînement modéré stimule la fonction immunitaire, alors qu'un entraînement intense la supprime.

Anticorps et lymphocytes

L'entraînement modéré a peu ou pas d'effet sur les Ig sériques ou mucosales. Chez l'athlète, l'entraînement intense peut diminuer à la fois les Ig sériques et mucosales. Par exemple, chez les nageurs, sur 10 mois, des concentrations abaissées en IgA, IgG et IgM sériques ont été mesurées (10 fois par rapport aux normes cliniques les plus basses) (Gleeson et coll., 1995). Bien que ces nageurs aient des Ig sériques basses, ils sont capables de produire des anticorps spécifiques lorsqu'ils sont immunisés par un nouvel antigène (Gleeson et coll., 1996).

De nombreuses études se sont intéressées à la réponse IgA suite à l'entraînement physique. Les taux en IgA salivaires diminuent après un exercice intense (Mackinnon et coll., 1993 ; Gomez-Merino et coll., 2003 ; Tiollier et coll., 2005). La concentration basale d'IgA salivaire chez l'athlète est soit identique soit inférieure à celle du non-athlète (Gleeson et coll., 1995). Bien que mesurées à des concentrations situées dans les normes biologiques, les IgA salivaires sont plus faibles chez les nageurs surentraînés que chez les nageurs entraînés, suivis sur 6 mois (Mackinnon et Hooper, 1996). Au contraire l'entraînement modéré ne modifie pas les IgA (McDowell et coll., 1992). Lorsque l'intensité de l'exercice augmente au cours de l'entraînement, chez des nageurs suivis pendant 7 mois, les IgA diminuent progressivement (Gleeson et coll., 1995). Des études ont montré une relation, chez les athlètes, entre incidence des URTI et diminution des IgA salivaires (Gleeson et coll., 1999). À l'heure actuelle, c'est le seul paramètre qui soit corrélé aux URTI.

Alors que l'exercice aigu est à l'origine de profonds changements dans le nombre et la distribution relative des sous-types lymphocytaires, ces change-

ments sont généralement transitoires et les taux basaux sont restaurés dans les 24 heures qui suivent l'exercice, on peut considérer que l'entraînement n'affecte pas le nombre de leucocytes (Gleeson et coll., 1995).

Activité cytotoxique NK

Les effets à long terme de l'entraînement physique sur l'activité cytotoxique des NK sont sujets à d'importants débats. Beaucoup d'études ont montré qu'il n'y avait pas de différence au niveau de cette activité basale entre des athlètes et des non-athlètes (Baj et coll., 1994). D'autre part, des travaux suggèrent que l'activité cytotoxique des cellules NK peut être augmentée de plus de 50 % en comparant les populations athlètes et non-athlètes (Nieman et coll., 1995). Des études sur le long terme suggèrent que l'entraînement modéré a peu ou pas d'effet sur l'activité cytotoxique (Nieman et coll., 1993). Une étude sur des femmes légèrement obèses montre que 6 semaines d'entraînement modéré augmentent l'activité cytotoxique des cellules NK de 55 %, sans qu'il y ait davantage d'augmentation quand le programme est poussé à 15 semaines (Nieman et coll., 1990). La plupart des études montrent une activation et une prolifération lymphocytaire normales ou légèrement augmentées pendant des entraînements d'intensité modérée à intense ; la prolifération peut être diminuée pendant de longues périodes d'entraînement très intense.

Activité physique et vieillissement du système immunitaire

Le vieillissement du système immunitaire est caractérisé par un déclin progressif de la réponse aux antigènes exogènes. Cette diminution des fonctions immunes est susceptible d'augmenter la sensibilité aux infections respiratoires. Il a été démontré que l'augmentation du niveau d'activité physique de sujets âgés atténue la diminution des fonctions immunitaires (Malm, 2004). Une augmentation de la réponse vaccinale antigrippale est observée chez les sujets entraînés (Kohut et coll., 2002). La réponse d'hypersensibilité retardée après la sensibilisation à un nouvel antigène, qui reflète les fonctions de mémorisation des lymphocytes T est plus forte chez les sujets actifs les plus entraînés (Smith et coll., 2004). L'ensemble de ces données souligne l'intérêt de maintenir un niveau d'activité élevé pour prévenir les effets néfastes du vieillissement sur les fonctions immunitaires.

En conclusion, l'exercice musculaire influence les paramètres immunitaires pendant la phase d'activité et pendant la récupération. La relation entre le niveau de ces modifications et les conséquences sur la sensibilité aux infections n'est pas clairement établie. Il n'est pas prouvé qu'un entraînement

physique régulier améliore de façon très significative la protection contre les agents infectieux chez les sujets jeunes. L'augmentation du niveau d'activité physique protège contre le déclin des fonctions immunitaires des sujets âgés.

BIBLIOGRAPHIE

BAJ Z, KANTORSKI J, MAJEWSKA E, ZEMAN K, POKOCHA L, et coll. Immunological status of competitive cyclists before and after the training season. *Int J Sports Med* 1994, **15** : 319-324

BRUUNSGAARD H, HARTKOPP A, MOHR T, KONRADSEN H, HERON I, et coll. In vivo cell mediated immunity and vaccination response following prolonged, intense exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1997a, **29** : 1176-1181

BRUUNSGAARD H, GALBO H, HALKJAER-KRISTENSEN J, JOHANSEN TL, MACKLEAN DA, PEDERSEN BK. Exercise-induced increase in interleukin-6 is related to muscle damage. *J Physiol (Lond)* 1997b, **499** : 833-841

FAHLMAN MM, ENGELS HJ, MORGAN AL, KOLOKOURI I. Mucosal IgA response to repeated Wingate tests in females. *Int J Sports Med* 2001, **22** : 127-131

FRY RW, MORTON AR, CRAWFORD GP, KEAST D. Cell numbers and in vitro responses of leukocytes and lymphocyte subpopulations following maximal exercise and interval training sessions of different intensities. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1992, **64** : 218-227

FRY RW, GROVE JR, MORTON AR, ZERONI PM, GAUDIERI S, KEAST D. Psychological and immunological correlates of acute overtraining. *Br J Sports Med* 1994, **28** : 241-246

GLEESON M. Immune function in sports and exercise. *J Appl Physiol* 2007, **103** : 693-699

GLEESON M, MCDONALD WA, CRIPPS W, PYNE DB, CLANCY RL, FRICKER PA. The effect on immunity of long-term intensive training in elite swimmers. *Clin Exp Immunol* 1995, **102** : 210-216

GLEESON M, PYNE DB, MCDONALD WA, CLANCY RL, CRIPPS AW, et coll. Pneumococcal antibody responses in elite swimmers. *Clin Exp Immunol* 1996, **105** : 238-244

GLEESON M, MCDONALD WA, PYNE DB, CRIPPS AW, FRANCIS JL, et coll. Salivary IgA levels and infection risk in elite swimmers. *Med Sci Sports Exerc* 1999, **31** : 67-73

GOMEZ-MERINO D, CHENNAOUI M, BURNAT P, DROGOU C, GUEZENNEC CY. Immune and hormonal changes following intense military training. *Mil Med* 2003, **168** : 1034-1038

HACK B, STROBEL G, WEISS M, WEICKER H. PMN cell counts and phagocytic activity of highly trained athletes depend on training period. *J Appl Physiol* 1994, **77** : 1731-1735

HINTON J, ROWBOTTOM D, KEAST D, MORTON A. Acute intensive interval training and in vitro T-lymphocyte function. *Int J Sports Med* 1997, **18** : 130-135

KAPPEL M, POULSEN TD, GALBO H, PEDERSEN BK. Effects of elevated plasma noradrenaline concentration on the immune system in humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1998, **79** : 93-98

KOHUT ML, COOPER MM, NICKOLAUS MS. Exercise and psychosocial factor modulate immunity to influenza vaccine in elderly individual. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2002, **57** : 557-562

KRZYWKOWSKI K, PETERSEN EW, OSTROWSKI KO, LINK-AMSTER H, BOZA J, et coll. Effect of glutamine and protein supplementation on exercise-induced decreases in salivary IgA. *J Appl Physiol* 2001, **91** : 832-838

MACKINNON LT. Immunity in athletes. *Int J Sports Med* 1997, **18** : 62-68

MACKINNON LT. Advances in Exercise Immunology. Human Kinetics, Champaign IL, 1999

MACKINNON LT, HOOPER SL. Plasma glutamine and upper respiratory tract infection during intensified training in swimmers. *Med Sci Sports Exerc* 1996, **28** : 285-290

MACKINNON LT, CHICK TW, VAN AS A, TOMASI TB. Decreased secretory immunoglobulins following intense endurance exercise. *Sports Training Med Rehabil* 1989, **1** : 209-218

MACKINNON LT, GINN S, SEYMOUR GJ. Decreased salivary immunoglobulin A secretion rate after intense interval exercise in elite kayakers. *Eur J Appl Occup Physiol* 1993, **67** : 180-184

MALM C. Exercise immunology: the current state of man and mouse. *Sports Med* 2004, **34** : 555-566

MCCARTHY DA, DALE MM. The leucocytosis of exercise. A review and model. *Sports Med* 1988, 333-366

MCDOWELL SL, HUGHES RA, HUGHES RJ, HOUSH TJ, JOHNSON GO. The effect of exercise training on salivary immunoglobulin A and cortisol responses to maximal exercise. *Int J Sports Med* 1992, **13** : 577-580

NIEMAN DC. Exercise, upper respiratory infections and the immune system. *Med Sci Sports Exerc* 1994, **26** : 128-139

NIEMAN DC, NEHLSSEN-CANNARELLA SL, MARKOFF PA, BALK-LAMBERTON AJ, YANG H, et coll. The effects of moderate exercise training on natural killer cells and acute upper respiratory tract infections. *Int J Sports Med* 1990, **11** : 467-473

NIEMAN DC, HENSON DA, JOHNSON R, LEBECK L, DAVIS JM, NEHLSSEN-CANNARELLA SL. Effects of brief, heavy exertion on circulating lymphocyte subpopulations and proliferative response. *Med Sci Sports Exerc* 1992, **24** : 1339-1345

NIEMAN DC, MILLER AR, HENSON DA. Effects of high-vs moderate-intensity exercise on natural killer cell activity. *Med Sci Sports Exerc* 1993, **25** : 1126-1134

NIEMAN DC, MILLER AR, HENSON D, WARREN B, GUSEWITCH G, et coll. Effects of high-versus moderate-intensity exercise on lymphocyte subpopulations and proliferative response. *Int J sports Med* 1994, **15** : 199-206

NIEMAN DC, BRENDLE D, HENSON DA, SUTTLES J, COOK VD, et coll. Immune function in athletes versus nonathletes. *Int J Sports Med* 1995, **16** : 329-333

NIEMAN DC, HENSON DA, FAGOAGA OR, UTTER AC, VINCI DM, et coll. Change in salivary IgA following a competitive marathon race. *Int J Sports Med* 2002, **23** : 64-68

ORTEGA E, COLLAZOS ME, MAYNAR M, BARRIGA C, DE LA FUENTE M. Stimulation of the phagocytic function of neutrophils in sedentary men after acute moderate exercise. *Eur J Appl Physiol* 1993, **66** : 60-64

O'SHEA J, ORTALDO JR. The biology of natural cell killer cells: insights into the molecular basis of function. In : *The natural Killer Cell*. LEWIS CE, MCGEE JO (eds). Oxford Univ Press, 1992 : 1-40

OSTROWSKI K, ROHDE T, ASP S, SCHJERLING P, PEDERSEN BK. The cytokine balance and strenuous exercise : TNF-alpha, IL-2beta, IL-6, IL-1ra, sTNF-r1, sTNF-r2, and IL-10. *J Physiol (Lond)* 1999, **515** : 287-291

PEDERSEN BK, ULLUM H. NK cell responses to physical activity : possible mechanisms of action. *Med Sci Sports Exerc* 1994, **26** : 140-146

PEDERSEN BK, HOFFMAN-GOETZ L. Exercise and the immune system : regulation, integration and adaptation. *Physiol.Rev* 2000, **80** : 1055-1081

PEDERSEN BK, TVEDE N, HANSEN FR, ANDERSEN V, BENDIX T, et coll. Modulation of natural killer cell activity in peripheral blood by physical exercise. *Scand J Immunol* 1988, **27** : 673-678

PETERS EM, BATEMAN ED. Ultramarathon running and upper respiratory tract infections. *S Afr Med J* 1983, **64** : 582-584

SMITH JA, TELFORD RD, MASON IB, WEIDEMANN MJ. Exercise, training and neutrophil microbicidal activity. *Int J Sports Med* 1990, **11** : 179-187

SMITH TP, KENNEDY SL, FLESHNER M. Influence of age and physical activity on the primary in vivo antibody and T cell-mediated responses in men. *J Appl Physiol* 2004, **97** : 491-498

STEERENBERG PA, VAN-ASPERSEN IA, VAN-NIEW-AMERON-GEN A, BIEWENGA A, MOL D, MEDEMA GJ. Salivary levels of immunoglobulin A in triathletes. *Eur J Oral Sci* 1997, **105** : 305-309

TIOLLIER E, GOMEZ-MERINO D, BURNAT P, JOUANIN JC, BOURILHON C, et coll. Intense training mucosal immunity and incidence of respiratory infections. *Eur J Appl Physiol* 2005, **93** : 421-428

TIOLLIER E, CHENNAOUI M, GOMEZ-MERINO D, DROGOU C, FILAIRE E, GUEZENNEC CY. Effect of a probiotics supplementation on respiratory infections and immune and hormonal parameters during intense military training. *Mil Med* 2007, **172** : 1006-1011

TOMASI TB, TRUDEAU FB, CZERWINSKI D, ERREDGE S. Immune parameters in athletes before and after strenuous exercise. *J Clin immunol* 1982, **2** : 173-178

TVEDE N, PEDERSEN B, HANSEN F, BENDIX T, CHRISTENSEN LD, et coll. Effect of physical exercise on blood mononuclear cell subpopulations and in vitro proliferative responses. *Scand J immunol* 1989, **29** : 383-389

14

Fonctions cérébrales et système nerveux

Les mécanismes des effets bénéfiques de l'activité physique sur le cerveau sont encore mal connus mais impliquent des changements de plasticité synaptique, cette propriété qui permet aux neurones de lier étroitement leur activité aux modifications fonctionnelles et structurales au niveau de la synapse. Des effets bénéfiques de l'activité physique sont rapportés sur l'angiogénèse (formation de nouveaux vaisseaux sanguins) et les pathologies dégénératives du cerveau et les hypothèses mécanistiques sont discutées.

Rôles de la neurotrophine BDNF

Les neurotrophines sont des facteurs de croissance des cellules nerveuses. Les neurotrophines, et plus particulièrement le BDNF (*Brain-Derived Neurotrophic Factor*, la neurotrophine la plus largement distribuée dans le cerveau des mammifères adultes) apparaissent jouer un rôle critique dans la modulation de la plasticité synaptique du cerveau adulte. Les neurotrophines regroupent le *Nerve Growth Factor* (NGF), le *Brain-Derived Neurotrophic Factor* (BDNF), la *neurotrophine 3* (NT-3) et la *neurotrophine 4/5* (NT-4/5). Ces neurotrophines sont exprimées dans de nombreuses régions du système nerveux central et périphérique et assurent la survie des neurones du système nerveux. La synthèse et la libération du NGF et du BDNF par les neurones sont sous le contrôle de l'activité neuronale. Elles interviennent aussi dans la formation des circuits neuronaux, et actuellement de nombreuses données montrent que le BDNF est un important régulateur de la plasticité synaptique, c'est-à-dire qu'il est impliqué dans les modifications morphologiques et physiologiques des synapses en réponse à des changements d'activité neuronale (pour revue : Marty, 2003). Ce processus se traduit par un changement relativement stable de l'organisation, de la force et peut-être du nombre de connexions synaptiques concernées.

La capacité du BDNF à moduler la plasticité synaptique dans le cerveau adulte a été mise en évidence dans de nombreuses études : le BDNF régule le

branchement et le remodelage des axones et dendrites, la synaptogénèse⁵¹ dans l'arborisation des terminaisons axonales, l'efficacité de la transmission synaptique et la maturation fonctionnelle de synapses inhibitrices et excitatrices (pour revue, Vaynman et coll., 2004). La délétion ou l'inhibition du gène codant pour le BDNF induit un déficit dans la LPT (*Long Term Potentiation*), le corrélat électrophysiologique (transcription dépendant) de l'apprentissage et la mémoire. Ce déficit dans la fonction synaptique peut être amendé par l'application exogène ou la surexpression de BDNF.

Cette plasticité synaptique peut être appréciée expérimentalement au niveau de l'hippocampe en mesurant la LTP. La LTP (hippocampique) induit une augmentation durable de l'efficacité de la transmission synaptique entre des fibres afférentes et les neurones qu'elles innervent après stimulation téτανisante de haute fréquence de ces afférences. Elle a surtout été étudiée dans l'hippocampe bien qu'elle puisse être induite dans de nombreuses autres structures. Elle implique de nombreuses boucles synaptiques.

Le BDNF induit la plasticité synaptique dans l'hippocampe en augmentant le niveau d'ARNm de la protéine CREB (*Calcium and cAMP Response-Element-Binding* : facteur de transcription) et de la synapsin I (phosphoprotéine présynaptique impliquée dans la formation et la maintenance des structures présynaptiques, la modulation de la neurotransmission et l'élongation axonale).

Impact de l'exercice musculaire sur la production de BDNF chez le rat sain

Les études chez l'animal mettent en évidence une augmentation du BDNF avec l'exercice musculaire et ceci au niveau de différentes régions cérébrales.

Hippocampe (gyrus dentelé)

La neurogénèse existe chez l'animal adulte : cela a été montré chez la souris, le rat, les oiseaux, les primates et chez l'Homme. Il a bien été démontré qu'exposer des rats à un environnement enrichi ou leur donner un accès volontaire à une roue d'activité augmentait la neurogénèse dans le gyrus dentelé (van Praag et coll., 1999 ; Carro et coll., 2000a ; Farmer et coll., 2004). Cette neurogénèse a une traduction fonctionnelle puisqu'elle s'accompagne d'une augmentation de la performance dans des tâches spécifiques liées à l'hippocampe (mémoire spatiale mise en évidence avec le labyrinthe aquatique de Morris) suggérant une relation entre neurogénèse et capacités fonctionnelles de l'hippocampe (van Praag et coll., 1999).

De plus, l'exercice volontaire diminue le seuil d'induction de la LTP : la capacité d'induction et d'expression de la LTP dans l'hippocampe augmente chez les rats actifs (*runners*) de telle façon que des stimuli habituelle-

ment sans efficacité deviennent capables d'induire des changements à long terme. Ainsi, la LTP est plus facile à obtenir chez des rats qui se sont engagés volontairement dans une activité physique (Farmer et coll., 2004).

Enfin, les changements de neurogénèse et l'induction/expression de la LTP s'accompagnent aussi d'une augmentation concomitante de l'expression de BDNF. Comme ces augmentations sont confinées au gyrus dentelé, cela suggère fortement que ces modifications jouent un rôle dans la régulation de l'augmentation de la plasticité structurale et fonctionnelle rapportée dans la littérature. La preuve en est fournie par la contre-expérimentation : si on bloque l'action du BDNF (en utilisant un anticorps qui bloque le récepteur du BDNF : TrkB-IgG) pendant l'exercice, on empêche le gain d'apprentissage et de mémoire induit par l'exercice et on annule l'augmentation induite par l'exercice de l'ARNm du BDNF, de son récepteur TrkB, et des produits terminaux de l'action du BDNF : CREB et synapsine I (Vaynman et coll., 2004). La traduction fonctionnelle est une diminution des performances cognitives (apprentissage et mémoire).

Régions impliquées dans l'activité motrice

L'augmentation du BDNF avec l'exercice a aussi été mise en évidence dans d'autres régions que l'hippocampe et, en particulier, dans des régions du cerveau et de la moelle épinière directement impliquées dans l'activité motrice.

Afin d'étudier la corne antérieure de la moelle et le muscle squelettique, Gomez-Pinilla et coll. (2001) ont soumis des rats à un exercice sur tapis roulant. Après 5 jours d'entraînement sur tapis roulant (à raison de 30 minutes par jour), l'ARNm du BDNF est significativement augmenté dans la moelle épinière 2 h après l'arrêt de l'exercice ainsi que dans le muscle soléaire à l'arrêt et jusqu'à 6 h après la fin de l'exercice musculaire. Les mêmes résultats sont observés pour la protéine BDNF. L'analyse immunohistochimique montre que le BDNF est augmenté dans le corps cellulaire et les axones des motoneurones de la corne ventrale de la moelle épinière.

Le BDNF joue un rôle dans le développement des connexions fonctionnelles entre le muscle squelettique et la moelle épinière. Ainsi, le BDNF et d'autres neurotrophines (NT-3) produits dans le muscle squelettique pourraient augmenter le potentiel d'innervation des motoneurones et jouer un rôle critique dans la plasticité de la synapse neuromusculaire. Il a été montré que l'administration de BDNF dans la moelle épinière stimulait la croissance d'axones sectionnés et augmentait la survie de cellules lésées, favorisant la récupération fonctionnelle. Les mêmes résultats ont été rapportés pour NT-3 avec probablement un rôle complémentaire du NT-3 à celui du BDNF (Xu et coll., 1995 ; Grill et coll., 1997).

Des résultats similaires sont retrouvés dans le cortex fronto-pariétal (cortex moteur et en particulier la couche corticale V) et le striatum (Ding et coll., 2004).

Impact de l'exercice musculaire sur la production de BDNF chez les rats présentant une lésion spinale ou cérébrale

Cet effet bénéfique de l'exercice musculaire est aussi mis en évidence chez le rat présentant une lésion expérimentale médullaire ou cérébrale.

Plasticité spinale après lésion

Après section complète de la moelle épinière au niveau T10, les rats soumis à un protocole d'exercice adapté post transection (début 2 jours ou 5 jours après la lésion) présentent une moindre atrophie musculaire (muscle soléaire) par rapport aux rats contrôles sédentaires, après 4 semaines d'entraînement.

Les mécanismes par lesquels l'exercice musculaire retarde l'atrophie musculaire sont mal connus mais différent de ceux qui sont associés à l'hypertrophie musculaire du muscle normal. Dupont-Versteegden et coll. (2004) ont mis en évidence une augmentation de l'ARNm du BDNF et du GDNF (*Glial cell line-derived neurotrophic factor*) (augmentation de 11 et 14 fois, respectivement) dans le muscle soléaire des rats soumis à un programme d'entraînement après lésion médullaire, ce qui suggère que BDNF et GDNF produits et libérés par le muscle pourraient être impliqués dans la plasticité spinale après lésion.

Protection neuronale après lésions cérébrales

L'injection d'acide kainic (KA) dans l'hippocampe induit une perte neuronale due à une toxicité neuronale par sur-stimulation des récepteurs au glutamate induisant une mort neuronale par nécrose et apoptose. Le déficit neuronal se traduit par une diminution des performances des rats dans le labyrinthe aquatique de Morris et une augmentation de l'activité dans l'*open-field* (teste l'activité d'exploration spontanée dans un nouvel environnement).

Si les rats ont un accès régulier à une roue d'activité avant l'injection de KA (groupe exercice + KA), on note une moindre diminution des performances cognitives des rats de ce groupe par rapport aux rats contrôles sédentaires (augmentation de la capacité des rats de ce groupe à apprendre des tâches par rapport aux rats contrôles sédentaires). Cet effet préventif de l'exercice musculaire n'est pas retrouvé sur la performance des rats ayant bénéficié d'un enrichissement de l'environnement préalable à l'injection de KA : il s'agit donc d'un effet spécifique à l'activité physique. Cependant, les performances des rats du groupe (exercice + KA) restent significativement inférieures à celle des rats non traités par le KA (Gobbo et O'Mara, 2005).

L'effet neuroprotecteur de l'activité physique n'est pas lié à une limitation de la perte neuronale (la perte de neurones au niveau de l'hippocampe est identique entre les groupes (sédentaire + KA ; exercice + KA). Il s'expliquerait par une augmentation de BDNF (et probablement d'autres neurotrophines), présente avant l'induction de pertes neuronales par le KA, et qui augmenterait la force des liaisons synaptiques entre les cellules viables.

Concernant les effets de l'entraînement réalisé avant la lésion ischémique focale, dans un protocole d'ischémie cérébrale (2 h)-reperfusion (48 h), les rats ayant bénéficié d'un protocole d'entraînement sur tapis roulant les 3 semaines précédant la lésion ont une diminution significative de l'étendue de l'infarctus cérébral au niveau du cortex fronto-pariétal et du striatum dorso-pariétal par rapport aux rats non entraînés (-79 %). Cette diminution de l'étendue des lésions ischémiques s'explique par une augmentation de l'angiogénèse et la surexpression des neurotrophines (BDNF et NGF) dans les régions irriguées par l'artère occluse (Chakravarthy et Booth, 2004).

Deux semaines après une ischémie focale induite par l'endothéline 1, l'hippocampe de l'hémisphère lésé ischémique montre une réponse néoplastique spontanée avec augmentation du BDNF, de l'IGF-I et de la synapsine-I. Ceci est indépendant de l'entraînement à l'exercice physique réalisé en post lésion (Ploughman et coll., 2005). En revanche, dans les aires de l'hémisphère intact, on observe qu'un épisode d'exercice musculaire modéré de courte durée (ex. : marche de 30 min) en post lésion, et pas une activité plus intense, majore l'augmentation de BDNF, IGF-I et synapsine ce qui peut servir à la mise en place du remodelage neuronal après lésion. De plus, ces modifications surviennent non seulement dans l'hippocampe mais aussi dans le cortex de l'hémisphère non lésé, une région qui peut servir à la réémergence des capacités motrices pendant la rééducation.

L'activité physique régulière apporte une protection remarquable contre les lésions cérébrales de différentes étiologies et localisations anatomiques. Quand des rats de laboratoire sont soumis à un entraînement sur tapis roulant (1 km/j) avant ou après lésion neurotoxique de l'hippocampe (acide domoïque) ou du pédoncule cérébral (3-acétylpyridine) ou au cours de la progression d'une pathologie neurodégénérative innée affectant le cervelet (dégénérescence des cellules de Purkinje), dans tous les cas les animaux entraînés comparés aux sédentaires présentent une récupération de leur performances comportementales, c'est-à-dire une mémoire spatiale intacte après lésion de l'hippocampe, une coordination motrice normale ou pratiquement normale chez les animaux ayant eu une lésion du pédoncule cérébral ou du cervelet. De plus, l'exercice bloque l'altération ou la perte neuronale quel que soit le type de lésions réalisées chez l'animal (Carro et coll., 2001).

Rôle de l'IGF-I

Le principal médiateur de la neuroprotection associée à la production de neurotrophines est l'IGF-I. En effet, l'IGF-I est une hormone qui a un effet neurotrophique très puissant. De plus, il joue un rôle de médiateur dans la plupart des effets de l'exercice musculaire sur le cerveau (augmente l'entrée du calcium, du glucose...).

Carro et coll. (2000b) ont montré que l'IGF-I mimait les effets de l'exercice sur le BDNF au niveau cérébral. Ce qui signifie que l'exercice musculaire augmente la quantité d'ARNm de l'IGF-I au niveau cérébral (mais n'a pas d'effet sur l'IGF-II) et la quantité d'IGF-I. L'augmentation de l'ARNm de l'IGF-I signifie bien qu'il s'agit d'une synthèse locale (cérébrale) d'IGF-I. Cet effet est médié par le récepteur à l'IGF-I puisqu'il disparaît si on neutralise ce récepteur par des anticorps injectés spécifiquement dans l'hippocampe (microbilles de latex) par stéréotaxie (Ding et coll., 2006). De plus, l'inhibition (par injection d'anticorps anti-récepteur de l'IGF-I) de l'activation du récepteur de l'IGF-I induite par l'exercice abolit les effets de l'exercice sur la synthèse de BDNF et annule l'augmentation des performances des rats dans le labyrinthe dans l'eau de Morris (Ding et coll., 2006).

L'exercice musculaire prévient et protège le cerveau des lésions en augmentant aussi la captation de l'IGF-I circulant par le cerveau. L'administration sous-cutanée d'un anticorps anti IGF-I aux animaux entraînés inhibe la captation d'IGF-I liée à l'exercice par le cerveau et annule les effets protecteurs de l'exercice musculaire sur tous les types de lésion. En d'autres termes, les rats traités par l'anticorps présentent les mêmes types de lésion que celles présentées par les rats sédentaires (Carro et coll., 2001).

Les mécanismes d'action de l'IGF-I intracérébral sont bien démontrés et incluent de nombreux mécanismes : modulation de l'apoptose et des protéines impliquées dans la neurogénèse ; modulation de l'homéostasie calcique en maintenant l'expression de protéines jouant un rôle de tampon à savoir les calbindines (l'*up* régulation de ces calbindines augmente la résistance à la mort neuronale et sa *down* régulation induit un phénotype ataxique, et l'IGF-I est nécessaire au maintien d'un taux normal de calbindines dans le cervelet de l'adulte) ; augmentation du métabolisme du glucose par les neurones en *up* régulant les transporteurs de glucose et en modulant les enzymes glycolytiques (Cheng et coll., 2000). Un effet probable de l'IGF-I sur l'angiogénèse (IGF-I augmente l'angiogénèse) et la captation d'oxygène par les neurones a aussi été évoqué (IGF-I induit l'expression d'HIF-1, un facteur de transcription qui joue un rôle central dans la réponse cellulaire à l'hypoxie). Un rôle dans la modulation de l'excitabilité neuronale a aussi été évoqué par la modulation des canaux ioniques, des récepteurs au glutamate ou de la taille des synapses (Torres-Aleman, 2000).

Un travail récent montre que la voie IGF-I module toute une cascade d'activation en aval du BDNF (p-CAMK II et p-MAPK II) avec un effet terminal sur la production de la protéine CREB (Ploughman et coll., 2007).

Quel est le lien entre le métabolisme énergétique cérébral (et en particulier le métabolisme du glucose) et l'augmentation de la demande en oxygène et la plasticité neuronale ? Il a récemment été montré que dans l'hippocampe, l'exercice augmentait significativement la protéine mitochondriale UCP2, un facteur sensible à la balance énergétique (Vaynman et coll., 2006).

328 L'UCP2 semblerait moduler la production de BDNF par les cellules

hippocampales ainsi que les molécules en aval de l'action du BDNF : CREB, calcium, calmodulines... (pour revue : Ding et coll., 2006).

Activité physique régulière et angiogénèse

Un autre mécanisme pouvant expliquer les effets bénéfiques de l'activité physique régulière sur le cerveau est son effet sur la vascularisation cérébrale et l'angiogénèse.

Effet direct sur l'angiogénèse

Il a été montré que l'activité physique régulière (roue d'activité) augmentait la densité des vaisseaux dans le cerveau et que l'exercice quotidien (forcé) sur tapis roulant induisait une angiogénèse corticale et striatale (Ding et coll., 2004 ; Li et coll., 2005). Puisque l'apport sanguin cérébral est subordonné aux besoins métaboliques de son activité fonctionnelle, l'augmentation des besoins énergétiques pendant l'exercice peut requérir des modifications permanentes telles que l'angiogénèse. En d'autres termes, l'angiogénèse permet de satisfaire à la demande plus importante d'oxygène et de glucose.

Augmentation de la prolifération des astrocytes

L'intégrité du tissu cérébral dépend aussi de l'unité neurovasculaire comprenant les cellules endothéliales, les astrocytes et les neurones. L'astroglie joue un rôle dans la barrière hémato-encéphalique (BHE) puisque les pieds astrocytaires couvrent 90 % de la surface cérébrovasculaire.

En utilisant l'immunocytochimie par la protéine gliale (*Glial Fibrillary Acidic Protein* : GFAP), Adlard et coll. (2005) et Li et coll. (2005) ont montré qu'entraîner des rats sur tapis roulant (30 min/jour pendant 3 ou 6 semaines) induisait à la fois une angiogénèse avec augmentation de la densité microvasculaire comme cela avait déjà été rapporté dans la littérature, mais aussi une augmentation de la densité astrocytaire, ceci dans les mêmes régions corticales (cortex fronto-pariétal) et striatales (striatum dorsolatéral) que celles où l'angiogénèse a été stimulée. Ces deux régions sont connues comme présentant une grande plasticité pendant les comportements moteurs. En plus de leur rôle dans les échanges entre cellules endothéliales et neurones (unité neurovasculaire), les astrocytes jouent aussi un rôle dans l'angiogénèse. En effet, l'induction de l'angiogénèse par l'astroglie a été démontrée *in vitro* et *in vivo*, étayant l'hypothèse d'un rôle fonctionnel des astrocytes dans la vascularisation du tissu neural.

En résumé, l'activité physique régulière renforce l'unité neurovasculaire par au moins deux mécanismes : augmentation de l'angiogénèse et augmentation de l'astroglie.

Activité physique et pathologie dégénérative

La population vieillit et le vieillissement s'accompagne de troubles cognitifs. Ainsi, plus de 50 % des sujets âgés de 85 ans présentent des troubles cognitifs qui vont des simples troubles de mémoire non pathologiques jusqu'aux démences. Dans la sphère pathologique, la maladie d'Alzheimer représente l'une des principales causes de démence chez l'Homme. C'est la raison pour laquelle il est important d'en déterminer les mécanismes physiopathologiques et d'élaborer des stratégies de prévention. Les données récentes chez l'Homme (études prospectives) et expérimentales chez l'animal montrent le rôle bénéfique de l'activité physique sur ces pathologies cérébrales dégénératives.

Vieillesse physiologique

Le vieillissement s'accompagne physiologiquement de modifications morphologiques cérébrales (atrophie) qui sont parallèles aux troubles cognitifs mesurés cliniquement.

Hippocampe

Le vieillissement s'accompagne de modifications morphologiques de l'hippocampe, structure cérébrale impliquée dans l'apprentissage et la mémoire. En expérimentation animale, il est en effet bien démontré que la capacité à acquérir de nouvelles tâches chez le rat diminue avec l'âge de même que la neurogénèse hippocampique. Chez l'Homme, l'imagerie a mis en évidence une atrophie hippocampique chez le sujet âgé. Ces conséquences délétères du vieillissement peuvent être prévenues voire être réversibles par l'activité physique régulière. Il a ainsi été montré que les sujets âgés qui ont pratiqué une activité physique régulière tout au long de leur vie ont une perte de tissu cérébral moindre que les sujets sédentaires (Colcombe et coll., 2003) et ont de meilleures performances cognitives (Almagor et coll., 2001).

Plus récemment, l'équipe de van Praag (van Praag et coll., 2005) a mis en évidence une réversibilité de 50 % de la perte neuronale au niveau de l'hippocampe chez des souris âgées soumises à un protocole d'entraînement pendant 3 mois (débuté seulement à l'âge de 19 mois) par rapport aux souris contrôles sédentaires du même âge. Ces souris actives présentent aussi une neurogénèse hippocampique et des capacités d'apprentissage et de rétention dans le labyrinthe aquatique de Morris augmentée par rapport aux souris sédentaires. Fait notable, les souris âgées entraînées apprennent plus vite (*spatial learning*) que les souris jeunes sédentaires.

Cervelet

L'analyse du cervelet de rats entraînés depuis l'âge de 5 mois jusqu'à l'âge de 23 mois (20 min 2 fois par jour sur un tapis roulant, 5 jours/7) montre que

les rats sédentaires ont 11 % de cellules de Purkinje en moins et un volume du soma de ces cellules diminué de 9 % (pour ces 2 variables : $p=0,02$) par rapport aux rats entraînés, et que les rats entraînés et âgés ont le même nombre de cellules de Purkinje que les rats jeunes (âgés de 5 mois). Ces résultats montrent que l'importance des changements dégénératifs liés à l'âge (perte neuronale) dans cette région du SNC est dépendante du mode de vie dès le jeune âge et que des habitudes d'hygiène de vie telles que l'activité physique régulière peuvent empêcher ou retarder ces changements dégénératifs liés à l'âge (Larsen et coll., 2000).

Maladie d'Alzheimer

Chez l'Homme, des études récentes suggèrent que l'activité physique régulière pourrait retarder la survenue et/ou ralentir la progression de la maladie d'Alzheimer. Plusieurs études ont fait une relation entre activité physique et maladie d'Alzheimer : une étude rétrospective a montré que les patients atteints de maladie d'Alzheimer étaient moins actifs (intellectuellement et physiquement) vers la quarantaine et que l'inactivité était associée à un risque augmenté de 250 % de développer une maladie d'Alzheimer (Friedland et coll., 2001). Une étude prospective a aussi montré que l'activité physique était un agent protecteur contre le développement de troubles cognitifs (Laurin et coll., 2001), maladie d'Alzheimer et démence de tout type. Le groupe de sujets les plus actifs ayant une diminution de 60 % de l'incidence de maladie d'Alzheimer. Une autre étude prospective plus récente (1 770 participants, âgés de 74 ± 5 ans, suivis pendant 6,2 ans, et sélectionnés rigoureusement après exclusion de tout trouble cognitif) rapporte, après ajustement pour l'âge et le sexe, un risque de démence (de toutes causes) diminué de 32 % chez les sujets qui font de l'exercice physique plus de trois fois par semaine (Larson et coll., 2006). Enfin, Wang et coll. (2006) montrent qu'une faible aptitude physique pourrait précéder la survenue de démence ou maladie d'Alzheimer alors qu'une bonne capacité physique pourrait retarder significativement de plusieurs années sa survenue.

Pour comprendre les mécanismes associés à cet effet bénéfique de l'activité physique, les modèles animaux apportent des supports expérimentaux. Il existe en effet plusieurs modèles animaux de maladie d'Alzheimer. Utilisant le modèle de souris TgCRND8, il a été montré (Adlard et coll., 2005) que l'activité physique régulière (5 mois d'exercice volontaire en roue d'activité débuté à l'âge de 1 mois et poursuivi pendant 1 mois ou pendant 5 mois) pouvait diminuer les plaques de substances amyloïdes β ($A\beta$) dans le cortex frontal (-38 %), dans le cortex au niveau de l'hippocampe (-53 %) et dans l'hippocampe (-40 %) de ces souris. Cet effet intervient surtout pendant la phase précoce de l'intervention, juste après un mois d'exercice, avec une réduction des produits de clivage protéolytique de la protéine précurseur de la substance amyloïde (β -APP pour β -Amyloid Precursor Protein) (diminution

des fragments protéolytiques de la β -APP). Cet effet est indépendant de la voie de dégradation classique des plaques de substances amyloïdes β (pas de variation de l'ARNm ou de la quantité de protéines de neprisyline ou IDE) mais implique plutôt des changements du métabolisme neuronal connus pour affecter la transformation de l'APP et qui sont régulés par l'exercice. L'exercice musculaire volontaire agirait sur le métabolisme de l'APP et la cascade amyloïde en diminuant la production de la substance amyloïde β , expliquant les effets bénéfiques démontrés chez les souris entraînées sur l'apprentissage et la mémoire (test du labyrinthe aquatique de Morris).

Les effets de l'exercice à long terme induisent une diminution de la quantité de plaques de substances amyloïdes β extracellulaires dans la région corticale et dans l'hippocampe qui est comparable aux effets obtenus après d'autres types d'interventions comme l'immunisation anti-plaques de substances amyloïdes β qui a conduit à une diminution de 50 % des plaques de substances amyloïdes β dans la même lignée d'animaux transgéniques (Janus et coll., 2000). Utilisant un autre modèle expérimental de maladie d'Alzheimer (souris transgéniques (APP)-23), Lazarov et coll. (2006) ont rapporté des résultats similaires avec une diminution du nombre de plaques de substances amyloïdes β par augmentation de la clairance de la substance amyloïde chez les souris bénéficiant d'un enrichissement environnemental (roue d'activité et différents « jouets » dans leur cage).

Wolf et coll. (2006) ont étudié les effets de l'enrichissement environnemental sur des souris transgéniques (APP)-23 mais qui avaient une période d'accès à la roue plus longue que dans les deux études précédemment citées (11 mois *versus* 5-6 mois) et donc sur des souris plus âgées au moment de l'analyse (13 mois *versus* 6-7 mois). Ainsi, si les travaux de Adlard et coll. (2005) et Lazarov et coll. (2006) apportent des informations sur les effets de l'enrichissement environnemental, incluant l'activité dans la roue, sur des animaux à un stade présymptomatique, ceux de Wolf et coll. (2006) reflètent les effets de l'activité physique démarrée après la survenue des symptômes de maladie d'Alzheimer. Ils montrent qu'après une exposition prolongée (11 mois) à un enrichissement environnemental (roue d'activité et « jouets » dans la cage), il n'y a pas de diminution significative du nombre de plaques de substances amyloïdes β chez les souris (APP)-23 mais leurs performances cognitives sont significativement augmentées par rapport aux souris sans enrichissement environnemental. Les mécanismes proposés sont une augmentation de la neurogénèse hippocampique et une augmentation de la production de neurotrophines cérébrales. Cependant, sur ce modèle expérimental où les effets de l'activité physique ont pu être distingués de ceux de l'enrichissement environnemental (jouets), ce sont surtout les effets de ce dernier qui semblent bénéfiques à long terme. Comme le rapportent les auteurs dans leur conclusion, et en accord avec d'autres auteurs, ce qui paraît important face à la progression de la dégénérescence neuronale dans la maladie d'Alzheimer c'est d'augmenter la réserve neuronale de départ,

phénomène pour lequel la stimulation environnementale, y compris l'activité physique, joue un rôle majeur.

En conclusion, les neurotrophines et l'IGF-I intracérébral sont actuellement considérés comme les principaux médiateurs des effets bénéfiques de l'activité physique sur le cerveau. Néanmoins, une analyse par micropuce des effets de l'activité physique chez le rat montre que la transcription de nombreux gènes est augmentée par l'activité physique, que ce soit des gènes impliqués dans la plasticité, le métabolisme, l'immunité voire sur d'autres cibles (Tong et coll., 2001). Il reste donc d'autres voies à explorer, en particulier celles concernant les effets sur le métabolisme cérébral (glucose, micro-inflammation).

Enfin, peu de recherches expérimentales ont exploré les effets bénéfiques de l'activité physique sur le cerveau en prenant en compte les paramètres comme la durée, le type, la fréquence et la période d'activité physique, et des questions importantes sur les caractéristiques de l'activité physique nécessaire pour observer des effets bénéfiques subsistent. Chez des animaux sains et lésés, les effets bénéfiques de l'activité physique sur le cerveau et la moelle épinière apparaîtraient à partir d'une distance totale de 500 m de course volontaire par jour pendant 2 mois. Cette distance correspondrait au seuil d'exercice nécessaire pour *up* réguler BDNF et activer CREB (Shen et coll., 2001). D'autres études suggèrent que c'est plus la vitesse à laquelle l'exercice est réalisé que la distance totale qui compterait. De plus, dans la plupart des études sur les effets bénéfiques de l'activité physique sur la prévention des effets du vieillissement les rats ont été entraînés sur de courtes périodes. Ces études soulèvent des questions sur les périodes de la vie où cet entraînement pourrait être le plus efficace (neurogénèse, capacité d'apprentissage), sur la durée de ces modifications si l'activité physique n'est pas poursuivie. Il serait également important de savoir si pour les maintenir, la même quantité d'activité physique doit être effectuée ou s'il est possible de diminuer l'intensité et/ou la durée et/ou la fréquence. D'autre part, ces effets bénéfiques sont-ils observés aussi pour d'autres types d'entraînement que l'endurance (entraînement contre résistance) et y a-t-il des cibles cérébrales (mécanismes d'action) différentes en fonction du type d'entraînement ? Par exemple, l'entraînement en endurance pourrait favoriser les modifications touchant la plasticité et la musculation, et les modifications concernant le métabolisme. Enfin, le rôle de l'alimentation sur la neurogénèse et la plasticité induites par l'entraînement (régime riche en protéines, régime cafétéria) est une voie de recherche à explorer.

BIBLIOGRAPHIE

ADLARD PA, PERREAU VM, POP V, COTMAN CW. Voluntary exercise decreases amyloid load in a transgenic model of Alzheimer's disease. *J Neurosci* 2005, 25 : 4217-4221

ALMAGOR M, DAN-GOOR M, HOVAV Y, YAFFE H. Spontaneous pregnancies in severe oligoasthenozoospermia. *Hum Reprod* 2001, **16** : 1780-1781

CARRO E, NUNEZ A, BUSIGUINA S, TORRES-ALEMAN I. Circulating insulin-like growth factor I mediates effects of exercise on the brain. *J Neurosci* 2000, **20** : 2926-2933

CARRO E, TREJO JL, BUSIGUINA S, TORRES-ALEMAN I. Circulating insulin-like growth factor I mediates the protective effects of physical exercise against brain insults of different etiology and anatomy. *J Neurosci* 2001 **21** : 5678-5684

CHAKRAVARTHY MV, BOOTH FW. Eating, exercise, and "thrifty" genotypes: connecting the dots toward an evolutionary understanding of modern chronic diseases. *J Appl Physiol* 2004, **96** : 3-10

CHENG CM, REINHARDT RR, LEE WH, JONCAS G, PATEL SC, BONDY CA. Insulin-like growth factor 1 regulates developing brain glucose metabolism. *Proc Natl Acad Sci USA* 2000, **97** : 10236-10241

COLCOMBE SJ, ERICKSON KI, RAZ N, WEBB AG, COHEN NJ, et coll. Aerobic fitness reduces brain tissue loss in aging humans. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2003, **58** : 176-180

DING Q, VAYNMAN S, AKHAVAN M, YINGZ, GOMEZ-PINILLA F. Insulin-like growth factor I interfaces with brain-derived neurotrophic factor-mediated synaptic plasticity to modulate aspects of exercise-induced cognitive function. *Neuroscience* 2006, **140** : 823-833

DING Y, LI J, LUAN X, DING YH, LAI Q, RAFOLS JA, et coll. Exercise pre-conditioning reduces brain damage in ischemic rats that may be associated with regional angiogenesis and cellular overexpression of neurotrophin. *Neuroscience* 2004, **124** : 583-591

DUPONT-VERSTEEGDEN EE, HOULE JD, DENNIS RA, ZHANG J, KNOX M, et coll. Exercise-induced gene expression in soleus muscle is dependent on time after spinal cord injury in rats. *Muscle Nerve* 2004, **29** : 73-81

FARMER J, ZHAO X, VAN PRAAG H, WODTKE K, GAGE FH, CHRISTIE BR. Effects of voluntary exercise on synaptic plasticity and gene expression in the dentate gyrus of adult male Sprague-Dawley rats in vivo. *Neuroscience* 2004, **124** : 71-79

FRIEDLAND RP, FRITSCH T, SMYTH KA, KOSS E, LERNER AJ, et coll. Patients with Alzheimer's disease have reduced activities in midlife compared with healthy control-group members. *Proc Natl Acad Sci USA* 2001, **98** : 3440-3445

GOBBO OL, O'MARA SM. Exercise, but not environmental enrichment, improves learning after kainic acid-induced hippocampal neurodegeneration in association with an increase in brain-derived neurotrophic factor. *Behav Brain Res* 2005, **159** : 21-26

GOMEZ-PINILLA F, YING Z, OPAZO P, ROY RR, EDGERTON VR. Differential regulation by exercise of BDNF and NT-3 in rat spinal cord and skeletal muscle. *Eur J Neurosci* 2001, **13** : 1078-1084

GRILL R, MURAI K, BLESCH A, GAGE FH, TUSZYNSKI MH. Cellular delivery of neurotrophin-3 promotes corticospinal axonal growth and partial functional recovery after spinal cord injury. *J Neurosci* 1997, **17** : 5560-5572

JANUS C, CHISHTI MA, WESTAWAY D. Transgenic mouse models of Alzheimer's disease. *Biochim BiophysActa* 2000, **1502** : 63-75

LARSEN JO, SKALICKY M, VIIDIK A. Does long-term physical exercise counteract age-related Purkinje cell loss? A stereological study of rat cerebellum. *J Comp Neurol* 2000, **428** : 213-222

LARSON EB, WANG L, BOWEN JD, MCCORMICK WC, TERI L, et coll. Exercise is associated with reduced risk for incident dementia among persons 65 years of age and older. *Ann Intern Med* 2006, **144** : 73-81

LAURIN D, VERREAULT R, LINDSAY J, MACPHERSON K, ROCKWOOD K. Physical activity and risk of cognitive impairment and dementia in elderly persons. *Arch Neurol* 2001, **58** : 498-504

LAZAROV O, ROBINSON J, TANG YP, HAIRSTON IS, KORADE-MIRNICS Z, et coll. Environmental enrichment reduces Abeta levels and amyloid deposition in transgenic mice. *Cell* 2005, **120** : 701-713

LI J, DING YH, RAFOLS JA, LAI Q, MCALLISTER JP, DING Y. Increased astrocyte proliferation in rats after running exercise. *Neurosci Lett* 2005, **386** : 160-164

MARTY S. Effets locaux du BDNF et plasticité synaptique : vers une spécificité synaptique. *Médecine/Sciences* 2003, **19** : 543-544

PLOUGHMAN M, GRANTER-BUTTON S, CHERNENKO G, TUCKER BA, MEAROW KM, CORBETT D. Endurance exercise regimens induce differential effects on brain-derived neurotrophic factor, synapsin-I and insulin-like growth factor I after focal ischemia. *Neuroscience* 2005, **136** : 991-1001

PLOUGHMAN M, GRANTER-BUTTON S, CHERNENKO G, ATTWOOD Z, TUCKER BA et coll. Exercise intensity influences the temporal profile of growth factors involved in neuronal plasticity following focal ischemia. *Brain Res* 2007, **1150** : 207-216

SHEN H, TONG L, BALAZS R, COTMAN CW. Physical activity elicits sustained activation of the cyclic AMP response element-binding protein and mitogen-activated protein kinase in the rat hippocampus. *Neuroscience* 2001, **107** : 219-229

TONG L, SHEN H, PERREAU VM, BALAZS R, COTMAN CW. Effects of exercise on gene-expression profile in the rat hippocampus. *Neurobiol Dis* 2001, **8** : 1046-1056

TORRES-ALEMAN I. Serum growth factors and neuroprotective surveillance: focus on IGF-1. *Mol Neurobiol* 2000, **21** : 153-160

VAN PH, SHUBERT T, ZHAO C, GAGE FH. Exercise enhances learning and hippocampal neurogenesis in aged mice. *J Neurosci* 2005, **25** : 8680-8685

VAN PRAAG H, CHRISTIE BR, SEJNOWSKI TJ, GAGE FH. Running enhances neurogenesis, learning, and long-term potentiation in mice 1. *Proc Natl Acad Sci USA* 1999, **96** : 13427-13431

VAYNMAN S, YING Z, GOMEZ-PINILLA F. Hippocampal BDNF mediates the efficacy of exercise on synaptic plasticity and cognition 1. *Eur J Neurosci* 2004, **20** : 2580-2590

VAYNMAN S, YING Z, WU A, GOMEZ-PINILLA F. Coupling energy metabolism with a mechanism to support brain-derived neurotrophic factor-mediated synaptic plasticity. *Neuroscience* 2006, **139** : 1221-1234

WANG L, LARSON EB, BOWEN JD AND VAN BELLE G. Performance-based physical function and future dementia in older people. *Arch Intern Med* 2006, **166** : 1115-1120

WOLF SA, KRONENBERG G, LEHMANN K, BLANKENSHIP A, OVERALL R et coll. Cognitive and physical activity differently modulate disease progression in the amyloid precursor protein (APP)-23 model of Alzheimer's disease. *Biol Psychiatry* 2006, **60** : 1314-1323

XU XM, GUENARD V, KLEITMAN N, AEBISCHER P, BUNGE MB. A combination of BDNF and NT-3 promotes supraspinal axonal regeneration into Schwann cell grafts in adult rat thoracic spinal cord. *Exp Neurol* 1995, **134** : 261-272

15

Facteurs génétiques de la réponse à l'entraînement

Une importante littérature scientifique a clairement montré qu'un mode de vie sédentaire et une mauvaise condition physique sont associés à un risque accru de morbidité et de mortalité. La pratique régulière d'une activité physique peut ainsi se traduire par des avantages importants au plan de la santé et du bien-être des populations en diminuant le risque de plusieurs maladies comme l'hypertension, le diabète et les maladies cardiovasculaires. Cependant, il existe des différences interindividuelles considérables dans la réponse à l'exercice physique, autant sur le plan de l'endurance cardiorespiratoire que sur le plan de l'amélioration du profil de risque. L'identification des gènes et des mutations impliqués dans la réponse à l'entraînement est fondamentale pour la compréhension du rôle de l'exercice dans la santé et le développement du potentiel de performance physique chez les athlètes. Par le terme « performance », on comprend aussi bien les capacités de réaliser des efforts courts et intenses que des efforts prolongés. Sur le plan physiologique, le terme « performance » est défini par les capacités anaérobies et aérobie qui correspondent au niveau de développement de structures fonctionnelles comme le système cardiovasculaire ou de voies métaboliques comme la glycolyse.

Génome humain et évolution de la dépense énergétique

En réponse à l'épidémie d'obésité et sa cohorte de complications métaboliques et cardiovasculaires, de nombreuses études se sont attachées à définir le seuil minimal d'activité physique recommandable pour maintenir et/ou améliorer l'état de santé dans nos pays industrialisés et sédentarisés. L'étude du modèle que représentent nos ancêtres du paléolithique est aussi un excellent indicateur des caractéristiques d'activité physique pour lesquelles notre biologie a été déterminée et génétiquement sélectionnée au cours des millénaires d'évolution de l'espèce humaine.

Notre génome a probablement été sélectionné pendant la fin du paléolithique (50 000 à 10 000 ans avant JC), à une période où les humains étaient

des chasseurs-cueilleurs (Chakravarthy et Booth, 2004). À cette période de notre histoire, la nourriture n'était pas garantie et la prise alimentaire plutôt intermittente. L'activité physique constituait une contrainte de notre mode de vie obligatoire puisque la nourriture provenait de la cueillette et de la chasse. La vie de nos ancêtres se caractérisait donc par des oscillations entre des périodes d'inactivité/repos et des périodes d'activité physique intense, des périodes de jeûne et de prise alimentaire (Eaton et coll., 2002). Nos réserves énergétiques étaient ainsi soumises à de larges fluctuations, ce qui a probablement conditionné la sélection des gènes impliqués dans la régulation du métabolisme dans le sens d'une meilleure économie métabolique et énergétique (« *thrifty* » *genotype*) (Chakravarthy et Booth, 2004). Un tel mécanisme pourrait expliquer pourquoi nous avons au moins cinq hormones capables d'augmenter la glycémie (le glucose étant indispensable au fonctionnement du cerveau) contre une seule hormone hypoglycémisante. Le raisonnement est le même pour la pression artérielle : plusieurs systèmes/hormones concourent à maintenir la pression artérielle à une valeur tonique voire à l'augmenter mais l'Homme possède peu de systèmes capables de faire baisser la pression artérielle.

La comparaison de l'ADN mitochondrial provenant de divers groupes ethniques humains indique que la constitution génétique des femmes et des hommes a très peu changé pendant ces derniers 50 000 ans malgré les changements sociétaux énormes associés à l'agriculture et à l'industrialisation (Vigilant et coll., 1991). Ainsi, les relations entre métabolisme et apport alimentaire, dépense énergétique (DE) et activité physique sont celles qui ont été sélectionnées à l'origine pour les Hommes de l'âge de pierre vivant dans un environnement de recherche active de la nourriture. Mais la robotisation du travail, les transports motorisés et l'augmentation des activités de loisirs sédentaires ont réduit la quantité d'activité physique de l'Homme moderne bien en dessous du niveau d'exercice qui était le nôtre à l'époque où notre génome a été sélectionné. Si l'activité physique est maintenant une donnée rare dans nos sociétés industrialisées, à l'inverse, la fatigue physique quotidienne était une composante obligatoire de la vie de nos ancêtres : la chasse, la cueillette, le portage et la fuite devant les prédateurs dépendaient de l'activité musculaire et de la forme physique de chaque individu.

La dépense énergétique (DE) de nos ancêtres du paléolithique a été estimée, en rapportant la DE totale au métabolisme de base pour tenir compte des différences de tailles. Elle représenterait 1,6 fois le métabolisme de base pour les Australopithèques et 1,8 fois pour *Homo Erectus* et *Homo Sapiens*. Ce ratio approche 2 pour les populations contemporaines qui gardent ce mode de vie (Arborigènes Australiens...). À l'inverse, dans nos sociétés modernes, ce ratio est inférieur à 1,4 (Cordain et coll., 1998). La valeur de la DE totale et du métabolisme de base rapportés au kg de poids corporel est restée relativement constante pour nos ancêtres humains sur une période de 3,5 millions d'années jusqu'à ce que l'*Homo Sapiens* contemporain devienne sédentaire et vive dans

un milieu d'abondance. La DE totale par unité de masse corporelle pour nos contemporains occidentaux représente 38 % de celle de nos ancêtres. Ainsi, pour atteindre le niveau d'activité quotidienne et de DE des populations de chasseurs cueilleurs, il faudrait une DE supplémentaire de 17 kcal/kg/jour soit 19 km de marche pour un homme occidental de 70 kg (Cordain et coll., 1997). Cependant, les humains représentent, parmi les mammifères, l'espèce la plus adaptable, ce qui est probablement une des causes de l'expansion de la démographie humaine. Toutefois, les organismes biologiques sont dans un état de santé optimal quand leur mode de vie s'approche le plus des conditions pour lesquelles leurs gènes ont été sélectionnés.

La critique de cette théorie de l'évolution pourrait reposer sur le point suivant : les pathologies dégénératives chroniques étant liées à l'âge, des populations vivant plus longtemps devraient exprimer une plus grande fréquence de telles pathologies : en d'autres termes, les habitants de l'âge de pierre ne vivaient pas assez longtemps pour que ces pathologies s'expriment. Cependant, même si dans les populations qui ont gardé le mode vie ancestral seulement 20 % des chasseurs cueilleurs atteignent l'âge de 60 ans, à cet âge ils sont totalement dépourvus des manifestations de pathologies chroniques dégénératives à l'exception de l'arthrose. En revanche, le suivi de populations nomades qui se sont sédentarisées au cours des 30 dernières années (Inuit, Pima...) montre l'apparition et le développement de l'obésité, de l'insulino-résistance, du diabète de type 2 et des pathologies cardiovasculaires (Eaton et coll., 2002).

Si le niveau d'activité physique suggéré par les conférences de consensus pour la promotion de la santé (30-40 minutes de marche au moins 5 fois par semaine, à une vitesse modérée à soutenue) peut être considéré comme un minimum, quelle quantité est nécessaire pour optimiser les bénéfices pour la santé ? La réponse pourrait venir de nos ancêtres avec une DE liée à l'activité physique habituelle estimée à 90 kcal/kg/semaine, ce qui correspond à marcher 406 km par mois en plus de l'activité physique habituelle ! Cela peut apparaître extrême par rapport à notre mode de vie moderne mais sur un plan de l'évolution, c'est notre mode de vie sédentaire, qui apparaît extrême. Les pathologies chroniques pourraient représenter le prix à payer de cette inadaptation entre nos gènes et notre mode de vie actuel. La modulation de notre niveau d'activité physique représente un des liens entre nos gènes et les pathologies liées à la sédentarité.

Patrimoine génétique, réponse à l'entraînement et performance

Les premières études expérimentales sur les facteurs génétiques liés à l'activité physique se sont basées sur la réponse à l'entraînement de paires de jumeaux

monozygotes et dizygotes (Bouchard et coll., 1986). Ainsi, dans une étude réalisée auprès de dix paires de jumeaux monozygotes soumis à un entraînement en endurance de 20 semaines, il a été mis en évidence un effet très net du patrimoine génétique sur la réponse à l'entraînement. Dans cette étude, les variances observées dans les changements de VO_2 max étaient environ huit fois plus élevées entre des paires de jumeaux différentes qu'à l'intérieur des membres d'une même paire (Prudhomme et coll., 1981). Cette même méthode de comparaison de jumeaux a été utilisée pour évaluer l'héritabilité de la masse musculaire et de la force explosive (Seeman et coll., 1996). Les résultats montrent que les facteurs génétiques expliquent entre 60 et 80 % de la variance de la masse musculaire de base. Plus récemment, la méthode de comparaison de jumeaux a confirmé le degré d'héritabilité de la capacité anaérobie (Calvo et coll., 2002). L'héritabilité de la capacité et de la puissance anaérobie serait entre 70 et 90 % selon les différents auteurs (Komi et coll., 1977 ; Simoneau et coll., 1986 ; Bouchard et coll., 1992).

Dans la population générale, le rôle des facteurs génétiques dans l'hétérogénéité de la capacité aérobie en réponse à l'entraînement physique a été mis en évidence par une grande étude débutée en 1992 aux États-Unis, l'étude *Heritage* (*Health Risk Factors Exercise Training and Genetics*). Durant la première phase (1992-1997) de l'étude, un total de 855 sujets ont été recrutés et mesurés pour un ensemble de variables associées à l'aptitude physique et aux facteurs de risque du diabète et des maladies cardiovasculaires (Bouchard et coll., 1995). Les résultats ont dans un premier temps permis de vérifier la grande variabilité individuelle de réponse à l'entraînement. À partir des corrélations familiales, une héritabilité maximale de 52 % fut calculée pour la consommation maximale d'oxygène (Bouchard et coll., 1998 et 1999 ; Skinner et coll., 2000). L'explication de ce phénomène a été fournie par la deuxième partie de l'étude *Heritage* qui a porté sur les études de génétiques moléculaires. Un criblage génomique a été réalisé au sein de la cohorte de tous les sujets à l'aide de très nombreux marqueurs (Bouchard et coll., 2000). Il a permis d'isoler des régions chromosomiques d'intérêt pour plusieurs familles de phénotypes associés à la performance et à la réponse à l'entraînement. La méthode utilisée consiste à identifier des gènes candidats qui sont par la suite analysés pour des variations de séquence ou des polymorphismes dont les fréquences sont comparées entre sujets. Les effets de la performance sont comparés entre sujets de génotypes différents (études d'association), ou entre familles différentes afin d'explorer les liaisons génétiques (études de liaison). Les gènes candidats peuvent être identifiés en fonction de leurs liens physiologiques et biochimiques potentiels avec le phénotype étudié ou encore à partir d'un criblage systématique du génome dans le but de détecter la présence de *loci* à effets quantitatifs (*Quantitative Trait Loci* ou QTL), c'est-à-dire des régions chromosomiques qui peuvent révéler la présence de gènes candidats.

Le criblage génomique réalisé sur la consommation maximale d'oxygène (Bouchard et coll., 2000) a permis d'identifier 4 QTLs reliés au VO_2 max à

l'état sédentaire (chromosomes 4q12, 8q24.12, 11p15.1 et 14q21.3) ainsi que 5 QTLs liés au VO_2 max après entraînement (1 p11.2, 2p16.1, 4q26, 6p21.33 et 11p14.1). Ces résultats démontrent qu'il existe plusieurs gènes différents susceptibles d'influencer le VO_2 max et que ces gènes affectent la réponse à l'entraînement. Des études d'associations et de liaisons génétiques avec plusieurs gènes candidats ont également été réalisées. Cette approche a permis de préciser la contribution du gène *ACE* (enzyme de conversion de l'angiotensine) à la performance aérobie. Le gène *ACE* est responsable de la conversion de l'angiotensine I en angiotensine II, un important vasoconstricteur impliqué dans la régulation de la tension artérielle et également dans la croissance tissulaire. Suite à une étude anglaise qui suggérait que le gène *ACE* était associé à la performance aérobie chez des alpinistes, la variabilité de l'expression de ce gène a été proposée comme le facteur majeur déterminant le niveau de capacité aérobie (Montgomery et coll., 1998). Le gène *ACE* est exprimé dans plusieurs tissus, incluant le muscle squelettique, et en raison de son rôle de facteur de croissance tissulaire il peut être considéré comme un gène candidat de la performance. Quelques études ont démontré qu'un polymorphisme d'insertion (I) /délétion (D) dans l'intron 16 du gène (*ACE I/D*) était associé à la performance aérobie. Une étude réalisée auprès de 64 athlètes de niveau olympique dans la discipline de l'aviron a mis en évidence une fréquence plus élevée de l'allèle I chez ces athlètes comparativement à celle observée chez des sujets contrôles (Gayagay et coll., 1998). Une étude réalisée auprès de 58 femmes post-ménopausées a également démontré un VO_2 max significativement plus élevé chez les femmes de génotype I/I comparativement à celles ayant le génotype D/D (Hagberg et coll., 1998). Les résultats de ces études démontrent une association entre le gène *ACE* et la performance physique et suggèrent que les porteurs de l'allèle I seraient avantagés au niveau de l'endurance cardiorespiratoire. Cependant, d'autres études n'ont pas retrouvé cette association, sur des sportifs confirmés (Taylor et coll., 1999) et sur la population générale dans le cadre de l'étude (*Rankinen et coll., 2000a*) réalisée au sein des sujets de la cohorte *Heritage*. Cette étude, qui a mesuré en laboratoire la performance d'un grand nombre de sujets, n'a pas montré d'association entre le gène *ACE* et la consommation maximale d'oxygène à l'effort, tant à l'état sédentaire que suite à un entraînement. Les auteurs de l'étude *Heritage* suggèrent que les divergences pourraient s'expliquer par le fait qu'un gène différent de *ACE* mais situé à proximité sur le même chromosome serait impliqué dans la performance.

D'autres gènes présentent un polymorphisme qui pourrait être relié à la performance : gènes codant pour la créatine kinase musculaire (*CCK*) (Rivera et coll., 1997a), l'alpha 3 actinine musculaire (*ACTN3*) (Yang et coll., 2003), l'adénosine monophosphate déaminase (*AMPD*) (Rico-Sanz et coll., 2003), l'interleukine 6 (*IL6*) (MacKenzie et coll., 2004). Des associations positives ont été rapportées entre les gènes *ATP1A2* (Rankinen et coll., 2000b) et l'endurance cardio-respiratoire.

La première étude ayant mis en évidence une association entre un gène candidat et la performance a porté sur un polymorphisme d'un gène de l'ADN mitochondrial (Dionne et coll., 1991). L'ADN mitochondrial code pour 13 des 67 polypeptides impliqués dans la chaîne respiratoire en plus de deux ARN ribosomiaux et de 22 ARN de transfert. Les gènes codant pour ces protéines impliquées dans la production d'ATP peuvent être considérés comme des gènes candidats de la performance. Dans cette étude, les auteurs ont démontré que, des sujets sédentaires porteurs de mutations au sein de la sous-unité 5 de la NADH déshydrogénase (MTND5) avaient un VO_2 max par kg de poids significativement plus élevé que les sujets non porteurs de ces mutations. La créatine kinase musculaire (CKMM) est une autre enzyme importante pour la production d'ATP dans la cellule musculaire. L'association entre l'un des polymorphismes du gène de la CKMM (CKMM-Nco) et le VO_2 max à l'état sédentaire a été investiguée dans l'étude *Heritage* (Rivera et coll., 1997b). Les sujets homozygotes pour l'allèle rare avaient un VO_2 max significativement plus faible que les sujets hétérozygotes et homozygotes pour cet allèle le plus fréquent. De plus, le VO_2 max après un entraînement en endurance de 20 semaines était également plus faible. Le polymorphisme CKMM expliquait 9 % de la variance observée dans les changements de VO_2 max. L'enzyme sodium potassium-adénosine triphosphatase (Na/K-ATPase) est impliquée dans le transport actif des ions sodium et potassium à travers la membrane cellulaire et par conséquent dans la propagation du potentiel d'action dans le muscle menant à la contraction musculaire. L'activité de cette enzyme dans le muscle squelettique est augmentée durant l'exercice et suite à l'entraînement physique. L'enzyme est composée de deux sous-unités, les sous-unités α et β . Le gène codant pour la sous-unité $\alpha 2$ (ATPIA2) est exprimé principalement dans le muscle squelettique et son polymorphisme a été étudié au sein des familles *Heritage* (Rankinen et coll., 2000b). Les résultats ont révélé l'existence d'une association entre le polymorphisme de ce gène et la capacité aérobie en réponse à l'entraînement.

La cartographie des gènes de la performance peut également être réalisée à partir d'études animales dans lesquelles des souches animales sélectionnées sur leurs divergences pour un caractère donné, comme la performance aérobie mesurée par le temps de course sur tapis roulant, sont croisées de façon sélective. Les animaux issus de ce croisement peuvent ensuite être rétrocroisés avec l'une des souches parentales ou encore croisés entre eux afin de produire une deuxième génération d'animaux qui peuvent être alors utilisés pour réaliser une analyse des facteurs de la performance (Barbato et coll., 1998). Les résultats montrent que l'impact de la sélection génétique s'exerce sur les systèmes de transport de l'oxygène et plus particulièrement sur l'amélioration du débit cardiaque. Les gènes responsables sont en partie situés sur le chromosome 16 (Lee et coll., 2005). Il vient d'être récemment démontré que des souris rendues déficientes pour l'expression du gène de l' α -actinine-3 présentent une orientation de leur typologie musculaire vers une prédomi-

nance de fibres lentes utilisant le métabolisme oxydatif. Les auteurs de ce travail font un rapprochement avec une sélection des populations humaines qui serait survenue il y a 40 000 ans en Europe et en Asie et qui aurait constitué un avantage dans les adaptations à l'environnement rencontré par ces populations (Mc Arthur et coll., 2007).

Gènes, entraînement et santé

Nous venons de voir les données permettant de relier le patrimoine génétique et la performance. Un autre aspect majeur sur le plan de la santé est de vérifier dans quelle mesure le patrimoine génétique peut conditionner l'effet de l'entraînement sur les facteurs de santé.

Un facteur déterminant de la santé est le niveau d'activité physique spontanée. Il a été démontré qu'il existe de fortes variations individuelles de ce paramètre. La comparaison de paires de jumeaux a permis de mettre en évidence une forte héritabilité du niveau d'activité physique spontanée. En 1997, Lauderdale et coll. ont étudié la réponse de 3 344 paires de jumeaux à un questionnaire d'activité physique ; cette étude met en évidence l'héritabilité de l'activité physique spontanée. Cependant, le rôle confondant des facteurs familiaux, culturels et environnementaux a justifié des études complémentaires. En 2002, Maia et coll. ont montré que le patrimoine génétique conditionnait aussi bien la participation à des activités physiques de loisirs qu'à des activités physiques sportives avec une association qui semble plus forte chez les hommes que chez les femmes. Récemment, Carlsson et coll. (2006) ont pondéré l'héritabilité de l'activité physique spontanée par les facteurs environnementaux. Leurs résultats montrent que le rôle du patrimoine génétique est beaucoup plus fort que celui du milieu familial ou socioprofessionnel.

Un autre facteur important concerne la composition corporelle. Plusieurs gènes sont mis en cause dans la réponse de la composition corporelle à l'entraînement physique. De façon tout à fait logique avec la fonction métabolique du système sympathique, il a été montré que des mutations du récepteur β -adrénergique de type 3 (ADRB3) pouvait influencer la réponse de la masse grasse à l'exercice physique (Sakane et coll., 1997). Le polymorphisme du gène codant pour UCP3, une protéine découplante liée à l'efficacité du métabolisme énergétique, est aussi associé aux variations de la composition corporelle en réponse à l'exercice musculaire (Otabe et coll., 2000). Les résultats de l'étude *Heritage* ont permis de montrer que la variabilité du gène de l'IGF-I était associée au gain de masse maigre sous l'effet de l'entraînement (Sun et coll., 1999). Il en est de même pour un gène impliqué dans les mouvements du calcium, la *calcium binding globulin* et un gène codant pour une protéine de vascularisation tissulaire, l'angiogénine (Chagnon et coll., 2001).

Dans le domaine du métabolisme énergétique, les effets de l'activité physique sur l'action de l'insuline ont été reliés au polymorphisme du récepteur adrénergique ADRB3 (Otabe et coll., 2000) et de l'ACE (Dengel et coll., 2002). Récemment, il a été démontré que le polymorphisme du gène de l'interleukine-6 pouvait influencer l'index de tolérance au glucose (McKenzie et coll., 2004).

Sur le plan des risques cardiovasculaires, plusieurs études ont mis en évidence l'association entre les variations du génome et la réponse des lipides sanguins et des facteurs de l'hémostase à l'activité physique. Il existe une interaction entre le niveau d'activité physique d'une part et le génotype de l'apolipoprotéine E (ApoE) et le profil lipoprotéique d'autre part (St Amand et coll., 1999). Dans une cohorte d'adolescents, il a été démontré une relation entre l'exercice et les variations d'ApoE et du rapport HDL/LDL (Taimela et coll., 1996). Les résultats de l'étude *Heritage* ont permis d'identifier les QTL responsables de la variabilité de la réponse des lipoprotéines au niveau d'activité physique (An et coll., 2005 ; Feitosa et coll., 2005). L'amélioration des facteurs de risque cardiovasculaire en réponse à l'entraînement physique se traduit par une baisse du fibrinogène. Le niveau de cette réponse est influencé par le patrimoine génétique. Ceci illustre les relations entre le polymorphisme du gène codant pour ce facteur de l'hémostase et le niveau d'entraînement physique (Raumara et coll., 2000).

Concernant la régulation de la pression artérielle, il a été initialement proposé que les variations du gène de l'ACE pouvaient expliquer la variabilité individuelle de la réponse de la pression sanguine à l'entraînement (Rankinen et coll., 2000a). Cependant, les résultats de publications récentes ne confirment pas cette relation (Fuentes et coll., 2002 ; Roltsch et coll., 2005).

Au total, l'ensemble de ces études montre que l'action de l'entraînement physique sur les différents facteurs impliqués dans la prévention des pathologies chroniques s'exerce par une modulation de l'expression du patrimoine génétique. Les domaines où cette interaction semble déterminante sont le rôle de l'entraînement physique sur le maintien de la composition corporelle, l'action sur la régulation du métabolisme glucidique et des lipoprotéines circulantes. Tous ces éléments tendent à indiquer qu'un entraînement physique adapté peut, dans une certaine mesure, prévenir ou retarder l'apparition de phénomènes pathologiques favorisés par la nature du patrimoine génétique individuel.

En conclusion, les résultats accumulés à ce jour sur les bases génétiques de la performance permettent de conclure à la présence de ressemblances familiales pour la plupart des indicateurs de performance mesurés à l'état sédentaire et en réponse à l'entraînement physique. Les valeurs estimées d'héritabilité varient de 25 à 50 % pour la consommation d'oxygène, mesu-

rée à l'effort maximal et à l'effort sous-maximal et de 40 à 70 % pour les propriétés métaboliques du muscle squelettique. Les quelques études portant sur les bases moléculaires de la performance aérobie ont révélé des associations positives avec certains gènes candidats. L'interaction entre la variabilité de plusieurs gènes et la réponse à l'entraînement est bien démontrée pour les gènes liés à la composition corporelle, le métabolisme lipoprotéique, la sensibilité à l'insuline et mérite d'être confirmée pour d'autres facteurs.

La connaissance des mécanismes d'action de l'entraînement physique sur l'expression des gènes permet de mieux comprendre les effets de l'activité physique sur la santé, de préciser ses limites et surtout de cerner la variabilité des réponses individuelles. Ce dernier point est appelé à jouer un rôle fondamental dans la prescription d'un type d'activité physique. Des travaux ultérieurs devraient permettre d'adapter la prescription d'activité physique dans le but de prévenir ou de corriger un risque pathologique individuel.

BIBLIOGRAPHIE

AN P, BORECKI IB, RANKINEN T, DESPRES JP, LEON AS, et coll. Evidence of major genes for plasma HDL, LDL Cholesterol and triglycerides levels at baseline and in response to 20 weeks of endurance training: the heritage family study. *Int J sports Med* 2005, **26** : 414-419

BARBATO JC, KOCH LG, DARVISH A, CICILA GT, METTING PJ, BRITTON SL. Spectrum of aerobic endurance running performance in eleven inbred strains of rats. *J Appl Physiol* 1998, **85** : 530-536

BOUCHARD C, SIMONEAU LA, LOCHE G, BOULAY MI, MARCOTTE N, THIBAUT MC. Genetics effects in human skeletal muscle fiber type distribution and enzymes activities. *Can J Physiol Pharmacol* 1986, **61** : 1245-151

BOUCHARD C, DIONNE ET, SIMONEAU JA, BOULAY MR. Genetics of aerobic and anaerobic performances. *Exerc Sport Sci Rev* 1992, **20** : 27-58

BOUCHARD C, LÉON AS, RAO DC, SKINNER JS, WILMORE JH, GAGNON J. The Heritage Family Study. Aims, designs and measurement protocol. *Med Sci Sports Exerc* 1995, **27** : 721-729

BOUCHARD C, DAW EW, RICE T, PERUSSE L, GAGNON J, et coll. Familial resemblance for VO₂ max in the sedentary state: the Heritage Family Study. *Med Sci Sports Exerc* 1998, **30** : 252-258

BOUCHARD C, AN P, RICE T, SKINNER JS, WILMORE JH, et coll. Familial aggregation of VO₂ max response to exercise training: resolution from the Heritage Family Study. *J Appl Physiol* 1999, **87** : 1003-1008

BOUCHARD C, RANKINEN T, CHAGNON YC, RICE T, PERUSSE L, et coll. Genomic scan for maximal oxygen uptake and its response to training in the Heritage family study. *J Appl Physiol* 2000, **88** : 551-559

CALVO M, RODAS G, VALLEJO M, ESTRUCH A, ARCAS A, et coll. Heritability of explosive power and anaerobic capacity in humans. *Eur J Appl Physiol* 2002, **86** : 218-225

CARLSSON S, ANDERSON T, LICHTENSTEIN P, MICHAËLSSON K, AHLBOM A. Genetic effect on physical activity: results from the swedish twin registry. *Med Sci Sports Exerc* 2006, **38** : 1396-1401

CHAGNON YC, RICE T, PÉRUSSE L, BORECKI IB, HO-KIM MA, et coll. Genomic scan for genes affecting body composition before and after training in caucasian from Heritage. *J Appl Physiol* 2001, **90** : 1777-1787

CHAKRAVARTHY MV, BOOTH FW. Eating, exercise, and "thrifty" genotypes: connecting the dots toward an evolutionary understanding of modern chronic diseases. *J Appl Physiol* 2004, **96** : 3-10

CORDAIN L, GOTSHALL RW, EATON SB. Evolutionary aspects of exercise. *World Rev Nutr Diet* 1997, **81** : 49-60

CORDAIN L, GOTSHALL RW, EATON SB, EATON SB. Physical activity, energy expenditure and fitness: an evolutionary perspective. *Int J Sports Med* 1998, **19** : 328-335

DENGUEL DR, BROWN MD, FERRELL RE, REYNOLDS TH, SUPIANO MA. Exercise induced changes in insulin action are associated with ACE gene polymorphisms in older adults. *Physiol Genomics* 2002, **11** : 73-80

DIONNE FT, TURCOTTE L, THIBAUT MC, BOULAY MR, SKINNER JS, BOUCHARD C. Mitochondrial DNA seyuence polymorphism, VO₂ max and response to endurance training. *Med Sci Sports Exerc* 1991, **23** : 177-185

EATON SB, CORDAIN L, LINDEBERG S. Evolutionary health promotion: a consideration of common counterarguments. *Preventive Medicine* 2002, **34** : 119-123

FEITOSA M, RICE T, RANKINEN T, et coll. Evidence of QTLs on chromosomes 13q and 14q for triglycerides before and after 20 weeks of exercise trainig: The Heritage family study. *Atherosclerosis* 2005, **182** : 349-360

FUENTES RM, PEROLA M, NISSINEN A, TUOMILHETO J. ACE gene and physical activity blood pressure and hypertension: a populatio study in Finland. *J Appl Physiol* 2002, **92** : 2508-2512

GAYAGAY G, YU B, HUMBLBY B. Elite endurance athletes and the ACE I allele the role of genes in athletic performance. *Hum Genet* 1998, **103** : 18-50

HAGBERG JN, FERRELL RE, MCCOLE SD, WILUND KR, NLOURE GE. VO₂ max is associated with ACE genotype in postmenopausal women. *J Appl Physiol* 1998, **85** : 1812-1816

KOMI PV, VIITASALO JH, HAVU NI, THORSTENSSON A, SJODIN B, KARLSSON J. Skeletal muscle fibres and muscle enzyme activities in monozygous and dizygous twins of both sexe. *Acta Physiol Scand* 1977, **100** : 385-392

LAUDERDALE DS, FASSITZ R, MEYER JM, SHOLINSKI P, RAMAKRISHNAN V, GOLDBERG J. Familial determinant of moderate and intense physical activity: a twin study. *Med Sci Sport Exerc* 1997, **29** : 1062-1068

LEE SJ, WAYS JA, BARBATO JC, ESSIG D, PETTEE K, et coll. Gene expression profiling of the left ventricles in a rat model of intrinsic aerobic running capacity. *Physiol Genomics* 2005, **23** : 62-71

MAIA JA, THOMIS M, BEUNEN G. Genetic factor in physical activity levels A twin study. *Am J Prev Med* 2002, **23** : 87-91

MCARTHUR D, SETO JT, RAFERTY J, QUILAN KG, HUTTLEY GA, et coll. Loss of ACTN3 gene function alters mouse muscle metabolism and shows evidence of positive selection in humans. *Nature Genetics* 2007 published online

MCKENZIE JA, WEISS EP, GHIU IA, KULUPUTANA O, PHARES D, et coll. Influence of interleukine 6-174 G/C polymorphisme on exercise training induced changes in glucose tolerance indexes. *J Appl Physiol* 2004, **97** : 1338-1342

MONTGOMERY HE, MARSHALL R, HEMINGWAY H, MYERSON S, CLARKSON P, et coll. Human Gene for physical performance. *Nature* 1998, **393** : 221-222

OTABE S, CLEMENT K, DINA C, PELLOUX V, GUY-GRAND B, et coll. A genetic variation in the 5' flanking region of the UCP3 gene is associated with body mass index in humans in interaction with physical activity. *Diabetologia* 2000, **43** : 245-249

PRUD'HOMME D, BOUCHARD C, LEBLANC C, LANDRY F, FONTAINE E. Sensitivity of maximal aerobic power to training is genotype-dependent. *Med Sci Sports Exerc* 1981, **16** : 489-493

RANKINEN T, PÉRUSSE L, GAGNON J, CHAGNON YC, LEON AS, et coll. Angiotensin-converting enzyme ID polymorphism and fitness phenotype in the Heritage Family Study. *J Appl Physiol* 2000a, **88** : 1029-1035

RANKINEN T, PÉRUSSE L, BORECKI L, CHAGNON YC, GAGNON J, et coll. The Na(+)-K(+)-ATPase alpha2 gene and trainability of cardiorespiratory endurance: the Heritage Family Study. *J Appl Physiol* 2000b, **88** : 346-351

RAURAMAA R, VAISANEN SB, KUHANEN R, PENTTILA L, BOUCHARD C. The RsaI polymorphism in the alpha-fibrinogen gene and response of plasma fibrinogen to physical training: a controlled randomised clinical trial in men. *Thromb Haemost* 2000, **83** : 803-806

RICO-SANZ J, RANKINEN T, JOANISSE DR. Association between cardiorespiratory response to exercise and the C34T AMPD1 gene polymorphism in the Heritage family study. *Physiol Genomics* 2003, **14** : 161-166

RIVERA MA, DIONNE FT, WOLFARTH B, CHAGNON M, SIMONEAU JA, et coll. Muscle specific creatine kinase gene polymorphism in elite endurance athletes and sedentary controls. *Med Sci Sports Exerc* 1997a, **29** : 1444-1447

RIVERA MA, DIONNE ET, SIMONEAU LA, PERUSSE L, CHAGNON M, et coll. Muscle-specific creatine kinase gene polymorphism and VO2 max in the Heritage Family Study. *Med Sci Sports Exerc* 1997b, **29** : 1311-1317

ROLTSCH MH, BROWN MD, HAND BD, KOSTEK MC, PHARES DA, et coll. No association between ACE I/D polymorphism and cardiovascular hemodynamics during exercise in young men. *Int J Sports Med* 2005, **26** : 638-644

SAKANE N, YGSHIDA T, UNIEKAWA T, KOGURE A, TAKAKURA Y, KONDO M. Effects of Trp64Arg mutation in the beta 3-adrenergic receptor gene on weight loss, body fat distribution, glycemic control, and insulin resistance in obese type 2 diabetic patients. *Diabetes Care* 1997, **20** : 1887-1890

SEEMAN E, HOPPER JL, YOUNG N, FORMICA C, GOSS P, TSALAMANDRIS C. Do genetic factors explain associations between muscle strength, lean mass and bone density? A twin study. *Am J Physiol* 1996, **270** : 320-327

SIMONEAU JA, LORTIE G, BOULAY MR, MARCOTTE M, THIBAUT MC, BOUCHARD C. Inheritance of Human Skeletal Muscle and Anaerobic Capacity Adaptation to High-Intensity Intermittent Training. *Int J Sports Med* 1986, **7** : 167-171

SKINNER JS, WILMORE KM, KRASNOFF JB, JASKÓLSKI A, JASKÓLSKA A, et coll. Adaptation to a standardized training program and changes in fitness in a large heterogeneous population: the Heritage Family Study. *Med Sci Sports Exerc* 2000, **32** : 157-162

ST-AMAND J, PRUD'HOMME D, MOORIANI S, NADEAU A, TREMBLAY A, et coll. Apolipoprotein E polymorphism and the relationships of physical fitness to plasma lipoprotein-lipid levels in men and women. *Med Sci Sports Exerc* 1999, **31** : 692-697

SUN G, GAGNON J, CHAGNON YC, PÉRUSSE L, DESPRÉS JP, et coll. Association and linkage between an insulin-like growth factor-1 gene polymorphism and fat free mass in the Heritage Family Study. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1999, **23** : 929-935

TAIMELA S, LEHTIMAKI T, PORKKA KV, RASANEN L, VIKARI JS. The effect of physical activity on serum total and low-density lipoprotein cholesterol concentrations varies with apolipoprotein E phenotype in male children and young adults: the Cardiovascular Risk in Young Finns Study. *Metabolism* 1996, **45** : 797-803

TAYLOR RR, MAMOTTE CD, FALLON K, VAN BOCKXMEER FM. Elite athletes and the gene for angiotensin-converting enzyme. *J Appl Physiol* 1999, **87** : 1035-1037

VIGILANT L, STENEKING M, HARPENDING H, HAWKES K, WILSON AC. African populations and the evolution of human mitochondrial DNA. *Science* 1991, **253** : 1503-1507

YANG N, MCARTHUR DG, GULBIN JP. ACTN3 genotype is associated with human elite athlete performance. *Am J Hum Genet* 2003, **73** : 627-631

IV

Activité physique et pathologies

16

Maladies cardiovasculaires

C'est dans le domaine des maladies cardiovasculaires que les preuves de l'intérêt de l'activité physique sont les plus importantes. Il s'agit d'effets variés à la fois sur les capacités physiques, la dimension psychologique, l'environnement physiopathologique, notamment les facteurs de risque. L'activité physique est efficace en prévention primaire comme en prévention secondaire et ces deux champs d'action seront abordés successivement.

Effet de l'activité physique sur la morbidité cardiovasculaire

Les maladies cardiovasculaires athéromateuses restent la première cause de mortalité dans les pays développés. Il s'agit essentiellement des coronaropathies athéromateuses, de la cardiopathie ischémique et de l'artériopathie des membres inférieurs. Il existe une relation inverse, démontrée par des études épidémiologiques, entre l'intensité de l'activité physique et l'incidence de ces maladies cardiovasculaires athéromateuses (Morris et coll., 1980 ; Powell et coll., 1987 ; Berlin et Colditz, 1990 ; Morris et coll., 1990 ; Haapanen et coll., 1997 ; Lee et coll., 1997 ; Lee et Paffenbarger, 2000 ; Blair et Jackson, 2001 ; Noda et coll., 2005 ; Sundquist et coll., 2005). Cela a été retrouvé pour les femmes (Lee et coll., 2001 ; Manson et coll., 2002 ; Oguma et Shinoda-Tagava, 2004) comme pour les hommes (Sesso et coll., 2000).

La sédentarité fait partie des facteurs de risque des maladies cardiovasculaires (Lakka et coll., 1994). Le niveau de capacité physique est un facteur prédictif indépendant de mortalité cardiovasculaire, même chez le sujet âgé (Ekelund et coll., 1988 ; Myers et coll., 2002 ; Spin et coll., 2002).

La littérature est moins abondante concernant les effets en prévention primaire de l'activité physique sur la survenue d'accidents vasculaires cérébraux, 3^e cause de mortalité en France. Cependant, il existe un lien statistique entre l'hypoactivité et le risque d'accident vasculaire cérébral et le niveau de la consommation maximale d'O₂ (VO₂ max) est un bon facteur pronostique d'un tel accident (Kurl et coll., 2003). L'activité physique réduit l'incidence d'accident vasculaire cérébral de 25 % (Lee IM et coll., 2003 ;

Wendel-Vos et coll., 2004). Par ailleurs, la majorité des études effectuées mettent en évidence des résultats positifs liés au renforcement de l'activité physique (Hu et coll., 2000 ; Alevizos et coll., 2005), cet effet protecteur ayant été retrouvé chez les hommes comme chez les femmes (Lindstrom et coll., 1993 ; Manson et coll., 1995).

Cet impact de l'activité physique sur la morbi-mortalité cardiovasculaire n'est pas parfaitement expliqué car il est multifactoriel. Il repose en partie sur l'amélioration des anomalies physiopathologiques souvent liées aux affections athéromateuses (dysfonction endothéliale, hyperadrénergie...) et sur le meilleur contrôle des facteurs de risque cardiovasculaires avec pour résultante finale un ralentissement du processus athéromateux. D'ailleurs, la diminution de la mortalité est plus importante chez les sujets présentant le plus de facteurs de risque (Richardson et coll., 2004).

Effet de l'activité physique sur les anomalies physiopathologiques liées aux maladies cardiovasculaires

La dysfonction endothéliale joue un rôle clé dans le développement de l'athérome. Elle intervient en particulier dans le développement initial de la plaque d'athérome, dans la fibrinolyse, dans la régulation de la pression sanguine artérielle et des phénomènes inflammatoires. L'activité physique améliore la vasodilatation endothélo-dépendante dont l'oxyde nitrique (NO) est un des principaux médiateurs. L'exercice favorise d'ailleurs l'expression des facteurs intervenant dans la production de NO (Fukai et coll., 2000 ; Gokce et coll., 2002 ; Dimmeler et Zeiher, 2003 ; Green et coll., 2004).

L'impact en prévention primaire de l'activité physique sur le système neurovégétatif, lorsqu'il est étudié par la variabilité sinusale, ne semble pas du même niveau chez le sujet sain que lorsqu'il est mesuré chez les patients coronariens symptomatiques (prévention secondaire) (Loimaala et coll., 2000 ; Lucini et coll., 2002), avec pour corollaire une diminution du risque de troubles du rythme (Billman, 2002). L'effet sur la variabilité sinusale est en effet plus important chez les sujets symptomatiques (prévention secondaire) que chez ceux qui ne le sont pas (prévention primaire).

Les troubles hémorhéologiques et l'hypercoagulabilité sont améliorés par l'activité physique. Si l'activité fibrinolytique est augmentée, l'adhésivité plaquettaire et la viscosité plasmatique sont réduites (Koenig et coll., 1997 ; Church et coll., 2002a). Même une activité physique modérée permet une amélioration des capacités fibrinolytiques (Lee et Lip, 2003). Il existe une relation linéaire entre le niveau d'activité physique et l'augmentation de l'activateur du plasminogène tissulaire qui, produit par la cellule endothéliale, se lie à la fibrine pour transformer le plasminogène en plasmine qui va lyser un thrombus en formation (Eliasson et coll., 1996).

Le syndrome inflammatoire biologique est corrélé à la survenue plus fréquente des atteintes athéromateuses et associé aux troubles de la coagulation. Il est réduit par l'activité physique, avec amélioration des marqueurs que sont la protéine C réactive et le fibrinogène (Lakka et Salonen, 1993 ; Montgomery et coll., 1996 ; Wannamethee et coll., 2002). Cet effet est indépendant des autres facteurs de risque (Geffken et coll., 2001). Associée à cet effet sur l'inflammation, il existe une diminution de la concentration en cytokines athérogènes – tel que l'interféron- γ (IFN- γ) – qui interviennent dans l'initiation du processus d'athérogénèse, et une augmentation des cytokines athéroprotectrices – tel que le *Transforming Growth Factor* (TGF- β) – (Smith et coll., 1999).

Effet de l'activité physique sur les différents facteurs de risque cardiovasculaires

L'activité physique peut agir sur les différents facteurs de risque impliqués dans les maladies cardiovasculaires.

Hypertension artérielle

La pratique régulière d'une activité physique permet un meilleur contrôle de l'hypertension artérielle (Pescatello et coll., 1991 ; Appelgate et coll., 1992 ; Kokkinos et coll., 1995 ; Paffenbarger et Lee, 1997 ; Turner et coll., 2000). L'entraînement physique fait donc désormais partie des recommandations dans la prise en charge de l'hypertension, en association avec les traitements médicamenteux (*Guidelines Subcommittee*, 1999 ; *Guidelines Committee*, 2003).

Cet effet de l'activité physique sur l'hypertension artérielle a été mis en évidence initialement chez l'homme (Paffenbarger et coll., 1983) puis secondairement chez la femme (Reaven et coll., 1991). Il est également retrouvé lorsqu'une obésité est associée à l'hypertension (Fagard, 1999). Les études concernant les sujets hypertendus âgés sont peu nombreuses. Il semble que l'impact soit moins important et qu'il porte uniquement sur la pression sanguine artérielle diastolique (Stewart et coll., 2005), ceci pouvant être expliqué par la rigidité de la paroi artérielle du sujet âgé (Berry et coll., 2004).

La relation inverse entre l'activité physique et la pression sanguine artérielle a été confirmée en utilisant l'eau doublement marquée, moyen plus fiable de mesure du niveau de dépense énergétique que les questionnaires. Elle est indépendante du contexte socioculturel (Luke et coll., 2005).

Une méta-analyse, incluant à la fois des sujets normotendus et hypertendus, a montré qu'un entraînement physique modéré à une intensité correspondant

à 40-50 % de la puissance maximale aérobie (PMA)⁵² et à raison de 5 séances par semaine permettait de réduire la pression sanguine artérielle de 3,4 mmHg pour la pression systolique et de 2,4 mmHg pour la pression diastolique (Fagard, 2001 ; Fagard, 2006). Cet effet est plus prononcé lorsqu'il est évalué uniquement chez des sujets hypertendus : diminution de 11 mmHg de la pression systolique et de 8 mmHg de la pression diastolique (Hagberg et coll., 2000). Cette méta-analyse n'a pas montré d'efficacité supérieure d'un entraînement intensif par rapport à une activité physique modérée chez les patients hypertendus. Les femmes (*versus* les hommes) et les sujets d'âge moyen (*versus* les sujets jeunes et les sujets âgés) présentaient une diminution plus importante de la pression artérielle.

Si l'activité physique régulière est poursuivie suffisamment longtemps (au moins durant 3 ans), l'amélioration de l'hypertension persiste, à la fois au repos et au cours de l'effort (diminution de 9,2 % de la pression systolique). Son effet est comparable, voire supérieur, à celui d'une monothérapie médicamenteuse (Ketelhut et coll., 2004). Cet effet sur l'hypertension au cours de l'effort est d'autant plus intéressant que cette dernière représente un facteur de risque indépendant de la pression de repos pour la survenue d'infarctus du myocarde et pour la mortalité globale (Mundal et coll., 1996).

Par ailleurs, chez des sujets normotendus, le dépistage d'une hypertension d'effort est un facteur prédictif indépendant de développement d'une hypertension (Matthews et coll., 1998 ; Pendey, 2003). Ainsi, une élévation supérieure ou égale à 50 mmHg de la pression systolique, à un niveau d'effort correspondant à 50 % du pic de VO_2 , est considérée comme anormale et est améliorée par un entraînement en endurance de 8 semaines (Bond et coll., 2005). L'activité physique est donc susceptible de différer voire de rendre inutile le traitement médicamenteux chez un sujet hypertendu.

Les mécanismes sous-tendant cet effet restent mal élucidés. Une diminution des résistances artérielles périphériques a été retrouvée (Meredith et coll., 1990), ainsi qu'une meilleure adaptation du débit cardiaque (Ketelhut et coll., 1994). L'amélioration, déjà évoquée, du fonctionnement de l'endothélium vasculaire est probablement impliquée dans cet effet vasculaire avec meilleure vasodilatation réflexe (Kingwell et coll., 1995 ; Higashi et coll., 1999), de même que l'action sur le système neurovégétatif (Brown et coll., 2002). Une augmentation de la capacité veineuse a été évoquée (Amaral et coll., 2001). Si une amélioration de la compliance artérielle a été retrouvée après entraînement chez les sujets adultes normotendus (Cameron et Dart, 1994), cette amélioration n'a pas été confirmée dans une étude récente menée chez des sujets jeunes (Rakobowchuk et coll., 2004). De la même façon, la compliance artérielle n'a pas été modifiée chez des patients hypertendus, à l'issue

52. La puissance maximale aérobie (PMA) est la puissance de travail qui correspond à la consommation maximale d'oxygène.

d'un reconditionnement aérobie de durée brève (Ferrier et coll., 2001) ainsi que chez des sujets âgés après un entraînement de 6 mois (Stewart et coll., 2005). L'effet de l'entraînement sur le système rénine-angiotensine-aldostérone a été jugé longtemps comme négligeable (Hespel et coll., 1988). Une méta-analyse récente a cependant retrouvé une diminution de 20 % de l'activité de la rénine plasmatique, associée à une diminution de 29 % de la noradrénaline et de 7,1 % des résistances vasculaires pour un entraînement en endurance d'au moins 4 semaines (Fagard, 2006).

Les facteurs génétiques et environnementaux peuvent influencer les modifications de la pression sanguine artérielle au cours d'un programme d'entraînement physique. Cette dimension est mal connue car peu étudiée. À noter que la composante héréditaire dans l'adaptation tensionnelle à un entraînement endurant de 20 semaines est apparue comme faible pour la pression systolique et la fréquence cardiaque (17 à 30 % de la réduction) et négligeable pour la pression diastolique (Rice et coll., 2002 ; An et coll., 2003).

Au total, l'activité physique est désormais un élément incontournable de la prise en charge des patients atteints d'une hypertension artérielle.

Diabète

La sédentarité représente pour certains la première cause comportementale de la prévalence croissante du diabète (LaMonte et coll., 2005). Il existe en effet des liens épidémiologiques bien établis entre l'existence d'un diabète non insulino-dépendant et l'insuffisance d'activité physique (Helmrich et coll., 1991 ; Manson et coll., 1991 ; Burchfiel et coll., 1995 ; Paffenbarger et coll., 1997 ; Wei et coll., 2000 ; Hu et coll., 2003 ; Zinman et coll., 2003).

L'activité physique (le plus souvent associée à un régime) est efficace pour prévenir l'apparition du diabète de type 2 chez des sujets à risque, avec une diminution de moitié en moyenne de son incidence (Eriksson et Lindgarde, 1991 ; Manson et coll., 1993 ; Paffenbarger et coll., 1997 ; Pan et coll., 1997 ; Hu et coll., 1999 ; Tuomilheto et coll., 2001).

Ainsi, dans une population de patients non diabétiques mais avec une intolérance au glucose (glycémie inférieure à 1,25 g/l à jeun et comprise entre 1,4 et 2 g/l deux heures après une épreuve de charge en glucose), l'activité physique réduit de 58 % le risque de survenue d'un diabète, alors que la metformine ne le diminue que de 31 % (Knowler et coll., 2002). Il existe une diminution identique du risque cardiovasculaire (Bassuk et coll., 2005). La réduction de l'incidence du diabète peut aller jusqu'à 65 % si le niveau d'activité physique est important (Laaksonen et coll., 2005). L'étude de Framingham a montré que dans une population non sélectionnée de sujets âgés de 50 ans, l'espérance de vie sans diabète est augmentée de 2,3 ans pour des sujets modérément actifs et de 4 ans pour des sujets très actifs par rapport à des sujets sédentaires (Jonker et coll., 2006).

Chez les diabétiques de type 2, il existe une amélioration des capacités aérobie avec en particulier une augmentation de 11,8 % du VO_2 max (Boule et coll., 2003), mais sans modification significative de la masse corporelle (Boule et coll., 2001). L'équilibre glycémique est amélioré par l'entraînement aérobie mais sans effet dose-réponse (Kelley et Goodpaster, 2001). Il l'est également par le renforcement musculaire contre résistance (Castaneda et coll., 2002 ; Dunstan et coll., 2002 ; Cuff et coll., 2003).

Au cours du diabète non insulino-dépendant, l'exercice physique favorise l'équilibre glycémique (Thomas et coll., 2006) et entraîne une diminution de l'hémoglobine glyquée (HbA1c) de 0,66 % ; démontrée par une méta-analyse, cette amélioration est considérée comme suffisamment importante pour réduire la fréquence des complications dégénératives (Boule et coll., 2001).

L'activité physique diminue l'incidence des maladies cardiovasculaires ainsi que la mortalité des patients diabétiques (Wei et coll., 2000 ; Batty et coll., 2002 ; Gregg et coll., 2003 ; Tanasescu et coll., 2003), indépendamment des autres facteurs de risque que sont la surcharge pondérale, l'hypertension, les dyslipidémies et l'intoxication tabagique (Hu et coll., 2005). De plus, une obésité est souvent associée au diabète. L'effet protecteur de l'activité physique sur la survenue d'événements cardiovasculaires est indépendant du poids. En effet, la relation inverse avec le risque relatif de mortalité persiste, que les patients aient un poids normal ($\text{IMC} < 25 \text{ kg/m}^2$), qu'ils soient en surcharge pondérale ($\text{IMC} = 25\text{-}29,9 \text{ kg/m}^2$), ou qu'ils soient obèses ($\text{IMC} > 30 \text{ kg/m}^2$) (Hu et coll., 2001 ; Church et coll., 2004).

Ces effets de l'activité physique sur le diabète sont d'origine multiple :

- amélioration du transport et de l'utilisation du glucose musculaire (Goodyear et coll., 1998) ;
- réduction de l'insulino-résistance avec une grande variabilité dans les résultats, puisque fluctuant de 10 à 60 % (Tonino, 1989 ; Perseghin et coll., 1996 ; Zinman et coll., 2003), ceci étant probablement dû à la très grande hétérogénéité des populations étudiées. La réduction de l'insulino-résistance est associée à une diminution de l'intolérance au glucose, de l'hyperglycémie post-prandiale et de la production hépatique de glucose (Thompson et coll., 2001). L'amélioration de l'insulino-résistance est également corrélée à la diminution de la graisse abdominale (Mourier et coll., 1997) ainsi qu'aux modifications du profil lipidique (Corpeleijn et coll., 2006).

L'insulino-résistance est diminuée chez des patients non diabétiques en surcharge pondérale, que l'activité physique pratiquée soit intense ou modérée (Houmard et coll., 2004), avec un effet identique chez des adolescents en surcharge pondérale (Shaibi et coll., 2006). Les mêmes constatations ont été faites chez les sujets présentant un diabète de type 2 (Mayer-Davis et coll., 1998). Cependant, chez des sujets euglycémiques mais présentant une résistance à l'insuline, un programme intensif d'intervention comportant notamment une activité physique élevée (au moins 20 minutes par jour à 80-90 % de la fréquence cardiaque maximale théorique) est nécessaire pour obtenir

une amélioration moyenne de 26 % de la sensibilité à l'insuline (McAuley et coll., 2002). Par ailleurs, il semble exister des liens entre l'activité physique et l'amélioration de l'insulino-résistance chez le sujet hypertendu (Zavaroni et coll., 1989 ; Andersen et coll., 2003). Il existe en effet une relation statistique entre la réduction d'une hypertension et de la noradrénaline induite par l'exercice d'une part et l'amélioration de la sensibilité à l'insuline d'autre part (Kohno et coll., 2000).

À noter que l'entraînement physique améliore l'homéostasie glycémique de façon globale en limitant le risque d'hypoglycémie, mais que son impact semble transitoire sur l'insulino-résistance, avec retour à la situation préalable, 3 jours après l'arrêt de l'activité physique (Heath et coll., 1983 ; Boule et coll., 2005).

Par ailleurs, une dysfonction endothéliale est très souvent associée au diabète (McVeigh et coll., 1992). Un entraînement physique de 8 semaines, combinant reconditionnement global aérobie et renforcement musculaire contre résistance, l'améliore. Cet impact ne se limite pas aux territoires musculaires entraînés mais diffuse à l'ensemble de l'arbre artériel de façon systémique (Maiorana et coll., 2001). *A contrario*, un travail récent n'a pas mis en évidence de modifications fonctionnelles microcirculatoires au décours d'un entraînement de 6 mois chez des diabétiques au bon équilibre glycémique (Middlebrooke et coll., 2006).

La réduction de mortalité au cours du diabète de type 2 est multifactorielle. Elle est due également aux autres effets rapportés sur les anomalies neurovégétatives, hémorhéologiques et inflammatoires. L'activité physique a de plus l'intérêt de permettre un meilleur contrôle des autres facteurs de risque fréquemment associés au diabète, que ce soit la surcharge pondérale (Walker et coll., 1999), la tension artérielle (Lehmann et coll., 1995), le profil lipidique (Bourn et coll., 1994). Une activité de marche de 45 minutes, 3 fois par semaine apparaît suffisante (Fritz et coll., 2006).

Concernant les effets de l'exercice sur le diabète insulino-dépendant, les travaux sont rares et n'ont pas démontré un meilleur contrôle glycémique.

En résumé, l'activité physique permet une réduction du risque de survenue du diabète de type 2 et limite l'incidence des maladies cardiovasculaires lorsque le diabète est avéré (Batty et coll., 2002). L'activité physique fait donc partie des recommandations des sociétés savantes (Albright et coll., 2000 ; *American Diabetes Association*, 2002).

Dyslipidémies

L'activité physique entraîne une diminution des taux sériques des triglycérides et une augmentation du HDL⁵³-cholestérol (Suter et coll., 1990 ; Crouse

53. *High Density Lipoprotein*

et coll., 1997 ; Durstine et coll., 2002 ; Frasson et coll., 2003 ; Sdringola et coll., 2003). Une méta-analyse incluant 52 études (4 700 sujets) a montré une réduction moyenne de 3,7 % du taux de triglycérides sériques, de 5 % du LDL⁵⁴-cholestérol et une augmentation moyenne de 4,6 % du HDL-cholestérol (Leon et Sanchez, 2001a).

Surcharge pondérale

L'activité physique est recommandée, en association au régime, pour le contrôle de la surcharge pondérale et la conservation à moyen et long terme de la perte de poids ainsi obtenue (Wing et Hill, 2001). Elle permet une réduction de la graisse abdominale (Schwartz et coll., 1991), facteur prédictif de diabète et d'hypertension (Haffner, 2000). La participation dès le jeune âge à une activité physique régulière est un facteur de limitation de l'apparition de l'obésité abdominale à l'âge adulte (Yang et coll., 2006).

Tabac

Le sevrage tabagique est facilité par l'entraînement physique (Ussher et coll., 2000) qui améliore les résultats des programmes d'interventions comportementales (Marcus et coll., 1999).

Dépression

La dépression est désormais un facteur de risque cardiovasculaire individualisé (Barefoot et coll., 1996 ; Pennix et coll., 2001). L'activité physique augmente la sensation de bien-être et réduit l'anxiété et le stress par des impacts multiples, psychologique, neuro-hormonaux, et métaboliques encore mal élucidés (Schnohr et coll., 2005).

Au total, les différents impacts de l'activité physique sur les facteurs de risque cardiovasculaires expliquent au moins en partie l'efficacité de l'exercice en prévention primaire sur les maladies cardiovasculaires.

L'impact sur l'évolution de la plaque d'athérome est cependant plus difficile à mettre en évidence car il s'agit d'un processus lent, nécessitant donc des études morpho-anatomiques prolongées de la paroi artérielle, menées sur des populations importantes de patients, en limitant l'interférence de l'action sur les autres facteurs de risque (traitement par statine de l'hypercholestérolémie par exemple). Il semble bien cependant exister un tel effet,

en prévention primaire, évalué sur l'évolution de l'épaisseur intima-média carotidienne (Rauramaa et coll., 2004) et sur la rigidité de la paroi artérielle évaluée par la vélocité de l'onde de pouls (Vaitkevicius et coll., 1993 ; Boreham et coll., 2004).

Il reste que l'activité physique a des effets démontrés multiples, à la fois physiques, psychologiques, métaboliques, anti-thrombotiques, anti-arythmiques, et anti-ischémiques justifiant la mise en œuvre de stratégies de développement dans la population générale.

Modalités d'action de l'activité physique en prévention primaire

Compte tenu des effets démontrés, l'activité physique fait partie des principales préconisations faites par les sociétés savantes dans le cadre de la prévention primaire des maladies cardio- et cérébro-vasculaires (Pearson et coll., 2002 ; Hack et coll., 2003).

En conséquence, des programmes de développement de l'activité physique dans la population générale ont été mis en œuvre afin de prévenir ces maladies (Thompson et coll., 2003) conduisant au lancement de véritables campagnes d'incitation à l'activité physique, essentiellement la marche, avec une certaine efficacité en pratique courante (Young et coll., 1993 ; Staten et coll., 2004 ; Stoddard et coll., 2004). Cependant, les résultats restent limités compte tenu de la taille réduite des populations dans ces études (Bjaras et coll., 2001).

Le maintien à long terme de l'activité physique est un problème essentiel car il conditionne l'efficacité préventive, les bénéfiques étant neutralisés par son interruption (Kemi et coll., 2004). Le taux d'abandon est en effet élevé, évalué à 50 % au bout de 6 mois, chez des sujets ayant débuté une modification de leur hygiène de vie (Dishman, 1982). Un niveau élevé d'activité physique au cours de la jeunesse permet de présager d'une hygiène de vie adaptée au cours de l'âge adulte ce qui représente un argument supplémentaire pour la promotion de l'activité physique chez les jeunes (Conroy et coll., 2005).

Une approche globale est proposée, visant à modifier les comportements, tant sur le plan de l'activité physique que des habitudes alimentaires. Fondée sur une revue de la littérature, elle préconise une politique d'action sur le contexte de vie, l'environnement et différentes mesures pratiques : privilégier l'utilisation des escaliers, faciliter l'accès aux lieux adaptés à l'exercice, notamment dans le milieu professionnel, développer des programmes éducatifs scolaires, augmenter le temps consacré à l'activité physique durant la scolarité (Matson-Koffman et coll., 2005).

Niveau d'activité physique

La détermination du niveau d'activité physique efficace en terme de prévention primaire des maladies cardiovasculaires est une préoccupation déjà ancienne, avec des résultats discordants conduisant certains à préconiser des exercices de niveau élevé en intensité et en fréquence (Morris et coll., 1980 ; Lakka et coll., 1994 ; Sesso et coll., 2000) et d'autres, au contraire, à proposer une activité physique modérée (Leon et coll., 1987 ; Slattery et Jacobs, 1989 ; Shaper et coll., 1991 ; Wannamethee et Shaper, 1992 ; Paffenbarger et coll., 1993).

Les recommandations pour des exercices intenses remontent aux années 1970 et 1980 et au début des années 1990 (*American College of Sports Medicine*, 1978 ; Fletcher et coll., 1992). Récemment, c'est une activité physique plus modérée qui est conseillée pendant au moins 30 minutes par séance et le plus de jours possible durant la semaine (Pate et coll., 1995 ; *NIH Consensus Conference*, 1996 ; Thompson et coll., 2003). L'exemple le plus habituel est la marche à vitesse libre qui, comparée à une activité physique plus intense dans une importante population de femmes, a présenté une efficacité préventive de même niveau (Manson et coll., 2002). Par ailleurs, les effets psychologiques bénéfiques de l'activité physique sur le stress et la sensation de bien-être sont plus importants lorsque celle-ci est modérée plutôt qu'intense (Schnohr et coll., 2005).

Cependant, une revue récente de la littérature prenant en compte à la fois les études épidémiologiques et les travaux prospectifs a retrouvé une efficacité supérieure de l'activité physique intense en prévention primaire des maladies cardiovasculaires (Swain et Franklin, 2006), ce qui est cohérent avec la constatation déjà faite d'une relation inverse entre le niveau de capacité maximale évaluée par un test d'effort et la mortalité (Myers et coll., 2002). L'hypothèse proposée pour expliquer cet effet plus marqué de l'activité physique intense est son impact supérieur sur le système neurovégétatif (Podolin et coll., 1991) et sur l'insulino-résistance (Kang et coll., 1996).

Il apparaît bien exister un effet dose-réponse entre le niveau d'activité physique et le bénéfice sur la morbi-mortalité (Kohl, 2001), un niveau minimal d'exercice étant indispensable à un contrôle des facteurs de risque. Ce niveau a été fixé chez des sujets sains entre 30 et 55 ans à une dépense énergétique de 1 000 à 1 500 kcal/semaine, comportant des exercices 4 fois par semaine d'une durée de 20 à 60 minutes à un minimum de 50 % des capacités maximales aérobie (Drygas et coll., 1988). L'efficacité apparaît renforcée si cette activité est supérieure à 2 000 kcal/semaine, notamment en ce qui concerne le profil lipidique (Drygas et coll., 2000). La figure 16.1 présente les effets sur la mortalité cardiovasculaire en fonction de l'activité physique selon différents auteurs.

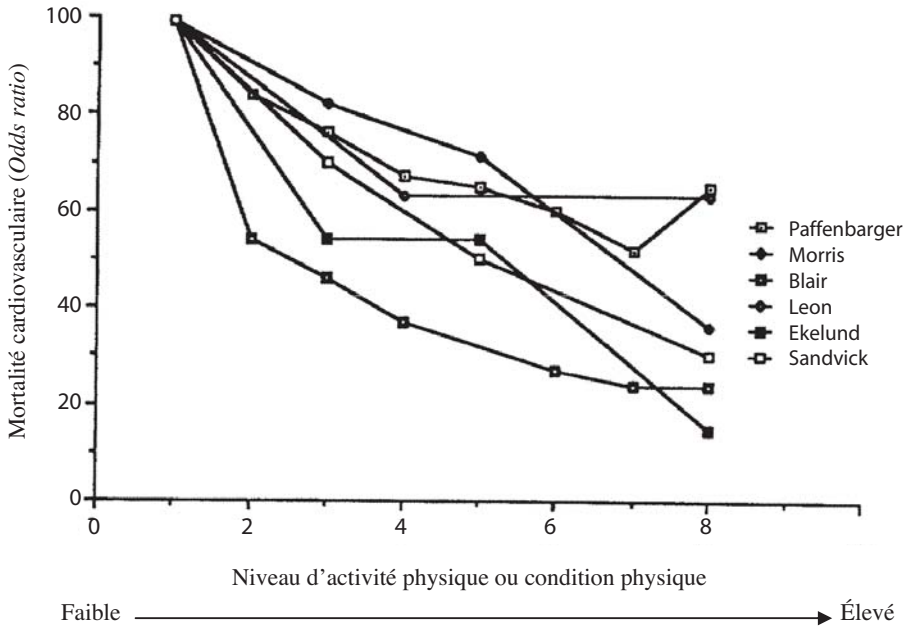


Figure 16.1 : Réduction de la mortalité liée aux maladies cardiovasculaires en fonction du niveau d'activité physique ou du niveau de condition physique (d'après Haskell, 1994)

Données originales de mesure du niveau d'activité physique : Paffenbarger et coll., 1986 ; Morris et coll., 1990 ; Leon et coll., 1987 ; Shaper et Wannamethee, 1991 ; Données originales de mesure de la condition physique : Blair et coll., 1989 ; Ekelund et coll., 1988 ; Sandvik et coll., 1993

Les recommandations générales de sociétés savantes conseillent une activité modérée à moyenne, si possible quotidienne, durant au moins 30 minutes (Pate et coll., 1995 ; *NIH Consensus Conference*, 1996), auto contrôlée par la perception de la fatigue et/ou la prise du pouls (Fletcher, 1997). Si l'activité physique est plus intense (par exemple la marche rapide), il semble que la durée de l'exercice puisse être réduite de 30 à 10 minutes par jour, avec les mêmes effets sur le profil lipidique, le tour de taille, le VO_2 max et l'état psychologique (Murphy et coll., 2002). Ceci apparaît intéressant en pratique, car levant une barrière habituelle à la pratique de l'activité physique qui est le manque de temps. Cependant, une évaluation plus récente des effets de la marche rapide 20 minutes, 3 jours par semaine n'a pas confirmé ces résultats (Murtagh et coll., 2005).

Les mêmes constatations de relation inverse ont été faites entre l'activité physique et la survenue d'accidents vasculaires cérébraux (Lee CD et coll., 2003), le gain étant supérieur chez les sujets les plus actifs mais sans gain supérieur au-delà d'une dépense énergétique de 2 000 kcal/semaine (Lee

et Paffenbarger, 1998). Cet effet positif de l'activité physique modérée est retrouvé même lorsqu'il existe une hypertrophie ventriculaire associée (Pitsavos et coll., 2004). Il faut noter qu'une activité physique soutenue, voire énergique, n'a pas entraîné d'effets délétères (Wannamethee et Shaper, 1992) avec même un effet bénéfique additionnel comparativement à une activité modérée (Sacco et coll., 1998). Les recommandations en prévention des accidents vasculaires cérébraux sont également d'une activité quotidienne, modérée, durant au moins 30 minutes (Pate et coll., 1995 ; Golstein et coll., 2001).

Recommandations spécifiques

Pour un meilleur contrôle des facteurs de risque cardiovasculaires, des recommandations spécifiques ont été proposées.

Sujets diabétiques

Pour le diabète, l'activité physique est recommandée en préventions primaire et secondaire (Albright et coll., 2000 ; *American Diabetes Association*, 2002 ; *Working Party of the International Diabetes Federation*, 2003).

Compte tenu du risque cardiovasculaire chez les sujets diabétiques, un test d'effort préalable est conseillé afin de dépister ce risque et d'adapter la préconisation d'activité (Chipkin et coll., 2001). Ces recommandations rejoignent celles déjà rapportées : au minimum une dépense énergétique de 1 000 kcal/semaine, avec activité aérobie et entraînement contre résistance, au moins 3 fois par semaine et si possible quotidienne (Di Loreto et coll., 2005). Il est préconisé de débiter par un échauffement et terminer par une récupération active de 5 à 10 minutes. La durée de l'exercice (marche, vélo, natation...) doit augmenter progressivement de 30 à 45 minutes. Le contrôle de la fréquence cardiaque permet de contrôler de façon aisée l'intensité de l'effort. Cette approche est facilitée par l'utilisation d'un cardiofréquence-mètre. Une fréquence cardiaque cible peut être proposée entre 60 et 80 % de la fréquence maximale. Pour les sujets n'ayant pas bénéficié d'un test d'effort et en l'absence d'une interaction médicamenteuse ou d'une neuropathie neurovégétative, la fréquence maximale peut être estimée par la formule : $220 - \text{âge}$. Le renforcement musculaire contre résistance sera mis en œuvre au moins 2 fois par semaine. Si la force musculaire maximale est préalablement testée, on déterminera des charges correspondant à 30 à 50 % de celle-ci. Le sujet effectuera des séries de 12 à 15 répétitions en sollicitant successivement les plus volumineuses masses musculaires des 4 membres. Si un test de force n'est pas effectué, on choisira un poids pouvant être mobilisé facilement 10 à 15 fois (Stewart, 2002).

Ces recommandations d'activité physique régulière (si possible quotidienne), d'intensité modérée et de durée minimale de 30 minutes ont été

confortées par une méta-analyse récente (Bassuk et Manson, 2005). Une activité physique de loisir plus soutenue a permis chez des sujets à risque de diminuer l'incidence du diabète de 65 % (Laaksonen et coll., 2005). Cette constatation a été faite par plusieurs études qui utilisent un test d'effort comme moyen d'analyse de l'activité physique plutôt que les questionnaires qui sont le moyen le plus largement utilisé (Lynch et coll., 1996 ; Wei et coll., 1999). Une activité physique modérée est conseillée lorsque l'on veut privilégier l'utilisation des acides gras libres par rapport à celle du glucose qui représente l'unique source d'énergie au cours d'un effort maximal (Sato, 2000).

Les recommandations doivent rester souples et adaptables à chaque individu en fonction de ses caractéristiques (âge, sexe, capacités...) et du contexte socioculturel et professionnel. Elles doivent pouvoir s'intégrer réellement au mode de vie car c'est le gage de leur pérennisation (Kriska, 2003). Il semble par ailleurs que les effets bénéfiques d'un programme d'intervention sur le mode de vie se maintiennent dans le temps (Lindstrom et coll., 2006). Ces modifications sont particulièrement importantes à mettre en œuvre car il s'agit de sujets plutôt sédentaires. Ainsi, près de 70 % des patients présentant un diabète de type 2 n'ont pas d'activité physique régulière de loisir (Ford et Herman, 1995). L'impact de l'augmentation du niveau d'activité physique chez ces patients ne se limite pas au versant cardiovasculaire mais agit également sur leurs incapacités fonctionnelles qui sont fréquentes avec notamment une limitation à la marche (Gregg et coll., 2000). Cependant, un obstacle est le peu de motivation souvent constaté de ces populations de patients pour des programmes contraignants d'activité physique (Survey et Ready, 1991). Des interventions de sensibilisation, de modifications comportementales et d'éducation à une auto-prise en charge comportant un rétrocontrôle d'activité fondé sur l'utilisation de podomètres ont permis une augmentation significative du niveau d'activité physique mais avec une perte d'efficacité progressive justifiant la mise en place de stratégies de soutien (Tudor-Locke et coll., 2004).

Par précaution, les efforts doivent être particulièrement modérés en cas de rétinopathie proliférative. Au cours de l'exercice et à des niveaux d'effort moyens en intensité et en durée, un apport nutritionnel supplémentaire est exceptionnellement nécessaire (Albright et coll., 2000).

Sujets hypertendus

En ce qui concerne l'hypertension, des recommandations de même nature que pour les diabétiques ont été faites : pratique d'une activité aérobie régulière, comme de la marche rapide, au moins 30 minutes par jour, la plupart des jours de la semaine (*Guidelines Committee*, 2003 ; Pescatello et coll., 2004). La diminution de la pression sanguine artérielle est peu différente entre une activité modérée (par exemple marche à vitesse modérée, 30 minutes 3 fois par semaine) et plus intense (60 minutes de marche rapide

5 jours par semaine) (Fagard, 2001). À niveau d'intensité modérée (50 % de la VO₂ max), 30 à 60 minutes d'exercices par semaine sont suffisantes pour diminuer la pression systolique et diastolique, alors que 60 à 90 minutes apportent un gain supplémentaire, mais pas au-delà de 90 minutes (Ishikawa-Takata et coll., 2003). Le volume d'exercice nécessaire apparaît donc comme peu important et raisonnablement atteignable dans cette population de patients. Le renforcement musculaire très en vogue actuellement lorsqu'il est dynamique et à charge modérée, intervient également dans l'amélioration des chiffres tensionnels (Cornelissen et Fagard, 2005), bien qu'une altération de la compli-ance artérielle ait été mise en évidence (Miyachi et coll., 2004). L'entraînement aérobie semble cependant plus efficace que le renforcement musculaire pour abaisser la tension artérielle (Halbert et coll., 1997). Les activités aérobies sont donc à privilégier : marche, course à pied, vélo, à intensité basse à modérée plutôt qu'intense (Kokkinos et Papademetriou, 2000). La pratique du vélo apparaît d'ailleurs la plus efficace (Whelton et coll., 2002). En revanche, l'effet sur l'hypertension du renforcement musculaire uniquement statique n'a pas été évalué.

Les recommandations pour l'hypertension ont pu être synthétisées en termes de « FITT » (Fréquence, Intensité, Temps, Type) (tableau 16.I).

Tableau 16.I : Recommandations d'activité physique pour l'hypertension (d'après Pescatello, 2005)

Caractéristiques de l'activité physique	Recommandations
Fréquence	Si possible tous les jours de la semaine
Intensité	Modérée (entre 40 et 60 % du VO ₂ max)
Temps	Supérieur à 30 minutes en continu ou en séquentiel
Type	Aérobie en premier lieu, complété par renforcement musculaire contre résistance

L'hypertension et le diabète sont associés dans près de 60 % des cas, indépendamment de l'âge et de l'obésité (Albrigh et coll., 2000) ce qui pour certains double le risque de complications cardiovasculaires (Grossman et coll., 2000). Les recommandations pratiques rapportées pour le diabète s'appliquent à cette situation (Stewart, 2002).

Sujets en surcharge pondérale

Concernant la surcharge pondérale, l'effet dose-réponse lié à l'activité physique n'est pas actuellement clairement identifié. La très grande hétérogénéité des situations conduit à retrouver une efficacité dans le contrôle du poids pour une activité physique modérée de 80 minutes par jour, ou bien pour une activité plus intense de 35 minutes par jour (Wing, 1999). Par ailleurs,

il semble que la moindre activité physique suffisamment régulière peut réduire la surcharge pondérale (Slentz et coll., 2004), par exemple la pratique d'une activité de marche quotidienne de 15 minutes semble suffisante (Hill et coll., 2003).

Sujets dyslipidémiques

Pour les dyslipidémies, il existe en revanche bien un lien dose-réponse fort entre le niveau de l'activité physique et les modifications du profil lipidique, plus particulièrement la diminution du taux sérique de triglycérides et l'augmentation du HDL-cholestérol (Leon et Sanchez, 2001b). Il semble que cet effet soit plus lié à la durée de l'activité qu'à son intensité (Kraus et coll., 2002).

À noter que cette relation dose-réponse a également été retrouvée entre le niveau de l'activité et les marqueurs de l'inflammation que sont la protéine C réactive et le fibrinogène, indépendamment des autres facteurs de risque cardiovasculaires (Geffken et coll., 2001 ; Ford, 2002). D'ailleurs, le niveau d'adaptation à l'effort (témoin des capacités aérobies du sujet) présente une corrélation inverse avec la protéine C réactive chez des sujets avec diabète (McGavock et coll., 2004) et sans diabète (Church et coll., 2002b).

Adaptation personnalisée du niveau et du type d'activité

L'utilisation de tables de correspondances énergétiques afin de fixer l'intensité des efforts effectués apparaît inappropriée. En effet, ces tables sont établies à partir d'activités développées par des adultes jeunes en bonne santé et ne sont pas applicables à des sujets âgés et/ou porteurs d'incapacités diverses (Howley, 2001). Il est préférable de personnaliser le niveau d'effort aux capacités réelles des sujets, en tenant compte de la grande hétérogénéité des situations. Pour cela, le niveau d'effort ressenti par le sujet lui-même est un critère plus fiable et validé dans la prévention primaire pour des efforts modérés auto-contrôlés (Lee IM et coll., 2003) et a permis une évolution dans les recommandations à une activité physique adaptée aux possibilités réelles de chaque sujet (*American College of Sports Medicine Position Stand*, 1998). La sensation de l'effort est transcrite à partir de scores spécifiques, dont celui de Borg est le plus utilisé car bien corrélé aux autres paramètres de l'adaptation à l'effort (Borg, 1982).

Concernant les types d'exercices, ils peuvent être divers afin de s'adapter à chaque sujet. Cependant, pour les activités aérobies, la marche est la plus simple à mettre en œuvre et donc la plus utilisée (Vaz de Almeida et coll., 1999). Elle ne nécessite pas d'apprentissage, ni d'équipement spécifique. Elle est par ailleurs rarement source de lésions musculo-squelettiques (Morris et Hardman, 1997). Pratiquée 30 minutes par jour, 5 jours par semaine, durant 12 semaines, sans surveillance particulière, elle entraîne une réduction

significative du risque cardiovasculaire (Tully et coll., 2005). Les autres activités telles que la natation, le vélo, les différents sports, seront pratiquées en fonction des goûts de chacun et des possibilités offertes. De même, des exercices contre résistance, utilisant des poids à mobiliser ou différents ergomètres, seront préconisés deux à trois fois par semaine, incluant 8 à 10 types d'effort répétés 10 à 15 fois chacun (Fletcher, 1997).

L'activité gymnique est souvent proposée, notamment chez les sujets âgés, dans une perspective de bien-être mais aussi de maintien fonctionnel, en particulier sur le plan de la coordination et de l'équilibre (prévention des chutes). Son impact en terme de prévention des maladies cardiovasculaires est peu étudié. Le tai chi est une technique gymnique d'origine chinoise, dont la pratique se développe dans les pays occidentaux, en particulier pour des sujets âgés car bien tolérée habituellement (mouvements lents, rythmés par la respiration, dans un contexte de détente). Il n'a pas été retrouvé d'effets significatifs du tai chi sur la pression sanguine artérielle, le profil glycémique et lipidique chez des sujets âgés, comparativement à des exercices contre résistance et à des habitudes de vie non modifiées, sur une durée de 1 an (Thomas et coll., 2005). Cependant, la pratique durant 4 mois d'une autre gymnastique chinoise traditionnelle, le qi gong, a permis une amélioration de patients hypertendus avec une réduction des chiffres de pression sanguine artérielle identique à celle d'un entraînement conventionnel (Cheung et coll., 2005).

Effet de l'activité physique chez les patients

L'activité physique joue également un rôle dans la prévention secondaire des maladies cardiovasculaires en agissant sur la mortalité d'une part et sur les effets physiopathologiques liés à ces maladies d'autre part.

Impact sur la mortalité

L'intérêt de l'activité physique en prévention secondaire au cours des maladies cardiovasculaires est bien établi par des études randomisées de bonne qualité (grand nombre de patients inclus, suivi prolongé, randomisation, rapport des perdus de vue, évaluation aveugle des résultats, méthode statistique pertinente) ayant permis des méta-analyses mettant en évidence sur un grand nombre de patients une diminution de la mortalité cardiaque de 25 à 35 % chez les patients coronariens. Il s'agit majoritairement de patients intégrés dans des programmes de rééducation après infarctus du myocarde, revascularisation coronaire (chirurgicale ou par angioplastie), ou pour angor stable (Oldridge et coll., 1988 ; O'Connor et coll., 1989 ; Jolliffe et coll., 2002 ; Taylor et coll., 2004 ; Karmisholt et Gotzsche, 2005). C'est cette

démonstration d'efficacité qui a d'ailleurs été à l'origine du développement important de la réadaptation cardiaque à partir du début des années 1990.

Chez l'insuffisant cardiaque chronique, l'activité physique, longtemps contre-indiquée, est désormais préconisée comme faisant partie de la prise en charge conventionnelle des insuffisances cardiaques chroniques stables, correspondant aux stades 2 et 3 de la classification de la *New York Heart Association*. L'impact sur la mortalité a été montré par une revue systématique de la littérature (Lloyd-Williams et coll., 2002) et confirmé de façon récente par une méta-analyse (Piepoli et coll., 2004).

Effets physiopathologiques

Les effets démontrés de l'activité physique sont multiples, recoupant fortement ceux déjà exposés au cours des prises en charge en prévention primaire. Ils expliquent au moins partiellement l'impact sur la mortalité.

Capacités physiques

Il existe chez les patients coronariens une incapacité d'effort dont l'origine est multiple. C'est l'altération du métabolisme oxydatif musculaire qui domine dans cette intolérance à l'effort. La spectroscopie en résonance magnétique nucléaire au phosphore 31 a permis d'en démontrer les conséquences : une acidose prématurée associée à une déplétion en phosphocréatine au cours de l'effort et un temps de re-synthèse anormalement long de cette phosphocréatine à la phase de récupération (Cottin et coll., 1996). Ce déconditionnement à l'effort est souvent aggravé par la sédentarité, facteur de risque majeur des maladies cardiovasculaires (Lee IM et coll., 2003). Il existe une diminution du volume sanguin, du remplissage ventriculaire, du volume d'éjection systolique, du retour veineux, du réseau capillaire musculaire et de la perfusion musculaire (Convertino, 1997). Ces anomalies, combinées chez les patients coronariens, conduisent à une diminution des capacités aérobies et de l'endurance musculaire alors que la force musculaire maximale reste longtemps conservée (Gayda et coll., 2003). Chez le patient coronarien avec insuffisance cardiaque, la dégradation du métabolisme oxydatif est particulièrement marquée (Mancini et coll., 1992).

L'entraînement physique permet une augmentation en moyenne de 20 % des capacités aérobies maximales par un impact prédominant sur le métabolisme oxydatif musculaire : augmentation des performances oxydatives enzymatiques et de la densité capillaire au niveau des fibres musculaires striées chez les patients coronariens (Torres et coll., 1990 ; Ades et coll., 1996), avec un impact similaire démontré depuis longtemps au cours de l'artériopathie oblitérante des membres inférieurs (Holm et coll., 1973).

Au cours de l'insuffisance cardiaque chronique, l'activité physique entraîne une amélioration des capacités oxydatives musculaires avec une augmentation

moyenne de 20,5 % du pic de VO_2 (Pina et coll., 2003). Une méta-analyse récente a retrouvé une augmentation moyenne de 2,16 ml/kg/min de ce pic de VO_2 , associée à une amélioration de 15,1 watts de la puissance et de 2,38 minutes de la durée du test d'effort après rééducation, les performances étant d'autant meilleures que le programme est intense et prolongé (Rees et coll., 2004). La spectroscopie en résonance magnétique nucléaire au phosphore 31 met en évidence une réduction de la déplétion en phosphocréatine et de la synthèse d'ADP au cours de l'exercice et une accélération de la re-synthèse de la phosphocréatine lors de la phase de récupération (Adamopoulos et coll., 1993). Ceci est concordant avec les constatations histochimiques : augmentation de la densité en mitochondries (Hambrecht et coll., 1997), amélioration du matériel enzymatique oxydatif (Gielen et coll., 2002).

L'enjeu est souvent important chez le patient insuffisant cardiaque, l'amélioration des capacités physiques permettant un recul de la dyspnée et de la fatigue (Belardinelli et coll., 1999) et se traduisant en gain sur l'autonomie et la qualité de vie (Tyni-Lenne et coll., 1998). Ces différents effets sont retrouvés chez les patients coronariens stables (Goodman et coll., 1999).

Fonction cardiaque

L'activité physique augmente la perfusion myocardique (Cinquegrana et coll., 2002) par amélioration de la fonction endothéliale coronaire (Hambrecht et coll., 2000a). Ceci permet une amélioration du débit cardiaque d'effort chez le coronarien stable (Goodman et coll., 1999 ; McConnell et coll., 2003 ; Motohiro et coll., 2005) et une augmentation de la fraction d'éjection chez l'insuffisant cardiaque (Hambrecht et coll., 2000b) mais qui n'apparaît pas constante (McConnell et coll., 2003).

Il est à noter que la mesure au repos de la fraction d'éjection ventriculaire, largement utilisée dans le diagnostic de l'insuffisance cardiaque, n'est pas corrélée à l'incapacité d'effort (Wilson et coll., 1995). La mesure des échanges gazeux au cours de l'effort est un témoin plus valide et un facteur pronostique fort (Mancini, 1995). Utilisée dans la classification de Weber pour le diagnostic de gravité de l'insuffisance cardiaque, elle ne permet cependant pas de distinguer la composante centrale (débit cardiaque) et périphérique (différence artério-veineuse en oxygène) de la chaîne du transport et de l'utilisation de l'oxygène (Weber et Janicki, 1985).

La tolérance myocardique à l'effort, avec recul du seuil ischémique, est meilleure chez les coronariens présentant un angor stable après réentraînement à l'effort (Ehsani et coll., 1982), du fait en particulier d'une diminution du produit de la fréquence cardiaque par la pression systolique, à niveau d'effort égal (Clausen, 1976).

Dysfonction endothéliale

Elle est à l'origine d'une dégradation de l'adaptation microcirculatoire au cours des maladies cardiovasculaires. L'altération de la vasodilatation

NO-dépendante vient limiter d'autant la tolérance à l'effort (Rush et coll., 2005). La conjonction de l'atteinte musculaire métabolique et des troubles de la perfusion musculaire au cours de l'insuffisance cardiaque chronique prédomine sur l'insuffisance de débit cardiaque dans la pathogénie de la désadaptation à l'effort (Zeli et coll., 1986 ; Wilson et coll., 1993).

L'entraînement diminue les résistances artérielles périphériques par réduction de la dysfonction endothéliale avec meilleure perfusion musculaire (Gokce et coll., 2002). La réactivation de la vasodilatation NO-dépendante participe à l'amélioration des performances aérobies chez les patients coronariens (Brendle et coll., 2001) ainsi qu'au cours de l'insuffisance cardiaque chronique (Hambrecht et coll., 1998).

Cet effet de l'exercice sur la cellule endothéliale dépasse probablement le seul aspect de l'amélioration de la vasomotion pour avoir un réel effet d'athéroprotection (Hambrecht et coll., 2000a) passant en particulier par la modification des contraintes pariétales (Malek et coll., 1999).

Perturbations neuro-hormonales

La stimulation des systèmes nerveux sympathique, rénine-angiotensine-aldostérone et arginine-vasopressine, est de plus en plus incriminée dans la pathogénie des maladies cardiovasculaires, en particulier au cours de l'insuffisance cardiaque. Cette stimulation est à l'origine d'effets délétères multiples qui vont influencer sur la tolérance à l'effort : vasoconstriction, augmentation des résistances périphériques, augmentation du volume sanguin, remodelage ventriculaire (Re, 2004 ; Chatterjee, 2005).

L'activité physique réduit l'hyperadrénergisme avec rééquilibration de la balance neurovégétative (Lucini et coll., 2002), associée à une augmentation de la variabilité sinusale (Wood et coll., 1998) et à un effet anti-arythmique (Billman, 2002) chez le coronarien sans dysfonction ventriculaire comme chez l'insuffisant cardiaque (Adamopoulos et coll., 1995). De plus, le niveau de la variabilité sinusale est corrélé chez l'insuffisant cardiaque à l'activité physique évaluée par questionnaire (Garet et coll., 2005). Cet effet anti-arythmique est probablement potentialisé par l'amélioration secondaire des défenses anti-oxydantes myocardiques à l'exercice (Hamilton et coll., 2004).

Atteinte respiratoire

L'atteinte respiratoire est fréquente au cours de l'insuffisance cardiaque sévère, liée aux anomalies du rapport ventilation/perfusion (Wasserman et coll., 1997) à l'origine d'une hyperventilation réflexe délétère par probable mise en jeu excessive des chémorécepteurs et ergorécepteurs musculaires (Scott et coll., 2000). La dyspnée est le plus souvent corrélée à une augmentation de la pression artérielle pulmonaire (Mancini et coll., 2000). L'activité physique augmente de plus de 20 % les capacités respiratoires chez l'insuffisant cardiaque (McConnell et coll., 2003) avec amélioration de la

diffusion alvéolo-capillaire (Guazzi et coll., 2004), participant à la régression de la dyspnée.

Pathologies métaboliques associées aux maladies cardiovasculaires

L'entraînement physique présente aussi un intérêt du fait de son impact sur les pathologies métaboliques associées aux maladies cardiovasculaires (dyslipidémies, diabète, obésité) dont elles influencent l'évolution en tant que facteurs de risque.

Le diabète, pour lequel on a vu l'intérêt de l'activité physique en prévention primaire, apparaît comme un facteur de résistance au reconditionnement en ce qui concerne les effets métaboliques attendus sur les capacités aérobies chez le patient coronarien, ce d'autant que l'équilibre glycémique est mauvais (Vergès et coll., 2004). L'insulino-résistance est probablement impliquée dans cette spécificité du coronarien diabétique car elle est corrélée au déconditionnement musculaire au cours de l'insuffisance cardiaque (Coats et Anker, 2000).

Le reconditionnement à l'effort améliore la dyslipidémie chez le coronarien (Vergès et coll., 1998 ; Durstine et coll., 2002), et participe au contrôle de l'obésité (Savage et coll., 2003).

Troubles de l'humeur

Les troubles de l'humeur, au premier rang desquels la dépression, représentent un facteur de risque cardiovasculaire fort, venant grever le pronostic après un événement cardiovasculaire majeur (Frasura-Smith et coll., 1995). L'entraînement physique, tel que mis en œuvre au cours de la réadaptation permet la réduction de l'anxiété et de la dépression, notamment par une remise en confiance (Kugler et coll., 1994 ; Brosse et coll., 2002 ; Scholz et coll., 2006) mais sans démonstration à ce jour d'un impact sur la morbi-mortalité (*Writing Committee for the Enrichd Investigators*, 2003).

Modalités pratiques de la prescription d'une activité physique en fonction des indications

L'activité physique va être indiquée non pas pour remplacer un traitement, mais plutôt en association avec lui pour obtenir un résultat optimal dans les situations au cours desquelles le reconditionnement à l'effort a été validé : post-infarctus du myocarde, post-pontages aorto-coronaires, post-angioplastie, angor stable, insuffisance cardiaque chronique, post-transplantation cardiaque, artériopathie des membres inférieurs. Le reconditionnement à l'effort est un moyen validé et encore sous-utilisé (Cottin et coll., 2004) de débiter une modification de l'hygiène de vie vers une activité physique renforcée (Williams et coll., 2006). Le challenge est de toute façon à son issue d'en pérenniser les effets par la poursuite d'une activité physique régulière.

Les préconisations sont proches de celles faites en prévention primaire, avec cependant en préalable la nécessité d'une stratification du risque comportant notamment une évaluation de l'adaptation à l'effort afin de guider l'intensité des exercices et de les sécuriser au maximum (Pedersen et Saltin, 2006).

Le tableau 16.II présente un exemple de recommandations d'activité physique chez un patient coronarien sans insuffisance cardiaque.

Tableau 16.II : Recommandations d'activité physique chez un patient coronarien sans insuffisance cardiaque

	Entraînement global aérobie	Renforcement musculaire contre résistance
Fréquence	3-5 jours/semaine	2-3 jours/semaine
Intensité	55-80 % de la fréquence cardiaque maximale ou 40-80 % de la VO ₂ max	1-3 séries de 8-15 contractions
Durée	20-60 min	
Modalités	Membres inférieurs : marche, jogging, course, montée des escaliers Membres supérieurs : ergomètres Combiné : natation, ergomètre combiné, aviron, ski de fond, gymnastique...	Membres inférieurs : fléchisseurs et extenseurs du genou, presse, adducteurs et abducteurs de hanche, fléchisseurs et extenseurs de cheville Membres supérieurs ¹ : fléchisseurs et extenseurs de coude, abaisseurs et élévateurs de bras, anté- et rétropulseurs de bras... Une dépense énergétique de 1 000 kcal/semaine est conseillée ²

¹Shephard et Balady, 1999 ; ²Giannuzzi et coll., 2003

Coronopathies

Chez le coronarien, l'entraînement physique après angioplastie coronaire permet un gain significatif, par rapport aux patients n'ayant pas bénéficié de rééducation, de la consommation d'O₂ (26 %), la qualité de vie (27 %), la réduction des événements cardiovasculaires (11,9 % *versus* 32,2 %) et du taux de ré-hospitalisations (18,6 % *versus* 46 %) (Belardinelli et coll., 2001).

De plus, l'entraînement physique s'avère supérieur à l'angioplastie dans l'angor stable sur le plan de la survie à un an (88 % *versus* 70 %), du gain en VO₂ max (16 % *versus* 2 %), de la morbidité cardiovasculaire et des coûts (Hambrecht et coll., 2004).

Il existe aussi en prévention secondaire des maladies cardiovasculaires un seuil – évalué à 50 % des capacités maximales – à partir duquel le niveau d'activité physique va, par ses critères d'intensité d'exercices et de fréquence, agir positivement à la fois sur les capacités physiques et sur les facteurs de risque (Drygas et coll., 1988 ; Khol et coll., 2001 ; Duncan et coll., 2005).

Dans une revue récente (Powers et coll., 2007), les auteurs montrent que l'entraînement physique assure une cardioprotection contre les lésions

cardiaques résultant des épisodes d'ischémie reperfusion observés lors de la maladie coronaire. En effet, il a été démontré qu'une activité physique d'endurance (60 min par jour, à 60-70 % du VO_2 max) apporte, durant les 18 jours suivant la session d'entraînement physique, une protection contre les dommages myocardiques induits par l'ischémie reperfusion.

Insuffisance cardiaque chronique

Au cours de l'insuffisance cardiaque chronique, l'entraînement physique est conseillé de façon systématique à condition qu'elle soit stabilisée et après évaluation de l'adaptation à l'effort (Corra et coll., 2005). Compte tenu du déconditionnement à l'effort souvent important, le renforcement musculaire contre résistance, est privilégié par rapport à l'entraînement global conventionnel, du moins initialement, car mieux toléré. Secondairement, les exercices aérobies plus globaux sont associés. L'entraînement aérobique se situe à des niveaux variables, entre 40 et 80 % de la consommation d' O_2 maximum selon les auteurs (Belardinelli et coll. 1999). Un entraînement en « *interval training* », alternant 30 secondes d'effort à 50 % de la VO_2 max avec 60 secondes à niveau supérieur de 20 %, permet d'obtenir un résultat comparable en 3 semaines (Meyer et coll. 1996). Une amélioration de l'adaptation à l'effort apparaît à partir de la 3^e semaine d'un entraînement aérobique, pour atteindre un plateau entre la 16^e et la 26^e semaine (Kavanagh et coll. 1996).

L'électrostimulation musculaire peut être une alternative à l'entraînement physique chez l'insuffisant cardiaque chronique car elle entraîne une amélioration des capacités physiques liée à une augmentation des performances du métabolisme aérobique musculaire (Maillefert et coll., 1998 ; Quittan et coll., 2001). La force musculaire, la résistance à la fatigue et la qualité de vie sont meilleures après électrostimulation (Nuhr et coll., 2004). Lorsque l'électrostimulation est comparée à un entraînement aérobique conventionnel, les effets sont identiques sur l'augmentation des capacités aérobies (VO_2 max et seuil ventilatoire), sur la fonction évaluée par des tests de marche (test de 6 minutes, test de marche rapide) et sur la force musculaire (Deley et coll., 2005). Cette technique peut donc être proposée au cours de l'insuffisance cardiaque, lorsque du fait de sa gravité les exercices sont difficiles à mettre en œuvre, voire à risque, ou en cas d'incapacité associée rendant l'entraînement conventionnel impossible (hémiplegie par exemple). Compte tenu de sa bonne tolérance et de son coût limité, elle pourrait être utilisée à domicile à visée d'entretien.

Artériopathie des membres inférieurs

Une méta-analyse récente démontre qu'en cas de claudication des membres inférieurs, l'entraînement physique en endurance permet d'augmenter la distance de marche en moyenne de 150 % (Leng, 2004), voire de 180 % (Gardner et Poehlman, 1995). Cet impact est supérieur à celui d'une

revascularisation (angioplastie, pontage), mais sans amélioration des pressions artérielles périphériques (Perkins, 1996 ; Whyman et Ruckley, 1998).

Cette amélioration est liée à l'augmentation des capacités aérobies musculaires (Hiatt, 1990) et à la meilleure perfusion musculaire par réduction de la dysfonction endothéliale (Brendle, 2001). Elle est supérieure lorsque l'entraînement est contrôlé et personnalisé, comparativement à une activité libre non encadrée (Bendermacher et coll., 2006). Elle se traduit par une élévation du niveau d'activité et de la qualité de vie (Gardner et coll., 2001). Un meilleur contrôle des facteurs de risque (Izquierdo-Porrera, 2000), une amélioration hémorhéologique (Arosio, 2001) et une réduction du syndrome inflammatoire (Tisi, 1997) sont associés à cette augmentation des capacités physiques.

Au cours de l'artériopathie des membres inférieurs, une intensité d'entraînement élevée, à 80 % de la PMA, ne s'est pas révélée supérieure à une intensité modérée correspondant à 40 % de la PMA, sur le plan de l'augmentation de la distance de marche, des capacités aérobies et de la qualité de vie (Garner et coll., 2005). En revanche, les programmes d'entraînement doivent être prolongés au moins durant 6 mois, et au cours de l'activité de marche les patients doivent aller pour certains jusqu'à l'apparition des douleurs de claudication (Gardner et Poehlman, 1995). En effet, la question de la provocation des manifestations cliniques d'ischémie musculaire au cours de l'entraînement du claudicant artériel reste posée. Pour certains, la recherche du passage en acidose musculaire est justifiée par la stimulation ainsi induite de la production du facteur endothélial de croissance vasculaire (Pedersen et coll., 2006), alors que pour d'autres il est préférable de limiter le stress oxydatif et inflammatoire lié à l'acidose en restant dans les limites de l'indolence (Mika et coll., 2005), sans parvenir à une ischémie d'effort (Rexroth et coll., 1989).

L'impact sur la mortalité n'avait pas été à ce jour évalué. Cependant, un travail récent vient pour la première fois de montrer que les patients les plus actifs dans la vie quotidienne présentaient une mortalité et une morbidité cardiovasculaires significativement plus faibles que les sujets peu actifs (Garg et coll., 2006).

Accident vasculaire cérébral

Après un accident vasculaire cérébral à l'origine d'une hémiplégie, la pratique d'un entraînement physique représente une proposition thérapeutique récente. En effet, il existe chez ces patients un déconditionnement à l'effort qui peut aggraver l'incapacité (Bohannon et coll., 1992) et qui peut être amélioré par l'entraînement (Meek et coll., 2003 ; van Peppen et coll., 2004).

Le renforcement musculaire peut faire partie d'un programme de rééducation, visant à une meilleure récupération fonctionnelle en luttant contre la

perte de force musculaire (Bourbonnais et Vanden Noven, 1989). Ce reconditionnement peut être dynamique contre résistance (Teixeira-Salmela et coll., 1999) ou bien isocinétique (Sharp et Brouwer, 1997). L'amélioration induite des capacités semble se maintenir à 1 an d'autant plus s'il s'agit d'un programme d'entraînement développé en centre de rééducation plutôt qu'à domicile (Olney et coll., 2006).

Lorsque cet entraînement est fondé uniquement sur un renforcement intensif contre résistance des membres inférieurs, il existe un gain de force significatif à la fois au niveau du membre inférieur paralysé et celui qui n'est pas atteint. Il existe une sensation d'amélioration fonctionnelle rapportée par les patients mais sans retentissement sur les capacités de marche, de montée d'escalier et de transferts (passage de la position assise à debout) (Ouelette et coll., 2004).

Il est à noter qu'au stade de chronicité, il existe une amélioration spontanée de l'adaptation à l'effort mais qui ne s'accompagne pas d'une amélioration des capacités fonctionnelles (MacKay-Lyons et Makrides, 2004).

Les travaux dans ce domaine sont encore insuffisants en nombre et en qualité et il n'existe pas actuellement de preuves suffisamment établies de l'efficacité du reconditionnement à l'effort dans la prise en charge après accident vasculaire cérébral (Saunders et coll., 2004). Cependant, une méta-analyse récente met en évidence une amélioration de la vitesse et de la durée de marche associée à l'augmentation du VO_2 max secondaire à un entraînement aérobie (Pang et coll., 2006).

La rééducation sur tapis roulant avec suspension par un harnais de soutien est une technique de plus en plus souvent proposée chez les patients hémiplésiques. Elle cherche à activer l'automatisme de la marche et n'a pas un objectif prioritaire de reconditionnement à l'effort. Elle a été évaluée par méta-analyse : aucun effet significatif supplémentaire n'a été démontré sur le plan de la récupération fonctionnelle (Moseley et coll., 2005), mais le manque d'études multicentriques menées sur des populations suffisamment homogènes de patients doit faire relativiser ces données.

L'impact de l'activité physique sur la mortalité après accident vasculaire cérébral n'a pas à ce jour été étudié.

Critères de sexe et d'âge

L'âge et le sexe sont des facteurs forts qui conditionnent le niveau d'activité physique après un événement cardiovasculaire important, tel qu'un syndrome coronarien aigu. Les sujets âgés sont en effet moins actifs avec de plus fréquentes incapacités motrices (Ades, 1999). Les femmes ont également un niveau d'activité inférieur (King, 2001). L'anxiété et l'inconfort psychologique sont également des éléments défavorables (Yates et coll., 2003).

Lorsque l'on évalue le profil des patients porteurs de maladies cardiovasculaires et ayant bénéficié d'un reconditionnement à l'effort, on constate que les femmes et les sujets âgés sont relativement exclus des programmes de rééducation. Ainsi en France, dans une étude multicentrique ayant analysé les suites de syndrome coronarien aigu, sur les 22 % de patients ayant été adressés à un centre de rééducation, la majorité était des hommes (82 % *versus* 68 % de femmes), âgés de moins de 65 ans (Cottin et coll., 2004). Pourtant, l'efficacité de l'entraînement physique est démontrée chez le sujet âgé (Lavie et Milani, 1995a) comme chez la femme (Lavie et coll., 1995b). Par ailleurs, les complications ne sont pas plus fréquentes chez les sujets âgés et ce sont eux qui présentent le déconditionnement préalable le plus important (Fletcher et coll., 1994). De plus, l'impact sur la mortalité reste significatif chez le sujet âgé (Wannamethee et coll., 2000).

Adhésion à un programme d'augmentation de l'activité physique au cours des maladies cardiovasculaires

Nos connaissances sont insuffisantes en ce qui concerne les critères d'adhésion. Cependant, une étude randomisée a montré que les patients présentant les facteurs de risque les plus importants (hypercholestérolémie, surcharge pondérale, intoxication tabagique, dépression) étaient les moins motivés dans la poursuite d'un programme d'activité physique (Dorn et coll., 2001). Dans les suites de réadaptation cardiaque, le maintien d'une activité physique régulière semble meilleur si des techniques d'anticipation aux difficultés rencontrées (« *coping* ») sont mises en place (Sniehotta et coll., 2006).

Au total, on retrouve au cours des maladies cardiovasculaires, comme en prévention primaire, des effets multiples de l'activité physique incluant des effets à la fois anti-thrombotiques, anti-arythmiques, anti-ischémiques et anti-athéromateux. Concernant la stabilisation, voire la régression de la plaque d'athérome, les preuves expérimentales de l'activité physique sont encore insuffisantes, car l'action de l'activité physique n'a pas été clairement isolée du contrôle des autres facteurs de risque (Niebauer et coll., 1997). Quoiqu'il en soit, l'activité physique doit être désormais envisagée comme une thérapeutique à part entière au cours des maladies cardiovasculaires, sa prescription devant tenir compte des risques éventuels (Shephard et Balady, 1999 ; Pedersen et Saltin, 2006).

Risques cardiovasculaires liés à l'activité physique

Des effets délétères liés à l'activité physique peuvent survenir essentiellement dans deux circonstances : soit il existe une maladie cardiovasculaire connue et une complication au niveau d'une plaque athéromateuse est

l'éventualité la plus probable, soit un événement majeur survient de façon inaugurale, le plus souvent au cours de l'activité sportive, et les possibilités diagnostiques sont alors diverses.

Risques liés à l'activité physique au cours des maladies cardiovasculaires

Les risques cardiovasculaires potentiels sont surtout liés à des efforts intenses, inappropriés à la situation du sujet (Siscovick et coll., 1984) et à l'origine de complications souvent liées au caractère instable et vulnérable d'une plaque d'athérome, avec conjonction de facteurs thrombotiques et vasoconstricteurs (Muller, 1999). Ces phénomènes peuvent conduire à une rupture de plaque d'athérome avec constitution d'un thrombus à l'origine d'un infarctus du myocarde (Willich et coll., 1993), avec risque de mort subite (Burke et coll., 1999 ; Albert et coll., 2000). Le caractère instable de la plaque d'athérome apparaît comme essentiel dans la survenue d'un thrombus coronaire, plus que le caractère serré d'une sténose. En effet, ces lésions coronaires sévères ne sont pas les plus fréquemment retrouvées après nécrose myocardique chez le sujet sportif et c'est le caractère vulnérable de la plaque qui domine (Ciampricotti et coll., 1994). Ceci complique l'évaluation du risque réel lié à l'activité physique chez le sportif vétérinaire qui présente souvent des lésions coronaires calcifiées non serrées, dépistées par les techniques récentes d'imagerie non invasive, telles que le scanner multi-barrettes. Ainsi, de telles anomalies sont retrouvées chez 41 % des hommes et 13 % des femmes entre 40 et 49 ans dans la population générale (Cheng et coll., 2003). Ces techniques permettent l'établissement de scores qui pourront peut-être suppléer à l'avenir les carences actuelles dans le dépistage des sujets à risque (Church et coll., 2007).

De façon à limiter ces risques, il faut de toute façon respecter les contre-indications à l'entraînement à l'effort que sont l'angor instable, l'insuffisance cardiaque décompensée, les troubles rythmiques ventriculaires complexes, l'hypertension artérielle non contrôlée, l'hypertension, l'hypertension artérielle pulmonaire (>60 mmHg), la présence de thrombus intra-cavitaire volumineux ou pédiculé, l'épanchement péricardique de moyenne à grande abondance, les antécédents récents de thrombophlébite avec ou sans embolie pulmonaire, les myocardiopathies obstructives sévères, le rétrécissement aortique serré et/ou symptomatique, toute affection inflammatoire et/ou infectieuse évolutive (Monpere et coll., 2002).

La prudence est particulièrement de règle chez l'insuffisant cardiaque, au risque rythmique élevé. L'implantation de plus en plus fréquente de défibrillateurs représente un moyen de sécuriser la reprise d'activité (Davids et coll., 2005), les incidents s'avérant rares au cours de la pratique du sport (Lampert et coll., 2006). Un risque particulier pour ces patients est l'hypoperfusion cérébrale au cours de l'effort observée par le Doppler transcrânien

(Hellstrom et coll., 1996) et la spectroscopie infra-rouge (Koike et coll., 2004), ces examens non invasifs pouvant représenter à l'avenir un moyen du dépistage au cours d'un test d'effort des patients les plus exposés.

Au cours de la réadaptation cardiaque, les accidents graves sont rares comme en attestent les registres des complications de la réadaptation cardiaque, ne relevant qu'un arrêt cardiaque (récupéré) pour 1,3 million d'heures d'entraînement (Meurin et Pavy, 2006). Les contre-indications à l'entraînement physique adapté au cours des maladies cardiovasculaires doivent rester exceptionnelles, compte tenu des effets bénéfiques attendus.

En plus du risque cardiovasculaire, il existe également un risque de lésions musculo-squelettiques lié à l'activité physique, quand celle-ci est excessive (contractions contre résistance importante par exemple) ou dans le cas d'anomalies préalables (tendinopathie, arthrose par exemple). Il s'agit donc d'adapter l'activité physique aux capacités réelles des sujets et de dépister les pathologies susceptibles d'être aggravées. À ces conditions, les lésions s'avèrent rares, même chez les sujets âgés (Buchner et Coleman, 1994). L'activité physique devient alors un moyen de prévenir les traumatismes notamment liés aux chutes (*Guideline for the prevention of falls in older persons*, 2001).

Ces considérations doivent conduire à une évaluation médicale préalable chez tout patient porteur d'une maladie cardiovasculaire et envisageant une activité physique (Thompson et coll., 2003). Un test d'effort fera partie le plus souvent de ce bilan, cependant les modalités précises en seront appréciées au cas par cas.

Mort subite du sportif

Chez l'adulte, le décès survenant au cours ou à l'issue du sport est très majoritairement lié à une atteinte coronarienne athéromateuse et provoqué le plus souvent par un effort intense (Ragosta et coll., 1984 ; Siscovick et coll., 1984), tout particulièrement chez les sportifs âgés de plus de 35 ans (Weaver et coll., 1982). Cependant, ce sont les sujets les plus sédentaires, effectuant un effort violent inhabituel qui sont les plus exposés (Giri et coll., 1999).

Les critères prédictifs d'un tel événement provoqué par la pratique sportive sont :

- la fraction d'éjection échocardiographique inférieure à 50 % ;
- l'ischémie myocardique⁵⁵ apparaissant à une faible puissance d'un test d'effort ;
- la dyspnée prématurée (équivalent d'angor) ou syncope au cours d'un test d'effort ;

55. Sous-décalage du segment ST de l'ECG (repolarisation ventriculaire) > 1 mm sur deux dériva-tions

- la tachyarythmie ventriculaire au repos et/ou au cours d'un test d'effort ;
- la sténose >70 % d'un important tronc coronaire (Hecht, 2001).

Le risque de survenue d'un arrêt cardio-circulatoire doit être mis en balance avec le bénéfice attendu. Des études déjà anciennes ont en effet rapporté que l'activité physique avait une efficacité en prévention de la mort subite seulement si elle se situait à un niveau d'intensité élevé (Paffenberg et Hale, 1975 ; Morris et coll., 1980). Des travaux plus récents ont en revanche montré qu'une diminution significative (40 %) du risque de mort subite liée à une activité modérée mais régulière (30 à 60 minutes/jour) (Leon et coll., 1987 ; Lemaitre et coll., 1999 ; Whang et coll., 2006).

La mort subite du sportif jeune est le plus souvent secondaire à une pathologie cardiaque avec une prédominance de la cardiomyopathie hypertrophique, devant les autres causes telles que les anomalies coronaires constitutionnelles et le rétrécissement aortique (Maron et coll., 1996).

Les maladies cardiovasculaires génétiques posent un problème particulier, car elles peuvent devenir symptomatiques de façon inaugurale au cours d'un effort, avec des risques de syncope ou de mort subite chez des sujets jeunes (Maron, 2003), essentiellement par troubles du rythme. Elles sont responsables d'au moins 40 % des morts subites chez les jeunes sportifs (Maron et coll., 1996).

Il s'agit de :

- la cardiomyopathie hypertrophique ;
- la dysplasie arythmogène du ventricule droit ;
- les anomalies des canaux ioniques, tels que le syndrome du QT long et le syndrome de Brugada ;
- tout particulièrement la tachycardie ventriculaire polymorphe catécholergique ;
- le syndrome de Marfan qui, au-delà des problèmes valvulaires et aortiques, peut être à l'origine de troubles du rythme.

L'exercice intense a des effets délétères au cours de ces affections, par la conjonction de nombreux facteurs : stress, hyperadrénergie, modifications hémodynamiques, modifications environnementales (température, pression, humidité...). L'exercice est à l'origine d'une aggravation de l'affection et de la libération de substrats arythmogènes. Ceci a été montré au cours de la cardiomyopathie hypertrophique, avec involution fibreuse du myocarde aggravant l'instabilité électrique (Basso et coll., 2000). Chez les sujets porteurs d'une dysplasie arythmogène du ventricule droit, un exercice important et prolongé peut entraîner une hyperpression ventriculaire droite avec augmentation du volume du ventricule et accélération de la dégénérescence adipeuse pariétale (Corrado et coll., 1997). Au cours du syndrome de Marfan, c'est l'augmentation de la pression sanguine dans l'aorte, associée à l'effort intense, qui est incriminée dans l'aggravation de l'anévrisme (Pyeritz, 2000).

La suspicion d'un tel diagnostic impose un bilan en milieu spécialisé et conduit, en cas de confirmation, à l'interdiction de participation aux compétitions sportives (Maron et Mitchell, 1994). Le dépistage systématique des cardiopathies à risque chez les athlètes s'est en effet montré efficace dans la prévention de la mort subite avec notamment, au cours d'une étude menée sur 10 ans en Italie, une réduction de 89 % du nombre de décès par l'interdiction de la compétition chez 2 % des sportifs chez lesquels avait été dépistée une cardiomyopathie (Corrado et coll., 2006). Cependant, ces jeunes patients peuvent vouloir bénéficier des effets, déjà décrits, d'une activité physique adaptée, au moins dans sa dimension psychologique. L'objectif prioritaire est, par l'association de l'adaptation du mode de vie et des différents moyens thérapeutiques (anti-arythmiques, défibrillateur implantable...), de réduire au maximum le risque de troubles du rythme graves (tachycardie et fibrillation ventriculaire). Cependant, compte tenu de la grande variabilité dans l'expression phénotypique et génotypique de ces affections, il s'avère très délicat de formuler des recommandations générales. Des recommandations personnalisées ont donc été proposées, fondées sur un réel dialogue entre le patient et le praticien (Maron et coll., 2004 ; Heidbuchel et coll., 2006). Dans cette communication avec le patient, l'accent doit être mis sur l'intérêt de l'activité physique de loisir par opposition à la compétition. Certains sports de loisir peuvent induire un réel effet de compétition entre les participants en conduisant à un excès de sollicitation cardiovasculaire. C'est par exemple le cas des sports collectifs tels que le foot, le rugby, le basket, le handball, le volley, mais ce peut être le cas aussi du squash, du tennis et du badminton. Ils devront être le plus souvent déconseillés.

Le tableau 16.III classe les activités sportives en fonction de leur niveau d'intensité et donne les recommandations de pratiques pour les différentes maladies cardiovasculaires génétiques (Maron et coll., 2004).

Tableau 16.III : Activités sportives en fonction de leur intensité et recommandations de pratiques dans le cas de maladies cardiovasculaires génétiques (d'après Maron et coll., 2004)

Intensité de l'effort	Cardiomyopathie hypertrophique	Syndrome du QT Long	Syndrome de Marfan	Dysplasie arythmogène du ventricule droit	Syndrome de Brugada
Importante					
Basket	0	0	2	1	2
Musculation	1	1	0	1	1
Hockey sur glace	0	0	1	0	0
Squash	0	2	2	0	2
Escalade	1	1	1	1	1
Course rapide	0	0	2	0	2

Intensité de l'effort	Cardiomyopathie hypertrophique	Syndrome du QT Long	Syndrome de Marfan	Dysplasie arythmogène du ventricule droit	Syndrome de Brugada
Ski de descente	2	2	2	1	1
Ski de fond	2	3	2	1	4
Football	0	0	2	0	2
Tennis (simple)	0	0	3	0	2
Planche à voile	1	0	1	1	1
Moyenne					
Base-ball	2	2	2	2	4
Vélo	4	4	3	2	5
Randonnée légère	4	5	5	2	4
Motocyclisme	3	1	2	2	2
Jogging	3	3	3	2	5
Voile	3	3	2	2	4
Surf	2	0	1	1	1
Natation	5	0	3	3	4
Tennis (double)	4	4	4	3	4
Tapis roulant/ergocycle	5	5	4	3	5
Poids légers	1	1	0	1	1
Randonnée	3	3	3	2	4
Légère					
Bowling	5	5	5	4	5
Golf	5	5	5	4	5
Équitation	3	3	3	3	3
Plongée	0	0	0	0	0
Patinage	5	5	5	4	5
Nage avec tuba	5	0	5	4	4
Marche rapide	5	5	5	5	5

Pour chaque pathologie et chaque activité est affecté un score de 0 à 5 : 0 à 1 : activité déconseillée ; 2 à 3 : nécessité d'une évaluation individuelle avant la pratique ; 4 à 5 : activité probablement permise

Le tableau 16.III ne représente qu'un élément d'orientation générale qui ne tient pas compte des différents niveaux d'intensité de chaque activité, des conditions psychologiques et environnementales de chaque situation, des effets des traitements et des spécificités pathologiques de chaque sujet. Il faut donc chaque fois évaluer le rapport bénéfice/risque.

Ces recommandations ne s'appliquent pas aux patients ayant déjà présenté des syncopes, ayant bénéficié d'un traitement chirurgical (myomectomie au cours de la cardiomyopathie hypertrophique, reconstruction de la racine aortique au cours du syndrome de Marfan, transplantation cardiaque), porteurs d'un défibrillateur implantable ou d'un pacemaker, ou à haut risque car

ayant en particulier déjà présenté des troubles du rythme graves. Le bilan spécialisé doit permettre dans ces situations d'adapter ces recommandations.

À ces recommandations sont associés des conseils dans la pratique de l'exercice (Maron et coll., 2004) :

- éviter les efforts « explosifs » à début et à fin brutale et privilégier les exercices à niveau stable et suffisamment prolongé ;
- éviter les conditions environnementales extrêmes sur le plan de la température ambiante ($t > 27^{\circ}\text{C}$ ou $t < 0^{\circ}\text{C}$), de l'humidité ou de l'altitude ;
- adapter le niveau d'effort à ses capacités en terme d'intensité et de durée afin de prévenir la survenue des symptômes tels que la dyspnée et la fatigue physique ;
- éviter les situations de stress au cours de l'exercice (stress émotionnel, bruit...) pouvant provoquer une synthèse accrue de catécholamines, en particulier ne pas pratiquer des sports tels que le parapente ;
- éviter les efforts statiques (par exemple soulèvement de poids) entraînant l'équivalent d'une manœuvre de Vasalva et une gêne supplémentaire à l'éjection ventriculaire au cours de la cardiomyopathie hypertrophique ou une augmentation des contraintes pariétales aortiques au cours du syndrome de Marfan en cas d'anévrisme (Kinoshita et coll., 2000) ;
- tenir compte du risque de malaise ou de syncope qui pour certains sports peut être source de traumatismes (ski de descente, plongée, escalade, équitation, motocyclisme...) ;
- éviter les stimulants de l'effort qui majorent l'effet de stress et peuvent avoir des effets arythmogènes (stéroïdes anabolisants, éphédrine, cocaïne...).

La pratique du sport en compétition chez un sujet porteur d'une maladie cardiovasculaire pose un problème particulier, compte tenu des risques de décès ou de progression de l'affection. En effet, la compétition est souvent à l'origine d'efforts importants et elle justifie un entraînement régulier. Il existe par ailleurs une pression psychologique liée aux enjeux sociaux et financiers que l'on ne retrouve pas au cours des activités de loisir. Compte tenu du manque de données scientifiques dans le domaine, un document de consensus a été établi par la Société européenne de cardiologie, abordant successivement les cardiopathies congénitales, les atteintes valvulaires, les cardiopathies génétiques, la cardiomyopathie dilatée, l'hypertension artérielle, les cardiopathies ischémiques, les troubles du rythme et de la conduction : un bilan cardiologique spécialisé est le plus souvent justifié afin d'établir un conseil personnalisé et prévenir la mort subite (Pelliccia et coll., 2005).

En l'absence de pathologie patente, la survenue d'accidents graves est liée à des efforts intenses. Plusieurs facteurs peuvent être incriminés : anomalies thrombotiques artérielles aiguës (Cadroy et coll., 2002) par augmentation de l'agrégation plaquettaire liée à l'action des catécholamines (Ikarugi et coll., 1999), augmentation associée de la production de thrombine (Weiss et coll., 1998), du fibrinogène et du facteur von Willebrand (Wang et coll., 1997).

En conclusion, l'activité physique est un moyen puissant de prévenir les maladies cardiovasculaires ou bien d'en limiter les conséquences sur le plan de la morbidité et de la mortalité. Par des impacts multiples, elle augmente les capacités physiques et la qualité de vie. Elle représente un facteur d'insertion ou de réinsertion sociale et professionnelle. Les risques sont limités à condition de proscrire les efforts excessifs et de dépister préalablement les sujets les plus exposés par un bilan médical. Les connaissances devraient être améliorées à l'avenir sur la médiation moléculaire de ces effets, sur les modalités d'activité physique les plus appropriées en termes d'intensité et de type d'exercices et sur les moyens d'améliorer l'adhésion à des modifications de l'hygiène de vie concernant des populations de plus en plus nombreuses de patients.

BIBLIOGRAPHIE

ADAMOPOULOS S, COATS AJ, BRUNOTTE F, ARNOLDA L, MEYER T, et coll. Physical training improves skeletal muscle metabolism in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol* 1993, **21** : 1101-1106

ADAMOPOULOS S, PONIKOWSKI P, CERQUEJANI E, PIEPOLI M, ROSANO G, et coll. Circadian pattern of heart rate variability in chronic heart failure. Effects of physical training. *Eur Heart J* 1995, **16** : 1380-1386

ADES PA. Cardiac rehabilitation in older coronary patients. *J Am Geriatr Soc* 1999, **47** : 98-105

ADES PA, WALDMANN ML, MEYER WL, BROWN KA, POEHLMAN ET, et coll. Skeletal muscle and cardiovascular adaptations to exercise conditioning in older coronary patients. *Circulation* 1996, **94** : 323-330

ALBERT CM, MITTLEMAN MA, CHAC CU, LEE IM, HENNEKENS CH, MASON JE. Triggering of sudden death from cardiac causes by vigorous exertion. *N Engl J Med* 2000, **343** : 1355-1361

ALBRIGHT A, FRANZ M, HORNSBY G, KRISKA A, MARRERO D, et coll. American College of Sports Medicine position stand : exercise and type 2 diabetes. *Med Sci Sports Exerc* 2000, **32** : 1345-1360

ALEVIZOS A, LENTZAS J, KOKKORIS S, MARIOLIS A, KORANTZOPOULOS P. Physical activity and stroke risk. *Int J Clin Pract* 2005, **59** : 922-930

AMARAL SL, SILVEIRA NP, ZORN TM, MICHELINI LC. Exercise training causes skeletal muscle veinular growth and alters hemodynamic responses in spontaneously hypertensive rats. *J Hypertens* 2001, **19** : 931-940

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Position statement on the recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining fitness in healthy adults. *Med Sci* 1978, **10** : vii-x

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE POSITION STAND. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory

and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998, **30** : 975-991

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Clinical practice recommendations 2002. *Diabetes Care* 2002, **25** : S64-S68

AMERICAN GERIATRICS SOCIETY, BRITISH GERIATRICS SOCIETY, AMERICAN ACADEMY OF ORTHOPAEDIC SURGEONS PANEL ON FALLS PREVENTION. Guideline for the prevention of falls in older persons. *J Am Geriatr Soc* 2001, **49** : 664-672

AN P, PERUSSE L, RANKINEN T, BORECKI IB, GAGNON J, et coll. Familial aggregation of exercise heart rate and blood pressure in response to 20 weeks of endurance training : the HERITAGE Family Study. *Int J Sports Med* 2003, **24** : 57-62

ANDERSEN UB, OLSEN MH, DIGE-PETERSEN H, IBSEN H. Exercise blood pressure is related to insulin resistance in subjects with two hypertensive parents. *Blood Pressure* 2003, **12** : 314-318

APPELGATE WB, MILLER ST, ELAM JT. Nonpharmacologic intervention to reduce blood pressure in older patients with mild hypertension. *Arch Intern Med* 1992, **152** : 1162-1166

AROSIO E. Vascular adhesion molecule-1 and markers of platelet function before and after a treatment with iloprost or a supervised physical exercise program in patients with peripheral arterial disease. *Life Sci* 2001, **15** : 421-433

BAREFOOT JC, HELMS MJ, MARK DB, BLUMENTHAL JA, CALIFF RR, et coll. Depression and long-term mortality risk in patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1996, **78** : 613-617

BASSO C, THIENE G, CORRADO D, BUJA G, MELACINI P, NAVA A. Hypertrophic cardiomyopathy and sudden death in the young: pathologic evidence of myocardial ischemia. *Hum Pathol* 2000, **31** : 988-998

BASSUK SS, MANSON JE. Epidemiological evidence for the role of physical activity in reducing risk of type 2 diabetes and cardiovascular disease. *J Appl Physiol* 2005, **99** : 1193-1204

BATTY GD, SHIPLEY MJ, MARMOT M, SMITH GD. Physical activity and cause-specific mortality in men with type 2 diabetes/impaired glucose tolerance : evidence from the Whitehall study. *Diabet Med* 2002, **19** : 580-588

BELARDINELLI R, GEORGIU D, CIANCI G, PURCARO A. Randomized, controlled trial of long-term moderate exercise training in chronic heart failure. Effects on functional capacity, quality of life, and clinical outcome. *Circulation* 1999, **99** : 1173-1182

BELARDINELLI R, PAOLINI I, CIANCI G, PIVA R, GEORGIU D, PURCARO A. Exercise training intervention after coronary angioplasty : the ETICA trial. *J Am Coll Cardiol* 2001, **37** : 1891-1900

BENDERMACHER BLW, WILLIGENDAEL EM, TEIJINK JAW, PRINS MH. Supervised exercise therapy versus non-supervised exercise therapy for intermittent claudication. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2006, Issue 2. Art. No.: CD005263.pub2. D01: 10.1002/14651858. CD005263.pub2

BERLIN JA, COLDITZ GA. A meta-analysis of physical activity in the prevention of coronary heart disease. *Am J Epidemiol* 1990, **132** : 612-628

BERRY KL, CAMERON JD, DART AM, DEWAR EM, GATZKA CD, et coll. Large-artery stiffness contributes to the greater prevalence of systolic hypertension in elderly women. *J Am Geriatr Soc* 2004, **52** : 368-373

BILLMAN GE. Aerobic exercise conditioning: a nonpharmacological antiarrhythmic intervention. *J Appl Physiol* 2002, **92** : 446-454

BJARAS G, HARBERG LK, SYDHOFF J, OSTENSON CG. Walking campaign: a model for developing participation in physical activity? Experiences from three campaign periods of the Stockholm Diabetes Prevention Program (SDPP). *Patient Educ Couns* 2001, **42** : 9-14

BLAIR SN, JACKSON AS. Physical fitness and activity as separate heart disease risk factors: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc* 2001, **33** : 762-764

BLAIR SN, KOHL HW, PAFFENBARGER RS, CLARK DG, COOPER H, et coll. Physical fitness and all-cause mortality: a prospective study in health men and women. *JAMA* 1989, **262** : 2395-2401

BOHANNON RW, WALSH S. Nature, reliability, and predictive value of muscle performance measures in patients with hemiparesis following stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 1992, **73** : 721-725

BOND V, MILLIS RM, ADAMS RG, OKE LM, ENWEZE L, BLAKELY R, et coll. Attenuation of exaggerated exercise blood pressure response in African-American women by regular aerobic physical activity. *Etm Dis* 2005, **15** : S5-10-3

BOREHAM CA, FERREIRA I, TWISK JW, GALLAGHER AM, SAVAGE MJ, MURRAY LJ. Cardiorespiratory fitness, physical activity, and arterial stiffness. The Northern Ireland Young Hearts Project. *Hypertension* 2004, **44** : 721-726

BORG A. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982, **14** : 377-381

BOULE NG, HADDAD E, KENNY GP, WELLS GA, SIGAL RJ. Effect of exercise on glycemic control and body mass in type 2 diabetes melitus. A meta-analysis of controlled clinical trials. *JAMA* 2001, **286** : 1218-1227

BOULE NG, KENNY GP, HADDAD E, WELLS GA, SIGAL RJ. Meta-analysis of the effect of structured exercise training on cardiorespiratory fitness in type 2 diabetes mellitus. *Diabetologia* 2003, **46** : 1071-1081

BOULE NG, WEISNAGEL SJ, LAKKA TA, TREMBLAY A, BERGMAN RN, et coll. Effects of exercise training on glucose homeostasis. The HERITAGE Family Study. *Diabetes Care* 2005, **28** : 108-114

BOURBONNAIS D, VANDEN NOVEN S. Weakness in patients with hemiparesis. *Am J Occup Ther* 1989, **43** : 313-319

BOURN DM, MANN JI, MCSKIMMING BJ, WALDRON MA, WISHART JD. Impaired glucose tolerance and NIDDM : does a lifestyle intervention program have an effect ? *Diabetes Care* 1994, **17** : 1311-1319

BRENDEL DC, JOSEPH LJ, CORRETTI MC, GARDNER AW, KATZEL LI. Effects of exercise rehabilitation on endothelial reactivity in older patients with peripheral arterial disease. *Am J Cardiol* 2001, **87** : 324-329

BROSSE AL, SHEETS ES, LETT HS, BLUMENTHAL JA. Exercise and the treatment of clinical depression in adults : recent findings and future directions. *Sports Med* 2002, **32** : 741-760

BROWN MD, DENGEL DR, HOGIKYAN RV, SUPIANO MA. Sympathetic activity and the heterogenous blood pressure response to exercise training in hypertensives. *J Appl Physiol* 2002, **92** : 1434-1442

BUCHNER DM, COLEMAN EA. Exercise considerations in older adults : intensity, fall prevention and safety. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 1994, **5** : 357-375

BURCHFIEL CM, SHARP DS, CURB JD, RODRIGUEZ BL, HWANG LJ, et coll. Physical activity and incidence of diabetes: the Honolulu Heart Program. *Am J Epidemiol* 1995, **141** : 360-368

BURKE AP, FARB A, MALCOM GT, LINAG YH, SMIALEL JE, VIRMANI R. Plaque rupture and sudden death related to exertion in men with coronary artery disease. *JAMA* 1999, **281** : 921-926

CADROY Y, PILLARD F, SAKARIASSEN KS, THALAMAS C, BONEU B, RIVIÈRE D. Strenuous but no moderate exercise increases the thrombotic tendency in healthy sedentary male volunteers. *J Appl Physiol* 2002, **93** : 829-833

CAMERON JD, DART AM. Exercise training increases total systemic arterial compliance in humans. *Am J Physiol* 1994, **266** : 693-701

CASTANEDA C, LAYNE JE, MUNOZ-ORIAN L, GORDON PL, WALSMITH J, FOLDVARI M. A randomized controlled trial of resistance exercise training to improve glycemic control in older adults with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2002, **25** : 2335-2341

CHATTERJEE K. Neurohormonal activation in congestive heart failure and the role of vasopressin. *Am J Cardiol* 2005, **95** : 8-13

CHENG YJ, CHURCH TS, KIMBALL TE, NICHAMAN MZ, LEVINE BD, et coll. Comparison of coronary artery calcium detected by electron beam tomography in patients with to those without symptomatic coronary heart disease. *Am J Cardiol* 2003, **92** : 498-503

CHEUNG BMY, LO JLF, FONG DYT, CHAN MY, WONG SH, et coll. Randomised controlled trial of quigong in the treatment of mild essential hypertension. *J Hum Hypertens* 2005, **19** : 697-704

CHIPKIN SR, KLUGH SA, CHASAN-TABER L. Exercise and diabetes. *Cardio Clin* 2001, **19** : 489-505

CHURCH TS, LAVIE CJ, MILANI RV, KIRBY GS. Improvements in blood rheology after cardiac rehabilitation and exercise training in patients with coronary heart disease. *Am Heart J* 2002a, **143** : 349-355

CHURCH TS, BARLOW CE, EARNEST CP, KAMPERT JB, PRIEST EL, BLAIR SN. Association between cardiorespiratory fitness and C-reactive protein in men. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2002b, **22** : 1869-1876

CHURCH TS, CHENG YG, EARNEST CP, BARLOW CE, GIBBONS LW, et coll. Exercise capacity and body composition as predictors of mortality among men with diabetes. *Diabetes Care* 2004, **27** : 83-88

CHURCH TS, LEVINE BD, MCGUIRE DK, LAMONTE MJ, FITZGERALD SJ, et coll. Coronary artery calcium score, risk factors, and incident coronary heart disease events. *Atherosclerosis* 2007, **190** : 224-231. Epub 2006 Mar 15

CIAMPRICOTTI R, DECKERS JW, TAVERNE R, EL GAMAL M, RELIK-VAN WELY L, POOL J. Characteristics of conditioned and sedentary men with acute coronary syndromes. *Am J Cardiol* 1994, **73** : 219-222

CINQUEGRANA G, SPINELLI L, D'ANIELLO L, LANDI M, D'ANIELLO MT, MECCARIELLO P. Exercise training improves diastolic perfusion time in patients with coronary artery disease. *Heart Dis* 2002, **4** : 13-17

CLAUSEN JP. Circulatory adjustments to dynamic exercise and effect of physical training in normal subjects and in patients with coronary disease. *Progr Cardiovasc Dis* 1976, **18** : 459-495

COATS AJ, ANKER S. Insulin resistance in chronic heart failure. *J Cardiovasc Pharmacol* 2000, **35** : 9-14

CONROY MB, COOK NR, MANSON JE, BURING JE, LEE IM. Past physical activity, current physical activity, and risk of coronary heart disease. *Med Sci Sports Exerc* 2005, **37** : 1251-1256

CONVERTINO VA. Cardiovascular consequences of bed rest : effect on maximal oxygen uptake. *Med Sci Sports Exerc* 1997, **29** : 191-196

CORNELISSEN VA, FAGARD RH. Effect of resistance training on resting blood pressure : a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Hypertens* 2005, **23** : 251-259

CORPELEIJN E, FESKENS EJ, JANSEN EH, MENSIK M, SARIS WH, et coll. Improvements in glucose tolerance and insulin sensitivity after lifestyle intervention are related to changes in serum fatty acid profile and desaturase activities: the SLIM study. *Diabetologia* 2006, **49** : 2392-2401

CORRA U, GIANNUZZI P, ADAMOPOULOS S, BJORNSTAD H, BJARNASON-WEHERHNS B, et coll. Executive summary of the position paper of the working group on cardiac rehabilitation and exercise physiology of the European Society of Cardiology (ESC): core components of cardiac rehabilitation in chronic heart failure. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2005, **12** : 321-325

CORRADO D, BASSO C, THIENE G, MCKENNA WJ, DAVIES MJ, et coll. Spectrum of clinicopathologic manifestations of arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy/dysplasia: a multicenter study. *J Am Coll Cardiol* 1997, **30** : 1512-1520

CORRADO D, BASSO C, PAVEI A, MICHIELI P, SCHIAVON M, THIENE G. Trends in sudden cardiovascular death in young competitive athletes after implementation of a preparticipation screening program. *JAMA* 2006, **296** : 1593-1601

COTTIN Y, WALKER P, ROUHIER-MARCER I, COHEN M, LOUIS P, et coll. Relationship between increased maximal oxygen consumption and modifications in skeletal muscle

metabolism following rehabilitation after myocardial infarction. *J Cardiopulmonary Rehabil* 1996, **16** : 169-174

COTTIN Y, CAMBOU JP, CASILLAS JM, FERRIERES J, CANTET C, DANCHIN N. Specific Profile and Referral Bias of Rehabilitated Patients after an Acute Coronary Syndrome. *J Cardiopulm Rehabil* 2004, **24** : 38-44

CROUSE SF, O'BRIEN BC, GRANDJEAN PW, LOWER C, ROHACK JJ, GREEN JS. Effects of training and a single session of exercise on lipids and apolipoproteins in hypercholesterolemic men. *J Appl Physiol* 1997, **83** : 2019-2028

CUFF DJ, MENEILLY GS, MARTIN A, IGNASZEWSKI A, TILDESLEY HD, FROHLICH JJ. Effective exercise modality to reduce insulin resistance in women with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2003, **26** : 2977-2982

DAVIDS JS, MCPHERSON CA, EARLEY C, BATSFORD WP, LAMPERT R. Benefits of cardiac rehabilitation in patients with implantable cardioverter-defibrillators: a patient survey. *Arch Phys Med Rehabil* 2005, **86** : 1924-1928

DELEY G, KERVIO G, VERGÈS B, HANNEQUIN A, PETITDANT MF, et coll. Comparison of low-frequency electrical stimulation and conventional exercise training in patients with chronic heart failure. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2005, **12** : 226-233

DI LORETO C, FANELLI C, LUCIDI P, MURDOLO G, DE CICCO A, et coll. Make your diabetic patients walk: Long-term impact of different amounts of physical activity on type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2005, **28** : 1295-1302

DIMMELER S, ZEIHNER AM. Exercise and cardiovascular health. Get active to 'AKTivate' your endothelial nitric oxide synthase. *Circulation* 2003, **107** : 3118-3120

DISHMAN RK. Compliance/adherence in health related exercise. *Health Psychol* 1982, **1** : 237-267

DORN J, NAUGHTON J, IMAMURA D, TREVISAN M. Correlates of compliance in a randomized exercise trial in myocardial infarction patients. *Med Sci Sports Exerc* 2001, **33** : 1081-1089

DRYGAS W, JEGIER A, KUNSKI H. Study on threshold dose of physical activity in coronary heart disease prevention. Part I. Relationship between leisure time physical activity and coronary risk factors. *Int J Sports Med* 1988, **9** : 275-278

DRYGAS W, KOSTKA T, JEGIER A, KUNSKI H. Long-term effects of different physical activity levels on coronary heart disease risk factors in middle-aged men. *Int J Sports Med* 2000, **21** : 235-241

DUNCAN GE, ANTON S, SYDEMAN SJ, NEWTON RJ JR, CORSICA JA, et coll. Prescribing exercise at varied levels of intensity and frequency. A randomized trial. *Arch Intern Med* 2005, **165** : 2362-2369

DUNSTAN DW, DALY RM, OWEN N, JOLLEY D, DE COURTEN M, et coll. High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2002, **25** : 1729-1736

DURSTINE JL, GRANDJEAN PW, COX CA, THOMPSON PD. Lipids, lipoproteins, and exercise. *J Cardiopulm Rehabil* 2002, **22** : 385-398

EHSANI AA, MARTIN WH, HEATH GW, COYLE EF. Cardiac effects of prolonged and intense exercise training in patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1982, **50** : 246-254

EKELUND LG, HASKELL WL, JOHNSON JL, WHALEY FS, CRICQUI MH, SHEPS DS. Physical fitness as a predictor of cardiovascular mortality in asymptomatic North American men. The Lipid Research clinics mortality follow-up study. *N Engl J Med* 1988, **319** : 1379-1384

ELIASSON M, ASPLUND K, EVRIN PE. Regular leisure time physical activity predicts high activity of tissue plasminogen activator: the Northern Sweden MONICA Study. *Int J Epidemiol* 1996, **25** : 1182-1188

ERIKSSON KF, LINDGARDE FL. Prevention of type 2 (non-insulindependent) diabetes mellitus by diet and physical exercise. *Diabetologia* 1991, **34** : 891-898

EUROPEAN SOCIETY OF HYPERTENSION, EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY GUIDELINES COMMITTEE. 2003 European Society of Hypertension – European Society of Cardiology guidelines for the management of arterial hypertension. *J Hypertens* 2003, **21** : 1011-1053

FAGARD RH. Physical activity in the prevention and treatment of hypertension in the obese. *Med Sci Sports Exerc* 1999, **31** : 624-630

FAGARD RH. Exercise characteristics and the blood pressure response to dynamic physical training. *Med Sci Sports Exerc* 2001, **33** : 484-942

FAGARD R. Exercise is good for your blood pressure : effects of endurance training and resistance training. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 2006, **33** : 853-856

FERRIER KE, WADDELL TK, GATZKA D, CAMERON JD, DART AM, KINGWELL BA. Aerobic exercise training does not modify large-artery compliance in isolated systolic hypertension. *Hypertens* 2001, **38** : 222-226

FLETCHER BJ, DUNBAR SB, FELNER JM, JENSEN BE, ALMON L, et coll. Exercise testing and training in physically disabled men with clinical evidence of coronary disease. *Am J Cardiol* 1994, **73** : 170-174

FLETCHER G. How to implement physical activity in primary and secondary prevention. A statement for healthcare professionals from the task force on risk reduction, American Heart Association. *Circulation* 1997, **96** : 355-357

FLETCHER G, BLAIR SN, BLUMENTHAL J, CASPERSEN C, CHAITMAN B, et coll. Statement on exercise. Benefits and recommendations for physical activity programs for all Americans. A statement for health professionals by the Committee on Exercise and Cardiac Rehabilitation of the Council on Clinical Cardiology, American Heart Association. *Circulation* 1992, **86** : 340-344

FORD ES. Does exercise reduce inflammation ? Physical activity and C-reactive protein among U.S. adults. *Epidemiology* 2002, **13** : 561-568

FORD ES, HERMAN WH. Leisure-time physical activity patterns in the US diabetic population. Findings from the 1990 National Health Interview Survey – Health Promotion and Disease Prevention Supplements. *Diabetes Care* 1995, **18** : 27-33

FRASSON EIM, ALFREDSSON LS, DE FAIRE UH, KNUTSSON A, WESTERHOLM PJM. Leisure time, occupational and household physical activity, and risk factors for cardiovascular disease in working men and women: the WOLF study. *Scand J Public Health* 2003, **31** : 324-333

FRASURE-SMITH N, LESPERANCE F, TALAJIC M. Depression and 18 month prognosis after myocardial infarction. *Circulation* 1995, **91** : 999-1005

FRITZ T, WANDELL P, ABERG H, ENGFELDT P. Walking for exercise-does three times per week influence risk factors in type 2 diabetes ? *Diabetes Res Clin Pract* 2006, **71** : 21-27

FUKAI T, SIEGFRIED MR, USHIO-FUKAI M, CHENG Y, KOJDA G, HARRISON DG. Regulation of the vascular extracellular superoxyde dismutase by nitric oxyde ad exercise training. *J Clin Invest* 2000, **105** : 1631-1639

GARDNER AW, POEHLMAN ET. Exercise rehabilitation programs for the treatment of claudication pain : a meta-analysis. *JAMA* 1995, **274** : 975-980

GARDNER AW, KATZEL LI, SORKIN JD, BRADHAM DD, HOCHBERG MC, et coll. Exercise rehabilitation improves functional outcomes and peripheral circulation in patients with intermittent claudication: a randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc* 2001, **49** : 755-762

GARET M, DEGACHE F, PICHOT V, DUVERNEY D, COSTES F, et coll. Relationship between daily physical activity and ANS activity in patients with CHD. *Med Sci Sports Exerc* 2005, **37** : 1257-1263

GARG PK, TIAN L, CRIQUI MH, LIU K, FERRUCCI L, et coll. Physical activity during daily life and mortality in patients with perpheral arterial disease. *Circulation* 2006, **18** : 242-248

GARNER AW, MONTGOMERY PS, FLINN WR, KATZEL LI. The effect of exercise intensity on the response to exercise rehabilitation in patients with intermittent claudication. *J Vasc Surg* 2005, **42** : 702-709

GAYDA M, MERZOUK A, CHOQUET D, DOUTRELLOT PL, AHMAIDI S. Aerobic capacity and peripheral skeletal muscle function in coronary artery disease male patients. *Int J Sports Med* 2003, **24** : 258-263

GEFFKEN DF, CUSHMAN M, BURKE GL, POLAK JF, SAKKINEN PA, TRACY RP. Association between physical activity and markers of inflammation in a healthy elderly population. *Am J Epidemiol* 2001, **153** : 242-250

GIANNUZZI P, MEZZANI A, SANER H, BJORNSTAD H, FIORETTI P, et coll. Physical activity for primary and secondary prevention. Position paper of the working group on cardiac rehabilitation and exercise physiology of the European society of cardiology. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2003, **10** : 319-327

GIELEN S, ERBS S, SHULER G, HAMBRECHT R. Exercise training and endothelial dysfunction in coronary artery disease and chronic heart failure : from molecular biology to clinical benefits. *Minerva Cardioangiol* 2002, **50** : 95-106

GIRI S, THOMPSON PD, KIERNAN FJ, CLIVE J, FRAM DB, et coll. Clinical and angiographic characteristics of exertion-related acute myocardial infarction. *JAMA* 1999, **282** : 1731-1736

GOKCE N, VITA JA, BADER DS, SHERMAN DL, HUNTER LM, et coll. Effect of exercise on upper and lower extremity endothelial function in patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol* 2002, **15** : 127-137

GOLSTEIN LB, ADAMS R, BECKER K, FURBERG CD, GORELICK PB, et coll. Primary prevention of ischemic stroke. A statement for healthcare professionals from the stroke council of the American Heart Association. *Circulation* 2001, **103** : 163-82

GOODMAN JM, PALLANDI DV, READING JF, PLYLEY MJ, LIU PP, KAVANAGH T. Central and peripheral adaptations after 12 weeks of exercise training in post-coronary artery bypass surgery patients. *J Cardiopulmonary Rehabil* 1999, **19** : 144-150

GOODYEAR LJ, KAHN BB. Exercise, glucose transport, and insulin sensitivity. *Annu Rev Med* 1998, **49** : 235-261

GREEN DJ, WALSH JH, MAIORANA A, BURKE V, TAYLOR RR, O'DRISCOLL JG. Comparison of resistance and conduit vessel nitric oxide-mediated vascular function in vivo: effects of exercise training. *J Appl Physiol* 2004, **97** : 749-755

GREGG EW, BECKLES GL, WILLIMSON DF, LEVEILLE SG, LANGLOIS JA, et coll. Diabetes and physical disability among older US adults. *Diabetes Care* 2000, **23** : 1272-1277

GREGG EW, GERZOFF RB, CASPERSEN CJ, WILLIAMSON DF, NARAYAN KM. Relationship of walking to mortality among US adults with diabetes. *Arch Intern Med* 2003, **163** : 1440-1447

GROSSMAN M, MESSERLI FH, GOLBOURT U. High blood pressure and diabetes mellitus : are all antihypertensive drugs created equal ? *Arch Intern Med* 2000, **160** : 2447-2452

GUAZZI M, REINA G, TUMMINELLO G, GUAZZI MD. Improvement of alveolar-capillary membrane diffusing capacity with exercise training in chronic heart failure. *J Appl Physiol* 2004, **97** : 1866-1873

GUIDELINES SUBCOMMITTEE. World Health Organization-International Society of Hypertension Guidelines for the Management of Hypertension. *J Hypertens* 1999, **17** : 151-183

HAAPANEN N, MIILUNPALO S, VUORI I, OJA P, PASANEN M. Association of leisure time physical activity with the risk of coronary heart disease, hypertension and diabetes in middle-aged men and women. *Int J Epidemiol* 1997, **26** : 739-747

HACK W, KASTE M, BOGOUSLAVSKY J, BRAININ M, CHAMORRO A, et coll. European stroke initiative recommendations for stroke management- update. *Cerebrovasc Dis* 2003, **16** : 311-337

HAFFNER SM. Obesity and the metabolic syndrome : the San Antonio Heart Study. *Br J Nutr* 2000, **83** : S67-S70

HAGBERG JM, PARK JJ, BROWN MD. The role of exercise training in the treatment of hypertension. *Sports Med* 2000, **30** : 193-206

HALBERT JA, SILAGY CA, FINUCANE P, WITHERS RT, HAMDORF PA, ANDREWS GR. The effectiveness of exercise training in lowering blood pressure : a meta-analysis of randomised controlled trials of 4 weeks or longer. *J Hum Hypertens* 1997, **11** : 641-649

HAMBRECHT R, FIEHN E, YU J, NIEBAUER J, WEIGL C, et coll. Effects of endurance training on mitochondrial ultrastructure and fiber type distribution in skeletal muscle of patients with stable chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol* 1997, **29** : 1067-1073

HAMBRECHT R, FIEHN E, WEIGL C, GIELEN S, HAMANN C, et coll. Regular physical exercise corrects endothelial dysfunction and improves exercise capacity in patients with chronic heart failure. *Circulation* 1998, **98** : 2709-2715

HAMBRECHT R, WOLF A, GIELEN S, LINKE A, HOFER J, et coll. Effect of exercise on coronary endothelial function in patients with coronary artery disease. *N Engl J Med* 2000a, **342** : 454-460

HAMBRECHT R, GIELEN S, LINKE A, FIEHN E, YU J, et coll. Effects of exercise training on left ventricular function and peripheral resistance in patients with chronic heart failure: a randomized trial. *JAMA* 2000b, **283** : 3095-3101

HAMBRECHT R, WALTHER C, MOBIUS-WINKLER S, GIELEN S, LINKE A, et coll. Percutaneous coronary angioplasty compared with exercise training in patients with stable coronary artery disease. A randomized trial. *Circulation* 2004, **109** : 1371-1378

HAMILTON KL, QUINDRY JC, FRENCH JP, STAIB J, HUGHES J, et coll. MnSOD antisense treatment and exercise-induced protection against arrhythmias. *Free Radic Biol Med* 2004, **37** : 1360-1368

HEATH GW, GAVIN JR, HINDERLITER JM, HAGBERG JM, BLOOMFIELD SA, HOLLOSZY JO. Effects of exercise and lack of exercise on glucose tolerance and insuline sensitivity. *J Appl Physiol* 1983, **55** : 512-517

HECHT HS. Recommendations for preparticipation screening and the assessment of cardiovascular disease in masters athletes. *Circulation* 2001, **104** : e58

HEIDBUCHEL H, CORRADO D, BIFFI A, HOFFMANN E, PANHUYSSEN-GOEDKOOP N, et coll. Recommendations for participation in leisure-time physical activity and competitive sports of patients with arrhythmias and potentially arrhythmogenic conditions Part II : Ventricular arrhythmias, channelopathies and implantable defibrillators. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2006, **13** : 676-686

HELLSTROM G, MAGNUSSON G, WAHLGREN NG, GORDON A, SYLVEN C, SALTIN B. Physical activity may impair cerebral perfusion in patients with chronic heart failure. *Cardiol Elderly* 1996, **4** : 191-194

HELMRICH SP, RAGLAND DR, LEUNG RW, PAFFENBARGER RS JR. Physical activity and reduced occurrence of non-insulin-dependent diabetes mellitus. *N Engl J Med* 1991, **325** : 147-152

HESPEL P, LIJNEN R, VAN HOOFF, FAGARD R, GOSENS W, et coll. Effects of physical endurance training on the plasma renin-angiotensin-aldostérone system in normal man. *J Endocrinol* 1988, **116** : 443-449

HIATT WR. Benefit of exercise conditioning for patients with peripheral arterial disease. *Circulation* 1990, **81** : 602-609

HIGASHI Y, SASAKI S, SASAKI N, NAKAGAWA K, UEDA T, et coll. Daily aerobic exercise improves reactive hyperemia in patients with essential hypertension. *Hypertens* 1999, **33** : 591-597

HILL JO, WYATT HR, REED GW, PETERS JC. Obesity and the environment : where do we go from here? *Science* 2003, **299** : 853-855

HOLM J, DAHLLOF AG, BJORNTORP P, SCHERSTEN T. Enzyme studies in muscle of patients with intermittent claudication. Effect of training. *Scand J Clin Lab Invest* 1973, **31** : 201-205

HOUMARD JA, TANNER CJ, SLENTZ CA, DUSHA BD, MCCARTHNEY JS, KRAUS WE. Effect of the volume and intensity of exercise training on insulin sensitivity. *J Appl Physiol* 2004, **96** : 101-106

HOWLEY ET. Type of activity : resitance, aerobic and leisure versus occupational physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 2001, **33** : 364-369

HU FB, MANSON JE. Walking: the best medicine for diabetes? *Arch Intern Med* 2003, **163** : 1397-1398

HU FB, SIGAL RJ, RICH-EDWARDS JW, COLDITZ GA, SOLOMON CG, et coll. Walking compared with vigorous physical activity and risk of type 2 diabetes in women: a prospective study. *JAMA* 1999, **282** : 1433-1439

HU FB, STAMPFER MJ, COLDITZ GA, ASCHERIO A, REXRODE KM, et coll. Physical activity and risk of stroke in women. *JAMA* 2000, **283** : 2961-2967

HU FB, STAMPFER MJ, SOLOMON C, LIU S, COLDITZ GA, et coll. Physical activity and risk for cardiovascular events in diabetic women. *Ann Intern Med* 2001, **134** : 96-105

HU G, JOUSILAHTI P, BARENGO NC, QIAO Q, LAKKA TA, TUOMILEHTO J. Physical activity, cardiovascular risk factors, and mortality among Finnish adults with diabetes. *Diabetes Care* 2005, **28** : 799-805

IKARUGI H, TAKA T, NAKAJIMA S, NOGUCHI T, WATANABE S, et coll. Nor-epinephrine, but not epinephrine, enhances platelet reactivity and coagulation after exercise in humans. *J Appl Physiol* 1999, **86** : 133-138

ISHIKAWA-TAKATA K, OHTA T, TANAKA H. How much exercise is required to reduce blood pressure in essential hypertensives : a dose-response study. *AJH* 2003, **16** : 629-633

IZQUIERDO-PORRERA AM. Effects of exercise rehabilitation on cardiovascular risk factors in older patients with peripheral arterial occlusive disease. *J Vasc Surg* 2000, **31** : 670-677

JOLLIFFE JA, REES K, TAYLOR RS, THOMPSON D, OLDRIDGE N, EBRAHIM S. Exercise-based rehabilitation for coronary heart disease. In : *The Cochrane Library*, issue 4, 2002. Oxford, UK: Update Software

JONKER JT, DE LAET C, FRANCO OH, PEETERS A, MACKENBACH J, NUSSELDER W. Physical activity and life expectancy with and without diabetes. *Diabetes Care* 2006, **29** : 38-43

KANG J, ROBERTSON RJ, HAGBERG JM. Effect of exercise intensity on glucose and insulin metabolism in obese individuals and obese NIDDM patients. *Diabetes Care* 1996, **19** : 341-349

KARMISHOLT K, GOTZSCHE PC. Physical activity for secondary prevention of disease. Systematic review of randomised clinical trials. *Dan Med Bull* 2005, **52** : 90-94

KAVANAGH T, MYERS MG, BAIGRIE RS, MERTENS DJ, SAWYER P, SHEPHARD RJ. Quality of life and cardiorespiratory function in chronic heart failure : effects of 12 months' aerobic training. *Heart* 1996, **76** : 42-49

KELLEY DE, GOODPASTER BH. Effects of exercise on glucose homeostasis in type 2 diabetes mellitus. *Med Sci Sports Exerc* 2001, **33** : S495-S501

KEMI OJ, HARAM PM, WISLOFF U, ELLINGSEN O. Aerobic fitness is associated with cardiomyocyte contractile capacity and endothelial function in exercise training and detraining. *Circulation* 2004, **109** : 2897-2904

KETELHUT R, LOSEM CJ, MESSERLI FH. Is a decrease in arterial pressure during long-term aerobic exercise caused by a fall in cardiac pump function ? *Am Heart J* 1994, **127** : 567-571

KETELHUT RG, FRANZ IW, SCHOLZE J. Regular exercise as an effective approach in antihypertensive therapy. *Med Sci Sports Exerc* 2004, **36** : 4-8

KING KB. Emotional and functional outcomes in women with coronary heart disease. *J Cardiovasc Nurs* 2001, **15** : 54-70

KINGWELL BA, JENNINGS GL, DART AM. Exercise training and basal endothelial nitric oxide production. *J Mol Cell Cardiol* 1995, **27** : A 78

KINOSHITA N, MIMURA J, OBAYASHI C, KATSUKAWA F, ONISHI S, YAMAZAKI H. Aortic root dilatation among young competitive athletes : echocardiographic screening of 1929 athletes between 15 and 34 years of age. *Am Heart J* 2000, **139** : 723-728

KNOWLER WC, BARRET-CONNOR E, FOWLER SE, HAMMAN RF, LACHIN JM, et coll. Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *N Engl J Med* 2002, **346** : 393-403

KOENIG W, SUND M, DORING A, ERNST E. Leisure-time physical activity but not work-related physical activity is associated with decreased plasma viscosity. *Circulation* 1997, **95** : 335-341

KOHL HWIII. Physical activity and cardiovascular disease : evidence for dose response. *Med Sci Sports Exerc* 2001, **33** : 472-483

KOHNO K, MATSUOKA H, TAKENAKA K, MIYAKE Y, OKUDA S, et coll. Depressor effect by exercise training is associated with amelioration of hyperinsulinemia and sympathetic overactivity. *Intern Med* 2000, **39** : 1013-1019

KOIKE A, HOSHIMOTO M, NAGAYAMA BS, TAJIMA A, KUBOZONO T, et coll. Cerebral oxygenation during exercise and exercise recovery in patients with idiopathic dilated cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 2004, **94** : 821-824

KOKKINOS PF, PAPADEMETRIOU V. Exercise and hypertension. *Coron Artery Dis* 2000, **11** : 99-102

KOKKINOS PF, NARAYAN P, COLLERAN JA, PITTARAS A, NOTARGIACOMO A, et coll. Effects of regular exercise on blood pressure and left ventricular hypertrophy in

African-American men with severe hypertension. *N Engl J Med* 1995, **333** : 1462-1467

KRAUS WE, HOUMARD JA, DUSHA BD, KNETZGER KJ, WHARTON MB, et coll. Effects of the amount and intensity of exercise on plasma lipoproteins. *N Engl J Med* 2002, **347** : 1483-1492

KRISKA A. Can a physically active lifestyle prevent type 2 diabetes ? *Exerc Sport Sci Rev* 2003, **31** : 132-137

KUGLER J, SEELBACH H, KRÜSKEMPER GM. Effects of rehabilitation exercise programmes on anxiety and depression in coronary patients: a meta-analysis. *Br J Clin Psychol* 1994, **33** : 401-410

KURL S, LAUKKANEN JA, RAURAMAA R, LAKKA TA, SIVENIUS J, SALONEN JT. Cardiorespiratory fitness and the risk for stroke in men. *Arch Intern Med* 2003, **163** : 1682-1688

LAAKSONEN DE, LINDSTROM J, LAKKA TA, ERIKSSON JG, NISKANEN L, et coll. Physical activity in the prevention of type 2 diabetes. The Finnish Diabetes Prevention Study. *Diabetes* 2005, **54** : 158-165

LAKKA TA, SALONEN JT. Moderate to high intensity conditioning leisure time physical activity and high cardiorespiratory fitness are associated with reduced plasma fibrinogen in eastern Finnish men. *J Clin Epidemiol* 1993, **46** : 1119-1127

LAKKA TA, VENÄLÄINEN JM, RAURAMAA R, SALONEN R, TUOMILEHTO J, SALONEN JT. Relation of leisure-time physical activity and cardiorespiratory fitness to the risk of acute myocardial infarction in men. *N Engl J Med* 1994, **330** : 1549-1554

LAMONTE MJ, BLAIR SN, CHURCH TS. Physical activity and diabetes prevention. *J Appl Physiol* 2005, **99** : 1205-1213

LAMPERT R, CANNOM D, OLSHANSKY B. Safety of sports participation in patients with implantable cardioverter defibrillators : A Survey of Heart Rhythm Society Members. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2006, **17** : 11-15

LAVIE CJ, MILANI RV. Effects of cardiac rehabilitation programs on exercise capacity, coronary risk factors, behavioral characteristics, and quality of life in a large elderly cohort. *Am J Cardiol* 1995a, **76** : 177-179

LAVIE CJ, MILANI RV. Effects of cardiac rehabilitation and exercise training on exercise capacity, coronary risk factors, behavioral characteristics, and quality of life in women. *Am J Cardiol* 1995b, **75** : 340-343

LEE CD, FOLSOM AR, BLAIR SN. Physical activity and stroke risk. A meta-analysis. *Stroke* 2003, **34** : 2475-2482

LEE IM, PAFFENBARGER RS JR. Association of light, moderate and vigorous intensity physical activity with longevity: The Harvard Alumni Health Study. *Am J Epidemiol* 2000, **151** : 293-299

LEE IM, PAFFENBARGER RS, HENNEKENS CH. Physical activity, physical fitness and longevity. *Aging Clin Exp Res* 1997, **9** : 2-11

- LEE IM, REXRODE K, COOK N, MANSON JE, BURING JE. Physical activity and coronary heart disease in women : is "no pain, no gain" passé? *JAMA* 2001, **285** : 1447-1454
- LEE IM, SESSO HD, OGUMA Y, PAFFENBARGER RS JR. Relative intensity of physical activity and risk of coronary heart disease. *Circulation* 2003, **107** : 1110-1116
- LEE KW, LIP GY. Effects of lifestyle on hemostasis, fibrinolysis, and platelet reactivity : a systematic review. *Arch Intern Med* 2003, **163** : 2368-2392
- LEHMANN R, VOKA A, NIEDERMANN K, AGOSTI K, SPINA GA. Loss of abdominal fat and improvement of the cardiovascular risk profile by regular moderate exercise training in patients with NIDDM. *Diabetologia* 1995, **38** : 1313-1319
- LEMAITRE RN, SISCOVICK DS, RAGHUNATHAN TE, VEIMANN S, ARBOGAST P, LIN DY. Leisure-time physical activity and the risk of primary cardiac arrest. *Arch Intern Med* 1999, **159** : 686-690
- LENG GC. Exercise for intermittent claudication. *The Cochrane Library* 2004, **1**
- LEON AS, SANCHEZ OA. Meta-analysis of the effects of aerobic exercise training on blood lipids. *Circulation* 2001a, **104** : 414-415
- LEON AS, SANCHEZ OA. Response of blood lipids to exercise training alone or combined with dietary intervention. *Med Sci Sports Exerc* 2001b, **33** : 502-515
- LEON AS, CONNETT J, JACOBS DR, RAURAMAA R. Leisure-time physical activity levels and risk of coronary heart disease and death: the Multiple Risk Factor Intervention Trial. *JAMA* 1987, **258** : 2388-2395
- LINDESTROM E, BOYSEN G, NYBOE J. Lifestyle factors and risk of cerebrovascular disease in women : the Copenhagen City Heart Study. *Stroke* 1993, **24** : 1468-1472
- LINDSTROM J, ILANNE-PARIKKA P, PELTONEN M, AUNOLA S, ERIKSSON JG, et coll. Sustained reduction in the incidence of type 2 diabetes by lifestyle intervention : follow-up of the Finnish Diabetes Prevention Study. *Lancet* 2006, **368** : 1673-1679
- LLOYD-WILLIAMS F, MAIR FS, LEITNER M. Exercise training and heart failure : a systematic review of current evidence. *Br J Gen Pract* 2002, **52** : 47-55
- LOIMAALA A, HUIKURI H, OJA P, PASANEN M, VUORI I. Controlled 5-mo aerobic training improves heart rate but not heart rate variability or baroreflex sensitivity. *J Appl Physiol* 2000, **80** : 1825-1829
- LUCINI D, MILANI RV, COSTANTINO G, LAVIE CJ, PORTA A, PAGANI M. Effects of cardiac rehabilitation and exercise training on autonomic regulation in patients with coronary artery disease. *Am Heart J* 2002, **143** : 977-983
- LUKE A, KRAMER H, ADEYEMO A, FORRESTER T, WILKS R, et coll. Relation between blood pressure and physical activity assessed with stable isotopes. *J Hum Hypertens* 2005, **19** : 127-132
- LYNCH J, HELMRICH SP, LAKKA TA, KAPLAN GA, COHEN RD, et coll. Moderately intense physical activities and high levels of cardiorespiratory fitness reduce the risk of non-insulin-dependent diabetes mellitus in middle-aged men. *Arch Intern Med* 1996, **156** : 1307-1314

MACKAY-LYONS MJ, MAKRIDES L. Longitudinal changes in exercise capacity after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2004, **85** : 1608-1612

MAILLEFERT JF, EICHER JC, WALKER P, DULIEU V, ROUHIER-MARCER I. Effects of low-frequency electrical stimulation of quadriceps and calf muscles in patients with chronic heart failure. *J Cardiopulm Rehabil* 1998, **18** : 277-282

MAIORANA A, O'DRISCOLL G, CHEETHAM C, DEMBO L, STANTON K, et coll. The effect of combined aerobic and resistance exercise training on vascular function in type 2 diabetes. *J Am Coll Cardiol* 2001, **38** : 860-866

MALEK AM, ALPER SL, IZUMO S. Hemodynamic shear stress and its role in atherosclerosis. *JAMA* 1999, **282** : 2035-2042

MANCINI D. Pulmonary factors limiting exercise capacity in patients with heart failure. *Prog Cardiovasc Dis* 1995, **56** : 347-370

MANCINI DM, WALTER G, REICHEK N, LENKINSKI N, MCCULLY KK, et coll. Contribution of skeletal muscle atrophy to exercise intolerance and altered muscle metabolism in heart failure. *Circulation* 1992, **85** : 1364-1373

MANCINI D, LEJEMTEL T, AARONSON K. Peak VO₂ : a simple yet enduring standard. *Circulation* 2000, **101** : 1080-1082

MANSON JE, RIMM EB, STAMPFER MJ, COLDITZ GA, WILLETT WC, et coll. Physical activity and incidence of non-insulin-dependent diabetes mellitus in women. *Lancet* 1991, **338** : 774-778

MANSON JE, NATHAN DM, KROWLEWSKI AS, STAMPFER MJ, WILLETT WC, HENNEKENS CH. A prospective study of exercise and incidence of diabetes among US male physicians. *JAMA* 1993, **268** : 63-67

MANSON JE, STAMPFER MJ, WILLET WC, et coll. Physical activity and incidence of coronary heart disease and stroke in women. *Circulation* 1995, **91** : 5-11

MANSON JE, GREENLAND P, LACROIX AZ, STEFANICK ML, MOUTON CP, et coll. Walking compared with vigorous exercise for the prevention of cardiovascular events in women. *N Engl J Med* 2002, **347** : 716-725

MARCUS BH, ALBRECHT AE, KING TK, PARISI AF, PINTO BM, et coll. The efficacy of exercise as an aid for smoking cessation in women : a randomized controlled trial. *Arch Intern Med* 1999, **159** : 1229-1234

MARON BJ. Sudden death in young athletes. *N Engl J Med* 2003, **349** : 1064-1075

MARON BJ, MITCHELL JH. 26th Bethesda Conference : recommendations for determining eligibility for competition in athletes with cardiovascular abnormalities. *J Am Coll Cardiol* 1994, **24** : 845-899

MARON BJ, SHIRANI J, POLIAC LC, MATHENGE R, ROBERTS WC, MUELLER FO. Sudden death in young competitive athletes. Clinical, demographic, and pathological profiles. *JAMA* 1996, **276** : 199-204

MARON BJ, CHAITMAN BR, ACKERMAN MJ, BAYES DE LUNA A, CORRADO D, et coll. Recommendations for physical activity and recreational sports participation for young patients with genetic cardiovascular diseases. *Circulation* 2004, **109** : 2807-2816

MATSON-KOFFMAN DM, BROWNSTEIN JN, NEINER JA, GREANEY ML. A site-specific literature review of policy and environmental interventions that promote physical activity and nutrition for cardiovascular health : what works ? *Am J Health Promot* 2005, **19** : 167-193

MATTHEWS CE, PATE RR, JACKSON KI, WARD DS, MACERA CA, et coll. Exaggerated blood pressure response to dynamic exercise and risk of future hypertension. *J Clin Epidemiol* 1998, **51** : 29-35

MAYER-DAVIS EJ, D'AGOSTINO JR R, KARTER AJ, HAFFNER SM, REWERS MJ, et coll. Intensity and amount of physical activity in relation to insulin sensitivity : the Insulin Resistance Atherosclerosis Study. *JAMA* 1998, **279** : 669-674

MCAULEY KA, WILLIAMS SM, MANN JI, GOULDING A, CHISHOLM A, et coll. Intensive lifestyle changes are necessary to improve insulin sensitivity. A randomized controlled trial. *Diabetes Care* 2002, **25** : 445-452

MCCONNELL TR, MANDAK JS, SYKES JS, FESNIAK H, DASGUPTA H. Exercise training for heart failure patients improves respiratory muscle endurance, exercise tolerance, breathlessness, and quality of life. *J Cardiopulm Rehabil* 2003, **23** : 10-16

MCGAVOCK JM, MANDIC S, VONDER MUHLL I, LEWANCZUK RZ, QUINNEY HA, et coll. Low cardiorespiratory fitness is associated with elevated C-reactive protein levels in women with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2004, **27** : 320-325

MCVEIGH GE, BRENNAN GM, JOHNSTON GD, MCDERMOTT BJ, MCGRATH LT, et coll. Impaired endothelium-dependent and independent vasodilatation in patient with type 2 (non-insulin-dependent) diabetes mellitus. *Diabetologia* 1992, **35** : 771-776

MEEK C, POLLOCK A, POTTER J, LANGHORNE P. A systematic review of exercise trials post stroke. *Clin Rehabil* 2003, **17** : 6-13

MEREDITH IT, JENNINGS GL, ESLER MD, DEWAR EM, BRUCE AM, FAZIO A. Time-course of the antihypertensive and autonomic effects of regular endurance exercise in human subjects. *J Hypertens* 1990, **8** : 859-866

MEURIN P, PAVY B. Benefits and risks of exercise training in coronary artery disease patients. *Ann Cardiol Angeiol* 2006, **55** : 171-177

MEYER K, SCHWAIBOLD M, WESTBROOK S, BENEKE R, HAJRIC R, et coll. Effects of short-term exercise training and activity restriction on functional capacity in patients with severe chronic congestive heart failure. *Am J Cardiol* 1996, **78** : 1017-1022

MIDDLEBROOKE AR, ELSTON LM, MACLEOD KM, MAWSON DM, BALL CI, et coll. Six months of aerobic exercise does not improve microvascular function in type 2 diabetes mellitus. *Diabetologia* 2006, **49** : 2263-2271

MIKA P, SPODARYK K, CENCORA A, UNNITHAN VB, MIKA A. Experimental model of pain-free treadmill training in patients with claudication. *Am J Phys Med Rehabil* 2005, **84** : 756-762

MIYACHI M, KAWANO H, SUGAWARA J, TAKAHASHI K, HAYASHI K, et coll. Unfavorable effects of resistance training on central arterial compliance : a randomized intervention study. *Circulation* 2004, **110** : 2858-2863

MONPERE C, SELIER P, MEURIN P, AEBERHARD P, BOITEUX A, et coll. Recommandations de la Société Française de Cardiologie concernant la pratique de la réadaptation cardiovasculaire chez l'adulte. *Arch Mal Cœur Vaiss* 2002, **95** : 999-1002

MONTGOMERY HE, CLARKSON P, NWOSE OM, MIKAILIDIS DP, JAGROOP IA, et coll. The acute rise in plasma fibrinogen concentration with exercise is influenced by the G-453- A polymorphism of the β -fibrinogen gene. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 1996, **16** : 386-391

MORRIS JN, HARDMAN AE. Walking for health. *Sports Med* 1997, **23** : 306-332

MORRIS JN, EVERITT MG, POLLARD R, CHAVE SP, SEMMENCE AM. Vigorous exercise in leisure time: protection against coronary heart disease. *Lancet* 1980, **2** : 1207-1210

MORRIS JN, CLAYTON DG, EVERITT MG, SEMMENCE AM, BURGESS EH. Exercise in leisure time: coronary attack and death rates. *Br Heart J* 1990, **63** : 325-334

MOSELEY AM, STARK A, CAMERON ID, POLLOCK A. Treadmill training and body weight support for walking after stroke. *The Cochrane Database of Systematic Reviews* 2005, Issue 4. Art. No.:CD002840.pub2. DOI: 10.1002/14651858.CD002840.pub2

MOTOHIRO M, YUASA F, HATTORI T, SUMIMOTO T, TAKEUCHI M, et coll. Cardiovascular adaptations to exercise training after uncomplicated acute myocardial infarction. *Am J Phys Med Rehabil* 2005, **84** : 684-691

MOURIER A, GAUTIER JF, DE KERVILER E, BIGARD AX, VILLETTE JM, et coll. Mobilization of visceral adipose tissue related to the improvement in insulin sensitivity in response to physical training in NIDDM : effects of branched-chain aminoacid supplements. *Diabetes Care* 1997, **20** : 385-391

MULLER JE. Circadian variation in cardiovascular events. *Am J Hypertens* 1999, **12** : 35-42

MUNDAL R, KIELDSEN SE, SANDVIK L, ERIKSEN G, THAULOV E, ERIKSEN J. Exercise blood pressure predicts mortality from myocardial infarction. *Hypertension* 1996, **1** : 324-329

MURPHY M, NEVILL A, NEVILLE C, BIDDLE S, HARDMAN A. Accumulating brisk walking for fitness, cardiovascular risk, and psychological health. *Med Sci Sports Exerc* 2002, **34** : 1468-1474

MURTAGH EM, BOREHAM CA, NEVILL A, HARE LG, MURPHY MH. The effects of 60 minutes of brisk walking per week, accumulated in two different patterns, on cardiovascular risk. *Prev Med* 2005, **41** : 92-97

MYERS J, PRAKASH M, FROELICHER V, DO D, PARTINGTON S, ATWOOD JE. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med* 2002, **346** : 793-801

NIEBAUER J, HAMBRECHT R, VELICH T, HAUER K, MARBURGER C, et coll. Attenuated progression of coronary artery disease after 6 years of multifactorial risk intervention: role of physical exercise. *Circulation* 1997, **96** : 2534-2541

NIH CONSENSUS CONFERENCE. Physical activity and cardiovascular health. *JAMA* 1996, **276** : 241-246

NODA H, ISO H, TOYOSHIMA H, DATE C, YAMAMOTO A, et coll. Walking and sports participation and mortality from coronary heart disease and stroke. *JACC* 2005, **46** : 1761-1767

NUHR MJ, PETTE D, BERGER R, QUITTAN M, CREVENNA R, et coll. Beneficial effects of chronic low-frequency stimulation of thigh muscles in patients with advanced chronic heart failure. *Eur Heart J* 2004, **25** : 136-143

O'CONNOR G, BURING JF, YUSUF S, GOLDHABER SZ, OLMSTEAD EM, et coll. An overview of randomized trials of rehabilitation with exercise after myocardial infarction. *Circulation* 1989, **80** : 234-244

OGUMA Y, SHINODA-TAGAWA T. Physical activity decreases cardiovascular disease risk in women. Review and meta-analysis. *Am J Prev Med* 2004, **26** : 407-418

OLDRIDGE N, GUYAT GH, FISHER MF, RIMM AA. Cardiac rehabilitation after myocardial infarction. Combined experiences of randomized clinical trials. *JAMA* 1988, **260** : 945-950

OLNEY SJ, NYMARK J, BROUWER B, CULHAM E, DAY A, HEARD J, et coll. A randomized controlled trial of supervised versus unsupervised exercise programs for ambulatory stroke survivors. *Stroke* 2006, **37** : 476-481

OUELETTE MM, LEBRASSEUR NK, BEAN JF, PHILLIPS E, STEIN J, et coll. High-intensity resistance training improves muscle strength, self-reported function, and disability in long-term stroke survivors. *Stroke* 2004, **35** : 1404-1409

PAFFENBERG RS, HALE WE. Work activity and coronary heart mortality. *N Engl J Med* 1975, **292** : 545-550

PAFFENBARGER RS, LEE IM. Intensity of physical activity related to incidence of hypertension and all-cause mortality: an epidemiologic view. *Blood Press Monit* 1997, **2** : 115-123

PAFFENBARGER RS, WING AL, HYDE R, JUNG DL, et coll. Physical activity and incidence of hypertension in college alumni. *Am J Epidemiol* 1983, **117** : 247-257

PAFFENBARGER RS, HYDE RT, WING AL, HSIEH C. Physical activity all-cause mortality, and longevity of college alumni. *N Engl J Med* 1986, **314** : 605-613

PAFFENBARGER R, HYDE RT, WING AL, LEE IM, JUNG DL, KAMPERT JB. The association of changes in physical activity level and other lifestyle characteristics with mortality among men. *N Engl J Med* 1993, **328** : 538-545

PAFFENBARGER RS JR, LEE IM, KAMPERT JB. Physical activity in the prevention of non-insulin-dependent diabetes mellitus. *World Rev Nutr Diet* 1997, **82** : 210-218

PAN XR, LI GW, HU YH, WANG JX, YANG WY, et coll. Effects of diet and exercise in preventing NIDDM in people with impaired glucose tolerance: the Da Quing IGT and Diabetes Study. *Diabetes Care* 1997, **20** : 537-544

PANG MYC, ENG JJ, DAWSON AS, GYLFADOTTIR S. The use of aerobic exercise training in improving aerobic capacity in individual with stroke : a meta-analysis. *Clin Rehabil* 2006, **20** : 97-111

PATE RR, PRAT M, BLAIR SN, HASKELL WL, MACERA CA, et coll. Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and

Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA* 1995, **273** : 402-407

PEARSON TA, BLAIR SN, DANIELS SR, ECKEL RH, FAIR JM, et coll. American Heart Association Guidelines for primary prevention of cardiovascular diseases and stroke. update. Consensus panel guide to comprehensive risk reduction for adult patients without coronary or other atherosclerotic vascular diseases. *Circulation* 2002, **106** : 388-391

PEDERSEN BK, SALTIN B. Evidence for prescribing exercise as therapy in chronic disease. *Scand J Med Sci Sports* 2006, **16** : 5-65

SHEPHARD RJ, BALADY GJ. Exercise as cardiovascular therapy. *Circulation* 1999, **99** : 963-972

PEDERSEN BK, SALTIN B. Evidence for prescribing exercise as therapy in chronic disease. *Scand J Med Sci Sports* 2006, **16** : 5-65

PELLICCIA A, FAGARD RH, BJORNSTAD HH, ANASTASSAKIS A, ARBUSTINI E, et coll. Recommendations for competitive sports participation in athletes with cardiovascular disease : a consensus document from the Study Group of Sports Cardiology of the Working Group of Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology and the Working Group of Myocardial and Pericardial Diseases of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J* 2005, **26** : 1422-1445

PENDEY DK. Exaggerated blood pressure response to exercise predicts new-onset hypertension in women : Women Take Heart study, 1992-2001. *Am J Hypertens* 2003, **16** : A261

PENNIX BW, BEEKMAN ATF, HONIG A, DEEG DL, SCHOEVERS RA, et coll. Depression and cardiac mortality. *Arch Gen Psychiatry* 2001, **58** : 221-227

PERKINS JMT. Exercise training versus angioplasty for stable claudication; long and medium term results of a prospective randomised trial. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1996, **11** : 409-413

PERSEGHIN G, PRICE TB, PETERSEN KF, RODEN M, CLINE GW, et coll. Increased glucose transport-phosphorylation and muscle glycogen synthesis after exercise training in insulin-resistant subjects. *N Engl J Med* 1996, **335** : 1357-1362

PESCATELLO LS. Exercise and hypertension : recent advances in exercise prescription. *Curr Hypertens Rep* 2005, **7** : 281-286

PESCATELLO LS, FARGO AE, LEACH CN JR, SCHERZER HH. Short-term effect of dynamic exercise on arterial blood pressure. *Circulation* 1991, **83** : 1557-1561

PESCATELLO LS, FRANKLIN BA, FAGARD R, FARQUHAR WB, KELLEY GA, RAY CA. American College of Sports Medicine position stand: exercise and hypertension. *Med Sci Sports Exerc* 2004, **36** : 533-553

PIEPOLI MF, DAVOS C, FRANCIS DP, COATS AJ. Exercise training meta-analysis of trials in patients with chronic heart failure (ExTraMATCH). *BMJ* 2004, **328** : 189

PINA IL, APSTEIN CS, BALADY GJ, BELARDINELLI R, CHAITMAN BR, et coll. Exercise and heart failure : a statement from the American Heart Association Committee on exercise, rehabilitation, and prevention. *Circulation* 2003, **107** : 1210-1225

PITSAVOS C, PANAGIOTAKOS DB, CHRYSOHOOU C, KOKKINOS P, MENOTTI A, SINGH S. Physical activity decreases the risk of stroke in middle-age men with left ventricular hypertrophy : 40-year follow-up (1961-2001) of the Seven Countries Study (the Corfu cohort). *J Hum Hypertens* 2004, **18** : 495-501

PODOLIN DA, MUNGER PA, MAZZEO RS. Plasma catecholamine and lactate response during graded exercise with varied glycogen conditions. *J Appl Physiol* 1991, **71** : 1427-1433

POWELL KE, THOMPSON PD, CASPERSEN CJ, KENDRICK JS. Physical activity and the incidence of coronary heart disease. *Annu Rev Public Health* 1987, **8** : 253-287

POWERS SK, MURLASITS Z, WU M, KAVAZIS AN. Ischemia-reperfusion-induced cardiac injury : a brief review. *Med Sci Sports Exerc* 2007, **39** : 1529-1536

PYERITZ RE. The Marfan syndrome. *Annu Rev Med* 2000, **51** : 481-510

QUITTAN M, WIESINGER GF, STURM B, PUIG S, MAYR W, et coll. Improvement of thigh muscles by neuromuscular electrical stimulation in patients with refractory heart failure: a single-blind, randomized, controlled trial. *Am J Phys Med Rehabil* 2001, **80** : 206-214 ; quiz 215-6, 224

RAGOSTA M, CRABTREE J, STURNER WQ, THOMPSON PD. Death during recreational exercise in the state of Rhode Island. *Med Sci Sports Exerc* 1984, **16** : 339-342

RAKOBOWCHUK M, MCGOWAN CL, DE GROOT PC, et coll. Effect of whole body resistance training on arterial compliance in young men. *Exp Physiol* 2004, **90** : 645-651

RAURAMAA R, HALONEN P, VAISANEN SB, LAKKA TA, SCHMIDT-TRUCKSASS A, et coll. Effects of aerobic physical exercise on inflammation and atherosclerosis in men: the DNASCO study. *Ann Intern Med* 2004, **140** : 1007-1014

RE RN. Mechanisms of disease: local renin-angiotensin-aldosterone systems and the pathogenesis and treatment of cardiovascular disease. *Nat Clin Pract Cardiovasc Med* 2004, **1** : 42-47

REAVEN PD, BARRETT-CONNOR E, EDELSTEIN S. Relation between leisure-time physical activity and blood pressure in older women. *Circulation* 1991, **83** : 559-565

REES K, TAYLOR RS, SINGH S, COATS AJS, EBRAHIM S. Exercise based rehabilitation for heart failure. *The Cochrane Database of Systematic Review* 2004, issue 3. Art. No. : CDOO3331.pub2. DOI: 10.1002/

REXROTH W, HILD R. Regulation of ischemic muscle in peripheral arterial occlusive disease. *Vasa* 1989, **18** : 190-196

RICE T, AN P, GAGNON J, LEON AS, SKINNER JS, et coll. Heritability of heart rate and blood pressure response to exercise training in the HERITAGE Family Study. *Med Sci Sports Exerc* 2002, **34** : 972-979

RICHARDSON CR, KRISKA A, LANTZ P, HAYWARD RA. Physical activity and mortality across cardiovascular disease risk groups. *Med Sci Sports Exerc* 2004, **36** : 1923-1929

RUSH JW, DENISS SG, GRAHAM DA. Vascular nitric oxide and oxidative stress: determinants of endothelial adaptations to cardiovascular disease and to physical activity. *Can J Appl Physiol* 2005, **30** : 442-474

SACCO RL, GAN R, BODEN-ABDALA B, LIN IF, KARGMAN DE, et coll. Leisure-time physical activity and ischemic stroke risk : the Northern Manhattan Stroke Study. *Stroke* 1998, **29** : 380-387

SANDVIK L, ERIKSEN J, THAULOW E, ERIKSEN G, MUNDAL R, RODAHEM K. Physical fitness as a predictor of mortality among healthy, middle-aged Norwegian men. *N Engl J Med* 1993, **328** : 533-537

SATO Y. Diabetes and life-styles: role of physical exercise for primary prevention. *Br J Nutr* 2000, **84** (suppl 2) : S187-S190

SAUNDERS DH, GREIG CA, YOUNG A, MEAD GE. Physical fitness training for stroke patients. *The Cochrane Database of systematic Review* 2004, Issue 1. Art. N° CDOO3316.pub2. DOI: 10.1002/14658558.CDOO3316.pub2

SAVAGE PD, BROCHU M, POEHLMAN ET, ADES PA. Reduction in obesity and coronary risk factors after high caloric exercise training in overweight coronary patients. *Am Heart J* 2003, **146** : 317-23

SCHNOHR P, KRISTENSEN TS, PRESCOTT E, SCHARLING H. Stress and life dissatisfaction are inversely associated with jogging and other types of physical activity in leisure time – The Copenhagen City Heart Study. *Scand J Med Sci Sports* 2005, **15** : 107-112

SCHOLZ U, KNOLL N, SNIHOTTA FF, SCHWARZER R. Physical activity and depressive symptoms in cardiac rehabilitation: Long-term effects of self-management intervention. *Soc Sci Med* 2006, **62** : 3109-3120

SCHWARTZ RS, SHUMAN WP, LARSON V, CAIN KC, FELLINGHAM GW, et coll. The effect of intensive endurance exercise training on body fat distribution in young and older men. *Metabolism* 1991, **40** : 545-551

SCOTT AC, DARREL PF, DAVIES LC, PONIKOWSKI P, COATS AJ, PIEPOLO MF. Contribution of skeletal muscle 'ergoreceptors' in the human leg to respiratory control in chronic heart failure. *Journal of Physiology* 2000, **529** : 863-870

SDRINGOLA S, NAKAGAWA K, NAKAGAWA Y, YUSUF SW, BOCCALANDRO F, et coll. Combined intensive lifestyle and pharmacologic lipid treatment further reduce coronary events and myocardial perfusion abnormalities compared with usual-care cholesterol-lowering drugs in coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 2003, **41** : 263-272

SESSO HD, PAFFENBARGER RS JR, LEE IM. Physical activity and coronary heart disease in men. The Harvard Alumni Health Study. *Circulation* 2000, **102** : 975-980

SHAIBI GQ, CRUZ ML, BALL GD, WEIGENBERG MJ, SALEM GJ, et coll. Effects of resistance training on insulin sensitivity in overweight Latino adolescent males. *Med Sci Sports Exerc* 2006, **38** : 1208-1215

SHAPER AG, WANNAMETHEE G. Physical activity and ischaemic heart disease in middle-aged British men. *Br Heart* 1991, **66** : 384-394

SHARP SA, BROUWER BJ. Isokinetic strength training of the hemiparetic knee : effects on function and spasticity. *Arch Phys Med Rehabil* 1997, **78** : 1231-1236

SHEPARD RJ, BALADY GJ. Exercise as cardiovascular therapy. *Circulation* 1999, **99** : 963-972

SISCOVICK DS, WEISS NS, FLETCHER RH, LASKY T. The incidence of primary cardiac arrest during vigorous exercise. *N Engl J Med* 1984, **311** : 874-877

SLATTERY ML, JACOBS DR. Leisure time physical activity and CHD death: the US Railroad Study. *Circulation* 1989, **79** : 304-311

SLENTZ CA, DUSCHA BD, JOHNSON JL, KETCHUM K, AIKEN LB, et coll. Effects of the amount of exercise on body weight, body composition, and measures of central obesity : STRRIDE-a randomized controlled study. *Arch Intern Med* 2004, **164** : 31-39

SMITH JK, DYKES R, DOUGLAS JE, KRISHNASWAMY G, BERK S. Long-term exercise and atherogenic activity of blood mononuclear cells in persons at risk of developing ischemic heart disease. *JAMA* 1999, **281** : 1722-1727

SNIEHOTTA FF, SCHOLZ U, SCHWARZER R. Action plans and coping plans for physical exercise : a longitudinal intervention study in cardiac rehabilitation. *Br J Health Psychol* 2006, **11** : 23-37

SPIN JM, PRAKASH M, FROELICHER VF, PARTINGTON S, MARCUS R, et coll. The prognostic value of exercise testing in elderly men. *Am J Med* 2002, **112** : 453-459

STATEN LK, GREGORY-MERCADO KY, RANGER-MOORE J, WILL JC, GIULIANO AR, et coll. Provider counseling, health education, and community health workers : the Arizona WISEWOMAN Project. *J Wom Health* 2004, **13** : 547-556

STEWART KJ. Exercise training and the cardiovascular consequences of type 2 diabetes and hypertension. Plausible mechanisms for improving cardiovascular health. *JAMA* 2002, **288** : 1622-1631

STEWART KJ, BACHER AC, TURNER KL, FLEG JL, HEES PS, et coll. Effect of exercise on blood pressure in older persons. *Arch Intern Med* 2005, **165** : 756-762

STODDARD AM, PALOMBO R, TROPEL PJ, SORENSEN G, WILL JC. Cardiovascular disease risk reduction: the Massachusetts WISEWOMAN Project. *J Wom Health* 2004, **13** : 539-546

SUNDQUIST K, QVIST J, JOHANSSON SE, SUNDQUIST J. The long-term effect of physical activity on incidence of coronary heart disease: a 12-year follow-study. *Prev Med* 2005, **41** : 219-225

SURVEY MS, READY AE. Survey of exercise and dietary knowledge and behaviour in persons with type II diabetes. *Can J Public Health* 1991, **82** : 344-348

SUTER E, MARTI B, TSCHOPP A, WANNER HU, WENK C, GUTZWILLER F. Effects of self-monitored jogging on physical fitness, blood pressure and serum lipids: a controlled study in sedentary middle-aged men. *Int J Sports Med* 1990, **11** : 425-432

SWAIN DP, FRANKLIN BA. Comparison of cardioprotective benefits of vigorous versus moderate intensity aerobic exercise. *Am J Cardiol* 2006, **97** : 141-147

TANASESCU M, LEITZMANN MF, RIMM EB, HU FB. Physical activity in relation to cardiovascular disease and total mortality among men with type 2 diabetes. *Circulation* 2003, **107** : 2435-2439

TAYLOR S, BROWN A, EBRAHIM S, JOLLIFFE J, NOORANI H, et coll. Exercise-based rehabilitation for patients with coronary heart disease: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Med* 2004, **116** : 682-692

TEIXEIRA-SALMELA LF, OLNEY SJ, NADEAU S, BROUWER B. Muscle strengthening and physical conditioning to reduce impairment and disability in chronic stroke survivors. *Arch Phys Med Rehabil* 1999, **80** : 1211-1218

THOMAS DE, ELLIOTT EJ, NAUGHTON GA. Exercise for type 2 diabetes mellitus. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2006, Issue 3. Art. No.: CD002968.pub2. DOI: 10.1002/14651858.CD002968.pub2

THOMAS GN, HONG AWL, TOMLINSON B, LAUT E, LAM CW, et coll. Effects of Tai Chi and resistance training on cardiovascular risk factors in elderly Chinese subjects: a 12-month longitudinal, randomized, controlled intervention study. *Clin Endoc* 2005, **63** : 663-669

THOMPSON PD, CROUSE SF, GOODPASTER B, KELLEY D, MOYNA N, PESCATELLO L. The acute versus the chronic response to exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2001, **33** (suppl 6) : S438-S445

THOMPSON PD, BUCHNER D, PINA IL, BALADY GJ, WILLIAMS MA, et coll. Exercise and physical activity in the prevention and treatment of atherosclerotic cardiovascular disease. *Circulation* 2003, **107** : 3109-3116

TISI PV. Exercise training for intermittent claudication: does it adversely affect biochemical markers of the exercise-induced inflammatory response? *Eur J Vasc Endovasc Surgery* 1997, **14** : 344-350

TONINO RP. Effect of physical training on the insulin resistance of aging. *Am J Physiol* 1989, **256** : 352-356

TORRES SH, ALMEIDA D, ROSENTHAL J, LOZADA-FERNANDEZ Y, HERNANDEZ N. Skeletal muscle changes with training in patients with coronary artery disease. *J Cardiopulmonary Rehabil* 1990, **10** : 271-278

TUDOR-LOCKE C, BELL RC, MYERS AM, HARRIS SB, ECCLESTONE NA, et coll. Controlled outcome evaluation of the First Step Program : a daily physical activity intervention for individuals with type II diabetes. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2004, **28** : 113-119

TULLY MA, CUPPLES ME, CHAN WS, MCGLADE K, YOUNG IS. Brisk walking, fitness, and cardiovascular risk : a randomized controlled trial in primary care. *Prev Med* 2005, **41** : 622-628

TUOMILHETO J, LINDSTROM J, ERIKSSON T, VALLE TT, HAMALAINEN H, et coll. For the Finnish Diabetes Prevention Study Group. Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. *N Engl J Med* 2001, **344** : 1343-1350

TURNER MJ, SPINA RJ, KOHRT WM, EHSANI A. Effects of endurance exercise training on left ventricular size and remodeling in older adults with hypertension. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2000, **55** : 245-251

TYNI-LENNE R, GORDON A, EUROPE E, JANSSON E, SYLVEN C. Exercise-based rehabilitation improves skeletal muscle capacity, exercise tolerance, and quality of life in both women and men with chronic heart failure. *J Card Fail* 1998, **4** : 9-17

USSHER MH, TAYLOR AH, WEST R, MCEWEN A. Does exercise aid smoking cessation ? A systematic review. *Addiction* 2000, **95** : 199-208

VAITKEVICIUS PV, FLEG JL, ENGEL JH, O'CONNOR FC, WRIGHT JG, et coll. Effects of age and aerobic capacity on arterial stiffness in healthy adults. *Circulation* 1993, **88** : 1456-1462

VAN PEPPEN RP, KWAKKEL G, WOOD-DAUPHINEE S, HENDRIKS HJ, VAN DER WEES PJ, DEKKER J. The impact of physical therapy on functional outcomes after stroke : what the evidence? *Clin Rehabil* 2004, **18** : 833-862

VAZ DE ALMEIDA MD, GRACA P, AFONSO C, D'AMICIS A, LAPPALAINEN R, DAMKJAER S. Physical activity levels and body weight in a nationality representative sample in the European union. *Public Health Nutr* 1999, **1** : 105-113

VERGÈS B, PATOIS-VERGÈS B, COHEN M, CASILLAS JM. Comprehensive cardiac rehabilitation improves the control of dyslipidemia in secondary prevention. *J Cardiopulmonary Rehabil* 1998, **18** : 408-415

VERGÈS B, PATOIS-VERGÈS B, COHEN M, LUCAS B, GALLAND-JOS C, CASILLAS JM. Effects of cardiac rehabilitation on exercise capacity in Type 2 diabetic patients with coronary artery disease. *Diabetic Medicine* 2004, **21** : 889-895

WALKER KZ, PIERS LS, PUTT RS, JONES JA, O'DEA K. Effects of regular walking on cardiovascular risk factors and body composition in normoglycemic women and women with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 1999, **22** : 555-561

WANG JS, JEN CJ, LEE HL, CHEN HI. Effects of short-term exercise on female platelet function during different phases of the menstrual cycle. *Arterioscler thromb Vasc Biol* 1997, **17** : 1682-1686

WANNAMETHEE G, SHAPER AG. Physical activity and stroke in British middle aged men. *BMJ* 1992, **304** : 597-601

WANNAMETHEE SG, SHAPER AG, WALKER M. Physical activity and mortality in older men with diagnosed coronary heart disease. *Circulation* 2000, **102** : 1358-1363

WANNAMETHEE SG, LOWE GD, WHINCUP PH, RUMLEY A, WALKER M, LENNON L. Physical activity and hemostatic and inflammatory variables in elderly men. *Circulation* 2002, **105** : 1785-1790

WASSERMAN K, ZHANG YY, GITT A, BELARDINELLI R, KOIKE A, et coll. Lung function and exercise gas exchange in chronic heart failure. *Circulation* 1997, **96** : 2221-2227

WEAVER WD, COBB LA, HALLSTROM AP. Characteristics of survivors of exertion-non exertion related cardiac arrest : value of subsequent exercise testing. *Am J Cardiol* 1982, **50** : 671-676

WEBER KT, JANICKI JS. Cardiopulmonary exercise testing for evaluation of chronic cardiac failure. *Am J Cardiol* 1985, **55** : 22-31

WEI M, GIBBONS LW, MITCHELL TL, KAMPERT JB, LEE CD, BLAIR SN. The association between cardiorespiratory fitness and impaired fasting glucose and type 2 diabetes mellitus in men. *An Intern Med* 1999, **130** : 89-96

WEI M, GIBBONS LW, KAMPERT JB, NICHAMAN MZ, BLAIR SN. Low cardiorespiratory fitness and physical inactivity as predictors of mortality in men with type 2 diabetes. *Ann Intern Med* 2000, **132** : 605-611

WEISS C, SEITEL G, BARTSCH P. Coagulation and fibrinolysis after moderate and very heavy exercise in healthy male subjects. *Med Sci Sports Exerc* 1998, **30** : 246-251

WENDEL-VOS GCV, SCHUIT AJ, FESKENS EJM, BOSHUIZEN HC, VERSHUREN WMM, SARIS WHM. Physical activity and stroke. A meta-analysis of observational data. *Int J Epidemiol* 2004, **33** : 787-798

WHANG W, MANSON JE, HU FB, CHAE CU, REXRODE KM, et coll. Physical exertion, exercise, and sudden death in women. *JAMA* 2006, **295** : 1399-1403

WHELTON SP, CHIN A, XIN X, HE J. Effect of aerobic exercise on blood pressure : a meta-analysis of randomized, controlled trials. *Ann Intern Med* 2002, **136** : 493-503

WHYMAN MR, RUCKLEY CV. Should claudicants receive angioplasty or just exercise training? *Cardiovasc Surg* 1998, **6** : 226-231

WILLIAMS MA, ADES PA, HAMM LR, KETEVIAN SJ, LAFONTAINE TP, et coll. Clinical evidence for health benefit from cardiac rehabilitation : An update. *Am Heart J* 2006, **152** : 835-841

WILLICH SN, LEWIS M, LOWEL H, ARNTZ HR, SCHUBERT F, SCHRODER R. Physical exertion as a trigger of acute myocardial infarction. Triggers and mechanisms of myocardial infarction study group. *N Engl J Med* 1993, **329** : 1684-1690

WILSON JR, MANCINI DM, DUNKMAN WB. Exertional fatigue due to skeletal fatigue in patients with heart failure. *Circulation* 1993, **87** : 470-475

WILSON JR, RAYOS G, YEOH TK, GOTHARD P, BAK K. Dissociation between exertional symptoms and circulatory function in patients with heart failure. *Circulation* 1995, **92** : 47-53

WING RR. Physical activity in the treatment of the adult overweight and obesity : current evidence and research issues. *Med Sci Sports Exerc* 1999, **31** : 547-552

WOOD RH, WOOD WA, WELSCH M, AVENAL P. Physical activity, mental stress, and short-term heart rate variability in patients with ischemic heart disease. *J Cardiopulmonary Rehabil* 1998, **18** : 271-276

WORKING PARTY OF THE INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION (EUROPEAN REGION). Hypertension in people with type 2 diabetes: knowledge-based diabetes-specific guidelines. *Diabet Med* 2003, **20** : 972-987

WRITING COMMITTEE FOR THE ENRICHD INVESTIGATORS. Effects of treating depression and low perceived social support on clinical events after myocardial infarction. *JAMA* 2003, **289** : 3106-3116

YANG X, TELAMA R, LESKINEN E, MANSIKKANIEMI K, VIKARI J, RAITAKARI OT. Testing a model of physical activity and obesity tracking from youth to adulthood: the cardiovascular risk in young Finns study. *International Journal of Obesity advance online publication*, 5 septembre 2006; doi:10.1038/sj.ijo.0803459

YATES BC, PRICE-FOWLKES T, AGRAWAL S. Barriers and facilitators of self-reported physical activity in cardiac patients. *Res Nurs Health* 2003, **26** : 459-469

YOUNG DR, HASKELL WL, JATULIS DE, FORTMANN SP. Associations between changes in physical activity and risk factors for coronary heart disease in a community-based

sample of men and women: the Stanford Five-City Project. *Am J Epidemiol* 1993, **138** : 205-216

ZAVARONI I, BONORA E, PAGLIARA M. Risk factors for coronary artery disease in healthy persons with hyperinsulinemia and normal glucose tolerance. *N Engl J Med* 1989, **320** : 702-706

ZELI R, MASON DT, BRAUNWALD E. A comparison of the effects of vasodilator stimuli on peripheral resistance vessels in normal subjects and in patients with congestive heart failure. *J Clin Invest* 1986, **47** : 960-970

ZINMAN B, RUDERMAN N, CAMPAIGNE BN, DEVLIN JT, SCHNEIDER SH. American Diabetes Association. Physical activity/exercise and diabetes mellitus. *Diabetes Care* 2003, **26** : 73-77

17

Cancer

Les cancers les plus fréquents chez l'homme et la femme sont respectivement le cancer de la prostate et le cancer du sein, ils représentent à eux seuls plus de 80 000 nouveaux cas estimés en 2000 en France (Remontet et coll., 2003). Ils sont suivis en terme de fréquence par le cancer du poumon et du côlon chez l'homme et dans l'ordre inverse chez la femme (respectivement 2^e et 4^e). La prévention de la survenue de ces différents types de cancers représente un véritable enjeu de santé publique où l'activité physique pourrait jouer un rôle important. En effet, des études montrant une association entre prévention de certains cancers et activité physique ont été publiées ces dernières années, en particulier pour les cancers du côlon, du sein, du poumon et de la prostate. Des études recherchant une association sont en cours pour d'autres localisations. Par ailleurs, des travaux suggèrent des effets bénéfiques de l'activité physique chez des patients atteints de cancer en accompagnement du traitement.

Cancer du côlon

C'est pour le cancer du côlon qu'il existe le plus grand nombre d'études convaincantes sur l'effet bénéfique de l'activité physique (Rapport du *Surgeon General*, 1996 ; Lee, 2003 ; Roberts et Barnard, 2005 ; Kruk et Aboul-Enein, 2006).

Effet préventif

L'évidence scientifique d'un effet bénéfique de l'activité physique sur la prévention du cancer du côlon est de type « convaincant » (Friedenreich et Oreinstein, 2002). Cette caractérisation repose sur les définitions développées par le Fond de recherche mondial sur le cancer et l'Institut américain de recherche sur le cancer (niveau d'évidence scientifique allant de « convaincant » à « probable », « limité » puis « insuffisant ») (pour les définitions, voir Kruk et Aboul-Enein, 2006). En effet, sur les 51 études répertoriées par Friedenreich et Oreinstein (2002), portant sur le cancer du côlon

et le cancer colorectal, 43 ont démontré une diminution du risque chez les sujets ayant l'activité physique la plus intense avec une réduction moyenne de 40 à 50 %. Sur les 29 études ayant recherché un effet dose-réponse, 25 ont montré qu'une augmentation du niveau d'activité physique était associée à une diminution du risque (Friedenreich et Oreinstein, 2002). Cet effet protecteur de l'activité physique pour le cancer du côlon n'est en revanche pas retrouvé pour le cancer du rectum.

Des travaux récents ont étudié le rôle de l'activité physique dans la prévention du cancer du côlon et du rectum à partir de la cohorte européenne EPIC (*European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition*) qui inclut 413 044 hommes et femmes (Friedenreich et coll., 2006). Cette étude confirme l'absence d'effet de l'activité physique sur le cancer du rectum et la réduction du risque de cancer du côlon (20 à 25 %), en particulier sur les tumeurs du côté droit et chez les sujets présentant un poids normal (35 %). Cette réduction du risque est également observée dans les populations en surpoids et chez les sujets obèses.

Les relations entre le niveau d'activité physique et les facteurs de risque du cancer du côlon (régime riche, consommation faible de légumes et de fibres, poids, tabagisme...) ont été étudiées par Slattery et Potter (2002). Les auteurs ont montré que les facteurs de risque ne peuvent pas être des facteurs de confusion dans l'association activité physique-prévention du risque de cancer du côlon. De plus, l'activité physique semble avoir une influence sur l'importance relative des autres facteurs et en particulier sur le régime alimentaire et le poids (tableau 17.I).

Tableau 17.I : Interactions (*odds ratio*, IC 95 %) entre le niveau d'activité physique à long terme chez l'homme et la femme et des facteurs de risque du cancer du côlon (d'après Slattery et Potter, 2002)

	Activité physique*		
	Élevée	Intermédiaire	Faible
Indice de masse corporelle (IMC)			
Faible	1,0**	1,1 [0,8-1,6]	1,3 [0,9-1,9]
Intermédiaire	1,1 [0,8-1,6]	1,5 [1,1-2,0]	2,0 [1,4-2,8]
Élevé	1,2 [0,8-1,7]	1,9 [1,3-2,6]	2,4 [1,7-3,5]
Apport énergétique			
Faible	1,0	1,2 [0,8-1,8]	1,4 [0,9-2,2]
Intermédiaire	1,0 [0,7-1,5]	1,4 [1,0-2,0]	1,8 [1,3-2,7]
Élevé	1,3 [0,8-2,1]	2,0 [1,3-2,9]	2,5 [1,6-4,0]

*L'activité physique a été estimée sur 20 ans. Trois niveaux d'activité physique ont été définis : sédentaire, intermédiaire, élevé (pour une méthodologie plus détaillée, voir Slattery et Potter, 2002)

***Odds ratio* (IC 95 %)

Caractéristiques de l'activité physique

Les caractéristiques d'une activité physique qui pourrait avoir un effet de protection vis-à-vis du cancer du côlon sont très controversées, les données de la littérature étant très contradictoires. Les catégorisations et les méthodes de mesure de l'activité physique sont certainement à l'origine de ces divergences. Un effet protecteur des activités professionnelles est quelquefois observé et les activités physiques de loisir sembleraient également avoir une influence (Quadrilatero et Hoffman-Goetz, 2003 ; Isomura et coll., 2006). Récemment, Larsson et coll. (2006) montrent que, chez les hommes uniquement, les activités physiques de loisir et domestiques sont associées à une diminution du risque de développer un cancer du côlon. En revanche, aucun effet de l'activité physique professionnelle n'est observé.

Bien que les résultats soient hétérogènes, 30 à 60 minutes par jour d'activité physique d'intensité modérée à élevée semblent suffisantes pour réduire le risque de cancer du côlon (Lee, 2003). Dans l'étude de Friedenreich et coll. (2006), une heure par jour d'activité intense (MET=6) ou deux heures d'activité modérée (MET=3) sont nécessaires pour observer une réduction du risque chez l'homme et la femme. Dans l'étude de Wolin et coll. (2007), une heure de marche par semaine chez les femmes apparaît suffisante pour réduire le risque.

En ce qui concerne l'intensité de l'activité physique, les résultats montrent qu'un niveau élevé d'activité physique est associé à une réduction du risque. Par exemple, dans la *Nurses' Health Study* (Martinez et coll., 1997), la diminution du risque atteint 33 % pour les exercices d'intensité modérée et 46 % pour les exercices intenses. Cet effet dose-réponse est retrouvé dans une étude plus récente sur la même cohorte (Wolin et coll., 2007).

En tenant compte de l'ensemble des études, les recommandations actuelles préconisent un cumul de plusieurs sessions d'activité physique quotidiennes supérieures à 10 minutes.

Caractéristiques de la population

L'activité physique a un effet protecteur sur le développement du cancer du côlon chez l'homme et chez la femme. Les personnes présentant une surcharge pondérale sont plus exposées au risque de cancer (Lee et coll., 1997 ; Thune et Furberg, 2001) (risque relatif de 1 pour les sujets de poids normal et de 1,7 pour les sujets obèses dans l'étude de Lee et coll., 1997).

Concernant la période optimale de pratique physique, pour maximaliser l'effet protecteur, les auteurs préconisent une pratique physique régulière tout au long de la vie (Thune et Furberg, 2001 ; Steindorf et coll., 2005).

Cancer du sein

Plusieurs études ont montré que la pratique d'une activité physique joue un rôle de protection vis-à-vis du cancer du sein. Pour l'IARC⁵⁶ (2002), l'activité physique exerce un effet préventif sur le cancer du sein avec un niveau de preuve suffisante.

Effet préventif

En 2002, sur les 44 études portant sur le cancer du sein, 32 ont montré une diminution du risque chez les sujets ayant l'activité physique la plus importante (Friedenreich et Orenstein, 2002). En 2006, 45 sur 64 études ont montré une diminution du risque chez les sujets ayant l'activité physique la plus importante avec une réduction moyenne de 30 à 40 % (Kruk et Aboul-Enein, 2006). Sur les 23 études ayant recherché un effet dose-réponse, 20 ont établi qu'une augmentation du niveau d'activité physique était associée à une diminution du risque.

Ces résultats ont été confirmés et précisés dans une revue récente des articles publiés entre 1994 et 2006 sur les relations entre risque de cancer du sein et activité physique (Monninkhof et coll., 2007). La qualité méthodologique de ces articles a été évaluée sur la base d'un score statistique. Ainsi, sur 76 études identifiées, 48 ont été retenues (incluant de 50 à 7 000 sujets) dont 19 analyses de cohortes et 29 études cas-témoins. Du fait de l'hétérogénéité méthodologique de ces études, l'analyse statistique de type méta-analyse n'a pas été possible. Les résultats mettent en évidence une association inverse entre activité physique et cancer du sein chez la femme ménopausée avec une réduction des risques allant de 20 à 80 % selon les études. Pour les femmes non ménopausées, l'association est moins forte. Quand l'ensemble des femmes est considéré, quel que soit le statut ménopausique, l'activité physique est associée avec une diminution modérée du risque (15 à 20 %). Près de la moitié de ces études rapportent une relation dose-réponse.

Dans un rapport récent (*World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research*, 2007), l'activité physique a un effet protecteur probable sur le cancer du sein chez les femmes ménopausées ; chez les femmes non ménopausées, les preuves d'un effet protecteur sont limitées.

Caractéristiques de l'activité physique

Les études épidémiologiques font état d'une relation inverse entre l'activité physique et le développement du cancer du sein. Cependant, les caractéristi-

ques de l'activité sont loin de faire l'unanimité. En effet, certains auteurs rapportent que les activités physiques d'intensité modérée, telles que les activités professionnelles et domestiques sont les plus préventives (Friedenreich et coll., 2001a). Par ailleurs, la diminution du risque est identique pour les activités physiques d'intensité modérée et élevée (Drake, 2001 ; John et coll., 2003). Ainsi, quatre heures par semaine d'activité physique d'intensité modérée (4-5 MET/h/sem) ou élevée (24,5 MET/h/sem) semblent donner des résultats équivalents (Thune et Furberg, 2001). En revanche, d'autres études mettent en avant l'importance des activités physiques de loisir à intensité élevée (Tehard et coll., 2006).

Enfin récemment, l'étude française de la cohorte E3N fait état d'une baisse du risque relatif de 18 % lorsque les activités ménagères sont d'intensité légère alors que cette diminution est de 38 % lorsque l'activité est d'intensité élevée (Tehard et coll., 2006), un effet dose-réponse étant également démontré pour ces activités ménagères. Cet effet dose-réponse est observé dans 50 % des études qui ont rapporté une diminution du risque (Lee, 2003 ; Monninkhof et coll., 2007). Dans la *Nurses' Health Study*, la comparaison de l'intensité la plus faible à la plus élevée montre qu'il n'existe pas d'intérêt supplémentaire à augmenter l'intensité de l'activité physique au-dessus de 9-14 MET/h/semaine (Holmes et coll., 2005).

L'activité physique joue par ailleurs un rôle en prévention secondaire du cancer du sein. Des études récentes montrent qu'une activité physique de type marche (3 à 5 h par semaine) diminue le risque de décès par cancer du sein ou de récurrence d'un cancer du sein de 20 à 50 % chez des femmes préalablement traitées pour un cancer du sein au stade I, II ou III (Holmes et coll., 2005).

Caractéristiques de la population

Les résultats concernant l'âge auquel l'exercice doit être pratiqué pour prévenir le cancer du sein divergent. Les variations peuvent être expliquées par les caractéristiques différentes de l'activité physique proposée et par la période d'intervention. En effet, Thune et coll. (1997) font état de meilleurs résultats chez les femmes non ménopausées que chez les femmes ménopausées. Les résultats de Dorn et coll. (2003) montrent des effets identiques chez les femmes non ménopausées ou ménopausées. Par ailleurs, Lee et coll. (2001a) mettent en évidence une diminution du risque plus importante chez les femmes ménopausées que chez les femmes non ménopausées. La récente revue de littérature de Monninkhof et coll. (2007) confirme ces derniers résultats. De plus, dans cette revue, une analyse de tendance sur 17 études cas-témoins montre que le risque de développer un cancer du sein diminue de 6 % chaque fois que l'on ajoute une heure d'activité par semaine, montrant que le niveau d'activité physique est essentiel.

Plusieurs travaux ont montré un effet significatif du statut pondéral et du niveau d'indice de masse corporelle sur le développement du cancer du sein (Verloop et coll., 2000 ; McTiernan et coll., 2003). La perte de masse corporelle est associée à un effet protecteur de l'activité physique sur ce cancer (Bardia et coll., 2006). Cependant, chez des femmes jeunes, Abrahamson et coll. (2006) ont rapporté que l'activité physique était protectrice même chez les femmes en surpoids.

Période optimale de pratique physique

Plusieurs travaux ont tenté de déterminer l'existence d'une période de la vie au cours de laquelle les effets protecteurs seraient maximaux. La période pubertaire, période importante de changements hormonaux, apparaît comme une période essentielle pour la pratique d'une activité physique ayant des effets bénéfiques à long terme (Marcus et coll., 1999 ; Verloop et coll., 2000 ; Thune et Furberg, 2001). D'autres auteurs font état d'un lien plus fort entre la pratique à l'âge adulte et la prévention du cancer du sein (Verloop et coll., 2000 ; Adams-Campbell et coll., 2001). En résumé, un continuum de la pratique physique tout au long de la vie apparaît comme le moyen préventif le plus adapté (Friedenreich et coll., 2001b ; Lee et coll., 2001b ; Matthews et coll., 2001 ; Dorn et coll., 2003).

Cancer de l'endomètre

En 2002, l'IARC classait les effets préventifs de l'activité physique sur le cancer de l'endomètre avec un niveau de preuve limitée.

Dans une revue sur le cancer de l'endomètre (Cust et coll., 2007), 18 études d'association avec l'activité physique ont été répertoriées. Dans 14 études sur 18, une réduction du risque de 30 % en moyenne est observée et une relation dose-réponse est rapportée dans 7 études sur 13. En résumé, il existe probablement un lien entre l'activité physique et la réduction du risque de cancer de l'endomètre mais l'effet dose-réponse n'est pas clairement établi.

Une étude de cohorte prospective suédoise (*Swedish Mammography cohort*) incluant 33 723 femmes dont 199 cas de cancer de l'endomètre montre, après ajustement sur les facteurs de confusion, un lien inverse faible entre l'activité physique et la survenue de ce cancer. Elle met également en évidence que le temps d'inactivité pendant les loisirs est statistiquement associé avec un risque accru de cancer de l'endomètre (RR=1,66 ; IC 95 % [1,05-2,61]) (Friberg et coll., 2006).

Une analyse du lien entre activité physique et risque de cancer de l'endomètre a été entreprise dans la *European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition* (EPIC) (Friedenreich et coll., 2007). Dans cette cohorte de

253 023 femmes, 689 cas de cancers de l'endomètre ont été identifiés pendant une durée moyenne de 6,6 années. L'étude ne retrouve pas d'association claire entre le cancer de l'endomètre et tous les types d'activité physique (RR=0,88 ; IC 95 % [0,61-1,27]). En revanche, l'association est plus évidente pour les femmes non ménopausées ayant été actives *versus* peu actives (RR=0,66 ; IC 95 % [0,38-1,14]). Parmi les femmes non ménopausées, cette association est plus importante pour les activités ménagères (RR=0,48 ; IC 95 % [0,23-0,99]) et de loisir (RR=0,78 ; IC 95 % [0,44-1,39]).

En 2007, dans le rapport du *World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research*, il est indiqué que l'activité physique exerce un effet protecteur probable vis-à-vis du cancer de l'endomètre.

Cancer du poumon

Pour le cancer du poumon, la preuve d'un effet protecteur de l'activité physique est considérée comme limitée. En 2002, l'IARC indiquait qu'il n'était pas possible d'apporter une conclusion sur l'effet de l'activité physique sur le cancer du poumon (*inadequate evidence*).

Effet préventif

Dans la revue de Lee (2003), sur les 21 études menées aux États-Unis et en Europe portant sur le cancer du poumon, la plupart ont montré une diminution du risque chez les sujets ayant une activité physique. Cette réduction varie de 20 à 60 % selon l'intensité de l'activité. Cependant, une étude a rapporté une augmentation du risque de 40 %. Dans la plupart de ces études, le rôle du tabac a été contrôlé. Il faut remarquer que la plupart du temps les sujets sportifs sont non fumeurs et ont donc une faible incidence du cancer du poumon. Néanmoins, les effets bénéfiques de l'activité physique apparaissent même lorsque les sujets sont fumeurs (Mao et coll., 2003 ; Kubik et coll., 2004 ; Tardon et coll., 2005).

En 2007, le rapport du *World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research* indique des preuves limitées pour l'effet de l'activité physique sur le cancer du poumon.

Caractéristiques de l'activité physique

Un effet dose-réponse a été observé conduisant à recommander au moins 4 h/semaine d'activité physique de loisir d'intensité modérée à élevée (>4-5 METs) (Thune et Furberg, 2001). Plus récemment, Steindorf et coll. (2006) rapportant les résultats de l'étude prospective européenne (*European*

Prospective Investigation into Cancer and Nutrition Cohort) incluant 9 pays, 416 227 participants et 1 000 cancers du poumon enregistrés, mettent en évidence une réduction significative du risque du cancer du poumon associée aux activités sportives et de loisir d'intensité élevée. En revanche, l'activité physique professionnelle ne diminue pas ce risque.

Caractéristiques de la population

Un effet protecteur de l'activité physique chez l'homme a été démontré pour une activité de 12 600 kJ par semaine, obtenus par 6 à 8 heures d'activité physique d'intensité au moins modérée (Lee et coll., 1999). Concernant l'effet du sexe, les résultats sont divergents. La méta-analyse conduite par Tardon et coll. (2005) fait état d'un effet plus protecteur chez la femme que chez l'homme, alors que l'étude de Mao et coll. (2003) met en évidence un effet identique pour les deux sexes. Thune et Lund (1997) rapportent un effet protecteur plus important chez l'homme que chez la femme. Toutefois, la publication récente se rapportant à *The Iowa women's Health study* incluant 36 929 femmes suivies de 1986 à 2002 met en évidence un effet protecteur de l'activité physique sur le cancer du poumon des femmes fumeuses actuelles ou passées (Sinner et coll., 2006).

Cancer de la prostate

En 2002, la relation entre l'activité physique et le cancer de la prostate est classée comme preuve limitée par l'IARC.

Plusieurs revues de la littérature ayant analysé le lien entre l'activité physique et la survenue d'un cancer de la prostate concluent à une association inverse entre cancer de la prostate et activité physique (Friedenreich et Thune, 2001) ou ne sont pas en faveur d'un rôle protecteur de l'activité physique (Thune et Fulberg, 2001 ; Lee, 2003).

Une revue récente (Kruk et Aboul-Enein, 2006) rapporte que sur les 37 études publiées, la moitié ont montré que l'activité physique diminuait le risque de cancer de la prostate de 10 à 30 % (Friedenreich et Orenstein, 2002). Une relation dose-réponse est retrouvée dans 10 études sur 19.

Une étude cas-témoin canadienne (Friedenreich et coll., 2004) ne montre pas d'association avec l'activité physique vie entière mesurée en MET par année quand on compare les quartiles d'activité les plus élevés et les plus bas. Cependant, quand les auteurs examinent la relation en fonction de l'intensité de l'activité physique, ils constatent que les hommes qui ont une activité vigoureuse ont une réduction du risque de 30 % comparés à ceux qui ont une activité physique de faible intensité.

Les résultats des différentes études restent encore trop contradictoires (certaines études rapportent une augmentation du risque de cancer de la prostate avec l'activité physique) pour tirer une conclusion définitive.

En 2007, le rapport du *World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research* ne prend pas position sur la relation entre l'activité physique et le cancer de la prostate, et suggère une réduction du risque pour les formes agressives de ce cancer.

Autres cancers

Il existe d'autres cancers pour lesquels le lien entre activité physique et survenue d'un cancer a été exploré : cancer de l'ovaire, cancer du testicule (Thune et Furberg, 2001). Les résultats sont encore insuffisants pour en tirer des conclusions claires.

Pour le cancer de l'ovaire, quatre études cas-témoins suggèrent un lien faible entre activité physique et réduction du risque de cancer de l'ovaire (Bertone et coll., 2002 ; Zhang et coll., 2003 ; Riman et coll., 2004 ; Pan et coll., 2005). Une étude prospective de cohorte (27 365 personnes, 121 cas de cancer de l'ovaire sur un suivi de 227 045 personnes-années) ne retrouve pas d'association significative entre l'activité physique et le risque de cancer de l'ovaire bien que les résultats tendent vers une relation inverse (Hannan et coll., 2004).

Depuis la revue de Thune et Fulberg (2001), aucune nouvelle étude sur le lien entre la survenue d'un cancer du testicule et l'activité physique n'a été publiée.

D'autres localisations telles que le pancréas et l'estomac ont fait l'objet d'études récentes. Aucune association n'a été retrouvée pour le cancer du pancréas dans l'*European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition* (EPIC) (Berrington de Gonzalez et coll., 2006). En 2007, dans le rapport du *World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research*, les auteurs indiquent un niveau de preuve limité pour le cancer du pancréas. Une association inverse entre une activité physique intense au cours de la vie et le cancer de l'estomac a été observée (Campbell et coll., 2007).

Activité physique pendant et après le traitement d'un cancer

Plus de 40 essais randomisés et contrôlés publiés depuis 1980 ont rapporté que l'activité physique améliore les capacités fonctionnelles, la qualité de

vie et la qualité du sommeil des patients atteints d'un cancer, pour tous les types de cancers bien que le plus étudié soit le cancer du sein (McNeely et coll., 2006). D'autres études sont cependant nécessaires pour confirmer ce résultat à long terme sur la qualité de vie des anciens patients (Stevinson et coll., 2004).

Une méta-analyse sur 32 études fait état de résultats bénéfiques pour le cancer du sein dans le cas d'interventions de 5 semaines à 3 mois réalisées pendant et après traitement par radiothérapie (Schmitz et coll., 2005). L'activité physique améliore les aptitudes cardio-respiratoires pendant et après le traitement, les symptômes et les effets physiologiques pendant le traitement ainsi que la condition physique après le traitement. L'activité physique proposée était de type aérobie à intensité modérée à élevée de 3 à 5 fois par semaine d'une durée de 20 à 30 minutes par session. Les programmes structurés pendant 12 semaines ont aussi fait leurs preuves en améliorant la tolérance à l'exercice, la qualité du sommeil et la qualité de vie (Young-McCaughan et coll., 2003).

Plusieurs travaux portant sur l'effet de l'activité physique lors du traitement par chimiothérapie pour le cancer du sein font état de nombreuses améliorations de paramètres psychologiques tels que la fatigue, l'anxiété, la dépression, le sommeil et l'image du corps (Mock et coll., 1997). Un effet dose-réponse sur la fatigue est observé pour des sessions de durée inférieure à 60 minutes (Schwartz et coll., 2001).

En revanche, les traitements chez les patients âgés (>65 ans) sont plus délicats que chez les patients plus jeunes. Aucune étude ne s'est intéressée à l'exercice chez les anciens patients âgés. Pour cette population, la proposition est de cumuler au moins 30 minutes d'activité physique d'intensité modérée aérobie (55-70 % de la fréquence cardiaque maximale) tous les jours de la semaine (Courneya et coll., 2004).

Pour les anciennes patientes, l'activité physique recommandée après un cancer du sein est une activité de type aérobie d'intensité modérée (50 à 75 % de la fréquence cardiaque de réserve) trois à cinq jours par semaine et d'une durée de 20 à 60 minutes par session. Enfin, les anciens patients (cancer du côlon) qui ont pratiqué une activité physique d'intensité modérée à élevée pendant le traitement ont de meilleurs résultats post-traitement au niveau fonctionnel, physique, émotionnel et du bien-être (Courneya et coll., 2002).

Recommandations d'activité physique

Suite à leur revue de littérature, Courneya et coll. (2002) ont établi les recommandations d'activité physique aérobie pour les patients et anciens patients (tableau 17.II).

Tableau 17.II : Recommandations pour les patients et anciens patients (activité aérobie) (d'après Courneya et coll., 2002)

Paramètres	Recommandations et commentaires
Mode	Marche, cyclisme et tai chi chuan... Mobiliser les grands groupes musculaires
Fréquence	Au moins 3 à 5 fois/semaine, si possible quotidien
Intensité	Intensité faible à modérée 50-75 % VO ₂ max ¹ ou FCres ² 60-80 % FCres RPE ³ de 11-14
Durée	Au moins 20-30 min d'activité continue Intérêt de l'intermittent (5-10 min)

¹ VO₂ max : Consommation maximale en oxygène

² FCres (Fréquence cardiaque de réserve) = FC maximale – FC de repos

³ RPE : Score de perception des contraintes de l'effort

À partir des travaux de Courneya et coll. (2002) pour le cancer du sein et ceux de Segal et coll. (2001) pour le cancer de la prostate, des recommandations d'activité contre résistance ont été établies (tableau 17.III).

Tableau 17.III : Recommandations pour les patients et anciens patients (activité contre résistance) (d'après Segal et coll., 2001 ; Courneya et coll., 2002)

Paramètres	Recommandations et commentaires
Groupe musculaire et exercice	Intégrer des sessions de musculation et de stretching
Fréquence	3 séances d'entraînement par semaine avec 1 jour de récupération
Intensité	Faible charge et faible incrémentation (<10 % de la charge par semaine) 7 à 10 min d'étirement avant et après chaque séance
Durée	2 séries de 10 répétitions de chaque exercice pour les 2 premières semaines, puis passer à 2 séries de 15 répétitions

Il est nécessaire de prendre en compte l'état de fatigue des patients avant de prescrire un programme d'activité physique. Une prescription appropriée doit circonscrire et prévenir les risques. Par exemple, les anciennes patientes atteintes d'un cancer du sein avec des atteintes osseuses ou des métastases doivent plutôt pratiquer la natation. De même, des personnes qui présentent une fatigue importante doivent pratiquer une activité à intensité très modérée (Courneya et coll., 2002).

Mécanismes des effets préventifs de l'activité physique sur certains cancers

L'effet bénéfique de l'activité physique sur la prévention de certains cancers fait intervenir soit des effets systémiques de l'activité physique soit des effets locaux. Les principaux mécanismes qui pourraient expliquer l'effet bénéfique de l'activité physique sur le risque de cancer sont liés à des effets sur les taux circulants d'hormones sexuelles et de facteurs de croissances (*Insulin-like Growth Factor-I* ou IGF-I), sur la masse corporelle et l'adiposité abdominale. D'autres facteurs sont probablement impliqués dans les effets de l'activité physique sur la prévention des cancers et des recherches sont en cours pour mieux comprendre ces mécanismes.

Effets systémiques de l'activité physique

L'activité physique régulière joue un rôle protecteur sur certains cancers en modulant la concentration plasmatique de certains facteurs (hormones, facteurs de croissance) qui vont agir à distance de leur site de production (foie, tissu adipeux).

Diminution de la fraction biologiquement active (fraction libre) des hormones sexuelles

L'effet préventif de l'activité physique est montré pour certains cancers hormono-dépendants par des études épidémiologiques. En effet, la pratique d'une activité physique induit une diminution du risque de développer le cancer du sein, de l'endomètre et de la prostate. Cet effet bénéfique pourrait être lié à la modulation du taux circulant d'hormones sexuelles par l'activité physique.

L'augmentation de l'exposition aux estrogènes endogènes pendant toute la vie à travers les événements naturels liés à la vie génitale (puberté précoce, âge tardif de la ménopause, âge tardif lors de la première grossesse, absence d'allaitement ou augmentation du nombre de cycles ovulatoires) ou à travers des variations individuelles des concentrations d'estrogènes est un facteur de risque connu du cancer du sein chez la femme non ménopausée comme chez la femme ménopausée (Toniolo et coll., 1995 ; Cauley et coll., 1999 ; Russo et coll., 2006).

Le cancer de la prostate est associé à une augmentation de la concentration de la fraction biologiquement active (fraction libre) de la testostérone (Gann et coll., 1996).

Pour ces deux types de cancer, l'activité physique régulière peut diminuer le risque en diminuant la production endogène des estrogènes et de la progestérone mais aussi en augmentant la SHBG (*Sex Hormone Binding Globulin*) dont la production hépatique est inhibée par l'insuline et l'IGF-I mais

stimulée par l'estradiol et la testostérone. Elle lie ces hormones et diminue leur fraction libre c'est-à-dire biologiquement active. Néanmoins, les effets de l'activité physique sur la SHBG dépendent aussi de la diététique (régime normo- ou hypocalorique, alimentation riche en fibres...) (Longcope et coll., 2000) et sont parfois confondus avec les effets de l'exercice. Plusieurs études ont rapporté une relation inverse entre concentration plasmatique d'insuline (hyperinsulinémie avec un régime trop riche en lipides et sucres rapides et inactivité physique) et concentration plasmatique de SHBG (pour revue, Barnard et coll., 2002). La figure 17.1 présente une hypothèse explicative des voies de régulation mises en jeu par l'inactivité physique associée à un régime trop riche dans le développement d'un cancer de la prostate. Le facteur protecteur qu'est l'activité physique (associé à un régime pauvre en graisse et sucres rapides) pourrait agir en inversant ces différentes voies.

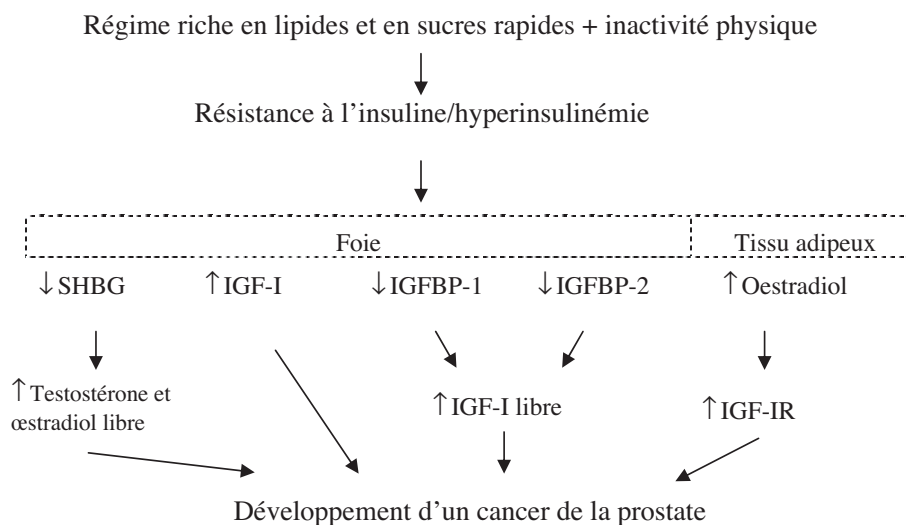


Figure 17.1 : Modèle proposé pour expliquer le lien entre l'alimentation, l'exercice physique, la résistance à l'insuline et le développement du cancer de la prostate (d'après Barnard et coll., 2002)

IGF-I : *Insuline like Growth Factor 1* ; IGF-IR : *Insulin like Growth Factor 1 Receptor* ; IGFBP-1 : *Insuline like Growth Factor Binding Protein 1* ; IGFBP-2 : *Insuline like Growth Factor Binding Protein 2* ; SHBG : *Sex Hormone Binding Globulin*

Diminution de l'insuline et de l'IGF-I

L'obésité et la sédentarité induisent une insulino-résistance et un hyperinsulinisme compensatoire. L'insulino-résistance est associée à une cohorte d'altérations métaboliques définissant le syndrome métabolique et conduisant

à une diminution de la SHBG et des IGFBP et donc à une augmentation de la fraction libre, biologiquement active, des hormones liées à ces protéines (œstradiol et androgènes pour la SHBG, IGF-I pour les IGFBP).

L'activité physique régulière diminue l'insulinémie (pour une même glycémie) (Ebeling et coll., 1993 ; Kuo et coll., 1999 ; pour revue, Leung et coll., 2004) par augmentation de la sensibilité à l'insuline. Par ailleurs, il a été montré que des concentrations élevées d'insuline plasmatiques et d'IGF-I sont associées à un risque accru de cancer du côlon (pour revue, Giovannucci, 2001). Des concentrations élevées d'IGF-I ont également été associées à un risque augmenté de cancer du sein et de cancer de la prostate (Friedenreich et Orenstein, 2002). Les effets directs de l'activité physique sur l'IGF-I sont contradictoires, certaines études montrent une diminution et d'autres aucune variation. En revanche, les études sont plus concordantes pour montrer que l'activité physique régulière diminue la masse grasse et, par ce biais, diminue certaines IGFBP et en augmente d'autres, dont celles qui lient l'IGF-I, diminuant ainsi la fraction libre de l'IGF-I (Yu et coll., 2000 ; Tymchuk et coll., 2001 ; Barnard et coll., 2003). En effet, dans le plasma, l'IGF-I circule majoritairement (99 %) liée à des protéines de liaison (IGFBPs) dont il existe 6 isoformes. La principale, IGFBP-3, est GH dépendante. IGFBP-1 et IGFBP-2 sont régulées négativement par l'insuline. Les rôles respectifs des IGFBPs sont encore débattus. Leur rôle essentiel est de limiter les effets de l'IGF-I sur les tissus cibles, notamment dans la limitation de la croissance tumorale.

L'IGF-I est un facteur mitogène puissant dans les tissus, incluant la prostate (Leroith et Roberts, 2003). Barnard et coll. (2002) ont développé un modèle leur permettant d'explorer le rôle de l'IGF-I et de ses protéines porteuses (Ngo et coll., 2003). Ils ont incubé des cellules cancéreuses de prostate (cellules LNCaP : lignée de cellules de cancer de la prostate androgéno-dépendantes) avec du sérum de sujets sédentaires et de sujets entraînés en endurance afin d'examiner les effets des modifications du mode de vie sur la croissance de ces cellules *in vitro*. Quand ces cellules sont incubées avec du sérum provenant de sujets ayant suivi pendant 11 jours un programme associant activité physique et diététique, la croissance des cellules LNCaP diminue de 30 % par rapport aux sujets témoins. Le sérum obtenu chez les sujets ayant adhéré à ce programme (activité physique + régime pauvre en lipides et riche en fibres) pendant 14 ans induit une diminution supplémentaire de la croissance des cellules LNCaP de 15 % (Tymchuk et coll., 2001). Ces résultats ont été confirmés par Ngo et coll. (2003) sur une autre lignée cellulaire. Afin de dissocier les effets de l'activité physique de ceux de la diététique, Barnard et coll. (2003) ont utilisé les sérums de sujets soumis à un programme seulement diététique et ceux de sujets soumis à un programme exclusivement d'activité physique sur une longue période (depuis 14,5 ans, 5 jours/semaine avec une heure par séance). Par rapport aux sujets témoins appariés pour l'âge, les concentrations plasmatiques d'insuline et d'IGF-I

sont plus basses et celles d'IGFBP-1 plus élevées chez les sujets entraînés. Quand leur sérum est mis à incuber avec des cellules LNCaP, la croissance de ces cellules est diminuée dans le groupe « exercice » de 65 % et dans le groupe « diététique » (régime normocalorique pauvre en lipides <10 % ration et riche en fibres) de 55 %. On observe une augmentation significative de l'apoptose. Quand l'IGF-I est ajouté au sérum post-intervention, la réduction de la croissance des cellules LNCaP est abolie. Inversement, quand l'IGFBP-1 est ajoutée au sérum de base, la croissance des LNCaP diminue significativement (Ngo et coll., 2003).

En plus d'être un régulateur de la croissance cellulaire, l'IGF-I inhibe l'apoptose. Un des mécanismes proposés de l'effet de l'IGF-I est que ce facteur de croissance supprime l'action de la p53 qui joue un rôle dans l'arrêt du cycle cellulaire, la réparation de l'ADN et l'induction de l'apoptose. Des défauts du gène codant pour p53 ont été rapportés dans les stades terminaux des cancers de la prostate. L'expression de la protéine p53 est significativement augmentée dans les lysats de cellules LNCaP incubées avec du sérum des sujets du groupe « exercice » (Leung et coll., 2004). De plus, PCNA, un marqueur de cycle cellulaire, est diminué de 33 % dans les lysats de cellules LNCaP incubées avec du sérum des sujets du groupe « exercice ». En revanche, quand c'est la lignée cellulaire LN-56 qui est utilisée (lignée de cellules LNCaP dans laquelle la p53 est rendue non fonctionnelle par l'expression d'un mutant dominant négatif de la p53), il n'y a pas de différences de croissance entre les sujets du groupe exercice et ceux du groupe témoin. Enfin, quand un bloqueur du récepteur de l'IGF-I (AC anti-récepteur ou un inhibiteur de kinase) est ajouté dans le sérum des sujets du groupe témoin, la croissance cellulaire des LNCaP est diminuée et l'apoptose augmente au niveau observé dans les groupes exercice ou diététique. Ces résultats démontrent que la diminution de l'IGF-I et l'augmentation de l'IGFBP-1 obtenues après observance d'un régime pauvre en graisses et/ou l'adoption d'une activité physique régulière permettent aux cellules tumorales prostatiques de stabiliser la protéine p53 et d'activer des mécanismes en aval afin de diminuer la croissance tumorale et d'induire l'apoptose de ces cellules tumorales. L'ensemble de ces résultats suggère un mécanisme possible pour expliquer en partie les données épidémiologiques montrant une diminution du risque de cancer de la prostate chez les hommes qui ont une activité physique régulière.

Utilisant la même technique que décrite précédemment pour le cancer de la prostate, Barnard et coll. (2006) ont incubé le sérum de femmes ménopausées (avec ou sans traitement hormonal de la ménopause) en surpoids ou obèses avec 3 types de lignées cellulaires tumorales de cancer du sein exprimant des récepteurs aux œstrogènes. La croissance tumorale des 3 lignées cellulaires est significativement diminuée de 6 à 18 % après 11 jours d'intervention (suivi d'un régime normocalorique mais pauvre en lipides et riche en fibres) et l'apoptose est augmentée de 20 à 30 % selon les lignées cellulaires.

Biologiquement, les concentrations plasmatiques d'insuline, estradiol et IGF-I sont diminuées (-20 à -35 %) tandis que l'IGFBP-1 est augmentée (+30 %) ($p < 0,05$ pour chacune de ces hormones). Cet effet est observé que les femmes soient sous traitement hormonal substitutif de la ménopause ou non. Arteaga et Osborne (1989) avaient rapporté une diminution de la croissance de 6 types sur 7 de lignées tumorales de cancer du sein après blocage du récepteur de l'IGF-I. Cette étude montre que 11 jours d'intervention associant diététique et activité physique diminuent de façon significative plusieurs facteurs de risques de cancer du sein. Il reste à démontrer cependant leur pertinence clinique.

Pour le cancer du côlon, des études réalisées chez l'animal ont également mis en évidence le rôle de la concentration plasmatique de l'IGF-I dans la stimulation de la croissance d'explants de tumeur colique, l'IGF-I agissant à la fois sur la prolifération tumorale mais également sur l'apoptose (Dunn et coll., 1997 ; Wu et coll., 2002). L'activité physique pourrait avoir un effet protecteur en diminuant la concentration plasmatique d'IGF-I.

Effets sur la masse grasse

Les effets de l'activité physique régulière sur la diminution de la masse grasse sont bien démontrés y compris sur les sujets normo-pondérés (Holcomb et coll., 2004 ; Williams, 2005).

Les études épidémiologiques ont montré des associations positives entre surpoids et adiposité et certains cancers. Les évidences sont de niveau modéré à fort pour montrer qu'une masse corporelle élevée est associée à un risque plus important de cancer du côlon, rein, œsophage, endomètre et cancer du sein de la femme ménopausée. En effet, cet excès de masse grasse se traduit par une augmentation de l'insulino-résistance (cf. paragraphe effets de l'insuline), une augmentation de l'IGF-I et diminution des IGFBP et une diminution de la SHBG (Yu et coll., 2000 ; Tymchuk et coll., 2001 ; Barnard et coll., 2003).

Effets locaux de l'activité physique

Dans le cas particulier du cancer du côlon, deux types de mécanismes ont été proposés pour expliquer les effets protecteurs de l'activité physique régulière sur la survenue de ce cancer :

- l'augmentation de la motilité intestinale. L'activité physique induit une réduction du temps de transit gastro-intestinal et donc une diminution de l'opportunité pour les cancérigènes d'être en contact avec la muqueuse colique et le contenu fécal ;
- modifications des concentrations de prostaglandines. L'exercice musculaire intense peut induire une augmentation des prostaglandines PGF qui

inhibent la prolifération des cellules coliques et augmentent la motilité intestinale. En revanche, l'activité physique n'augmente pas le taux de PGE2 (*Prostaglandin E2*) qui, au contraire, stimulent la prolifération des cellules coliques (Martinez et coll., 1999).

Autres hypothèses

D'autres mécanismes biologiques ont été proposés (diminution du stress oxydatif, effets sur l'immunité). Il est évident que les effets bénéfiques de l'activité physique sont dépendants de mécanismes multiples intriqués entre eux. Néanmoins, le niveau de l'évidence scientifique pour chacun d'entre eux est encore bas et des recherches sont nécessaires pour déterminer quels sont les mécanismes opérant pour chaque type de cancer.

De nouvelles données suggèrent que l'activité physique régulière pourrait protéger de la survenue d'autres cancers : estomac (Campbell et coll., 2007), endomètre (Matthews et coll., 2005) et les mécanismes des effets bénéfiques de l'activité physique demandent à être précisés pour ces localisations.

Les mécanismes d'action connus pour les cancers de la prostate, du sein et du côlon ne permettent pas encore de proposer un (ou des) modèle(s) explicatif(s) bien établi(s), des voies de régulations restent encore à explorer et en particuliers celles situées en aval de la voie IGF-I/IGFBP.

Des données récentes montrent que l'activité physique régulière améliore aussi la survie après traitement d'un cancer et surtout la qualité de la survie (diminution de l'asthénie post traitement, amélioration des symptômes secondaires au traitement). Les mécanismes de ces effets bénéfiques restent à déterminer et sur le plan clinique des questions importantes se posent sur le moment de début de l'activité physique par rapport au traitement, et sur les caractéristiques de l'activité physique (dose, durée et intensité).

En conclusion, l'activité physique a un effet préventif convaincant sur le cancer du côlon, et probable sur le cancer du sein (chez les femmes ménopausées) et le cancer de l'endomètre. En revanche, les preuves sont limitées pour les cancers du poumon et de la prostate. Pour les autres cancers, cet effet reste à démontrer. Le plus souvent, un effet dose-réponse est observé pour une activité d'intensité modérée à élevée, une activité physique trop intense n'engendrant pas des bénéfices plus importants. Pendant et après le traitement, une activité physique adaptée d'intensité faible à modérée améliore la qualité de vie et diminue la sensation de fatigue.

Les mécanismes sous-tendant l'effet bénéfique de l'activité physique sur la prévention de certains cancers commencent à être identifiés. Cependant, des travaux sont nécessaires pour mieux comprendre ces mécanismes qui représentent encore un champ de recherche insuffisamment exploré.

BIBLIOGRAPHIE

ABRAHAMSON PE, GAMMON MD, LUND MJ, BRITTON JA, MARSHALL SW, et coll. Recreational physical activity and survival among young women with breast cancer. *Cancer* 2006, **107** : 1777-1785

ADAMS-CAMPBELL LL, ROSENBERG L, RAO RS, PALMER JR. Strenuous physical activity and breast cancer risk in African-American women. *J Natl Med Assoc* 2001, **93** : 267-275

ARTEAGA CL, OSBORNE CK. Growth inhibition of human breast cancer cells in vitro with an antibody against the type I somatomedin receptor. *Cancer Res* 1989, **49** : 6237-6241

BARDIA A, HARTMANN LC, VACHON CM, VIERKANT RA, WANG AH, et coll. Recreational physical activity and risk of postmenopausal breast cancer based on hormone receptor status. *Arch Intern Med* 2006, **166** : 2478-2483

BARNARD RJ, ARONSON WJ, TYMCHUK CN, NGO TH. Prostate cancer: another aspect of the insulin-resistance syndrome? *Ob Rev* 2002, **3** : 303-308

BARNARD RJ, NGO TH, LEUNG PS, ARONSON WJ, GOLDING LA. A low-fat diet and/or strenuous exercise alters the IGF axis in vivo and reduces prostate tumor cell growth in vitro. *Prostate* 2003, **56** : 201-206

BARNARD RJ, GONZALEZ JH, LIVA ME, NGO TH. Effects of a low-fat, high-fiber diet and exercise program on breast cancer risk factors in vivo and tumor cell growth and apoptosis in vitro. *Nutr Cancer* 2006, **55** : 28-34

BERRINGTON DE GONZALEZ A, SPENCER EA, BUENO-DE-MESQUITA HB, RODDAM A, STOLZENBERG-SOLOMON R, et coll. Anthropometry, physical activity, and the risk of pancreatic cancer in the European prospective investigation into cancer and nutrition. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2006, **15** : 879-885

BERTONE ER, NEWCOMB PA, WILLETT WC, STAMPFER MJ, EGAN KM. Recreational physical activity and ovarian cancer in a population-based case-control study. *Int J Cancer* 2002, **99** : 431-436

CAMPBELL PT, SLOAN M, KREIGER N. Physical activity and stomach cancer risk: The influence of intensity and timing during the lifetime. *Eur J Cancer* 2007, **43** : 593-600

CAULEY JA, GUTAI JP, KULLER LH, LEDONNE D, POWELL JG. The epidemiology of serum sex hormones in postmenopausal women. *Am J Epidemiol* 1989, **129** : 1120-1131

COURNEYA KS, MACKEY JR, MCKENZIE DC. Exercise for breast cancer survivors: research evidence and clinical guidelines. *The Physician and Sports Medicine* 2002, **30** : 1-17

COURNEYA KS, VALLANCE JK, MCNEELY ML, KARVINEN KH, PEDDLE CJ, et coll. Exercise issues in older cancer survivors. *Crit Rev Oncol Hematol* 2004, **51** : 249-261

CUST AE, ARMSTRONG BK, FRIEDENREICH CM, SLIMANI N, BAUMAN A. Physical activity and endometrial cancer risk: a review of the current evidence, biologic mechanisms and the quality of physical activity assessment methods. *Cancer Causes Control* 2007, **18** : 243-258

DORN J, VENA J, BRASURE J, FREUDENHEIM J, GRAHAM S. Lifetime physical activity and breast cancer risk in pre- and postmenopausal women. *Med Sci Sports Exerc* 2003, **35** : 278-285

DRAKE DA. A longitudinal study of physical activity and breast cancer prediction. *Cancer Nurs* 2001, **24** : 371-377

DUNN SE, KARI FW, FRENCH J, LEININGER JR, TRAVLOS G, et coll. Dietary restriction reduces insulin-like growth factor I levels, which modulates apoptosis, cell proliferation, and tumor progression in p53-deficient mice. *Cancer Res* 1997, **57** : 4667-4672

EBELING P, BOUREY R, KORANYI L, TUOMINEN JA, GROOP LC, et coll. Mechanism of enhanced insulin sensitivity in athletes. Increased blood flow, muscle glucose transport protein (GLUT-4) concentration, and glycogen synthase activity. *J Clin Invest* 1993, **92** : 1623-1631

FRIBERG E, MANTZOROS CS, WOLK A. Physical activity and risk of endometrial cancer: A population-based prospective cohort study. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2006, **15** : 2136-2140

FRIEDENREICH CM. Physical activity and cancer prevention: from observational to intervention research. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2001, **10** : 287-301

FRIEDENREICH CM, THUNE I. A review of physical activity and prostate cancer risk. *Cancer Causes Control* 2001, **12** : 461-475

FRIEDENREICH CM, ORENSTEIN MR. Physical activity and cancer prevention: etiologic evidence and biological mechanisms. *J Nutr* 2002, **132** : 3456S-3464S

FRIEDENREICH CM, COURNEYA KS, BRYANT HE. Relation between intensity of physical activity and breast cancer risk reduction. *Med Sci Sports Exerc* 2001a, **33** : 1538-1545

FRIEDENREICH CM, COURNEYA KS, BRYANT HE. Influence of physical activity in different age and life periods on the risk of breast cancer. *Epidemiology* 2001b, **12** : 604-612

FRIEDENREICH C, CUST A, LAHMANN PH, STEINDORF K, BOUTRON-ROUAULT MC, CLAVEL-CHAPELON F, et coll. Physical activity and risk of endometrial cancer: The European prospective investigation into cancer and nutrition. *Int J Cancer* 2007, **121** : 347-355

GANN PH, HENNEKENS CH, MA J, LONGCOPE C, STAMPFER MJ. Prospective study of sex hormone levels and risk of prostate cancer. *J Natl Cancer Inst* 1996, **88** : 1118-1126

GIOVANNUCCI E. Insulin, insulin-like growth factors and colon cancer: a review of the evidence. *J Nutr* 2001, **131** : 3109S-3120S

HANNAN LM, LEITZMANN MF, LACEY JV JR, COLBERT LH, ALBANES D, SCHATZKIN A, SCHAIRER C. Physical activity and risk of ovarian cancer: a prospective cohort study in the United States. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2004, **13** : 765-770

HOLCOMB CA, HEIM DL, LOUGHIN TM. Physical activity minimizes the association of body fatness with abdominal obesity in white, premenopausal women: results from

the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *J Am Diet Assoc* 2004, **104** : 1859-1862

HOLMES MD, CHEN WY, FESKANICH D, KROENKE CH, COLDITZ GA. Physical activity and survival after breast cancer diagnosis. *JAMA* 2005, **293** : 2479-2486

ISOMURA K, KONO S, MOORE MA, TOYOMURA K, NAGANO J, et coll. Physical activity and colorectal cancer: the Fukuoka Colorectal Cancer Study. *Cancer Sci* 2006, **97** : 1099-1104

JOHN EM, HORN-ROSS PL, KOO J. Lifetime physical activity and breast cancer risk in a multiethnic population: the San Francisco Bay area breast cancer study. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2003, **12** : 1143-1152

KRUK J, ABOUL-ENEIN HY. Physical activity in the prevention of cancer. *Asian Pac J Cancer Prev* 2006, **7** : 11-21

KUBIK A, ZATLOUKAL P, TOMASEK L, PAUK N, PETRUZELKA L, PLESKO I. Lung cancer risk among nonsmoking women in relation to diet and physical activity. *Neoplasma* 2004, **51** : 136-143

KUO CH, HUNT DG, DING Z, IVY JL. Effect of carbohydrate supplementation on post-exercise GLUT-4 protein expression in skeletal muscle. *J Appl Physiol* 1999, **87** : 2290-2295

LARSSON SC, RUTEGARD J, BERGKVIST L, WOLK A. Physical activity, obesity, and risk of colon and rectal cancer in a cohort of Swedish men. *Eur J Cancer* 2006, **42** : 2590-2597

LEE IM. Physical activity and cancer prevention--data from epidemiologic studies. *Med Sci Sports Exerc* 2003, **35** : 1823-1827

LEE IM, MANSON JE, AJANI U, PAFFENBARGER RS JR, HENNEKENS CH, et coll. Physical activity and risk of colon cancer: the Physicians' Health Study (United States). *Cancer Causes Control* 1997, **8** : 568-574

LEE IM, SESSO HD, PAFFENBARGER RSJR. Physical activity and risk of lung cancer. *Int J Epidemiol* 1999, **28** : 620-625

LEE IM, REXRODE KM, COOK NR, HENNEKENS CH, BURIN JE. Physical activity and breast cancer risk: the Women's Health Study (United States). *Cancer Causes Control* 2001a, **12** : 137-145

LEE IM, COOK NR, REXRODE KM, BURIN JE. Lifetime physical activity and risk of breast cancer. *Br J Cancer* 2001b, **85** : 962-965

LEROITH D, ROBERTS CT. The insulin-like growth factor system and cancer. *Cancer Lett.* 2003, **195** : 127-137

LEUNG PS, ARONSON WJ, NGO TH, GOLDING LA, BARNARD RJ. Exercise alters the IGF axis in vivo and increases p53 protein in prostate tumor cells in vitro. *J Appl. Physiol* 2004, **96** : 450-454

LONGCOPE C, FELDMAN HA, MCKINLAY JB, ARAUJO AB. Diet and sex hormone-binding globulin. *J.Clin.Endocrinol.Metab* 2000, **85** : 293-296

MAO Y, PAN S, WEN SW, JOHNSON KC. Physical activity and the risk of lung cancer in Canada. *Am J Epidemiol* 2003, **158** : 564-575

MARCUS PM, NEWMAN B, MOORMAN PG, MILLIKAN RC, BAIRD DD, et coll. Physical activity at age 12 and adult breast cancer risk (United States). *Cancer Causes Control* 1999, **10** : 293-302

MARTINEZ ME, GIOVANNUCCI E, SPIEGELMAN D, HUNTER DJ, WILLETT WC, COLDITZ GA. Leisure-time physical activity, body size, and colon cancer in women. *J Natl Cancer Inst* 1997, **89** : 948-55

MARTINEZ ME, HEDDENS D, EARNEST DL, BOGERT CL, ROE D, et coll. Physical activity, body mass index, and prostaglandin E2 levels in rectal mucosa. *J Natl. Cancer Inst* 1999, **91** : 950-953

MATTHEWS CE, SHU XO, JIN F, DAI Q, HEBERT JR, et coll. Lifetime physical activity and breast cancer risk in the Shanghai Breast Cancer Study. *Br J Cancer* 2001, **84** : 994-1001

MATTHEWS CE, XU WH, ZHENGW, GAO YT, RUAN ZX, et coll. Physical activity and risk of endometrial cancer: a report from the Shanghai endometrial cancer study. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2005, **14** : 779-785

MCNEELY ML, CAMPBELL KL, ROWE BH, KLASSEN TP, MACKAY JR, et coll. Effects of exercise on breast cancer patients and survivors: a systematic review and meta-analysis. *CMAJ* 2006, **175** : 34-41

MCTIERNAN A, KOOPERGERG C, WHITE E, WILCOX S, COATES R, et coll. Recreational physical activity and the risk of breast cancer in postmenopausal women. The Women's Health Initiative Cohort Study. *JAMA* 2003, **290** : 1331-1336

MOCK V, DOW KH, MEARES CJ, GRIMM PM, DIENEMANN JA, et coll. Effects of exercise on fatigue, physical functioning, and emotional distress during radiation therapy for breast cancer. *Oncol Nurs Forum* 1997, **24** : 991-1000

MONNINKHOF EM, ELIAS SG, VLEMS FA, VAN DER TWEEL I, SCHUIT AJ, et coll. Physical activity and breast cancer: A systematic review. *Epidemiology* 2007, **18** : 137-157

NGO TH, BARNARD RJ, LEUNG PS, COHEN P, ARONSON WJ. Insulin-like growth factor I (IGF-I) and IGF binding protein-1 modulate prostate cancer cell growth and apoptosis: possible mediators for the effects of diet and exercise on cancer cell survival. *Endocrinology* 2003, **144** : 2319-2324

PAN SY, UGNAT AM, MAO Y. Physical activity and the risk of ovarian cancer: A case-control study in Canada. *Int J Cancer* 2005, **117** : 300-307

QUADRILATERO J, HOFFMAN-GOETZ L. Physical activity and colon cancer. A systematic review of potential mechanisms. *J Sports Med Phys Fitness* 2003, **43** : 121-138

RIMAN T, DICKMAN PW, NILSSON S, NORDLINDER H, MAGNUSSON CM, PERSSON IR. Some life-style factors and the risk of invasive epithelial ovarian cancer in Swedish women. *Eur J Epidemiol* 2004, **19** : 1011-1019

ROBERTS CK, BARNARD RJ. Effects of exercise and diet on chronic disease. *J Appl Physiol* 2005, **98** : 3-30

RUSSO J, FERNANDEZ SV, RUSSO PA, FERNBAUGH R, SHERIFF FS, et coll. 17-Beta-estradiol induces transformation and tumorigenesis in human breast epithelial cells. *FASEB J* 2006, **20** : 1622-1634

SCHMITZ KH, HOLTZMAN J, COURNEYA KS, MASSE LC, DUVAL S, et coll. Controlled physical activity trials in cancer survivors: a systematic review and meta-analysis. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2005, **14** : 1588-1595

SCHWARTZ AL, MORI M, GAO R, NAIL LM, KING ME. Exercise reduces daily fatigue in women with breast cancer receiving chemotherapy. *Med Sci Sports Exerc* 2001, **33** : 718-723

SEGAL R, EVANS W, JOHNSON D, SMITH J, COLLETTA S, et coll. Structured exercise improves physical functioning in women with stages I and II breast cancer: results of a randomized controlled trial. *J Clin Oncol* 2001, **19** : 657-665

SINNER P, FOLSOM AR, HARNACK L, EBERLY LE, SCHMITZ KH. The association of physical activity with lung cancer incidence in a cohort of older women: the Iowa Women's Health Study. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2006, **15** : 2359-2363

SLATTERY ML, POTTER JD. Physical activity and colon cancer: confounding or interaction? *Med Sci Sports Exerc* 2002, **34** : 913-919

STEINDORF K, JEDRYCHOWSKI W, SCHMIDT M, POPIELA T, PENAR A, et coll. Case-control study of lifetime occupational and recreational physical activity and risks of colon and rectal cancer. *Eur J Cancer Prev* 2005, **14** : 363-371

STEINDORF K, FRIEDENREICH C, LINSEISEN J, ROHRMANN S, RUNDLE A, et coll. Physical activity and lung cancer risk in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition Cohort. *Int J Cancer* 2006, **119** : 2389-2397

STEVINSON C, LAWLOR DA, FOX KR. Exercise interventions for cancer patients: systematic review of controlled trials. *Cancer causes & control* 2004, **15** : 1035-1056

TARDON A, LEE WJ, DELGADO-RODRIGUEZ M, DOSEMEDI M, ALBANES D, et coll. Leisure-time physical activity and lung cancer: a meta-analysis. *Cancer Causes Control* 2005, **16** : 389-397

TEHARD B, FRIEDENREICH CM, OPPERT JM, CLAVEL-CHAPELON F. Effect of physical activity on women at increased risk of breast cancer: results from the E3N cohort study. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2006, **15** : 57-64

THUNE I, LUND E. The influence of physical activity on lung-cancer risk: A prospective study of 81,516 men and women. *Int J Cancer* 1997, **70** : 57-62

THUNE I, FURBERG AS. Physical activity and cancer risk: dose-response and cancer, all sites and site-specific. *Med Sci Sports Exerc* 2001, **33** : S530-S550

THUNE I, BRENN T, LUND E, GAARD M. Physical activity and the risk of breast cancer. *N Engl J Med* 1997, **336** : 1269-1275

TONIOLO PG, LEVITZ M, ZELENIUCH-JACQUOTTE A, BANERJEE S, KOENIG KL, et coll. A prospective study of endogenous estrogens and breast cancer in postmenopausal women. *J Natl Cancer Inst* 1995, **87** : 190-197

TYMCHUK CN, BARNARD RJ, HEBER D, ARONSON WJ. Evidence of an inhibitory effect of diet and exercise on prostate cancer cell growth. *J Urol* 2001, **166** : 1185-1189

VERLOOP J, ROOKUS MA, VAN DER KK, VAN LEEUWEN FE. Physical activity and breast cancer risk in women aged 20-54 years. *J Natl Cancer Inst* 2000, **92** : 128-135

VGONTZAS AN, MASTORAKOS G, BIXLER EO, KALES A, GOLD PW, CHROUSOS GP. Sleep deprivation effects on the activity of the hypothalamic-pituitary-adrenal and growth axes: potential clinical implications. *Clin Endocrinol (Oxf)* 1999, **51** : 205-215

WILLIAMS PT. Nonlinear relationships between weekly walking distance and adiposity in 27,596 women 2. *Med Sci Sports Exerc* 2005, **37** : 1893-1901

WOLIN KY, LEE IM, COLDITZ GA, GLYNN RJ, FUCHS C, GIOVANNUCCI E. Leisure-time physical activity patterns and risk of colon cancer in women. *Int J Cancer* 2007, **121** : 2776-2781

WORLD CANCER RESEARCH FUND, AMERICAN INSTITUTE FOR CANCER RESEARCH. Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Cancer: a Global Perspective. Washington DC: AICR, 2007

WU Y, YAKAR S, ZHAO L, HENNIGHAUSEN L, LEROITH D. Circulating insulin-like growth factor-I levels regulate colon cancer growth and metastasis. *Cancer Res* 2002, **62** : 1030-1035

YOUNG-MCCAUGHAN S, MAYS MZ, ARZOLA SM, YODER LH, DRAMIGA SA, et coll. Research and commentary: Change in exercise tolerance, activity and sleep patterns, and quality of life in patients with cancer participating in a structured exercise program. *Oncol Nurs Forum* 2003, **30** : 441-454

YU H, ROHAN T. Role of the insulin-like growth factor family in cancer development and progression. *J Natl Cancer Inst* 2000, **92** : 1472-1489

ZHANG M, LEE AH, BINNS CW. Physical activity and epithelial ovarian cancer risk: a case-control study in China. *Int J Cancer* 2003, **105** : 838-843

18

Maladies respiratoires

Ce chapitre présente tout d'abord quelques notions sur les principales maladies respiratoires à propos desquelles l'activité physique peut jouer un rôle. De rares travaux se sont intéressés à l'activité physique comme moyen de prévention dans les maladies respiratoires. En revanche, l'utilisation de l'activité physique comme outil thérapeutique dans la broncho-pneumopathie chronique obstructive est validée et ses bases physiologiques bien établies.

L'analyse des résultats de différentes modalités de cette prise en charge en souligne les limites et plus particulièrement les mécanismes qui peuvent les expliquer. Pour terminer le chapitre, les risques liés à l'activité physique seront évoqués. Quasiment nuls lorsque l'activité physique est utilisée à titre thérapeutique, ils peuvent devenir majeurs lorsque cette même activité devient un sport de haut niveau.

Principales maladies respiratoires

La broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO), les cancers du poumon et l'asthme bronchique sont les affections respiratoires les plus courantes dans nos contrées. Ces pathologies bénéficient de l'activité physique comme d'autres maladies respiratoires à la prévalence moins importante.

La BPCO est une maladie respiratoire d'apparition progressive que l'on peut traiter et prévenir. Elle est caractérisée par une limitation des débits bronchiques qui n'est pas complètement réversible. C'est une maladie inflammatoire liée aux particules nocives, contenues en particulier dans le tabac. Son évolution se caractérise par l'apparition d'altérations systémiques (musculaires, cardiovasculaires, endocriniennes, psychologiques...) (Celli et MacNee, 2004). Autrement dit, il s'agit d'une maladie broncho-pulmonaire initiale (maladie primaire) entraînant progressivement des atteintes systémiques (maladie secondaire) qui conditionneront le pronostic. On peut dire aujourd'hui que la BPCO est une maladie générale à point de départ respiratoire dont l'augmentation continue de la prévalence en fait un problème de santé publique majeur (Murray et Lopez, 1997a et b). L'activité physique

va essentiellement avoir pour rôle de traiter les atteintes systémiques et par ce biais d'améliorer considérablement l'état de santé du patient (Nici et coll., 2006). Le nombre de travaux à ce sujet est remarquable, les premières méta-analyses étant apparues en 1996 et ayant systématiquement donné des résultats positifs. L'activité physique est actuellement intégrée à part entière dans le traitement de la BPCO. C'est la seule thérapeutique de niveau A en termes d'« *evidence-based medicine* »⁵⁷, avec l'oxygénothérapie pour les malades les plus graves, dans la prise en charge de cette maladie (MacIntyre, 2001).

La maladie asthmatique est une maladie inflammatoire des voies aériennes. Elle induit une limitation des débits bronchiques, réversible, ainsi qu'une hyper-réactivité des voies aériennes. Celle-ci conduit à des épisodes récurrents de dyspnée aiguë réversibles spontanément ou sous traitement. La maladie asthmatique résulte de la conjonction entre facteurs congénitaux et environnementaux (*National Heart, Lung and Blood Institute* et *World Health Organization*, 1995). Jusque dans la deuxième moitié du XX^e siècle, le sport voire l'activité physique étaient contre-indiqués dans cette maladie, ce qui serait actuellement une faute professionnelle. Depuis, l'activité physique et la majorité des sports sont conseillés chez l'asthmatique ; au XXI^e siècle, ils ne peuvent être considérés comme une thérapeutique mais comme une prévention.

Le cancer broncho-pulmonaire est une maladie dont la prévalence augmente également de manière préoccupante. Comme tous les cancers, il bénéficie à titre de prévention et à titre pronostique de l'activité physique. Le cancer broncho-pulmonaire est traité dans un chapitre consacré aux cancers.

D'autres maladies respiratoires telles que les pneumopathies interstitielles diffuses, les dilatations des bronches, la mucoviscidose... peuvent bénéficier de l'activité physique mais les travaux à leur sujet sont trop peu nombreux pour en extraire des recommandations (Nici et coll., 2006).

Activités physiques et prévention des maladies respiratoires

Les travaux portant sur la prévention des maladies respiratoires (en particulier sur la BPCO) par l'activité physique sont rares. Il faut insister sur une

57. L'« *evidence-based medicine* » (ou médecine fondée sur les preuves) se définit comme « l'utilisation consciencieuse et judicieuse des meilleures données (preuves) actuelles de la recherche clinique dans la prise en charge personnalisée de chaque patient » (Sackett, 1996). Ces preuves proviennent d'études cliniques systématiques, telles que des essais contrôlés randomisés, des méta-analyses, éventuellement des études transversales ou de suivi bien construites.

étude récente ayant suivi 6 790 sujets sur 11 ans. Cette étude montre que les fumeurs pratiquant une activité physique égale ou supérieure à deux heures par semaine, quelle que soit son intensité, ont un risque réduit de développer une BPCO comparativement aux fumeurs réalisant moins de deux heures d'activité physique par semaine (*Odds ratio*=0,77 ; IC 95 % [0,61-0,97]) (Garcia-Aymerich et coll., 2007).

Concernant le rôle de l'activité physique pour prévenir les complications de la BPCO, la même équipe a suivi, pendant 20 ans, 2 386 patients atteints de cette maladie. Une activité physique de type marche ou vélo à raison de deux heures ou plus par semaine entraîne une diminution des hospitalisations et de la mortalité d'origine respiratoire pouvant atteindre 40 % (Garcia-Aymerich et coll., 2006).

Bases physiopathologiques des effets de l'activité physique dans la BPCO

Historiquement, l'intolérance à l'effort caractéristique des malades présentant une BPCO était considérée comme la conséquence de la maladie respiratoire. La fonction respiratoire était l'élément limitant de la capacité d'exercice, caractérisé par une dyspnée d'effort d'origine purement respiratoire (Jones et coll., 1971). Toutefois, il était constaté, dès cette époque, que l'activité physique réduisait les atteintes musculaires de la dyspnée chronique des patients, améliorait leur tolérance à l'effort sans modifier leur fonction respiratoire. Ceci amena en 1983 au modèle théorique de Young (Young, 1983) dit de la spirale du déconditionnement ou du cercle vicieux de la dyspnée. Dans ce modèle (figure 18.1), la dyspnée (part respiratoire), engendrée par la maladie respiratoire, induit une sédentarisation du patient. D'un point de vue histo-pathologique apparaît un déconditionnement c'est-à-dire une diminution du nombre de fibres musculaires oxydatives (dites de type I). Pour un effort donné, le système anaérobie lactique (fibres de type II) prend le relais du système oxydatif défaillant avec pour conséquence une libération accrue et précoce d'acide lactique. Directement ou indirectement, cette lactacidémie entraîne une augmentation de la ventilation et donc une aggravation de la dyspnée (part musculaire) (Young, 1983 ; Préfaut et coll., 1995).

Il a fallu attendre la fin du XX^e siècle et le début du XXI^e pour que cette atteinte musculaire périphérique soit documentée. Tout d'abord, la fonction musculaire est extrêmement altérée tout au moins en ce qui concerne le quadriceps qui a fait l'objet de la grande majorité des travaux. Ainsi, la force musculaire est diminuée de 33 % en moyenne (Bernard et coll., 1998 ; Marquis et coll., 2002 ; Couillard et coll., 2003 ; Debigare et coll., 2003 ; Allaire et coll., 2004). Compte tenu de la relation étroite entre force et masse musculaire, cela implique une diminution d'un tiers de cette même

masse musculaire. Ceci a été confirmé en 1998 par l'équipe québécoise de Maltais (Bernard et coll., 1998). La même équipe a montré quelques années plus tard qu'une altération sévère de la fonction ventilatoire lorsqu'elle était associée à une atrophie importante du quadriceps entraînait une espérance de vie à 5 ans de 30 % alors qu'elle était de 75 % si l'atrophie était seulement modérée (Marquis et coll., 2002). La capacité d'endurance du quadriceps, fonction physiologique fondamentale, est altérée de façon majeure avec une diminution moyenne de 57 % (Serres et coll., 1998a ; Couillard et coll., 2003 ; Debigare et coll., 2003 ; Allaire et coll., 2004 ; Coronell et coll., 2004 ; Koechlin et coll., 2004a). C'est la baisse de l'endurance qui majore la dyspnée, diminue la tolérance à l'effort et altère au quotidien la qualité de vie des patients atteints de BPCO.

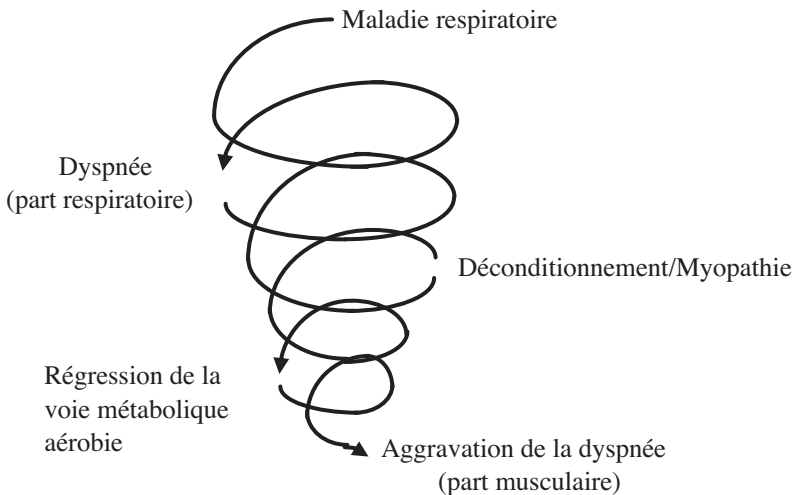


Figure 18.1 : Spirale de la dyspnée chez le malade respiratoire chronique (d'après Young, 1983 ; Préfaut et coll., 1995)

L'origine de la dyspnée est double : une part respiratoire dès l'entrée dans la maladie qui va se compléter, lorsque l'affection se généralise, d'une part musculaire secondaire au déconditionnement.

Les altérations fonctionnelles sont sous-tendues par des modifications histo-chimiques majeures : diminution drastique des fibres musculaires oxydatives de type I au profit des fibres lactiques de type IIx (Gosker et coll., 2000 ; Couillard et Préfaut, 2005), réduction importante du nombre et de la surface des vaisseaux capillaires musculaires, diminution drastique des enzymes de la voie oxydative au profit de celles de la voie lactique (Maltais et coll., 1996 ; Serres et coll., 1998b ; Allaire et coll., 2004).

Les objectifs physiopathologiques du réentraînement à l'exercice chez le sujet atteint de BPCO sont donc clairs. Il s'agit de remonter la spirale de la

dyspnée ou du cercle vicieux du déconditionnement en créant un cercle « vertueux » de l'activité physique. Celui-ci re-développera la voie métabolique aérobie des muscles périphériques et par là même diminuera l'hyper-ventilation, c'est-à-dire la part musculaire de la dyspnée, augmentera la tolérance à l'effort et améliorera la qualité de vie.

Prescription de l'activité physique chez le sujet atteint de BPCO

La prescription de l'activité physique chez le sujet atteint de BPCO comporte 4 composantes : le réentraînement à l'exercice en endurance ou pierre angulaire de cette thérapeutique (45±15 minutes de vélo, marche, natation...), le travail musculaire contre résistance, les étirements musculaires et le travail en équilibre. Cette prescription se décline selon 4 paramètres : la durée d'une session, le nombre de celles-ci, la fréquence hebdomadaire et l'intensité de travail.

L'ensemble du monde scientifique, comme cela est rapporté dans le « *task force* » commun des Sociétés européennes et américaines des maladies respiratoires (Nici et coll., 2006), est unanime sur le fait que le minimum de sessions pour obtenir un effet cliniquement pertinent est de 20. Il est bien entendu qu'il faut poursuivre celles-ci le plus longtemps possible et d'un point de vue idéal toute la vie. Le nombre de sessions par semaine doit être égal ou supérieur à 3. Une session complète – débutant par un échauffement et des étirements se terminant par de la relaxation – se déroule sur 90 minutes.

Il existe des discordances qui tiennent à l'intensité à laquelle doit se dérouler le réentraînement en endurance. Selon l'école américaine et en particulier Casaburi et coll. (1997), l'entraînement se fait à haut niveau d'intensité : 80 % de la consommation maximale symptôme limitée d'oxygène (VO_2 max) c'est-à-dire à 80 % des possibilités maximales du patient. Il s'agit là d'une approche physiologique : plus le niveau d'entraînement est élevé, plus les résultats seront probants et perdureront dans le temps. Le point faible de cette approche est qu'à l'arrêt des sessions formelles, il est difficile de pérenniser un entraînement qui provoque dyspnée et fatigue. Par ailleurs, on ne sait pas si ce type d'entraînement induit des effets latéraux, par exemple un stress oxydatif (voir ci-dessous) qui aboutirait à un effet cellulaire inverse de ce qui est espéré.

La deuxième approche, plus européenne, proposée par Clark et coll. (1996) et Vallet et coll. (1997), est d'ordre comportemental. Le sujet est entraîné soit au niveau de son seuil ventilatoire (entraînement individualisé) c'est-à-dire à environ 55-60 % de sa VO_2 symptôme limitée (terme utilisé chez les patients qui ne peuvent atteindre les critères de VO_2 max), soit au niveau du

seuil d'apparition de sa dyspnée. L'hypothèse est que cet entraînement, dont il a été montré qu'il était efficace, puisse se poursuivre plus facilement dans le temps, à la sortie du patient de son programme formel de réentraînement.

En fait, l'étude la plus convaincante à ce sujet vient d'un groupe québécois (Maltais et coll., 1997) qui a demandé aux patients d'augmenter de paliers d'intensité chaque fois que le palier précédent était bien supporté en termes de dyspnée et de fréquence cardiaque. L'objectif était d'atteindre une intensité de 80 % de la VO_2 symptôme limitée mais avec la possibilité de plafonner à un niveau de confort. Parmi les patients, 10 % ont atteint et sont restés à 80 %, la moyenne atteinte par les autres était de 60 % c'est-à-dire celle du seuil ventilatoire ou du seuil de dyspnée, préconisé par les Européens et repris dans les recommandations.

Résultats du réentraînement à l'exercice chez le sujet atteint de BPCO

La première méta-analyse concernant les résultats du réentraînement à l'effort, c'est-à-dire cette reprise formalisée de l'activité physique, date de 1996. Tous les travaux de ce type ou en termes d'*evidence-based medicine* réalisés depuis ont confirmé ces résultats (Lacasse et coll., 1996 ; Ries et coll., 1997 ; Lacasse et coll., 2001 ; Nici et coll., 2006).

Les différents objectifs physiopathologiques sont atteints et pour chacun d'entre eux le niveau de preuve est A.

C'est ainsi que la dyspnée est systématiquement améliorée et que cette amélioration est cliniquement pertinente.

Concernant la tolérance à l'effort, elle est améliorée en termes de résultats aux tests d'endurance, de marche de 6 minutes, et en terme de consommation maximale d'oxygène symptôme limitée, la première méthodologie étant de loin la plus sensible.

Finalement, la qualité de vie est elle-même profondément améliorée et dans un remarquable travail de Griffiths et coll. (2000) tous les items des deux questionnaires spécifiques de qualité de vie utilisés chez le patient atteint de BPCO sont cliniquement améliorés.

En dehors des objectifs physiopathologiques, la reprise formalisée de l'activité physique a entraîné une diminution franche du nombre d'hospitalisations. En moyenne, sur l'ensemble des études, le nombre de jours d'hospitalisation dans l'année voire les années qui suivent est divisé par deux, ce qui diminue le coût de santé de cette affection (Griffiths et coll., 2001 ; Hui et Hewitt, 2003 ; Bourbeau et coll., 2006).

Les effets secondaires, les risques encourus après le réentraînement à l'effort sont quasiment nuls. Au-delà des douleurs musculaires et articulaires,

inhérentes à la reprise d'une activité physique, aucun décès y compris de cause cardiaque n'a été publié dans la littérature concernant la BPCO (ou les autres maladies respiratoires).

Le réentraînement à l'exercice est considéré comme une thérapeutique très efficace et sans effet secondaire (Nici et coll., 2006).

Limites du réentraînement à l'exercice

Nous insisterons sur deux points : le suivi des patients et l'évolution des connaissances.

Les résultats du réentraînement à l'exercice chez les patients atteints de BPCO sont tellement cliniquement évidents que les patients quittent le centre de réentraînement, qu'il soit institutionnel ou ambulatoire, avec beaucoup de confiance, persuadés qu'ils vont pouvoir poursuivre chez eux sans difficultés. Le problème est en fait la première exacerbation de la maladie qui finira par arriver et qui signera souvent le glas des espoirs du malade. L'un des objectifs essentiels de tout réentraînement à l'exercice quelle que soit la pathologie chronique concernée est le maintien des acquis. On peut discerner deux phases dans celui-ci.

La première phase se déroule dans le centre dit « de rééducation ». La rééducation est simplement l'association de toutes les techniques médicales qui tournent autour du réentraînement à l'exercice (kinésithérapie, activités physiques adaptées, nutrition...) et de la prise en charge psychosociale, dont la pierre angulaire est l'éducation thérapeutique. Cette éducation thérapeutique est primordiale : le patient comprend sa thérapeutique et essaie progressivement de changer ses comportements, le premier d'entre eux étant l'arrêt de l'intoxication tabagique (Nici et coll., 2006). Il ne devrait pas y avoir de réentraînement à l'exercice s'il n'est pas associé à l'éducation thérapeutique adaptée à la pathologie.

La deuxième phase est le suivi après le retour au domicile des patients. La meilleure méthode semble celle des associations de patients, locales réunies en réseau par exemple régional avec un comité de pilotage médical de référence. Ce dernier est discret, n'intervenant qu'en cas de besoin, le maître mot étant l'autonomisation des patients. Dans un travail récent, il a été montré que ce type d'associations qui fournit des prestations régulières aux patients (y compris sociales) entraîne une amélioration supplémentaire à 1 an (par rapport à un groupe témoin) ainsi qu'une réduction des journées d'hospitalisation (Moullec et coll., 2007).

La deuxième limite du réentraînement à l'exercice est d'ordre conceptuel. Le principe du réentraînement à l'effort est d'inverser le cercle vicieux du déconditionnement. Chez le sujet normal désentraîné, l'exercice induit une

augmentation du nombre de fibres aérobies de type I (Hortobagyi et coll., 2000). Dans le cas de la BPCO, les trois études qui à ce jour se sont intéressées à la typologie du quadriceps après réentraînement à l'effort n'ont montré aucune modification du nombre de fibres de type I. Les améliorations obtenues concernent l'augmentation du diamètre des fibres musculaires, des enzymes de la voie oxydative et de la capillarisation (Whittom et coll., 1998 ; Koechlin et coll., 2004b ; Guerrero et coll., 2005 ; Vogiatzis et coll., 2005). Toutefois, au-delà du déconditionnement, il y a probablement une atteinte intrinsèque du muscle du sujet atteint de BPCO. Il a pu être montré qu'il était effectivement le siège du stress oxydant (Couillard et coll., 2003) et que la diminution de ce stress améliorait la fonction musculaire (Koechlin et coll., 2004b). Ceci nous a amené à émettre l'hypothèse qu'au-delà du déconditionnement les muscles des sujets atteints de BPCO étaient l'objet d'une myopathie probablement en relation avec le couple inflammation-stress oxydant (Couillard et Préfaut, 2005). Ces notions sont importantes car facteur d'évolution des thérapeutiques associées au réentraînement à l'exercice.

Maladie asthmatique et autres maladies respiratoires

Historiquement, le sport était contre-indiqué chez l'enfant asthmatique pour éviter la crise d'asthme induite par l'exercice, avec pour conséquences quelques générations d'enfants asthmatiques chétifs, surprotégés et déconditionnés. Dans les années 1990, il était donc normal de prescrire l'activité physique à ces enfants en sachant que cette dernière repoussait vers des puissances de travail supérieures le seuil d'apparition de l'asthme induit par l'exercice (Varray et coll., 1991 ; Counil et coll., 2003). Parallèlement, il a fallu informer le monde médical et celui de l'éducation physique qu'au-delà même des activités dites non asthmogènes, il était indispensable de faire pratiquer des activités physiques aux enfants asthmatiques et avec plus de sollicitations que chez les autres enfants. Une revue récente de la *Cochrane Library* confirme d'ailleurs l'efficacité du réentraînement chez les enfants asthmatiques sans effet secondaire (Ram et coll., 2005).

Le vrai problème n'est pas de réentraîner les enfants asthmatiques à l'exception de ceux présentant un asthme difficile soit moins de 10 % de la population. Il est de leur faire pratiquer régulièrement un sport d'intensité modérée. Les recommandations vont jusqu'à préciser qu'un sport d'équipe est souhaitable (Basaran et coll., 2006).

Concernant les autres affections respiratoires comme la dilatation des bronches, la mucoviscidose, les pneumopathies interstitielles diffuses, les ablations chirurgicales pulmonaires, les travaux sont trop peu nombreux pour réaliser des méta-analyses (Boas, 1997 ; Gulmans et coll., 1999 ; Newall et coll., 2005). Quoiqu'il en soit, les résultats semblent superposables à ceux

obtenus dans la BPCO et les recommandations (niveau C) sont de réhabiliter toutes les affections respiratoires chroniques (Nici et coll., 2006).

Sport de haut niveau et risques pulmonaires

Deux « complications » du sport méritent d'être mentionnées. Il s'agit de l'hypoxémie induite par l'exercice chez les athlètes de haut niveau et de l'asthme du sportif.

Deux athlètes jeunes de type endurant (courses de fond, cyclisme, natation...) sur trois, dont la VO_2 max est supérieure à 60 ml/min/kg, présentent une hypoxémie induite par l'exercice c'est-à-dire une chute de la pression partielle de l'oxygène dans leur sang artériel (PaO_2) d'au moins 10 mmHg, en moyenne de 20 mmHg et pouvant aller jusqu'à 30 mmHg (Préfaut et coll., 2000). Tous les sportifs vétérans du même type (ski de fond, cyclotourisme...) présentent cette même hypoxie (Préfaut et coll., 2000). Le facteur essentiel responsable de l'hypoxémie est la quantité d'activité physique réalisée mais si elle est considérable pour les athlètes jeunes, il suffit de 1 000 km de cyclotourisme par an pour qu'elle apparaisse chez un vétéran. L'hypothèse qui prévaut actuellement pour expliquer la diminution de pression d' O_2 dans le sang est celle de l'apparition d'un « *stress failure* » c'est-à-dire des vaisseaux pulmonaires devenant perméables puis pouvant être localement détruits qui laissent passer du liquide induisant par la même un sub-œdème pulmonaire (Dempsey et Wagner, 1999 ; Préfaut et coll., 2000). Les athlètes ne prennent pas conscience de cette hypoxémie induite par l'exercice qui n'entraîne aucun effet cliniquement décelable, sauf à diminuer la performance en compétition, et dont on ne connaît aucune conséquence à long terme.

L'asthme du sportif est une conséquence beaucoup plus invalidante du sport de haut niveau. C'est une nouvelle forme clinique de l'asthme bronchique observée chez des athlètes de type endurant ayant pratiqué plusieurs années à haut niveau (âge moyen 23-25 ans) sans aucun antécédent de terrain allergique ou de maladie asthmatique. Cet asthme serait la conséquence d'une abrasion de la muqueuse bronchique consécutive à des heures d'hyperventilation pendant les séances d'entraînement et ce durant de nombreuses années. Cette muqueuse abrasée, donc inflammatoire, répond anormalement aux différents stimuli, comme celle d'un asthmatique. Cet asthme est difficile à gérer, induit des contre-performances, mais régresse avec l'arrêt de l'entraînement (Kippelen et coll., 2003 ; Randolph, 2006). Il est donc a priori sans conséquences à long terme, mais nous n'avons pas encore assez de recul pour en juger.

En conclusion, la première thérapeutique des maladies respiratoires en général et de la broncho-pneumopathie chronique obstructive en particulier est l'arrêt total du tabac.

Toutefois, chez les fumeurs invétérés, une quantité d'activité physique aussi faible que 2 heures par semaine, à un niveau d'intensité modérée (marche rapide), limite voire prévient l'apparition d'une broncho-pneumopathie chronique obstructive, réduit le nombre d'exacerbations et donc de jours d'hospitalisation.

L'élément le plus extraordinaire est que l'activité physique, sous le terme de réentraînement à l'effort, est une thérapeutique de niveau A (*evidence-based medicine*) pour diminuer la dyspnée dans les activités de la vie quotidienne, pour améliorer la tolérance à l'effort et la qualité de vie, pour réduire le nombre d'exacerbations et de journées d'hospitalisation chez les sujets atteints de BPCO. Ce réentraînement à l'exercice ne peut s'appliquer que dans un programme général de rééducation personnalisé et doit donc être associé à un programme d'éducation pour la santé. Enfin, tout malade impliqué dans un programme de rééducation doit pouvoir bénéficier d'un suivi afin de maintenir ses acquis.

L'activité physique qui peut être si positive dans la prévention et le traitement des maladies respiratoires à « posologie » raisonnable et individualisée, peut être délétère lorsqu'elle est pratiquée de manière excessive comme chez les athlètes de haut niveau. En effet, chez ces derniers, elle peut entraîner des hypoxémies, mais également induire une forme particulière et difficile à gérer d'asthme, dit asthme du sportif.

BIBLIOGRAPHIE

ALLAIRE J, MALTAIS F, DOYON JF, NOEL M, LEBLANC P, et coll. Peripheral muscle endurance and the oxidative profile of the quadriceps in patients with COPD. *Thorax* 2004, **59** : 673-678

BASARAN S, GULER-UYSAL F, ERGEN N, SEYDAOGLU G, BINGOL-KARAKOÇ G, ALTINTAS DU. Effects of physical exercise on quality of life, exercise capacity and pulmonary function in children with asthma. *J Rehabil Med* 2006, **38** : 130-135

BERNARD S, LEBLANC P, WHITTOM F, CARRIER G, JOBIN J, et coll. Peripheral muscle weakness in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1998, **158** : 629-634

BOURBEAU J, COLLET JP, SCHWARTZMAN K, DUCRUET T, NAULT D, BRADLEY C. Economic benefits of self-management education in COPD. *Chest* 2006, **130** : 170-1711

BOAS SR. Exercise recommendations for individuals with cystic fibrosis. *Sports Med* 1997, **1** : 17-37

CASABURI R, PORSZASZ J, BURNS M, CARITHERS ER, CHANEZ RSY, COOPER CB. Physiologic benefits of exercise training in rehabilitation of patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1997, **155** : 1541-1551

CELLI BR, MACNEE W. Standards for the diagnosis and treatment of patients with COPD; a summary of the ATS/ERS position paper. *ERJ* 2004, **23** : 932-946

CLARK CJ, COCHRANE L, MACKAY E. Low intensity peripheral muscle conditioning improves exercise tolerance and breathlessness in COPD. *Eur Respir J* 1996, **9** : 2590-2596

CORONELL C, OROZCO-LEVI M, RAMIREZ-SARMIENTO A, GALDIZ JB, GEA J. Relevance of assessing quadriceps endurance in patients with COPD. *Eur Respir J* 2004, **24** : 129-136

COUILLARD A, PRÉFAUT C. From muscle disuse to myopathy in COPD : potential contribution of oxidative stress. *Eur Respir J* 2005, **26** : 703-719

COUILLARD A, MALTAIS F, SAEY D, DEBIGARE R, MICHAUD A, et coll. Exercise-induced quadriceps oxidative stress and peripheral muscle dysfunction in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2003, **167** : 1664-1669

COUNIL FP, VARRAY A, MATECKI S, BEUREU A, MARCHAL P, et coll. Training of aerobic and anaerobic fitness in children with asthma. *J Pediatr* 2003, **142** : 179-184

DEBIGARE R, COTE CH, HOULD FS, LEBLANC P, MALTAIS F. In vitro and in vivo contractile properties of the vastus lateralis muscle in males with COPD. *Eur Respir J* 2003, **21** : 273-278

DEMPSEY JA, WAGNER PD. Exercise-induced arterial hypoxemia. *J Appl Physiol* 1999, **87** : 1997-2006

GARCIA-AYMERICH J, LANGE P, BENET M, SCHNOHR P, ANTO JM. Regular physical activity reduces hospital admission and mortality in chronic obstructive pulmonary disease: a population based cohort study. *Thorax* 2006, **61** : 772-778

GARCIA-AYMERICH J, LANGE P, BENET M, SCHNORH P, ANTO JM. Regular physical activity modifies smoking-related lung function decline and reduces risk of chronic obstructive pulmonary disease. A population-based cohort study. *Am J Respir Crit Care Med* 2007, **175** : 458-463

GOSKER HR, WOUTERS EF, VAN DER VUSSE GJ, SCHOLS AM. Skeletal muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease and chronic heart failure: underlying mechanisms and therapy perspective. *Am J Clin Nutr* 2000, **71** : 1033-1047

GRIFFITHS TL, BURR ML, CAMPBELL IA, LEWIS-JENKINS V, MULLINS J, et coll. Results at 1 year of outpatient multidisciplinary pulmonary rehabilitation : a randomised controlled trial. *Lancet* 2000, **355** : 362-368

GRIFFITHS TL, PHILIPS CJ, DAVIES S, BURR ML, CAMPBELL JA. Cost effectiveness of an outpatient multidisciplinary pulmonary rehabilitation programme. *Thorax* 2001, **56** : 779-784

GUERRERO K, WUYAM B, MEZIN P, VIVODTZEV I, VENDELIN M, et coll. Functional coupling of adenine nucleotide translocase and mitochondrial creatine kinase is enhanced after exercise training in lung transplant skeletal muscle. *Am J Physiol Regul Interf Comp Physiol* 2005, **289** : 1144-1154

GULMANS VAM, DE MEER K, BRACKEL HJL, FABER JAJ, BERGER R, HELDERS PJM. Outpatient exercise training in children with cystic fibrosis; physiological effects, perceived competence and acceptability. *Pediatr Pulmonol* 1999, **28** : 39-46

HORTOBAGYI T, DEMPSEY L, FRASER D, ZHENG D, HAMILTON G, et coll. Changes in muscle strength, muscle fibre size and myofibrillar gene expression after immobilization and retraining in humans. *J Physiol* 2000, **524** : 293-304

HUI KP, HEWITT AB. A simple pulmonary rehabilitation program improves health outcomes and reduces hospital utilization in patients with COPD. *Chest* 2003, **124** : 94-97

JONES NL, JONES G, EDWARDS RHT. Exercise tolerance in chronic airway obstruction. *Am Rev Respir Dis* 1971, **103** : 477-491

KIPPELEN P, FRIEMEL F, GODARD P. Athletes et Asthme. *Rev Mal Respir* 2003, **20** : 3285-3297

KOECHLIN C, COUILLARD A, CRISTOL JP, CHANEZ P, HAYOT M, et coll. Does systemic inflammation trigger local exercise-induced oxidative stress in COPD ? *Eur Respir J* 2004a, **23** : 538-544

KOECHLIN C, COUILLARD A, SIMAR D, CRISTOL JP, BELLET H, et coll. Does oxidative stress alter quadriceps endurance in chronic obstructive pulmonary disease ? *Am J Respir Crit Care Med* 2004b, **169** : 1022-1027

LACASSE Y, WONG E, GUYATT GH, COOK DJ, GODSTEIN RS. Meta-analysis of respiratory rehabilitation in chronic obstructive pulmonary disease. *Lancet* 1996, **348** : 1115-1119

LACASSE Y, BROSSEAU L, MILNE S, MARTIN S, WONG E, et coll. Pulmonary rehabilitation for chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database Syst Rev* 2001, **3** : CD003793

MACINTYRE NR. Chronic obstructive pulmonary disease management : the evidence base. *Respir Care* 2001, **46** : 1294-1303

MALTAIS F, LEBLANC P, SIMARD C, JOBIN J, BERUBE C, et coll. Skeletal muscle adaptation to endurance training in patients with chronique obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1996, **154** : 442-447

MALTAIS F, LEBLANC P, JOBIN J, BÉRUBÉ C, BRUNEAU J, et coll. Intensity of training and physiologic adaptation in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1997, **155** : 555-561

MARQUIS K, DEBIGARE R, LACASSE Y, LEBLANC P, JOBIN J, et coll. Mid thigh muscle cross-sectional area is a better predictor of mortality than body mass index in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2002, **166** : 809-813

MOULLEC G, NINOT G, VARRAY A, DESPLAN J, HAYOT M, PRÉFAUT C. Innovative maintenance program based on self-help associations in a healthcare network. 2007 submitted

MURRAY CJ, LOPEZ AD. Global mortality, disability, and the contribution of risk factors: Global Burden of Disease Study. *Lancet* 1997a, **17** : 1436-1442

MURRAY CJ, LOPEZ AD. Alternative projections of mortality and disability by cause 1990-2020: Global Burden of Disease Study. *Lancet* 1997b, **24** : 1498-1504

NATIONAL HEART, LUNG, AND BLOOD INSTITUTE AND WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global Initiative for Asthma. National Institutes of Health pub n°95-3659. Bethesda, MD 1995

NEWALL C, STOCKEY RA, HILL SL. Exercise training and inspiratory muscle training in patients with bronchiectasis. *Thorax* 2005, **60** : 943-948

NICI L, DONNER C, WOUTERS E, ZUWALLACK R, AMBROSINO N, et coll. American Thoracic Society/European Respiratory Society statement on pulmonary rehabilitation. *Am J Respir Crit Care Med* 2006, **173** : 1390-1413

PRÉFAUT CH, VARRAY A, VALLET G. Pathophysiological basis of exercise training in patients with chronic obstructive lung disease. *Eur Respir Rev* 1995, **5** : 27-32

PRÉFAUT C, DURAND F, MUCCI P, CAILLAUD C. Exercise-induced arterial hypoxaemia in athletes : a review. *Sports Med* 2000, **30** : 47-61

RAM FSF, ROBINSON SM, BLACK PN, PICOT J. Physical training for asthma. *The Cochrane Database of Systematic Reviews* 2005, Issue 4. Art. N° : CD001116.pub2. DOI : 10.1002/14651858. CD001116.pub2

RANDOLPH CC. Allergic rhinitis and asthma in the athlete. *Allergy Asthma Proc* 2006, **27** : 104-109

RIES AL, CARLIN BW, CARRIERI-KOHL-MAN V, CASABURI R, CELLI BR, et coll. Pulmonary rehabilitation. Joint ACCP/AACVPR. Evidence Based Medicine. *Chest* 1997, **112** : 1363-1396

SACKETT DL, ROSENBERG WM, GRAY JA, HAYNES RB, RICHARDSON WS. Evidence based medicine: what it is and what it isn't. *BMJ* 1996, **312** : 71-72

SERRES I, GAUTIER V, VARRAY A, PRÉFAUT C. Impaired skeletal muscle endurance related to physical inactivity and altered lung function in COPD patients. *Chest* 1998a, **113** : 900-905

SERRES I, HAYOT M, PREFAUT C, MERCIER J. Skeletal muscle abnormalities in patients with COPD : contribution to exercise intolerance. *Med Sci Sports Exerc* 1998b, **30** : 1019-1027

VALLET G, AHMAIDI S, SERRES I, FABRE C, BOURGOUIN D, et coll. Comparison of two training programs in CAL patients standardized versus individualized method. *Europ Respir J* 1997, **10** : 114-122

VARRAY AL, MERCIER JG, TERRAL CM, PRÉFAUT CG. Individualized aerobic and high intensity training for asthmatic children an exercise readaptation program. Is training always helpful for better adaptation to exercise? *Chest* 1991, **99** : 579-586

VOGIATZIS I, TERZIS G, NANAS S, STRATAKOS G, SIMOES DC, et coll. Skeletal muscle adaptations to interval training in patients with advanced COPD. *Chest* 2005, **128** : 3838-3845

WHITTON F, JOBIN J, SIMARD PM, LEBLANC P, SIMARD C, et coll. Histochemical and morphological characteristics of the vastus lateralis muscle in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Med Sci Sports Exerc* 1998, **30** : 1467-1474

YOUNG A. Rehabilitation of patients with pulmonary disease. *Ann Acad Med* 1983, **12** : 410-416

19

Obésité

L'augmentation généralisée de la prévalence de l'obésité a été qualifiée d'« épidémie » par l'Organisation mondiale de la santé (OMS, 2003 ; Inserm, 2000). Cette situation préoccupante concerne les pays industrialisés et en développement, les adultes et les plus jeunes. Parce qu'elle permet de moduler les dépenses d'énergie, l'activité physique apparaît comme un élément essentiel pour pallier le déséquilibre du bilan d'énergie amenant à la prise de poids et au développement de l'obésité. Dans ce domaine, en particulier chez l'adulte, les données actuelles indiquent que le volume d'activité physique permettant de prévenir la prise de poids, ou de prévenir la reprise de poids après amaigrissement, est plus élevé que celui obtenu par l'application des recommandations d'activité physique pour la population générale. Cependant, l'activité physique a des effets bénéfiques sur la santé indépendamment de ses effets sur le poids corporel lui-même et ceci s'applique aux personnes déjà en surpoids ou obèses.

Activité physique dans le contexte actuel de « l'épidémie » d'obésité

L'augmentation progressive du poids corporel conduisant à l'obésité résulte, de façon schématique mais incontournable, d'un déséquilibre à long terme du bilan d'énergie. Cette situation de bilan énergétique positif reflète une inadéquation des apports énergétiques en regard de la dépense d'énergie. Cette situation est d'abord la conséquence de modifications des médiateurs les plus immédiats du bilan d'énergie que sont les habitudes alimentaires et les profils d'activité physique (OMS, 2000). Il faut souligner que cette simplicité apparente ne réduit en rien la complexité de la physiopathologie et de la prise en charge clinique des obésités. En effet, les très nombreux facteurs en jeu – biologiques, de comportement et d'environnement – peuvent être considérés comme des modulateurs du bilan énergétique déterminant les variations du poids et de la composition corporelle.

Des modifications même mineures, mais prolongées, du niveau habituel d'activité physique ou des apports alimentaires peuvent avoir des conséquences

importantes sur le poids corporel et la prévalence de l'obésité dans la population (Hill et coll., 2003). Par exemple, d'après des calculs de Hill et coll. (2003), une augmentation de l'apport énergétique, ou une diminution de la dépense énergétique par l'activité physique, de l'ordre de seulement 100 kcal par jour pourrait théoriquement être suffisante pour expliquer la prise de poids moyenne au cours des dix dernières années aux États-Unis. De tels changements, minimes, sont cependant difficiles à mesurer avec les méthodes existantes, en particulier les instruments d'enquête disponibles pour l'évaluation des habitudes alimentaires et des habitudes d'activité physique en population (Oppert, 2001).

Tendances sociétales

Parallèlement à l'augmentation généralisée de la prévalence de l'obésité dans les pays industrialisés, et dans de nombreux pays dits en « transition économique », les dernières décades ont vu de profondes transformations des profils alimentaires et d'activité physique. Ce parallélisme suggère mais n'implique pas une relation de causalité. De façon générale, ces transformations rapides et globales comprennent : une désaffection des occupations à dépense énergétique (typiquement travaux agricoles) au profit des activités professionnelles du secteur des services à plus faible dépense énergétique, une diminution généralisée du niveau d'activité physique au sein de chaque type d'activité professionnelle, des modifications des modes de transport et des profils d'activité de loisirs en faveur d'occupations à plus faible dépense énergétique ainsi que la mécanisation de très nombreuses activités domestiques (Popkin, 2005).

Les analyses économiques récentes portant sur le « budget temps » au cours des quatre dernières décennies aux États-Unis indiquent la part croissante de temps quotidien consacrée aux loisirs et aux transports et, parallèlement, la diminution du temps dévolu aux activités de production au travail et au domicile (Sturm, 2004). De façon intéressante, ces données économiques mettent en avant la très forte croissance des industries liées aux loisirs, qu'il s'agisse de loisirs « actifs » (par exemple, articles de sport, équipements type clubs de gyms) ou de loisirs de type « passif » ou « sédentaire » (par exemple, spectacles sportifs, télévision câblée...). Cependant, les industries de loisirs qui avaient la plus forte croissance étaient celles liées à des occupations sédentaires (Sturm, 2004).

Asymétrie du contrôle de la prise alimentaire

L'inactivité physique n'est pas à elle seule la cause de l'obésité. La prise de poids prend place quand l'apport énergétique n'est plus adapté aux faibles besoins énergétiques de notre mode de vie sédentaire moderne. Différentes

données physiologiques soulignent l'importance de l'interaction entre inactivité physique et alimentation dense en énergie dans le développement de la prise de poids. Selon Prentice et Jebb (2004), les sujets actifs physiquement auront le plus souvent des besoins énergétiques supérieurs à l'offre alimentaire « habituelle » et leur homéostasie énergétique reposera en grande partie sur des signaux de faim, signaux qui sont puissants et efficaces. Au contraire, les sujets inactifs physiquement auront plutôt tendance à avoir des besoins énergétiques relativement bas par rapport à la « norme » de consommation alimentaire et leur régulation énergétique reposera sur des signaux de satiété, signaux souvent inefficaces. L'importance de l'activité physique et des comportements sédentaires en matière de contrôle du poids corporel doit donc être replacée dans la perspective de cette asymétrie du contrôle de la prise alimentaire favorisant la surconsommation passive d'aliments denses en énergie (Prentice et Jebb, 2004).

Activité physique et développement de l'obésité : études épidémiologiques

Différentes données d'études longitudinales, chez l'adulte et les plus jeunes, indiquent qu'un niveau faible d'activité physique habituelle mais aussi un niveau de sédentarité élevé est associé à une plus grande prise de poids avec le temps. Certaines données suggèrent également que l'augmentation du poids corporel (chez l'adulte) est associée à une diminution ultérieure de l'activité physique et de la capacité cardio-respiratoire. Il s'agit donc d'une relation complexe.

Études de type écologique

Les données épidémiologiques de type écologique sont peu nombreuses dans ce domaine. Dans une étude très souvent citée (Prentice et Jebb, 1995), l'augmentation de la prévalence de l'obésité au Royaume-Uni des années 1950 jusqu'au milieu des années 1990 était mise en parallèle avec l'augmentation d'indicateurs de comportement sédentaire tels que le nombre de voitures par foyer, un indicateur du coût énergétique de l'activité physique lors des transports, ou tels que le nombre d'heures passées devant la télévision par semaine. Les conclusions qui peuvent être tirées de ce type de données en terme de causalité restent cependant limitées.

Enquêtes européennes

Il y a très peu d'enquêtes au niveau européen ayant porté sur le niveau d'activité, ou d'inactivité physique, en relation avec le poids corporel ou le

statut pondéral. Dans une série d'articles concernant une enquête pan-européenne réalisée à la fin des années 1990 sur des échantillons représentatifs (méthode des quotas) d'environ 1 000 adultes dans chacun des 15 états membres, une faible participation à des activités physiques de loisirs était inversement associée à la prévalence de l'obésité (Martinez-Gonzalez et coll., 1999). D'autre part, le temps passé assis pendant les loisirs était positivement associé à l'indice de masse corporelle ($IMC = \text{poids (kg)} / \text{taille (m)}^2$) indépendamment de l'activité physique de loisir (Martinez-Gonzalez et coll., 1999). On peut remarquer que deux définitions différentes du mode de vie sédentaire ont été utilisées dans ces études. D'une part, le comportement sédentaire était défini par le fait de passer moins de 10 % de son temps de loisirs à des activités de valeur énergétique supérieure à 4 METs. D'autre part, le comportement sédentaire correspondait à l'absence d'activité physique de loisir et à un temps passé assis durant les loisirs au-dessus de la médiane des sujets de l'enquête, soit 6 heures par semaine. Ces deux indicateurs différents de comportement sédentaire étaient chacun associés positivement à l'obésité (Varo et coll., 2003). Dans cette enquête pan-européenne, le nombre d'heures passées en position assise au travail était également retrouvé associé positivement à l'obésité (Martinez et coll., 1999).

Études longitudinales

Dans différentes populations, un grand nombre d'études transversales retrouve une association inverse (et attendue) entre le niveau habituel d'activité physique et différents indicateurs d'obésité (pour revues : Di Pietro, 1999 ; Fogelholm et Vaino, 2002 ; Saris et coll., 2003 ; Wareham et coll., 2005). Les sujets en surpoids ou obèses ont également un niveau de capacité cardio-respiratoire plus faible que les sujets de poids normal (Farrell et coll., 2002). Les études longitudinales sont beaucoup moins nombreuses (Di Pietro 1999 ; Fogelholm et Vaino, 2002 ; Saris et coll., 2003 ; Wareham et coll., 2005). Les résultats de ces études prospectives suggèrent qu'un niveau élevé d'activité physique peut atténuer le gain de poids observé avec le temps chez l'adulte, sans permettre toutefois d'empêcher la prise de poids habituellement observée avec le temps.

En termes quantitatifs, une heure par jour supplémentaire de marche à un bon pas (*brisk walking*) était associée à une diminution d'environ 25 % du risque de devenir obèse ($IMC > 30 \text{ kg/m}^2$) après 6 ans de suivi chez les femmes de l'étude des infirmières américaines (*Nurses' Health Study*) (Hu et coll., 2003). Pour ce qui concerne les activités de la vie quotidienne, Wagner et coll. (2001) ont observé une association inverse entre le fait de marcher ou d'utiliser le vélo pour se rendre au travail et la prise de poids après 5 ans de suivi chez les hommes de l'étude franco-irlandaise Prime. Cette relation était cependant beaucoup plus forte pour la pratique d'activités physiques

d'intensité élevée au cours des loisirs. De façon générale, peu de ces études ont pris en compte simultanément le niveau habituel d'activité physique et les apports alimentaires. La possibilité d'une différence entre hommes et femmes en matière de relation entre faible niveau d'activité physique habituelle et gain de poids reste également mal documentée (Saris et coll., 2003).

Relation complexe

S'il apparaît intuitivement évident que les sujets inactifs physiquement sont plus à risque de prendre du poids au cours du temps que les sujets physiquement actifs, cette notion n'est cependant pas si simple à démontrer. En effet, la relation activité physique-obésité peut être considérée comme circulaire. Dans une étude danoise récente, la prise de poids au cours du temps était ainsi associée à une moins grande activité physique de loisirs à l'issue du suivi (Petersen et coll., 2004). De plus, peu d'études ont utilisé des mesures objectives d'activité physique, telles que par exemple des enregistrements par accélérométrie ou cardiofréquencemétrie. Ce type de mesure de l'activité physique serait nécessaire pour mieux comprendre, dans ce domaine, les relations entre la dose (d'activité physique) et la réponse (gain de poids corporel) (Wareham et coll., 2005).

Interactions entre activité physique et apports alimentaires en graisses

Peu des études disponibles ont pris en compte simultanément l'activité physique habituelle et les apports alimentaires (Jebb et Moore, 1999 ; Wareham et coll., 2005 ; Oppert et coll., 2006). Il faut souligner la grande hétérogénéité de ces études, tant pour le type et la taille des populations étudiées que pour les questionnaires utilisés pour le recueil des données d'activité physique et alimentaires ou pour les techniques d'analyse utilisées. Peu de ces études portaient sur des échantillons réellement représentatifs des populations des pays concernés.

Dans une étude prospective suédoise chez des femmes suivies pendant 6 ans, une interaction (au sens statistique) était mise en évidence entre l'activité physique habituelle et les apports énergétiques (et en graisses) : une prise de poids plus importante était associée avec un apport énergétique (et en graisses) plus élevé seulement dans le groupe des sujets dont l'activité physique initiale était la plus faible (Lissner et coll., 1997). Pour l'activité physique professionnelle, il n'était pas retrouvé de relation de ce type.

Quel que soit le « volume » d'activité physique nécessaire à la prévention du gain de poids, ou de la reprise de poids après amaigrissement, cette « dose » d'activité physique dépendra obligatoirement des apports alimentaires habituels de la population en question. Ceci signifie que le contexte nutritionnel au sens large doit nécessairement être pris en compte dans la discussion sur

l'activité physique nécessaire à la prévention de l'obésité. Dans cette perspective, les recommandations d'activité physique élaborées en Amérique du Nord pourraient ne pas être directement applicables à la situation observée en Europe. Ceci non pas parce que la physiologie de l'exercice serait différente entre ces populations, mais parce que la dépense d'énergie générée par l'activité physique a lieu à des niveaux différents d'apport énergétique.

Comportements sédentaires et gain de poids

Le temps passé à des occupations sédentaires, indépendamment du niveau habituel d'activité physique, est associé au gain de poids avec le temps, comme l'indiquent les résultats de différentes études prospectives. Ainsi, dans l'étude des infirmières américaines, il a été montré que 2 heures supplémentaires passées devant la télévision étaient associées à une augmentation de 25 % du risque de devenir obèse après 6 ans de suivi (Hu et coll., 2003). De façon importante, non seulement cette association était indépendante du niveau habituel d'activité physique mais également des apports alimentaires. Il est cependant probable que l'influence des comportements sédentaires sur le gain de poids soit médiée, au moins en partie, par les associations entre comportements sédentaires et d'autres comportements de santé tels que tabagisme, prise d'alcool... dont on sait qu'ils ont tendance à se regrouper (cluster) (OMS, 2000).

Études chez l'enfant

La relation entre la sédentarité et l'obésité des jeunes a fait l'objet d'une revue de la littérature récente de Must et Tybor (2005), qui conclut à partir d'études prospectives, que l'augmentation de l'activité physique et la réduction des comportements sédentaires sont protecteurs vis-à-vis de la prise de poids chez l'enfant et l'adolescent. Bien que le risque relatif de développer une obésité, représenté par l'*odds ratio*, ne soit pas toujours significatif, l'étude de Gortmaker et coll. (1996) montre que le risque de présenter une surcharge pondérale est 4,6 fois plus élevé pour les enfants regardant la télévision plus de 5 heures par jour comparativement aux enfants passant moins de 2 heures par jour devant l'écran. Dans le même ordre d'idée, chez les jeunes enfants australiens (6 ans) le risque de développer une surcharge pondérale à l'âge de 8 ans est augmenté de 40 % pour chaque heure supplémentaire passée devant la télévision (Burke et coll., 2005). Cette relation reste significative après ajustement au poids de naissance, à l'indice de masse corporelle maternel, au statut de fumeur de la mère et au niveau d'activité physique. Le lien entre le déclin de l'activité physique et l'augmentation de la corpulence a été souvent observé (Kimm et coll., 2005). De plus, plusieurs études transversales et longitudinales étayaient le lien entre sédentarité et masse grasse, confirmant la relation entre la sédentarité et l'obésité chez les jeunes et la relation inverse

avec les pratiques physiques ; bien que faibles, les relations statistiques sont la plupart du temps significatives (Marshall et coll., 2004 ; Must et Tybor, 2005 ; Wareham et coll., 2005). Abbott et Davies (2004) observent une relation statistique inverse entre le niveau d'activité physique et la surcharge pondérale (IMC : $r=-0,45$, $p<0,001$ et masse grasse : $r=-0,43$, $p<0,002$) chez des enfants âgés de 5 à 10 ans. De plus, cette association inverse entre l'activité physique et l'obésité est plus fortement démontrée avec l'intensité de l'activité physique qu'avec la quantité totale d'activité (Ness et coll., 2007). L'étude longitudinale « Framingham » fait état, après 1 an et 8 ans de suivi d'enfants âgés de 3 à 5 ans au début de l'étude, d'une corpulence et d'une adiposité inférieures chez les enfants les plus actifs comparativement aux enfants les plus sédentaires (IMC : 18,6 *versus* 20,3 et somme des plis cutanés : 74,1 *versus* 95,1 respectivement) (Moore et coll., 1995 et 2003). Ainsi, il est avéré que les enfants obèses sont moins actifs que leurs homologues normopondéraux quel que soit le sexe (Page et coll., 2005). Cependant, les études utilisées dans les méta-analyses (Marshall et coll., 2004) ou dans les revues de synthèse (Must et Tybor, 2005 ; Wareham et coll., 2005) ne permettent pas de déterminer si une activité physique réduite est la cause ou la conséquence de la surcharge pondérale chez les enfants et les adolescents. Des études complémentaires sont nécessaires pour établir les réelles relations entre activité physique, sédentarité et obésité de l'enfant et de l'adolescent.

Récemment, Taveras et coll. (2007) ont étudié les relations pouvant exister entre des indicateurs de sédentarité tels que les heures passées à regarder la télévision et l'activité physique chez des pré-adolescents âgés de 10 à 15 ans. Les résultats ne font pas état de relation significative entre les modifications de comportements sédentaires (diminution des heures passées devant la télévision) et l'activité physique. Ainsi, une heure de moins par semaine passée devant la télévision n'entraîne qu'une faible augmentation (2 minutes) de la pratique d'activité physique d'intensité modérée à intense.

Ces éléments accentuent l'idée que l'activité physique et la sédentarité sont bien des concepts différents et qu'une stratégie efficace nécessite une intervention tant sur la diminution des comportements sédentaires que sur l'augmentation de l'activité physique (Ekelund et coll., 2006).

Conséquences de l'activité physique de l'enfant sur le risque ultérieur d'obésité

Un niveau élevé de capacité cardio-respiratoire pendant l'enfance ou l'adolescence est associé à un plus faible pourcentage de graisse corporelle et à un profil de risque cardiovasculaire plus faible (Brage et coll., 2004). D'après une revue de synthèse récente (Must et Tybor, 2005), les données des études prospectives chez les jeunes suggèrent que l'augmentation de l'activité physique et la diminution des comportements sédentaires sont protectrices vis-à-vis du gain de poids durant l'enfance et l'adolescence. Ces effets

étaient cependant considérés comme d'amplitude modeste. De façon intéressante, certaines données suggèrent que le niveau habituel d'activité physique pendant l'enfance ou l'adolescence serait associé à la composition corporelle à l'âge adulte (Wareham et coll., 2005). Certaines études longitudinales suggèrent qu'un niveau faible de capacité cardio-respiratoire pendant l'enfance et l'adolescence est associé ultérieurement à différents facteurs de risque cardiovasculaire tels que l'hypertension, les dyslipidémies et l'obésité. Ces données dans leur ensemble plaident pour que les mesures préventives puissent être mises en place précocement.

Activité physique, prévention de l'obésité et de ses comorbidités

Si on manque encore de données solides démontrant, avec la méthode des interventions par essais randomisés, le rôle de l'activité physique dans la prévention de l'obésité, les bénéfices en termes de santé d'une activité physique d'intensité modérée sur une base régulière, par exemple la diminution du risque de mortalité cardiovasculaire, s'appliquent à tous les sujets indépendamment de leur statut pondéral.

Prévention du gain de poids et de la reprise de poids

Il n'y a pas de consensus ni de valeur reconnue concernant le volume d'activité physique nécessaire à la prévention du gain de poids au niveau de la population. L'allure de la courbe dose-réponse n'est pas non plus définie de façon claire. Ce champ apparaît d'une grande complexité, en particulier si l'on prend en compte le fait qu'il devient de plus en plus difficile d'équilibrer les apports et les dépenses énergétiques dans un environnement d'abondance alimentaire et d'activité physique réduite (Blair et coll., 2004).

Un point essentiel à reconnaître est que les recommandations d'activité physique pour la population générale développées dans le rapport du *Surgeon General* des États-Unis (*US Department of Health and Human Services*, 1996) ou dans la publication CDC/ACSM (Pate et coll., 1995) – à savoir 30 minutes par jour d'activité d'intensité modérée la plupart des jours de la semaine – étaient d'abord centrées sur la dose d'activité physique nécessaire à la prévention des pathologies chroniques en général, sans s'adresser spécifiquement à la question de la prise en charge du surpoids et de l'obésité, ni à celle du contrôle du poids corporel (Blair et coll., 2004) (voir le chapitre sur les recommandations d'activité physique en population générale).

Dans un document de consensus publié en 2003 par l'Association internationale d'étude de l'obésité (*International Association for the Study of Obesity*, IASO) (Saris et coll., 2003), la contribution importante de ces 30 minutes

d'activité d'intensité modérée au maintien de la santé en général est reconnue, même chez les sujets en surpoids et obèses. Cependant, et c'est là le point critique, ce volume d'activité pourrait être insuffisant chez un certain nombre de sujets pour permettre de maintenir leur poids sur le long terme. Chez ces sujets, une augmentation de l'activité physique habituelle (augmentation de la durée, par exemple 45 à 60 minutes d'activité modérée par jour et/ou de l'intensité), ou une diminution des apports énergétiques, est donc recommandée pour la prévention du gain de poids chez l'adulte (Fogelholm et Kukkonen-Harjula, 2000 ; Saris et coll., 2003).

Concernant la reprise de poids après amaigrissement, il n'y a pas encore non plus de consensus sur le volume d'activité physique permettant la prévention de la reprise de poids après amaigrissement. Cependant, différentes données suggèrent qu'il serait nécessaire de pratiquer au moins 60-90 minutes d'activité d'intensité modérée, ou des volumes moins importants d'activité d'intensité élevée, chez l'adulte, dans le but de maintenir le poids après perte initiale (Saris et coll., 2003).

Prévention des comorbidités de l'obésité

Le diabète de type 2 est une complication majeure de l'obésité (OMS, 2000). Dans ce domaine, il a été montré par plusieurs essais contrôlés randomisés dont les résultats sont concordants, que des modifications du mode de vie, incluant une augmentation de l'activité physique habituelle, pouvaient prévenir, ou retarder, le développement d'un diabète de type 2 chez des sujets à risque (intolérants au glucose) indépendamment du statut pondéral (Tuomilehto et coll., 2001 ; Knowler et coll., 2002). De plus, dans une analyse récente de l'un de ces essais d'intervention (étude finlandaise *Diabetes Prevention Study*), il a été montré que la seule pratique d'une activité physique d'intensité modérée était déjà associée à une réduction importante du risque de diabète de type 2 (Laaksonen et coll., 2005). Toutes ces données sont parmi les plus importantes publiées au cours des dernières années dans le champ du mode de vie et de ses conséquences sur la santé. Ceci démontre en effet avec le niveau de preuve d'une intervention randomisée contrôlée qu'une augmentation de l'activité physique dans la vie habituelle peut avoir un impact majeur sur l'état de santé des individus et des populations.

Il a été montré plus récemment qu'un faible niveau de capacité cardio-respiratoire était un puissant prédicteur de l'incidence du syndrome métabolique, chez l'homme comme chez la femme (LaMonte et coll., 2005). Ceci pourrait représenter un des mécanismes à l'origine de l'augmentation du risque cardiovasculaire chez les sujets avec faible niveau de capacité cardio-respiratoire (condition physique). De plus, la capacité cardio-respiratoire apparaît associée à un moindre risque de mortalité (totale) indépendamment du statut pondéral ou de la présence d'un syndrome métabolique, pour le sexe masculin (Katzmarzyk et coll., 2005).

Les bénéfices en termes de santé cardiovasculaire d'une activité physique au moins modérée paraissent s'appliquer à tous les sujets indépendamment du statut pondéral. Les données de plusieurs études indiquent en effet que les sujets en surpoids ou obèses avec des niveaux de capacité cardio-respiratoire modérés à élevés, ou qui sont actifs physiquement, ont un risque de mortalité (toutes causes et cardiovasculaire) plus faible que les sujets de corpulence normale qui sont inactifs physiquement ou avec de faibles niveaux de capacité cardio-respiratoire (Wei et coll., 1999 ; Blair et coll., 2004). Une activité physique, au moins modérée et régulière, pourrait ainsi accroître la longévité chez les sujets obèses indépendamment de leur statut pondéral et d'une perte de poids.

Importance de la réduction de la sédentarité chez les enfants

Dans une étude contrôlée randomisée réalisée par Robinson (1999), l'effet d'une réduction du temps de télévision, vidéo ou jeux vidéo sur la corpulence a été évalué chez 106 élèves d'une école primaire de l'état de Californie. Cent vingt et un élèves d'une école voisine ont servi de témoins. L'âge moyen de ces enfants était de 9 ans. L'intervention consistait en 18 cours sur une durée de 6 mois, inclus dans l'emploi du temps habituel et destinés à limiter le temps de télévision et vidéo à 7 heures hebdomadaires. Par comparaison avec le groupe témoin, il était observé dans le groupe intervention une diminution significative de l'IMC, du pli cutané tricipital, de la circonférence de la taille et du rapport taille/hanches (différences entre groupes après ajustement sur le sexe, l'âge et l'IMC initiaux, respectivement de $-0,45 \text{ kg/m}^2$, $-1,47 \text{ mm}$, $-2,3 \text{ cm}$, $-0,02$). Le nombre de repas pris devant la télévision était également significativement diminué chez les enfants du groupe intervention.

Il y a peu d'études publiées ayant démontré une efficacité dans la prévention de l'obésité chez les jeunes mais de nombreux travaux sont en cours (Katzmarzyk et coll., sous presse). Ainsi, par exemple, en France, l'étude ICAPS⁵⁸ (Simon et coll., 2004 et 2006) portant sur l'augmentation de l'activité physique dans le cadre scolaire mais en dehors des heures d'éducation physique et sportive, et sur la diminution de la sédentarité a permis une diminution significative de l'incidence de l'obésité après 4 ans de suivi chez des collégiens du Bas-Rhin qui étaient de poids normal à l'entrée dans l'étude (Katzmarzyk et coll., sous presse).

58. ICAPS : Intervention auprès des Collégiens centrée sur l'Activité Physique et le Comportement Sédentaire

Activité physique dans la prise en charge de l'adulte obèse

Dans le cadre de la prise en charge globale des patients obèses, l'activité physique participe au maintien du poids au décours d'une perte de poids initiale, par des mécanismes à la fois physiologiques et psychologiques. De plus, l'activité physique permet de réduire le risque cardiovasculaire, en partie indépendamment des variations de poids, et est associée à une augmentation de la qualité de vie (Oppert et Dalarun, 2004).

La perte de poids obtenue en associant régime et programme d'activité physique est supérieure à celle résultant du régime seul, la différence entre les deux types de prises en charge n'étant cependant que de l'ordre de quelques kg (Wing, 1999). Cet effet de l'activité physique sur la perte de poids reste donc modeste. Une explication en est que la dépense énergétique supplémentaire induite par l'activité physique reste quantitativement limitée par rapport à la dépense énergétique de base des 24 heures. Pour obtenir une perte de poids importante, il faudrait pratiquer plusieurs heures d'entraînement intensif par jour, ce qui est bien entendu impossible pour une majorité de patients obèses. En termes de bilan des substrats énergétiques, il faut noter que l'exercice physique est le seul moyen d'augmenter l'oxydation des substrats lipidiques. L'oxydation lipidique est la plus élevée, en valeur relative, pour des efforts d'intensité modérée mais prolongés (Saris, 1998).

La perte de masse maigre sous régime seul est de l'ordre de 25 % du poids perdu alors qu'elle est de 12 % seulement quand le régime est associé à un programme d'activité physique de type endurance (Ballor et Poehlmann, 1994). Cet effet sur la composition corporelle est important car une diminution de masse maigre est associée, non seulement à une réduction de la dépense énergétique pouvant favoriser la reprise de poids ultérieure, mais également à une altération potentielle des capacités fonctionnelles du patient. Par ailleurs, l'effet de l'activité physique en termes de réduction de la masse grasse viscérale abdominale, indépendamment de la perte de masse grasse totale, reste discuté (Ross et Janssen, 2001).

Le maintien du poids ou la moindre reprise de poids après une perte de poids initiale représente un des intérêts majeurs de l'activité physique dans la prise en charge des patients obèses (Fogelholm et Kukkonen-Harjula, 2000 ; Hill et Wyatt, 2005). Le niveau de dépense énergétique due à l'activité physique correspondant au seuil de maintien du poids (ou une moindre reprise de poids) est encore mal défini.

Différentes anomalies liées au syndrome d'insulino-résistance ou syndrome métabolique (tolérance au glucose, profil lipidique, pression artérielle) sont améliorées par la pratique régulière d'une activité physique d'intensité modérée. Le point important dans ce domaine est que, chez les patients obèses non diabétiques, des modifications favorables de la sensibilité à

l'insuline, de la tolérance au glucose et du profil lipidique sous l'effet d'un entraînement régulier peuvent être observées indépendamment des modifications du poids ou de la masse grasse et en l'absence de modifications majeures de la capacité cardio-respiratoire (VO_2 max) (Després et Lamarche, 1993).

De façon générale, l'activité physique peut avoir des effets positifs sur le plan psychologique en améliorant l'humeur, la sensation de bien-être et l'estime de soi (*US Department of Health and Human Services*, 1996). Il n'est pas nécessaire de pratiquer une activité physique d'intensité élevée pour obtenir ce type de bénéfices psychologiques qui pourraient être associés à une meilleure adhérence aux conseils diététiques. Dans le cas spécifique des patients obèses, ces effets demandent toutefois à être mieux précisés (Oppert et Dalarun, 2004).

Sur le plan pratique, la difficulté dans tous les cas est d'inciter des sujets « inactifs et sédentaires » à reprendre goût au mouvement et à devenir au moins modérément actifs, de façon régulière dans leur vie quotidienne, à long terme. Il s'agit d'intégrer l'activité physique dans le registre du bien-être autant que dans celui de l'amélioration de l'état de santé (Oppert et Dalarun, 2004). Les conseils visent à remobiliser, à limiter la sédentarité et à promouvoir une activité physique d'intensité modérée sur une base régulière. L'aide du kinésithérapeute ou du psychomotricien peut être précieuse en particulier dans les situations d'obésité massive et/ou quand le patient est peu motivé. Pour améliorer la compliance, les conseils sont à individualiser et à réévaluer en fonction de chaque patient, après une évaluation initiale détaillée de l'activité physique habituelle, des capacités fonctionnelles, des obstacles et de la motivation. Les conseils d'activité physique doivent être considérés dans une perspective de progression individuelle visant la réorganisation du mouvement dans ses aspects moteurs et sensoriels.

Activité physique dans la prise en charge de l'enfant et de l'adolescent obèses

L'intérêt de l'activité physique dans le traitement de l'obésité infantile n'est plus à démontrer. Les effets de la pratique d'activité physique sont multiples et portent sur la composition corporelle, les profils métaboliques et les facteurs psychologiques. La meilleure stratégie de prise en charge repose sur la réduction des comportements sédentaires, sur l'intensification de l'activité physique associée à l'amélioration de l'alimentation.

Dans la prise en charge de l'obésité infantile, l'association de l'intensification de l'activité physique et/ou la réduction des comportements sédentaires à une restriction alimentaire représente la meilleure stratégie. Dans ce

contexte les relations qui unissent l'activité physique, la sédentarité et l'alimentation (en particulier la régulation de l'appétit) restent à élucider. Des études récentes permettent d'affiner les prescriptions d'activité physique en précisant les modalités d'application. La prise en compte de certains déterminants, tels que l'accès aux lieux de pratique physique, le soutien du milieu familial, comme facteurs de réussite est fondamentale, mais reste un important champ d'investigation. En effet, la réussite de la prise en charge de l'enfant et de l'adolescent obèse repose sur la stabilisation de la masse corporelle par la pérennisation d'une pratique physique et d'une alimentation adaptée à long terme. Toute la difficulté réside dans la modification des comportements (sédentarité, activité physique et alimentation) et dans l'individualisation des activités physiques pour que les enfants continuent de pratiquer après le traitement.

Lutte contre la sédentarité

La prescription de l'activité physique pour le traitement de l'obésité infantile repose en partie sur la promotion d'une activité physique spontanée fondée sur une modification des habitudes de sédentarité (Epstein et coll., 1998).

Ces éléments suggèrent deux types d'actions : diminuer le temps passé à des comportements sédentaires et/ou augmenter l'activité physique.

Plusieurs travaux ont mis en évidence l'intérêt des interventions visant à réduire les activités sédentaires chez les enfants, en particulier le temps passé à regarder la télévision et à jouer aux jeux vidéo, pour la diminution de la prévalence de l'obésité infantile (Robinson, 1999 ; Epstein et coll., 2000). Il ne fait aucun doute à l'heure actuelle que cette stratégie est à promouvoir.

Cependant, il reste à savoir si l'augmentation de l'activité physique engendre une réduction proportionnelle des comportements sédentaires. L'étude récente de Epstein et coll. (2005) a montré que la relation entre sédentarité et activité physique est asymétrique. Ainsi, l'augmentation de la sédentarité entraîne une importante diminution de l'activité physique. À l'opposé, une augmentation de l'activité physique n'engendre qu'une faible diminution des comportements sédentaires. Autrement dit, la diminution de l'activité physique entraînée par l'augmentation de la sédentarité est plus importante que la diminution des comportements sédentaires engendrée par une augmentation de l'activité physique.

Epstein et coll. (1995) ont étudié les effets de la diminution des comportements sédentaires et de l'augmentation de l'activité physique sur la masse grasse, chez des enfants obèses de 8 à 12 ans. Mesurée par impédancemétrie, la masse grasse était significativement plus faible chez les sujets qui ont réduit leurs comportements sédentaires (-4,8 %) que chez les sujets qui ont augmenté leur activité physique (-1,2 %).

Effets de l'activité physique au niveau énergétique

Le rôle de l'activité physique dans la prévention et la prise en charge de l'obésité de l'enfant et de l'adolescent est majeur. L'objectif assigné à l'activité physique est double : une action directe d'ordre quantitatif en augmentant la dépense énergétique totale et d'ordre qualitatif en améliorant l'utilisation des lipides et une action indirecte sur les paramètres régulateurs de la prise de poids tels que la prise alimentaire.

Dépense énergétique

Dans la prise en charge de l'obésité infantile, l'activité physique a plusieurs fonctions : d'une part l'augmentation de la dépense énergétique en accentuant la participation des lipides dans la fourniture d'énergie, et d'autre part la stimulation de la masse musculaire. Les dépenses énergétiques liées aux activités physiques résultent des petits mouvements d'activités spontanées (*fidgiting*) et des activités physiques volontaires. Ces dernières représentent la composante la plus variable de la dépense énergétique journalière, de 15 à 30 % selon les individus, et dépendent principalement des niveaux habituels d'activité physique (sédentaire, modérément actif ou actif) et du sexe (Ravussin et coll., 1992).

Diverses études ayant comparé la durée des activités physiques pratiquées par des enfants ou des adolescents non-obèses ou obèses et les dépenses énergétiques correspondantes fournissent des informations intéressantes mais apparemment contradictoires. Selon différents auteurs (Maffeis et coll., 1997 ; Dietz et Gortmaker, 2001), le pourcentage de masse grasse est directement proportionnel au temps consacré aux activités sédentaires, tandis que pour d'autres la quantité totale des activités physiques (Davies et coll., 1995) et le temps consacré aux activités physiques modérées représentent les facteurs les plus importants (Dionne et coll., 2000 ; McMurray et coll., 2000).

Cependant, une plus grande sédentarité des sujets obèses ne correspond pas forcément à une moindre dépense énergétique journalière. En effet, plusieurs études ne montrent pas de différence significative de dépense énergétique journalière, de dépense énergétique liée aux activités physiques et de niveau d'activité physique entre des enfants normo-pondéraux et des enfants obèses (Bandini et coll., 1990 ; DeLany et coll., 1995 ; Maffeis et coll., 1996 ; Treuth et coll., 1998a). Le déplacement du corps représente un travail plus important et donc une dépense énergétique plus élevée par unité d'exercice et de temps, pour un sujet obèse comparativement à un sujet normo-pondéral (Maffeis et coll., 1993). Pour ces raisons, la réduction du temps consacré aux activités physiques plus que la variation de dépense énergétique journalière, semble expliquer la prise de masse corporelle des enfants (Ekelund et coll., 2002).

La relation existant entre l'activité physique spontanée et l'activité physique encadrée pose également question. L'étude de Wilkin et coll. (2006) montre

que la quantité hebdomadaire d'activité physique mesurée par accélérométrie n'est significativement pas différente entre des groupes d'enfants pré-pubères (≈ 6 ans) qui pratiquent 9 h, 2,2 h ou 1,8 h d'activité physique à l'école. Ce constat va dans le sens d'un rééquilibrage involontaire entre l'activité physique encadrée et l'activité physique spontanée. Cette hypothèse semble confirmée par l'étude de Donnelly et coll. (1996) chez des enfants plus âgés (8-10 ans), qui montre que les enfants ayant participé à un programme d'activité physique avaient par ailleurs diminué leur activité physique en dehors de l'école.

Substrats énergétiques

Plusieurs travaux ont montré que les interventions portant sur l'activité physique n'entraînaient pas ou peu d'augmentation de la dépense énergétique journalière (Blaak et coll., 1992; Treuth et coll., 1998a). L'activité physique ne peut être efficace pour traiter l'obésité que si elle a un effet sur la masse grasse (Inserm, 2000). Il est donc fondamental de s'intéresser à la contribution respective des lipides et des glucides à la production d'énergie. Cette participation dépend de l'intensité de l'exercice réalisé qui va en conditionner la durée (Brooks et Mercier, 1994). Au repos, les lipides sont les sources énergétiques principales des muscles non actifs à hauteur de 60 % (Brooks, 1997) et chez la personne non obèse l'intensité relative pour laquelle l'oxydation des lipides est maximale se situe approximativement à 50 % des capacités maximales chez l'enfant et à 45 % chez l'adulte (Perez-Martin et coll., 2001 ; Ridell et coll., 2004). L'activité physique à faible intensité favorise la mobilisation et l'utilisation des lipides au cours de l'exercice, tant chez la personne obèse (Brandou et coll., 2003) que chez le sujet normo-pondéral (Klein et coll., 1994 ; Jeukendrup et coll., 1998). L'augmentation de l'intensité de l'exercice entraîne une utilisation de plus en plus prépondérante des glucides au détriment des lipides (Brooks, 1997). De plus, la capacité à mobiliser et à utiliser plus ou moins les lipides en fonction de l'intensité et de la durée de l'exercice est dépendante des stades de maturation des enfants et adolescents (Stephens et coll., 2006).

Régulation de l'appétit

La relation entre la dépense énergétique liée à l'activité physique et l'apport alimentaire d'énergie est un thème classique des recherches s'intéressant à la balance énergétique. L'activité physique a le potentiel de réguler le contrôle de l'appétit par l'augmentation de la sensibilité des signaux physiologiques de la satiété, en ajustant la préférence des macronutriments ou le choix des aliments, et en altérant la réponse hédoniste à l'alimentation (Blundell et coll., 2003).

La nature de la relation entre l'activité physique et l'appétit reste à élucider. Les données discordantes peuvent être expliquées par des durées d'intervention différentes et par la diversité des variables (quantité d'énergie totale,

nature des aliments...) et des marqueurs biologiques (leptine, adiponectine, ghréline...) étudiés.

Les personnes dont l'activité physique pratiquée a un coût énergétique élevé bien qu'inférieur à 4 MJ par jour pendant 14 jours ne montrent aucune modification dans les apports alimentaires (Blundell et coll., 2003). En revanche, la pratique d'une activité physique intense s'accompagne d'une réduction de l'appétit à court terme (Blundell et King, 1999). Cependant, plus globalement les résultats analysant la relation entre activité physique et apports alimentaires restent très divergents avec seulement 19 % des études d'intervention rapportant une augmentation des apports nutritionnels après exercice, 65 % ne montrant pas de modification et 16 % faisant état d'une diminution de l'alimentation (Blundell et King, 1999).

À l'heure actuelle où la prévalence de l'obésité augmente, où l'activité physique diminue et où la consommation alimentaire est élevée, la relation entre l'activité physique et le contrôle de l'appétit a besoin de plus de recherches. Ainsi, les mécanismes à partir desquels l'activité physique et l'alimentation interagiraient pour favoriser la prise de poids et l'apparition de complications métaboliques et vasculaires associées à l'obésité reste un champ à explorer.

De nombreuses études ont porté sur la régulation de l'appétit par des hormones telles que la ghréline, mais surtout la leptine. La leptine est un marqueur des variations des stocks énergétiques et son rôle apparaît important tant au niveau de la prise alimentaire (action inhibitrice) que de la dépense énergétique (action stimulatrice) par l'intermédiaire de son interaction avec ses récepteurs spécifiques de l'hypothalamus. Elle active les voies anorexigènes et inhibe les voies orexigènes. Les études récentes ont mis en évidence une protéine agissant au niveau musculaire en accélérant le métabolisme des graisses tout en limitant l'appétit, appelée le facteur neurotrophique ciliaire. Cette protéine active l'AMP kinase, une enzyme qui augmente la capacité à métaboliser les lipides (Watt et coll., 2006).

Le contrôle central de l'appétit « appestat » est un concept reconnu. L'existence d'un mécanisme correspondant pour l'activité physique « activitystat » (Metcalf et coll., 2004 ; Wilkin et coll., 2006) qui contrôlerait la dépense d'énergie semble intuitivement probable, mais n'a jamais été démontré. Cette question ouvre un vaste champ d'investigation tant sur l'étude des mécanismes régulateurs de la dépense énergétique que sur les mécanismes qui contrôlent la relation entre activité physique et appétit.

Bénéfices de l'activité physique au niveau physique, physiologique et psychologique

La restriction alimentaire représente le moyen le plus développé de prise en charge de l'obésité de l'enfance à l'âge adulte. Les effets délétères des

restrictions énergétiques chez l'enfant sont nombreux et non négligeables : réduction de la masse maigre, du métabolisme de base, des troubles du comportement alimentaire, ralentissement de la croissance... L'objectif du traitement de l'obésité chez l'enfant et l'adolescent n'est pas tant d'obtenir une perte de masse corporelle que de limiter cette dernière. L'activité physique représente donc un intérêt particulier puisqu'elle fait appel aux réserves énergétiques (tissus adipeux entre autres) et qu'elle pourrait contrecarrer les effets délétères de la restriction alimentaire en stimulant la masse musculaire (Ballor et Poehlman, 1994).

Activité physique sans restriction alimentaire

Aujourd'hui, de nombreuses études montrent que l'activité physique pratiquée régulièrement est bénéfique pour la santé globale des jeunes et des moins jeunes, obèses ou non obèses (Blair et coll., 1989 ; Lee et Paffenbarger, 2000 ; Twisk, 2001 ; Andersen et coll., 2006).

L'activité physique seule a peu ou pas d'effet sur la variation de masse corporelle des jeunes obèses (Epstein, 1995). La majorité des études s'intéressant à l'obésité infantile utilise les exercices musculaires de type endurance c'est-à-dire aérobie, pour leur qualité à augmenter la dépense énergétique. La récente revue de Watts et coll. (2005) fait état de peu d'études contrôlées et souligne la pauvreté des références ayant étudié spécifiquement l'effet de l'activité physique. Sur les 11 études référencées avec un groupe témoin, 9 montrent une diminution significative de la masse grasse totale entre 1,6 à 4,1 % (% masse grasse par DEXA ou somme des plis cutanés) pouvant atteindre une diminution de 16,1 % du tissu adipeux abdominal (Owens et coll., 1999) suite à un programme d'activité physique basé sur des exercices aérobies. Dans le même ordre d'idée, la masse maigre est augmentée sur la même période pour les études qui ont pu l'évaluer.

Les études contrôlées ayant mis en place un programme d'activité physique de renforcement musculaire ou combinant aérobie et résistance sont rares. Treuth et coll. (1998b) ont étudié l'effet d'un entraînement de renforcement musculaire d'une durée de 5 mois chez des jeunes filles obèses pré-pubères (7-10 ans). Leurs résultats ne font pas état de modification de composition corporelle chez les filles entraînées comparativement aux filles non entraînées (masse maigre, masse grasse, tissu adipeux sous-cutané, graisse abdominale inchangés). Une étude originale de Watts et coll. (2004a) associe dans le programme d'activité physique, des exercices aérobies et des exercices de résistance. Après 8 semaines d'entraînement, la graisse abdominale a significativement diminué chez les adolescents obèses (12-16 ans), alors que la masse corporelle et l'IMC n'ont pas été modifiés. La méta-analyse de Atlantis et coll. (2006) portant sur l'effet spécifique de l'activité physique dans le traitement de l'obésité chez les jeunes (environ 12 ans) confirme ces résultats.

Bien que les performances physiques soient inférieures chez les enfants obèses comparativement à des enfants non-obèses (Graf et coll., 2004), les aptitudes musculaires de force et de puissance sont supérieures chez l'enfant obèse lorsque les variables sont exprimées en valeurs absolues, inférieures lorsqu'elles sont normalisées à la masse corporelle et identiques lorsqu'elles sont relativisées à la masse maigre (Blimkie et coll., 1989 ; Duché et coll., 2002). Concernant les aptitudes cardio-respiratoires sous-maximales ou maximales, les performances des enfants obèses sont significativement plus faibles que celles des enfants normo-pondéraux (Maffei et coll., 1997 ; Goran et coll., 2000). Le coût métabolique plus élevé pour une activité donnée chez le sujet obèse explique une fréquence cardiaque plus élevée (Norman et coll., 2005), une fréquence cardiaque maximale plus faible, une fréquence cardiaque de réserve plus basse (Goran et coll., 2000) et une efficacité myocardique plus faible (Peterson et coll., 2004). L'aptitude cardio-respiratoire est directement corrélée avec le pourcentage de masse grasse (Nassis et coll., 2005). Autrement dit, la difficulté à réaliser un exercice physique aérobique serait principalement due à une demande métabolique très élevée pour « supporter » la surcharge pondérale plutôt qu'à une véritable diminution de l'aptitude cardio-respiratoire (Goran et coll., 2000).

Très peu d'études se sont intéressées à l'effet isolé de l'activité physique en absence de restriction alimentaire sur les aptitudes physiques des jeunes obèses. Leurs résultats montrent une amélioration des aptitudes aérobies et anaérobies (Treuth et coll., 1998b ; Kain et coll., 2004). Cependant, il est important de noter que ces améliorations sont dépendantes de la perte de masse corporelle. Les programmes d'activité physique entraînent une diminution de la fréquence cardiaque sous-maximale, témoin de l'amélioration de la condition physique (Malina et Katzmarzyk, 2006). Autrement dit, les performances physiques sont améliorées chez l'enfant et chez l'adolescent obèses lorsqu'elles sont évaluées par des paramètres sous-maximaux, les paramètres maximaux n'étant pas ou très peu modifiés.

Peu d'études se sont intéressées à l'effet de l'activité physique seule chez le jeune obèse sur les variables hémodynamiques, telles que le débit cardiaque, les pressions artérielles et les résistances périphériques. Les résultats disponibles vont dans le sens d'une non modification de ces paramètres à l'issue de 4 mois de programme d'activité physique (Humphries et coll., 2002 ; Watts et coll., 2004b).

L'effet de l'activité physique sur le profil lipidique des jeunes obèses n'est pas encore très clairement établi. Les données de la littérature sont divergentes, en raison de la diversité de durée des programmes. Après 8 semaines de pratique d'activité physique, le profil lipidique représenté par les niveaux de HDL, LDL-cholestérol et les triglycérides plasmatiques n'est que légèrement amélioré. En revanche, plusieurs travaux suggèrent que l'activité physique est associée à une amélioration du métabolisme glucidique, estimée par une diminution du taux plasmatique d'insuline et le niveau

d'hémoglobine glyquée (voir la revue de synthèse de Watts et coll., 2005). Un programme d'activité physique aérobie de 4 mois à raison de 5 jours par semaine entraîne une diminution de concentration de leptine alors que 4 mois d'inactivité engendrent une augmentation de leptine (Gutin et coll., 1999).

Activité physique avec restriction alimentaire

La majorité des études qui ont analysé l'effet de l'exercice sur l'obésité infantile ont comparé l'association activité physique et restriction énergétique à une restriction seule (Watts et coll. 2005). Plusieurs travaux ont montré que l'activité physique renforce les effets bénéfiques de l'intervention nutritionnelle (Ebbeling et Rodriguez, 1999 ; Epstein et Goldfield, 1999). En revanche, l'effet isolé de l'exercice physique n'a pas été vraiment étudié.

Lorsque l'activité physique est associée à une diète, l'essentiel de la perte de poids semble être associé à la restriction énergétique et non à l'activité physique (Bar-Or et coll., 1998). La perte de masse corporelle suite à un programme d'activité physique associé à une restriction alimentaire est toujours supérieure à celle obtenue avec l'activité physique seule, que les exercices musculaires soient de type endurant ou résistant (Epstein et coll., 1985 ; Sothorn et coll., 2000). En revanche, les auteurs s'accordent à dire que les bénéfices de la prise en charge (activité physique et restriction énergétique) perdurent plusieurs mois, mais ont totalement disparu un an à un an et demi après (Lazzer et coll., 2005).

La majorité des études montrent que l'activité physique associée à une restriction énergétique entraîne une diminution significative de la masse grasse (Hills et Parker, 1988 ; Dao et coll., 2004a ; Lazzer et coll., 2005). Les effets délétères de la restriction sur la masse maigre semblent persister si l'activité physique est associée au régime alimentaire. Toutefois, certaines études montrent que l'activité physique permet de ralentir la perte de masse maigre (van Dale et Saris, 1989). Ballor et Poehlman (1994) ont observé qu'un programme en endurance associé à une restriction alimentaire permettait de limiter significativement la part de masse maigre perdue en comparaison à une restriction seule (11 % *versus* 28 %).

L'intensité des exercices musculaires utilisés est une variable importante. En effet, plus l'intensité est élevée et plus la masse maigre pourra être maintenue (Schwingshandl et coll., 1999 ; Gutin et coll., 2002). Cependant, il est actuellement très difficile, au travers des études référencées, de différencier la part respective de l'activité physique, de la restriction énergétique et de la croissance dans les effets de l'intervention sur la masse maigre.

Chez les adolescents obèses, les performances physiques anaérobies et aérobie augmentent significativement après une prise en charge associant l'activité physique et une restriction énergétique (Dao et coll., 2004b ; Lazer et coll., 2005). Comme pour l'activité physique seule, les performances physiques sont améliorées lorsqu'elles sont évaluées par des paramètres sous-maximaux. Les améliorations observées sont dépendantes de la perte de masse corporelle.

Les études qui se sont intéressées aux variables hémodynamiques notent que chez les jeunes obèses suivant un programme associant restriction énergétique et exercice, les pressions artérielles diastoliques et systoliques diminuent. Ce résultat n'est pas retrouvé chez les sujets ne suivant qu'une diète (Becque et coll., 1988 ; Rocchini et coll., 1988).

L'étude de Becque et coll. (1988) fait état d'une amélioration significative des paramètres de risque cardiovasculaire. En effet, après 20 semaines de programme multidisciplinaire (entraînement aérobie et diète), le niveau de HDL-cholesterol est fortement diminué, comparativement à la diète seule. La restriction énergétique semble être un facteur aussi important que la pratique d'activité physique dans la diminution des facteurs de risque de maladies cardiovasculaires (voir la revue de synthèse de Watt et coll., 2005).

En résumé, les travaux menés chez l'enfant et chez l'adolescent montrent un effet significatif de la pratique d'activité physique régulière sur la composition corporelle et sur les aptitudes physiques. L'effet de l'activité physique sur la perte de masse corporelle est controversé mais l'activité physique permet de réduire la masse grasse totale, la masse grasse abdominale et de contrecarrer la perte de masse musculaire lors d'une restriction énergétique. La stratégie de prise en charge associant l'activité physique et une restriction énergétique apporte des résultats plus satisfaisants, que la pratique d'activité physique seule. Cependant, il faut noter que la majorité des études donnent des résultats à court terme (10 à 12 mois). L'activité physique permet aussi de prévenir la prise de poids et de maintenir la masse corporelle après la perte de poids (Pedersen et Saltin, 2006).

Il est difficile de dissocier totalement les bénéfices physique et physiologique, des bénéfices psychologiques résultant de la prise en charge. Même s'il existe relativement peu d'études sur ce sujet, il apparaît qu'une perte de masse corporelle entraîne une amélioration de la qualité de vie (Sarlio-Lahteenkorva et coll., 1995). De plus, indépendamment de la perte de poids, l'activité physique a aussi des bénéfices sur la santé psychosociale en améliorant l'estime de soi et en diminuant l'anxiété et la dépression, en particulier chez l'adolescent (Calfas et Taylor, 1994 ; Rejeski et coll., 1996). Les jeunes pratiquant une activité sportive plusieurs fois par semaine s'estiment en meilleure santé que les adolescents sédentaires. L'activité physique contribue également à diminuer le stress, à améliorer l'humeur et aurait un effet antidépresseur (Shephard, 1984).

L'étude de Deforche et coll. (2005) met en évidence que les enfants obèses ont peu confiance en leurs capacités à surmonter les obstacles empêchant la pratique d'une activité physique. Après 6 mois d'intervention, bien qu'il y ait un retour aux comportements initiaux (faible activité physique et alimentation riche en graisse), 60 % des enfants ont un niveau d'activité physique plus élevé qu'avant l'intervention.

Durée du traitement

D'une façon générale, 50 % des effets bénéfiques sont obtenus dès les premières semaines de la prise en charge (Epstein et coll., 1995). Le suivi après intervention est généralement de courte durée, en moyenne 16 semaines \pm 7 semaines (Atlantis et coll., 2006), bien que deux études rapportent un suivi de 52 semaines (Epstein et coll., 1985 ; Woo et coll., 2004).

Quelques études font état d'une prise en charge multidisciplinaire en centre médicalisé d'adolescents obèses, d'une durée allant de 6 à 12 mois (Dao et coll., 2004a et 2004b ; Deforche et coll., 2005 ; Lazzar et coll., 2005). Ces études montrent de très bons résultats à l'issue de la prise en charge. Quelques mois après, les bénéfices sont toujours présents. Cependant, les tendances s'inversent et les effets ont disparu un an et demi après (Deforche et coll., 2005) (tableau 19.I).

Tableau 19.I : Évolution du statut pondéral d'adolescents (13-14 ans, n=47) au début, à la fin et 1,5 an après 10 mois de traitement (Deforche et coll., 2005)

	Début	Fin	1,5 an après
% sujets obèses	100	8	60
% sujets en surpoids	-	30	36
% sujets normo-pondéraux	-	62	4

Les perspectives de recherche sur l'effet à long terme de la prise en charge de l'enfant obèse par l'activité physique renvoient aux limites des données de la littérature :

- la durée des études est trop courte, de quelques semaines à quelques mois ;
- la plupart des études ont inclus un trop petit nombre de sujets ;
- les résultats ne sont pas analysés en fonction de l'âge et encore moins du sexe ;
- aucune étude ne met en avant la période optimale de mise en place d'une intervention et/ou d'une prise en charge (prévention secondaire ou tertiaire) ;

- le nombre important de perdus de vue dans les études non retenues dans les méta-analyses qui peut atteindre 52 % (Anaes, 2003). Les causes de ce manque d'adhésion à des programmes de longue durée, déjà observé chez l'adulte, restent à élucider chez les jeunes.

Maziekas et coll. (2003) ont réalisé une méta-analyse d'études portant sur l'effet immédiat d'une prise en charge et son suivi un an après sur le pourcentage de masse grasse. Seules 8 études répondant aux critères ont pu être analysées. À partir de cette analyse, Maziekas et ses collaborateurs (2003) ont déterminé les variables les plus prédictives du maintien un an après de la perte de masse grasse obtenue dès l'arrêt de la prise en charge. Les variables les plus prédictives sont le pourcentage de masse grasse perdu immédiatement à la fin du traitement, la durée des sessions, le mode d'activité physique et la durée du programme d'activité physique. Outre les limites méthodologiques de ce type d'analyse, les résultats confirment la pauvreté d'études portant sur le suivi à long terme des effets d'une prise en charge.

Caractéristiques de l'activité physique

Les méta-analyses de Summerbell et coll. (2003 et 2005) publiées par la *Cochrane Database* ne permettent pas de conclure quant aux caractéristiques et aux modalités de la prise en charge idéale, quel que soit l'âge des enfants, quelle que soit la durée de la prise en charge et quelles que soient les caractéristiques de l'activité physique. Cependant, les recherches se sont appliquées à déterminer la modalité d'utilisation optimale d'au moins un des paramètres de l'activité physique : intensité, durée, fréquence et nature.

Intensité

Dans le cadre de la prise en charge de l'obésité de l'enfant et de l'adolescent, nous ne pouvons pas nous intéresser au programme d'activité physique sans nous poser la question de l'intensité de l'activité physique nécessaire pour obtenir une utilisation maximale des lipides (lipomax). Les connaissances en physiologie de l'exercice musculaire nous permettent de mieux comprendre le lien existant entre la durée et l'intensité de l'exercice. Le rapport intensité/durée détermine l'intensité optimale à appliquer dans les programmes d'activité physique (Brooks et Mercier, 1994). Le « lipomax » a été déterminé par calorimétrie indirecte pour différentes populations (tableau 19.II).

Tableau 19.II : Intensités de « lipomax »

Références	Population		Lipomax
Perez-Martin et coll., 2001	Adulte	Obèse	31 % Pmax th.
		Non obèse	45 % Pmax th.
Brandou et coll., 2006	Enfant	Obèse pré-pubère	50 % Pmax th.
		Obèse post-pubère	47 % Pmax th.
Riddell et coll., 2004	Enfant	Non obèse	50 % VO ₂ max

Pmax th : Puissance maximale aérobie théorique ; VO₂ max : Consommation maximale en oxygène

Une étude récente a mis en évidence le lien entre l'oxydation préférentielle des lipides en réponse à l'exercice et le stade de maturation de l'enfant (Stephens et coll., 2006). Les résultats ne font pas apparaître de différence significative entre les enfants pré-pubères et pubères, ainsi qu'entre post-pubères et adultes quant à l'intensité de l'exercice requise pour modifier l'oxydation des hydrates de carbone, des lipides et les concentrations de lactates. En revanche, il existe une différence significative entre pré-pubères/pubères et post-pubères/adultes avec une intensité « lipomax » plus élevée avant et pendant la puberté. Chez l'enfant et l'adolescent obèses, Brandou et coll. (2006) observent des résultats similaires. Cette étude met surtout en évidence que l'aptitude à utiliser les lipides, induite par l'exercice, est proportionnelle à la masse maigre.

Pour stimuler la lipolyse, 2 types d'exercices musculaires sont possibles :

- une activité physique continue à intensité faible proche du « lipomax » (Perez-Martin et coll., 2001 ; Achten et coll., 2002). Plusieurs travaux réalisés chez l'enfant comme chez l'adulte ont montré que l'entraînement axé sur des exercices de type endurant à faible intensité améliore l'utilisation des graisses (Jeukendrup et coll., 1998 ; Brandou et coll., 2003) ;
- des exercices intermittents à intensité élevée (intensité : activité physique > 9 METs ou exercice à 75 % de la puissance maximale aérobie) permettant une stimulation de la lipolyse au cours de la récupération (Tremblay et coll., 1990 ; Imbeault et coll., 1997). Ce type d'exercice à haute intensité peut être inadapté pour des sujets à haut risque cardiovasculaire.

Toutes les études portant sur ce sujet soulignent l'importance de l'individualisation des programmes d'activité physique (Schwingshandl et coll., 1999). Pour ce faire, il est nécessaire que les enfants et adolescents réalisent un bilan médical incluant les tests d'effort permettant de vérifier et de « calibrer » les réponses physiologiques à l'exercice.

Durée

L'oxydation des lipides augmente avec la durée de l'exercice. Après 40 minutes d'exercice, l'utilisation des acides gras libres devient prépondérante au détriment des glucides.

Ainsi, si on souhaite mobiliser et utiliser les acides gras au cours de l'exercice, l'activité physique devrait comporter des exercices de longue durée et de faible intensité. Cependant, les personnes obèses présentent un coût métabolique des activités physiques important (Maffei et coll., 1996). Ce surcoût énergétique entraîne une moindre adhésion et une moindre participation au programme d'activité physique, en raison de l'apparition précoce de la fatigue et de la douleur.

La difficulté de trouver un compromis idéal entre l'intensité, la durée et les possibilités des enfants et des adolescents rejait sur les prescriptions et les recommandations d'activité physique pour la population générale et obèse.

Pour les enfants et adolescents, les recommandations prescrites antérieurement étaient les mêmes que celles de l'adulte à savoir au moins 30 minutes par jour d'activité physique à intensité modérée (Pate et coll., 1995) ou au moins 150 minutes d'activité physique réparties sur 3 séances hebdomadaires (Jakicic et coll., 2001). Ce niveau de recommandation a été validé par plusieurs comités d'experts de santé américains. Cependant, pour empêcher la reprise de masse corporelle, cette quantité d'activité physique est insuffisante (Jakicic et coll., 2001 ; Saris et coll., 2003 ; Blair et coll., 2004). D'après Saris et coll. (2003), Strong et coll. (2005) et Andersen et coll. (2006), les recommandations pour l'enfant, afin d'éviter le passage du surpoids à l'obésité et pour lutter contre le développement des facteurs de risques cardiovasculaires associés, sont maintenant de 60 minutes d'activité physique par jour à intensité modérée à élevée.

Pour les enfants et adolescents obèses, la méta-analyse d'Atlantis et coll. (2006) révèle qu'une activité physique de 155 à 180 minutes par semaine à intensité modérée est efficace pour diminuer la masse grasse mais ne modifie pas la masse corporelle et la masse grasse abdominale.

Fréquence

Aucune preuve scientifique ne permet d'affirmer que 2 séances par semaine sont moins efficaces que 5, 6 ou plus de séances. Le facteur important est la dose globale d'activité physique hebdomadaire. Les connaissances scientifiques dans ce domaine concernant la fréquence hebdomadaire optimale font cruellement défaut. Dans la majorité des études, la fréquence la plus utilisée est de 3 séances par semaine bien que 5 seraient plus performantes (Atlantis et coll., 2006). Pour pérenniser la pratique, il est aussi nécessaire de prendre en compte la possibilité d'inclure un nombre important de séances d'activité physique dans la vie quotidienne des enfants.

Nature de l'activité physique

Pour les enfants et les adolescents obèses ou non, il faut privilégier les activités physiques apportant du plaisir. Pour les personnes obèses, les activités physiques où le poids du corps n'est pas porté, comme les activités aquatiques

et la bicyclette sont préconisées. Pour diminuer les traumatismes articulaires, des activités telles que la marche sont aussi très intéressantes.

Dans ce domaine, il est important de tenir compte de l'âge des enfants. Pour les très jeunes, il n'existe pas d'évidence scientifique pour recommander spécifiquement un programme d'exercices. Les activités physiques de cette population consistent à un développement psychomoteur fondé sur le jeu qu'il est nécessaire de valoriser. Jusqu'à l'âge de 12 ans, l'éducation à l'activité physique est fondamentale pour pérenniser l'activité physique dans la pratique quotidienne des enfants. L'activité doit être axée sur le jeu, élément moteur du plaisir à cet âge. L'âge de maturation des enfants est à prendre en compte. Après 12 ans, l'activité physique doit apporter un cadre de fonctionnement avec les amis. C'est moins le plaisir personnel que le fait de se trouver entre amis qui est le moteur de la pratique. Le renforcement musculaire doit être associé aux autres activités.

En résumé, toutes les activités physiques peuvent être utilisées à condition de vérifier que les enfants peuvent les réaliser, tant physiquement que socialement. De plus, il est important de mettre en place une progressivité dans la pratique : passer d'activités peu traumatisantes au début du programme à des activités qui les mettent en confiance, les rassurent pour aller vers des activités physiques plus énergétiques.

Facteurs de réussite

Les travaux mettent en évidence la nécessité de mettre en œuvre tous les moyens possibles pour amener l'enfant à pratiquer une activité physique dès le plus jeune âge et tout au long de sa vie. Pour une réussite maximale des différentes interventions, il est nécessaire de prendre en compte les déterminants individuels, socio-culturels et environnementaux conditionnant la pratique physique.

Rôle de la famille

De nombreuses études ont montré que la prise en charge a plus de chance de réussir quand les parents sont associés à l'intervention (Sallis et coll., 1988 ; Moore et coll., 1991 ; Aarnio et coll., 1997).

La pratique de l'activité physique représente un mode de vie et un comportement que la plupart des enfants apprennent de leurs parents. En effet, les enfants des mères actives sont deux fois plus actifs que les enfants des mères inactives, jusqu'à trois fois si les pères sont actifs et jusqu'à six fois si les deux parents sont actifs (Sallis et coll., 1988 ; Moore et coll., 1991 ; Aarnio et coll., 1997). De plus, le niveau d'éducation de la mère est relié positivement à l'activité des enfants (Gordon-Larsen et coll., 2000). La perception de l'activité physique de la part de la mère influence également la pratique de l'activité physique des enfants (Trost et coll., 1997). Des interventions

orientées vers les familles et/ou les parents mettent en évidence une augmentation de l'activité physique même des enfants. Si le comportement des enfants est principalement influencé par les parents et leur statut socioéconomique, celui des adolescents est probablement influencé aussi par celui des camarades de même âge et par la mode (Vilhjalmsson et Thorlindsson, 1998).

Facilité d'accès aux pratiques

La possibilité d'accéder facilement aux activités physiques et en particulier aux infrastructures de proximité est un facteur de réussite important (Booth et coll., 2001). Sallis et coll. (2000) mettent en évidence l'importance de la facilité d'accès aux structures de pratique ainsi que le temps passé aux activités physiques extérieures comme facteur déterminant pour la pratique physique de l'enfant. Chez l'adolescent, ce paramètre s'exprime par les opportunités de pratique. Plus récemment, la revue de littérature de Ferreira et coll. (2006) qui vise à actualiser celle de Sallis, fait apparaître de nouvelles variables environnementales explicatives de la pratique physique des jeunes enfants et adolescents. Ainsi, chez l'enfant la pratique physique du père et l'activité physique scolaire sont des facteurs favorisant l'activité physique. Chez l'adolescent, le niveau d'éducation de la mère, les revenus de la famille, le soutien de l'entourage, les écoles non professionnelles sont des déterminants environnementaux favorisant la pratique physique. L'étude française ICAPS de Simon et coll. (2004 et 2006) met bien en évidence l'importance de favoriser l'accès aux activités physiques pour permettre aux enfants et aux adolescents de maintenir un niveau d'activité physique satisfaisant. L'objectif de l'étude ICAPS est de prévenir la prise excessive de masse corporelle par la promotion de l'activité physique. Des activités physiques libres, non compétitives sont proposées gratuitement à des collégiens âgés en moyenne de 11 ans. Après 6 mois d'intervention, la proportion d'adolescents « inactifs » parmi ceux à qui les activités physiques ont été proposées a diminué de moitié (36 % *versus* 17 %). À l'opposé, chez les adolescents du groupe contrôle, la proportion de non pratiquants était de 42 % et n'a pas changé significativement après 6 mois. L'aspect non scolaire du programme et l'absence de notes ou de compétitions ont contribué à la forte participation de ceux qui n'étaient initialement pas engagés. Ceci s'accompagne d'une augmentation de la confiance en soi et d'un comportement en faveur de l'activité physique mettant en évidence la nécessité d'activités attrayantes. Il reste cependant à déterminer l'impact à long terme de ce genre d'intervention.

Âge

Très peu d'études concernant les jeunes enfants (âge inférieur à 6 ans) ont été publiées probablement en raison d'un diagnostic retardé (voire revue de Bluford et coll., 2007). La question qui se pose ici est de savoir si la pratique d'activité physique dès le plus jeune âge a un effet protecteur contre le

développement excessif de la masse grasse. Moore et coll. (2003) observent que chez 103 enfants de 4 ans suivis pendant 8 ans, les enfants les plus actifs ont les valeurs et les augmentations d'IMC et de plis cutanés les plus faibles. Ce travail suggère qu'un niveau d'activité physique satisfaisant pendant l'enfance entraîne une faible acquisition de masse grasse jusqu'au début de l'adolescence.

Dans le même ordre d'idée, très peu d'études différencient l'enfant de l'adolescent alors qu'à l'adolescence, la prise d'indépendance et l'affirmation de soi sont génératrices de changements de comportements en relation avec différents contextes:

- l'influence des pairs, les phénomènes de mode, les difficultés psychologiques, l'émergence de troubles du comportement alimentaire ;
- l'évolution des comportements spontanés : chez la fille l'activité physique diminue de façon importante alors qu'elle se stabilise chez le garçon ;
- la maturation sexuelle et les modifications hormonales majeures influençant la composition corporelle : chez la fille, la masse grasse augmente de 13 % en moyenne et diminue de 4 % chez le garçon.

Sexe

Chez le jeune enfant, il n'existe que très peu de raisons a priori de distinguer les filles des garçons quant à la prise en charge, bien que plusieurs études aient montré que les filles sont moins actives que les garçons obèses ou non, dès le plus jeune âge (Page et coll., 2005 ; Wilkin et coll., 2006).

Lors du démarrage pubertaire, l'augmentation de la masse musculaire chez le garçon accroît les dépenses d'énergie de repos et d'exercice. De plus, suite à une prise en charge, certaines études ont observé que les garçons présentent une perte de poids supérieure à celle observée chez les filles (62 % *versus* 48 % du surpoids) (Deforche et coll., 2005). Ce résultat n'est pas toujours observé en particulier lors d'étude d'intervention en milieu scolaire (Lazaar et coll., 2007). Il apparaît donc nécessaire de différencier les modalités de prise en charge pour les filles et pour les garçons au moins à partir de la puberté. Ce champ d'étude nécessite de nouveaux travaux pour déterminer les caractéristiques de l'activité physique à mettre en œuvre dans la prise en charge en fonction du sexe.

Prise en charge

Aucune évidence scientifique ne permet de définir la période optimale pour la mise en œuvre de la prise en charge. L'âge de 6 ans, âge du rebond d'adiposité, pourrait être considéré comme une période favorable pour cette intervention. Quoi qu'il en soit, plus la prise en charge est précoce et plus elle a de chances de réussir (Dietz et Robinson, 2005 ; Nemet et coll., 2005).

L'augmentation de l'obésité sévère chez les adolescents voire chez les enfants pose de façon légitime la question de l'intérêt de l'activité physique dans la

prise en charge en fonction du degré d'obésité considéré. Chez l'adulte, l'activité physique est incluse dans les programmes post-opératoires pour les obèses morbides. Chez le jeune, il n'existe pas de données pouvant répondre à cette question pour établir la meilleure stratégie de prise en charge par degré d'obésité.

En conclusion, des modifications mineures au cours du temps des profils alimentaires et d'activité physique peuvent avoir des effets importants sur le poids corporel et la prévalence de l'obésité dans la population, mais ces modifications de comportement (d'activité physique, alimentaire) sont difficiles à apprécier/évaluer avec les instruments de surveillance disponibles actuellement. Le volume d'activité nécessaire pour prévenir le gain de poids chez l'adulte, comme chez l'enfant, paraît supérieur à celui correspondant aux recommandations actuelles de santé publique. Il est important de mieux comprendre et décrire les caractéristiques de la relation dose-réponse entre le niveau et le profil d'activité physique et la santé en général, et l'obésité en particulier. Il est également important de mieux comprendre et décrire, au niveau de la population, les interactions entre activité physique et apports alimentaires en fonction de l'état de santé en général et du contrôle du poids corporel en particulier. Bien que les déterminants de l'activité physique conditionnant la diminution de masse corporelle commencent à être bien identifiés, de futures recherches sont nécessaires pour expliquer les mécanismes de l'interaction existant entre l'activité physique et l'appétit, et, pour déterminer précisément les caractéristiques de l'activité physique à prescrire en fonction, de l'âge, du sexe et du degré d'obésité du sujet.

BIBLIOGRAPHIE

AARNIO M, WINTER T, KUJALA UM, KAPRIO J. Familial aggregation of leisure-time physical activity-a three generation study. *Int J Sports Med* 1997, **18** : 549-556

ABBOTT RA, DAVIES PS. Habitual physical activity and physical activity intensity: their relation to body composition in 5.0-10.5-y-old children. *Eur J Clin Nutr* 2004, **58** : 285-291

ACHTEN J, GLEESON M, JEUKENDRUP AE. Determination of the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation. *Med Sci Sports Exerc* 2002, **34** : 92-97

ANAES (AGENCE NATIONALE D'ACCREDITATION ET D'ÉVALUATION EN SANTÉ). Prise en charge de l'obésité chez l'enfant et l'adolescent. Recommandations pour la pratique clinique. Anaes 2003

ANDERSEN LB, HARRO M, SARDINHA LB, FROBERG K, EKELUND U, et coll. Physical activity and clustered cardiovascular risk in children: a cross-sectional study (The European Youth Heart Study). *Lancet* 2006, **368** : 299-304

ATLANTIS E, BARNES EH, SINGH MA. Efficacy of exercise for treating overweight in children and adolescents: a systematic review. *Int J Obes (Lond)* 2006, **30** : 1027-1040

BALLOR DL, POEHLMAN ET. Exercise-training enhances fat-free mass preservation during diet-induced weight loss: a meta-analytical finding. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1994, **18** : 35-40

BANDINI LG, SCHOELLER DA, DIETZ WH. Energy expenditure in obese and nonobese adolescents. *Pediatr Res* 1990, **27** : 198-203

BAR-OR O, FOREYT J, BOUCHARD C, BROWNELL KD, DIETZ WH, et coll. Physical activity, genetic, and nutritional considerations in childhood weight management. *Med Sci Sports Exerc* 1998, **30** : 2-10

BECQUE MD, KATCH VL, ROCCHINI AP, MARKS CR, MOOREHEAD C. Coronary risk incidence of obese adolescents: reduction by exercise plus diet intervention. *Pediatrics* 1988, **81** : 605-612

BERNSTEIN MS, MORABIA A, SLOUTSKIS D. Definition and prevalence of sedentarism in an urban population. *Am J Public Health* 1999, **89** : 862-867

BERTRAIS S, BEYEME-ONDOUA JP, CZERNICHOW S, GALAN P, HERCBERG S, OPPERT JM. Sedentary behaviors, physical activity, and metabolic syndrome in middle-aged French subjects. *Obes Res* 2005, **13** : 936-944

BLAAK EE, WESTERTERP KR, BAR-OR O, WOUTERS LJ, SARIS WH. Total energy expenditure and spontaneous activity in relation to training in obese boys. *Am J Clin Nutr* 1992, **55** : 777-782

BLAIR SN, KOHL HW, III, PAFFENBARGER RS, JR., CLARK DG, COOPER KH, et coll. Physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy men and women. *JAMA* 1989, **262** : 2395-2401

BLAIR SN, LAMONTE MJ, NICHAMAN MZ. The evolution of physical activity recommendations: how much is enough? *Am J Clin Nutr* 2004, **79** (suppl) : S913-S920

BLIMKIE CJ, EBBESEN B, MACDOUGALL D, BAR-OR O, SALE D. Voluntary and electrically evoked strength characteristics of obese and nonobese preadolescent boys. *Hum Biol* 1989, **61** : 515-532

BLUFORD DA, SHERRY B, SCANLON KS. Interventions to prevent or treat obesity in preschool children: A review of evaluated programs. *Obesity (Silver Spring)* 2007, **15** : 1356-1372

BLUNDELL JE, KING NA. Physical activity and regulation of food intake: current evidence. *Med Sci Sports Exerc* 1999, **31** : S573-S583

BLUNDELL JE, STUBBS RJ, HUGHES DA, WHYBROW S, KING NA. Cross talk between physical activity and appetite control: does physical activity stimulate appetite? *Proc Nutr Soc* 2003, **62** : 651-661

BOOTH SL, SALLIS JF, RITENBAUGH C, HILL JO, BIRCH LL, et coll. Environmental and societal factors affect food choice and physical activity: rationale, influences, and leverage points. *Nutr Rev* 2001, **59** : S21-S39

BRAGE S, WEDDERKOPP N, EKELUND U, FRANKS PW, WAREHAM NJ, et coll. European Youth Study (EYHS): Features of the metabolic syndrome are associated with objectively measured physical activity and fitness in Danish children: The European Youth Heart Study (EYHS). *Diabetes Care* 2004, **27** : 2141-2148

BRANDOU F, DUMORTIER M, GARANDEAU P, MERCIER J, BRUN JF. Effects of a two-month rehabilitation program on substrate utilization during exercise in obese adolescents. *Diabetes Metab* 2003, **29** : 20-27

BRANDOU F, SAVY-PACAUX AM, MARIE J, BRUN JF, MERCIER J. Comparison of the type of substrate oxidation during exercise between pre and post pubertal markedly obese boys. *Int J Sports Med* 2006, **27** : 407-414

BROOKS GA. Importance of the 'crossover' concept in exercise metabolism. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 1997, **24** : 889-895

BROOKS GA, MERCIER J. Balance of carbohydrate and lipid utilization during exercise: the "crossover" concept. *J Appl Physiol* 1994, **76** : 2253-2261

BURKE V, BEILIN LJ, SIMMER K, ODDY WH, BLAKE K, et coll. Predictors of body mass index and associations with cardiovascular risk factors in Australian children: a prospective cohort study. *Int J Obes (Lond)* 2005, **29** : 15-23

CALFAS K, TAYLOR W. Effects of physical activity on psychological variables in adolescents. *Ped Exerc Sci* 1994, **6** : 406-423

DAO HH, FRELUT ML, OBERLIN F, PERES G, BOURGEOIS P, et coll. Effects of a multidisciplinary weight loss intervention on body composition in obese adolescents. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2004a, **28** : 290-299

DAO HH, FRELUT ML, PERES G, BOURGEOIS P, NAVARRO J. Effects of a multidisciplinary weight loss intervention on anaerobic and aerobic aptitudes in severely obese adolescents. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2004b, **28** : 870-878

DAVIES PS, GREGORY J, WHITE A. Physical activity and body fatness in pre-school children. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1995, **19** : 6-10

DEFORCHE B, DE BOURDEAUDHUIJ I, TANGHE A, DEBODE P, HILLS AP, et coll. Role of physical activity and eating behaviour in weight control after treatment in severely obese children and adolescents. *Acta Paediatr* 2005, **94** : 464-470

DELANY JP, HARSHA DW, KIME JC, KUMLER J, MELANCON L, et coll. Energy expenditure in lean and obese prepubertal children. *Obes Res* 1995, **3** : 67-72

DESPRÉS JP, LAMARCHE B. Effects of diet and physical activity on adiposity and body fat distribution: implications for the prevention of cardiovascular disease. *Nutr Res Rev* 1993, **6** : 137-159

DI PIETRO L. Physical activity in the prevention of obesity: current evidence and research issues. *Med Sci Sports Exerc* 1999, **31** (suppl 11) : S542-S546

DIETZ WH. The role of lifestyle in health: the epidemiology and consequences of inactivity. *Proc Nutr Soc* 1996, **55** : 829-840

DIETZ WH, GORTMAKER SL. Preventing obesity in children and adolescents. *Annu Rev Public Health* 2001, **22** : 337-353

DIETZ WH, ROBINSON TN. Clinical practice. Overweight children and adolescents. *N Engl J Med* 2005, **352** : 2100-2109

DIONNE I, ALMERAS N, BOUCHARD C, TREMBLAY A. The association between vigorous physical activities and fat deposition in male adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 2000, **32** : 392-395

DONNELLY JE, JACOBSEN DJ, WHATLEY JE, HILL JO, SWIFT LL, et coll. Nutrition and physical activity program to attenuate obesity and promote physical and metabolic fitness in elementary school children. *Obes Res* 1996, **4** : 229-243

DUCHE P, DUCHER G, LAZZER S, DORE E, TAILHARDAT M, et coll. Peak power in obese and nonobese adolescents: effects of gender and braking force. *Med Sci Sports Exerc* 2002, **34** : 2072-2078

EBBELING CB, RODRIGUEZ NR. Effects of exercise combined with diet therapy on protein utilization in obese children. *Med Sci Sports Exerc* 1999, **31** : 378-385

EKELUND U, AMAN J, YNGVE A, RENMAN C, WESTERTERP K, et coll. Physical activity but not energy expenditure is reduced in obese adolescents: a case-control study. *Am J Clin Nutr* 2002, **76** : 935-941

EKELUND U, BRAGE S, FROBERG K, HARRO M, ANDERSSON SA, et coll. TV viewing and physical activity are independently associated with metabolic risk in children: the European Youth Heart Study. *PLoS Med* 2006, **3** : e488

EPSTEIN LH. Exercise in the treatment of childhood obesity. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1995, **19** : S117-S121

EPSTEIN LH, GOLDFIELD GS. Physical activity in the treatment of childhood overweight and obesity: current evidence and research issues. *Med Sci Sports Exerc* 1999, **31** : S553-S559

EPSTEIN LH, WING RR, PENNER BC, KRESS MJ. Effect of diet and controlled exercise on weight loss in obese children. *J Pediatr* 1985, **107** : 358-361

EPSTEIN LH, VALOSKI AM, VARA LS, MCCURLEY J, WISNIEWSKI L, et coll. Effects of decreasing sedentary behavior and increasing activity on weight change in obese children. *Health Psychol* 1995, **14** : 109-115

EPSTEIN LH, MYERS MD, RAYNOR HA, SAELENS BE. Treatment of pediatric obesity. *Pediatrics* 1998, **101** : 554-570

EPSTEIN LH, PALUCH RA, GORDY CC, DORN J. Decreasing sedentary behaviors in treating pediatric obesity. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2000, **154** : 220-226

EPSTEIN LH, ROEMMICH JN, PALUCH RA, RAYNOR HA. Influence of changes in sedentary behavior on energy and macronutrient intake in youth. *Am J Clin Nutr* 2005, **81** : 361-366

FARRELL SW, BRAUN L, BARLOW CE, CHENG YJ, BLAIR SN. The relation of body mass index, cardiorespiratory fitness, and all-cause mortality in women. *Obes Res* 2002, **10** : 417-423

FERREIRA I, VAN DER HK, WENDEL-VOS W, KREMERS S, VAN LENTHE FJ, et coll. Environmental correlates of physical activity in youth - a review and update. *Obes Rev* 2006, **8** : 129-154

FOGELHOLM M, KUKKONEN-HARJULA K. Does physical activity prevent weight gain - a systematic review. *Obes Rev* 2000, **1** : 95-111

FOGELHOLM M, VAINIO H. Weight control, physical activity and cancer-strong links. *Obes Rev* 2002, **3** : 1-3

GORAN M, FIELDS DA, HUNTER GR, HERD SL, WEINSIER RL. Total body fat does not influence maximal aerobic capacity. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2000, **24** : 841-848

GORDON-LARSEN P, MCMURRAY RG, POPKIN BM. Determinants of adolescent physical activity and inactivity patterns. *Pediatrics* 2000, **105** : E83

GORTMAKER SL, MUST A, SOBOL AM, PETERSON K, COLDITZ GA, et coll. Television viewing as a cause of increasing obesity among children in the United States, 1986-1990. *Arch Pediatr Adolesc Med* 1996, **150** : 356-362

GRAF C, KOCH B, KRETSCHMANN-KANDEL E, FALKOWSKI G, CHRIST H, et coll. Correlation between BMI, leisure habits and motor abilities in childhood (CHILT-project). *Int J Obes Relat Metab Disord* 2004, **28** : 22-26

GUTIN B, RAMSEY L, BARBEAU P, CANNADY W, FERGUSON M, et coll. Plasma leptin concentrations in obese children: changes during 4-mo periods with and without physical training. *Am J Clin Nutr* 1999, **69** : 388-394

GUTIN B, BARBEAU P, OWENS S, LEMMON CR, BAUMAN M, et coll. Effects of exercise intensity on cardiovascular fitness, total body composition, and visceral adiposity of obese adolescents. *Am J Clin Nutr* 2002, **75** : 818-826

HILL JO, WYATT HR. Role of physical activity in preventing and treating obesity. *J Appl Physiol* 2005, **99** : 765-770

HILL JO, WYATT HR, REED GW, PETERS JC. Obesity and the environment: where do we go from here? *Science* 2003, **299** : 853-855

HILLS AP, PARKER AW. Obesity management via diet and exercise intervention. *Child Care Health Dev* 1988, **14** : 409-416

HU FB, LI TY, COLDITZ GA, WILLETT WC, MANSON JE. Television watching and other sedentary behaviors in relation to risk of obesity and type 2 diabetes mellitus in women. *JAMA* 2003, **289** : 1785-1791

HUMPHRIES MC, GUTIN B, BARBEAU P, VEMULAPALLI S, ALLISON J, et coll. Relations of adiposity and effects of training on the left ventricle in obese youths. *Med Sci Sports Exerc* 2002, **34** : 1428-1435

IEFS. A Pan EU Survey on consumer attitudes to physical activity, body weight and health. Published by the European Commission (1999). Directorate V/F.3

IMBEAULT P, SAINT-PIERRE S, ALMERAS N, TREMBLAY A. Acute effects of exercise on energy intake and feeding behaviour. *Br J Nutr* 1997, **77** : 511-521

INSERM (INSTITUT NATIONAL DE LA SANTÉ ET DE LA RECHERCHE MÉDICALE). Obésité : dépistage et prévention chez l'enfant. Collection Expertise collective, Éditions Inserm, 2000 : 343p

478 JAKICIC JM, CLARK K, COLEMAN E, DONNELLY JE, FOREYT J, et coll. American College of Sports Medicine position stand. Appropriate intervention strategies for

weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc* 2001, **33** : 2145-2156

JEFF SA, MOORE MS. Contribution of a sedentary lifestyle and inactivity to the etiology of overweight and obesity: current evidence and research issues. *Med Sci Sports Exerc* 1999, **31** (suppl) : S534-S541

JEUKENDRUP AE, SARIS WH, WAGENMAKERS AJ. Fat metabolism during exercise: a review-part III: effects of nutritional interventions. *Int J Sports Med* 1998, **19** : 371-379

KAIN J, UAUY R, ALBALA, VIO F, CERDA R, et coll. School-based obesity prevention in Chilean primary school children: methodology and evaluation of a controlled study. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2004, **28** : 483-493

KATZMARZYK PT, CHURCH TS, JANSSEN I, ROSS R, BLAIR SN. Metabolic syndrome, obesity, and mortality: impact of cardiorespiratory fitness. *Diabetes Care* 2005, **28** : 391-397

KATZMARZYK PT, BAUR LA, BLAIR SN, LAMBERT EV, OPPERT JM, et coll. International conference on physical activity and obesity in children : summary statement and recommendations. *International Journal of Pediatric Obesity*, sous presse

KIMM SY, GLYNN NW, OBARZANEK E, KRISKA AM, DANIELS SR, et coll. Relation between the changes in physical activity and body-mass index during adolescence: a multicentre longitudinal study. *Lancet* 2005, **366** : 301-307

KLEIN S, COYLE EF, WOLFE RR. Fat metabolism during low-intensity exercise in endurance-trained and untrained men. *Am J Physiol* 1994, **267** : E934-E940

KNOWLER WC, BARRETT-CONNOR E, FOWLER SE, HAMMAN RF, LACHIN JM, et coll. Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *N Engl J Med* 2002, **346** : 393-403

LAAKSONEN DE, LINDSTROM J, LAKKA TA, ERIKSSON JG, NISKANEN L, et coll. Physical activity in the prevention of type 2 diabetes: the Finnish diabetes prevention study. *Diabetes* 2005, **54** : 158-165

LAMONTE MJ, BARLOW CE, JURCA R, KAMPERT JB, CHURCH TS, BLAIR SN. Cardiorespiratory fitness is inversely associated with the incidence of metabolic syndrome: a prospective study of men and women. *Circulation* 2005, **112** : 505-512

LAZAAR N, AUCOUTURIER J, RATEL S, RANCE M, MEYER M, et coll. Effect of physical activity intervention on body composition in young children: influence of body mass index status and gender. *Acta Paediatr* 2007, sous presse

LAZZER S, BOIRIE Y, POISSONNIER C, PETIT I, DUCHE P, et coll. Longitudinal changes in activity patterns, physical capacities, energy expenditure, and body composition in severely obese adolescents during a multidisciplinary weight-reduction program. *Int J Obes (Lond)* 2005, **29** : 37-46

LEE IM, PAFFENBARGER RS, JR. Associations of light, moderate, and vigorous intensity physical activity with longevity. The Harvard Alumni Health Study. *Am J Epidemiol* 2000, **151** : 293-299

LISSNER L, HEITMANN BL, BENGTSSON C. Low-fat diets may prevent weight gain in sedentary women: prospective observations from the population study of women in Gothenburg, Sweden. *Obes Res* 1997, **5** : 43-48

MAFFEIS C, SCHUTZ Y, SCHENA F, ZAFFANELLO M, PINELLI L. Energy expenditure during walking and running in obese and nonobese prepubertal children. *J Pediatr* 1993, **123** : 193-199

MAFFEIS C, ZAFFANELLO M, PINELLI L, SCHUTZ Y. Total energy expenditure and patterns of activity in 8-10-year-old obese and nonobese children. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 1996, **23** : 256-261

MAFFEIS C, ZAFFANELLO M, SCHUTZ Y. Relationship between physical inactivity and adiposity in prepubertal boys. *J Pediatr* 1997, **131** : 288-292

MALINA RM, KATZMARZYK PT. Physical activity and fitness in an international growth standard for preadolescent and adolescent children. *Food Nutr Bull* 2006, **27** : S295-S313

MARSHALL SJ, BIDDLE SJ, GORELY T, CAMERON N, MURDEY I. Relationships between media use, body fatness and physical activity in children and youth: a meta-analysis. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2004, **28** : 1238-1246

MARTINEZ JA, KEARNEY JM, KAFATOS A, PAQUET S, MARTINEZ-GONZALEZ MA. Variables independently associated with self-reported obesity in the European Union. *Public Health Nutr* 1999, **2(1a)** : 125-133

MARTINEZ-GONZALEZ MA, MARTINEZ JA, HU FB, GIBNEY MJ, KEARNEY J. Physical inactivity, sedentary lifestyle and obesity in the European Union. *Int J Obes* 1999, **23** : 1192-1201

MAZIEKAS MT, LEMURA LM, STODDARD NM, KAERCHER S, MARTUCCI T. Follow up exercise studies in paediatric obesity: implications for long term effectiveness. *Br J Sports Med* 2003, **37** : 425-429

MCMURRAY RG, HARRELL JS, DENG S, BRADLEY CB, COX LM, et coll. The influence of physical activity, socioeconomic status, and ethnicity on the weight status of adolescents. *Obes Res* 2000, **8** : 130-139

METCALF BS, MALLAM K, VOSS L, JEFFREY A, SNAITH R, et coll. The Regulation of Physical Activity in Young Children. *Education and Health* 2004, **22** : 61-64

MOORE LL, LOMBARDI DA, WHITE MJ, CAMPBELL JL, OLIVERIA SA, et coll. Influence of parents' physical activity levels on activity levels of young children. *J Pediatr* 1991, **118** : 215-219

MOORE LL, NGUYEN US, ROTHMAN KJ, CUPPLES LA, ELLISON RC. Preschool physical activity level and change in body fatness in young children. The Framingham Children's Study. *Am J Epidemiol* 1995, **142** : 982-988

MOORE LL, GAO D, BRADLEE ML, CUPPLES LA, SUNDARAJAN-RAMAMURTI A, et coll. Does early physical activity predict body fat change throughout childhood? *Prev Med* 2003, **37** : 10-17

MUST A, TYBOR DJ. Physical activity and sedentary behavior: a review of longitudinal studies of weight and adiposity in youth. *Int J Obes (Lond)* 2005, **29** : S84-S96

NASSIS GP, PAPANTAKOU K, SKENDERI K, TRIANDAFILLOPOULOU M, KAVOURAS SA, et coll. Aerobic exercise training improves insulin sensitivity without changes in body weight, body fat, adiponectin, and inflammatory markers in overweight and obese girls. *Metabolism* 2005, **54** : 1472-1479

NEMET D, BARKAN S, EPSTEIN Y, FRIEDLAND O, KOWEN G, et coll. Short- and long-term beneficial effects of a combined dietary-behavioral-physical activity intervention for the treatment of childhood obesity. *Pediatrics* 2005, **115** : e443-e449

NESS AR, LEARY SD, MATTOCKS C, BLAIR SN, REILLY JJ, et coll. Objectively measured physical activity and fat mass in a large cohort of children. *PLoS Med* 2007, **4** : e97

NORMAN AC, DRINKARD B, MCDUFFIE JR, GHORBANI S, YANOFF LB, et coll. Influence of excess adiposity on exercise fitness and performance in overweight children and adolescents. *Pediatrics* 2005, **115** : e690-e696

OMS (ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ). Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO Consultation on Obesity. Geneva: WHO Technical Report Series n° 894, 2000

OMS (ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ). Physical activity and health in Europe: evidence for action. Report of the Regional Office for Europe of the WHO 2006

OPPERT JM. Mesure des dépenses énergétiques et de l'activité physique. In : *Traité de Nutrition Clinique*. BASDEVANT A, LAVILLE M, LEREBOURS E (eds). Flammarion Médecine-Sciences, Paris, 2001 : 337-343

OPPERT JM. Sédentarité, inactivité physique et obésité. In : *Médecine de l'obésité*. BASDEVANT A, GUY-GRAND B (eds). Flammarion-Médecine-Sciences, Paris, 2004 : 46-51

OPPERT JM, P DALARUN P. Activité physique et traitement de l'obésité. In : *Médecine de l'obésité*. BASDEVANT A, GUY-GRAND B (eds). Flammarion-Médecine-Sciences, Paris, 2004 : 222-227

OPPERT JM, THOMAS F, CHARLES MA, BENETOS A, BASDEVANT A, SIMON C. Leisure-time and occupational physical activity in relation to cardiovascular risk factors and eating habits in French adults. *Public Health Nutr* 2006, **9** : 746-754

OWENS S, GUTIN B, ALLISON J, RIGGS S, FERGUSON M, et coll. Effect of physical training on total and visceral fat in obese children. *Med Sci Sports Exerc* 1999, **31** : 143-148

PAGE A, COOPER AR, STAMATAKIS E, FOSTER LJ, CROWNE EC, et coll. Physical activity patterns in nonobese and obese children assessed using minute-by-minute accelerometry. *Int J Obes (Lond)* 2005, **29** : 1070-1076

PATE RR, PRATT M, BLAIR SN, HASKELL WL, MACERA CA, et coll. Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA* 1995, **273** : 402-407

PEDERSEN BK, SALTIN B. Evidence for prescribing exercise as therapy in chronic disease. *Scand J Med Sci Sports* 2006, **16** : 3-63

PEREZ-MARTIN A, DUMORTIER M, RAYNAUD E, BRUN JF, FEDOU C, et coll. Balance of substrate oxidation during submaximal exercise in lean and obese people. *Diabetes Metab* 2001, **27** : 466-474

PETERSEN L, SCHNOHR P, SORENSEN TIA. Longitudinal study of the long-term relation between physical activity and obesity in adults. *Int J Obes* 2004, **28** : 105-112

PETERSON LR, HERRERO P, SCHECHTMAN KB, RACETTE SB, WAGGONER AD, et coll. Effect of obesity and insulin resistance on myocardial substrate metabolism and efficiency in young women. *Circulation* 2004, **109** : 2191-2196

POPKIN BM. Using research on the obesity pandemic as a guide to a unified vision of nutrition. *Public Health Nutr* 2005, **8(6A)** : 724-729

PRENTICE AM, JEBB SA. Obesity in Britain: gluttony or sloth? *Br Med J* 1995, **311** : 437-439

PRENTICE AM, JEBB SA. Energy intake/physical activity interactions in the homeostasis of body weight regulation. *Nutr Rev* 2004, **62** : S98-S104

RAVUSSIN E, SWINBURN BA. Pathophysiology of obesity. *Lancet* 1992, **340** : 404-408

REJESKI WJ, BRAWLEY LR, SHUMAKER SA. Physical activity and health-related quality of life. *Exerc Sport Sci Rev* 1996, **24** : 71-108

RIDDELL MC, JAMNICK VK, GLEDHILL N. Fat oxydation rate curves and exercise intensity in prepubertal males. *Med Sci Sports Exerc* 2004, **36** : S217

ROBINSON TN. Reducing children's television viewing to prevent obesity: a randomized controlled trial. *JAMA* 1999, **282** : 1561-1567

ROCCHINI AP, KATCH V, ANDERSON J, HINDERLITER J, BECQUE D, et coll. Blood pressure in obese adolescents: effect of weight loss. *Pediatrics* 1988, **82** : 16-23

ROSS R, JANSSEN I. Physical activity, total and regional obesity: dose-response considerations. *Med Sci Sports Exerc* 2001, **33** (6 suppl) : S521-S527

SALLIS JF, PATTERSON TL, MCKENZIE TL, NADER PR. Family variables and physical activity in preschool children. *J Dev Behav Pediatr* 1988, **9** : 57-61

SALLIS JF, PROCHASKA JJ, TAYLOR WC. A review of correlates of physical activity of children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 2000, **32** : 963-975

SARIS WH. Fit, fat and fat free: the metabolic aspects of weight control. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1998, **22** (suppl 2) : S15-S21

SARIS WH, BLAIR SN, VAN BAAK MA, EATON SB, DAVIES PS, et coll. How much physical activity is enough to prevent unhealthy weight gain? Outcome of the IASO 1st Stock Conference and consensus statement. *Obes Rev* 2003, **4** : 101-114

SARLIO-LAHTENKORVA S, STUNKARD A, RISSANEN A. Psychosocial factors and quality of life in obesity. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1995, **19** : S1-S5

SCHWINGSHANDL J, SUDI K, EIBL B, WALLNER S, BORKENSTEIN M. Effect of an individualised training programme during weight reduction on body composition: a randomised trial. *Arch Dis Child* 1999, **81** : 426-428

SHEPHARD RJ. Physical activity and child health. *Sports Med* 1984, **1** : 205-233

SIMON C, WAGNER A, DIVITA C, RAUSCHER E, KLEIN-PLATAT C, et coll. Intervention centred on adolescents' physical activity and sedentary behaviour (ICAPS): concept and 6-month results. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2004, **28** : S96-S103

SIMON C, WAGNER A, PLATAT C, ARVEILER D, SCHWEITZER B, et coll. ICAPS: a multilevel program to improve physical activity in adolescents. *Diabetes Metab* 2006, **32** : 41-49

SOTHERN MS, LOFTIN JM, UDALL JN, SUSKIND RM, EWING TL, et coll. Safety, feasibility, and efficacy of a resistance training program in preadolescent obese children. *Am J Med Sci* 2000, **319** : 370-375

STEPHENS BR, COLE AS, MAHON AD. The influence of biological maturation on fat and carbohydrate metabolism during exercise in males. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2006, **16** : 166-179

STRONG WB, MALINA RM, BLIMKIE CJ, DANIELS SR, DISHMAN RK, et coll. Evidence based physical activity for school-age youth. *J Pediatr* 2005, **146** : 732-737

STURM R. The economics of physical activity: societal trends and rationales for interventions. *Am J Prev Med* 2004, **27** (3 suppl) : 126-135

SUMMERBELL CD, ASHTON V, CAMPBELL KJ, EDMUNDS L, KELLY S, et coll. Interventions for treating obesity in children. *Cochrane Database Syst Rev* 2003, CD001872

SUMMERBELL CD, CHINNOCK P, O'MALLEY C, VAN BINSBERGEN JJ. The Cochrane Library: more systematic reviews on nutrition needed. *Eur J Clin Nutr* 2005, **59** : S172-S178

TAVERAS EM, FIELD AE, BERKEY CS, RIFAS-SHIMAN SL, FRAZIER AL, et coll. Longitudinal relationship between television viewing and leisure-time physical activity during adolescence. *Pediatrics* 2007, **119** : e314-e319

TREMBLAY A, DESPRES JP, LEBLANC C, CRAIG CL, FERRIS B, et coll. Effect of intensity of physical activity on body fatness and fat distribution. *Am J Clin Nutr* 1990, **51** : 153-157

TREUTH MS, FIGUEROA-COLON R, HUNTER GR, WEINSIER RL, BUTTE NF, et coll. Energy expenditure and physical fitness in overweight vs non-overweight prepubertal girls. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1998a, **22** : 440-447

TREUTH MS, HUNTER GR, FIGUEROA-COLON R, GORAN MI. Effects of strength training on intra-abdominal adipose tissue in obese prepubertal girls. *Med Sci Sports Exerc* 1998b, **30** : 1738-1743

TROST SG, PATE RR, SAUNDERS R, WARD DS, DOWDA M, et coll. A prospective study of the determinants of physical activity in rural fifth-grade children. *Prev Med* 1997, **26** : 257-263

TUOMILEHTO J, LINDSTROM J, ERIKSSON JG, VALLE TT, HAMALAINEN H, et coll. Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. *N Engl J Med* 2001, **344** : 1343-1350

TWISK JW. Physical activity guidelines for children and adolescents: a critical review. *Sports Med* 2001, **31** : 617-627

US DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES (USDHHS). Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General. Atlanta, GA : US. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, 1996

VAN DALE D, SARIS WH. Repetitive weight loss and weight regain: effects on weight reduction, resting metabolic rate, and lipolytic activity before and after exercise and/or diet treatment. *Am J Clin Nutr* 1989, **49** : 409-416

VARO JJ, MARTINEZ-GONZALEZ MA, DE IRALA-ESTEVEZ J, KEARNEY J, GIBNEY M, MARTINEZ JA. Distribution and determinants of sedentary lifestyles in the European Union. *Int J Epidemiol* 2003, **32** : 128-146

VILHJALMSSON R, THORLINDSSON T. Factors related to physical activity: a study of adolescents. *Soc Sci Med* 1998, **47** : 665-675

WAGNER A, SIMON C, DUCIMETIÈRE P, MONTAYE M, BONGARD V, et coll. Leisure-time physical activity and regular walking or cycling to work are associated with adiposity and 5 y weight gain in middle-aged men : the PRIME Study. *Int J Obes* 2001, **25** : 940-948

WAREHAM NJ, VAN SLUIJS EM, EKELUND U. Physical activity and obesity prevention: a review of the current evidence. *Proc Nutr Soc* 2005, **64** : 229-247

WATT MJ, DZAMKO N, THOMAS WG, ROSE-JOHN S, ERNST M, et coll. CNTF reverses obesity-induced insulin resistance by activating skeletal muscle AMPK. *Nat Med* 2006, **12** : 541-548

WATTS K, BEYE P, SIAFARIKAS A, DAVIS EA, JONES TW, et coll. Exercise training normalizes vascular dysfunction and improves central adiposity in obese adolescents. *J Am Coll Cardiol* 2004a, **43** : 1823-1827

WATTS K, BEYE P, SIAFARIKAS A, O'DRISCOLL G, JONES TW, et coll. Effects of exercise training on vascular function in obese children. *J Pediatr* 2004b, **144** : 620-625

WATTS K, JONES TW, DAVIS EA, GREEN D. Exercise training in obese children and adolescents: current concepts. *Sports Med* 2005, **35** : 375-392

WEI M, KAMPERT JB, BARLOW CE, NICHAMAN MZ, GIBBONS LW, et coll. Relationship between low cardiorespiratory fitness and mortality in normal-weight, overweight, and obese men. *JAMA* 1999, **282** : 1547-1553

WILKIN TJ, MALLAM KM, METCALF BS, JEFFERY AN, VOSS LD. Variation in physical activity lies with the child, not his environment: evidence for an 'activitystat' in young children (EarlyBird 16). *Int J Obes (Lond)* 2006, **30** : 1050-1055

WING RR. Physical activity in the treatment of the adulthood overweight and obesity: current evidence and research issues. *Med Sci Sports Exerc* 1999, **31** (11 suppl) : S547-S552

WOO KS, CHOOK P, YU CW, SUNG RY, QIAO M, et coll. Effects of diet and exercise on obesity-related vascular dysfunction in children. *Circulation* 2004, **109** : 1981-1986

20

Traumatismes et handicaps

La connaissance de l'incidence et de la prévalence des blessures liées aux activités physiques et au sport, tant dans le domaine de la prévention, que du traumatisme lui-même, impose la réalisation d'enquêtes épidémiologiques bien conduites. Cette analyse objective est toutefois rendue difficile, et susceptible d'entraîner des conclusions erronées, en fonction des critères d'inclusion. L'analyse des enquêtes doit en effet tenir compte du pays dans lequel elles ont été réalisées (spécificités, habitudes sociales), de la période de l'étude au cours de la saison sportive, du type de sol et matériel utilisés, mais aussi du nombre de sujets, du sexe, de l'âge, du niveau de pratique et du mode de recueil des données (enquête, étude de dossier, interrogatoire, examen clinique...), et enfin des antécédents traumatiques du sujet (Brooks et Fuller, 2006).

La définition même du traumatisme soulève encore de nombreux problèmes de méthodologie. La majorité des études retiennent comme notion de traumatisme toute blessure ayant nécessité un arrêt de plusieurs jours (souvent 1 semaine), ou l'absence de participation à une compétition. Si on tient compte de la définition du Conseil de l'Europe, il concerne toute blessure entraînant, soit une diminution de l'activité, soit la nécessité d'un traitement, soit une perturbation sociale ou économique. Cette définition très large est peu utilisable en pratique courante. Plus récemment, il a été proposé de classer les blessures en 3 niveaux (Fuller et coll., 2006) :

- atteinte physique n'entraînant pas de consultation médicale ou un arrêt du sport ;
- blessure ayant nécessité une prise en charge médicale ;
- blessure ayant entraîné un arrêt des activités physiques et sportives.

Études en populations

À ce jour, les travaux concernent principalement les populations actives et souvent ciblées, comme les sportifs de haut niveau, les professionnels, les étudiants ou les militaires. À l'inverse, la prévalence des lésions musculo-squelettiques chez les sédentaires engagés dans une activité physique modérée et régulière a été peu étudiée.

La première étude prospective américaine réalisée, sur une année, auprès de 6 313 sujets âgés de 20 à 85 ans et engagés dans un suivi longitudinal (*Aerobics Center Longitudinal Study*) (Hootman et coll., 2002) a permis d’approcher le risque lésionnel en fonction du sexe et de la pratique (sédentaire, marche, course à pieds, pratique d’autres sports). Vingt cinq pour cent des hommes et femmes ont déclaré un accident, dont plus de 80 % des cas en relation avec le sport au cours des 12 derniers mois. Les sujets jeunes, les plus actifs, et ayant déjà été victimes d’un traumatisme sont plus blessés (tableau 20.I).

Tableau 20.I : Prévalences des blessures liées aux activités physiques au cours des 12 derniers mois en fonction de l’âge, du sexe et du niveau d’activité

Caractéristiques de la population	Prévalence de blessures liées aux activités	
	Hommes (%)	Femmes (%)
Âge (ans)		
20-40	25,7*	20,1
40-60	22,1	22
60 et +	16,4	15,4
Niveau d’activité		
Sédentaires	14,6*	16,8*
Marcheurs	16,5	19,9
Coureurs	24,7	23,2
Sportifs	27,6	26,7
Déjà blessé avant		
Oui	25,5*	29,5*
Non	14	13,2
Total	20,9	20,3

*Différence significative entre chaque niveau au seuil $p \leq 0,05$

Concernant la localisation, 68 % des blessures pour les hommes et 65 % pour les femmes se situent au niveau des membres inférieurs. Le genou, le rachis et la cheville sont le plus concernés, par ordre de fréquence (sans plus de précision sur le type et la localisation exacte du traumatisme). Des radiographies ont été réalisées dans près de 45 % des cas, un traitement médical prescrit dans 40 % des cas environ, sans notion d’hospitalisation. Les auteurs insistent sur le fait que 15 % des hommes et 17 % des femmes sans activité physique régulière, ont toutefois présenté une lésion musculo-squelettique.

L’étude plus ancienne de Powell et coll. (1998) portait sur un échantillon de population générale américaine de 5 000 personnes questionnées par téléphone sur leurs blessures occasionnées par des activités physiques au

cours du dernier mois (marche, jardinage, musculation, danse aérobic, vélo d'extérieur). Les prévalences des blessures sont faibles mais mesurées sur un mois seulement (tableau 20.II). Les jeunes de 18 à 44 ans ont deux fois plus de blessures que les plus de 45 ans pour la marche et le jardinage.

Tableau 20.II : Prévalence des blessures en fonction du type d'activité pratiquée

Activité	Prévalence de blessure (%)
Vélo	0,9
Marche	1,4
Jardinage	1,6
Haltérophilie	2,4

Une étude allemande porte sur un échantillon représentatif de la population nationale de 7 124 personnes âgées de 18 à 79 ans (Schneider et coll., 2006). Il s'agit dans ce cas d'une enquête par questionnaire. Le niveau d'activité (sportive de loisir) est divisé en 5 catégories : pas d'activité, moins d'une heure par semaine, 1-2 heures par semaine régulièrement, 2-4 heures par semaine régulièrement, plus de 4 heures par semaine régulièrement, ceci au cours des trois derniers mois. Le nombre de blessures liées à l'activité physique, et ayant nécessité une prise en charge médicale, est relevé pour les 12 derniers mois. Parmi ces adultes, 3,1 % signalent une blessure liée au sport au cours de la dernière année. Ceci place les accidents de sport au deuxième rang, en fréquence après les accidents de la vie domestique. Parmi les blessures, 62 % ont conduit à un arrêt de travail. Il s'agit pour 60 % de blessures ligamentaires, 18 % de fractures, 12 % de contusions, 10 % d'autres types de blessures. Les trois quarts des blessures concernent des hommes. L'incidence diminue avec l'âge et est proportionnelle au temps passé à faire des activités physiques (tableau 20.III). Les auteurs concluent que le groupe le plus à risque de blessure au cours de l'activité physique est représenté par les hommes jeunes.

L'étude australienne, prospective, de Stevenson et coll. (2003) porte sur 1 512 personnes pratiquant un sport (football, hockey, netball, basket) en amateur ; ces personnes ont été suivies par enquête téléphonique chaque mois pendant 5 mois de la saison hivernale. L'incidence de blessure est de 16 pour 1 000 heures de sport. Cette incidence est plus élevée dans le sport de contact (football australien avec 20 pour 1 000 heures) que dans le netball (12/1 000 heures). L'incidence est significativement plus élevée chez les hommes et chez les 26-30 ans. Le risque de blessure est diminué de 32 % si les sportifs suivent un entraînement guidé par un professionnel. Une expérience sportive depuis un an réduit le risque de 29 %, ne pas boire d'alcool de 18 %, avoir un haut niveau d'endurance de 10 %, et être physiquement

actif en dehors du sport de 8 %. En revanche, avoir un problème de dos augmente le risque de 69 %, le fait d'avoir déjà eu une blessure dans les 12 mois avant l'étude augmente le risque de 45 %. Une variable psychologique (mesurée avec le *Personality Inventory Test*), le fait d'être extraverti et ouvert, est associée à un risque plus grand de se blesser.

Tableau 20.III : Incidence de blessures au cours des 12 derniers mois liées au sport en fonction du sexe, de l'âge et du temps passé à faire de l'exercice

Caractéristiques de la population	Incidence cumulée de blessures (%)
Hommes/femmes	4,8/1,5*
Âge (ans) :	
-30	6,9*
30-39	3,4
40-49	2,9
50-59	2,7
60-69	0,6
70-79	0,4
Temps passé à faire de l'exercice :	
Pas de sport	0,5*
Moins de 1 heure/semaine	2,9
1-2 heures/semaine	2,8
2-4 heures/semaine	7,6
4 heures/semaine	13,1

*Différence significative entre chaque niveau au seuil $p \leq 0,001$

Études selon la lésion

Quel que soit le mode d'approche épidémiologique, deux grands types de lésions doivent être distingués. Les lésions aiguës, souvent sans spécificité, qui conduisent ou non à la prise en charge dans les services d'urgence et, éventuellement, à une hospitalisation, et les lésions chroniques d'hyperutilisation très spécifiques du geste sportif (lésions de surmenage) qui conduisent le plus souvent à un simple arrêt, total ou partiel des activités physiques, sans arrêt de travail.

Lésions aiguës

Seul un nombre limité de sports ont plus particulièrement fait l'objet de publications référencées. Il s'agit avant tout des sports collectifs. En premier lieu, les publications concernent le rugby qui révèle un taux de blessures de

22 pour 1 000 heures de jeu (10 pour 1 000 heures de jeu en ce qui concerne la tête et le cou, 22 pour les membres inférieurs et 7 pour le rachis) (Castinel et coll., 2003).

Dans le domaine du football, une étude réalisée en France chez des footballeurs amateurs (21 262 matchs étudiés sur une saison) révèle un nombre de blessures déclarées de 1 toutes les 60 heures de pratique (soit 16 pour 1 000 heures de jeu), ceci correspond à 68 680 jours d'arrêt de travail et a été évalué à cette époque à 8 750 000 Francs (Berger-Vachon et coll., 1986).

Chez les footballeurs professionnels, une enquête réalisée en France en 2000 et 2001 a révélé un taux variable de blessures allant de 2 à 4 joueurs par équipe et par mois, le taux de blessures est le même quel que soit le poste occupé sur le terrain (Rochcongar et coll., 2004). Emery et coll. (2005) ont pu montrer que chez des footballeurs de moins de 18 ans, le risque de blessures était nettement supérieur chez les plus jeunes, garçons ou filles (tableau 20.IV). Si on affine les résultats et que l'on tient compte des blessures survenant en matchs ou lors de l'entraînement, on peut alors préciser que le pourcentage de blessures survenant à l'entraînement, diminue avec l'âge, mais que le risque de blessures lors des matchs augmente avec l'âge (tableau 20.V). Ceci amène à souligner l'importance de la prise en compte de la pathologie du cartilage chez l'enfant en croissance (ostéochondrose) retrouvée pour toutes les disciplines sportives et, tout particulièrement, la gymnastique, le base-ball, le badminton et le volley-ball notamment (Caine et coll., 2006).

Tableau 20.IV : Risque relatif de blessure selon le sexe et l'âge chez des footballeurs (d'après Emery et coll., 2005)

Sexe et âge (années)	Nombre d'heures de sport	Nombre de blessures	Taux de blessure /1 000 heures [IC 95 %]	Risque relatif [IC 95 %]	Significativité statistique (test de Fischer)
Filles					
14	2 526	20	7,92 [4,84-12,2]	3,13 [1,14-10,67]	p=0,01*
16	2 440	14	5,74 [3,14-9,61]	2,27 [0,77-8,04]	p=0,11
18	1 976	5	2,53 [0,82-5,9]	1,0	
Garçons					
14	2 030	16	7,88 [4,51-12,77]	2,45 [0,95-7,05]	p=0,04*
16	2 817	16	5,68 [3,25-9,21]	1,77 [0,69-5,08]	p=0,21
18	2 177	7	3,22 [1,29-6,61]	1,0	

*Significativité avec p<0,05

Tableau 20.V : Nombre de blessures survenant à l'entraînement ou lors de matchs (d'après Le Gall et coll., 2006)

Compétition	Blessures											
	<14 ans		<15 ans			<16 ans			Tous groupes d'âge			
	n	%	n/ 1 000 h*	n	%	n/ 1 000 h*	n	%	n/ 1 000 h*	n	%	n/ 1 000 h*
Entraînement	310	73,8	4,1	251	69,5	3,7	235	63,3	3,8	796	69,1	3,9
Match	110	26,2	9,5	110	30,5	10,4	136	36,7	14,2	356	30,9	11,2
Total	420	100	4,9	361	100,0	4,6	371	100,0	5,2	1 152	100,0	4,8

* Nombre de blessures pour 1 000 heures de pratique

Lésions chroniques de surmenage

Les blessures de surmenage sont particulièrement fréquentes et peuvent toucher toutes les disciplines sportives, quel que soit le niveau, mais concernent avant tout les sports individuels. Ce sont de véritables technopathies que l'on peut rapprocher de la notion de troubles musculo-squelettiques rapportés pour les maladies professionnelles. Comme pour les lésions aiguës, toutes les spécialités sportives n'ont pas fait l'objet de travaux référencés.

Une revue de Dettori et Norvel (2006), à propos de 80 articles publiés entre 1966 et 2004 (*Medline*) révèle, chez les cyclistes, un taux de ce type de blessure de 13 pour 100 000 kilomètres parcourus qui concerne avant tout le genou.

La course à pieds, un des sports le plus populaire, a été largement étudiée. L'incidence sur une année va de 24 à plus de 50 % de taux de blessés. Elle dépasse même ce chiffre dans de rares études, plus anciennes, qu'il s'agisse de spécialistes de sprint ou de courses d'endurance (tableau 20.VI ; Van Mechelen, 1992). La pathologie est essentiellement représentée par des tendinopathies et des syndromes fémoro-patellaires, sans toutefois négliger les fractures de fatigue qui représentent près de 3 % des accidents déclarés (tableau 20.VII) (Clément et coll., 1981).

Certains sports individuels sont considérés comme peu ou pas traumatisants. L'exemple caricatural est représenté par la natation. Cette affirmation mérite toutefois d'être fortement relativisée si l'on tient compte des technopathies. En effet, Ruwe et coll. (1994) ont pu montrer que 67 % des compétiteurs souffraient de l'épaule. Sallis et coll. (2000) en réalisant une étude rétrospective sur une cohorte d'étudiants, retrouvent un taux de blessures de surmenage élevé chez les nageurs (21 % pour les femmes et 6,5 % pour les hommes), au niveau de l'épaule, comparativement à tous les autres sports (notamment le basket, le water-polo et le tennis).

Tableau 20.VI : Taux d'incidence (%) de blessures pour la course à pieds fondés sur des études d'une année (d'après Van Mechelem, 1992)

Références	Nombre de sujets, sexe et moyenne d'âge (ans)	Entraînement (km/semaine)	Taux d'incidence (%)
Koplan et coll., 1982	693 H, 33	>10	37
	730 F, 29		38
Blair et coll., 1987	438 H et F, 44	40	24
Lysholm et Wiklander, 1987	19 sprinters, 21		68
	13 coureurs moyenne distance, 19		77
	28 coureurs longue distance, 35		57
Yzerman et Van Galen, 1987	757 H, 15-70	70	56
	50 F, 15-70		38
Marti et coll., 1988	4 335 H, 17-64	24	45,8
Holmich et coll., 1989	1 310 H, 34	>30	31
Clough et coll., 1989	489 H marathoniens, 33	1 959 km/année	41
	440 anciens marathoniens, 31	1 212 km/année	49
Macera et coll., 1989	485 H, 42	39	52
	98 F, 36	37	49
Walter et coll., 1989	985 H, 14-50+	49	49
	303 F, 14-50+	35	46
Ooijendijk et Van Agt, 1990	256 H, 60 F, 39	30	27
			24

H : Hommes ; F : Femmes

Tableau 20.VII : Fréquence des 10 blessures traitées médicalement les plus fréquentes chez les coureurs (987 hommes et 663 femmes) (d'après Clément et coll., 1981)

Diagnostic médical	Hommes		Femmes		Total	
	%	n	%	n	%	n
Syndrome fémoro-patellaire	24,3	262	27,9	206	25,8	468
Périostite tibiale	10,7	115	16,6	124	13,2	239
Tendinopathie calcanéenne	7,9	85	3,2	24	6,0	109
Aponévrosite plantaire	5,3	57	3,9	28	4,7	85
Tendinopathie patellaire	5,6	60	2,8	21	4,5	81
Syndrome de la bandelette ilio-tibiale	4,6	50	3,8	28	4,3	78
Douleurs métatarsiennes	3,3	36	3,0	22	3,2	58
Fracture de fatigue tibiale	2,4	26	2,8	21	2,6	47
Tendinopathie du tibial postérieur	1,9	21	3,2	14	2,5	45
Tendinopathie des fibulaires	2,0	22	1,6	12	1,9	34
Total	68,0	735	69,0	510	68,7	1 244

Localisation anatomique et type de blessures

Les fractures de fatigue sont spécifiques de la pratique sportive intensive. Elles touchent principalement les membres inférieurs. Tous sports confondus, elles représentent 1 % des blessures mais atteignent 8 à 20 % en athlétisme (Snyder et coll., 2006).

L'entorse du compartiment latéral de cheville est une blessure extrêmement fréquente, estimée aux États-Unis à 1/10 000 sujets, par jour, toutes circonstances de survenue confondues. Elle est directement dépendante du sport et du sexe. Une étude prospective réalisée sur quatre ans auprès de services d'urgence de deux Universités américaines, concernant 1 310 accidents, a révélé que le basket-ball féminin était de loin le sport le plus à risque (tableau 20.VIII) (Beynon et coll., 2006a). Le niveau de pratique est aussi un facteur à prendre en compte. Inklaar et coll. (1996) et Peterson et coll. (2000) ont ainsi montré, chez les footballeurs que l'incidence des lésions était double chez les sportifs pratiquant à un niveau inférieur (local ou départemental) comparativement à ceux pratiquant à un niveau supérieur (régional ou national) et ceci, quel que soit l'âge.

Tableau 20.VIII : Taux d'incidence et risque relatif de blessure de la cheville chez les athlètes hommes et femmes (d'après Beynon et coll., 2006a)

	N	Blessures (n)	Blessures (%)	Personnes-jours exposition	Taux de blessure pour 1 000 personnes-jours [IC 95 %]	Risque relatif [IC 95 %]
Athlètes hommes						
Football	123	8	6,5	6 983	1,15 [0,50-2,26]	2,45 [0,74-8,14]
Basket-ball	68	2	2,9	4 704	0,42 [0,05-1,54]	0,895 [0,16-4,97]
Lacrosse	166	4	2,4	9 060	0,44 [0,12-1,13]	Groupe de référence
Athlètes femmes						
Football	131	5	3,8	6 867	0,73 [0,24-1,70]	1,14 [0,35-3,74]
Hockey de champ	138	7	5,1	7 742	0,90 [0,36-1,86]	1,36 [0,45-4,08]
Basket-ball	91	11	12,1	5 793	1,90 [0,95-3,40]	2,81* [1,02-7,76]
Lacrosse	184	6	3,3	9 531	0,62 [0,23-1,37]	Groupe de référence

* Les athlètes femmes pratiquant le basket-ball avaient un risque significativement augmenté de souffrir d'une entorse du ligament de la cheville par comparaison aux athlètes femmes pratiquant le hockey de champ, le football ou le lacrosse.

Un des sujets les plus préoccupants en terme de blessures liées à la pratique du sport concerne la rupture du ligament croisé antérieur du genou (LCA). Elle représente environ 16 000 accidents de ski alpin par an en France pour environ 55 millions de skieurs jours, les femmes étant touchées deux fois plus que les hommes (Binet et coll., 1998). Des résultats

identiques ont été publiés dans d'autres pays comme les États-Unis, où l'incidence des ruptures du LCA n'a pas diminué, contrairement à d'autres lésions (fracture, entorse de cheville) (Hunter, 1999). Le hand-ball est beaucoup plus à risque que le football (9,7 ruptures pour 1 000 heures contre 0,1 pour 1 000 heures de pratique) (Pacllet, 1998). Mais tous les sports collectifs sont concernés et notamment le basket-ball (Deitch et coll., 2006) et le volley-ball (Majewski et coll., 2006). Certains sports n'ont, en revanche, quasiment pas été étudiés comme le judo par exemple. Toutefois, l'étude prospective sur 6 ans de Busnel et coll. (2006) réalisée auprès de judokas de 16 à 20 ans du pôle France de Rennes (et donc à haut niveau de pratique) a révélé un taux de ruptures de 13 % chez ces athlètes, équivalent chez les hommes et les femmes. Un certain nombre d'études en cours en Bretagne (Rochcongar données non publiées), ont permis de constater que le premier sport responsable de rupture du LCA chez la femme reste le ski et, qu'au-delà de 35 ans, il s'agit quasiment de la seule cause de rupture chez les sportives féminines. Il reste qu'il apparaît nécessaire de rechercher au travers d'enquêtes bien conduites, les différents facteurs de risque, notamment endocriniens (Beynon et coll., 2006b). D'autres facteurs de risque ont pu être évoqués, mais restent à ce jour très discutés, comme une éventuelle laxité ligamentaire plus importante chez la femme, une plus grande fréquence du morphotype en genu valgum, une taille plus faible de l'échancrure intercondylienne (Hewett et coll., 1999). Les progrès de la biologie moléculaire sont dans ce sens essentiels. Ainsi, des travaux très récents ont pu mettre en évidence une relation entre le risque de tendinopathie calcanéenne et une expression du gène COLS 5A1 (Mokone et coll., 2006).

Coût des blessures

L'ensemble de ces résultats amène à se poser la question du coût des blessures. L'enquête 2002 de la Caisse nationale d'assurance maladie (2005) a révélé que les accidents de sport représentent 19 % de l'ensemble des accidents de la vie quotidienne (contre 48 % pour les accidents domestiques) (figure 20.1). Cette même enquête révèle que les accidents de sport nécessitent souvent un recours à une consultation médicale mais sont les moins concernés par les services d'urgences.

Un revue de la littérature d'Adirim et Cheng (2003), concernant les accidents de sports observés aux États-Unis chez les jeunes par les médecins et les services d'urgence a révélé que pour 30 millions d'enfants ayant une pratique sportive encadrée, le coût annuel des blessures pouvait être estimé à 1,8 billions de dollars et qu'elles concernaient avant tout les lésions cartilagineuses, jusqu'à la puberté. Les sports les plus concernés sont aussi les plus pratiqués (football, basket-ball, cyclisme).

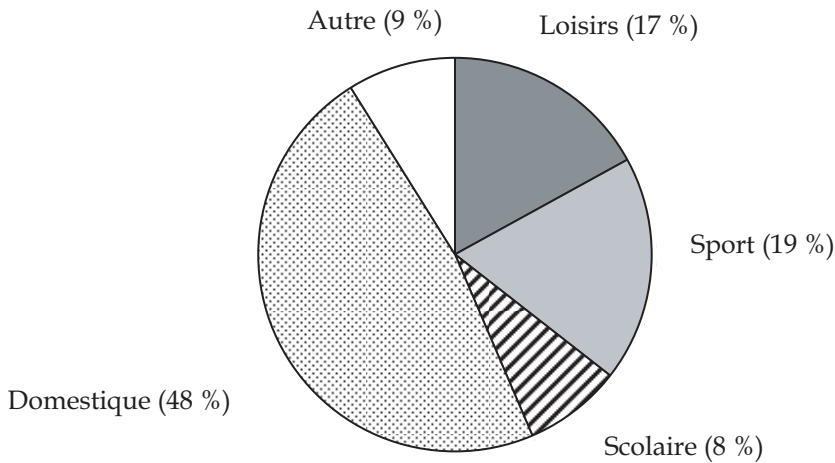


Figure 20.1 : Répartition des accidents de la vie courante (Enquête de la Cnam, 2005)

Les travaux réalisés en Nouvelle-Zélande, quel que soit le niveau de pratique, et concernant les 15 sports les plus à risque, révèlent que le sport le plus coûteux en terme de blessures est le rugby à XV (le coût étant 8 fois supérieur aux blessures engendrées par le football dans le même pays par exemple) (figure 20.2) (Castinel et coll., 2003).

En ce qui concerne les sports d'hiver, les résultats publiés par la Société Suisse d'Assurances⁵⁹ (SUVA : 3,5 millions d'assurés) entre 1992 et 2003 révèlent un nombre d'accidents annuel en croissance (figure 20.3). Près de 30 000 accidents de ski sont déclarés auxquels il faut ajouter 10 000 accidents de snowboard en augmentation constante. Ceci représente un coût en 2003 de plus de 220 millions de Francs Suisses avec une moyenne de 7 000 Francs Suisses par sujet et pour les skieurs et 3 000 Francs Suisses pour les spécialistes de snowboard.

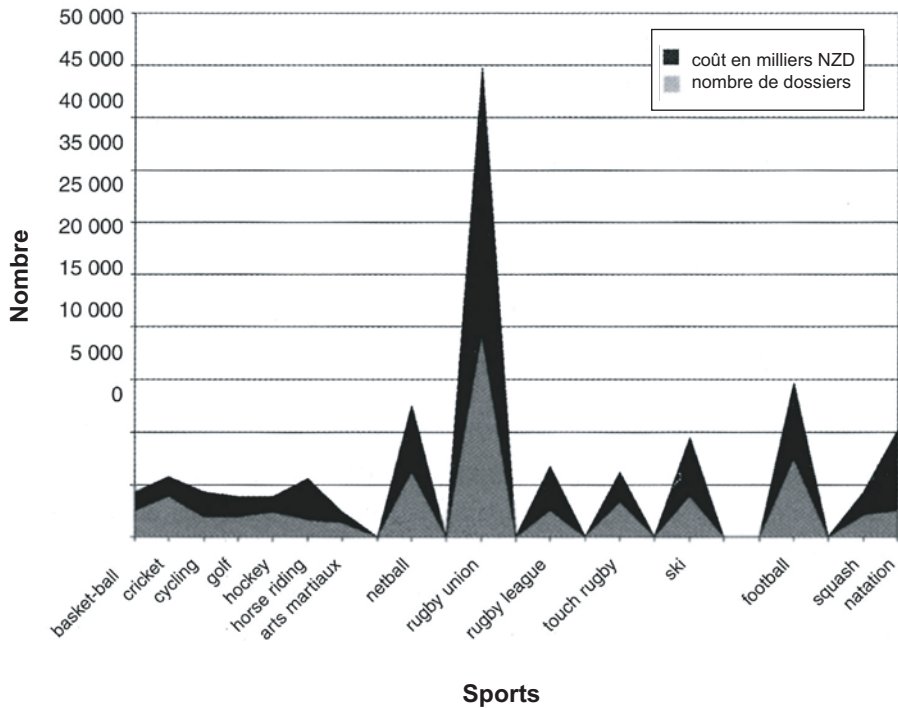
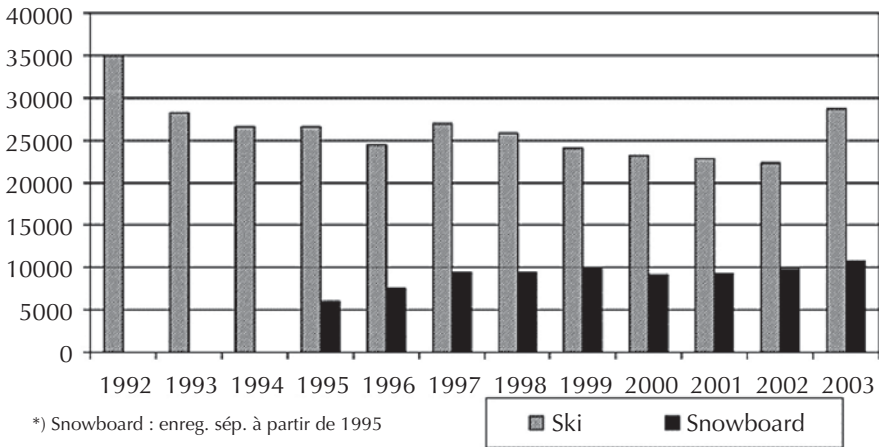


Figure 20.2 : Coût annuel en milliers de dollars Néo-Zélandais et nombre de dossiers (d'après Castinel et coll., 2003)

Le rugby à XV est le plus concerné. Le rugby à XIII n'arrive qu'en 6^e position.

Nous avons déjà abordé l'impact en France des ruptures du LCA. La majorité de ces accidents conduit à une intervention chirurgicale (311 euros) à laquelle il faut ajouter une hospitalisation de quelques jours, un arrêt de travail en moyenne de 45 jours et, au minimum une trentaine de séances de rééducation. Or, seulement 25 % de ces ruptures sont déclarées en accident de sport, les autres étant prises en charge par l'assurance maladie (Rochcongar, données non publiées). Ceci conduit sans aucun doute à une sous-évaluation du risque de rupture, et du coût réel notamment par les compagnies d'assurance. Une estimation réalisée aux États-Unis en 1999 a, par ailleurs, conduit à estimer le coût global d'une rupture du LCA à 17 000 Dollars par patient (Hewett et coll., 1999).



(Source : LLA: UVG, 3,5 millions d'assurés)

Figure 20.3 : Nombre d'accidents de sports d'hiver déclarés à l'assurance SUVA entre 1992 et 2003 (Enquête SUVA)

Prévention

C'est un aspect essentiel de la prise en charge du traumatisme sportif. Plusieurs études ont mis en évidence l'efficacité des protections vis-à-vis des macro-traumatismes entraînant le plus souvent une hospitalisation. Ceci est confirmé pour le cyclisme (port du casque) par une méta-analyse (Attewell et coll., 2001). Le taux de blessures dues au ski alpin, aux États-Unis, est passé, au cours des dernières années de 7 à 2,5 blessures pour 1 000 jours skieurs. Ceci est attribué à l'amélioration des équipements (ski et chaussures) (Pressman et Johson, 2003). Une revue récente de la littérature apporte les mêmes résultats pour le snowboard et la pratique du patinage de vitesse (protection des genoux, des poignets et des coudes notamment) (Hagel, 2005). L'auteur insiste toutefois sur le nombre très faible d'études cas-témoins. Les publications se limitent le plus souvent à des publications de cas concernant toutefois un nombre élevé d'observations (plus de 7 000 cas).

En sports collectifs, c'est plutôt la modification des règles du jeu qui a pu permettre la diminution des accidents graves, voire dramatiques. L'exemple le plus parlant concerne le rugby (suite aux travaux de Torg et coll. (1997) sur la taille du canal cervical et des risques de traumatismes médullaires observés pendant 3 années auprès de pratiquants de football américain) ayant conduit à la suppression des empièlements et à la modification des règles d'entrée en mêlée et du plaquage (figure 20.4) (Bathgate, 2002).

De même, le suivi d'une cohorte de 304 rugbymen au cours d'une saison en Nouvelle-Zélande a permis de montrer que le port de protège-dents et du casque était efficace vis-à-vis des traumatismes faciaux, plaies du cuir chevelu et traumatismes crâniens (Marshall et coll., 2005).

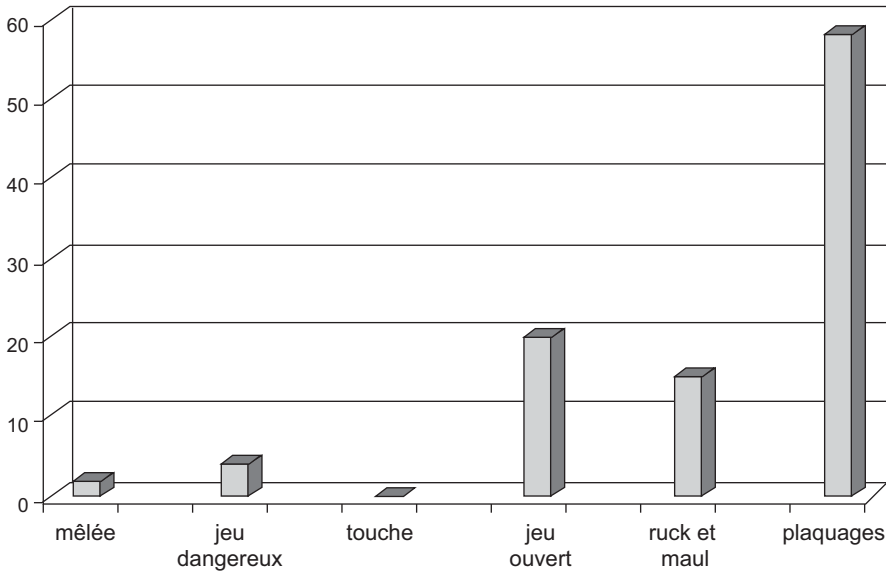


Figure 20.4 : Nombre de blessures en fonction des phases de jeu chez les joueurs de rugby (d'après Bathgate, 2002)

La prévention des lésions de surmenage est multifactorielle. Une des disciplines sportives les plus étudiées concerne la course à pieds sur route. Plus de 10 études longitudinales d'une durée supérieure à un an ont été publiées. Elles concernent chacune, entre 300 et plus de 1 000 coureurs. Il est démontré que le risque de blessures est corrélé au kilométrage hebdomadaire parcouru, aux nombres de compétitions annuelles, et aux troubles du morphotype notamment (Van Mechelen, 1992). La préparation d'avant saison et le respect des règles d'échauffement et d'étirement notamment, sont particulièrement importants. Une étude prospective de Tyler et coll. (2002) réalisée auprès de hockeyeurs sur glace de haut niveau, a mis en évidence une diminution du risque de 3,2 à 0,7 blessures pour 1 000 heures de jeu.

En ce qui concerne les lésions articulaires, une revue de littérature récente, incluant 8 études contrôlées sélectionnées pour leur qualité, analyse les résultats obtenus pour prévenir l'entorse de la cheville (Verhagen et coll., 2000). Elle met en évidence le rôle des orthèses semi-rigides vis-à-vis de la

prévention de l'entorse sans pouvoir déterminer si les sportifs ayant déjà présenté ce type de traumatisme en retirent davantage de bénéfice que les autres athlètes. Les orthèses sont plus efficaces que les contentions adhésives. En revanche, il n'est pas possible à ce jour de faire une relation entre la prévention de l'entorse et le type de chaussure utilisée. Enfin, cette revue souligne le rôle important de la rééducation proprioceptive vis-à-vis de la prévention des rechutes. Un point mérite toutefois d'être souligné. Il concerne le risque mal évalué, à ce jour, de baisse de la performance associée au port de l'orthèse, comme le confirme une revue de la littérature concernant 14 études randomisées et 8 279 sujets (Handoll et coll., 2001).

Des travaux récents, prospectifs, au cours des dix dernières années ont pu mettre en évidence le rôle de la préparation physique vis-à-vis de la rupture du LCA chez la femme. Ceci a été démontré pour le basket-ball et le volley-ball notamment (Hewett, 1999). Plus récemment, Mandelbaum et coll. (2005) ont comparé 2 groupes de jeunes femmes pratiquant le football : un groupe témoin (3 813 sujets) et un groupe expérimental (1 885 sujets) ayant bénéficié d'un programme d'échauffement, étirements, plyométrie (exercices de musculation dynamique) et courses avec déplacements latéraux. Le risque de rupture sur une année est divisé par 5 dans le groupe ayant un programme de prévention, d'autres facteurs sont probablement associés et notamment l'environnement endocrinien, même si, à ce jour, les résultats restent contradictoires (Beynon et coll., 2006b).

Lorsque la blessure est installée, le respect des temps de cicatrisation est fondamental. Le risque de récurrence pour une blessure identique (ligamentaire ou musculaire) dans l'année est 2 à 3 fois plus important pour des footballeurs de niveau de pratique nationale (Hagglund et coll., 2006). L'enquête prospective auprès de footballeurs professionnels français a révélé que le nombre de blessés par équipe au cours d'une année, était directement en relation avec le nombre de récurrences (Rochcongar et coll., 2004).

Au total, malgré les travaux déjà réalisés, il reste à initier d'autres études, pour l'ensemble des disciplines sportives en prenant en compte l'ensemble des facteurs de risque potentiels, et en appliquant une méthodologie rigoureuse, selon le modèle proposé par Bahr et Krosshaug (2005) (figure 20.5).

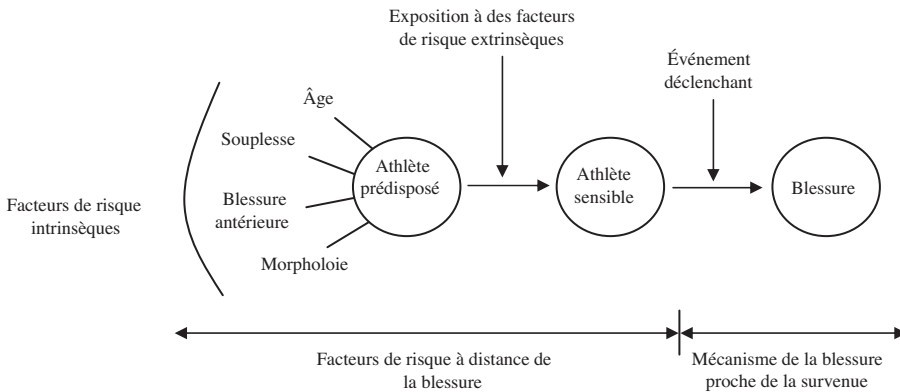


Figure 20.5 : Interaction entre les facteurs intrinsèques et les facteurs extrinsèques, et le risque traumatique (d'après Bahr et Krosshaug, 2005)

Maladies dégénératives et handicaps : bénéfices de l'activité physique

Les maladies neurologiques dégénératives (prévalence estimée à plus de 4 millions aux États-Unis ; McDonald, 2002), les maladies rhumatismales inflammatoires ou dégénératives, représentent un enjeu majeur pour notre société en terme de déconditionnement et de dépendance. On estime, par exemple, que 80 % de la population âgée de plus de 65 ans est affectée par l'arthrose (Marks et Allegrante, 2005).

Depuis quelques années, plusieurs publications ont mis en évidence le rôle bénéfique des activités physiques vis-à-vis de la prise en charge d'un certain nombre de maladies dégénératives ou chroniques.

Une méta-analyse de 2005 (Hayden et coll., 2005) concernant la lombalgie (61 études randomisées contrôlées) a mis en évidence l'intérêt de la rééducation active et des activités physiques vis-à-vis de la prise en charge de la lombalgie chronique uniquement, tant sur la douleur que la fonction articulaire, et la durée des arrêts de travail. Il n'y a aucun effet sur la lombalgie aiguë. Les auteurs soulignent toutefois la limite méthodologique de la majorité de ces études. Ils relèvent la nécessité des critères d'évaluation objectifs, qui sont le plus souvent actuellement limités à l'évaluation de la douleur (EVA).

Concernant les douleurs lombaires, plusieurs études randomisées (Mannion et coll., 1999 ; Moffett et coll., 1999 ; Hides et coll., 2001 ; Aure et coll., 2003 ; Hagen et coll., 2003) et une méta-analyse (Kool et coll., 2004) montrent que les exercices physiques réduisent significativement le nombre de jours d'incapacité et les douleurs.

Petersen et Saltin (2006) ont publié une revue complète des effets positifs de l'activité physique sur un certain nombre de maladies chroniques. Concernant la polyarthrite rhumatoïde, ces auteurs relèvent une évidence de niveau A (niveau de preuve le plus élevé) vis-à-vis de la force, de niveau B vis-à-vis de la qualité de vie. Pour la fibromyalgie, il existe une évidence de niveau A tant sur les symptômes cliniques, que sur la force et la qualité de vie. Les résultats sont moins probants vis-à-vis du syndrome de fatigue chronique (niveau B pour des symptômes cliniques et de la force). Quelle que soit la pathologie prise en charge, le type et l'intensité des exercices restent discutés et nécessiteront d'autres études. La prise en charge des patients associe le plus souvent des exercices de musculation globale, avec charges modérées, parallèlement à l'entretien des capacités aérobies par les exercices de marche.

Une revue systématique *Cochrane* concernant la polyarthrite rhumatoïde (Van Den Ende et coll., 2000) fait état de 6 études contrôlées pour 30 publications, avec des critères méthodologiques différents. Les auteurs concluent à l'effet positif de l'activité physique (principalement sur la force), avec toutefois la nécessité de mener des recherches à long terme. Une autre revue systématique *Cochrane* (Han et coll., 2006) a examiné 4 études randomisées (206 patients) sur les effets du tai chi sur la polyarthrite rhumatoïde. Les résultats suggèrent un bénéfice au niveau de la mobilité des extrémités des membres inférieurs. Par ailleurs, une étude randomisée auprès de 77 patients souffrant de polyarthrite rhumatoïde et ayant suivi un entraînement musculaire pendant 2 ans, montre une diminution de la douleur de 67 % maintenue 3 ans après l'intervention (Hakkinen et coll., 2004). Les programmes doivent respecter le rythme de la maladie (poussées douloureuses) et le nyctémère (activités physiques recommandées plutôt en fin de journée pour les patients souffrant de polyarthrite rhumatoïde).

Tous les auteurs insistent sur la nécessité de pratiques sportives encadrées, au risque de voir un fort pourcentage de patients arrêter rapidement leur programme. Ceci est particulièrement bien démontré pour la prise en charge des patients fibromyalgiques. Une étude randomisée contrôlée menée auprès de 72 femmes (programme de musculation) amène à constater un taux d'abandon de 47 % après quatre semaines (Kingsley et coll., 2005). Enfin, une question majeure reste posée concernant l'effet dose-réponse de l'activité physique vis-à-vis du traitement des maladies dégénératives (Vuori, 2001). Ce point fondamental n'est à ce jour pas réglé, peu d'études bien conduites ayant été réalisées, et nécessite encore des recherches notamment après arthroplastie totale de hanche ou de genou et en tenant compte des antécédents sportifs des patients (Visuri et Honkanen, 1980). Une revue systématique récente de la littérature (Vignon et coll., 2006) ne permet pas de conclure quant aux effets bénéfiques des exercices dynamiques, *versus* les exercices statiques (niveau d'évidence B).

Les activités physiques sont maintenant reconnues efficaces vis-à-vis du handicap moteur et neurologique. Le nombre d'études bien conduites reste

toutefois faible, et les travaux devront donc être poursuivis (West Suijter et Kraak, 2007). Les programmes de musculation et de réentraînement améliorent les capacités de marche et la qualité de vie des patients atteints de sclérose en plaques (Robineau et coll., 2005 ; Kerdoncuf et coll., 2006). Ceci s'explique, en partie, par une typologie musculaire non altérée, comparative-ment à des sujets témoins (Carroll et coll., 2005). Chez les patients atteints de la maladie de Parkinson, l'intérêt de la musculation, notamment en mode excentrique, a récemment été démontré (Dibble et coll., 2006). De la même manière, l'activité physique améliore les capacités physiologiques, la force musculaire des traumatisés médullaires, mais il n'a pas été démontré à ce jour d'effet direct sur la qualité de vie (Ginis et coll., 2003 ; Nash, 2005).

Activités physiques et arthrose

L'arthrose représente une des pathologies chroniques les plus fréquentes. Après 60 ans, pour un sujet, on estime que, au minimum, une articulation présente des signes d'arthrose (Veje et coll., 2002). Les signes radiologiques précèdent les signes cliniques et principalement la douleur, qui entraîne une baisse de l'activité physique et, en conséquence, une perte de force (Petersen et Saltin, 2006). Les articulations les plus concernées sont le genou et la hanche. Il n'y a pas de risque d'arthrose générée par la pratique modérée du sport, en dehors de tout traumatisme aigu (Vignon et coll., 2006). En revanche, la surcharge pondérale représente un facteur aggravant majeur. Une simple augmentation modérée de l'IMC (indice de masse corporelle) chez l'homme, sans surcharge pondérale majeure, augmente le risque d'arthrose du genou, comme indiqué lors d'une étude cas-témoins de 1 750 sujets suédois (Holmberg et coll., 2005).

Seule la pratique sportive intensive (en compétition ou hors de tout encadrement), et plus particulièrement des sports comme le football, le hockey sur glace et le tennis, est à risque, principalement après la survenue d'un premier accident (Thelin et coll., 2006). Ainsi, le risque arthrogène au niveau du genou augmente considérablement après ménisectomie ou rupture du ligament croisé antérieur (Visuri et Honkanen, 1980). Ceci étant, le niveau de qualité de vie est important à prendre en compte. Kujala et coll. (2003) a ainsi montré, chez d'anciens sportifs de haut niveau, qu'ils présentaient plus d'atteintes dégénératives mais conservaient une meilleure fonction articulaire et pouvaient ainsi poursuivre une activité physique après arrêt de la compétition. Enfin, il n'existe pas, à ce jour, de travaux permettant de préciser le niveau et l'intensité de pratique, susceptibles de favoriser le développement de l'arthrose (Vignon et coll., 2006).

Il n'en reste pas moins que l'intensité de la pratique, associée à des anomalies morphologiques, est un facteur indiscutable de risque d'évolution vers l'arthrose

précoce, comme cela vient d'être démontré chez des handballeurs français de haut niveau, sport peu étudié jusqu'à ce jour (L'Hermette et coll., 2006).

Si l'activité physique intensive représente un risque potentiel d'apparition ou d'aggravation de l'arthrose, l'activité physique modérée peut à l'inverse avoir un effet bénéfique sur la maladie. Chez le rat, un exercice modéré atténue la sévérité des lésions du cartilage suite à la section du LCA, ce qui n'est pas observé avec un exercice intense (Galois et coll., 2004). L'activité physique est maintenant reconnue comme un des traitements efficaces de l'arthrose. Petersen et Saltin (2006) retrouvent une évidence de niveau A (niveau de preuve le plus élevé) quant à l'effet positif du sport sur les symptômes de l'arthrose, la qualité de vie et la force. Roddy et coll. (2005) ont publié les premières recommandations d'un groupe de travail portant sur les avis d'experts et les publications évaluées en terme d'*evidence-based medicine*, concernant l'activité physique et la prise en charge de l'arthrose. Tout en précisant que d'autres études s'avèrent nécessaires, en raison de résultats parfois contradictoires, les auteurs concluent aux effets positifs des exercices d'endurance et de renforcement musculaire, à la nécessité d'individualiser les programmes en fonction de la pathologie, de mettre en place des stratégies à moyen et long terme, d'adhésion des patients à ces programmes. Différentes études ont signalé que les exercices aérobie (marche, exercice dans l'eau, jogging dans l'eau, yoga, tai chi) sont efficaces à long terme alors que les exercices d'assouplissement le sont à court terme (Bennell et Hinman, 2005).

En conclusion, la relation bénéfico-risque de la pratique sportive ne peut être abordée sans tenir compte de tous les paramètres évoqués précédemment, à savoir le sport pratiqué, les conditions de pratique (intensité, durée, matériel utilisé), l'âge, les handicaps éventuels notamment locomoteurs ou neurologiques, le niveau d'expertise et la qualité de l'encadrement. Ainsi, par exemple, les sports en conditions extrêmes sont plus à risque de blessures graves, mais ce sont les mieux encadrés et ceux pour lesquels les règles de sécurité sont les plus strictes.

S'il manque encore des études épidémiologiques bien conduites en fonction du sport, de l'âge et du mode de pratique, il est possible, au vu de la littérature, de faire quelques recommandations.

Les activités physiques ont un effet positif sur l'appareil locomoteur en général et la force en particulier et permettent ainsi de lutter contre le déconditionnement, notamment dans le cadre des pathologies dégénératives. Il faut toutefois que cette activité physique soit abordée de façon progressive, d'intensité modérée, encadrée par des personnels compétents et pratiquée avec du matériel adapté dans le respect des règlements. Il faut, par ailleurs, prévenir les pathologies liées directement ou indirectement aux activités physiques en mettant en avant la prévention, qui est le plus souvent complexe car multifactorielle.

BIBLIOGRAPHIE

ADIRIM TA, CHENG TL. Overview of injuries in the young athlete. *Sports Med* 2003, **33** : 75-81

ATTEWELL RG, GLASE K, MCFADDEN M. Bicycle helmets efficacy. *Accident Analysis and Prevention* 2001, **33** : 345-352

AURE OF, NILSEN JH, VASSELJEN O. Manual therapy and exercise therapy in patients with chronic low back pain. *Spine* 2003, **28** : 525-532

BAHR R, KROSSHAUG T. Understanding injury mechanisms: a key component for preventing injuries in sport. *Br J Sports Med* 2005, **39** : 324-329

BATHGATE A. A prospective study of injuries to elite Australian rugby union players. *Br J Sports Med* 2002, **36** : 265-269

BENNEL K, HINMAN R. Exercise as treatment for osteoarthritis. *Curr Opin Rheumatol* 2005, **17** : 634-640

BERGER-VACHON C, GABARD G, MOYEN B. Soccer accidents in the French Rhone-Alpes Soccer Association. *Sports Med* 1986, **3** : 69-77

BEYNNON BD, RENSTROM PA, HAUGH L, UH BS, BARHER HA. Prospective, randomized clinical investigation of the treatment of first-time ankle sprains. *Am J Sports Med* 2006a, **34** : 1401-1412

BEYNNON BD, JOHNSON RJ, BRAUN S, SARGENT M, BERNSTEIN IM, et coll. The relationship between menstrual cycle phase and anterior cruciate ligament injury. A case-control study of recreational alpine skiers. *Am J Sports Med* 2006b, **34** : 757-764

BINET MH, LAPORTE D, CONSTANS E, TOURET E. Epidémiologie des ruptures du LCA au ski. Les lésions isolées récentes du ligament croisé antérieur. In : Les lésions isolées récentes du ligament croisé antérieur : Données actuelles. RODINEAU J, SAILLANT G (eds). Masson, Paris, 1998

BLAIR SE, KOHL HW, GOODYEAR NN. Rates and risks for running and exercise injuries: studies in the three populations. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 1987, **58** : 221-228

BROOKS JH, FULLER CW. The influence of methodological issues on the results and conclusions from epidemiological studies of sports injuries. Illustrative examples. *Sports Med* 2006, **36** : 459-472

BUSNEL F, ROCHCONGAR P, ANDRE AM, JAN J. Exploration isocinétique du genou du judoka et risque de rupture du LCA. À propos d'une enquête prospective auprès des athlètes de pole France de judo de Rennes. *Sciences et Sports* 2006, **21** : 148-153

CAINE D, DIFLORI J, MAFFULLI N. Physéal injuries in children's and youth sports : reasons for concern ? *Br J Sports Med* 2006, **40** : 749-760

CAISSE NATIONALE D'ASSURANCE MALADIE (CNAM). Les accidents de la vie courante en 2002. *Point Stat* 2005, **41** : 1-6

CARROLL CC, GALLAGHER PM, SEIDLE ME, TRAPPE SW. Skeletal muscle characteristics of people with multiple sclerosis. *Arch Phys Med Rehabil* 2005, **86** : 224-229

CASTINEL B, TOURETTE JH, GUTTIRIEZ, TURBLIN P, QUARRIE K, et coll. Mécanismes et épidémiologie des traumatismes cervicaux graves dans le jeu de rugby. In : Pathologies du rugbyman. Sauramps Médical Ed, 2003 : 19-38

CLÉMENT DB, TAUNTON JE, SMART GW, MCNICOL KL. A survey of overuse running injuries. *Physician and Sports Medicine* 1981, **9** : 47-58

CLOUGH P, SHEPERD J, MAUGHAN R. Motives for participation in recreational running. *J Leisure Res* 1989, **21** : 297-309

DEITCH JR, STARKEY C, WALTERS SL, MOSELEY JB. Injury risk in professional basketball players: a comparison of Women's National Basketball Association and National Basketball Association athletes. *Am J Sports Med* 2006, **34** : 1077-1083

DETTORI NJ, NORVEL DC. Non-traumatic bicycle injuries: a review of the literature. *Sports Med* 2006, **36** : 7-18

DIBBLE LE, HALE T, MARCUS RL, GERBER JP, LASTAYO PC. The safety and feasibility of high-force eccentric resistance exercise in persons with Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehabil* 2006, **87** : 1280-1282

EMERY CA, MEEUWISSE WH, HARTMANN SE. Evaluation of risk factors for injury in adolescent soccer: implementation and validation of an injury surveillance system. *Am J Sports Med* 2005, **33** : 1882-1891

FULLER CW, EKSTRAND J, JUNGE A. Consensus statement on injuries definitions and data collection procedures in studies in soccer injuries. *Scand J Med Sci Sports* 2006, **16** : 83-92

GALOIS L, ETIENNE S, GROSSIN L, WATRIN-PINZANO A, COURNIL-HENRIONNET C, LOEUILLE D, NETTER P, MAINARD D, GILLET P. Dose-response relationship for exercise on severity of experimental osteoarthritis in rats: a pilot study. *Osteoarthritis Cartilage* 2004, **10** : 779-786

GINIS KA, LATIMER AE, MCKECHNIE K, DITO DS, MCARTNEY M, et coll. Using exercise to enhance subjective well-being among people with spinal cord injury: The mediating influences of stress and pain. *Rehabilitation Psychology* 2003, **4** : 157-164

HAGEL B. Skiing and snowboarding injuries. *Med Sport Sci* 2005, **48** : 74-119

HAGEN EM, GRASDAL A, ERIKSEN HR. Does early intervention with a light mobilization program reduce long-term sick leave for low back pain: a 3-year follow-up study. *Spine* 2003, **28** : 2309-2316

HAGGLUND M, WALDEN M, EKSTRAND J. Previous injury as a risk factor for injury in elite football: a prospective study over two consecutive seasons. *Br J Sports Med* 2006, **40** : 767-772

HAKKINEN A, SOKKA T, HANNONEN P. A home-based two-year strength training period in early rheumatoid arthritis led to good long-term compliance: A five year follow-up. *Arthritis and Rheumatism* 2004, **51** : 56-62

HANDOLL HH, ROWE BH, QUINN KM, DE BRIE R. Interventions for preventing ankle ligament injuries *Cochrane Database Syst Rev* 2001 : CD000018

HAYDEN JA, VAN TULDER MW, MALMIVAARA A, KOES BW. Exercise therapy for treatment of non-specific low back pain. *Cochrane Database Syst Rev* 2005 : CD0003

HEWETT TE, LINDENFELD TN, RICCOBENE IV, NOYES FR. The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. *Am J Sports Med* 1999, **27** : 699-705

HIDES JA, JULL GA, RICHARDSON CA. Long-term effects of specific stabilizing exercises for first-episode low back pain. *Spine* 2001, **26** : E243-E248

HOLMBERG S, THELIN A, THELIN N. Knee osteoarthritis and body mass index: a population-based case-control study. *Scand J Rheumatol* 2005, **34** : 59-64

HOLMICH P, CHRISTENSEN SW, DARRE E, JOHNSEN F, HARTOG T. Non-elite marathon runners: health, training and injuries. *British Journal of Sports Medicine* 1989, **23** : 177-178

HOOTMAN JM, MACERA CA, AINSWORTH BE, ADDY CL, MARTIN M, et coll. Epidemiology of musculoskeletal injuries among sedentary and physically active adults. *Med Sci Sports Exerc* 2002, **34** : 838-844

HUNTER RE. Skiing injuries. *Am J Sports Med* 1999, **27** : 381-389

INKLAAR H, BOL E, SCHMICKLI SL, MOSTERD WL. Injuries in male soccer players: team risk analysis. *Int J Sports Med* 1996, **17** : 229-234

KOOL J, DE BIE R, OESCH P, KNÜSEL O, VAN DEN BRANDT P, BACHMANN S. Exercise reduces sick leave in patients with non-acute non-specific low back pain: a meta-analysis. *J Rehabil Med* 2004, **36** : 49-62

KUJALA U, ORAVA S, PARKKARI J, KAPRIO J, SARNA S. Sports career-related musculoskeletal injuries: long-term health effects on former athletes. *Sports Med* 2003, **33** : 869-875

KERDONCUF V, DURUFLE A, LE TALLEC H, LASSALLE A, PETRILLI S, et coll. Activité sportive et sclérose en plaque. *Ann Réadapt et Med Physique* 2006, **49** : 32-36

KINGSLEY JD, PANTON LB, TOOLE T, SIRITHIENTHAD P, MATHIS R. The effects of a 12-week strength training program on strength and functionality in women with fibromyalgia. *Arch Phys Med Rehabil* 2005, **86** : 1713-1721

KOPLAN JP, POWELL KE, SIKES RK, SHIRLEY RW, CAMPBELL GC. An epidemiological study of the benefits and risks of running. *Journal of the American Medical Association* 1982, **248** : 3118-3121

LE GALL F, CARLING C, REILLY T, VANDEWALLE H, CHURCH J, et coll. Incidence of injuries in elite French youth soccer players: a 10-season study. *Am J Sports Med* 2006, **34** : 928-938

L'HERMETTE M, POLLE G, TOURNY-CHOLLET C, DUJARDIN F. Hip passive range of motion and frequency of radiographic hip osteoarthritis in former elite handball players. *Br J Sports Med* 2006, **40** : 45-49

LYSHOLM J, WIKLANDER J. Injuries in runners. *Am J Sports Med* 1987, **15** : 168-171

MACERA CA, PATE RR, POWELL KE, JACKSON KL, KENDRICK JS, et coll. Predicting lower-extremity injuries among habitual runners. *Arch Int Med* 1989, **149** : 2565-2568

MARTI B, VADER JP, MINDER CE, ABELIN T. On the epidemiology of running injuries. *Am J Sports Med* 1988, **16** : 285-294

MCDONALD CM. Physical activity, health impairments, and disability in neuromuscular disease. *Am J Phys Mes Rehabil* 2002, **81** : S108-S120

MAJEWSKI M, SUSANNE H, KLAUS S. Epidemiology of athletic knee injuries : A 10 year-study. *Knee* 2006, **13** : 184-188

MANDELBAUM BR, SILVERS HJ, WATANABE DS, KNARR JF, THOMAS SD, et coll. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. *Am J Sports Med* 2005, **33** : 1003-1010

MARKS R, ALLEGRANTE JP. Chronic osteoarthritis and adherence to exercise: A review of the literature. *Journal of Aging and Physical Activity* 2005, **13** : 434-460

MARSHALL SW, LOOMIS D, WAALER A, CHALMERS DJ, BIRD YN, et coll. Evaluation of protective equipment for prevention of injuries in rugby union. *International Journal of Epidemiology* 2005, **34** : 113-118

MOFFETT JK, TORGERSON D, BELL-SYER S, JACKSON D, LLEWLYN-PHILLIPS H, et coll. Randomised controlled trial of exercise for low back pain: clinical outcomes, costs, and preferences. *BMJ* 1999, **319** : 279-283

MOKONE GG, SCHWELLNUS MP, NOAKESTD, COLIINS M. The COL5A1 gene and Achilles tendon pathology. *Scand J Med Sci Sports* 2006, **16** : 19-26

NASH MS. Exercise as a health-promoting activity following spinal cord injury. *J Neurol Phys Ther* 2005, **29** : 87-103

OOYENDIJK WTM, VAN AGT L. Preventive van hardloopleessures. *Geneeskunde en Sport* 1990, **23** : 146-151

PACLET JP. Épidémiologie des ruptures du LCA en sports collectifs. Les lésions isolées récentes du ligament croisé antérieur. In : Les lésions isolées récentes du ligament croisé antérieur : Données actuelles. RODINEAU J, SAILLANT G (eds). Masson Ed, 1998

PETERSEN BK, SALTIN B. Evidence for prescribing as therapy in chronic disease *Scand. J Med Sci Sports* 2006, **16** : 5-65

PETERSON L, JUNGE A, CHOMIAK J, GRAF-BAUMANN T, DVORAK J. Incidence of football injuries and complaints in different age groups and skill-level groups. *Am J Sports Med* 2000, **28** : S51-S57

POWELL KE, HEATH GW, KRESNOW MJ, SACKS J, BRANCHE CM. Injury rates from walking, gardening, weightlifting, outdoor bicycling, and aerobics. *Med Sci Sports Exerc* 1998, **30** : 1246-1249

PRESSMAN MD, JOHNSON DH. A review of ski injuries resulting in combined injury to the anterior cruciate ligament and medial collateral ligaments. *Arthroscopy* 2003, **19** : 194-202

ROBINEAU S, NICOLAS B, GALLIEN P, PETRILLI S, DURUFLE A, et coll. Renforcement musculaire isocinétique excentrique chez des patients atteints de sclérose en plaque. *Ann Réadapt Med Physique* 2005, **48** : 29-33

ROCHCONGAR P. Épidémiologie des ruptures du ligament croisé antéro-externe du genou en région Bretagne (4000 cas). Données non publiées

ROCHCONGAR P, BRYAND F, BUCHER D, FERRET JM, EBERHARD D, et coll. Étude épidémiologique du risque traumatique des footballeurs français de haut niveau. *Science et sports* 2004, **19** : 63-68

RODDY E, ZHANG W, DOHERTY M, ARDEN NK, BARLOW J, et coll. Evidence-based recommendations for the role of exercise in the management of osteoarthritis of the hip or knee—the MOVE consensus. *Rheumatology* 2005, **44** : 67-73

RUWE PA, PINK M, JOBE FW. The normal and the painful shoulders during the break-stroke. Electromyographic and cinematographic analysis of twelve muscles. *Am J Sports Med* 1994, **22** : 789-798

SALLIS RE, JONES K, SUNSHINE S. Comparing sports injuries in men and women. *Int J Sports Med* 2000, **22** : 420-423

SCHNEIDER S, SEITHER B, TÖNGES S, SCHMITT H. Sports injuries: population based representative data on incidence, diagnosis, sequelae, and high risk groups. *Br J Sports Med* 2006, **40** : 334-339

SNYDER RA, KOESTER MC, DUNN WR. Epidemiology of stress fractures. *Clin Sports Med* 2006, **25** : 37-52

STEVENSON M, FINCH C, HAMER P, ELLIOTT B. The Western Australian sports injury study. *Br J Sports Med* 2003, **37** : 380-381

THELIN N, HOLMBERG S, THELIN A. Knee injuries account for the sports-related increased risk of knee osteoarthritis. *Scand J Med Sci Sports* 2006, **16** : 329-333

TORG JS, CORCORAN TA, THIBAUT LE, PAVLOV H, SENNETT BJ, et coll. Cervical cord neurapraxia: classification, pathomechanics, morbidity, and management guidelines. *J Neurosurg* 1997, **87** : 843-850

TYLER TF, NICHOLAS SJ, CAMPBELL RJ, DONELAN S, MCUGH P. The effectiveness of a preseason exercise program to prevent adductor muscle strains in professional ice hockey players. *Am J Sports Med* 2002, **30** : 680-683

VAN DEN ENDE, VLIET VLIELAND TP, MUNNEKE M, HAZES JM. Dynamic exercise therapy for rheumatoid arthritis. *Cochrane Database Syst Rev* 2000, **2** : CD000322

VAN MECHELEN W. Running injuries. A review of the epidemiological literature. *Sports Med* 1992, **14** : 320-335

VEJE K, HYLLESTED JL, OSTERGAARD K. Osteoarthritis. Pathogenesis, clinical features and treatment. *Ugeskr Laeger* 2002, **164** : 3173-3179

VERHAGEN EA, VAN MECHELEN W, DE VENTE W. The effect of preventive measures on the incidence of ankle sprains. *Clin J Sport Med* 2000, **10** : 291-296

VIGNON E, VALAT JP, ROSSIGNOL M, ROZENBERG S, THOUMIE P, et coll. Arthrose du genou et de la hanche et activité: revue systématique internationale et synthèse (OASIS). *Revue du rhumatisme* 2006, **73** : 736-752

VISURI T, HONKANEN R. Total hip replacement: its influence on spontaneous recreation exercise habits. *Arch Phys Med Rehabil* 1980, **61** : 325-328

VUORI IM. Dose-response of physical activity and low back pain, osteoarthritis, and osteoporosis. *Med Sci Sports Exerc* 2001, **33** : S551-S586

WALTER SD, HART LE, MCINTOSH JM, SUTTON JR. The Ontario cohort study of running-related injuries. *Arch Intern Med* 1989, **149** : 2561-2564

WEST SUITOR C, KRAAK VI. Adequacy of evidence for physical activity guidelines development: Workshop summary, 2007. <http://www.nap.edu/catalog/11819.html>

YZERMAN JC, VAN GALEN WCC. Blessures bij lange afstandlopers. Report, KNAU, 1987

21

Santé mentale

Au cours des 30 dernières années, l'intérêt envers la santé, l'activité physique, le bien-être, la qualité de vie et les processus psychologiques qui s'y rapportent s'est accru. Les travaux dans ce domaine sont aujourd'hui relativement nombreux même si la plupart des manuels de psychologie sportive (Weinberg et Gould, 1997 ; Buckworth et Dishman, 2002 ; Cox, 2005 ; Famose, 2005) ne traitent ces aspects qu'à la marge ; l'essentiel de la psychologie sportive étant focalisé sur la préparation à la performance. Un seul ouvrage, à notre connaissance, approfondit la question de l'amélioration de la santé mentale par la participation à des activités physiques ou sportives sous le titre « *Physical Activity and Psychological Well-Being* » (Biddle et coll., 2000).

Le problème de la santé mentale des populations est de plus en plus prégnant. Une étude du *Health Survey of England* considérait en 1995 que 20 % des femmes et 14 % des hommes avaient souffert à un moment de leur vie de troubles mentaux et estimait qu'un adulte sur 7 serait touché par des troubles psychologiques. Une méta-analyse récente (Ustun et Kessler, 2002) à partir des données épidémiologiques de l'OMS, de la banque mondiale et de l'école de Santé publique de *Harvard University*, de l'étude du *Global Burden of Disease* (GBD), souligne que les troubles neuropsychiatriques figurent parmi les cinq premières causes d'incapacité. La forme « dépression » (troubles de l'humeur) explique par elle-même 10 % de la déficience. La dépression deviendra-t-elle d'ici 2020 la deuxième maladie en terme d'incapacité et de dépenses en santé publique ?

On observe par ailleurs une sensibilisation croissante du grand public aux troubles mentaux et à la santé mentale. Ce phénomène s'explique par une meilleure information médicale et par une prise de conscience des dimensions du corps et du psychisme en dehors de la maladie. Le « capital santé » et parallèlement le capital « santé mentale » deviennent de nouvelles valeurs et de nouvelles finalités vers lesquelles les individus doivent tendre. Dynamisme, motivation, compétitivité, adaptation sont des ressources psychologiques à acquérir ou conserver le plus longtemps possible. Dans ce contexte, l'activité physique devient un moyen pour préserver sa santé (définie par l'OMS comme un état d'équilibre physique et psychologique).

L'activité physique et/ou sportive apparaît donc de plus en plus comme un facteur :

- d'équilibre par une compensation de la sédentarité ;
- de bien-être ;
- de prévention de certaines maladies mentales et troubles psychiques ;
- de lutte contre les difficultés psychologiques inhérentes à la condition humaine ;
- de thérapie principale ou secondaire pour certains troubles psychiatriques ;
- de réhabilitation sociale des personnes présentant des déficiences (affectives, cognitives, motrices) et d'amélioration de leur qualité de vie.

Cette perspective explique, pour une part, l'augmentation globale des pratiquants d'activités physiques sur les 10 dernières années (de 74 % à 84 % de la population française) et d'autre part la prise en compte de la santé comme seconde motivation de la population française pour la pratique sportive (59,6 % des réponses en 2000 ; Guilbert et coll., 2001).

Par ailleurs, notons que cette pratique touche également aujourd'hui les personnes présentant un handicap physique ou sensoriel licenciés à la Fédération Française Handisport, des retards intellectuels ou une maladie mentale licenciés à la Fédération Française du Sport Adapté, ou des troubles psychiques consécutifs à une maladie chronique pris en charge par les réseaux de santé (Moullec et coll., 2007).

Pour mesurer à la fois le chemin parcouru et la lenteur de la prise en compte du rôle des activités physiques sur la santé mentale, rappelons que l'utilisation du sport dans la réhabilitation des blessés médullaires a été prônée par Guttmann dès 1944 (Guttmann, 1976) et l'utilisation du sport comme psychothérapie en 1965 (Sivadon et Gantheret, 1965). Aujourd'hui, malgré un large consensus théorique sur les bénéfices que peut apporter l'activité physique pour des populations de plus en plus sédentaires, en souffrance psychique, avec des troubles psychiatriques, ou en situation de réinsertion sociale, son utilisation reste plutôt un vœu pieux qu'une réalité dans les services psychiatriques, de rééducation, de réadaptation (Biddle et coll., 2000).

On peut se demander si ce manque de véritable reconnaissance de la part des personnels médicaux et paramédicaux, des responsables de la santé, ne vient pas, pour une part, du manque de travaux scientifiques apportant la démonstration de son efficacité, traitant de la manière de l'utiliser (effet dose-réponse)... ou même de la faible diffusion de ces travaux auprès des acteurs de santé publique. Notre objectif sera donc d'analyser la littérature scientifique internationale récente pour en faire la synthèse et dégager les résultats acceptés, les insuffisances de preuves et les axes de recherche à intensifier.

Ce chapitre traite en premier lieu les travaux portant sur les répercussions de l'activité physique sur l'anxiété et le stress. Puis sont analysées les recherches sur les effets des pratiques physiques ou sportives sur la dépression, les

troubles psychiatriques graves (autisme, schizophrénie) et les répercussions sur des populations présentant des troubles du comportement, des déficiences intellectuelles et motrices.

Les motivations pour la pratique physique et sportive, les effets psychopathologiques du sport de haut niveau et les problématiques de fin de carrière sont abordés en fin de chapitre.

Activité physique, anxiété et stress

Spielberger (1966) distingue l'anxiété d'état qui est « une condition émotive temporaire, en constante évolution, dans laquelle on ressent subjectivement et consciemment une appréhension et une tension, associées à une réduction du système nerveux autonome », de l'anxiété de trait qui est « une disposition comportementale à percevoir une menace dans des situations objectivement sécuritaires et à y réagir par une anxiété disproportionnée ». L'anxiété de trait et l'anxiété d'état sont très souvent associées. Le stress souvent relié à l'anxiété se définit comme « un déséquilibre » substantiel entre les exigences physiques ou psychologiques et l'aptitude à y répondre dans des circonstances où l'échec a d'importantes conséquences (McGrath, 1970). Ces traits et états psychologiques sont mesurés par des tests de personnalité et des échelles spécifiques (MMPI, 16 PF Cattell, *Profile on Mood States*, *Spielberger Trait-state Anxiety Inventory*, *Cognitive-Somatic Anxiety Questionnaire*, Inventaire d'anxiété compétitive de Martens...).

Landers et Arent (2001) soulignent qu'il y a eu, entre 1991 et 1994, 6 méta-analyses portant sur 159 articles publiés traitant des relations entre la pratique d'une activité physique et la réduction de l'anxiété, qui ont été repris dans une méta-analyse de synthèse (Landers et Petruzzello, 1994). Ces 6 méta-analyses concluaient toutes que l'exercice physique était significativement associé à la réduction des traits d'anxiété et à ses indicateurs physiologiques. Les niveaux de preuve étaient considérés comme faibles ou modérés (*Effect size*, $ES = -0,15$ à $-0,56$). Il apparaît dans cette synthèse que le niveau de réduction d'anxiété est principalement constaté au niveau des populations en faible condition physique et avec un haut niveau d'anxiété ($ES = -0,55$) mais que cette diminution touche également la population présentant des valeurs normales aux tests ($ES = -0,34$). Ces conclusions sur les effets au niveau de la population non anxieuse ont été fortement contestées par Raglin (1997) qui met en avant les nombreux artéfacts méthodologiques. Les résultats actuels montrent que les effets anxiolytiques varient en intensité en fonction de l'anxiété initiale des sujets. Chez les individus non anxieux, les effets de l'activité physique se feraient sentir au niveau de l'état d'anxiété (Petruzzello et coll., 1991 ; Raglin, 1997) et seraient constatés 30 minutes après le début de l'activité ; ils se prolongeraient une heure après

l'arrêt de l'activité et persisteraient pendant 2 heures. La réduction de l'anxiété d'état par les exercices aérobies serait comparable à celle obtenue par la relaxation ou un repos dans le calme (Youngstedt et coll., 1997). Selon Garvin et coll. (1997), la réduction d'anxiété d'état dure tout le temps de l'activité.

Si la réduction de l'anxiété d'état est retrouvée dans la plupart des travaux, l'intensité de l'activité nécessaire ou minimale pour produire des effets est très discutée. Il apparaît aujourd'hui que cette réduction est plutôt corrélée avec un exercice d'intensité modérée ou faible (Landers et Petruzzello, 1994). Inversement, les travaux expérimentaux ont mis en évidence une augmentation de l'anxiété suite à des programmes de forte intensité et de type aérobies pour des sujets de faible condition physique (Bartholomew et Linder, 1998 ; Tieman et coll., 2002 ; Bowden et coll., 2005). L'intérêt des activités de type aérobies mis en évidence par Petruzzello (1995) a été remis en question par Bartholomew et Linder (1998) qui ont mis en évidence le même niveau de réduction de l'anxiété d'état par un travail de renforcement musculaire. L'effet dose-réponse semble varier en fonction des niveaux de condition physique et du style de vie des populations (Tieman et coll., 2002).

De même, le rôle de l'environnement, de la perception de compétence, de l'âge et du sexe sur les résultats a été largement souligné (Bond et coll., 2002 ; Marquez et coll., 2002 ; Focht et Hausenblas, 2003) complexifiant encore les conclusions à avancer.

On peut cependant souligner que cette anxiété d'état est fortement diminuée chez les sujets pathologiques présentant une anxiété forte ou modérée comme le confirme la méta-analyse de Landers et Petruzzello (1994). Broocks et coll. (1998) montrent qu'après un programme de 10 semaines, la réduction d'anxiété est plus importante dans le groupe « exercice » que dans le groupe traité par médicament et dans le groupe placebo. Le faible nombre de travaux portant sur les populations présentant des psychopathologies graves ne permet pas de conclure définitivement que l'activité physique peut être prescrite comme une thérapie en elle-même pour toutes les populations anxieuses mais conduit à proposer fermement l'activité physique comme « thérapie complémentaire ».

En résumé, il est clair que l'anxiété d'état constatée avant la pratique sportive décroît rapidement après environ 20 min d'exercice, entraînant un état de relâchement et de bien-être qui persiste durant et après l'activité. L'exercice physique d'intensité modérée apparaît bien avoir un effet à court terme sur des états d'anxiété chez des populations non pathologiques ou pathologiques et peut être utilisé pour diminuer ce vécu. La pratique physique intensive apparaît au contraire pouvoir déclencher rapidement une augmentation de l'anxiété d'état et provoquer des réactions de stress chez des populations anxieuses, en faible condition physique ou âgées (Tieman et coll., 2002).

Les travaux actuels ne permettent pas de penser que l'activité physique puisse avoir des effets sur l'anxiété de trait. Quelques recherches avancent que l'anxiété de trait est diminuée lorsque l'amélioration de la condition physique est importante réduisant ainsi les manifestations physiologiques face aux « stressseurs ». L'activité physique ferait fonction d'apprentissage, de *coping* actif (résolution de problème) et servirait d'inoculateur de système de défense (physiologique et psychologique) (Salmon, 2001). En effet, il est bien établi que les sujets avec une bonne condition physique réagissent mieux aux stress psychologiques et sociaux et récupèrent mieux après la confrontation à l'agent stressant au niveau de la tension, de la fréquence cardiaque, du tonus musculaire... (Gentry et Kobasa, 1979).

Dans une méta-analyse récente, Larun et coll. (2006) analysent les résultats de 16 études concernant 1 191 adolescents sans troubles âgés de 11 à 19 ans. Ils comparent les groupes actifs pratiquant une activité physique de forte intensité (3 fois par semaine pendant 20 semaines maximum) au groupe non actif au niveau des traits d'anxiété. Ils ne trouvent qu'un écart faiblement significatif ($p=0,05$) entre les deux groupes. Ils ne mettent pas en évidence la persistance de cette différence et donc d'effet antidépresseur de l'activité physique sur le long terme. L'importance du facteur intensité de la pratique ou du type de pratique en aérobic n'est pas démontrée. L'analyse des quelques travaux portant sur les populations adolescentes anxieuses ne montre pas de différence entre groupes actifs et non actifs. L'anxiété de l'adolescent(e) fort complexe, liée en particulier à la crise de développement corporel, sexuel, identitaire, est différente de celle des adultes et explique cette spécificité des résultats.

Activité physique et dépression

Proche de l'anxiété, la dépression touche l'image de soi et du corps. En France, la dépression concerne aujourd'hui 3 millions de personnes de 15 à 75 ans (Morvan et coll., 2005), soit près de 15 % de la population. De nombreuses investigations ont recherché si l'inactivité était associée à la dépression et inversement si une pratique régulière était en corrélation avec un faible score de dépression. Parallèlement, des expériences de thérapies corporelles ont vu le jour pour traiter la dépression et la pratique sportive est considérée par certains comme un moyen thérapeutique assez efficace, peu coûteux et accessible à tous ceux qui ne supportent pas les traitements médicamenteux ou qui ne veulent pas s'engager dans des psychothérapies.

Population générale

Les études épidémiologiques transversales et longitudinales, nombreuses sur ce thème (en 2001, Dunn et coll. font état de plus de 1 000 articles), ont montré que les « actifs » avaient un score plus faible que les « non actifs »

aux diverses échelles de dépression (Camacho et coll., 1991). Les investigations ont porté sur des pré-adolescents (Tomson et coll., 2003 ; Annesi, 2005a), des adolescents (Stella et coll., 2005), des étudiants en sport (Ahmadi et coll., 2002), des étudiants de toutes disciplines (Paffenbarger et coll., 1994), des athlètes (Backmand et coll., 2003), des adultes sédentaires (Annesi, 2005b), des femmes en *post-partum* (Armstrong et Edwards, 2003 et 2004), des adultes en dépression (Babyak et coll., 2000 ; Herman et coll., 2002 ; Oman et Oman, 2003 ; van de Vliet et coll., 2003 ; Fukukawa et coll., 2004 ; Brown et coll., 2005 ; Singh et coll., 2005), et des adultes âgés (Barbour et Blumenthal, 2005). Une seule étude (van de Vliet et coll., 2003) ne trouve pas de modification du sentiment de dépression chez 29 patients ayant en complément à leur traitement un programme de thérapie physique.

Citons ici plus particulièrement les travaux de Farmer et coll. (1988) qui ont fait un suivi de 1 497 sujets dépressifs et non dépressifs âgés de 25 à 77 ans sur 8 ans avec un test de dépression (CES-D), un questionnaire d'activité physique (pas ou peu d'activité physique de loisir, activité modérée ou importante) et des évaluations physiologiques. L'analyse des interactions entre les variables « activité physique » et « niveau de dépression » met en évidence une corrélation entre « absence d'activité physique de loisir » et « dépression » au niveau de la population non dépressive sans différence entre homme et femme. Le suivi longitudinal montre une augmentation du score de dépression chez des populations non pathologiques et sans activité physique de loisir, avec une différence entre homme et femme. Pour la population féminine, la pratique d'activité physique apparaît comme un facteur prédictif d'absence de dépression 8 années plus tard tandis que l'inactivité peut être considérée comme un facteur de risque. On compte au moins 5 méta-analyses de 1990 à 1998 sur le thème « activité physique et dépression » (Craft et Landers, 1998) dont certaines portent sur plus de 80 publications (North et coll., 1990). Les effets sont significatifs sur les populations pathologiques mais de seuil faible ($ES = -0,53$ à $-0,72$) : la pratique d'activité physique ponctuelle ou durable entraîne une diminution du niveau de dépression mesuré par les différentes échelles ou questionnaires (*Beck Depression Inventory*, *DSM III*, *Reasearch Diagnostic Criteria...*).

Populations pathologiques

Une récente étude épidémiologique (Harris et coll., 2006) portant sur une cohorte de 424 adultes dépressifs suivis sur 10 ans souligne qu'à chaque évaluation (1 an/4 ans/10 ans) un fort niveau d'activité physique est associé à un faible niveau de dépression (effet= $-2,24$; $SE^{60}=0,64$, $p<0,001$) sans que

les causalités de ce lien soient clarifiées. On constate cependant aujourd'hui que les patients avec des problèmes médicaux (dépression modérée, cardiopathies, arthrite) sont motivés pour participer à des activités physiques de rééducation et sont capables de pratique régulière, ce qui laisse à penser que c'est l'activité physique proposée qui entraîne un niveau de dépression plus faible et une adaptation meilleure face aux problèmes médicaux (*exercise coping*).

Une synthèse de Lawlor et Hopker (2001) portant sur des populations pathologiques âgées de plus de 18 ans (à partir de 5 bases de données bibliographiques informatisées, des écrits connus, et des revues de praticiens) met en évidence le peu de travaux répondant aux critères stricts de contrôle expérimental, d'où les réserves portées sur les résultats et les conclusions à tirer. Sur 77 publications, ils n'ont retenu que 14 d'entre elles considérées comme présentant une méthodologie « correcte » et pouvant apporter des éléments de preuve. Onze études portent sur la comparaison entre un groupe faisant de l'activité physique et un groupe n'en faisant pas sur un suivi de 6 à 12 semaines. Elles concluent toutes à des différences significatives entre les groupes en fin de programme avec un score de dépression plus faible chez les « pratiquants » (différence moyenne de -7,3 au *Beck Depression Inventory*). Selon les auteurs, « l'activité physique peut être efficace pour réduire, à court terme, les symptômes de dépression chez certains patients volontaires ». Mais si le niveau de l'indicateur de dépression constaté dans le groupe des « actifs » par rapport à ceux qui ne font pas d'exercice est plus faible, ce score, qui porte sur les symptômes, n'a pas toujours de répercussions cliniques visibles pour les médecins, ni pour les patients dans leur vécu. La diminution de l'indice d'anxiété n'a pas forcément de retentissement sur la vie quotidienne.

Deux études étudient le vécu des patients en relation avec leur implication dans des activités physiques et elles ne mettent pas en évidence de différence de vécu par rapport à leur état dépressif entre les pratiquants et le groupe témoin. Le problème méthodologique concernant l'évaluation de la santé physique par les tests ou par l'analyse de la souffrance ressentie, par la qualité de vie subjective, reste posé (Faulkner et Biddle, 2004).

Les auteurs abordent ensuite les travaux comparant les différentes interventions auprès des malades. Dans six études retenues, ils analysent l'évolution du niveau de dépression d'un groupe faisant de l'activité physique avec un groupe suivant le traitement prescrit (psychothérapie comportementale, psychothérapie brève, psychothérapie classique, relaxation, médicament, mixte). Les résultats montrent des différences significatives entre le groupe « exercice » et les autres groupes : « thérapie cognitive » (3 expérimentations), groupe traité par médicaments (1 expérimentation) et psychothérapie. Une seule publication ne trouve pas de différence. De même, Blumenthal et coll. (1999), Lawlor et Hopker (2001), Brosse et coll. (2002) et Knäpen et coll. (2005) ne trouvent pas de différence entre le groupe pratiquant de l'activité physique et

le groupe en psychothérapie cognitive dès les premières semaines et constant un même niveau de dépression quelle que soit la forme de prise en charge à la fin d'un suivi de 3 à 4 mois.

Sur l'ensemble des travaux examinés, le type d'exercice ne semble pas jouer un rôle prépondérant sur la dépression mais l'environnement paraît important (présence d'un coach individuel ou pratique en petit groupe). La réduction du score est particulièrement visible sur les dépressions de base de niveau faible ou modéré et les effets semblent se réduire avec le temps. On constate que les suivis des populations expérimentales sont de courte durée (12 semaines environ) et que peu de travaux abordent la question de la durée et de la variabilité des effets. Seul Babyak et coll. (2000), au cours d'un suivi longitudinal de 6 mois, a montré que le groupe « actif » a moins de rechutes ou que ces rechutes sont modérées.

Une dernière méta-analyse de Pedersen et Saltin (2006) confirme que l'ensemble des travaux est trop hétérogène au niveau des groupes, des pratiques, de la durée, des traitements, pour pouvoir conclure que l'activité physique est un traitement de la dépression plus efficace en comparaison avec d'autres protocoles. Ils admettent cependant les effets très positifs de l'activité physique sur la dépression qui sont synthétisés dans le tableau 21.I.

Tableau 21.I : Arguments pour la prescription de l'activité physique dans le cas de la dépression (d'après Pedersen et Saltin, 2006)

Effets bénéfiques	Forte preuve	Preuve modérée	Preuve limite	Pas de preuve
Pathologie				☒
Symptômes, troubles secondaires	☒			
Condition physique	☒			
Qualité de vie	☒			

Il existe donc un consensus que partagent les chercheurs et les praticiens sur le rôle que peut jouer l'activité physique au niveau des répercussions négatives de la dépression : inactivité, isolement, baisse de l'estime de soi, trouble de l'image du corps, inquiétudes somatiques... Sur l'ensemble de ces répercussions secondaires, il est évident que l'activité physique peut jouer un rôle majeur et limiter les inadaptations donc améliorer la qualité de vie des patients. Pour ces raisons, les psychiatres recommandent parallèlement aux traitements classiques, des activités physiques de loisir et d'intensité modérée en petits groupes ou avec un accompagnement individuel.

Ces conclusions positives au niveau des adultes ne peuvent pas être avancées aussi clairement au niveau d'une population adolescente. Dans une méta-analyse récente, Larun et coll. (2006) ne trouvent que 5 études por-

tant sur une population d'adolescents dépressifs et ne trouvent pas de différences entre les effets de la pratique d'une activité physique de type aérobie de faible intensité et d'autres prises en charge comme la relaxation, ou des groupes de discussion...

Dunn et coll. (2001 et 2005) ont en particulier tenté de dégager dans un programme d'activité physique les conditions nécessaires pour réduire l'anxiété et la dépression dans une population adulte sans pathologie ou sous traitement. À partir d'une méta-analyse, elle avance les conclusions suivantes qui font figure de référence (tableau 21.II).

Tableau 21.II : Recommandations pour un programme d'activité physique pour les personnes anxieuses ou dépressives (Dunn et coll., 2005)

Travail en aérobie ou non aérobie
Trois fois ou 5 fois par semaine
Intensité modérée : 17,5 kcal/kg/semaine, séquences de 30 min
Engagement > 12 semaines (effet à partir de 8)
Travail en petit groupe ou avec un coach individuel
Pratique > 30 min (réduction de l'anxiété d'état 30 min après le début de l'exercice)

Il est important de noter que les déprimés peuvent certes participer aux activités physiques et sportives mais la dépression étant associée à un ralentissement psychomoteur, à un symptôme de fatigue et à une incapacité d'action (Widlöcher, 1981), ces sujets n'iront pas volontairement vers une activité, ou alors l'abandonneront très vite. Il apparaît donc essentiel d'accompagner, de « coacher » ces sujets individuellement ou en petits groupes.

Les mécanismes d'action de l'activité physique sur la dépression sont très discutés, certains auteurs argumentent sur l'importance des facteurs psychologiques. Selon Craft (2005), c'est le développement du sentiment de compétence qui est le facteur prépondérant, suivi de l'effet de distraction par rapport au quotidien, ces deux facteurs évoluant positivement dès la 3^e semaine de pratique pour une population féminine présentant une dépression sévère. Lawlor et Hopker (2001) mettent également en avant l'importance des facteurs psychologiques (regard positif des autres, rupture par rapport aux pensées négatives, nouvel apprentissage, rencontre avec les autres). La diminution de l'anxiété vis-à-vis du corps serait parallèlement explicative de l'évolution de la dépression.

Selon Galper et coll. (2006), les facteurs physiologiques sont prépondérants et l'amélioration de la condition physique est le point de départ de ces évolutions. Les endomorphines et la concentration de monoamine sont également en jeu ainsi que les sécrétions hormonales mobilisées par le stress (cortisol, catécholamine) (Nabkasorn et coll., 2006). Pour Salmon (2001),

les facteurs agissant sont multifactoriels et varient en fonction du type d'activité, de l'intensité de pratique, de la durée, de la présence d'autres participants, de spectateurs...

Ces méta-analyses nous engagent à réfléchir sur les problèmes méthodologiques qui limitent les conclusions à avancer et que l'on va également retrouver dans presque tous les protocoles concernant des personnes présentant des déficiences ou des troubles mentaux :

- au niveau du diagnostic : difficultés de diagnostic, troubles associés, homogénéité des groupes présentant une psychopathologie, constitution de groupe expérimental et de groupe témoin ;
- au niveau du recueil et du traitement des données : évaluation non anonyme (médecin traitant, sujet lui-même, professeur d'activités physiques adaptées (APA), malades volontaires, pas de groupe témoin possible, groupe témoin non clinique recruté sur appel ou rétribution, pas de tirage au sort des sujets expérimentaux, placebo, petits groupes, traitements statistiques simples ;
- au niveau des caractéristiques de l'activité physique : activités physiques peu précisées (marche, course, sport, loisir), protocoles d'entraînement peu décrits (intensité, fréquence, durée), effets dose-réponse non recherchés.

Tous ces artéfacts connus et difficilement maîtrisables entraînent une forte distorsion entre le consensus des praticiens et la réserve des chercheurs. Soulignons que nombre de travaux ne sont pas publiés dans les revues scientifiques en raison de conditions expérimentales « non standards » et ne contribuent pas à l'administration de la preuve.

Dans certains pays comme la Belgique ou l'Allemagne, la psychothérapie par l'activité physique est reconnue par le système de soins pour des personnes présentant des symptômes de dépression et d'anxiété et constitue une prise en charge appréciée (peu chère, peu d'effets secondaires, évolution rapide des comportements et bénéfices secondaires importants).

Une autre dimension de l'identité très liée au niveau d'anxiété et de dépression a été largement étudiée isolément, c'est « l'estime de soi ».

Activité physique et répercussions psychologiques chez les personnes présentant des déficiences ou troubles mentaux

Les personnes présentant des déficiences mentales ou des troubles psychologiques ont été longtemps stigmatisées et mises à l'écart des activités culturelles, sportives, de loisirs de la société. Le droit à l'éducation et aux loisirs des personnes handicapées a été rappelé en France par la loi du 15 décembre 1975 et l'égalité de leurs droits par celle du 11 février 2005. La loi du 1^{er} août

2003 relative à l'organisation et à la promotion des activités physiques et sportives et le récent code du sport (2006) soulignent que la promotion des activités physiques et sportives pour tous, notamment pour les personnes handicapées, est d'intérêt général.

Activités physiques et troubles cognitifs

On sait que le vieillissement provoque en particulier des troubles cognitifs au niveau de la mémoire immédiate, de la concentration, des capacités de raisonnement. Les raisons de ces dysfonctionnements cognitifs sont maintenant connues : ils sont dus à une mauvaise circulation sanguine, une faible oxygénation du cerveau, une modification du niveau des neurotransmetteurs. On soutient donc la thèse de l'amélioration de l'oxygénation du cerveau avec ses répercussions sur la mémoire par une pratique régulière d'activité physique (Boutcher, 2000). Dans une méta-analyse portant sur 134 études, Etnier et coll. (1997) concluent à un effet probant de l'activité physique chez les personnes âgées au niveau de la capacité de réaction, de la mémoire, du raisonnement. L'effet global de l'exercice physique est faible ($ES=0,29$ mais significatif au seuil $p \leq 0,05$) sur l'amélioration du fonctionnement cognitif. Les travaux portant sur un nombre important de sujets (Blumenthal et coll., 1991 et 1999) soulignent la corrélation entre l'augmentation des capacités aérobies et l'augmentation des performances cognitives. D'autres pistes explicatives sont envisagées comme la stimulation du système nerveux central, l'amélioration du système vasculaire et cardiaque, la stimulation sociale. Les derniers travaux constatent aussi bien des effets à court terme qu'à long terme. De là, certains auteurs considèrent que l'activité physique est un élément de prévention contre la maladie d'Alzheimer (risque divisé par 5 sur 818 sujets de 65 ans suivis pendant 7 ans : Yoshitake et coll., 1995) et globalement toutes les démences liées à l'âge (Wang et coll., 2006).

Activités physiques et déficiences intellectuelles

La participation aux activités physiques et surtout sportives n'apparaissait pas de soi avec une population souffrant de difficulté d'analyse, de socialisation, avec des troubles moteurs associés (dystonie, incoordination, obésité). On s'est souvent contenté de vouloir simplement améliorer leur condition physique (Montgomery et coll., 1988) ou de leur proposer des exercices de psychomotricité dans les établissements spécialisés. C'est à l'initiative d'Eunice Kennedy Shriver qu'un large mouvement international pour la participation des personnes déficientes mentales aux activités physiques et sportives se développe. Ce mouvement international s'est concrétisé en 1970 à Paris par les premiers jeux sportifs d'été puis par la création en 1971 de la première Fédération française d'éducation par le sport des personnes handica-

pées mentales (1971) devenue en 1983 la Fédération française du sport adapté. Aujourd'hui dans le monde, les personnes souffrant de déficience intellectuelle légère, moyenne, voire même profonde, s'engagent dans des activités physiques de loisirs ou de compétitions, certains participant même aux jeux olympiques. Une récente revue de la littérature à partir de 801 publications (Temple et coll., 2006) portant sur la mesure du niveau d'activité d'adultes déficients intellectuels montre cependant que moins d'un tiers sont suffisamment actifs pour en tirer des bénéfices pour leur santé.

Parallèlement au développement de ces pratiques, qui restent encore trop faibles au niveau des adultes, des travaux de recherche ont vu le jour portant en particulier sur l'amélioration de l'estime de soi des adolescents par l'engagement dans les activités physiques et sportives de plus en plus développées dans les institutions et dans les situations de loisirs.

Le sentiment de compétence physique varie en fonction des déficiences de certaines populations ; ainsi, des élèves présentant une déficience intellectuelle légère et placés en institut médico-éducatif (IME) français depuis au moins une année déclarent paradoxalement un niveau élevé de compétence physique perçue par rapport aux élèves de classe ordinaire du même âge. Cette « illusion de compétence physique » est d'un niveau plus faible s'ils restent en milieu scolaire ordinaire (Ninot et coll., 1999). Dans une autre étude, les garçons de 11 à 16 ans présentant des troubles du comportement (sans déficience intellectuelle associée) et placés en institut de rééducation montrent une faible estime de soi comparés à des adolescents de collège ordinaire ou de classes spécialisées (Maïano et coll., 2004a).

L'impact de la pratique sportive pour des adolescents présentant des déficiences intellectuelles n'apparaît pas distinctement. Ninot et coll. (2005a), sur un suivi longitudinal de 32 mois, ne constatent pas d'évolution de l'estime globale de soi de jeunes filles pratiquant du basket-ball ou de la natation quelle que soit sa forme compétitive, intégrée ou inter-handicapée, malgré des performances motrices significativement améliorées. Les groupes pratiquant en contexte intégré (rencontres du sport scolaire) présentent une baisse légère mais statistiquement significative du sentiment de compétence physique. Maïano et coll. (2002, 2004b, 2007) confirment sur une population de 24 déficients mentaux suivis sur 1 an dans leur pratique de basket-ball le peu d'évolution du sentiment de compétence physique. Ce même auteur, à partir d'un protocole équivalent, ne trouve pas d'effet sur la perception de soi « physique » (*physical self*) d'une pratique sportive régulière sur 11 mois de la part de jeunes présentant des troubles du comportement. Si les élèves déficients intellectuels restent placés en milieu scolaire ordinaire, les travaux montrent alors un gain en condition physique, une réduction des comportements inadaptés, une meilleure socialisation, une augmentation de l'estime globale de soi, des sentiments de compétence à la fois physique et sociale (Ulrich et Collier, 1994 ; Dykens, 1996 ; Sherrill, 1997).

On doit constater que l'ensemble des recherches porte sur un très petit nombre de sujets. Cet axe de travail est le parent pauvre des investigations même si les activités physiques sont un droit et un besoin pour les adolescents déficients. Les rencontres sportives inter-handicapés doivent être privilégiées chez les jeunes placés depuis peu en établissement spécialisé ou restés en structure ordinaire. L'implication dans les activités sportives adaptées semble tout à fait intéressante pour la motivation, la socialisation, le plaisir partagé et le regard positif des pairs et des parents. La pédagogie doit être adaptée (Ninot et coll., 2005b) et la participation aux compétitions accompagnée psychologiquement. Les rencontres sportives intégrées (mixtes : déficients légers/non déficients) doivent être privilégiées chez les adolescents restés plus de 3 à 4 ans dans les instituts médico-éducatifs. Au-delà des rencontres sportives, trois à quatre séances d'éducation physique par semaine sont indispensables pour lutter contre trois troubles associés dont la prévalence augmente fortement chez la population présentant une déficience intellectuelle et démultiplie les sur-handicaps : l'obésité, la dépression et les troubles du comportement.

Les recommandations d'activités physiques pour les personnes déficientes intellectuelles sont les suivantes (Brunet et Ninot, 1999) :

- 3 à 4 fois (50 min) par semaine d'activité physique adaptée obligatoire d'intensité modérée ou 30 min/5 jours par semaine, ou 30 min/ chaque jour ou 10 000 pas par jour ;
- entre 8 et 14 ans, rencontres « sport adapté » sur la base du volontariat (inter-handicapés) ;
- entre 15 et 20 ans, rencontres « intégrées » avec les établissements scolaires et les associations de proximité ;
- hétérogénéité des publics et spécificité (par exemple : en cas de trisomie 21, il faut proscrire les sports de contacts à cause d'une faiblesse congénitale des cervicales) ;
- nature et modalités pédagogique et didactique spécifiques pour l'implication dans l'activité physique (difficultés d'attention, de concentration, de comportement) ;
- activité physique à faible contrainte spatio-temporelle au début puis plus complexe vers 16 ans.

Activités physiques et troubles mentaux

Au niveau des populations présentant des troubles mentaux, on constate là encore le peu de recherches contrôlées et la diversité des résultats. Les bilans portent sur quelques études de cas de schizophrènes ; Beebe et coll. (10 cas, 2005), Fogarty et Happel (4 cas, 2005), et Callaghan (1 cas, 2004) ne proposant que des programmes de rééducation axés sur la marche. Les recherches ne portent pas sur les mêmes facteurs (condition physique, masse grasseuse, poids, capacités aérobie, symptômes psychiatriques, socialisation).

McDevitt et coll. (2005) soulignent globalement le mauvais état de santé des personnes atteintes de troubles mentaux ; l'activité physique permettrait d'améliorer l'humeur et le fonctionnement psychosocial de ces personnes. L'étude de Brown et coll. (1999) sur une population d'adultes atteints de schizophrénie montre que 89 % sont inactifs, 68 % des hommes fument plus de 20 cigarettes par jour et 21 % boivent ; l'activité physique leur est donc particulièrement recommandée.

Dans une méta-analyse de 1999, Faulkner et Biddle estiment qu'ils ne peuvent pas tirer de conclusions sur les effets thérapeutiques de l'activité physique sur une population schizophrène au regard du faible nombre de publications (11 dont 4 expérimentalement contrôlées de 1978 à 1998 comprenant 278 patients) et ce malgré les résultats positifs sur l'image du corps, la dépression, les symptômes, l'état mental. Bien évidemment, l'activité physique semble être un complément à prôner tant son action sur le plan de l'amélioration de la qualité de vie semble évidente, sans parler bien entendu du bénéfice escompté au niveau de « l'économie de la santé » (Tkachuk et Marin, 1999).

L'intérêt des activités physiques et sportives pour les populations autistes ou les populations psychotiques a été un thème assez peu abordé (Barthelemy et coll., 2004) et les travaux mettent plutôt l'accent sur les difficultés et les dysfonctionnements plutôt que sur les apports moteurs et psychologiques (Hughes et coll., 1994). Une récente synthèse (Massion, 2006) met en avant 4 niveaux d'évolution possibles par la pratique d'activités physiques : la condition physique, l'apprentissage de fonctions sensorimotrices et cognitives, la socialisation, le plaisir du jeu. Les activités peuvent être réalisées en institution, en milieu scolaire ou à l'extérieur dans le cadre de loisir (Boursier, 1996). Therme (1992) a ainsi montré que par la médiation de l'activité judo, les adolescents autistes développaient une meilleure perception du corps propre, de ses propriétés et une amélioration de la relation avec les autres. D'autres activités comme l'escalade (Therme et coll., 1992), la natation (Yilmaz et coll., 2004) sont fréquemment utilisées. Scott-Billman (1987) et Lesage (1992) ont développé un courant de danse thérapie avec les adolescents autistes et psychotiques soulignant les effets sur l'unification de l'image corporelle, la symbolisation des gestes, l'intégration dans un fonctionnement groupal. Urréa et Monnier (1999) ont démontré que malgré une forme d'autisme sévère, une jeune femme avait pu présenter un spectacle construit, seule et en interaction avec d'autres danseurs. D'autres activités peuvent être proposées avec des adaptations pédagogiques mais notons que les activités physiques dans de larges espaces, avec de nombreux joueurs, demandant des réponses motrices, rapides ou avec des règles complexes sont difficilement accessibles aux autistes en raison des défauts de vision dynamique du mouvement et des gestes ralentis. La participation d'enfants et d'adultes autistiques à une activité commune avec d'autres dans le cadre d'activités sportives leur procure un sentiment valorisant d'appartenir à des groupes et permet leur intégration sociale.

Activité physique comme adjuvant aux traitements et comme prévention des maladies mentales

Sorensen (2006) dans une enquête par questionnaire portant sur 109 patients hospitalisés pour troubles psychiques souligne combien la pratique d'activités physiques est une expérience positive pour eux car leurs symptômes s'estompent durant l'activité ce qui entraîne une forte motivation intrinsèque. L'intégration de la pratique physique dans leur style de vie doit être un objectif de développement malgré les difficultés liées à certaines psychopathologies.

Hausenblas et coll. (2001) soulignent que les recherches montrent que l'exercice physique peut être combiné avec les différents traitements pharmacologiques (neuroleptiques, antidépresseurs) et qu'il agit plutôt en synergie qu'en opposition. Certes, les benzodiazépines peuvent limiter l'activation, l'attention, la coordination, la performance et de là diminuer la motivation à la pratique mais il n'y a pas de contre-indications majeures à associer traitement médicamenteux et activité physique (Martinsen et Morgan, 1997).

L'activité physique est un adjuvant aux traitements classiques pour troubles psychiques permettant (OMS, 2000 ; Callaghan, 2004) :

- la réduction des symptômes ;
- la réduction des pathologies associées (dont le déconditionnement) ;
- le développement de stratégies actives de *coping* et d'adaptation en partant des capacités des sujets (et non de leurs déficits) ;
- la compensation des effets secondaires des médicaments et traitements (obésité, passivité...) ;
- l'amélioration de la qualité de vie par la réduction du stress.

Elle peut servir de prévention :

- contre les troubles anxieux et les états dépressifs ;
- contre le stress ;
- contre les troubles en gérontologie ;
- contre les troubles cognitifs liés à l'âge ;
- pour la réduction des risques de maladie d'Alzheimer ;
- pour la réduction des risques chez les adolescents (anorexie, suicide...).

Activités physiques et déficiences motrices

Pour les personnes présentant des déficiences motrices, les recherches portent majoritairement sur les blessés médullaires et la pratique sportive qui est prônée depuis 1945.

Citons les travaux de Latimer et coll. (2005) qui, sur un groupe de 32 personnes tétraplégiques suivies sur plus de 8 mois, montrent l'évolution du vécu de stress/dépression – stress/qualité de vie subjective au niveau du groupe pratiquant un programme d'activité physique de type aérobie et

renforcement musculaire. Les auteurs attribuent ces changements à une meilleure perception des compétences et des capacités avec le support du groupe ou d'un coach personnel. La pratique semble limiter les effets du stress incontrôlable de la douleur qui est ici dépassé et maîtrisé. Pour toutes les populations handicapées physiques, l'activité physique apporte un sentiment de maîtrise du corps (réel ou fantasmé) qui joue un rôle très important sur la qualité de vie. Les effets ne se matérialisent qu'après 6 mois, ce qui pose la question de l'entretien de la motivation par le groupe et l'entraîneur. Le faible nombre de participants à ces expérimentations, qui est le lot de toutes les recherches qui concernent ces populations, limite les extrapolations possibles et les conclusions scientifiques comme le soulignent Ginis et coll. (2003) qui ont étudié l'amélioration du bien-être à partir d'un suivi de 34 tétraplégiques. Bilard et coll. (1995) et Barbin et coll. (1999) ont montré les répercussions psychosociales du réentraînement à l'effort en centre de rééducation sur un échantillon de 291 blessés médullaires. Les auteurs démontrent que les blessés médullaires sportifs reprennent plus vite la pratique sportive et la continuent comme loisir ou en compétition. Ils ont dans les 5 années post-trauma moins de demandes d'aide médicale et plus d'autonomie motrice. Les blessés médullaires sportifs ont statistiquement une meilleure insertion professionnelle (5 ans post-handicap) que les non sportifs.

Brittain (2004) met l'accent sur les représentations sociales du handicap qui restent « stigmatisantes » et empêchent bon nombre de personnes d'affronter le regard des autres sur leur corps, leurs déficiences, leurs limites. Or, l'activité physique oblige à s'exprimer avec son corps sous le regard des autres. Se pose ainsi la question de l'intérêt de pratiques mixtes (handicapés/non handicapés) ou spécialisées (entre personnes handicapées). La question a été étudiée au niveau des adolescents déficients intellectuels par Ninot et coll. (1999) qui soulignent que les compétitions inter-handicapés ne modifient pas le sentiment d'estime de soi qui reste « défensivement » survalorisé. Au contraire, les compétitions intégrées (mixte : déficients intellectuels /non déficients) entraînent dans une première phase une dévalorisation de l'estime de soi qui témoigne d'une prise de conscience des compétences réelles et entraîne un réaménagement des objectifs. La réussite des nouveaux projets sportifs entraîne dans un second temps une revalorisation du sentiment de compétence physique puis dans certains cas de l'estime de soi globale.

Déterminants psychologiques d'adhésion à la pratique

Il est évident comme le soulignent Hausenblas et coll. (2001 et 2004), que la façon dont chacun est perçu ou se croit perçu par les autres va jouer un rôle important dans l'engagement dans l'activité physique. La pratique physique est en corrélation négative avec un haut niveau d'anxiété sociale

physique. Les hommes ont tendance à s'engager pour améliorer leur apparence physique et diminuer l'anxiété physique sociale alors que les femmes ont tendance à éviter l'engagement dans les pratiques et la confrontation à l'évaluation négative. Cette fuite sert à protéger leur estime de soi. Whaley et Shrider (2005), Newton et coll. (2004), Boyd et Weinmann (2002) démontrent que l'adhésion à la pratique physique est liée à la perception qu'ont les individus de leur performance et de leur compétence mais également de la place que peut jouer l'activité dans leur vie. Cette perception de compétence est plutôt liée à l'orientation de la motivation sur la réalisation de soi (sur l'ego) pour les hommes et les femmes.

Les motivations pour la pratique des activités physiques et sportives varient avec l'âge (Weinberg et Gould, 1997) (tableau 21.III).

L'abandon est lié à différents motifs (tableau 21.IV).

Tableau 21.III : Motivations pour la pratique des activités physiques et sportives selon le sexe et l'âge (d'après Weinberg et Gould, 1997)

Garçons adolescents	Filles adolescentes	Adultes
Plaisir	Plaisir	Contrôle de la masse corporelle (perte de poids)
Exploiter ses aptitudes	Forme	Santé
Améliorer ses aptitudes	Faire exercice	Bénéfices psychologiques (plaisir, bien-être)
Compétition	Exploiter ses aptitudes	Estime de soi
Forme	Améliorer ses aptitudes	Valeur physique perçue (apparence physique et force musculaire pour les hommes)
Apprendre des techniques	Apprendre des techniques	Socialisation
Appartenir à une équipe	Compétition	Motivation d'accomplissement (implication et persévérance, si orientée vers la tâche et non sur soi)
Niveau compétition	Appartenir à une équipe	
	Se faire des amis	

Tableau 21.IV : Motifs d'abandon d'une activité physique et sportive pour les adolescents de 12-17 ans (Source : Enquête MJS 2001)

Motifs d'abandon	Pourcentage
Plus de plaisir	37
Pas le temps	21
Pas de progrès	15
Entraîneur pas sympathique	10
N'aime pas la compétition	8
On ne s'occupait que des meilleurs	5

On peut remarquer que la santé n'est pas une motivation pour la pratique des jeunes, alors que la santé et la perte de poids deviennent progressivement des facteurs de plus en plus importants, pour devenir prioritaires à 50 ans.

Risques psychologiques du sport de haut niveau

La pratique sportive de compétition qui concerne une faible partie de la population n'est pas sans avoir des répercussions psychologiques négatives (tableau 21.V).

Tableau 21.V : Pratique sportive de compétition et risques psychologiques

Répercussions psychologiques négatives
Augmentation de l'anxiété d'état (stress, panique en compétition)
Augmentation du trait d'anxiété (échecs répétitifs de la performance)
Augmentation de l'agressivité (intolérance à la frustration), impulsivité (population avec des troubles du comportement), blessures corporelles (agressivité retournée contre soi)
Apparition de conduites addictives (alimentaires, prises de drogues, addiction physique associée aux troubles identitaires et de l'image du corps)
Augmentation de la fatigue (anxieux, dépressifs, asthénie)
<i>Burn out</i> (épuisement par refus des limites)
Prise de risque exagérée (engagement dans les sports à risque pour les adolescents)
Dépendance à l'entraîneur
Troubles psychopathologiques (paranoïa, troubles narcissiques, troubles compulsifs, alexithymie, dépression, troubles psychosomatiques)
Suicides

Ces troubles sont peu décrits dans la littérature scientifique, les sportifs de haut niveau n'étant pas suivis d'une manière régulière au niveau psychologique (contrairement au suivi médical et biologique). La plupart des travaux portent donc sur les adolescents sportifs (Patel et Luckstead, 2000 ; Purper-Ouakil et coll., 2002). On constate que les troubles alimentaires (*anorexia athletica*) sont plus fréquents chez les adolescents sportifs comparés aux non sportifs. Sundgot-Borgen (1999) trouve 20 % de cas d'anorexie mentale au sein des équipes nationales junior et senior norvégiennes, toutes disciplines confondues. Certains facteurs de risque ont été identifiés : instabilité pondérale, crainte de la puberté, image du corps négative, angoisse de l'échec... (Carrier, 1990 ; Carrier et Violette, 1990a ; Carrier et Peytavin, 1992). Un type de personnalité de certains sportifs de compétition caractérisé par la restriction des affects avec un fonctionnement psychologique de type

« opératoire » (alexithymie) ou de type « narcissique » expliquerait certaines conduites à risque et psychopathologies spécifiques. Les comportements à risque sont retrouvés chez les jeunes pratiquant des sports de compétition avec un entraînement intensif (violence, alcoolisation, consommation de drogues illicites, prises de risque excessives), ils sont associés au trait de recherche des sensations et à une faible perception du danger (Michel et coll., 2001 et 2003). La pratique d'un sport professionnel comme le cyclisme semble prédisposer au développement d'une addiction (Seznec, 2002). Les troubles anxieux et dépressifs ou le stress liés à la pratique intensive ont été peu étudiés sinon lors de situations de crise : blessure, sevrage du mouvement (Vidal, 2005 ; Proia et coll., 2006).

Le stress reste le principal facteur psychologique en jeu dans la survenue d'une blessure aussi bien chez les adolescents (Emery, 2003 et 2005) que chez les adultes (Taimela et coll., 1990) certainement parce qu'il entraîne une fatigue physique et mentale qui précipite l'accident. Les répercussions psychologiques de la blessure sont d'autant plus importantes que le sportif est engagé dans sa pratique et est à un haut niveau de performance (Smith et coll., 1990). Une étude longitudinale de Johnston et Carroll (2000) portant sur 93 patients sportifs montre que les sportifs de haut niveau présentent, par rapport aux sportifs moins performants, plus de troubles psychiques (anxiété, angoisse, dépression, incertitude, énergie, fatigue) et qu'ils perçoivent moins positivement les effets de leur rééducation. Les auteurs soulignent la nécessité d'un accompagnement psychologique spécifique car ils ont besoin de plus d'informations sur les possibilités de rester en forme, la durée de leur rééducation, le retour à leur situation antérieure. Ces résultats sont confirmés par Smith et coll. (1990). La blessure affecte plus psychologiquement les sportifs que les non sportifs et les sportifs de haut niveau par rapport aux sportifs amateurs (Mc Donald et Hardy, 1990).

La blessure peut conduire à des conduites suicidaires en particulier quand elle signe l'arrêt de la carrière sportive. Baum (2005), dans une revue de la littérature de 1966 à 2000, recense 71 cas de suicide dont 66 aboutissent à la mort. Le premier facteur de risque de suicide est la blessure sérieuse conduisant à une intervention chirurgicale avec une difficile rééducation empêchant la poursuite du sport de 6 semaines à 1 an, puis l'impossibilité de retrouver le niveau d'avant l'accident et le remplacement du joueur dans l'équipe pendant son absence. Les suicides concernent principalement les athlètes entre 15 et 24 ans qui jouent dans les sports professionnels comme le football américain, le basket-ball... La blessure en lien le plus direct avec la tentative de suicide est la blessure traumatique crânienne. Une étude récente de Belanger et Vanderploeg (2005) après un contrôle portant sur 790 sportifs dans une revue de la littérature médicale ne constate cependant pas de répercussions des traumatismes crâniens sur la mémoire et le raisonnement sept jours après le choc. La blessure est donc considérée comme un risque psychosocial potentiel de suicide mais le risque varie en fonction de l'âge, de la sévérité de la blessure

et d'autres facteurs psychosociaux (stress environnemental, personnalité, maladie mentale, consommation de drogues, isolement...).

La fin de carrière peut aussi être dramatique si elle survient brutalement. Le devenir des athlètes après leur activité sportive compétitive ou les problèmes de reconversion ont fait l'objet de peu de recherches. Bayles (1998) estime que 67 % des joueurs professionnels de football américains souffrent des conséquences de leurs blessures et 20 % ont des difficultés émotionnelles ou des problèmes de couple. Stephan et coll. (2003) dans une étude longitudinale de deux ans après l'arrêt volontaire de la carrière de sportifs de niveau international soulignent les problèmes posés par la transformation de l'image du corps et l'absence de stimulations corporelles et psychiques. Ces difficultés se résolvent progressivement par un réinvestissement dans d'autres pratiques physiques de loisir et de plaisir et un autre rapport au corps. Snackkers (1983) met en évidence les symptômes dépressifs chez de jeunes athlètes féminines à la fin de leur engagement compétitif. Un soutien psychologique dans cette période de fin de carrière (avant et après la fin de carrière sportive) devrait être offert aux athlètes par les fédérations sportives.

La pratique sportive compétitive par son intensité et sa durée peut entraîner une inadaptation, un *burn out* (Gould et coll., 1996), des troubles psychiques et psychosomatiques intenses (Leveque, 1989 ; Carrier, 1992), des conduites addictives (Carrier et Violette, 1990b) qui sont souvent ignorés ou déniés. Les connaissances sur la psychopathologie des sportifs restent très fragmentaires. En résumé, il faut donc rappeler que le sport ne favorise pas forcément la santé et qu'il peut être au contraire un facteur de risque ; tout dépend de la manière dont on le pratique et de la qualité de ceux qui ont la charge d'accompagner l'athlète.

En conclusion, les répercussions d'une activité physique régulière sur le bien-être de la population en général et l'amélioration de la qualité de vie de population présentant des déficiences et en situation de handicap incitent les politiques de santé publique à prôner la pratique régulière d'activité physique. En France, une conférence de consensus a eu lieu en 2005, retenant que l'activité physique est bénéfique même en cas de pathologie psychique ou physique avérée et exerce une action préventive de réduction des risques. Une large campagne de promotion de l'activité physique pour tous a été lancée par le ministère de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative en septembre 2006.

BIBLIOGRAPHIE

ANNESI JJ. Correlations of depression and total mood disturbance with physical activity and self-concept in preadolescents enrolled in an after-school exercise program. *Psychol Rep* 2005a, **96** : 891-898

ANNESI JJ. Changes in depressed mood associated with 10 weeks of moderate cardiovascular exercise in formerly sedentary adults. *Psychol Rep* 2005b, **96** : 855-862

ARMSTRONG K, EDWARDS H. The effects of exercise and social support on mothers reporting depressive symptoms: a pilot randomized controlled trial. *Int J Ment Health Nurs* 2003, **12** : 130-138

ARMSTRONG K, EDWARDS H. The effectiveness of a pram-walking exercise programme in reducing depressive symptomatology for postnatal women. *International Journal of Nursing Practice* 2004, **10** : 177-194

BABYAK M, BLUMENTHAL JA, HERMAN S, KHATRI P, DORAISWAMY M, et coll. Exercise treatment for major depression: maintenance of therapeutic benefit at 10 months. *Psychosom Med* 2000, **62** : 633-638

BACKMAND H, KAPRIO J, KUJALA U, SARNA S. Influence of physical activity on depression and anxiety of former elite athletes. *Int J Sports Med* 2003, **24** : 609-619

BARBIN JM, BILARD J, GAVIRIA M, OHANNA F, VARRAY A. La mesure d'indépendance fonctionnelle chez le paraplégique traumatique : étude différentielle d'un groupe sportif et non sportif. *Ann Réadaptation Med Phys* 1999, **42** : 297-305

BARBOUR KA, BLUMENTHAL JA. Exercise training and depression in older adults. *Neurobiol Aging* 2005, **26** : S119-S123

BARTHELEMY C, HEMERY D, DEFAS N, SCHMITZ C, BONNET-BRIHAULT F, MARTINEAU J. Motor dysfunctions in autism : rehabilitative approach through physical exercise and sports. *Minerva Pediatrica* 2004, **56** : 45-49

BARTHOLOMEW JB, LINDER DE. State anxiety following resistance exercise. *Journal of behaviour Medecine*, 1998, **21** : 205-219

BAUM AL. Suicide in athletes: a review and commentary. *Clin Sports Med* 2005, **24** : 853-869

BAYLES S. When the cheering stop. *Sport* 1998, **89** : 70-75

BEEBE LH, TIAN L, MORRIS N, GOODWIN A, ALLEN SS, KULDAU J. Effects of exercise on mental and physical health parameters of persons with schizophrenia. *Issues Ment Health Nurs* 2005, **26** : 661-676

BELANGER HG, VANDERPLOEG RD. The neuropsychological impact of sports-relates concussion : a meta analysis. *Journal of International Neuropsychological Society* 2005, **11** : 345-357

BIDDLE SQJH, FOX KR, BOUTCHER DH. Physical activity and psychological well-being. 2000 : 205p

BILARD J, BUI XUAN G, BARBIN JM, OHANA F, GROS C. Répercussions psychosociales du réentraînement à l'effort des blessés médullaires en centre de rééducation. In : Le réentraînement à l'effort. HÉRISSON C, PRÉFAUT C, KOTZKI N (eds). Masson, Paris, 1995 : 196-200

BLUMENTHAL JA, SIEGEL WC, APPELBAUM M. Failure of exercise to reduce blood pressure in patients with mild hypertension: effects on cardiovascular, metabolic and hemodynamic functioning. *JAMA* 1991, **266** : 2098-2104

BLUMENTHAL JA, BABYAK MA, MOORE KA, CRAIGHEAD WE, HERMAN S, et coll. Effects of exercise training on older patients with major depression. *Arch Intern Med* 1999, **159** : 2349-2356

BOND DS, LYLE RM, TAPPE MK, SEEHAFFER RS, D'ZURILLA TJ. Moderate aerobic exercise, Tai Chi, and social problem-solving ability in relation to psychological stress. *International Journal of Stress Management* 2002, **9** : 329-343

BOURSIER C. Stratégies pédagogiques en éducation physique adaptées aux enfants autistes. *Handicaps et inadaptations* 1996, **69-70** : 75-89

BOUTCHER SH. Cognitive performance, fitness, and ageing. In : Physical Activity and Psychological Well Being. BIDDLE S, FOX K, BOUCHER S (eds). Routledge, London New York, 2000 : 118-129

BOWDEN RG, RUST DM, DUNSMORE S, BRIGGS J. Changes in social physique anxiety during 16-week physical activity courses. *Psychol Rep* 2005, **96** : 690-692

BOYD MP, WEINMANN C, YIN Z. The relationship of physical self-perceptions and goal orientations to intrinsic motivation for exercise. *Journal of Sport Behavior* 2002, **25** : 1-18

BRITTAI I. Perceptions of disability and their impact upon involvement in sport for people with disabilities at all levels. *Journal of Sport & Social Issues* 2004, **28** : 429-452

BROOCKS A, BANDELOW B, PEKRUN G, GEORGE A, MEYER T. Comparison of aerobic exercise, clomipramine, and placebo in patients with panic disorder. *The American Journal of Psychiatry* 1998, **155** : 603-609

BROSSE AL, SHEETS ES, LETT HS, BLUMENTHAL JA. Exercise and the treatment of clinical depression in adults: recent findings and future directions. *Sports Med* 2002, **32** : 741-760

BROWN S, BIRTWISTLE J, ROE L, THOMPSON C. The unhealthy lifestyle of people with schizophrenia. *Psychol Med* 1999, **29** : 697-701

BROWN WJ, FORD JH, BURTON NW, MARSHALL AL, DOBSON AJ. Prospective study of physical activity and depressive symptoms in middle-aged women. *Am J Prev Med* 2005, **29** : 265-272

BRUNET F, NINOT G. Déficience intellectuelle et compétitions sportives : Bilan et perspectives. Nice, Sport Sciences Diffusion, 1999

BUCKWORTH J, DISHMAN RK. Exercise psychology. Human Kinetics, Champaign, 2002

CALLAGHAN P. Exercise: A neglected intervention in mental health care? *Journal of Psychiatric and Mental Health Nursing* 2004, **11** : 476-783

CAMACHO TC, ROBERTS RE, LAZARUS NB, KAPLAN GA, COHEN RD. Physical activity and depression: evidence from the Alameda County Study. *Am J Epidemiol* 1991, **134** : 220-231

- CARRIER C. L'adolescent champion : contrainte ou liberté. PUF, Paris, 1992
- CARRIER C, PEYTAVIN A. Douleur ou anxiété, cet envers de la médaille. *Cinésiologie* 1990, **132** : 41-45
- CARRIER C, VIOLETTE J. À propos de l'identification chez l'adolescente sportive de haut niveau. *Adolescence* 1990a, **8** : 43-49
- CARRIER C, VIOLETTE J. Investissement sportif de haut niveau et conduites addictives à l'adolescence. *Annales Psychiatriques* 1990b, **5** : 87-90
- COX RH. Psychologie du sport. COX RH (ed). De Boeck, 2005 : 407 p
- CRAFT L. Exercise and clinical depression: examining two psychological mechanisms. *Psychol Sport Exerc* 2005, **6** : 151-171
- CRAFT LL, LANDERS DM. The effects of exercise on clinical depression and depression resulting from mental illness: a meta-analysis. *J Sport Excer Psychol* 1998, **20** : 339-357
- DUNN AL, TRIVEDI MH, O'NEAL HA. Physical activity dose-response effects on outcomes of depression and anxiety. *Med Sci Sports Exerc* 2001, **33** : S587-S597
- DUNN AL, TRIVEDI MH, KAMPERT JB, CLARK CG, CHAMBLISS HO. Exercise treatment for depression: Efficacy and dose response. *Am J Prev Med* 2005, **28** : 1-8
- DYKENS E. Effects of Special Olympic International on Social Competence in persons with mental retardation. *Journal of the Academy of Child Adolescent Psychiatry* 1996, **35** : 223-229
- EMERY CA. Risk factors for injury in child and adolescent sport : a systematic review of the literature. *Clinical Journal of Sport Medicine* 2003, **13** : 256-258
- EMERY CA. Injury prevention and future reasearh. In : *Epidemiology of Pediatric Sport Injuries: Team sports*. MAFFULLI N, CAINE DJ (eds). 2005, **49** : 170-191
- ETNIER JL, SALAZAR W, LANDERS DM, PETRUZZELLO SJ, HAN MW, NOWELL P. The influence of physical activity fitness and exercise upon cognitive functioning. A meta-analysis. *Journal of Sport & Exercise Psychology* 1997, **19** : 249-277
- FAMOSE JP. Psychologie et sport. *Bulletin de Psychologie* 2005, **475** : 3
- FARMER ME, LOCKE BZ, MOSCICKI EK, DANNENBERG AL, LARSON DB, RADLOFF LS. Physical activity and depressive symptoms: the NHANES I Epidemiologic Follow-up Study. *Am J Epidemiol* 1988, **128** : 1340-1351
- FAULKNER G, BIDDLE SJH. Exercise as an adjunct treatment for schizophrenia : a review of the literature. *J Mental Health* 1999, **8** : 441-457
- FAULKNER G, BIDDLE SJH. Exercise and depression: Considering variability and contextuality. *Journal of Sport and Exercise Psychology* 2004, **26** : 3-18
- FOCHT BC, HAUSENBLAS HA. State anxiety responses to acute exercise in women with high social physique anxiety. *Journal of Sport and Exercise Psychology* 2003, **25** : 123-144
- FOGARTY M, HAPPELL B. Exploring the benefits of an exercise program for people with schizophrenia: a qualitative study. *Issues Ment Health Nurs* 2005, **26** : 341-351

FUKUKAWA Y, NAKASHIMA C, TSUBOI S, KOZAKAI R, DOYO W, et coll. Age differences in the effect of physical activity on depressive symptoms. *Psychology and Aging* 2004, **19** : 346-351

GALPER DI, TRIVEDI MH, BARLOW CE, DUNN AL, KAMPERT JB. Inverse association between physical inactivity and mental health in men and women. *Med Sci Sports Exerc* 2006, **38** : 173-178

GARVIN AL, KOLTYN KF, MORGAN WP. Influence of acute physical activity and relaxation on state anxiety and blood lactate. *International Journal of Sport Medicine* 1997, **18** : 470-476

GENTRY WD, KOBASA SC. Social and psychological resources mediating stress illness relationships in humans. In : Compliance in health care. HAYNES RB, TAYLOR DW, SACKETT D (eds). Johns Hopkins University Press, 1979 : 87-116

GINIS KA MARTIN, LATIMER AE, MCKECHNIE K, DITOR DS, MCCARTNEY N, et coll. Using exercise to enhance subjective well-being among people with spinal cord injury: The mediating influences of stress and pain. *Rehabilitation Psychology* 2003, **48** : 157-164

GOULD D, TUFFEY S, UDRY E, LOECHR J. Burnout in competitive junior tennis players : Individual differences in the burnout experiences. *The sport Psychologist* 1996, **11** : 257-276

GUILBERT P, BAUDIER F, GAUTIER A. Baromètre Santé 2000. Inpes, Vanves, 2001 : 480p

GUTTMANN L. Spinal Cord Injuries. (2^e ed). Oxford Scientific Publications, 1976

HARRIS HS, CRONKITE R, MOOS R. Physical activity, exercise coping, and depression in a 10-year cohort study of depressed patients. *Journal of Affective Disorders* 2006, **93** : 79-85

HAUSENBLAS HA, DANNECKER EA, FOCHT BC. Psychological effects of exercise with general and diseased populations. *Journal of Psychotherapy in Independent Practice* 2001, **2** : 27-47

HAUSENBLAS HA, BREWER BW, VAN RAALTE JL. Self-presentation and exercise. *Journal of Applied Sport Psychology* 2004, **16** : 3-18

HERMAN S, BLUMENTHAL JA, BABYAK M, KHATRI P, CRAIGHEAD WE, et coll. Exercise therapy for depression in middle-aged and older adults: Predictors of early drop-out and treatment failure. *Health Psychol* 2002, **21** : 553-563

HUGHES C, RUSSELL J, ROBBINS TW. Evidence for executive dysfunction in autism. *Neuropsychologia* 1994, **32** : 477-492

JOHNSTON LH, CARROLL D. The psychological impact of injury: effects of prior sport and exercise involvement. *Br J Sports Med* 2000, **34** : 436-439

KNAPEN J, VAN DE VLIET P, VAN COPPENOLLE H, DAVID A, PEUSKENS J, et coll. Comparison of changes in physical self-concept, global self-esteem, depression and anxiety following two different psychomotor therapy programs in nonpsychotic psychiatric inpatients. *Psychother Psychosom* 2005, **74** : 353-361

LANDERS DM, PETRUZZELLO SJ. Physical activity, fitness, and anxiety. *In* : Physical activity, Fitness and Health. BOUCHARD C, SHEPHARD RJ, STEPHENS T (eds). Human Kinetics, 1994 : 868-882

LANDERS DM, ARENT SM. Physical activity and mental health. *In* : The handbook of research in sport psychology. SINGER RN, HAUSENBLAUS HA JANELLE C (eds). Wiley, 2001 : 740-765

LARUN L, NORDHEIM LV, EKELAND E, HAGEN KB, HEIAN F. Exercise in prevention and treatment of anxiety and depression among children and young people. *Cochrane Database Syst Rev* 2006, 3 : CD0046

LATIMER AE, MARTIN GK A, HICKS AL. Buffering the effects of stress on well-being among individuals with spinal cord injury: A potential role for exercise. *Therapeutic Recreation Journal* 2005, 39 : 131-138

LAWLOR DA, HOPKER SW. The effectiveness of exercise as an intervention in the management of depression: systematic review and meta-regression analysis of randomised controlled trials. *BMJ* 2001, 322 : 763-767

LESAGE B. Danse thérapie auprès d'enfants autistes et psychotiques. *Neuropsychiatrie de l'enfance* 1992, 40 : 21-27

LEVEQUE M. Le sportif de haut niveau : quelle économie psychosomatique ? *Études psychothérapeutiques* 1989, 3 : 183-187

MAÏANO C, NINOT G, BRUANT G, BILARD J. Effects of alternated basketball competition on perceived competence in adolescents with intellectual disabilities over a period of 13 months: A research note. *International Journal of Disability, Development and Education* 2002, 49 : 413-420

MAÏANO C, NINOT G, BILARD J. Age and gender effects on global self esteem and physical self perception for adolescents. *European Physical Education Review* 2004a, 10 : 53-69

MAÏANO C, NINOT G, BILARD J. Assessment of sport practice as a method of improvement for students with conduct disorders. *Ann Med-Psychol* 2004b, 162 : 110-115

MAÏANO C, MORIN AJS, NINOT G, BILARD J. Effects of sport participation on the basketball skills and Physical Self of adolescents with conducts disorders. *Adapted Physical Activity Quarterly* 2007, 24 : 178-196

MARQUEZ DX, JEROME GJ, MCAULEY E, SNOOK EM, CANAKLISOVA S. Self-efficacy manipulation and state anxiety responses to exercise in low active women. *Psychol Health* 2002, 17 : 783-791

MARTINSEN EW, MORGAN W. Antidepressant effects of physical anxiety. *In* : Physical activity and mental health. MORGAN WP (ed). Taylor & Francis, Washington, 1997 : 93-106

MASSION J. Sport et autisme. *Bulletin scientifique de l'arapi* 2006, 16 : 13-18

MCDEVITT J, WILBUR J, KOGAN J, BRILLER J. A walking program for outpatients in psychiatric rehabilitation: pilot study. *Biol Res Nurs* 2005, 7 : 87-97

MCDONALD SA, HARDY CJ. Affective response patterns of the injured athlete: an exploratory analysis. *Sport Psychologist* 1990, **4** : 261-274

MCGRATH JE. Social and psychological factors in stress. Rinehart et Winston, New York, 1970

MICHEL G, PURPER-OUAKIL D, MOUREN-SIMEONI MC. Facteurs de risque des conduites de consommation de substances psychoactives à l'adolescence. *Ann Med Psychol* 2001, **159** : 622-631

MICHEL G, PURPER-OUAKIL D, LEHEUZEY MF, MOUREN-SIMEONI MC. Pratiques sportives et corrélats psychopathologiques chez l'enfant et l'adolescent. *Ann Med Psychol* 2003, **51** : 179-185

MINISTERE JEUNESSE ET SPORTS. Conférence de consensus. Activités physiques à des fins préventives. 2005 citer dans le texte sinon supprimer

MONTGOMERY DL, REID G, SEIDL C. The effects of two physical fitness programs designed for mentally retarded adults. *Can J Sport Sci* 1988, **13** : 73-78

MORVAN Y, PRIETO A, BRIFFAULT X. La dépression en France : prévalence, facteurs associés et consommation de soins. INPES, Baromètre Santé, 2005

MOULLEC G, NINOT G, DESPLAN J, PRÉFAUT C, VARRAY A. Effet de la post-réhabilitation chez des personnes broncho-pneumopathes chroniques obstructives. *Revue des Maladies Respiratoires* 2007, **24** : 121-132

NABKASORN C, MIYAI N, SOOTMONGKOL A, JUNPRASERT S, YAMAMOTO H, et coll. Effects of physical exercise on depression, neuroendocrine stress hormones and physiological fitness in adolescent females with depressive symptoms. *Eur J Public Health* 2006, **16** : 179-184

NEWTON M, DETLING N, KILGORE J, BERNHARDT P. Relationship between achievement goal constructs and physical self-perceptions in a physical activity setting. *Perceptual and Motor Skills* 2004, **99** : 757-770

NINOT G, BILARD J, DELIGNIERES D, SOKOLOWSKI M. Le sport chez les adolescents en échec scolaire : Facteur de valorisation ? *Annales Médico-Psychologiques* 1999, **157** : 245-252

NINOT G, FORTES M, DELIGNIÈRES D. The dynamics of self-esteem in adults over a six-month period: An exploratory study. *Journal of Psychology* 2005a, **139** : 315-330

NINOT G, BILARD J, DELIGNIERES D. Effects of integrated or segregated sport participation on the physical self for adolescents with intellectual disabilities. *J Intellect Disabil Res* 2005b, **49** : 682-689

NORTH TC, MCCULLAGH P, TRAN ZV. Effects of exercise on depression. *Exerc Sport Sci Rev* 1990, **18** : 379-415

OMAN RF, OMAN KK. A case-control study of psychosocial and aerobic exercise factors in women with symptoms of depression. *J Psychol* 2003, **137** : 338-350

OMS (ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ). The World Health Report : Health Systems : Improving Performance. WHO, Genève, 2000

- PAFFENBARGER RS JR, LEE IM, LEUNG R. Physical activity and personal characteristics associated with depression and suicide in American college men. *Acta Psychiatr Scand Suppl* 1994, **377** : 16-22
- PATEL DR, LUCKSTEAD EF. Sport participation, risk taking and health risk behaviours. *Adolescent Medicine* 2000, **11** : 141-155
- PEDERSEN BK, SALTIN B. Evidence for prescribing exercise as therapy in chronic disease. *Scand J Med Sci Sports* 2006, **16** : 3-63
- PETRUZZELLO SJ. Anxiety reduction following exercise. *Journal of Sport and Exercise Psychology* 1995, **17** : 105-111
- PETRUZZELLO SJ, LANDERS DM, HATFIELD BD, KUBITZ KA, SALAZAR W. A meta analysis on the anxiety reducing effects of acute and chronic exercise. *Sports Medecine* 1991, **11** : 143-182
- PROIA S, MORHAIN Y, MARTINEAU JP. Le surinvestissement sportif : une parade contre l'angoisse de la perte et l'intolérance. *Perspectives Psy* 2006, **45** : 6-14
- PURPER-OUAKIL D, MICHEL G, BAUP N, MOUREN-SIMEONI MC. Aspects psychopathologiques de l'exercice physique intensif chez l'enfant et l'adolescent : mise au point à partir d'une situation clinique. *Ann Med Psychol* 2002, **160** : 543-549
- RAGLING JS. Anxiolytic effects of physical activities. In : Physical activity and mental health. MORGAN WP (ed). Taylor et Francis, Washington, 1997 : 107-126
- SALMON P. Effects of physical exercise on anxiety, depression, and sensitivity to stress: A unifying theory. *Clinical Psychology Review* 2001, **21** : 33-61
- SCOTT-BILLMANN F. Une approche psychanalytique de la danse. *Recherche et danse* 1987, **4** : 85-92
- SEZNEC JC. Toxicomanie et cyclisme professionnel. *Ann Med Psychol* 2002, **160** : 72-76
- SHERRILL C. Disability, identity, and involvement in sport and exercise. In : The physical self. FOX RK (ed). Human Kinetics, Champaign, 1997 : 257-286
- SINGH NA, STAVRINOS TM, SCARBEEK Y, GALAMBOS G, LIBER C, FIATARONE SINGH MA. A randomized controlled trial of high versus low intensity weight training versus general practitioner care for clinical depression in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2005, **60** : 768-776
- SIVADON P, GANTHERET F. La rééducation corporelle des fonctions mentales. *ESF*, 1965
- SMITH AM, SCOTT SG, WIESE DM. The psychological effects of sport injuries : coping. *Sports Medicine* 1990, **9** : 352-359
- SNACKKERS J. La dépression des amazones. *Adolescence* 1983, **1-2** : 319-324
- SORENSEN M. Motivation for physical activity of psychiatric patients when physical activity was offered as part of treatment. *Scand J Med Sci Sports* 2006, **16** : 391-398
- SPIELBERGER CD. Theory and research on anxiety. In : Anxiety and theory. SPIELBERGER CD (ed). Academic Presse, New York, 1966

STELLA SG, VILAR AP, LACROIX C, FISBERG M, SANTOS RF, et coll. Effects of type of physical exercise and leisure activities on the depression scores of obese Brazilian adolescent girls. *Braz J Med Biol Res* 2005, **38** : 1683-1689

STEPHAN Y, BILARD J, NINOT G, DELIGNIERES D. Repercussions of transition out of elite sport on subjective well-being: A one-year study. *J Appl Sport Psychol* 2003, **15** : 354-371

SUNDGOT-BORGEN J. Eating disorders among male and female athletes. *Br J Sports Med* 1999, **33** : 434

TAIMELA S, KUJALA UM, OSTERMAN K. Intrinsic risk factors and athletic injuries. *Sports Medicine* 1990, **9** : 205-215

TEMPLE VA, FREY GC, STANISH HI. Physical activity of adults with mental retardation : review and research needs. *American Journal of health promotion* 2006, **21** : 2-12

THERME P. Development of complex motor skills in psychotic children. *Perceptual and Motor Skills* 1992, **75** : 1043-1050

THERME P, MOTTET D, BONNON M, SOULAYROL R. Apprentissage moteurs et psychopathologie : pratique de l'escalade chez l'enfant psychotique. *Psychiatrie de l'enfant* 1992, **35** : 519-550

TIEMAN JG, PEACOCK LJ, CURETON KJ, DISHMAN RK. The influence of exercise intensity and physical activity history on state anxiety after exercise. *International Journal of Sport Psychology* 2002, **33** : 155-166

TKACHUK GA, MARTIN GL. Exercise therapy for patients with psychiatric disorders: research and clinical implications. *Prof Psychol Res Pract* 1999, **30** : 275-282

TOMSON LM, PANGRAZI RP, FRIEDMAN G, HUTCHISON N. Childhood depressive symptoms, physical activity and health related fitness. *Journal of Sport and Exercise Psychology* 2003, **25** : 419-439

ULRICH DA, COLLIER DH. Perceived competence in children with with mental retardation. *Adapted Physical Activity Quarterly* 1994, **7** : 338-354

URRÉA V, MONNIER M. Bruit blanc, autour de Marie France. Centre Chorégraphique national de Montpellier, Les Films Pénélopes, 1999

USTUN TB, KESSLER RC. Globan burden or depressive disorders, the issue of duration. *British Journal of Psychiatry* 2002, **181** : 181-183

VAN DE VLIET P, ONGHENA P, KNAPEN J, FOX KR, PROBST M, VAN CH, PIETERS G. Assessing the additional impact of fitness training in depressed psychiatric patients receiving multifaceted treatment: A replicated single-subject design. *Disability and Rehabilitation: An International Multidisciplinary Journal* 2003, **25** : 1344-1353

VIDAL PP. Stress, corticoïdes et auto-administration de substances psychoactives. *Science et sports* 2005, **20** : 226-228

WANG L, LARSON EB, BOWEN JD, VAN BELLE G. Performance-based physical function and future dementia in older people. *Arch Inter Med* 2006, **166** : 115-1120

WEINBERG RS, GOULD D. Psychologie du sport et de l'activité physique. WEINBERG RS, GOULD D (eds). Vigot, Paris, 1997 : 544 p

- WHALEY DE, SHRIDER AF. The process of adult exercise adherence: Self-perceptions and competence. *Sport Psychologist* 2005, **19** : 148-163
- WIDLÖCHER D. Fatigue et dépression. *L'Encéphale* 1981, **4** : 54-63
- YILMAZ I, YANARDA M, BIRKAN B, BUMING G. Effects of swimming training on physical fitness and water orientation in autism. *Pediatr Int* 2004, **46** : 624-626
- YOUNGSTEDT SD, O'CONNOR PJ, DISHMAN RK. The effects of acute exercise on sleep: a quantitative synthesis. *Sleep* 1997, **20** : 203-214
- YOSHITAKE T, KIYOHARA Y, KATO I, OHMURA T, IWAMOTO H, et coll. Incidence and risk factors of vascular dementia and Alzheimer's disease in a defined elderly Japanese population: the Hisayama Study. *Neurology* 1995, **45** : 1161-1168

22

Addictions

L'addiction⁶¹ à l'activité physique nous entraîne dans la sphère du sport, voire du sport intensif. Nous voici loin de la comparaison entre sédentarité et activité. Cependant, la mode du « jogging » incite de plus en plus de pratiquants à passer peu à peu la frontière qui sépare l'activité récréative de l'entraînement intensif. Ce passage, qui s'accompagne de prises de bénéfices multiples aux plans musculaire et physiologique, peut cependant, faire glisser certains sujets vulnérables vers une dépendance à leur pratique, psychologiquement dangereuse. Ce risque qui, comme on va le voir, touche particulièrement les adeptes de la course de fond et du *body building* intense est aggravé par le fait que beaucoup de ces sportifs « amateurs » pratiquent leur activité de manière quasi professionnelle, sans licence, en dehors de tout club, et de toute fédération, et par conséquent privés d'encadrement médical et sportif institutionnel.

Des « idiosyncrasiques », c'est ainsi qu'étaient qualifiés dans un article du *New England Journal of Medicine* paru au début des années 1970, ces quelques originaux qui, aux États-Unis, couraient dans les rues, sur les routes ou dans les allées des parcs urbains. Quinze années plus tard, des statistiques établies par le *Health Science Center* de l'Université d'Arizona estimaient le nombre des coureurs américains à plus de 30 millions, et le marché émergent ainsi généré à des milliards de dollars. Pour ne citer que trois « marqueurs » parmi d'autres du phénomène, relevons la construction au cœur des cités de clubs de sport géants et récréatifs (où des dizaines de tapis roulants sont occupés en permanence par des coureurs de fond en salle), la sophistication et la mode des chaussures et tenues de jogging et la parution d'une multitude de magazines spécialisés. Le jogging a remplacé l'aimable footing, exercice de

61. L'analyse de la littérature montre un usage apparemment indifférent des termes « dépendance » et « addiction » à l'activité physique. Bien qu'actuellement une tendance se dessine pour affecter la « dépendance » à l'usage de substances et l'« addiction » aux assuétudes comportementales (jeu pathologique, achats compulsifs...), des équipes faisant autorité en matière d'addiction à l'activité physique (comme celle de Hausenblas), ou des travaux parmi les plus récents (Ferreira et coll. ; Kern) continuent de qualifier le phénomène de « dépendance ». Pour notre part, nous avons choisi de réserver dans cette analyse le terme « dépendance » à l'usage de substances, tout en respectant le choix de chaque auteur, lorsque nous commentons leurs travaux.

détente sans recherche de performance. Et les marathons, qui avaient été jusque là confidentiels, rassemblent désormais une fois l'an dans les grandes capitales du monde des dizaines de milliers de coureurs hyper entraînés. Parallèlement à cet engouement, véritable phénomène social, la médecine du sport se généralisait, ainsi que les programmes de recherches décryptant les mécanismes à la base des nombreux bénéfices biologiques et psychologiques de l'activité physique. C'est également au début de cette montée en puissance du sport de masse, qu'étaient publiés les premiers travaux sur l'addiction à l'activité physique intense.

Repos ou sevrage ?

Le premier en date à avoir mis en lumière le phénomène de sevrage fut Baekeland en 1970. Ce psychiatre avait observé des troubles du sommeil chez des sportifs contraints d'interrompre provisoirement leur activité. Désirant réaliser une étude expérimentale du phénomène, il tenta de recruter des volontaires pratiquant leur sport 5 à 6 jours par semaine et prêts à cesser leur activité pendant un mois. Malgré la promesse d'une récompense pécuniaire, Baekeland ne réussit pas à réunir sa cohorte, tant était insupportable à ces sujets le fait d'interrompre leur activité même provisoirement, et ce malgré la rémunération. Il dut se « contenter » de sportifs pratiquant 3 à 4 jours par semaine. Pendant le mois de privation, les sujets témoignèrent d'une baisse générale de sentiment de bien-être, d'une anxiété accrue et de réveils nocturnes. Les résultats de Baekeland peuvent se résumer ainsi :

- les coureurs habitués à pratiquer 5 à 6 jours par semaine refusèrent de participer ;
- ceux habitués à courir 3 à 4 jours par semaine manifestèrent clairement des symptômes de sevrage pendant la période de privation. Quoique peu ou pas opérationnalisé, sans véritable substrat théorique, le concept d'addiction entrait dans le domaine du sport.

Ces sensations éprouvées pendant une privation temporaire d'activité, assimilées dès lors à un phénomène de sevrage, ont été à la base des travaux sur l'addiction à l'activité physique. Elles seront également le marqueur cardinal de cette dépendance (Szabo, 1995). Ainsi, Morgan (1979) décrit chez les coureurs de fond le fait de continuer une activité physique intense en dépit de blessures (liées ou non à la pratique). Toutes les stratégies permettant de continuer l'exercice sont alors mises en œuvre : automédication, visite de médecins « conciliants » dans leurs prescriptions, négation de la gravité ou même de la réalité des blessures. Le besoin de continuer coûte que coûte l'exercice est, pour Morgan, lié à la nécessité d'éviter les symptômes de manque.

D'autres travaux (Hailey et Bailey, 1982 ; Kagan et Squires 1985 ; Chan et Grossman, 1988 ; Mondin et coll., 1996) suggèrent que l'arrêt de la pratique

d'une activité physique intense peut s'accompagner de manifestations cliniques comparables à celles retrouvées lors d'un sevrage consécutif à l'arrêt de la consommation de substances addictives, comme l'alcool, les opiacés ou les psychostimulants ; à savoir : insomnie, dépression, troubles de l'humeur, anorexie/boulimie, anxiété, frustration, diminution de l'estime de soi, difficulté d'attention et de concentration, douleurs physiques. Chan et Grossman (1988) ont examiné les effets psychologiques de l'arrêt de l'activité sur des coureurs confirmés. Ils ont comparé un groupe de 30 « *Prevented Runners* » (PR), privés d'activité depuis au moins deux semaines pour blessure, à un groupe de 30 « *Continuing Runners* » (CR) courant sans interruption. Soumis au *Profile of Mood states* (POMS), à l'échelle d'estime de soi de Rosenberg, à l'échelle de dépression de Zeng et à un questionnaire (*Running Information Questionnaire*), les PR témoignèrent d'une détresse psychologique incluant symptômes dépressifs, anxiété, confusion, troubles de l'humeur et une perte d'estime de soi. Les auteurs en conclurent que la privation d'activité peut, chez certains individus, provoquer des symptômes de sevrage et de détresse psychologique (Chan et Grossman, 1988).

Addiction « positive » ?

Cependant, grâce justement aux multiples et incontestables effets positifs de l'activité physique, on a commencé par considérer cette addiction (en acceptant bien le concept d'addiction) comme bénéfique. C'est la *positive addiction* de Glasser (1976). Cet auteur la définit comme une dépendance psychologique et physique à une activité physique régulière, mais la dénomme « positive » car les sujets en tirent des bénéfices sur le plan du bien-être physique et psychologique et se servent de l'activité physique pour lutter efficacement contre le stress journalier, l'anxiété et la dépression. Sachs et Pargman (1979) et Thaxton (1982) ont bien mis en évidence chez des coureurs des symptômes de sevrage, tel un état anxio-dépressif lorsque les participants à l'étude étaient privés de leur activité régulière. Le phénomène observé de dépendance était pourtant catalogué « positif » par les auteurs. Thaxton préconise même explicitement cette « addiction positive » comme traitement à certains troubles psychologiques.

À l'appui des bénéfices médico-sociaux offerts par ce type d'addiction, Vélea (2002) note que « beaucoup de pratiquants addictés aux sports, ont souvent abandonné une addiction considérée comme négative (pour la plupart une forte dépendance tabagique, l'alcool ou la consommation des drogues) » et que « on voit des centres de postcures qui centrent leurs projets thérapeutiques sur la pratique sportive ».

Pourtant, armé de descripteurs parfaitement acceptables et socialement garants de la « bonne santé » physique et morale, ce terme de *positive*

addiction véhicule une profonde ambiguïté tant les symptômes de sevrage peuvent être les exacts opposés des bénéfiques recherchés. Bonne santé, certes, mais au prix d'une contrainte, bonne santé au prix d'une irrésistible appétence, et de ses conséquences possibles. Dès lors, cette dénomination d'*addiction* positive admettait explicitement le caractère possiblement contraignant de l'activité physique intense, ce qui est paradoxal.

Rompant le paradoxe, Morgan (1979) ayant constaté que certains sujets plaçaient l'activité physique au dessus des autres considérations de la vie de tous les jours introduisit le concept de *negative addiction*. Le discours d'un de ses sujets illustre bien le caractère négatif de ce besoin irrésistible d'activité physique : « Je ne peux plus exister sans courir à la mi-journée. Mon problème est que je suis censé conseiller les étudiants toute la journée. C'est mon travail. Assis à mon bureau, je deviens tendu et grognon entre midi et deux heures. Ce dernier mois, je me suis vu sortir courir vers ces heures là, en plus de mes parcours du matin et du soir. Je me sens coupable car je suis payé pour conseiller les étudiants toute la journée. » (Morgan, 1979, p. 68).

Ce terme d'*addiction* négative s'accorde bien avec une conception selon laquelle toute *addiction* est négative sur le long terme (Rozin et Stoess, 1993). Il est intéressant de se demander si l'*addiction* positive et l'*addiction* négative relèvent de deux mécanismes distincts ou bien d'un même objet clinique considéré sous deux angles différents (« côté cour » ou « côté jardin »). À moins que le passage de l'une à l'autre se fasse par effet de seuil. Le fait, comme l'a observé Morgan, de placer peu à peu l'activité physique au dessus des autres considérations de la vie de tous les jours entraînerait chez certains sujets vulnérables le basculement de l'*addiction* positive vers l'*addiction* négative. À l'appui de ce mécanisme, Chapman et De Castro (1990) montrent une association entre fréquence des courses et « *addiction* » : plus les courses sont nombreuses, moins les bénéfiques sur l'humeur se font sentir. À l'inverse, toujours selon ces auteurs, des courses plus longues mais moins nombreuses auraient un effet positif sur l'humeur. De même, Pierce et coll. (1993a) comparant des « *recreational runners* » à des marathoniens et des ultramarathoniens, montrent une liaison directe entre le degré d'entraînement et un score de dépendance mesuré par la *Negative Addiction Scale* (Hailey et Bailey, 1982). Il semblerait donc que durant la pratique, il puisse y avoir chez certains sujets un glissement des bénéfiques aux effets délétères. Cette transition pourrait être médiée par une augmentation de la fréquence des entraînements.

Quant à la responsabilité de variables internes, Sachs (1981), cité par Pierce (1994), émet une hypothèse différentialiste selon laquelle les sujets « positivement dépendants » (non vulnérables) continueraient (au fur et à mesure de leur pratique) à « garder le contrôle sur leur activité », tandis que les « négativement dépendants » (vulnérables) seraient peu à peu « contrôlés par leur activité ». Ce sont ces sujets là qui « décrivent des changements majeurs : vestimentaires, alimentaires, dans leur mode de vie,

dans les loisirs (qui deviennent quasiment liés à la pratique sportive, fréquentation des manifestations sportives, des salons), le choix d'un partenaire souvent issu du même milieu pratiquant. L'entraînement devient un véritable rituel pour le sportif. Toute sa journée est organisée et économisée en vue de l'entraînement. » (Véléá, 2002). Qui sont ces sujets ? Cette question ouvre le champ des différences interindividuelles de vulnérabilité, et aussi celui du dépistage.

Caractérisation et mesure de l'addiction

Ces considérations et ces questionnements sur l'existence, la nature et le fonctionnement d'une dépendance à l'activité physique imposent bien entendu comme préalable la validité d'instruments capables de décrire, de mettre en évidence le ou les phénomène(s), et d'une métrique capable de le (ou les) quantifier.

Caractérisation

La diversité des termes utilisés (sous-tendant parfois des mécanismes probablement différents) pour caractériser le phénomène témoigne d'un flou théorique. Et cela malgré les évidences cliniques désignant clairement une telle dépendance chez certains individus, probablement vulnérables. Citons les termes suivants :

- addiction (*addiction*) (Kagan et Squires, 1985 ; Kagan, 1987 ; Clough et coll., 1989 ; Davis, 1990 ; Anshel, 1991) ;
- addiction négative (*negative addiction*) (Hailey et Bailey, 1982 ; Rudy et Estok, 1983 ; Flynn, 1987 ; Furst et Germon, 1993) ;
- dépendance à l'exercice (*exercise dependence*) (Adams et Kirby, 1997 ; Iannos et Tiggemann, 1997 ; Ogden et coll., 1997 ; Pierce et coll., 1997 ; Stanford, 1997 ; Pierce et Morris, 1998 ; Smith et coll., 1998) ;
- exercice excessif (*excessive exercise*) (Davis et coll., 1993 ; Davis et Fox, 1993 ; Brewer, 1994 ; Manning et Morrison, 1994 ; Cohen, 1995 ; Sorrento-Gerhart, 1997) ;
- dépendance à la course (*running dependence* ou *running addiction*) (Chapman et De Castro, 1990 ; Buccinio, 1992) ;
- compulsion (*compulsive runners*) (Diekhoff, 1984 ; Lyons et Cromey, 1989) ;
- sentiment d'obligation vis-à-vis de l'exercice (*commitment, exercise commitment, commitment to exercise, attitudinal commitment, obligatory exercise, running ou runners*) (Carmack et Martens, 1979 ; Pasma et Thompson, 1988).

Le flou conceptuel dont témoigne ce lexique explique en partie la difficulté à établir une définition de l'addiction à l'activité physique, définition qui doit intégrer des facteurs comportementaux (la fréquence de l'exercice),

psychologiques (comme le sentiment d'obligation) ou physiologiques comme la tolérance (Johnson, 1995 ; Hausenblas et Symons Downs, 2002a). Cependant, la caractérisation qui a de loin été la mieux acceptée est celle de Veale (1991) inspirée de la classification de la dépendance aux substances du DSM-IV (*American Psychiatric Association*, 1994).

Le DSM-IV définit la dépendance comme un « mode d'utilisation inadapté d'une substance conduisant à une altération du fonctionnement ou une souffrance cliniquement significative, caractérisé par la présence de trois (ou plus) des manifestations suivantes, à un moment quelconque d'une période continue de douze mois :

- tolérance, définie par soit le besoin de quantités plus fortes de la substance pour obtenir une intoxication ou l'effet désiré soit un effet notablement diminué en cas d'utilisation continue d'une même quantité de la substance ;
- sevrage caractérisé par soit un syndrome de sevrage caractéristique de la substance soit une prise de la même substance, ou d'une autre pour soulager ou éviter les symptômes de sevrage ;
- la substance est prise en quantité plus importante ou pendant une période plus prolongée que prévu ;
- présence d'un désir persistant, ou d'efforts infructueux, pour diminuer ou contrôler l'utilisation de la substance ;
- beaucoup de temps passé à l'obtention, l'utilisation, ou la récupération des effets de la substance ;
- abandon d'activités sociales, professionnelles ou de loisir à cause de la substance ;
- poursuite de l'utilisation de la substance malgré la connaissance des liens entre celle-ci et un problème physiologique ou psychologique. »

Les critères de dépendance à l'exercice de De Coverley Veale (1991) (traduit par Vélé, 2002) recourent effectivement les variables du DSM-IV :

- réduction du répertoire des exercices physiques conduisant à une activité physique stéréotypée, pratiquée au moins une fois par jour ;
- l'activité physique est plus investie que toute autre ;
- augmentation de la tolérance de l'intensité à l'exercice, d'année en année ;
- symptômes de sevrage avec tristesse lors de l'arrêt (volontaire ou contraint) de l'exercice physique ;
- atténuation ou disparition des symptômes de sevrage à la reprise de l'exercice ;
- perception subjective d'un besoin compulsif d'exercice ;
- réinstallation rapide de l'activité compulsive après une période d'interruption ;
- poursuite de l'exercice physique intense en dépit de maladies physiques graves causées, aggravées ou prolongées par le sport, négligence des avis contraires donnés par les médecins ou les entraîneurs ;
- difficultés ou conflits avec la famille, les amis ou l'employeur liés à l'activité sportive ;

- le sujet s'oblige à perdre du poids en suivant un régime, pour améliorer ses performances.

Le critère n°2 du DSM-IV (sevrage) pose cependant un problème lié aux conséquences de l'arrêt de la pratique sportive. Outre ce que nous avons décrit précédemment (Hailey, 1982 ; Kagan et Squires, 1985 ; Chan et Grossman, 1988 ; Mondin et coll., 1996), le DSM-IV décrit la consommation « d'autres drogues » soit lors de l'arrêt de la pratique soit pendant cette pratique. Ce point sera traité plus loin.

De Coverley Veale insiste en outre sur la nécessité de valider le diagnostic afin d'exclure un trouble du comportement alimentaire. En effet, dans la dépendance primaire à l'exercice physique, celle-ci est une fin en soi. Dans les dépendances secondaires, la motivation à l'activité réside dans le contrôle et la manipulation de la masse corporelle (Hausenblas et Symons Downs, 2002a). Ainsi dans le critère n°10 de Veale (perte de poids), c'est le contrôle de l'alimentation qui est au service de la performance et non l'inverse, l'exercice physique pouvant être une stratégie de *coping* dans certains troubles de l'alimentation (Thome et Espelage, 2004). Cette distinction revêt une importance toute particulière à la lumière de travaux qui dans les années 1980, ont tenté d'assimiler les deux pathologies (Babbini et Davis, 1972 ; Yates et coll., 1983 ; Blumenthal et coll., 1984 ; Blumenthal et coll., 1985 ; Hauck et Blumenthal, 1992 ; Davis et coll., 1993 ; Davis et Fox, 1993 ; Bryant-Waugh et Lask, 1999 ; Bamber et coll., 2000a et b ; Solenberger, 2001 ; Hoglund et Normen, 2002 ; O'Dea et Abraham, 2002). Selon Yates et coll. (1983), les coureurs dépendants de sexe masculin ressemblaient aux patientes anorexiques sous plusieurs traits (introversion, usage excessif du déni, dépression...). La validité méthodologique de ce travail a été largement critiquée et des travaux ultérieurs (Babbini et Davis, 1972 ; Dishman et Buckworth, 1998 ; Powers et coll., 1998 ; Bamber et coll., 2000a et b) ne purent pas prouver que le trouble alimentaire et la dépendance à la course constituaient une pathologie unique.

Mesure

La diversité des concepts et des angles d'approche utilisés (activité physique excessive *versus* « moins excessive », actifs *versus* non actifs, étude de l'addiction à l'exercice, études des effets de la privation d'exercice en tant que telle, addiction positive, addiction négative, sentiment d'obligation...) s'accompagne d'une tout aussi grande diversité des outils de mesure. Parmi ces outils, on distingue les instruments de mesure qualitatifs comme les études de cas, les interviews (Adams et Kirkby, 1997) et quantitatifs, comme les questionnaires, bien plus nombreux (Hausenblas et Symons Downs, 2002a, pour revue). La plupart des recherches sur l'addiction à l'exercice s'est avant tout intéressée à l'addiction à la course, et dans une moindre

mesure au culturisme (*body building*, Smith et coll., 1988), avec quelques incursions chez les danseurs (Pierce et coll., 1993b). Il en résulte que les instruments de mesure s'adressent essentiellement aux coureurs.

Les mesures quantitatives de la dépendance à l'exercice portent sur la fréquence, l'intensité, la durée et le nombre d'années de pratique (Davis et Fox, 1993). Il semble cependant que les facteurs relatifs au nombre d'années de pratique et aux diverses habitudes de pratique ne permettent pas de prédire quoi que ce soit du développement ou de l'intensité de la dépendance (Davis et coll., 1993). Pour un recensement quasi exhaustif des échelles, on se reportera à la revue de Hausenblas et Symons Downs (2002a).

La plupart de ces échelles sont des questionnaires à questions fermées. Cependant, Sachs et Pargman (1979) leur préfèrent une « *in-depth-interview* » constituée de 8 questions (éventuellement complétées par d'autres dans le but de clarifier les réponses obtenues). Le point de vue des auteurs est que l'interview permet des réponses mieux construites et au final une plus grande précision qu'un questionnaire. Les questions portent sur l'histoire de la pratique de la course du sujet, sa perception de son activité, ses sentiments personnels à propos de la course.

La *Running Addiction Scale* de Chapman et De Castro (1990) est composée d'items focalisés sur le sevrage et le ressenti du besoin impérieux de courir. Nous la reproduisons (traduction de Vélea, 2002), tant elle est caractéristique des autres échelles, mêlant des questions relatives au sevrage, au centrage de l'exercice dans la vie quotidienne et au sentiment d'obligation « contractuelle » vis-à-vis de la course (*commitment*) (tableau 22.I).

Tableau 22.I : *Running Addiction Scale* de Chapman et De Castro (1990)

Je cours très souvent et régulièrement (+1)
Si le temps est froid, trop chaud, s'il y a du vent, je ne cours pas (-1)
Je n'annule pas mes activités avec mes amis pour courir (-1)
J'ai arrêté de courir pendant au moins une semaine pour des raisons autres que des blessures (-1)
Je cours même quand j'ai très mal (+1)
Je n'ai jamais dépensé d'argent pour courir, pour acheter des livres sur la course, pour m'équiper (-1)
Si je trouvais une autre façon de rester en forme physique je ne courrais pas (-1)
Après une course je me sens mieux (+1)
Je continuerais à courir même si j'étais blessé (+1)
Certains jours, même si je n'ai pas le temps, je vais courir (+1)
J'ai besoin de courir au moins une fois par jour (+1)

546 Ce sont les mêmes critères d'obligation et du recentrement de la vie quotidienne sur l'entraînement qui sont à la base d'une échelle de dépendance

au *body building* (Smith et coll., 1998) (tableau 22.II) destinés à ces sportifs très particuliers chez lesquels on note des modifications corporelles qui impliquent une composante dysmorphophobique récurrente (Véléa, 2002).

Tableau 22.II : Échelle de dépendance au *body building* (Smith et coll., 1998)

Je m'entraîne même quand je suis malade ou grippé
Il m'est arrivé de continuer mon entraînement malgré une blessure
Je ne raterais jamais une séance d'entraînement même si je ne me sens pas en forme
Je me sens coupable si je rate une séance d'entraînement
Si je rate une séance, j'ai l'impression que ma masse musculaire se réduit
Mes amis et/ou ma famille se plaignent du temps que je passe à l'entraînement
Le <i>body building</i> a complètement changé mon style de vie
J'organise mes activités professionnelles en fonction de mon entraînement
Si je dois choisir entre m'entraîner et travailler, je choisis toujours l'entraînement

La *Negative Addiction Scale* de Hailey et Bailey (1982) vise l'addiction à la course à pied. Si les auteurs n'ont pas évalué les qualités psychométriques de l'instrument et si certains auteurs considèrent que cette échelle ne permet pas de distinguer clairement les coureurs dépendants des non dépendants (Rudy et Estok, 1989 ; Hausenblas et Fallon, 2002), elle a été néanmoins un instrument très utilisé (Rudy et Estok, 1989 ; Pierce et coll., 1993a et b ; Pierce et Morris, 1998).

La *Running Addiction Scale* de Rudy et Estok (1989) est fondée sur la *Negative Addiction Scale* de Hailey et Bailey (1982). Elle semble néanmoins posséder une moins bonne reproductibilité.

L'*Obligatory Exercise Questionnaire* (Pasman et Thompson, 1988) porte sur les aspects psychologiques de la notion de « *obligatory runners/exercisers* ». Cette notion a été développée par Yates et coll. (1983). Les « *obligatory runners* » sont des coureurs qui continuent leur pratique en dépit des blessures ou des contre-indications évidentes (Yates et coll., 1983 ; Yates et coll., 1992 ; Symons Downs et Hausenblas, 2004). Elle a le défaut, inhérent aux échelles unidimensionnelles, de ne couvrir qu'une partie du phénomène de l'addiction à l'exercice (Pierce, 1994).

L'*Exercise Dependence Questionnaire* (Ogden et coll., 1997) a la particularité de prendre en compte à la fois des paramètres biomédicaux comme la tolérance, le sevrage, et psychosociaux comme les interactions entre le phénomène de dépendance et la « vie sociale ».

Les échelles les plus utilisées dans la littérature (en 2002) selon Hausenblas et Symons Downs (2002a) sont : la *Negative Addiction Scale* (15 % des études

en 2002), l'*Obligatory Exercise Questionnaire* (12 % des études) et la *Commitment to Running Scale* (Carmack et Martens, 1979, 10 %).

Critique des instruments de mesure

L'importante littérature destinée à mettre en évidence les effets du sevrage (un des critères cardinaux de la dépendance) a été critiquée par son manque de rigueur méthodologique.

Mesure des effets du sevrage

Sur onze travaux synthétisés par Hausenblas et Symons Downs (2002a), les périodes de privation d'exercice vont de 1 jour à 1 mois. Dans cinq de ces recherches les sujets étaient des coureurs, dans deux des nageurs, une d'entre elles se réfère à « l'activité générale » et trois d'entre elles ne précisent pas le type d'activité habituelle des sujets. En outre, il est peu légitime de traiter de la même manière une cessation volontaire (exigée par l'expérimentateur) et un repos forcé dû à une blessure (Mondin et coll., 1996). De même, Gauvin et Szabo (1992) relèvent le flou dans la période d'inactivité, le manque de quantification de l'activité habituelle et la faiblesse d'opérationnalisation des critères de dépendance. Enfin, toutes les recherches portant sur le sevrage « volontaire » d'activité se heurtent à l'écueil auquel avait été confronté Baekeland (1970), à savoir le refus des sujets véritablement dépendants d'accepter une cessation temporaire de leur activité (Szabo, 1998, pour revue). Il en résulte que les travaux sur la privation expérimentale d'activité n'ont utilisé en réalité que des sujets « non dépendants » (Hausenblas et Symons Downs, 2002a).

Mesure de l'addiction

Au début de leur revue sur la dépendance à l'exercice, Hausenblas et Symons Downs (2002a) informent le lecteur que leur première intention était de traiter statistiquement cette littérature sous forme de méta-analyse : « Toutefois, vu l'absence de groupes témoins et la faiblesse des données pertinentes, cette analyse n'a pu être entreprise ». Quant aux instruments de mesure utilisés, c'est-à-dire les échelles, leur validité a été largement critiquée. La plus utilisée d'entre elles, la *Negative Addiction Scale* (Hailey et Bailey, 1982), ne permet pas selon les auteurs de la revue, de distinguer clairement les coureurs dépendants des non dépendants. Plus précisément, si cette échelle discrimine bien les sujets courant depuis plus d'une année, aucune information n'est demandée sur la fréquence et l'intensité de leur

entraînement. De plus, l'échelle se centre sur des items pouvant être confondus avec des affects négatifs (« lorsque je ne peux pas m'entraîner, je me sens déprimé »). Adams et Kirby (1998) relèvent la même confusion entre addiction et humeur négative dans la *Running addiction scale* de Rudy and Estok (1989). On doit à Chapman et De Castro (1990) une autre *Running addiction scale* qui s'appuie préférentiellement sur les effets de sevrage et le sentiment d'obligation.

Distinction entre obligation et addiction

Cette sensation d'une obligation, ou d'un « contrat » (*commitment*) à courir (à « sortir » comme disent les joggers) est une variable qui émerge cliniquement de manière évidente. De nombreuses échelles ont pris pour base ce sentiment d'obligation : la *Commitment to running scale* (Carmack et Martens, 1979) ; la *Commitment to exercise scale* (Davis et coll., 1995) ou l'*Obligatory exercise questionnaire* (Pasman et Thomson, 1988). Or, comme le remarquent Szabo et coll. (1997), une partie importante de la littérature et des travaux sur l'addiction ont en réalité mesuré l'obligation (*commitment*). Sachs (1981) considérait cette variable comme la résultante d'une analyse intellectuelle de la récompense incluant la relation sociale, les bénéfices en terme de santé, le prestige social sans négliger les avantages financiers de la performance. Selon Terry et coll. (2004), s'appuyant sur les travaux de Sachs (1981), les *committed exercisers* « s'engagent dans l'exercice physique pour des récompenses, considèrent leur activité physique comme une part importante mais non centrale de leur vie, peuvent ne pas souffrir de symptômes de sevrage lorsqu'ils sont contraints d'interrompre leur activité. Au contraire, les *addicted exercisers* sont plus insensibles aux récompenses, considèrent cet exercice comme la composante centrale de leur vie et ressentent douloureusement les privations d'activité ». Szabo (1995) ne trouve d'ailleurs aucune corrélation entre addiction et obligation à courir et conclut qu'il s'agit là de deux concepts différents. Dès 1990, Chapman et De Castro avaient abouti à la même conclusion en comparant des sujets des deux sexes sur la *Running addiction scale* (RAS) et la *Commitment to running scale* (CR). Les scores à la CR étaient corrélés à l'addiction (RAS) chez les hommes et pas chez les femmes, suggérant par là que les deux échelles mesuraient des variables différentes et que, principalement en ce qui concerne les femmes, l'obligation à courir pouvait exister sans addiction.

Il résulte de cette indépendance fonctionnelle entre le sentiment d'obligation impérieuse à courir (ou à lever des poids) et la dépendance, que l'addiction à l'activité physique existe bien cliniquement, malgré les faiblesses méthodologiques des instruments de mesure. Elle est la caractéristique d'une minorité de sujets particulièrement vulnérables, plus particulièrement des hommes. Comme le notent Terry et coll. (2004) :

« La prévalence de l'addiction à l'exercice est en réalité très faible (De Coverley Veale, 1987 ; Szabo, 2000), mais lorsqu'elle est présente, ses conséquences peuvent être dévastatrices ». Cette constatation pose évidemment le problème de la prédiction et de l'identification, dans le milieu du sport, des sujets à risque.

Trois questions découlent de ce constat : peut-on alors estimer dans une population de sujets entraînés la proportion de ces sujets à risques ? Quels sont les risques majeurs encourus ? A-t-on identifié des prédicteurs de cette vulnérabilité ?

Identifier la minorité à risque

Hausenblas et Symons Downs (2002a) auxquels on devait (jusqu'au très récent travail de Kern, 2007) la seule revue critique des instruments de mesure de la dépendance à l'activité physique, et sur la base même de ces critiques, ont construit l'*Exercise dependence scale* (Hausenblas et Symons Downs, 2002b) comportant 21 items fondés sur les critères de dépendance aux substances du DSM-IV. Cette échelle serait capable (Terry et coll., 2004) de différencier les sujets « à risque » des « non dépendants symptomatiques » et des « non dépendants asymptomatiques ». Elle serait aussi capable, selon les mêmes auteurs, de détecter les sujets qui présentent ou non une dépendance physiologique. On doit à cette même équipe (Symons Downs et coll., 2004) une version « révisée » (*Exercise Dependence Scale* ou EDS-R), qui fait actuellement l'objet d'une adaptation et d'une validation en français (Kern, 2007).

Tout en reconnaissant la validité de ces échelles, mais constatant la lourdeur de la passation et de la cotation de leurs nombreux items, et partant la difficulté à être utilisée par le médecin du sport, Terry et coll. (2004) ont construit une version « réduite » de la EAS : l'*Exercise Addiction Inventory* (EAI). Elle en conserve six composantes essentielles des addictions aux substances (Brown, 1993) et comportementales (Griffiths, 1997 et 2002) :

- la salience, c'est-à-dire le fait qu'une activité domine toutes les autres et envahit la vie intérieure et sociale de l'individu ;
- la modification de l'humeur ;
- la tolérance, c'est-à-dire le besoin d'augmenter la « dose » pour ressentir les mêmes effets ;
- les symptômes de sevrage ;
- les conflits interpersonnels, avec le travail et les conflits intrapsychiques générés par l'activité physique envahissante ;
- la rechute (*relapse*) : la tendance à récupérer de hauts niveaux du comportement en question après de longues périodes d'abstinence ou de contrôle.

L'EAI qui est, selon ses auteurs (Terry et coll., 2004), un outil de détection (*brief screening tool*) comporte six items correspondant à ces six variables et a pour but d'identifier les sujets « à risque » (tableau 22.III).

Tableau 22.III : Items de l'Exercice Addiction Inventory (EAI)

L'exercice est ce qui compte le plus dans ma vie
Des conflits ont surgi avec ma famille à propos de mon entraînement
L'exercice est un moyen de modifier mon humeur
J'ai augmenté continuellement mon niveau d'entraînement journalier
Si je rate un entraînement, je me sens de mauvaise humeur et irritable
Si je réduis ma quantité d'exercice je finis toujours par reprendre mon entraînement au même niveau qu'auparavant

Les réponses sont cotées sur 5 niveaux : 1 (pas du tout d'accord) ; 2 (pas d'accord) ; 3 (ni d'accord ni pas d'accord) ; 4 (d'accord) ; 5 (tout à fait d'accord). Un score supérieur à 24 indique un sujet « à risque ».

Szabo et Griffiths (2007) ont récemment soumis à ce questionnaire 261 étudiants en sport (*Sport science students*) de l'université de Nottingham (Grande-Bretagne) et 194 sujets témoins sportifs, recrutés dans des clubs de sport (*community fitness centres*). Les résultats de ce travail montrent que 6,9 % des étudiants en sport seraient « à risque », contre 3,6 % des témoins sportifs.

Ces résultats qui confirment des conclusions antérieures concernant la faible proportion de sujets vulnérables (De Coverley Veale, 1987 ; Szabo, 2000) signifient que les sujets plus « professionnels » seraient plus vulnérables à la dépendance et que seule une petite proportion (4 % environ) de la population générale sportive serait susceptible de devenir dépendante à l'activité physique. On regrettera cependant que la prévalence selon le genre n'ait pas été mesurée, de même que les effets de l'âge, les deux populations n'étant pas appariées sous cet aspect (19-23 ans pour le groupe expérimental, 17-73 ans pour le groupe témoin).

La part des facteurs génétiques et épigénétiques ou de leur interaction reste bien entendu une question en suspens. Des recherches récentes utilisant des modèles animaux commencent à éclairer ce problème. Dans le travail de Ferreira et coll. (2006), des rats Wistar (stock hétérozygote représentant une population générale) ont eu libre accès à des roues d'activité pendant une durée de 2 mois et demi. Très vite, deux groupes d'individus se sont révélés : des grands coureurs HWR (ou *high wheel runners*) et des petits coureurs LWR (ou *low wheel runners*). La présence d'un fort rebond dans l'utilisation de la roue après 24 heures de sevrage pour HWR et sa complète absence chez LWR montre l'existence d'une sous-population ayant une forte appétence

pour l'activité physique et dans laquelle se manifeste un symptôme de sevrage (le rebond après arrêt). On retrouve ici une dichotomie dans le développement ou non d'une addiction à l'activité physique.

D'autre part, une forte réponse à l'amphétamine observée chez HWR comparativement à LWR à l'issue d'une privation de roue de 24 heures vient renforcer l'hypothèse selon laquelle HWR et LWR diffèrent non seulement dans le développement du comportement d'utilisation de la roue mais aussi dans l'apparition d'une addiction à son utilisation. La dichotomie HWR/LWR rendrait directement compte du développement ou non d'une addiction à un comportement sans intervention d'un quelconque facteur pharmacologique, signant clairement un modèle de dépendance comportementale. La même dichotomie rats grands coureurs/rats petits coureurs est mise en évidence dans une autre étude (Larson et Carroll, 2005). Dans ce travail, la forte appétence à la course semble un bon prédicteur d'une appétence à l'auto-administration de cocaïne. La standardisation extrême des conditions d'élevage de ces animaux de laboratoire pourrait suggérer une origine génétique à cette vulnérabilité. À ce propos, il est intéressant de constater que la lignée de rats Lewis est spontanément appétente (« compulsive ») à la roue en libre accès (Makatsori et coll., 2003).

Petite minorité à risques, mais à risques potentiellement élevés

On connaît, depuis les premiers travaux de Baekeland (1970) ou de Morgan (1979), les désagréments, voire les dégâts, que l'addiction au sport fait courir à ses victimes : désocialisation, conflits familiaux et professionnels, symptômes de sevrage en cas d'arrêt forcé... Un risque potentiellement plus préoccupant nous est rappelé par l'item 2 du DSM-IV (« sevrage caractérisé par soit un syndrome de sevrage caractéristique de la substance soit une prise de la même substance, ou d'une autre pour soulager ou éviter les symptômes de sevrage ») qui ne fait que formaliser un phénomène connu en addictologie, la polytoxicomanie, c'est-à-dire la consommation abusive de plusieurs substances, licites ou illicites de manière simultanée ou séquentielle. Ce type de consommation a quatre fonctions principales : maximalisation des effets, équilibrage des effets, maîtrise des effets négatifs et « rechange » (Strang et coll., 1993, cité dans le Rapport annuel sur l'état du phénomène de la drogue dans l'Union Européenne et en Norvège, 2002). C'est le cas de la consommation « séquentielle » dans le but de « rechange » consécutif à un sevrage (de l'activité physique, considérée à titre de modèle comme addictogène) qui nous intéresse et nous préoccupe ici.

Substances psychoactives

Des premières données françaises liées à ce risque ont été fournies par une enquête commandée en 1999 par le ministère de la Jeunesse et des Sports dans l'optique de quantifier et de mieux comprendre l'influence de l'activité

physique sur la consommation de substances psychoactives et les conduites addictives. Les sujets inclus provenaient de centres de substitution, de centres de cure ambulatoire en alcoologie, d'associations d'anciens buveurs, de groupes d'auto-support d'usagers de drogues et de patients au passé de toxicomane, ou d'alcooliques. Mille cent onze questionnaires furent remplis (36,1 %) ; 86 % des répondants avaient pratiqué au moins une activité sportive ou un entraînement physique dont 10,5 % à un niveau de compétition national ou international. À noter qu'aucun sujet témoin n'a été inclus, conférant à ce travail une simple valeur d'enquête et non de recherche épidémiologique contrôlée.

Dans le groupe « pratique sportive intensive », 36 % avaient utilisé des drogues illicites et 16,4 % reconnaissaient avoir utilisé des produits dopants. Seulement 28,4 % déclarèrent avoir été dépendants pendant leur période de pratique sportive intensive, 15,2 % avant cette période, et la majorité (56,4 %) après l'arrêt (Lowenstein et coll., 2000). « La vulnérabilité est plus forte dans l'année qui suit l'arrêt des pratiques sportives ». La conclusion de l'enquête est que non seulement une activité physique intense ne protégerait pas mais au contraire pourrait augmenter les risques de comportements addictifs.

Cette enquête, qui, répétons le, ne comportait aucun groupe témoin, a été suivie par une étude commandée par le même ministère, sous la direction de M. Choquet (Choquet et Arvers, 2003), sur le lien entre pratique sportive et conduites à risques chez les adolescents. On y montre que les jeunes ayant une pratique sportive intense (>8 h/semaine) consomment davantage de drogues (alcool et autres, tabac excepté) et ont des comportements violents plus souvent que les sportifs « modérés ».

En moyenne, cannabis mis à part, on retrouve une consommation de substances illicites et de médicaments nettement plus élevée chez les sportifs de haut niveau, contrairement aux sportifs exerçant une activité physique modérée. L'enquête explore également le lien entre l'intensité de la pratique sportive et la consommation de substances psychoactives. Pour le tabac, une telle corrélation n'est pas retrouvée. S'agissant de l'héroïne, la proportion de sujets consommateurs ayant été inscrits en sections sport-études ou ayant participé à des compétitions nationales ou internationales est significativement plus élevée que dans la population des simples licenciés. La consommation régulière de cocaïne est deux fois plus importante parmi les sportifs que parmi les non-sportifs. L'enquête retrouve également une proportion plus importante de consommateurs réguliers de cannabis parmi ceux ayant fait plus de quatre heures de sport par semaine que chez les non-sportifs. Enfin, l'utilisation de produits dopants (stéroïdes anabolisants, hormones, anti-douleurs et stimulants) augmente avec la fréquence de la pratique du sport. Par ailleurs, les sujets ne pratiquant plus pour diverses raisons ont généralement pratiqué le sport de manière plus intense que les autres et se caractérisent par des niveaux d'usage particulièrement élevés pour tous les

produits (substances illicites et médicaments). Cependant, en cas de rupture des habitudes sportives, d'importants facteurs d'ordre psychosocial pourraient intervenir. En effet, au moment de l'arrêt de la pratique sportive, la brusque disparition de l'encadrement sportif peut constituer un facteur de risque important. Le sportif passe parfois sans transition d'un univers fortement encadré à un autre qui ne l'est plus. Il change de mode de vie et manque de repères. Cette désocialisation brusque et fragilisante pourrait jouer un rôle important dans la consolidation d'une dépendance.

Ces données, pour importantes et rigoureuses qu'elles soient, n'apportent cependant pas la preuve d'une liaison causale chez le sujet humain (contrairement à ce qui semble résulter d'études chez l'animal) entre dépendance à l'activité physique intense et consommation, voire dépendance, aux substances illicites. Tout au plus peuvent-elles alimenter un corpus de faits et d'hypothèses qui restent à consolider et à expliciter.

Concernant cette liaison chez l'animal, rappelons l'étude citée plus haut de Larson et Carroll (2005) qui établit clairement chez le rat de laboratoire une relation entre appétence à la course et consommation de cocaïne. Une très récente étude de Ferreira et coll. (2008) établit une liaison chez la souris de laboratoire entre activité physique intense (course en roue) et dépendance morphinique, alimentant ainsi la réalité d'un risque de poly appétence à différentes classes de substances psychoactives consécutif au développement d'une dépendance à l'activité.

Alcool et tabac

Concernant la consommation d'alcool, le nombre notablement plus élevé d'études à notre disposition pourrait en revanche constituer un modèle et aider la communauté scientifique à commencer un travail d'analyse causale de cette liaison. Dans le travail de Choquet et Arvers (2003), une corrélation significative, selon une « courbe en U », est mise en évidence, révélant plus de sujets alcoolo-consommateurs chez les sujets non sportifs et sportifs intensifs que parmi ceux qui ont eu une activité sportive modérée. Ces données confortent certains résultats d'études anglo-saxonnes montrant une consommation d'alcool plus importante chez les sportifs que dans le reste de la population (Rainey et coll., 1996 ; Nattiv et coll., 1997 ; O'Brien et Lyons, 2000 ; Schwenk, 2000 ; Thombs, 2000 ; Tricker, 2000), alors que d'autres travaux trouvent une relation inverse (Thorlidsson, 1989 ; Donato et coll., 1994). Cependant, une récente étude française (Lorente et coll., 2003) montre que si les jeunes sportifs boivent moins que leurs appariés non sportifs, ils rapportent davantage d'épisodes d'ébriété, témoignant probablement d'habitudes de boisson différentes (boisson du week-end type *binge drinking* ou « troisièmes mi-temps »).

La possibilité de faire courir des rongeurs de laboratoire et de les rendre appétents à l'alcool constituent deux préalables à la mise à l'épreuve de modèles animaux de cette liaison. Récemment, Pichard et coll. (2007) ont

soumis des souris de génotype C57Bl/6J (spontanément consommateurs d'alcool) à deux types distincts d'activité physique. Ces animaux (qui avaient le choix entre boisson alcoolisée à 10 % et eau) furent placés soit dans une cage avec accès libre à une roue (activité dite « récréative ») soit à une roue fermée dont le rythme, la durée et la vitesse de révolution étaient déterminées par l'expérimentateur (« activité intense »). Les résultats montrent que seule l'activité physique intense a induit une surconsommation d'alcool alors qu'au contraire, une activité physique modérée et volontaire a entraîné une diminution de l'appétence pour l'alcool chez cette même lignée.

Ces résultats confortent l'hypothèse selon laquelle une activité récréative et modérée peut exercer une influence protectrice vis-à-vis de la consommation d'alcool. En revanche, chez des sujets vulnérables, l'activité physique intensive et forcée n'aurait pas cet effet bénéfique.

Tous ces résultats, tant chez l'humain que chez l'animal de laboratoire, mériteraient d'être affinés dans toute leur complexité par la prise en compte d'autres facteurs tels que le sexe, le type de sport pratiqué et divers facteurs d'environnement, trois facteurs mis en lumière dans une très récente étude française réalisée en région PACA (Gualiaro et coll., 2006) sur les liaisons entre pratique sportive et consommation de substances dites « récréatives ». On y apprend que la pratique intensive est corrélée négativement au tabagisme et à l'usage occasionnel du cannabis chez les filles, mais positivement à l'usage du tabac chez les garçons, et qu'un niveau de compétition élevé et la pratique d'une discipline sportive collective sont associés à des usages de tabac, d'alcool et de cannabis. On y apprend également qu'un score de détresse psychologique élevé et une absence de soutien familial favorisent ces consommations. Cette complexité est alimentée par l'interaction de facteurs individuels déjà relevés (âge, sexe...), amis, également statut marital, et de certaines caractéristiques environnementales de l'entraînement (environnement social), comme le montre une autre très récente étude française menée en collaboration avec l'Université de Nottingham (Royaume-Uni) et réalisée auprès du modèle extrême constitué d'ultra-marathoniens adeptes des courses de 100 km (Allegre et coll., 2007).

Prise de risque et recherche de sensations

Une autre étude sur « pratique sportive et usage de cannabis » réalisée auprès d'un échantillon représentatif d'élèves de la région Midi-Pyrénées (Pillard et coll., 2001) retrouve une différence liée au sexe : 28,6 % de la population générale des garçons contre 19,6 % des filles consommaient au moins occasionnellement du cannabis. Si cette proportion est identique chez les sportifs et chez les non sportifs, tous sports confondus, elle passe à 50 % chez les garçons pratiquant un sport « alternatif » dans un but de recherche d'émotions. Les auteurs suggèrent que « l'influence de la pratique

sportive sur la consommation de cannabis devrait être évaluée en considérant les modalités de cette pratique plutôt que le nombre d'heures hebdomadaires », et ils concluent que « la pratique sportive, lorsqu'elle est pratiquée en dehors des structures sportives et associée à des images particulières telles le risque et la recherche d'émotions, semble favoriser la consommation de cannabis ».

Cette relation entre pratique sportive et comportements de prise de risques qui constituait un autre axe central du travail de Choquet et Arvers (2003) se retrouve dans des travaux anglo-saxons (Nattiv et Puffer, 1991 ; Kokotailo et coll., 1996 ; Nattiv et coll., 1997) : les jeunes sportifs conduisent plus souvent sans casque ni ceinture, sont plus souvent passagers d'un véhicule conduit par un individu sous l'emprise de l'alcool ou autre drogue, ont plus de rapports sexuels à risques (sans préservatifs, sans contraceptifs), et sont plus fréquemment impliqués dans des rixes ou autres types de violences physiques que leurs homologues non sportifs. C'est ce que constatent Nattiv et coll. (1997) au terme d'une enquête auprès de 2 298 étudiants sportifs (tous sports confondus) et 683 étudiants non sportifs. Le détail de l'analyse révèle cependant que les étudiants de sexe masculin et particulièrement ceux impliqués dans les sports de contact (comme le football américain) témoignent d'une plus grande vulnérabilité aux conduites à risques. Ce travail montre en outre qu'une conduite à risque est prédictive d'autres comportements de ce type.

Concernant la liaison entre pratique sportive et jeux de hasard (qui constituent à la fois une gamme de conduites à risques et de conduites addictives), Cross et coll. (1998) concluaient à partir d'une étude (elle aussi malheureusement sans groupe contrôle de non sportifs) réalisée auprès de « *student-athletes* » d'universités du nord-ouest des États-Unis, que les sportifs joueurs étaient aussi ceux ayant des attitudes de recherche de risque et de sensations nouvelles. Leur attirance pour les sensations nouvelles fut évaluée par un questionnaire inspiré des théories de Zuckerman (Zuckerman, 1978). Ces sportifs joueurs et chercheurs de sensations nouvelles seraient-ils aussi ceux qui sont vulnérables à l'addiction au sport ? Pourrait-on invoquer cette variable comme la variable capable de discriminer les 4 à 7 % environ de sportifs susceptibles d'une dépendance à l'activité physique (Szabo et Griffiths, 2007) ? Ces questions valent d'être posées et les études à venir auraient tout intérêt à inclure cette variable dans leurs instruments de mesure.

En conclusion, il semble cliniquement incontestable qu'une fraction minoritaire des sujets pratiquant de manière intensive la course de fond et le *body building* (sports pour lesquels le recueil de données est significatif) est concernée par un phénomène d'addiction à cette activité alors même que ces personnes étant des sportifs « amateurs » sont privées de tout encadrement médical et sportif (technique). Les dégâts de cette addiction aux plans

social, familial ou professionnel sont tout aussi évidents. Quant aux risques liés à la consommation de substances, ils constituent une question en suspens, quoique bien des faits cliniques semblent en montrer la réalité. Cependant, nous avons vu qu'en premier lieu le sexe, mais également le type de sport pratiqué, le niveau de pratique, l'environnement socio-familial, les modes de consommation, la recherche de sensations sont autant de facteurs intriqués dans le phénomène d'addiction ainsi que dans la liaison, combien préoccupante, entre cette addiction et la consommation d'alcool et de substances illicites.

Toutes ces données suggèrent fortement que dans la genèse et dans l'expression de ces phénomènes, il ne s'agirait pas d'une liaison monofactorielle simple, mais que nous aurions affaire à une étiologie multifactorielle complexe qu'il conviendrait d'appréhender dans toute sa complexité.

À cette complexité, que nous avons croisée tout au long de cette revue critique, s'ajoute le flou méthodologique persistant sur les instruments de mesure et partant sur les outils de prédiction et de prévention de ce risque encouru par une minorité de sportifs potentiellement vulnérables. Ces questions constituent autant de chantiers pour la recherche et la santé publique.

BIBLIOGRAPHIE

- ADAMS J, KIRKBY R. Exercise dependence: A problem for sports physiotherapists. *Australian Journal of Physiotherapy* 1997, **43** : 53-58
- ADAMS J, KIRKBY R. Exercise dependence: A review of its manifestation, theory and measurement. *Sports Medicine Training and Rehabilitation* 1998, **8** : 265-276
- ALLEGRE B, THERME P, GRIFFITHS M. Individual factors and the context of physical activity in exercise dependence: a prospective of "ultra-marathoners". *International Journal of Mental Health and Addiction* 2007, **5** : 1557-1874
- AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. Diagnostic and statistical manual of mental disorders (4th ed), Washington, DC, 1994
- ANSHEL MH. A psycho-behavioral analysis of addicted versus non-addicted male and female exercisers. *Journal of Sport Behavior* 1991, **14** : 145-154
- BABBINI M, DAVIS WM. Time-dose relationships for locomotor activity effects of morphine after acute or repeated treatment. *Br J Pharmacol* 1972, **46** : 213-224
- BAEKELAND F. Exercise deprivation. Sleep and psychological reactions. *Arch Gen Psychiatry* 1970, **22** : 365-369
- BAMBER D, COCKERILL IM, CARROLL D. The pathological status of exercise dependence. *Br J Sports Med* 2000a, **34** : 125-132
- BAMBER D, COCKERILL IM, RODGERS S, CARROLL D. It's exercise or nothing: a qualitative analysis of exercise dependence. *Br J Sports Med* 2000b, **34** : 423-430

BLUMENTHAL JA, O'TOOLE LC, CHANG JL. Is running an analogue of anorexia nervosa? An empirical study of obligatory running and anorexia nervosa. *JAMA* 1984, **252** : 520-523

BLUMENTHAL JA, ROSE S, CHANG JL. Anorexia nervosa and exercise. Implications from recent findings. *Sports Med* 1985, **2** : 237-247

BREWER HB. A psychological investigation of excessive exercising: Measurement issues and personality correlates. Unpublished master's thesis, York University, Ontario, Canada, 1994

BROWN RIF. Some contributions of the study of gambling to the study of other addictions. In : Gambling behavior and problem gambling. EADINGTON WR, CORNELIUS JA (eds). University of Nevada, Reno, Nevada, 1993 : 241-272

BRYANT-WAUGH R, LASK B. Eating disorders: the brain, bones and exercise. *Hosp Med* 1999, **60** : 472

BUCCINIO LA. The construction and validation of the Running Dependence Inventory: Measurement of a heretofore elusive construct. Unpublished doctoral dissertation, California School of Professional Psychology-Fresno, 1992

CARMACK MA, MARTENS R. Measuring commitment to running: A survey of runners' attitudes and mental states. *Journal of Sport Psychology* 1979, **1** : 25-42

CHAN CS, GROSSMAN HY. Psychological effects of running loss on consistent runners. *Percept Mot Skills* 1988, **66** : 875-883

CHAPMAN CL, DE CASTRO JM. Running addiction: measurement and associated psychological characteristics. *J Sports Med Phys Fitness* 1990, **30** : 283-290

CHOQUET M, ARVERS P. Sports practices and violent behaviors in 14-16 year-olds: analysis based on the ESPAD 99 survey data. *Ann Med Interne (Paris)* 2003, **154** (Spec No) : S15-S22

CLOUGH P, SHEPERD J, MAUGHAN R. Motives for participation in recreational running. *J Leisure Res* 1989, **21** : 297-309

COHEN R. Video interviews: "Hooked" on exercise. In : Exercise addiction: Motivation for participation in sport and exercise. ANNETT J, CRIPPS B, STEINBERG H (eds). British Psychological Society, Leicester, UK, 1995 : 54-59

CROSS ME, BASTEN J, HENDRICK EM, KRISTOFIC B, SCHAFFER EJ. Student-athletes and gambling: an analysis of attitudes towards risk-taking. *Gambl Stud* 1998, **14** : 431-439

DAVIS C. Weight and diet preoccupation and addictiveness: The role of exercise. *Personality and Individual Differences* 1990, **11** : 823-827

DAVIS C, FOX J. Excessive exercise and weight preoccupation in women. *Addictive Behaviors* 1993, **18** : 201-211

DAVIS C, BREWER H, RATUSNY D. Behavioral frequency and psychological commitment: Necessary concepts in the study of excessive exercising. *Journal of Behavioral Medicine* 1993, **16** : 611-628

- DAVIS C, KENNEDY SH, RALEVSKI E, DIONNE M, BREWER H, et coll. Obsessive compulsiveness and physical activity in anorexia nervosa and high-level exercising. *Journal of Psychosomatic Research* 1995, **39** : 967-976
- DE COVERLEY VEALE DM. Exercise dependence. *British Journal of Addiction* 1987, **82** : 735-740
- DIEKHOF GM. Running amok: injuries in compulsive runners. *J Sport Behav* 1984, **7** : 120-129
- DISHMAN RK, BUCKWORTH J. Exercise psychology. In : Applied Sport Psychology. WILLIAMS JM (ed). (3rd ed), Mayfield Publishing, Mountainview, CA, 1998 : 445-464
- DONATO F, ASSANELLI D, MARCONI M, CORSINI C, ROSA G, MONARCA S. Alcohol consumption among high school students and young athletes in north Italy. *Rev Epidemiol Sante Publique* 1994, **42** : 198-206
- FERREIRA A, LAMARQUE A, BOYER P, PEREZ-DIAZ F, JOUVENT R, COHEN-SALMON C. Spontaneous appetite for wheel-running: a model of dependency on physical activity in rat. *European Psychiatry* 2006, **21** : 580-588
- FERREIRA A, CORNILLEAU F, PEREZ-DIAZ F, COHEN-SALMON C. Exercice dependence and morphine addiction: Evidence from animal models. *J Clin Sport Psychol* 2008, **2** : 17-24
- FLYNN BR. Negative addiction, psychopathology, and changes in mood states in runners. Unpublished doctoral dissertation, Hofstra University, Hempstead, New York, 1987
- FURST DM, GERMONE K. Negative addiction in male and female runners and exercisers. *Perceptual and Motor Skills* 1993, **77** : 192-194
- GAUVIN L, SZABO A. Application of the experience sampling method to the study of the effects of exercise withdrawal on well-being. *Journal of Sport & Exercise Psychology* 1992, **14** : 361-374
- GLASSER W. Positive addiction. Harper & Row, New York, 1976
- GRIFFITHS MD. Exercise addiction: a case study. *Addiction Research* 1997, **5** : 161-168
- GRIFFITHS MD. Gambling and gaming addictions in adolescents. British Psychological Society/Blackwell, Leicester 2002 (cité par Terry et coll., 2004)
- GUARLIARDO V, PERETTI-WATTEL P, VERGER P, PRUSVOST J, GUIBBERT L, et coll. Pratique sportive intensive et addictions: une enquête en région PACA. *Santé Publique* 2006, **18** : 353-362
- HAILEY BJ, BAILEY LA. Negative addiction in runners: a quantitative approach. *J Sport Behav* 1982, **5** : 150-154
- HAUCK ER, BLUMENTHAL JA. Obsessive and compulsive traits in athletes. *Sports Medicine* 1992, **14** : 215-227
- HAUSENBLAS HA, FALLON EA. Relationship among body image, exercise behavior, and exercise dependence symptoms. *Int J Eat Disord* 2002, **32** : 179-185

HAUSENBLAS HA, SYMONS DOWNS D. Exercise dependence: A systematic review. *Psychol Sport Exercise* 2002a, **3** : 89-123

HAUSENBLAS HA, SYMONS DOWNS D. How much is too much? The development and validation of the Dependence Exercise Scale. *Psychology of Health, An International Journal* 2002b, **17** : 387-404

HOGLUND K, NORMEN L. A high exercise load is linked to pathological weight control behavior and eating disorders in female fitness instructors. *Scand J Med Sci Sports* 2002, **12** : 261-275

IANNOS M, TIGGEMANN M. Personality of the excessive exercisers. *Personality and Individual Differences* 1997, **22** : 775-778

JOHNSON R. Exercise dependence: When runners don't know when to quit. *Sports Medicine and Arthroscopy Review* 1995, **3** : 267-273

KAGAN DM. Addictive personality factors. *The Journal of Psychology* 1987, **121** : 533-538

KAGAN DM, SQUIRES RL. Addictive aspects of physical exercise. *J Sports Med Phys Fitness* 1985, **25** : 227-237

KERN L. Dépendance et activité physique: une échelle de dépendance à l'exercice physique. *L'Année Psychologique* 2007, **52** : 403-416

KOKOTAILO PK, HENRY BC, KOSCIK RE, FLEMING MF, LANDRY GL. Substance use and other health risk behaviors in collegiate athletes. *Clin J Sport Med* 1996, **6** : 183-189

LARSON EB, CARROLL ME. Wheel running as a predictor of cocaine self-administration and reinstatement in female rats. *Pharmacol Biochem Behav* 2005, **82** : 590-600

LORENTE FO, PERETTI-WATEL P, GRIFFET J, GRELOT L. Alcohol use and intoxication in sport university students. *Alcohol Alcohol* 2003, **38** : 427-430

LOWENSTEIN W, ARVERS P, GOURARIER L, PORCHE AS, COHEN JM, et coll. Physical and sports activities in the history of patients treated for addictions. Report 1999 of the study sponsored by the Ministry of Youth and Sports (France). *Ann Med Interne (Paris)* 2000, **151** (suppl A) : A18-A26

LYONS HA, CROMEY R. Compulsive jogging: Exercise dependence and associated disorder of eating. *The Ulster Medical Journal* 1989, **58** : 100-102

MAKATSORI A, DUNCKO R, SCHWENDT M, MONCEK F, JOHANSSON BB, JEZOVA D. Voluntary wheel running modulates glutamate receptor subunit gene expression and stress hormone release in Lewis rats. *Psychoneuroendocrinology* 2003, **28** : 702-714

MANNING T, MORRISON C. Excessive exercise, family environment and perception of family environment. In : Access to active living. BELL FI, VAN GYN GH (eds). Proceedings for the 10th Commonwealth & International Scientific Congress, University of Victoria, Victoria, BC, Canada, 1994 : 108-112

MONDIN GW, MORGAN WP, PIERING PN, STEGNER AJ, STOTESBERY CL, et coll. Psychological consequences of exercise deprivation in habitual exercisers. *Med Sci Sports Exerc* 1996, **28** : 1199-1203

- MORGAN WP. Negative addiction in runners. *Phys Sports Med* 1979, **7** : 57-77
- NATTIV A, PUFFER JC. Lifestyles and health risks of collegiate athletes. *J Fam Pract* 1991, **33** : 585-590
- NATTIV A, PUFFER C, GREEN GA. Lifestyle and health risks of collegiate athletes: a multi-center study. *Clin J Sport Med* 1997, **7** : 262-272
- O'BRIEN CP, LYONS F. Alcohol and the athlete. *Sports Med* 2000, **29** : 295-300
- O'DEA JA, ABRAHAM S. Eating and exercise disorders in young college men. *J Am Coll Health* 2002, **50** : 273-278
- OGDEN J, VEALE D, SUMMERS Z. The development and validation of the Exercise Dependence Questionnaire. *Addiction Research* 1997, **5** : 343-356
- PASMAN L, THOMPSON JK. Body image and eating disturbance in obligatory runners, obligatory weightlifters, and sedentary individuals. *International Journal of Eating Disorders* 1988, **7** : 759-769
- PICHARD C, HAMON M, GORWOOD P, COHEN-SALMON P. Activité physique et appétence pour l'alcool: Mécanismes impliqués et rôle des facteurs génétiques dans un modèle murin. *Cahiers de l'IREB* 2007, **18** : 163-176
- PIERCE EF. Exercise dependence syndrome in runners. *Sports Med* 1994, **18** : 149-155
- PIERCE EF, MORRIS JT. Exercise dependence among competitive power lifters. *Percept Mot Skills* 1998, **86** : 1097-1098
- PIERCE EF, MCGOWAN RW, LYNN TD. Exercise dependence in relation to competitive orientation of runners. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 1993a, **33** : 189-194
- PIERCE EF, DALENG ML, MCGOWAN RW. Scores on exercise dependence among dancers. *Perceptual and Motor Skills* 1993b, **76** : 531-535
- PIERCE EF, ROHALY KA, FRITCHLEY B. Sex differences of exercise dependence for men and women in a marathon road race. *Perceptual and Motor Skills* 1997, **84** : 991-994
- PILLARD F, CANCES-LAUWERS V, GODEAU E, NAVARRO F, ROLLAND Y, RIVIERE D. Pratique sportive et usage de cannabis d'un échantillon représentatif des élèves de Midi-Pyrénées. *Ann Med Interne (Paris)* 2001, **152** (suppl 7) : 28-36
- POWERS PS, SCHOCKEN DD, BOYD FR. Comparison of habitual runners and anorexia nervosa patients. *International Journal of Eating Disorders* 1998, **23** : 133-143
- RAINEY CJ, MCKEOWN RE, SARGENT RG, VALOIS RF. Patterns of tobacco and alcohol use among sedentary, exercising, nonathletic, and athletic youth. *J Sch Health* 1996, **66** : 27-32
- ROZIN P, STOESS C. Is there a general tendency to become addicted? *Addictive Behaviors* 1993, **18** : 81-87
- RUDY EB, ESTOK PJ. Intensity of jogging: Its relationship to selected physical and psychosocial variables in women. *Western Journal of Nursing Research* 1983, **5** : 325-336

RUDY EB, ESTOK PJ. Measurement and significance of negative addiction in runners. *Western Journal of Nursing Research* 1989, **11** : 548-558

SACHS ML. Running addiction. In : *Psychology of running*. SACHS MH, SACKS ML (eds). Human Kinetics, Champaign, IL, 1981 : 116-126

SACHS ML, PARGMAN D. Running addiction: A depth interview examination. *Journal of Sport Behavior* 1979, **2** : 143-155

SCHWENK TL. Alcohol use in adolescents: The scope of the problem and strategies for intervention. *Physician and Sport Med* 2000, **28** : 71-76

SMITH DK, HALE BD, COLLINS D. Measurement of exercise dependence in bodybuilders. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 1998, **38** : 66-74

SOLENERBERGER SE. Exercise and eating disorders: a 3-year inpatient hospital record analysis. *Eat Behav* 2001, **2** : 151-168

SORENTO-GERHART J. Excessive exercise in women. Unpublished doctoral dissertation, California School of Professional Psychology-Berkeley/Amameda, Berkeley, 1997

STANFORD VA. Diet and exercise patterns of males 20-30 years old who exercise regularly. Unpublished master's thesis, The University of Arizona, Tucson, 1997

STRANG J, SEIVEWRIGHT N, FARRELL M. Oral and intravenous abuse of benzodiazepines. In : *Benzodiazepine dependence*. HALLSTROM C (ed). Oxford University Press, Oxford, 1993. Cité dans le Rapport annuel sur l'état du phénomène de la drogue dans l'Union Européenne et en Norvège. Observatoire Européen des Drogues et des Toxicomanies, 2002 (site Internet : <http://ar2002.emcdda.europa.eu/fr/home-fr.html>)

SYMONS DOWNS D, HAUSENBLAS HA. I can't stop: The relationship among primary exercise dependence symptoms, injury/illness behaviors, and motives for exercise continuance. *Journal of Human Movement Studies* 2004, **45** : 359-375

SYMONS DOWNS D, HAUSENBLAS HA, NIGG CA. Factorial validity and psychometric examination of the exercise dependence scale-revised. *Measurement in Physical Education and Exercise Science* 2004, **8** : 183-201

SZABO A. The impact of exercise deprivation on well-being of habitual exercisers. *The Australian Journal of Science and Medicine in Sport* 1995, **27** : 68-75

SZABO A. Studying the psychological impact of exercise deprivation: are experimental studies hopeless? *Journal of Sport Behavior* 1998, **21** : 139-147

SZABO A. Physical activity as a source of psychological dysfunction. In : *Physical activity and psychological well-being*. BIDDLE SJH, FOX KR, BOUTCHER SH (eds). Routledge, Taylor & Francis Group, 2000 : 130-153

SZABO A, GRIFFITHS MD. Exercise addiction in British sport science students. *International Journal of Mental Health and Addiction* 2007, **5** : 25-28

SZABO A, FRENKL R, CAPUTO A. Relationships between addiction to running, commitment to running and deprivation from running: A study on the Internet. *European Yearbook of Sport Psychology* 1997, **1** : 130-147

- TERRY A, SZABO A, GRIFFITHS M. The exercise addiction inventory: A new brief screening tool. *Addiction Research and Theory* 2004, **12** : 489-499
- THAXTON L. Physiological and psychological effects of short-term exercise addiction on habitual runners. *Journal of Sport Psychology* 1982, **4** : 73-80
- THOMBS DL. A test of the perceived norms model to explain drinking patterns among university student athletes. *J Am Coll Health* 2000, **49** : 75-83
- THOME J, ESPELAGE DL. Relations among exercise, coping, disordered eating, and psychological health among college students. *Eat Behav* 2004, **5** : 337-351
- THORLIDSSON T. Sport participation, smoking, and drug and alcohol use among icelandic youth. *Sociology of Sport Journal* 1989, **6** : 136-143
- TRICKER R. Painkilling drugs in collegiate athletics: knowledge, attitudes, and use of student athletes. *J Drug Educ* 2000, **30** : 313-324
- VEALE DM. Psychological aspects of staleness and dependence on exercise. *International Journal of Sports and Medicine* 1991, **12** (suppl 1) : 19-22
- VÉLEA D. L'addiction à l'exercice physique. *Psychotrope* 2002, **8** : 39-46
- YATES A, LEEHEY K, SHISSLAK CM. Running-an analogue of anorexia? *N Engl J Med* 1983, **308** : 251-255
- YATES A, SHISSLAK CM, ALLENDER J, CRAGO M, LEEHEY K. Comparing obligatory to non obligatory runners. *Psychosomatics* 1992, **33** : 180-189
- ZUCKERMAN M. Sensation seeking. In : Dimensions of Personality. LONDON H, EXNER (eds). New York, Wiley, 1978 : 487-559

V

Activité physique
dans différentes populations

23

Chez l'enfant et l'adolescent

Depuis longtemps, il est entendu que le sport est un facteur favorisant le développement physique et psychologique des jeunes (Danish et coll., 2005). En effet, l'activité sportive est considérée à la fois comme un moyen de lutte contre les troubles liés à la sédentarité (comme le surpoids et l'obésité), voire à l'oisiveté (et donc l'ennui et le désinvestissement scolaire et social) et comme une activité qui permet de canaliser l'agressivité (lutte contre la délinquance), de maîtriser l'attention (lutte contre l'hyperactivité), de développer les habilités cognitives (comprendre des situations complexes), stratégiques (se fixer un but et les moyens d'y parvenir), sociales (sociabilité, règles en groupe, *coping*, adaptation à des situations nouvelles...) et personnelles (estime de soi) (Tofler et Butterbaugh, 2005). Ces avantages procurés par le sport existeraient quelle que soit la discipline pratiquée (Edwards et coll., 2004).

Mais force est de constater que cette position de « la santé des jeunes par le sport » est moins étayée qu'on ne le croit et qu'il y a un manque important d'évaluation des programmes de prévention par ou pour le sport (Danish et coll., 2005). L'évaluation du processus de mise en œuvre des programmes permettrait de porter un avis sur les difficultés de mise en place et sur l'acceptabilité des programmes. L'évaluation des résultats permettrait de conclure sur l'amélioration de l'état de santé des jeunes (à court ou long terme) grâce à la pratique sportive.

Quant à la pratique du sport de haut niveau, si elle est jugée globalement bénéfique, elle comporte aussi des risques, tant au niveau physique (risque d'accidents, risque d'entraînement excessif « *overtraining symptom* ») que psychologique (pression de réussite interne et externe, érosion de l'estime de soi en cas d'échecs répétés, implication trop exclusive dans la discipline choisie) (Tofler et Butterbaugh, 2005).

Pratique sportive des jeunes et son évolution

À l'adolescence, on étudie plus volontiers la pratique sportive (incluant outre les pratiques sportives habituelles, le vélo, la marche, le surf...) que

l'activité physique (par exemple, marcher pour aller à l'école). Il faut dire que les jeunes, globalement en bonne santé physique dans les pays industrialisés, sont nombreux à pratiquer au moins un sport.

Les études concordent pour conclure que la pratique sportive est plus fréquente chez les garçons que les filles, écart qui augmente avec l'âge. Par exemple, dans l'enquête EYHS (*European Youth Heart Study*), Riddoch et coll. (2004) montrent clairement que dans les 4 pays européens participants (Danemark, Estonie, Portugal et Norvège) les garçons sont plus nombreux à avoir une activité physique (modérée ou intense) que les filles, même si l'activité physique est la moins prévalente au Danemark comparé aux autres pays. Si cette différence entre les sexes existe déjà à 9 ans, elle augmente entre 9 ans et 15 ans. Dans cette étude, on a inclus des mesures déclaratives (questionnaires) et objectives (accéléromètre). Selon Schmitz et coll. (2002), le faible niveau d'activité physique des adolescentes ne s'explique pas par les mêmes variables que celui des garçons. Ainsi, les filles engagées dans une activité sportive proviennent de milieux sociaux plus élevés et ont plus souvent que les garçons « sportifs » une mère autoritaire. De plus, ces travaux suggèrent que les filles plus sédentaires sont plus déprimées. En tout état de cause, l'activité physique des enfants est associée à celle des parents, et ce indépendamment du statut socioéconomique (Wagner et coll., 2004). Le fait que les hommes font plus de sport que les femmes peut aussi expliquer la plus grande pratique des garçons par rapport aux filles.

La pratique diminue avec l'âge pour tous, mais plus pour les filles que pour les garçons. Ce déclin de l'activité sportive des filles a été observé dans la plupart des pays (Telama et Yang, 2000 ; Strauss et coll., 2001) et a fait l'objet de recherches. Biddle et Wang (2003) concluent à l'effet des variables sociales et environnementales, plus important que la motivation ou le profil de perception de soi. La perception du risque par les parents est un des facteurs explicatifs. Selon Boufous et coll. (2004), un quart des parents découragent leurs enfants de 5-12 ans de pratiquer des sports à haut risque d'accidents. Cette attitude parentale concerne plus les garçons (35 %) que les filles (17 %), probablement parce que les garçons choisissent des sports plus à risque d'accident.

En France aussi, les garçons sont plus enclins à avoir une pratique sportive, modérée (<8 h/semaine) ou intense (>8 h/semaine), et la pratique sportive diminue avec l'âge, surtout parmi les filles (Arvers et Choquet, 2003 ; Choquet et Arvers, 2003).

Il y a un « continuum » entre la pratique sportive juvénile et la pratique à l'âge adulte. Telama et coll. (2005) montrent dans une étude longitudinale (21 ans) qu'une activité physique durant l'enfance augmente les chances d'une activité physique durant l'âge adulte.

Liens entre pratique sportive et santé psychologique des jeunes

Les études qui mettent en évidence un lien positif entre pratique sportive et bien-être psychologique (*emotional well-being*) sont multiples. Certains vont jusqu'à mesurer l'effet positif (en particulier sur la condition physique) de certaines activités spécifiques comme le *step dance* (Asci, 2002). Mais il faut constater que cette liaison entre l'activité sportive et le bien-être des adolescents n'est pas simple à étudier.

Il convient d'abord de considérer les autres variables incluses dans les modèles d'analyse, car pour mesurer le poids d'une variable (ici la pratique sportive) sur une autre (ici le bien-être des adolescents), il est nécessaire de prendre en compte des facteurs de confusion (comme par exemple, la santé en général qui va influencer la pratique sportive tout comme le sentiment de bien-être). Steptoe et Butler (1996), à partir d'une étude auprès de 5 000 jeunes âgés de 16 ans ont montré que, après ajustement sur des variables sociodémographiques et médicales, la relation entre la santé psychologique (mesurée par la présence de symptômes de malaise) et la pratique sportive « vigoureuse », qu'elle soit individuelle ou collective, reste significative (OR=0,992 ; IC 95 % [0,985-0,998] ; $p < 0,01$). Mais, selon les mêmes auteurs d'autres variables que la pratique sportive comme le sexe, la classe sociale et le fait d'avoir été malade durant l'année ont un poids plus important pour « expliquer » le bien-être actuel. En revanche, au regard des variables scolaires (note scolaire en mathématiques, ambiance scolaire), Honkinen et coll. (2005) montrent que l'activité sportive joue un rôle plus important sur le bien-être. Pastor et coll. (2003), à partir d'une enquête transversale montrent que, directement ou indirectement (par le biais, par exemple, de la faible consommation de tabac), la participation à une pratique sportive améliore l'état de santé perçue. Boone et Leadbeater (2006) concluent même que la participation à des sports (en particulier des sports collectifs) est un facteur protecteur contre la dépression.

Il convient aussi de mentionner que la majorité des recherches sur le lien « activité sportive/bien-être » se sont limitées à des enquêtes transversales, c'est-à-dire à la relation entre deux événements (ici la pratique sportive et la santé) à un moment donné. Ce qui pose la question du sens de la relation observée. La pratique sportive a-t-elle un effet positif sur la santé ou est-ce que le fait d'être en bonne santé augmente la pratique sportive (Pastor et coll., 2003) ? Il s'agit probablement d'une relation « circulaire » où la bonne santé favorise la pratique sportive qui elle-même augmente la bonne santé... Tous les auteurs admettent la nécessité d'enquêtes longitudinales, et surtout d'études longitudinales à long terme, tant le sujet est sensible et l'enjeu de taille pour les actions publiques.

De plus, quand on considère des groupes de pratiquants (opposant par exemple les sportifs « intenses » et les « sportifs modérés » ou les sportifs

« compétiteurs » et les sportifs « non compétiteurs »), les résultats deviennent plus complexes. Ainsi, la relation entre santé mentale et activité physique reste linéaire : plus le temps de pratique sportive est élevé, moins les jeunes ont tendance à avoir des idées suicidaires ou des passages à l'acte, alors que la relation est en U à propos des conduites à risque, telles que la consommation de substances ou les conduites de violence (Brosnahan et coll., 2004). En effet, Choquet et Arvers (2003) montrent que si la consommation de substances et les violences des « sportifs modérés » (<8 h/semaine) ou des « sportifs non compétiteurs » sont plus faibles que celles des « non sportifs », elles sont plus élevées chez les jeunes qui ont une activité intense (>8 h/semaine) ou compétitive. Le fait que la pratique sportive (surtout collective) augmente le fonctionnement social pourrait en partie expliquer cette courbe en U. En effet, si comme le montrent Allison et coll. (2005) et Vilhjalmsson et Thorlindsson (1998), la pratique sportive favorise la socialisation, on peut faire l'hypothèse que les sportifs « intenses » pratiquent dans des groupes très soudés, et sont donc aussi soumis à la pression du groupe, en particulier après les victoires. Cette pression du groupe de pairs est particulièrement importante pour toutes les conduites à risque, comme la consommation d'alcool et de cannabis ainsi que les conduites de violence...

Un certain nombre d'études (en particulier celles menées par les psychologues du sport) concernent la pratique sportive et l'estime de soi chez les adolescents. Selon Kirkcaldy et coll. (2002), la pratique fréquente d'un sport d'endurance améliore l'image de soi. Perception de soi qui s'avère plus déterminante pour s'engager dans des régimes ou dans une pratique sportive que l'indice de masse corporelle (IMC), par exemple (Crocker et coll., 2003). Mais dans une étude de cohorte sur 3 ans, l'activité sportive extrascolaire ne semble pas prévenir les variations de l'estime de soi, même si les jeunes qui ont une activité physique ont une meilleure image d'eux-mêmes et une moindre anxiété que ceux qui n'ont pas d'activité physique (Binsinger et coll., 2006). La question de la valeur protectrice du sport (et donc de son rôle étiologique) dans une perspective longitudinale est ainsi posée.

Efficacité des actions en but de prévention

Certaines interventions ont pour objectif d'augmenter la pratique sportive des adolescents (Ransdell et coll., 2001 ; Pate et coll., 2005) et d'autres visent, par le sport, à augmenter le bien-être des jeunes (Crews et coll., 2004 ; Lindwall et Lindgren, 2005 ; Burgess et coll., 2006). Plusieurs études d'intervention concernent plus particulièrement l'aérobic, car il s'agit d'une pratique sportive peu coûteuse et donc facile à généraliser (Bass et coll., 2002). La majorité des études évaluatives concernent la population féminine, c'est parmi les adolescentes que le déclin de la pratique sportive est le plus important. Les études évaluatives sont insuffisantes, en particulier par

manque d'intérêt des chercheurs pour les études de terrain (Danish et coll., 2005), et se limitent à un effet à court terme.

Actions qui ont pour objectif d'augmenter la pratique sportive

L'étude cas/témoin auprès de 2 700 adolescentes réparties dans 24 écoles avait pour but d'augmenter la pratique sportive des filles dans le cadre scolaire par le biais d'une information attractive sur la pratique modérée (Pate et coll., 2005). Tout était fait au niveau des activités proposées et de l'environnement pour faciliter la pratique sportive des filles à l'école et en donner une image positive. L'expérience fut convaincante et augmenta significativement la pratique sportive (45 % *versus* 35 % pour les témoins). Une autre expérience, fondée sur une intervention conjointe mère/fille *versus* un groupe témoin, fut moins convaincante. Si cette étude n'a pas montré une efficacité « quantitative » (la proportion de filles pratiquantes était comparable dans les deux groupes), elle a néanmoins mis en évidence un enthousiasme des participants et une amélioration de leur perception de leurs compétences sportives (Ransdell et coll., 2001). Pour augmenter la pratique des filles, il convient donc d'augmenter l'attractivité de l'activité physique au quotidien.

Actions qui ont pour objectif d'augmenter le bien-être des jeunes

Bass et coll. (2002) montrent qu'une pratique (type aérobic) régulière et à faible intensité réduit, au bout de 8 semaines, la perception du stress physique ou psychologique, alors qu'un programme focalisé sur la réduction du poids est nettement moins efficace. Un autre programme montre que l'aérobic pratiqué de façon régulière et modérée diminue la dépression et augmente l'estime de soi (Crews et coll., 2004). Quant à l'étude de Lindwall et Lindgren (2005), elle établit que l'activité physique améliore l'image de soi et diminue l'anxiété physique sociale (plus on est angoissé, moins on perçoit son apparence physique comme socialement acceptable).

Ces études d'évaluation ont à faire face à un taux d'abandon élevé au cours du temps (environ 40 %) et sont jusqu'alors essentiellement des études à court terme (maximum 1 an).

En conclusion, la pratique sportive (et donc a fortiori la pratique physique), fait partie du mode de vie adolescent dans les pays industrialisés, en particulier pour les garçons. Déterminée autant par la pratique sportive familiale que par le niveau socioéconomique des parents, elle diminue toutefois avec l'âge, en particulier pour les filles. La participation à une pratique sportive améliore l'état de santé perçue, voire le « bien-être psychologique » ou « l'estime de

soi », et diminue l'anxiété sociale. Elle reste donc à promouvoir, en particulier parmi les filles. Mais il y a de plus en plus d'auteurs qui constatent que les sportifs « compétiteurs » ont plus de conduites à risque (consommation de substances psychoactives, conduites de violences) que les « non compétiteurs », résultats qui suggèrent qu'un accompagnement psychologique des sportifs de haut niveau devrait être envisagé systématiquement.

BIBLIOGRAPHIE

ALLISON KR, ADLAF EM, IRVING HM, HATCH JL, SMITH TF, et coll. Relationship of vigorous physical activity to psychologic distress among adolescents. *J Adolesc Health* 2005, **37** : 164-166

ARVERS P, CHOQUET M. Sporting activities and psychoactive substance use. Data abstracted from the French part of the European School Survey on Alcohol and other Drugs (ESPAD 99). *Ann Med Interne (Paris)* 2003, **154** : S25-S34

ASCI F. The effects of step dance on physical self-perception of female and male university students. *International Journal of Sport Psychology* 2002, **33** : 431-442

BASS MA, ENOCHS WK, DIBREZZO R. Comparison of two exercise programs on general well-being of college students. *Psychol Rep* 2002, **91** : 1195-1201

BIDDLE SJ H, WANG CK J. Motivation and self-perception profiles and links with physical activity in adolescent girls. *J Adolesc* 2003, **26** : 687-701

BINSINGER C, LAURE P, AMBARD MF. Regular extra curricular sports practice does not prevent moderate or severe variations in self-esteem or trait anxiety in early adolescents. *Journal of Sports Science and Medicine* 2006, **5** : 123-129

BOONE EM, LEADBEATER BJ. Game on: Diminishing risks for depressive symptoms in early adolescence through positive involvement in team sports. *Journal of Research on Adolescence* 2006, **16** : 79-90

BOUFOUS S, FINCH C, BAUMAN A. Parental safety concerns--a barrier to sport and physical activity in children? *Aust N Z J Public Health* 2004, **28** : 482-486

BROSNAHAN J, STEFFEN LM, LYTLE L, PATTERSON J, BOOSTROM A. The relation between physical activity and mental health among Hispanic and non-Hispanic white adolescents. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2004, **158** : 818-823

BURGESS G, GROGAN S, BURWITZ L. Effects of a 6-week aerobic dance intervention on body image and physical self-perceptions in adolescent girls. *Body Image* 2006, **3** : 57-66

CHOQUET M, ARVERS P. Sports practices and violent behaviors in 14-16 year-olds: analysis based on the ESPAD 99 survey data. *Ann Med Interne (Paris)* 2003, **154** : S15-S22

CREWS DJ, LOCHBAUM MR, LANDERS DM. Aerobic physical activity effects on psychological well-being in low-income hispanic children. *Perceptual and Motor Skills* 2004, **98** : 319-324

CROCKER P, SABISTON C, FORRESTOR S, KOWALSKI N, KOWALSKI K, MCDONOUGH M. Predicting change in physical activity, dietary restraint, and physique anxiety in adolescent girls: examining covariance in physical self-perceptions. *Can J Public Health* 2003, **94** : 332-337

DANISH SJ, FORNERIS T, WALLACE I. Sport-based life skills programming in the schools. *Journal of Applied School Psychology* 2005, **21** : 41-62

EDWARDS DJ, EDWARDS SD, BASSON CJ. Psychological Well-being and physical self-esteem in sport and exercise. *International Journal of Mental Health Promotion* 2004, **6** : 25-32

HONKINEN PL, SUOMINEN SB, VALIMAA RS, HELENIUS HY, RAUTAVA PT. Factors associated with perceived health among 12-year-old school children. Relevance of physical exercise and sense of coherence. *Scand J Public Health* 2005, **33** : 35-41

KIRKCALDY BD, SHEPHARD RJ, SIEFEN RG. The relationship between physical activity and self-image and problem behaviour among adolescents. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol* 2002, **37** : 544-550

LINDWALL M, LINDGREN E. The effects of a 6-month exercise intervention programme on physical self-perceptions and social physique anxiety in non-physically active adolescent Swedish girls. *Psychol Sport Exercise* 2005, **6** : 643-658

PASTOR Y, BALAGUER I, PONS D, GARCIA MERITA M. Testing direct and indirect effects of sports participation on perceived health in Spanish adolescents between 15 and 18 years of age. *J Adolesc* 2003, **26** : 717-730

PATE RR, WARD DS, SAUNDERS RP, FELTON G, DISHMAN RK, DOWDA M. Promotion of physical activity among high-school girls: a randomized controlled trial. *Am J Public Health* 2005, **95** : 1582-1587

RANDELL LB, DRATT J, KENNEDY C, O'NEILL S, DEVOE D. Daughters and mothers exercising together (DAMET): A 12-week pilot project designed to improve physical self-perception and increase recreational physical activity. *Women Health* 2001, **33** : 101-116

RIDDOCH CJ, BO ANDERSEN L, WEDDERKOPP N, HARRO M, KLASSON-HEGGEBO L, et coll. Physical activity levels and patterns of 9- and 15-yr-old European children. *Med Sci Sports Exerc* 2004, **36** : 86-92

SCHMITZ KH, LYTLE LA, PHILLIPS GA, MURRAY DM, BIRNBAUM AS, KUBIK MY. Psychosocial correlates of physical activity and sedentary leisure habits in young adolescents: the Teens Eating for Energy and Nutrition at School study. *Prev Med* 2002, **34** : 266-278

STEPTOE A, BUTLER N. Sports participation and emotional wellbeing in adolescents. *Lancet* 1996, **347** : 1789-1792

STRAUSS RS, RODZILSKY D, BURACK G, COLIN M. Psychosocial correlates of physical activity in healthy children. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2001, **155** : 897-902

TELAMA R, YANG X. Decline of physical activity from youth to young adulthood in Finland. *Med Sci Sports Exerc* 2000, **32** : 1617-1622

TELAMA R, YANG X, VIKARI J, VALIMAKI I, WANNE O, RAITAKARI O. Physical activity from childhood to adulthood: a 21-year tracking study. *Am J Prev Med* 2005, **28** : 267-273

TOFLER IR, BUTTERBAUGH GJ. Developmental overview of child and youth sports for the twenty-first century. *Clinics In Sports Medicine* 2005, **24** : 783-804

VILJHALMSSON R, THORLINDSSON T. Factors related to physical activity: a study of adolescents. *Soc Sci Med* 1998, **47** : 665-675

WAGNER A, KLEIN-PLATAT C, ARVEILER D, HAAN MC, SCHLIENGER JL, SIMON C. Parent-child physical activity relationships in 12-year old French students do not depend on family socioeconomic status. *Diabetes Metab* 2004, **30** : 359-366

24

Chez la femme

Ce n'est que récemment que les travaux de recherche se sont intéressés à la relation qui pourrait exister entre l'activité physique et la santé de la fille et de la femme, que ce soit pour une activité physique de loisirs ou une activité sportive intensive. Les effets bénéfiques d'une pratique physique sur certaines pathologies spécifiques à la femme, comme le cancer du sein et l'ostéoporose, ont stimulé l'intérêt scientifique pour la compréhension du rôle de l'activité physique sur la santé de la femme. La mesure de l'activité physique quotidienne pose de nombreuses questions méthodologiques du fait de la diversité des actions accomplies (tâches ménagères, nombreux déplacements de faible distance, activité physique professionnelle, de loisir, de compétition...) et de la modification du mode de vie de la femme ces dernières décennies.

Bénéfices de la pratique

Plusieurs études se sont intéressées à la relation entre l'activité physique et la mortalité chez la femme. Les effets de l'activité physique sur la santé physique et mentale ont également été étudiés.

Activité physique et taux de mortalité chez la femme

Dès 1989, Blair et coll. (1989) ont mis en évidence une relation négative très significative entre le taux de mortalité et le niveau de condition physique. En effet, un niveau élevé d'activité physique apparaît comme préventif d'une mortalité précoce, ceci étant dû à la réduction des risques de développer des maladies cardiovasculaires et certains cancers, tant chez l'homme que chez la femme. Trente à soixante minutes de marche à allure rapide chaque jour apparaissent suffisantes pour atteindre un niveau satisfaisant de condition physique. Cette quantité d'activité physique correspond à 9 METs chez la femme pour 10 METs chez l'homme. Hardman (1999) a de plus mis en évidence une relation très significative entre la condition physique, la masse corporelle et le profil œstrogénique.

Plus récemment, la revue de littérature proposée par Oguma et coll. (2002), qui recense 37 études prospectives et une rétrospective, s'est intéressée à la relation entre activité physique et mortalité chez la femme. Vingt trois de ces études font état d'un taux de mortalité plus faible chez les femmes actives ou ayant un bon niveau de condition physique. Cette revue indique que le risque relatif de mortalité est réduit de 34 % avec la pratique physique. Cette association entre l'activité physique et la mortalité est d'amplitude identique chez la femme et chez l'homme. Un effet dose-réponse n'a en revanche pas été démontré de façon significative. La question est donc de savoir quelle est la quantité optimale d'activité physique bénéfique. La dépense énergétique associée au plus faible taux de mortalité est de 4 200 kJ par semaine (Oguma et coll., 2002). Les divergences de résultats ou les imprécisions dans les données ne permettent pas de proposer une fréquence ou une durée d'activité physique optimale. De plus, la littérature fait apparaître des données apparemment divergentes dans la mesure où, chez la femme, une faible condition physique est très fortement associée à un risque élevé de mortalité (Paffenbarger et coll., 1986) alors qu'un faible niveau d'activité physique n'est pas significativement associé à ce risque élevé (Blair et coll., 1993). Il semblerait donc que la condition physique ne soit pas toujours associée au niveau d'activité physique. L'hypothèse explicative pourrait être une mauvaise quantification et qualification de la pratique d'activité physique dans toutes ses composantes.

Dans le même ordre d'idée, une étude canadienne récente analyse l'importance de la relation entre des indicateurs de sédentarité, le tour de taille et le risque de mortalité chez la femme (Katzmarzyk et Craig, 2006). Les résultats montrent que ces deux facteurs augmentent le risque de mortalité et ce, de façon indépendante comme précédemment démontré dans « *the Nurses' Health Study* » (Hu et coll., 2004).

Santé physique

L'activité physique entraîne des effets bénéfiques sur la santé physique, en particulier elle agit sur les facteurs de risque cardiovasculaires.

Risques cardiovasculaires

Il est clairement démontré que l'activité physique réduit les risques cardiovasculaires chez l'homme, mais peu d'études se sont intéressées spécifiquement à cette relation chez la femme.

Les femmes s'engageant dans une activité physique élevée de loisir réduisent approximativement de 30 % le risque de développer des pathologies coronariennes comparativement à celles qui sont sédentaires (Ashton et coll., 2000). La *Nurses' Health Study*, réalisée chez des femmes de 40-65 ans, rapporte après un suivi longitudinal de 8 ans, un risque relatif de développer des

problèmes coronariens diminué de moitié chez les femmes les plus actives (Manson et coll., 1999). Les femmes qui marchent au moins 3 h par semaine ou qui participent à des activités physiques vigoureuses à hauteur de 1h30 par semaine ont 30 à 40 % moins de risques de développer des maladies cardiovasculaires que les femmes sédentaires. Il est intéressant de constater que les femmes qui deviennent actives voient aussi leur risque réduit comparativement à celles qui restent sédentaires. Cette étude rapporte aussi la diminution du risque de développer un diabète est associée à la dépense d'énergie (marche *versus* intensité vigoureuse) (Hu et coll., 1999).

L'*Iowa Women's Health Study* a sélectionné 40 417 femmes ménopausées et les a suivies pendant 7 ans (Kushi et coll., 1997). Le groupe de femmes les plus inactives présente une mortalité due aux facteurs cardiovasculaires 2 fois plus élevée que les femmes les plus actives. Celles qui participent à des activités élevées 4 fois ou plus par semaine ont un risque 80 % plus faible que celles qui ne participent que rarement ou jamais à une activité physique.

Hypertension

L'effet bénéfique de l'activité physique sur la pression artérielle a été démontré à de nombreuses reprises tant chez l'homme que chez la femme. Ces résultats sont bien analysés dans les revues de littérature (Arroll et Beaglehole, 1992 ; Appel, 2003) ou les méta-analyses (Whelton et coll., 2002) qui concluent que l'activité physique diminue la pression artérielle tant chez les personnes hypertendues que chez les personnes normotendues, tant chez la femme que chez l'homme. Spécifiquement à la femme, le risque de développer de l'hypertension est augmenté de 52 % chez les femmes sédentaires comparées à des femmes ayant une très bonne condition physique (Blair et coll., 1984).

Dans le même ordre d'idée, les pressions systolique et diastolique de femmes d'âge moyen diminuent avec l'augmentation du niveau d'activité physique (Owens et coll., 1990). Les meilleurs résultats sont obtenus avec une fréquence d'activité de 3 fois par semaine et sont indépendants de la perte de poids qui « normalement » accompagne la mise en activité (Whelton et coll., 2002).

Concernant la nature de l'activité physique, Toth et Poehlman (1995) ne rapportent aucune différence pour la pression systolique entre des femmes d'âge moyen sédentaires ou participant régulièrement à un entraînement de renforcement musculaire ou en endurance.

Profils lipidique et glucidique

Bien que peu nombreuses, plusieurs études ont mis en évidence les effets bénéfiques de l'activité physique sur le profil lipidique de la femme (Owens et coll., 1990 ; Eaton et coll., 1995). Un programme d'activité physique en

endurance diminue le LDL⁶²-cholestérol (3-8 %) et les triglycérides (Durstine et Haskell, 1994). La récente méta-analyse de Kodama et coll. (2007) fait état à partir de 25 études randomisées et contrôlées d'une augmentation significative bien que modeste du HDL⁶³-cholestérol (2,53 mg/dL, $p < 0,01$) (Kodama et coll., 2007). Cette publication met en évidence un niveau minimal d'activité physique estimé à 900 kcal de dépense énergétique par semaine ou 120 minutes d'activité hebdomadaire, nécessaire pour obtenir cette augmentation. De plus, les résultats sont d'amplitude plus importante chez les sujets ayant un faible indice de masse corporelle (IMC < 28).

Cependant, très peu d'études ont contrôlé des facteurs tels que le statut hormonal, la composition corporelle, la distribution de graisse, les apports alimentaires et la consommation de tabac alors que ces facteurs sont connus comme susceptibles d'affecter le profil lipidique (Durstine et Haskell, 1994). En effet, l'exercice, qui n'entraîne pas de perte de poids, n'a que peu d'effet sur le HDL-cholestérol, alors qu'une perte de poids seule, en particulier au niveau de la graisse abdominale, peut améliorer le niveau de HDL-cholestérol chez la femme (Despres et coll., 1991).

De même, peu d'études se sont intéressées à l'effet des modalités d'exercice sur le profil lipidique. Comparant des femmes d'âge moyen participant habituellement à un entraînement de renforcement musculaire, celles suivant un entraînement en endurance et des femmes sédentaires, Toth et Poehlman (1995) n'observent pas de variation significative du HDL-cholestérol et des triglycérides. Quand la masse grasse est contrôlée, les différences significatives entre les deux types d'exercice pour le LDL-cholestérol et le cholestérol total diminuent.

Activité physique et composition corporelle

Chez la femme, l'activité physique augmente la masse maigre et diminue la masse grasse (Westerterp, 1998). Chez l'homme, la perte de masse grasse est corrélée avec la masse grasse de départ, ce qui n'est pas retrouvé chez la femme. Il a été suggéré pour expliquer cette différence homme/femme, que les femmes ont plus tendance à compenser la dépense énergétique engendrée par l'exercice, par un apport alimentaire augmenté (Westerterp et coll., 1992 ; Westerterp et Goran, 1997). Ainsi, les femmes ont tendance à préserver leur balance énergétique en compensant le déficit énergétique lié à l'activité par un apport énergétique équivalent, ce qui explique pourquoi la diminution de masse grasse bien que significative reste faible.

Un certain nombre d'études fait état d'une activité lipolytique plus élevée dans le tissu adipeux abdominal que glutéal au cours de l'exercice physique.

62. *Low Density Lipoprotein*

63. *High Density Lipoprotein*

Cette réponse est plus marquée chez la femme que chez l'homme (Arner et coll., 1990 ; Despres et coll., 1991 ; Barnard et Wen, 1994).

Santé mentale

Dans la majorité des publications, l'activité physique est démontrée comme étant bénéfique pour la santé psychologique. Généralement, il existe une corrélation positive entre l'exercice physique et l'estime de soi, l'efficacité, le bien-être psychologique et cognitif. Une relation négative est aussi rapportée entre l'exercice physique et l'anxiété, le stress et la dépression. Les résultats sont très convergents pour des dysfonctionnements psychologiques spécifiques comme la dépression, l'anxiété et le stress chez des populations cliniques, mais il demeure beaucoup d'incertitude quant à la nature de cette relation pour des populations mentalement saines (Scully et coll., 1998 ; Paluska et Schwenk, 2000). En outre, l'effet dose-réponse des activités physiques sur la santé mentale reste à démontrer (Dunn et coll., 2001).

Stress

Les études transversales et longitudinales font généralement état d'une diminution des réponses physiologiques au stress psychologique chez les personnes pratiquant une activité physique, bien que la significativité de la relation ne soit pas toujours démontrée (Scully et coll., 1998). Le temps consacré aux activités physiques de loisir est corrélé à une augmentation du niveau d'activité physique et à une diminution du stress perçu (Aldana et coll., 1996). Chez l'homme, l'étude de Norris et coll. (1990) a comparé les effets de 10 semaines de programme d'activité aérobie à des activités de force. Les résultats sont en faveur d'une meilleure efficacité des activités aérobies.

Anxiété

Les bénéfices de l'activité physique pour la réduction de l'anxiété sont généralement admis, en particulier sur le stress chronique. En revanche, les mécanismes par lesquels l'activité physique réduit l'état d'anxiété ne sont pas clairs. L'activité physique de type aérobie semble avoir de meilleurs résultats que les activités de force ou de résistance (Scully et coll., 1998). Les activités de faible intensité et la perception individuelle de sa performance apparaissent comme les déterminants de la réduction de l'anxiété (Bartholomew et Linder, 1998), mais il n'existe pas de consensus quant à la durée et l'intensité optimales des activités physiques.

Dépression

Généralement, les auteurs sont d'accord pour dire que dans le cadre thérapeutique, les activités physiques ont un effet modéré à important sur la dépression chez l'homme et chez la femme. La diminution des symptômes dépressifs semble plus marquée chez la femme que chez l'homme d'après la

revue de Dunn et coll. (2001) analysant des études randomisées et contrôlées, des études d'observation et des études de consensus (37 études sélectionnées). L'étude de Cramer et coll. (1991) fait état d'une amélioration des scores de santé psychologique (dépression, anxiété) chez 35 femmes non-ménopausées, non dépressives à la suite de 15 semaines d'activité physique de type aérobie. En revanche, l'effet de l'activité physique pour prévenir l'apparition de la dépression n'est pas très clair (Paluska et Schwenk, 2000). L'étude de Cooper-Patrick et coll. (1997), par exemple, ne fait pas état de différence significative de développement de la dépression chez des sujets actifs comparativement à des sujets non actifs (population d'étude : 690 hommes et 62 femmes). Cependant, chez les sujets atteints de dépression, l'inactivité est un fort déterminant de la dépression (Scully et coll., 1998).

Humeur

Une relation très positive entre l'exercice physique et la bonne humeur a été démontrée par de nombreuses études (Biddle, 1995 ; Scully et coll., 1998). L'humeur a été utilisée pour investir les perceptions post-exercice, comme le bien-être, l'anxiété, l'estime de soi. L'estime de soi est liée à l'image du corps. Dans ce contexte, les femmes attendent de l'activité physique, qu'elle leur permette de contrôler leur masse corporelle en influant sur la masse grasse et le tonus musculaire, alors que les hommes désirent contrôler leur masse grasse et développer leur musculature (Hausenblas et Fallon, 2006).

Autres facteurs

L'activité physique a un effet positif sur le bien-être et sur la qualité de vie (Woodruff et Conway, 1992). Dans ce domaine, les résultats de la *Nurses' Health Study* évaluent l'évolution du niveau d'activité physique et du score de qualité de vie de 63 152 femmes âgées de 40 à 67 ans en 1986, et font état d'une amélioration de la qualité de vie pour les femmes ayant augmenté leur activité physique sur les dix ans d'étude. Le score de qualité de vie est passé de 2,23 (IC 95 % [1,94-2,52]) à 8,23 (IC 95 % [7,49-8,97]) (Wolin et coll., 2007).

Bien que les mécanismes ne soient pas toujours très clairement identifiés, l'augmentation du niveau d'activité physique est significativement corrélée au bien-être uniquement chez la femme (McTeer et Curtis, 1993). Chez la femme, l'activité physique a également des effets bénéfiques sur l'image du corps, l'estime de soi et les fonctions cognitives (Levy et Ebbeck, 2005).

Adolescence : période critique pour la santé du futur adulte

Plusieurs experts de la promotion de la santé ont suggéré que l'activité physique pendant l'enfance pouvait avoir des influences directes sur la santé de l'adulte (Malina, 2001). Cette proposition repose sur deux hypothèses

majeures. La première est que l'apprentissage de comportements de pratique régulière d'activité physique permettra aux enfants actifs de demeurer des adultes actifs. La seconde hypothèse repose sur la possibilité que la pratique d'activité physique au cours de l'enfance aura des effets bénéfiques sur la santé de l'adulte (Kelder et coll., 1994 ; Aaron et coll., 2005).

Quelques études se sont penchées sur la détermination d'une période optimale de la vie au cours de laquelle la pratique physique aurait un effet préventif sur le développement de certaines pathologies chez l'adulte. La question ainsi posée renvoie au modèle de Blair et coll. (1989) qui propose des relations d'influence entre l'activité de l'enfant et de l'adolescent/la santé de l'enfant et de l'adolescent/l'activité et la santé de l'adulte (figure 24.1).

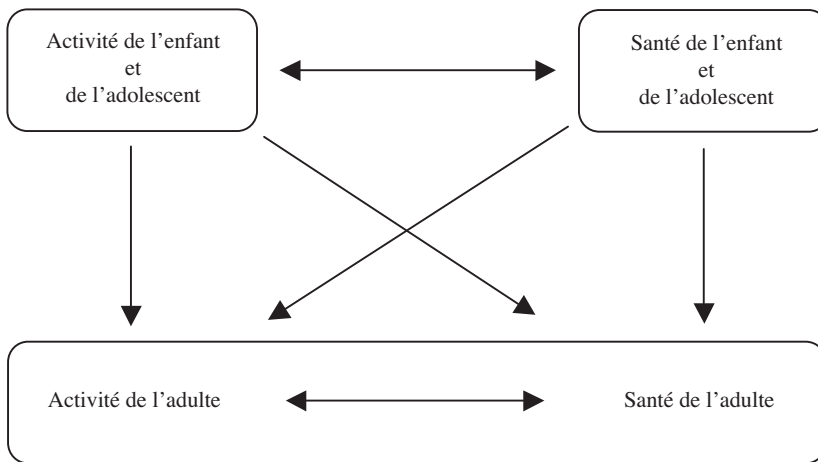


Figure 24.1 : Modèle de Blair et coll. (1989)

S'il existe de nombreuses études qui font état d'une relation positive entre l'activité physique et la santé chez l'adulte, les résultats sont beaucoup moins conséquents et convergents chez l'enfant et l'adolescent (Boreham et Riddoch, 2001 ; Twisk, 2001). Un effet bénéfique de la pratique d'activité physique a été mis en exergue pour la composition corporelle, la condition physique, le métabolisme osseux, la santé mentale et le profil lipidique (HDL-cholestérol et triglycérides) (Suter et Hawes, 1993).

Pour ce qui concerne une possible relation entre la santé de l'enfant et la santé de l'adulte, il existe peu d'évidences scientifiques hormis pour les facteurs cardiovasculaires tels que les lipoprotéines, le rapport cholestérol total sur HDL-cholestérol (OR=22,9 [10,6–49,6]) et la composition corporelle (masse grasse, OR=17,7 [9,2–34,1]) (Twisk et coll., 1997).

Les deux principales revues de littérature sur la question du lien existant entre pratique physique à l'adolescence et mortalité adulte, Twisk (2001) et

Hallal et coll. (2006), s'accordent à dire que l'étude de Paffenberger et coll. (1986) (*Harvard Alumni Study*) a été la première à se pencher sur le sujet. Cependant, ce travail n'a pas mis en exergue de relation significative entre l'activité physique à l'adolescence et des effets bénéfiques sur les risques de pathologies cardiovasculaires à l'âge adulte. D'autres travaux observent une relation plus positive mais non significative (Malina, 1996 ; Twisk, 2001 ; Boreham et coll., 2002).

En revanche, les effets préventifs d'une pratique physique au cours de l'adolescence sur le développement du cancer du sein ont été mis en évidence (Okasha et coll., 2003). Plusieurs études se sont intéressées à cette problématique et sont traitées par ailleurs dans cet ouvrage. Dans le même ordre d'idée, l'intérêt d'une activité physique à l'adolescence sur l'augmentation et la préservation du capital osseux est une évidence (Khan et coll., 2000 ; Karlsson, 2004).

Caractéristiques de l'activité physique en relation avec le sexe et l'âge

La pratique de l'activité physique varie selon le sexe et l'âge. À l'âge adulte comme pendant l'enfance, les motivations et les modalités d'activité physique sont différentes entre l'homme et la femme.

Variations avec le sexe

Dès le plus jeune âge, les garçons ont une pratique physique significativement plus importante que les filles. Quantitativement, cette différence apparaît dès l'âge de 4 ans (Trost et coll., 2003), se retrouve à 9-10 ans (Trost et coll., 2002 ; Page et coll., 2005) et persiste à l'adolescence (Kimm et coll., 2005).

L'étude de Wilkin et coll. (2006) montre, par des mesures d'accélérométrie, qu'à 5-6 ans comme à 9 ans, les garçons sont plus actifs que les filles, mais que cette différence est surtout marquée pour les activités d'intensité élevée (tableau 24.1). Qualitativement, la baisse d'activité physique observée avec l'âge a lieu préférentiellement pour les activités d'intensité élevée au bénéfice des activités à intensité modérée.

Non seulement les filles diminuent leur quantité d'activité physique avec l'âge, mais cette diminution s'accompagne d'une baisse de l'intensité de cette activité. Comme le confirme le Baromètre santé (Guilbert et coll., 2003), cette évolution existe également chez les garçons, mais de façon moins marquée. Ainsi, dans l'étude du Baromètre santé :

- 95 % des filles et 96 % des garçons adolescents (12-19 ans) déclarent avoir été actifs la veille (marche ou activité physique) ;
- 64 % des filles et 79 % des garçons ont réalisé des activités physiques plus de 30 minutes ;
- 15 % des filles et 24 % des garçons déclarent avoir eu une activité physique vigoureuse dans les 15 jours précédents.

Tableau 24.1 : Différences d'activité physique totale et de haute intensité entre les filles et les garçons (unités arbitraires countsx10⁵ par jour) (d'après Wilkin et coll., 2006)

Activité physique	Âge (années)	Garçons	Filles	Différence* (%) Garçons/Filles	p** Garçons/Filles
Totale	4,9	38,8	35,8	8,4	<0,01
	5,9	38,4	36,2	6,1	0,02
	9,0	36,8	33,6	9,5	<0,01
Haute intensité	4,9	13,2	10,9	21,1	<0,001
	5,9	13,6	11,6	17,2	0,01
	9,0	14,5	10,5	38,1	<0,001

* % de différence garçons versus filles ; ** Le test statistique est une comparaison de moyennes

À l'âge adulte, les motivations et les modalités d'activité physique entre l'homme et la femme sont très significativement différentes. En terme de perception, les femmes ont plus tendance à lier les bénéfices de l'activité aux facteurs sociaux et psychologiques, alors que les hommes définissent les bénéfices en termes de santé et de condition physique (Sherwood et Jeffery, 2000). Les hommes semblent pratiquer des activités physiques avec des dépenses énergétiques plus importantes que celles mesurées chez les femmes. Cette différence s'exprime par le choix des activités pratiquées. Ainsi, les hommes privilégient le jardinage, les exercices de force, le jogging ou la course et les sports de contact ou à intensité élevée, alors que les femmes adhèrent plus à la marche, la danse, l'aérobic et la gymnastique (Sherwoog et Jeffery, 2000). Les hommes sont généralement plus actifs dans leur travail alors que les femmes sont plus actives dans les travaux domestiques (Belza et Warm's, 2004). Cependant, peu d'études se sont intéressées uniquement à la femme. Les variables prédictives de la pratique d'une activité physique chez la femme sont l'âge, le rôle social conféré à l'activité physique, le soutien de l'entourage et les paramètres environnementaux (Belza et Warm's, 2004).

Variations avec l'âge

L'activité physique de l'enfant est de nature intermittente se caractérisant par des changements brusques entre des périodes d'activité physique intense et des périodes de repos. L'étude de Bailey et coll. (1995) a montré que chez

les enfants pré-pubères, la durée moyenne des activités physiques d'intensité légère et modérée était de 6 secondes (s), alors que 95 % des activités physiques d'intensité élevée avaient une durée d'au moins 15 s avec une moyenne de 3 s. En moyenne, une période d'activité physique a une durée de 20 s et n'excède pas 10 minutes. Avec l'âge, l'activité physique diminue. L'étude de Kimm et coll. (2005) réalisée chez une population importante de filles rapporte que le niveau d'activité physique décroît avec l'âge quel que soit la valeur de ce niveau d'activité physique (filles actives, modérément actives ou inactives) (figure 24.2).

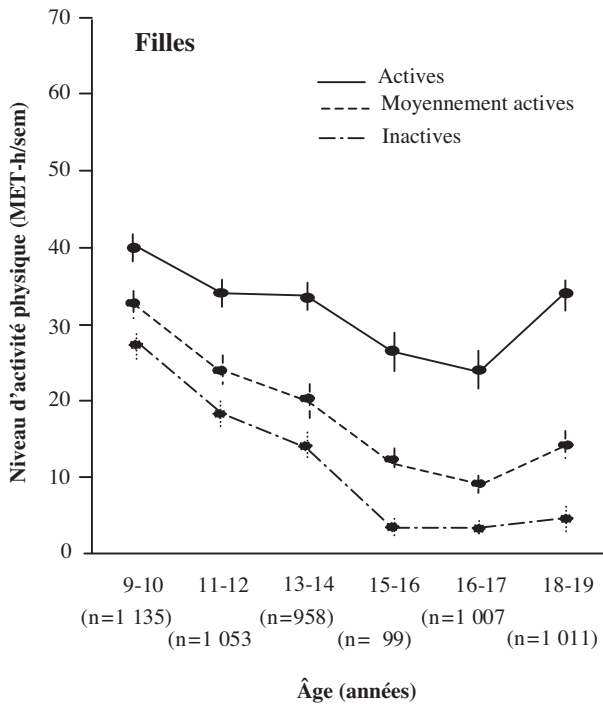


Figure 24.2 : Évolution du score d'activité physique chez les filles de 9 à 19 ans (d'après Kimm et coll., 2005)

Dans le même ordre d'idée, Van Mechelen et coll. (2000) ont montré chez le garçon et chez la fille que les activités intenses (au moins 7 METs) diminuaient sérieusement avec l'âge, alors que les activités d'intensité modérée (4-7 METs) augmentaient entre 13 et 17 ans.

Au cours de la croissance, de l'enfance à l'âge adulte, l'activité physique évolue et change de nature et d'objectif, dans la mesure où les facteurs d'influence changent. Des interventions orientées vers les familles et/ou les parents mettent en évidence une augmentation de l'activité physique des

enfants. Si le comportement des enfants est principalement influencé par celui des parents et leur statut socioéconomique, celui des adolescents est probablement plus influencé par celui des camarades de même âge et par la mode (Vilhjalmsson et Thorlindsson, 1998). Au moment de l'adolescence, l'activité physique devient plus organisée et le plaisir du jeu laisse peu à peu la place à des objectifs de santé, de condition physique (Strong et coll., 2005). Ainsi, il est important de tenir compte des facteurs facilitant la pratique en fonction des intérêts, des objectifs et de l'âge des jeunes. Par exemple, un programme d'activité physique associé à une restriction énergétique, peut être très sollicitant physiologiquement si le but est de perdre du poids, mais devra se rapprocher rapidement des possibilités et des raisons qui poussent à continuer une pratique physique tout au long de la vie. Il ne faut pas oublier que le plaisir reste le premier déterminant de la pratique d'une activité physique.

La diminution de la pratique d'une activité physique a un effet direct sur la condition physique des enfants. Ainsi, Tomkinson et coll. (2003) font état d'une diminution de la performance à un test de course de 0,46 % par an chez les garçons et 0,41 % chez les filles (6-19 ans).

Enfin, en terme de comportements, certains travaux font état d'une forte relation entre certains comportements délétères liés à l'inactivité pendant l'enfance et les comportements à l'âge adulte, tels que la consommation de tabac et une faible condition physique (Trudeau et coll., 1999 ; Hancox et coll., 2004). Pour la pratique d'activité physique, une revue systématique va dans le sens d'une contribution significative de l'activité physique à l'adolescence pour la pérennisation d'une pratique physique à l'âge adulte (Trudeau et coll., 2004 ; Hallal et coll., 2006). Tammelin et coll. (2003) mettent en évidence que la participation des adolescents au sport avec une fréquence d'au moins une fois par semaine pour les filles et de deux fois pour les garçons est associée à un haut niveau d'activité physique dans la vie adulte. Il semble également qu'une pratique physique diversifiée est le meilleur atout de pérennisation de la pratique d'activité physique à l'âge adulte. Chez la femme plus spécifiquement, un faible niveau d'activité physique à l'adolescence se traduit par un faible niveau d'activité physique à l'âge adulte. Ainsi, chez les adolescentes (14-18 ans) actives (plus de 3 h d'activité physique par semaine), 54,4 % restent actives à l'âge adulte (37-43 ans) et 45,6 % deviennent sédentaires (Matton et coll., 2006). Chez les filles considérées comme inactives, 62,5 % le restent et 37,5 % deviennent actives à l'âge adulte. Chez le garçon, une étude Finlandaise montre que 71 % des garçons actifs à l'âge de 14 ans (au moins 1 h d'activité physique par semaine) restent actifs à l'âge adulte (24 ans), alors que 55 % des garçons inactifs restent des adultes inactifs (Pietilä et coll., 1995).

Adolescence : période critique pour la pratique adulte

Au moment de la puberté, la différence de pratique physique devient très importante entre les filles et les garçons, en raison d'une importante

diminution de la pratique des filles. Les études ont clairement montré que l'adolescence est la période à laquelle la baisse d'activité physique est la plus marquée (Caspersen et coll., 2000 ; Telama et Yang, 2000 ; Van Mechelen et coll., 2000). Sallis (2000) analyse ce déclin de la pratique d'une activité physique et montre que la période pour laquelle cette baisse est la plus significative est la même chez les filles et chez les garçons.

L'étude de Neumark-Sztainer et coll. (2003) avait pour objectif de déterminer les facteurs responsables des modifications des pratiques d'activité physique au moment de l'adolescence chez les filles. Les résultats ont fait apparaître deux variables majeures de la diminution de l'activité physique à cette période sensible : le temps qui représente la contrainte majeure est inversement associé à l'activité physique et le soutien sous forme de l'aide apportée par les parents, les enseignants, l'entourage, qui est positivement associé à l'activité physique. Toutes les études qui se sont intéressées à cette question classent les facteurs de modification des pratiques d'activité physique en trois grandes catégories : les déterminants personnels (biologiques, psychosociologiques et comportementaux), socioculturels et environnementaux (Sallis et coll., 2000). Comparativement à l'enfant, l'adolescent accorde une valeur très importante aux facteurs comportementaux et socio-culturels. Par ailleurs, l'étude ICAPS⁶⁴ (Simon et coll., 2004) met en exergue que le fait de faciliter l'accès aux pratiques entraîne une augmentation significative de la pratique d'une activité physique chez les adolescents.

D'autres études se sont penchées sur l'identification des raisons de pratiquer une activité physique chez les jeunes filles. Comparativement aux garçons, les filles font état d'une plus grande insatisfaction de leur apparence physique et de leur poids. Les filles pratiquent donc le plus souvent pour perdre du poids et pour le plaisir. Il est important de souligner que l'estime de soi est corrélée avec l'image corporelle d'où l'importance d'une pratique physique orientée sur le corps (Furnham et coll., 2002 ; Strelan et coll., 2003).

Caractéristiques et recommandations d'activité physique

Pour la femme, les recommandations sont de 30 minutes d'activité physique d'intensité modérée par jour (Pate et coll., 1995 ; Lee, 2003). Ces recommandations se fondent sur des études d'observation épidémiologiques impliquant plus de 100 000 personnes. En terme de prévention de la mortalité (toutes causes), l'activité physique nécessaire doit représenter une dépense énergétique de 4 200 kJ par semaine (1 000 kcal par semaine) (Oguma et coll., 2002).

Période pubertaire

Les filles sous-évaluent et sous-estiment leurs capacités, leur potentiel et leur compétence pour l'activité physique. Les adolescentes énoncent plus d'obstacles à la pratique d'une activité physique que les garçons tels que le temps, l'argent, les ressources et la pratique sécurisée.

Il n'existe pas de recommandations précises pour l'activité physique des adolescentes.

Comme le discute Twisk (2001) dans une revue de synthèse, il existe de nombreuses recommandations qui évoluent avec l'apparition et l'augmentation de nouvelles pathologies touchant les jeunes. Les dernières études préconisent au moins une heure d'activité physique par jour à intensité modérée à élevée (Strong et coll., 2005 ; Andersen et coll., 2006). Il est classiquement convenu que plus la quantité d'activité physique est augmentée et plus les bénéfices sont importants.

Pour une bonne adhésion et une bonne participation, il est nécessaire de respecter les déterminants mis en exergue par Sallis et coll. (2000) :

- activités physiques à la mode, qui correspond à la culture des jeunes filles (hip-hop, danse, aquagym...);
- activités physiques pratiquées avec des amies (favoriser l'accès de proximité);
- activités physiques visant la perte de poids et l'amélioration de l'estime de soi (recommandations pour la population générale).

Pendant la grossesse

Plusieurs études récentes vont dans le sens d'un effet bénéfique de la pratique d'une activité physique au cours de la grossesse (Brown, 2002).

Bien qu'il n'existe que peu de recherches, les résultats vont dans le sens d'effets positifs de l'activité physique sur le diabète gestationnel, la sensibilité à l'insuline, l'utilisation du glucose, la santé mentale et le bien-être (da Costa et coll., 2003 ; Poudevigne et O'Connor, 2006), les nausées, la douleur, la fatigue et la constipation (Stevenson et coll., 1998 ; Brown, 2002). L'étude de Da Costa et coll. (2003) qui compare un groupe de femmes actives à un groupe de femmes inactives au cours des 1^{er} et 2^e trimestres de la grossesse fait état d'effets bénéfiques de l'activité physique sur l'humeur, le bien-être et l'état d'anxiété. Une activité physique modérée de 30 minutes par jour régulièrement et chaque jour de la semaine a des effets bénéfiques sur le contrôle du poids et sur la condition physique (Lynch et coll., 2003). Les activités préconisées sont la marche, le vélo stationnaire, la natation. La plongée sous-marine doit être évitée pendant la période de grossesse dans la mesure où le fœtus est soumis à un risque accru lié aux phénomènes de décompression (Davies et coll., 2003).

La Société des obstétriciens et gynécologues du Canada et la Société canadienne de physiologie de l'exercice ont établi des recommandations très précises (voir Davies et coll., 2003). L'intensité de l'exercice doit se situer à 12-14 sur l'échelle de perception des contraintes de l'exercice de Borg (échelle de 6 à 20) ou répondre aux zones cibles de fréquence cardiaque définies dans le tableau 24.II.

Tableau 24.II : Zones cibles de fréquence cardiaque pour l'exercice aérobie pendant la grossesse (d'après Davies et coll., 2003)

Âge maternel	Zone cible de la fréquence cardiaque (battements/minute)	Zone cible de la fréquence cardiaque (battements/10 secondes)
Moins de 20 ans	140-155	23-26
De 20 à 29 ans	135-140	22-25
De 30 à 39 ans	130-145	21-24
40 ans ou plus	125-140	20-23

En terme de fréquence, il est déconseillé de réaliser deux jours de suite des activités physiques d'intensité élevée. Pour les femmes actives avant la grossesse, il est préférable de réduire l'activité physique habituelle tout en maintenant des activités aérobies et musculaires permettant de conserver une bonne condition physique. Pour les femmes inactives avant la grossesse, une incitation à la pratique d'activité physique légère est souhaitable mais sans programmes exigeants. Il est conseillé de commencer par 15 minutes d'exercice continu 3 fois par semaine pouvant aller jusqu'à 30 minutes d'exercice continu 4 fois par semaine. L'*American College of Obstetricians and Gynecologists* (ACOG) dresse la liste des contre-indications à la pratique physique lors de la grossesse et du post-partum (ACOG, 2002).

Au moment de la ménopause

Les résultats de l'étude prospective *Nurses' Health Study* concernant la relation entre le score de marche, le score d'exercices intenses, le score total d'activité physique et l'incidence des événements coronariens chez 72 488 femmes âgées de 40 à 65 ans (non ménopausées et ménopausées), mettent en exergue le rôle protecteur de l'activité physique régulière sur les pathologies cardiovasculaires (Manson et coll., 1999). Le résultat important est que les femmes pratiquant au moins 3 heures de marche par semaine à une allure vive, 4,8 à 6,2 km/h, présentent un risque relatif de pathologies cardiovasculaires égal à 0,65 comparativement aux femmes qui marchent non régulièrement. La pratique d'une activité physique d'intensité élevée

(>6 METs) se traduit par une réduction du risque de pathologies cardiovasculaires de 30 à 40 %.

Sur 28 études, randomisées et contrôlées avec 2 646 participantes ménopausées, 18 font état d'effets bénéfiques de la pratique d'activité physique sur la masse corporelle et le pourcentage de masse grasse ; 18 études ont des effets bénéfiques sur le VO₂ max, 16 sur la densité et le contenu minéraux osseux, 11 sur la force musculaire ou l'endurance, 9 sur le profil lipidique, 7 sur la pression artérielle, 6 sur l'équilibre, 5 sur la souplesse et 2 sur le profil glucidique et l'insulinémie (Asikainen et coll., 2004).

Les recommandations répertoriées dans la littérature suggèrent une pratique physique avec des sessions d'au moins 30 minutes par jour, d'une fréquence de 1 à 3 jours par semaine, d'intensité : modérée (4-5 km/h), de type marche à laquelle il faut ajouter 2 fois par semaine la pratique d'exercices de résistance (Asikainen et coll., 2003).

Pour la femme ménopausée, Jordan et coll. (2005) proposent de déterminer quel doit être le nombre de pas à effectuer par jour pour atteindre 50, 100 ou 150 % des recommandations d'activité physique préconisées en population générale qui sont de « au moins 30 minutes d'activité physique d'intensité modérée à élevée de préférence tous les jours » (Pate et coll., 1995). Les résultats font état de la nécessité d'accumuler 2 800 pas (50 %), 5 500 (100 %) et 6 500 pas par jour 3-4 jours par semaine pour atteindre 150 % des recommandations.

Ainsi selon les objectifs recherchés (protection cardiovasculaire, modification de composition corporelle...), les recommandations varient. Une prescription optimale prenant en compte l'ensemble des variables correspondrait à 30 minutes de marche à allure vive (5 km/h) cinq fois par semaine. La marche pouvant être remplacée par une session de vélo ou de natation. Deux séances de 30 minutes de musculation par semaine sont à ajouter (exemple : exercices avec haltères) (Duclos, 2005).

Des études assez récentes mettent en exergue l'intérêt du tai chi chuan, en particulier pour limiter la perte osseuse des membres inférieurs (Chan et coll., 2004).

Facteurs conditionnant l'adhésion

Une revue de questions publiée récemment par White et coll. (2005) apporte des éléments de réponse quant aux caractéristiques de l'activité physique engendrant une adhésion optimale.

Aucune étude ne permet de relier l'adhésion à la nature de l'activité physique. En revanche, la variété des activités physiques représente pour un grand nombre de femmes un plaisir qui conditionne une meilleure participation. Lors des phases initiales des programmes d'activité physique, les femmes ont

une préférence pour la marche (Jakicic et coll., 1999). Il n'y a pas d'explication à cela, si ce n'est l'hypothèse que cette activité demande peu d'attention et peu de vigilance.

Le fractionnement de l'activité physique est un facteur favorable à l'adhésion. En effet, Jakicic et coll. (1995) montrent que les femmes qui participent à 3 sessions de 10 minutes par jour d'activité physique, continuent et adhèrent plus longtemps à l'activité physique que des femmes qui effectuent une session de 30 minutes.

Il existe de fortes évidences montrant que plusieurs sessions quotidiennes à faible intensité entraînent une meilleure adhésion (King et coll., 1995 ; Perri et coll., 2002). Cependant, certaines études font état d'une meilleure adhésion de femmes participant à des activités physiques d'intensité vigoureuse *versus* modérée (Dacey et coll., 2003). L'hypothèse qui en résulte est donc une motivation pour la progression et l'expérience.

La relation entre l'intensité de l'activité physique et l'adhésion n'est pas très claire. King et coll. (1995) rapportent que la durée du programme augmentant, le lieu devient plus important, comme déterminant de la persistance de la participation au programme, que l'intensité ou la fréquence des sessions. La pratique à domicile ou à proximité du domicile provoque une meilleure adhésion. De plus, les femmes qui ont un domicile équipé peuvent réaliser plusieurs sessions de courte durée dans la journée ce qui correspond mieux au mode de vie (Jakicic et coll., 1999).

Les facteurs sociaux sont également déterminants pour la participation des jeunes femmes, en particulier pour des activités physiques à intensité vigoureuse (Dacey et coll., 2003). En revanche, pour les femmes plus âgées, les déterminants principaux sont ceux qui ont un lien avec la santé, l'autonomie... (Rhodes et coll., 2001). D'après Courneya et McAuley (1995), le contexte social peut être un déterminant majeur pour débiter une activité physique mais n'est plus significatif comme variable pour ce qui concerne la durée de la pratique et sa pérennité.

Oman et King (2000) ont étudié l'impact d'événements de la vie sur l'adhésion à la pratique d'activité physique et ont déterminé quatre facteurs majeurs pouvant interférer avec la pratique physique :

- changements majeurs des heures et des conditions de travail ;
- changements majeurs dans le comportement ou la santé d'un membre de la famille ;
- changements majeurs dans le comportement et les rythmes alimentaires ;
- les enfants quittent la maison familiale.

Le plaisir, la durée des sessions, un lieu adapté et approprié, un bon niveau de compétence et un programme personnalisé sont les facteurs qui apparaissent comme favorisant l'adhésion à une pratique d'activité physique chez la femme.

Effets de l'activité physique sur le cycle hormonal de l'athlète et les conséquences au niveau osseux

Chez la femme sportive, beaucoup de fausses idées circulent encore sur les relations entre la pratique sportive (surtout intensive) et ses conséquences sur le cycle hormonal ovarien. L'entraînement sportif – même intensif – ne doit pas induire de troubles du cycle. Et s'il existe des troubles du cycle, il faut les prendre en charge car ils peuvent avoir des conséquences délétères sur la santé de la sportive.

Troubles du cycle chez les sportives

Les troubles du cycle qui peuvent être rencontrés chez la femme sportive et non sportive peuvent être représentés selon une échelle de gravité croissante. Depuis la présence de cycles normaux, ovulatoires, dont la durée est de 26 à 32 jours, il y a un continuum qui commence par l'insuffisance lutéale (phase lutéale de durée <10 jours), suivie par l'anovulation puis l'oligoménorrhée (durée des cycles >35 jours) et enfin l'aménorrhée.

L'insuffisance lutéale et les cycles anovulatoires représentent les troubles du cycle les plus fréquemment rencontrés chez les femmes sportives. Cependant, la plupart de ces troubles ne sont pas diagnostiqués du fait de leur caractère asymptomatique (leur diagnostic ne peut être fait que sur des dosages plasmatiques ou urinaires d'hormones ovariennes). Chez les femmes qui pratiquent régulièrement la course à pied, la fréquence des troubles du cycle de type phase lutéale courte (durée des cycles <24 jours) ou oligoménorrhée (durée des cycles >35 jours) a été estimée à 21 % par Burrows et coll. (2003), 40 % par Rosetta et coll. (1998) et 78 % par Redman et Loucks (2005) contre 9 % dans la population de femmes sédentaires. Cette variabilité entre les études s'explique par l'hétérogénéité de la population étudiée (quantité d'entraînement, temps disponible pour la récupération post-exercice). Quant à l'aménorrhée, sa fréquence chez la sportive varie aussi suivant le type de sport. Sa fréquence est plus élevée dans les sports d'endurance (30,9 %), dans les sports dits « esthétiques » (patinage artistique, gymnastique) (34,5 %) et dans les sports à catégorie de poids (23,5 %) (Torstveit et Sundgot-Borgen, 2005), c'est-à-dire dans les sports qui ont en commun d'être des sports dits portés, pour lesquels les contraintes mécaniques imposées par le poids sont une limite à la performance. La fréquence de l'aménorrhée est plus faible pour les sports non portés (natation et cyclisme) : autour de 12 % (ce qui correspond aussi à la fréquence retrouvée dans la population générale) (Torstveit et Sundgot-Borgen, 2005). Ces différences suggèrent que l'aménorrhée est plus fréquente chez les sportives qui se soumettent à des régimes permettant de maintenir une masse grasse faible dans les sports où la maîtrise de la composition corporelle est un facteur de réussite. À l'inverse, dans les sports dits techniques (golf, plongeon, curling,

équitation, tir) ou les sports de balle (volley, basket) la fréquence des troubles du cycle n'est pas plus élevée chez les athlètes ayant une activité sportive intensive (jusqu'à 12 à 18 heures d'entraînement par semaine) que chez les femmes sédentaires (Torstveit et Sundgot-Borgen, 2005).

Physiopathologie des troubles du cycle chez la sportive

Bien que les mécanismes exacts sous-tendant les troubles du cycle ne soient pas encore clairement définis, le déséquilibre énergétique entre les apports énergétiques alimentaires et les dépenses énergétiques est l'hypothèse la plus probable.

Rôle du déficit énergétique chronique

De nombreuses données obtenues soit sur l'animal soit sur la femme (De Souza et coll., 1998 ; Hilton et Loucks, 2000 ; Williams et coll., 2001) confirment le rôle du déficit énergétique sur les troubles de la fonction ovarienne induits par l'exercice musculaire, avec un continuum réversible (parallèle à l'importance du déficit énergétique) allant des cycles ovulatoires à la phase lutéale courte puis à l'anovulation, et enfin à l'oligoménorrhée et à l'aménorrhée. À l'inverse, si le bilan énergétique est équilibré (et à l'exception de charges d'entraînement aberrantes), le volume d'entraînement (jusqu'à 17 heures par semaine) n'induit pas de troubles du cycle (Torstveit et Sundgot-Borgen, 2005).

Les troubles du cycle chez la sportive sont d'origine hypothalamo-hypophysaire. La transduction centrale des effets délétères de l'entraînement sur l'équilibre énergétique se situe au niveau du générateur hypothalamique de GnRH (*Gonadotropin Releasing Hormone*) avec des modifications de la pulsatilité (fréquence de la pulsation) de GnRH, conduisant à une diminution voire une abolition de la pulsatilité de LH (hormone lutéinisante). En d'autres termes, les modifications de la fonction ovarienne chez la femme sportive sont d'origine centrale en rapport avec le métabolisme énergétique et non pas avec le stress de l'exercice (hyperthermie, sécrétion prolongée et répétée de cortisol...). Les adaptations neuroendocrines à une prise alimentaire insuffisante (et non pas à l'exercice musculaire régulier) sont la clé du problème ovarien chez les femmes pratiquant l'exercice musculaire régulier. On peut en effet reproduire les anomalies neuroendocriniennes et en particulier la diminution de la pulsatilité de LH, chez des femmes sédentaires en induisant un déficit énergétique (sans exercice associé), mais on n'arrive pas à reproduire ces anomalies endocriniennes si les femmes sont soumises à un entraînement musculaire sans déficit énergétique associé (Hilton et Loucks, 2000). Ces résultats ont été confirmés et précisés par Loucks et Thuma (2003) qui ont défini le seuil de disponibilité énergétique en dessous duquel les troubles de la pulsatilité de LH apparaissent. Des femmes sédentaires présentant des cycles réguliers, ont été soumises à différents niveaux de disponi-

bilité énergétique par des apports alimentaires et une quantité d'activité physique rigoureusement contrôlés pendant 5 jours. La dépense énergétique des 24 h a été mesurée (calorimétrie indirecte, port d'un accéléromètre) ainsi que les apports alimentaires des 24 h. Chaque jour un exercice de marche sur tapis roulant était réalisé pendant 40 minutes à 70 % du VO_2 max. Son coût énergétique exact était mesuré par calorimétrie indirecte. Compte tenu de tous ces éléments, les femmes ont été réparties en différents niveaux de disponibilité alimentaire. La disponibilité énergétique était définie par les apports alimentaires des 24 h (en kcal) moins la dépense énergétique liée à l'exercice, ce qui correspond à l'énergie apportée à l'organisme pour subvenir aux besoins des tissus métaboliquement actifs (métabolisme de base). Après cinq jours, des prélèvements veineux ont été réalisés toutes les 10 minutes pendant 24 h pour doser la LH et différents paramètres métaboliques. Les résultats montrent que la pulsatilité de la LH ne varie pas de façon linéaire avec la disponibilité énergétique mais diminue significativement en dessous d'un seuil de disponibilité énergétique de 30 kcal/kg de masse maigre par jour (ou à un déficit énergétique total dépassant -15 kcal/kg de masse maigre par jour). Ces résultats corroborent ceux obtenus chez les sportives en aménorrhée montrant que la disponibilité énergétique qu'elles s'auto-administrent est plutôt autour de 16 kcal/kg de masse maigre par jour contre 30 kcal/kg de masse maigre par jour chez les cyclistes ayant des cycles réguliers. De plus, l'étude de Loucks et Thuma (2003) montre que cette atteinte de la pulsatilité de LH est plus marquée chez les femmes ayant les durées de phase lutéale les plus courtes.

En résumé, les troubles du cycle associés à la pratique régulière de l'exercice musculaire sont dus à une inadéquation chronique entre les apports alimentaires insuffisants et la dépense énergétique augmentée liée à l'exercice musculaire. De plus, l'implication des facteurs nutritionnels dans la physiopathologie de l'hypo-œstrogénie de la sportive est à la fois quantitative et qualitative. En effet, plusieurs études montrent qu'il existe à la fois un déficit nutritionnel global par rapport aux dépenses énergétiques (-700 à -1 000 kcal/jour) et un déficit qualitatif en apports lipidiques (12 à 15 % de la ration alimentaire) chez l'athlète féminine en aménorrhée (Laughlin et Yen, 1997).

Hypothalamus et réserves énergétiques

Il reste à déterminer ce qui lie le générateur hypothalamique de pulses de GnRH et le déficit énergétique.

Le lien entre l'hypothalamus et le déficit énergétique se fait directement par la diminution de la disponibilité des substrats énergétiques (glucose surtout voire acides gras) au niveau des cellules à GnRH. Des signaux périphériques, insuline et leptine, traduisent également au niveau central (cellules à GnRH) le niveau des réserves énergétiques de l'organisme. La sécrétion

de leptine par les adipocytes est sous contrôle de la balance énergétique et de la proportion de tissu adipeux. Il a été démontré que les exercices musculaires prolongés ou les situations d'entraînement intenses qui rendent négative la balance énergétique se traduisent par une baisse de la concentration plasmatique de leptine (Laughlin et Yen, 1997). Cette diminution serait un des principaux signaux permettant d'informer l'ensemble de l'organisme et particulièrement le système nerveux central d'un déficit énergétique. Il existe par ailleurs des récepteurs de la leptine au niveau de l'hypothalamus et au niveau de l'ovaire. L'action de la leptine peut donc être soit indirecte (information sur le niveau des réserves énergétiques) soit directe puisque la leptine agit aussi directement au niveau cellulaire en augmentant la disponibilité des substrats énergétiques. Les athlètes pourraient représenter un modèle dans lequel la leptine agit comme un signal métabolique pour l'axe gonadotrope. En effet, la moyenne de la concentration plasmatique de leptine sur 24 h est trois fois plus faible chez les athlètes indépendamment de leur statut ovarien (cycles réguliers ou non), par rapport à celle des sédentaires (Laughlin et Yen, 1997). Cette concentration de leptine est inversement corrélée à la masse grasse. Il existe par ailleurs un rythme nycthéral (sur 24 h) de la leptine avec une augmentation d'environ 50 % entre le nadir (à 9 h) et le pic de concentration (à 1 h). Ce rythme nycthéral est retrouvé chez les femmes sédentaires et sportives ayant des cycles réguliers mais, en revanche, il est totalement aboli chez les sportives en aménorrhée (figure 24.3).

Une étude (Hilton et Loucks, 2000) montre que la baisse de la disponibilité énergétique (le déficit énergétique) et non le stress de l'exercice est responsable de l'hypoleptinémie et des modifications de son rythme nycthéral chez les femmes sportives ayant des troubles du cycle. Neuf femmes sédentaires ont été explorées à 4 reprises dans un protocole combinant variations de la disponibilité énergétique (normale *versus* basse) et variations du niveau d'exercice musculaire (sédentarité *versus* 4 jours d'exercices à raison de 30 min de marche par jour à 70 % du VO_2 max). Le coût énergétique de l'exercice était de 30 kcal/kg de masse maigre par jour. On obtenait donc 4 groupes : sédentaires avec apport énergétique normal (45 kcal/kg de masse maigre/jour), sédentaires avec apport énergétique insuffisant (10 kcal/kg de masse maigre d'où un déficit énergétique de 35 kcal/kg de masse maigre/jour), exercice avec apport énergétique normal (45+30 soit 75 kcal/kg de masse maigre/jour), exercice avec apport énergétique insuffisant (40 kcal/kg de masse maigre d'où un déficit énergétique de 35 kcal/kg de masse maigre). Dans les 2 groupes (sédentaire *versus* exercice) avec apport énergétique insuffisant, le déficit énergétique total était donc le même. À la fin du 4^e jour, les femmes étaient admises dans le Centre de recherche pour la mise en place d'un cathéter permettant un prélèvement sanguin toutes les 10 min sur une durée totale de 24 h. Les résultats sont exprimés sur le tableau 24.III.

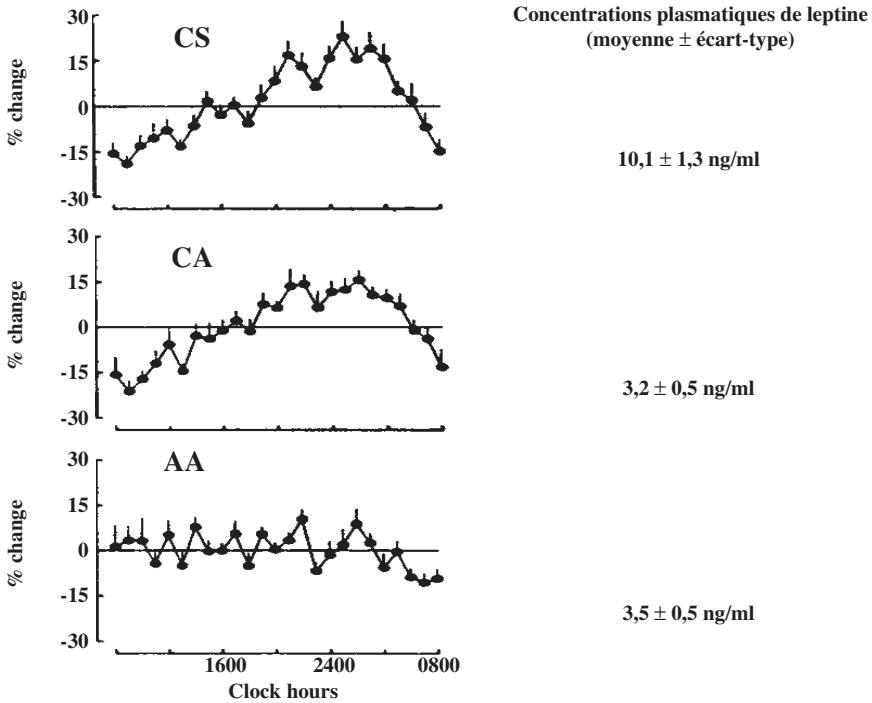


Figure 24.3 : Cycle nyctéméral de la leptine et concentrations plasmatiques moyennes (ng/ml) de leptine chez 3 groupes de femmes : femmes sédentaires ayant des cycles réguliers (CS), femmes sportives ayant des cycles réguliers (CA) et femmes sportives en aménorrhée (AA) (d'après Laughlin et Yen, 1997)

Les prélèvements veineux ont été réalisés toutes les 10 min sur 24 h. Noter la disparition du cycle nyctéméral de la leptine chez les femmes sportives en aménorrhée (schéma du bas).

Tableau 24.III : Paramètres de la leptinémie après variations de l'apport énergétique (d'après Hilton et Loucks, 2000)

	Groupe sédentaires Apport alimentaire		Groupe exercice Apport alimentaire	
	Normal	Insuffisant	Normal	Insuffisant
Leptine (ng/ml)				
Moyenne des 24 h	14,3±1,8	10,5±1,6*	15,0±1,8	8,2±1,4*
Amplitude du rythme	4,6±0,7	3,9±0,6*	4,6±0,6	2,8±0,6*

* p<0,05 : apport énergétique normal versus apport énergétique insuffisant

La leptinémie moyenne des 24 h et le rythme nyctéméral de la sécrétion de leptine sont normaux lorsque les dépenses énergétiques sont adéquatement compensées par les apports alimentaires, chez les femmes sédentaires. En revanche, toujours chez ces femmes sédentaires, le déficit énergétique abolit le rythme nyctéméral de la leptine. Le stress de l'exercice en lui-même (les auteurs entendent par « stress de l'exercice » tout ce qui peut être associé à l'exercice, physiquement et psychologiquement, à l'exception de son coût énergétique, puisque cette dernière variable a été contrôlée et manipulée au cours de l'expérimentation) n'a aucun effet supprimeur sur la moyenne de la leptinémie des 24 h ni sur l'amplitude des variations du rythme nyctéméral de la leptine. Cette donnée innocente donc le rôle potentiel de l'élévation du cortisol et des catécholamines induite par l'exercice musculaire et qui se produit malgré un apport alimentaire suffisant. L'effet possiblement supprimeur de l'exercice sur la leptinémie a été prévenu en enrichissant l'apport alimentaire de ces femmes de façon à compenser l'augmentation de leur dépense énergétique. Ainsi, exercice musculaire et leptinémie et/ou amplitude des variations nyctémérales de la leptine sont liés uniquement par l'intermédiaire du coût énergétique de l'exercice.

En résumé, ces résultats soulignent le lien existant entre les adipocytes, le statut nutritionnel et l'intégrité de l'axe gonadotrope chez l'humain. Les données récentes montrant que l'administration de leptine recombinante pendant 3 mois chez des femmes en aménorrhée hypothalamique (dont des sportives) améliore les fonctions de reproduction (augmentation de la concentration plasmatique de LH et de la fréquence des pulses de LH, apparition de cycles ovulatoires) démontrent que la leptine, marqueur d'un niveau adéquat de réserves énergétiques, est nécessaire à une fonction de reproduction et à une fonction neuroendocrine normale (Welt et coll., 2004).

Conséquences des troubles du cycle chez la sportive

Les troubles du cycle chez la sportive ont des conséquences démontrées sur la fécondité, la densité osseuse et sur la fonction endothéliale.

Fécondité

Les conséquences à court terme de l'aménorrhée de la sportive portent sur la fécondité. Malheureusement, nous ne disposons pas de données épidémiologiques exploitables sur des populations de sportives non aménorrhéiques pour conclure à une diminution de la fécondité. La fréquence des cycles anovulatoires laisse présager que la fertilité moyenne sur une population sportive est diminuée.

Une autre conséquence de l'impact de l'entraînement physique intense sur les fonctions de reproduction est le retard pubertaire. Les nombreux travaux rapportés dans la revue de Warren et Perlroth (2001) ont mis en évidence un retard pubertaire se traduisant par une apparition tardive de la ménarche

(jusqu'à l'âge de 17 ans) chez des jeunes sportives soumises à un entraînement intense. Certains sports sont plus concernés que d'autres et l'on retrouve la notion de sports imposant une maîtrise de la composition corporelle comme la danse ou la gymnastique. Dans ce cas, il est bien établi que ce retard est lié au déficit énergétique. Des travaux obtenus sur des rats soumis à un déficit énergétique laissent également penser qu'une diminution chronique de la sécrétion de leptine serait impliquée dans ce retard pubertaire (Warren et Perloth, 2001). Il a été bien établi que ce retard pubertaire et ses conséquences sur le développement staturo-pondéral sont rattrapés lors de l'arrêt de l'entraînement intensif (Malina, 1983).

Troubles de la fonction endothéliale

Des données récentes montrent que paradoxalement, les femmes sportives en aménorrhée ont aussi du fait de l'arrêt de la production d'oestrogènes, des troubles de la fonction endothéliale (activation inflammatoire endothéliale) et un profil lipidique athérogène (augmentation significative du cholestérol total, du LDL cholestérol, des Apo B et de la lipoprotéine par rapport à des femmes sédentaires ayant des cycles réguliers) (Rickenlund et coll., 2005). Les mêmes anomalies sont retrouvées chez les sportives en oligoménorrhée mais à un niveau intermédiaire c'est-à-dire moins important que chez les sportives en aménorrhée et toutefois augmenté par rapport aux sportives ayant des cycles réguliers. Les conséquences à long terme par rapport au risque cardiovasculaire ne sont pas connus.

Ostéopénie et ostéoporose

L'aménorrhée de la femme sportive s'accompagne également d'un pronostic osseux extrêmement péjoratif car la carence oestrogénique induit une perte osseuse identique à celle observée chez la femme ménopausée et, surtout, cette perte osseuse est maximale les premières années suivant l'installation de l'aménorrhée. Il faut donc la dépister et la traiter précocement. Deux cas de figures sont possibles. Soit l'aménorrhée survient après 25-30 ans (aménorrhée secondaire), c'est-à-dire dans un contexte où le pic de masse osseuse est constitué, et la perte osseuse survient au même rythme qu'à la ménopause. Ainsi, il a été montré que les sportives aménorrhéiques perdent surtout leur masse osseuse les premières années suivant l'installation de l'aménorrhée (en moyenne 4 % par an au niveau lombaire) alors que la perte osseuse est moindre ultérieurement. Soit l'aménorrhée survient au moment de la puberté (aménorrhée primaire), dans ce cas, la perte osseuse se produit alors que le pic de masse osseuse n'est pas atteint. Ces adolescentes entreront dans la vie adulte avec ce qui pourrait être un déficit en masse osseuse irréversible et un risque augmenté de fractures-tassements osseux tout au long de leur vie (Drinkwater et coll., 1984 ; Marcus et coll., 1985 ; Tomten et coll., 1998 ; Gibson et coll., 2000). Ni un apport élevé de calcium ni l'activité physique ne suffiront à compenser le manque d'accrétion osseuse en fin d'adolescence.

Les troubles du cycle moins graves que l'aménorrhée (oligoménorrhée voire anovulation) ont aussi des conséquences au niveau osseux. Plusieurs études ont montré qu'il existe une relation entre la sévérité des troubles du cycle et la densité minérale osseuse (Tomten et coll., 1998 ; Gibson et coll., 2000) et que le retour à des cycles réguliers après plusieurs années d'irrégularités menstruelles ne s'accompagne pas d'une restauration totale de la densité osseuse (Tomten et coll., 1998), même au niveau de l'os cortical chez des femmes ayant une activité physique en charge.

Activité physique, ménopause et os

L'ostéoporose représente l'une des complications majeures de la ménopause. La masse osseuse résulte d'une balance entre la résorption osseuse (ostéoclastes) et l'accrétion osseuse (ostéoblastes). Or, seuls les ostéoblastes possèdent des mécanorécepteurs, expliquant qu'une augmentation des contraintes imprimées sur l'os (forces de compression) stimule l'activité ostéoblastique et donc l'ostéoformation tandis qu'une diminution des contraintes (microgravité ou immobilisation) découple le remodelage osseux en diminuant l'activité ostéoblastique sans modifier la résorption osseuse. Il en résultera à moyen terme une diminution de la masse osseuse.

Il est intéressant de noter que la sensibilité des mécanorécepteurs semble modulée par l'âge (elle diminue avec l'âge) et l'imprégnation hormonale (le seuil augmente en cas de carence œstrogénique). Pour maintenir le capital osseux à un niveau constant, la stimulation physique doit donc s'accroître au cours du vieillissement, et ceci d'autant plus qu'il s'agit d'une femme ménopausée non substituée.

Femme ménopausée qui a toujours fait de l'exercice

Après la ménopause, les femmes qui ont pratiqué régulièrement une activité physique ont en général une masse osseuse plus importante (à condition que ces femmes n'aient pas d'antécédent d'aménorrhée et/ou d'autres troubles du cycle de durée prolongée en rapport avec un entraînement physique trop intense et surtout mal compensé par un apport alimentaire adéquat). Par ailleurs, chez la femme ménopausée, il existe une relation positive entre l'exercice musculaire et la densité osseuse, après ajustement de tous les facteurs qui peuvent agir sur la masse osseuse, en particulier en tenant compte de l'existence ou non d'un traitement substitutif œstrogénique (Cheng et coll., 1991).

Néanmoins, la pratique régulière d'une activité physique intense (jusqu'à 12 h/semaine) pendant la vie ne protège pas les femmes de la diminution de la densité osseuse survenant avec l'âge. Ceci est bien illustré par le travail de Ryan et Elahi (1998) qui ont comparé des athlètes s'entraînant 12 h/semaine (natation, course ou triathlon) à des femmes sédentaires. Ces femmes étaient

âgées de 20 à 70 ans (les femmes ménopausées ne prenaient pas de traitement hormonal de substitution). Bien que les athlètes âgées aient été en très bonne santé et toujours très actives pour leur âge, elles présentaient néanmoins une perte osseuse (réduction de la densité de masse osseuse (DMO) du col fémoral et lombaire), avec une augmentation de la résorption osseuse avec l'âge. Ainsi, un niveau d'activité physique élevé après la ménopause ne peut que diminuer mais pas supprimer la perte osseuse inexorable liée au vieillissement. En revanche, la DMO était plus élevée chez les femmes sportives que chez les sédentaires du même âge.

Femme ménopausée qui démarre une activité physique

L'étude de Rikli et McManis (1990) illustre l'intérêt de démarrer un programme d'activité physique régulier chez la femme ménopausée. L'objectif de ce travail était de tester l'effet d'un programme de 10 mois d'exercice musculaire sur la densité osseuse de femmes ménopausées, la densité osseuse étant mesurée au niveau du radius du bras non dominant. Trente et une femmes ont été recrutées (âge de 57 à 83 ans) et séparées en 3 groupes : groupe A (n=10) : programme aérobic ; groupe B : programme aérobic + programme de musculation de la moitié supérieure du corps et groupe C : groupe témoin sans exercice. Dans les groupes A et B, la densité osseuse a augmenté respectivement de 1,38 et 1,33 %, sans différence entre les deux groupes. En revanche, dans le groupe C, la densité osseuse a diminué de 2,50 %. Des résultats similaires ont été retrouvés avec 2 h d'activité physique par semaine (marche, jogging, volley, tennis, natation) depuis au moins 2 ans chez des femmes ménopausées sans traitement hormonal substitutif (Douchi et coll., 2003).

Une méta-analyse récente reprenant l'ensemble des publications entre 1966 et 1996 démontre de façon significative que la pratique régulière de l'exercice musculaire peut prévenir la perte osseuse liée au vieillissement voire l'augmenter d'au moins 1 % par an, à la fois au niveau vertébral et au niveau du col fémoral (Wolff et coll., 1999). Après la perte massive de masse osseuse survenant les premières années suivant l'installation de la ménopause (3 à 4 % par an pendant 5 ans, en moyenne), la perte moyenne osseuse se situe ensuite autour de 1 % par an. Ce qui signifie que la deuxième phase de perte osseuse plus lente peut être complètement prévenue par la pratique régulière d'une activité musculaire. En revanche, seul le traitement hormonal substitutif semble actuellement capable de prévenir la perte rapide de masse osseuse accompagnant le déficit œstrogénique après la ménopause. À noter que les résultats sont contradictoires sur les effets de l'association œstrogènes et activité physique au moment de la ménopause : cette association induit soit un gain supplémentaire de DMO par rapport aux œstrogènes seuls ou pas de gain supplémentaire (Kohrt et coll., 2004 ; Borer, 2005). Au-delà de 70 ans, l'activité physique ne peut que freiner la perte osseuse.

Sur le plan pratique, toutes les études s'accordent sur les points suivants (Kohrt et coll., 2004 ; Borer, 2005) :

- l'activité physique régulière doit s'accompagner d'un apport calcique d'au moins 1 g/j (Specker, 1996) ;
- les exercices qui n'impliquent pas de mise en charge (natation, cyclisme) sont peu ou pas efficaces. Seuls les exercices avec mise en charge ont pu faire la preuve de leur efficacité (course à pied, musculation, marche à bon rythme, montée d'escaliers). À noter que la musculation est efficace car elle augmente la force du muscle donc l'importance de la contrainte mécanique imprimée par le muscle sur l'os ;
- les sites osseux réagissent localement en réponse à une stimulation mécanique alors que d'autres sites à distance ne bénéficient pas de manière significative de cette ostéof ormation ;
- les femmes non ménopausées comme les femmes ménopausées peuvent profiter des effets bénéfiques de l'exercice musculaire régulier sur la densité osseuse ;
- les programmes d'entraînement peuvent être efficaces à la fois de façon prophylactique et de façon thérapeutique ;
- dans tous les cas, les bénéfices obtenus ne sont pas définitivement acquis. Ils ne persisteront qu'à condition que l'activité physique régulière soit maintenue.

Il faut cependant regretter qu'aucune étude n'ait porté sur l'impact de l'activité physique associée aux nouveaux traitements de l'ostéoporose sur le gain de densité osseuse (biphosphonates, modulateurs spécifiques des récepteurs aux œstrogènes ou SERM).

Relations entre activité physique et risques de fracture chez les femmes ménopausées

La *Nurses' Health Study* portant sur plus de 61 000 femmes ménopausées a montré que le risque relatif de fracture du col du fémur était diminué de 6 % pour chaque dépense énergétique équivalente à 1 heure de marche par semaine (après contrôle de l'âge, de l'IMC, de la prise ou non de traitement hormonal de la ménopause et du tabagisme) (Feskanich et coll., 2002). Les femmes qui marchent au moins 4 h/semaine ont un risque de survenue d'une fracture du col du fémur diminué de 41 % par rapport aux femmes sédentaires marchant moins de 1 h/semaine. Ce qui suggère que même une activité physique ayant un faible impact au niveau des contraintes imprimées à l'os comme la marche (lors d'une marche tranquille, chaque pas impose une charge sur le squelette axial d'une fois le poids corporel) peut diminuer le risque de fracture même dans des conditions où on attend peu de gain de densité osseuse. Il y aurait un gain de la résistance de l'os aux contraintes mécaniques (données animales : résistance à la fracture) qui est beaucoup plus important que le gain de densité osseuse.

De nouvelles techniques permettant de mesurer la résistance osseuse (*three-scan densitometry*) confirment ces résultats (Cleek et Whalen, 2005).

La DMO n'est qu'un moyen indirect d'apprécier la résistance de l'os aux contraintes mécaniques. La question importante est de savoir si une personne est à risque de se fracturer la hanche, le fémur ou le radius. Or, la mesure de la densité osseuse par absorptiométrie biphotonique (DEXA) ne semble pas être un moyen approprié de répondre à cette question, au moins pour apprécier les effets de l'activité physique régulière sur ce risque de fracture.

En conclusion, plusieurs études mettent en évidence des effets bénéfiques de l'activité physique sur la santé des femmes. Cependant, il existe en proportion peu d'études s'intéressant spécifiquement aux femmes. L'évolution des déterminants de l'activité physique avec l'âge engage à adapter les contraintes de la pratique aux différentes périodes de la vie. De même, le statut physiologique des femmes (puberté, grossesse, ménopause, traitement thérapeutique hormonal...) est à prendre en compte dans les recommandations spécifiques.

En ce qui concerne la pratique sportive intensive, il existe encore trop peu d'études s'intéressant spécifiquement aux femmes. Néanmoins, les données récentes démontrent clairement que l'activité physique régulière voire intensive chez la femme n'est pas synonyme de troubles du cycle ovarien. Ainsi, une athlète de haut niveau s'entraînant plus de 20 h par semaine gardera des cycles réguliers mais à condition que ses apports alimentaires soient suffisants (en quantité (kcal) et en apports lipidiques). Étant données les conséquences délétères, en particulier osseuses, des troubles du cycle prolongés, la régularité des cycles est un élément qui doit faire partie du suivi systématique des sportives (données d'interrogatoire clinique).

BIBLIOGRAPHIE

- AARON DJ, JEKAL YS, LAPORTE RE. Epidemiology of physical activity from adolescence to young adulthood. *World Rev Nutr Diet* 2005, **94** : 36-41
- ALDANA SG, SUTTON LD, JACOBSON BH, QUIRK MG. Relationships between leisure time physical activity and perceived stress. *Percept Mot Skills* 1996, **82** : 315-321
- AMERICAN COLLEGE OF OBSTETRICIANS AND GYNECOLOGISTS (ACOG). ACOG Committee opinion. Number 267, January 2002: exercise during pregnancy and the postpartum period. *Obstet Gynecol* 2002, **99** : 171-173
- ANDERSEN LB, HARRO M, SARDINHA LB, FROBERG K, EKELUND U, BRAGE S, ANDERSSON SA. Physical activity and clustered cardiovascular risk in children: a cross-sectional study (The European Youth Heart Study). *Lancet* 2006, **22** : 299-304
- APPEL LJ. Lifestyle modification as a means to prevent and treat high blood pressure. *J Am Soc Nephrol* 2003, **14** : S99-S102
- ARNER P, KRIEGHOLM E, ENGFELDT P, BOLINDER J. Adrenergic regulation of lipolysis in situ at rest and during exercise. *J Clin Invest* 1990, **85** : 893-898

ARROLL B, BEAGLEHOLE R. Does physical activity lower blood pressure: a critical review of the clinical trials. *J Clin Epidemiol* 1992, **45** : 439-447

ASHTON WD, NANCHAHAL K, WOOD DA. Leisure-time physical activity and coronary risk factors in women. *J Cardiovasc Risk* 2000, **7** : 259-266

ASIKAINEN TM, MIILUNPALO S, KUKKONEN-HARJULA K, NENONEN A, PASANEN M, et coll. Walking trials in postmenopausal women: effect of low doses of exercise and exercise fractionization on coronary risk factors. *Scand J Med Sci Sports* 2003, **13** : 284-292

ASIKAINEN TM, KUKKONEN-HARJULA K, MIILUNPALO S. Exercise for health for early postmenopausal women: a systematic review of randomised controlled trials. *Sports Med* 2004, **34** : 753-778

BAILEY RC, OLSON J, PEPPER SL, PORSZASZ J, BARSTOW TJ, et coll. The level and tempo of children's physical activities: an observational study. *Med Sci Sports Exerc* 1995, **27** : 1033-1041

BARNARD RJ, WEN SJ. Exercise and diet in the prevention and control of the metabolic syndrome. *Sports Med* 1994, **18** : 218-228

BARTHOLOMEW JB, LINDER DE. State anxiety following resistance exercise: the role of gender and exercise intensity. *J Behav Med* 1998, **21** : 205-219

BELZA B, WARMS C. Physical activity and exercise in women's health. *Nurs Clin North Am* 2004, **39** : 181-193, viii

BIDDLE S. Exercise and psychosocial health. *Res Q Exerc Sport* 1995, **66** : 292-297

BLAIR SN, GOODYEAR NN, GIBBONS LW, COOPER KH. Physical fitness and incidence of hypertension in healthy normotensive men and women. *JAMA* 1984, **252** : 487-490

BLAIR SN, KOHL HW, III, PAFFENBARGER RS, JR, CLARK DG, COOPER KH, et coll. Physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy men and women. *JAMA* 1989, **262** : 2395-2401

BLAIR SN, KOHL HW, BARLOW CE. Physical activity, physical fitness, and all-cause mortality in women: do women need to be active? *J Am Coll Nutr* 1993, **12** : 368-371

BOREHAM C, RIDDOCH C. The physical activity, fitness and health of children. *J Sports Sci* 2001, **19** : 915-929

BOREHAM C, TWISK J, NEVILLE C, SAVAGE M, MURRAY L, et coll. Associations between physical fitness and activity patterns during adolescence and cardiovascular risk factors in young adulthood: the Northern Ireland Young Hearts Project. *Int J Sports Med* 2002, **23** (suppl 1) : S22-S26

BORER KT. Physical activity in the prevention and amelioration of osteoporosis in women : interaction of mechanical, hormonal and dietary factors. *Sports Med* 2005, **35** : 779-830

BROWN W. The benefits of physical activity during pregnancy. *J Sci Med Sport* 2002, **5** : 37-45

BURROWS M, NEVILL AM, BIRD S, SIMPSON D. Physiological factors associated with low bone mineral density in female endurance runners. *Br J Sports Med* 2003, **37** : 67-71

CASPERSEN CJ, PEREIRA MA, CURRAN KM. Changes in physical activity patterns in the United States, by sex and cross-sectional age. *Med Sci Sports Exerc* 2000, **32** : 1601-1609

CHAN K, QIN L, LAU M, WOO J, AU S, et coll. A randomized, prospective study of the effects of Tai Chi Chun exercise on bone mineral density in postmenopausal women. *Arch Phys Med Rehabil* 2004, **85** : 717-722

CHENG S, SUOMINEN H, RANTANEN T, PARKATTI T, HEIKKINEN E. Bone mineral density and physical activity in 50-60-year-old women. *Bone Miner* 1991, **12** : 123-132

CLEEK TM, WHALEN RT. Effect of activity and age on long bones using a new densitometric technique. *Med Sci Sports Exerc* 2005, **37** : 1806-1813

COOPER-PATRICK L, FORD DE, MEAD LA, CHANG PP, KLAG MJ. Exercise and depression in midlife: a prospective study. *Am J Public Health* 1997, **87** : 670-673

COURNEYA KS, MCAULEY E. Cognitive mediators of the social influence-exercise adherence relationship: a test of the theory of planned behavior. *J Behav Med* 1995, **18** : 499-515

CRAMER SR, NIEMAN DC, LEE JW. The effects of moderate exercise training on psychological well-being and mood state in women. *J Psychosom Res* 1991, **35** : 437-49

DA COSTA D, RIPPEN N, DRITSA M, RING A. Self-reported leisure-time physical activity during pregnancy and relationship to psychological well-being. *J Psychosom Obstet Gynaecol* 2003, **24** : 111-119

DACEY M, BALTZELL A, ZAICHKOWSKY L. Factors in women's maintenance of vigorous or moderate physical activity. *Women in Sport & Physical Activity Journal* 2003, **12** : 87-111

DAVIES G A, WOLFE L A, MOTTOLA M F, MACKINNON C. L'exercice physique pendant la grossesse et le postpartum. *J Obstet Gynaecol Can* 2003, **25** : 523-529

DE SOUZA MJ, MILLER BE, LOUCKS AB, LUCIANO AA, PESCATELLO LS, et coll. High frequency of luteal phase deficiency and anovulation in recreational women runners: blunted elevation in follicle-stimulating hormone observed during luteal-follicular transition. *J Clin Endocrinol Metab* 1998, **83** : 4220-4232

DESPRES JP, POULIOT MC, MOORJANI S, NADEAU A, TREMBLAY A, et coll. Loss of abdominal fat and metabolic response to exercise training in obese women. *Am J Physiol* 1991, **261** : E159-E167

DOUCHI T, KOSHA S, UTO H, OKI T, NAKAE M, et coll. Precedence of bone loss over changes in body composition and body fat distribution within a few years after menopause. *Maturitas* 2003, **46** : 133-138

DRINKWATER BL, NILSON K, CHESNUT CH, BREMNER WJ, SHAINHOLTZ S, SOUTHWORTH MB. Bone mineral content of amenorrheic and eumenorrheic athletes. *N Engl J Med* 1984, **311** : 277-281

DUCLOS M. La ménopause après l'AFFSAPS. Les autres prises en charge. L'exercice physique. *Reprod Hum Horm* 2005, **18** : 237-245

DUNN AL, TRIVEDI MH, O'NEAL HA. Physical activity dose-response effects on outcomes of depression and anxiety. *Med Sci Sports Exerc* 2001, **33** : S587-S597

DURSTINE JL, HASKELL WL. Effects of exercise training on plasma lipids and lipoproteins. *Exerc Sport Sci Rev* 1994, **22** : 477-521

EATON CB, LAPANE KL, GARBER CE, ASSAF AR, LASATER TM, et coll. Physical activity, physical fitness, and coronary heart disease risk factors. *Med Sci Sports Exerc* 1995, **27** : 340-346

FESKANICH D, WILLETT W, COLDITZ G. Walking and leisure-time activity and risk of hip fracture in postmenopausal women. *JAMA* 2002, **288** : 2300-2306

FURNHAM A, BADMIN N, SNEADE I. Body image dissatisfaction: gender differences in eating attitudes, self-esteem, and reasons for exercise. *J Psychol* 2002, **136** : 581-596

GIBSON JH, HARRIES M, MITCHELL A, GODFREY R, LUNT M, REEVE J. Determinants of bone density and prevalence of osteopenia among female runners in their second to seventh decades of age. *Bone* 2000, **26** : 591-598

GUILBERT P, DELAMAIRE C, ODDOUX K, LEON C, GAUTIER A, et coll. Baromètre santé nutrition 2002 : premiers résultats. *Bulletin Épidémiologique Hebdomadaire de l'Institut de veille sanitaire* 2003, 18-19

HALLAL PC, VICTORA CG, AZEVEDO MR, WELLS JC. Adolescent physical activity and health: a systematic review. *Sports Med* 2006, **36** : 1019-1030

HANCOX RJ, MILNE BJ, POULTON R. Association between child and adolescent television viewing and adult health: a longitudinal birth cohort study. *Lancet* 2004, **364** : 257-262

HARDMAN AE. Accumulation of physical activity for health gains: what is the evidence? *Br J Sports Med* 1999, **33** : 87-92

HAUSENBLAS EA, FALLON EA. Exercise and body image: a meta-analysis. *Psychol Health* 2006, **21** : 33-47

HILTON LK, LOUCKS AB. Low energy availability, not exercise stress, suppresses the diurnal rhythm of leptin in healthy young women. *Am J Physiol* 2000, **278** : E43-E49

HU FB, SIGAL RJ, RICH-EDWARDS JW, COLDITZ GA, SOLOMON CG, et coll. Walking compared with vigorous physical activity and risk of type 2 diabetes in women: a prospective study. *JAMA* 1999, **282** : 1433-1439

HU FB, WILLETT WC, LI T, STAMPFER MJ, COLDITZ GA, et coll. Adiposity as compared with physical activity in predicting mortality among women. *N Engl J Med* 2004, **351** : 2694-2703

JAKICIC JM, WING RR, BUTLER BA, ROBERTSON RJ. Prescribing exercise in multiple short bouts versus one continuous bout: effects on adherence, cardiorespiratory fitness, and weight loss in overweight women. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1995, **19** : 893-901

JAKICIC JM, WINTERS C, LANG W, WING RR. Effects of intermittent exercise and use of home exercise equipment on adherence, weight loss, and fitness in overweight women: a randomized trial. *JAMA* 1999, **282** : 1554-1560

JORDAN AN, JURCA GM, TUDOR LOCKE C, CHURCH TS. Pedometer Indices for Weekly Physical Activity Recommendations in Postmenopausal Women. *Med Sci Sports Exerc* 2005, **37** : 1627-1632

KARLSSON MK. Physical activity, skeletal health and fractures in a long term perspective. *J Musculoskelet Neuronal Interact* 2004, **4** : 12-21

KATZMARZYK PT, CRAIG CL. Independent effects of waist circumference and physical activity on all-cause mortality in Canadian women. *Appl Physiol Nutr Metab* 2006, **31** : 271-276

KELDER SH, PERRY CL, KLEPP KI, LYTLE LL. Longitudinal tracking of adolescent smoking, physical activity, and food choice behaviors. *Am J Public Health* 1994, **84** : 1121-1126

KHAN K, MCKAY HA, HAAPASALO H, BENNELL KL, FORWOOD MR, et coll. Does childhood and adolescence provide a unique opportunity for exercise to strengthen the skeleton? *J Sci Med Sport* 2000, **3** : 150-164

KIMM SY, GLYNN NW, OBARZANEK E, KRISKA AM, DANIELS SR, et coll. Relation between the changes in physical activity and body-mass index during adolescence: a multicentre longitudinal study. *Lancet* 2005, **366** : 301-307

KING AC, HASKELL WL, YOUNG DR, OKA RK, STEFANICK ML. Long-term effects of varying intensities and formats of physical activity on participation rates, fitness, and lipoproteins in men and women aged 50 to 65 years. *Circulation* 1995, **91** : 2596-2604

KODAMA S, TANAKA S, SAITO K, SHU M, SONE Y, et coll. Effect of aerobic exercise training on serum levels of high-density lipoprotein cholesterol: a meta-analysis. *Arch Intern Med* 2007, **28** : 999-1008

KOHRM WM, BLOOMFIELD SA, LITTLE KD, NELSON ME, YINGLING VR. American College of Sports Medicine Position Stand: physical activity and bone health. *Med Sci Sports Exerc* 2004, **36** : 1985-1996

KUSHI LH, FEE RM, FOLSOM AR, MINK PJ, ANDERSON KE, et coll. Physical activity and mortality in postmenopausal women. *JAMA* 1997, **277** : 1287-1292

LAUGHLIN GA, YEN SS. Hypoleptinemia in women athletes: absence of diurnal rhythm with amenorrhea. *J Clin Endocrinol Metab* 1997, **82** : 318-321

LEE IM. Physical activity in women: how much is good enough? *JAMA* 2003, **290** : 1377-1379

LEVY SS, EBBECK V. The exercise and self-esteem model in adult women: the inclusion of physical acceptance. *Psychology of Sport and Exercise* 2005, **6** : 571-584

LOUCKS AB, THUMA JR. Luteinizing hormone pulsatility is disrupted at a threshold of energy availability in regularly menstruating women. *J Clin Endocrinol Metabol* 2003, **88** : 297-311

LYNCH AM, MCDONALD S, MAGANN EF, EVANS SF, CHOY PL, et coll. Effectiveness and safety of a structured swimming program in previously sedentary women during pregnancy. *J Matern Fetal Neonatal Med* 2003, **14** : 163-169

MALINA RM. Menarche in athletes: a synthesis and hypothesis. *Ann Hum Biol* 1983, **10** : 1-24

MALINA RM. Tracking of physical activity and physical fitness across the lifespan. *Res Q Exerc Sport* 1996, **67** : S48-S57

MALINA RM. Physical activity and fitness: pathways from childhood to adulthood. *Am J Hum Biol* 2001, **13** : 162-172

MANSON JE, HU FB, RICH-EDWARDS JW, COLDITZ GA, STAMPFER MJ, et coll. A prospective study of walking as compared with vigorous exercise in the prevention of coronary heart disease in women. *N Engl J Med* 1999, **341** : 650-658

MAO Y, PAN S, WEN SW, JOHNSON KC. Physical activity and the risk of lung cancer in Canada. *Am J Epidemiol* 2003, **158** : 564-575

MARCUS R, CANN C, MADVIG P, MINKOFF J, GODDARD MB, et coll. Menstrual function and bone mass in elite women distance runners. Endocrine and metabolic features. *Ann Intern Med* 1985, **102** : 158-163

MATTON L, THOMIS M, WIJNDAELE K, DUVIGNEAUD N, BEUNEN G, et coll. Tracking of physical fitness and physical activity from youth to adulthood in females. *Med Sci Sports Exerc* 2006, **38** : 1114-1120

MCTEER W, CURTIS J. Sport and Physical Activity and Subjective Well Being: National Panel Data for the U.S. *International Review for the Sociology of Sport* 1993, **28** : 397-412

NEUMARK-SZTAINER D, STORY M, HANNAN PJ, THARP T, REX J. Factors associated with changes in physical activity: a cohort study of inactive adolescent girls. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2003, **157** : 803-810

NORRIS R, CARROLL D, COCHRANE R. The effects of aerobic and anaerobic training on fitness, blood pressure, and psychological stress and well-being. *J Psychosom Res* 1990, **34** : 367-375

OGUMA Y, SESSO HD, PAFFENBARGER RS, JR, LEE IM. Physical activity and all cause mortality in women: a review of the evidence. *Br J Sports Med* 2002, **36** : 162-172

OKASHA M, MCCARRON P, GUNNELL D, SMITH GD. Exposures in childhood, adolescence and early adulthood and breast cancer risk: a systematic review of the literature. *Breast Cancer Res Treat* 2003, **78** : 223-276

OMAN RF, KING AC. The effect of life events and exercise program format on the adoption and maintenance of exercise behavior. *Health Psychol* 2000, **19** : 605-612

OWENS JF, MATTHEWS KA, WING RR, KULLER LH. Physical activity and cardiovascular risk: a cross-sectional study of middle-aged premenopausal women. *Prev Med* 1990, **19** : 147-157

PAFFENBARGER RS, JR, HYDE RT, WING AL, HSIEH CC. Physical activity, all-cause mortality, and longevity of college alumni. *N Engl J Med* 1986, **314** : 605-613

PAGE A, COOPER AR, STAMATAKIS E, FOSTER LJ, CROWNE EC, et coll. Physical activity patterns in nonobese and obese children assessed using minute-by-minute accelerometry. *Int J Obes (Lond)* 2005, **29** : 1070-1076

PALUSKA SA, SCHWENK TL. Physical activity and mental health: current concepts. *Sports Med* 2000, **29** : 167-180

PATE RR, PRATT M, BLAIR SN, HASKELL WL, MACERA CA, et coll. Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA* 1995, **273** : 402-407

PERRI MG, ANTON SD, DURNING PE, KETTERSON TU, SYDEMAN SJ, et coll. Adherence to exercise prescriptions: effects of prescribing moderate versus higher levels of intensity and frequency. *Health Psychol* 2002, **21** : 452-458

PIETILÄ AM, HENTINEN M, MYHRMAN A. The health of Northern Finnish men in adolescence and adulthood. *Int J Nurs Stud* 1995, **32** : 325-338

POUDEVIGNE MS, O'CONNOR PJ. A review of physical activity patterns in pregnant women and their relationship to psychological health. *Sports Med* 2006, **36** : 19-38

REDMAN LM, LOUCKS AB. Menstrual disorders in athletes. *Sports Med* 2005, **35** : 747-755

RHODES RE, MARTIN AD, TAUNTON JE. Temporal relationships of self-efficacy and social support as predictors of adherence in a 6-month strength-training program for older women. *Percept Mot Skills* 2001, **93** : 693-703

RICKENLUND A, ERIKSSON MJ, SCHENCK-GUSTAFSSON K, HIRSCHBERG AL. Amenorrhea in female athletes is associated with endothelial dysfunction and unfavorable lipid profile. *J Clin Endocrinol Metab* 2005, **90** : 1354-1359

RIKLI RE, MCMANIS BG. Effects of exercise on bone mineral content in postmenopausal women. *Res Q Exerc Sport* 1990, **61** : 243-249

ROSETTA L, HARRISON GA, READ GF. Ovarian impairments of female recreational distance runners during a season of training. *Ann Hum Biol* 1998, **25** : 345-357

RYAN AS, ELAHI D. Loss of bone mineral density in women athletes during aging. *Calcif Tissue Int* 1998, **63** : 287-292

SALLIS JF. Age-related decline in physical activity: a synthesis of human and animal studies. *Med Sci Sports Exerc* 2000, **32** : 1598-1600

SALLIS JF, PROCHASKA JJ, TAYLOR WC. A review of correlates of physical activity of children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 2000, **32** : 963-975

SCULLY D, KREMER J, MEADE MM, GRAHAM R, DUDGEON K. Physical exercise and psychological well being: a critical review. *Br J Sports Med* 1998, **32** : 111-120

SHERWOOD NE, JEFFERY RW. The behavioral determinants of exercise: implications for physical activity interventions. *Annu Rev Nutr* 2000, **20** : 21-44

SIMON C, WAGNER A, DIVITA C, RAUSCHER E, KLEIN-PLATAT C, et coll. Intervention centred on adolescents' physical activity and sedentary behaviour (ICAPS): concept and 6-month results. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2004, **28** (suppl 3) : S96-S103

SPECKER BL. Evidence for an interaction between calcium intake and physical activity on changes in bone mineral density. *J Bone Miner Res* 1996, **11** : 1539-1544

STEVENSON L, ALLEYNE J, MOTTOLA M, WOLFE L, HAMMOND JA. L'activité physique et la grossesse. Enoncé de Position. CASM ACMS 1998, 1-10

STONE EJ, MCKENZIE TL, WELK GJ, BOOTH ML. Effects of physical activity interventions in youth. Review and synthesis. *Am J Prev Med* 1998, **15** : 298-315

STRELAN P, MEHAFFEY S J, TIGGEMANN M. Self-objectification and esteem in young women: the mediating role of reasons for exercise. *Sex Roles* 2003, **48** : 89-95

STRONG WB, MALINA RM, BLIMKIE CJ, DANIELS SR, DISHMAN RK, et coll. Evidence based physical activity for school-age youth. *J Pediatr* 2005, **146** : 732-737

SUTER E, HAWES MR. Relationship of physical activity, body fat, diet, and blood lipid profile in youths 10-15 year. *Med Sci Sports Exerc* 1993, **25** : 748-754

TAMMELIN T, NAYHA S, HILLS AP, JARVELIN MR. Adolescent participation in sports and adult physical activity. *Am J Prev Med* 2003, **24** : 22-28

TELAMA R, YANG X. Decline of physical activity from youth to young adulthood in Finland. *Med Sci Sports Exerc* 2000, **32** : 1617-1622

TOMKINSON GR, LEGER LA, OLDS TS, CAZORLA G. Secular trends in the performance of children and adolescents (1980-2000): an analysis of 55 studies of the 20m shuttle run test in 11 countries. *Sports Med* 2003, **33** : 285-300

TOMTEN SE, FALCH JA, BIRKELAND KI, HEMMERSBACH P, HOSTMARK AT. Bone mineral density and menstrual irregularities. A comparative study on cortical and trabecular bone structures in runners with alleged normal eating behavior. *Int J Sports Med* 1998, **19** : 92-97

TORSTVEIT MK, SUNDGOT-BORGEN J. Participation in leanness sports but not training volume is associated with menstrual dysfunction: a national survey of 1276 elite athletes and controls. *Br J Sports Med* 2005, **39** : 141-147

TOTH MJ, POEHLMAN ET. Resting metabolic rate and cardiovascular disease risk in resistance- and aerobic-trained middle-aged women. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1995, **19** : 691-698

TROST SG, PATE RR, SALLIS JF, FREEDSON PS, TAYLOR WC, et coll. Age and gender differences in objectively measured physical activity in youth. *Med Sci Sports Exerc* 2002, **34** : 350-355

TROST SG, SIRARD JR, DOWDA M, PFEIFFER KA, PATE RR. Physical activity in overweight and nonoverweight preschool children. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2003, **27** : 834-839

TRUDEAU F, LAURENCELLE L, TREMBLAY J, RAJIC M, SHEPHARD RJ. Daily primary school physical education: effects on physical activity during adult life. *Med Sci Sports Exerc* 1999, **31** : 111-117

TRUDEAU F, LAURENCELLE L, SHEPHARD RJ. Tracking of physical activity from childhood to adulthood. *Med Sci Sports Exerc* 2004, **36** : 1937-1943

TWISK JW. Physical activity guidelines for children and adolescents: a critical review. *Sports Med* 2001, **31** : 617-627

TWISK JW, KEMPER HC, VAN MECHELEN W, POST GB. Tracking of risk factors for coronary heart disease over a 14-year period: a comparison between lifestyle and biologic risk factors with data from the Amsterdam Growth and Health Study. *Am J Epidemiol* 1997, **145** : 888-898

VAN MECHELEN W, TWISK JW, POST GB, SNEL J, KEMPER HC. Physical activity of young people: the Amsterdam Longitudinal Growth and Health Study. *Med Sci Sports Exerc* 2000, **32** : 1610-1616

VILHJALMSSON R, THORLINDSSON T. Factors related to physical activity: a study of adolescents. *Soc Sci Med* 1998, **47** : 665-675

WARREN MP, PERLROTH NE. The effects of intense exercise on the female reproductive system. *Journal of Endocrinology* 2001, **170** : 3-11

WELT CK, CHAN JL, BULLEN J, MURPHY R, SMITH P, et coll. Recombinant human leptin in women with hypothalamic amenorrhea. *N Engl J Med* 2004, **351** : 987-997

WESTERTERP KR. Alterations in energy balance with exercise. *Am J Clin Nutr* 1998, **68** : 970S-974S

WESTERTERP KR, GORAN MI. Relationship between physical activity related energy expenditure and body composition: a gender difference. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1997, **21** : 184-188

WESTERTERP KR, MEIJER GA, JANSSEN EM, SARIS WH, TEN HOOR F. Long-term effect of physical activity on energy balance and body composition. *Br J Nutr* 1992, **68** : 21-30

WHELTON SP, CHIN A, XIN X, JIANG H. Effect of aerobic exercise on blood pressure: a met-analysis of randomized, controlled trials. *Ann Intern Med* 2002, **136** : 493-503

WHITE JL, RANSDELL LB, VENER J, FLOHR JA. Factors related to physical activity adherence in women: review and suggestions for future research. *Women Health* 2005, **41** : 123-148

WILKIN TJ, MALLAM KM, METCALF BS, JEFFERY AN, VOSS LD. Variation in physical activity lies with the child, not his environment: evidence for an 'activitystat' in young children (EarlyBird 16). *Int J Obes (Lond)* 2006, **30** : 1050-1055

WILLIAMS NI, HELMREICH DL, PARFITT DB, CASTON-BALDERRAMA A, CAMERON JL. Evidence for a causal role of low energy availability in the induction of menstrual cycle disturbances during strenuous exercise training. *J Clin Endocrinol Metab* 2001, **86** : 5184-5193

WOLFF I, VAN CROONENBORG JJ, KEMPER HC, KOSTENSE PJ, TWISK JW. The effect of exercise training programs on bone mass: a meta-analysis of published controlled trials in pre- and postmenopausal women. *Osteoporos Int* 1999, **9** : 1-12

WOLIN KY, GLYNN RJ, COLDITZ GA, LEE IM, AWACHI I. Long-term physical activity patterns and health-related quality of life in U.S. women. *Am J Prev Med* 2007, **32** : 490-499

WOODRUFF SI, CONWAY TL. A longitudinal assessment of the impact of health/fitness status and health behavior on perceived quality of life. *Percept Mot Skills* 1992, **75** : 3-14

25

Chez la personne âgée

Le processus de vieillissement s'accompagne d'une baisse progressive des capacités d'adaptation de l'individu et d'une diminution de l'efficacité des mécanismes de régulation. Ces modifications des fonctions biologiques et physiologiques, lorsqu'elles sont trop importantes, peuvent avoir des conséquences majeures sur l'autonomie de la personne et sont responsables de limitations fonctionnelles. En effet, la réduction des réserves fonctionnelles avec l'âge rapproche la personne âgée du seuil de décompensation⁶⁵ (*US Department of Health and Human Services, 1996*).

Si des capacités aérobies minimales estimées à 15-18 ml/kg/min sont nécessaires pour mener une vie indépendante (Paterson et coll., 1999), il a été montré qu'une augmentation de la consommation maximale d'oxygène de l'ordre de 3-4 ml/kg/min peut être atteinte (Huang et coll., 2005), ce qui pourrait contribuer à repousser l'âge d'entrée dans la dépendance. Il a été montré, chez le sujet très âgé, que l'activité physique permet de limiter les incapacités au cours de l'année précédant le décès. En effet, la pratique régulière d'une activité physique permet de retarder ou de ralentir certains processus délétères liés au vieillissement (Bean et coll., 2004). Le maintien des capacités physiques apparaît alors essentiel pour conserver l'indépendance et préserver la qualité de vie au cours de l'avancée en âge (Ferrucci et coll., 1999 ; Wu et coll., 1999 ; Cress et coll., 2004).

L'activité physique est donc un moyen permettant de contribuer à un vieillissement sain et a l'avantage d'agir simultanément sur plusieurs organes et sur de multiples facteurs de risque communs à différentes pathologies. Son action porte à la fois sur la santé physique et la santé mentale des individus.

65. Seuil en dessous duquel il n'est plus possible pour l'individu de s'adapter ; ce seuil existe sur le plan physique comme sur le plan psychologique.

Fonction musculaire et mobilité

Un faible niveau d'activité physique est associé à un risque plus élevé de déclin du statut fonctionnel. Le statut fonctionnel correspond à l'état des différentes fonctions ; sa mesure doit permettre d'évaluer l'impact d'une maladie sur les activités de la vie quotidienne du sujet, sur ses capacités à s'adapter, sur ses performances (Stuck et coll., 1999). En effet, s'il n'est pas clairement établi que l'activité physique prévient ou minimise l'incapacité, il est bien démontré qu'elle a un effet bénéfique sur les limitations fonctionnelles (Latham et coll., 2003 ; Means et coll., 2005). Les études prospectives montrent un effet positif, alors que les résultats des études expérimentales sont contradictoires. Plus spécifiquement, les essais contrôlés randomisés qui ont montré un effet bénéfique de l'activité physique sur les incapacités ont essentiellement été menés chez des sujets âgés atteints d'ostéoarthrite ou chez des sujets vivant en institutions ou à domicile avec des limitations fonctionnelles ou des incapacités (Keysor, 2003).

Bien que le rôle de l'activité physique dans la préservation de la mobilité du sujet âgé n'ait été que faiblement exploré, il a été montré qu'un niveau élevé d'activité physique à l'âge adulte est associé à une meilleure mobilité à un âge plus avancé par comparaison aux sujets moins actifs (Patel et coll., 2006). La mobilité peut se définir comme l'habileté du sujet à bouger d'un point à un autre de façon indépendante et sûre (Patla et Shunway-Cook, 1999). Le critère de mobilité fonctionnelle repose sur la capacité à maintenir son indépendance, tel que marcher 805 m, monter un étage à pieds, porter une charge de 11,3 kg (DiPietro, 1996). De plus, l'altération de la mobilité représente un facteur prédictif de chutes. En effet, les muscles des jambes jouent un rôle essentiel dans le maintien de la posture debout et dans la marche. Plus spécifiquement, la baisse de la force des muscles de la cheville favorise les pertes d'équilibre qui peuvent provoquer des chutes, elles-mêmes à l'origine d'une réduction de mobilité et de handicaps fonctionnels.

Une étude transversale suggère la mise en place d'une spirale du déclin fonctionnel dans laquelle la perte de force musculaire joue un rôle significatif (Rantanen et coll., 1999). Chez le sujet âgé, la fonction musculaire se dégrade progressivement. Cette dégradation est principalement marquée par la réduction de la masse musculaire (sarcopénie) qui subit des transformations quantitatives et qualitatives pouvant avoir des conséquences sur la capacité à réaliser les activités de la vie quotidienne (Hunter et coll., 1995). Ces résultats apparaissent très importants lorsqu'il est observé que les sujets âgés deviennent la plupart du temps dépendants du fait de leur incapacité à réaliser les tâches quotidiennes simples. En effet, une faiblesse musculaire est fréquemment associée à une mobilité réduite (Buchner, 1997), un risque accru d'incapacité (Guralnik et coll., 1995) et à des chutes (Tinetti et coll., 1986). La prévalence de la sarcopénie est supérieure à 20 % chez les sujets sains âgés de 65 ans et plus et a tendance à s'accroître

avec l'âge (Ianuzzi-Sucich et coll., 2002) pour atteindre 50 % au-delà de 80 ans (Baumgartner et coll., 1998). Plus précisément, l'incapacité physique peut survenir dans des cas de sarcopénie sévère. Ainsi, pour un sujet de 60 ans et plus, un degré élevé d'incapacité physique est associé à une masse musculaire $\leq 5,75 \text{ kg/m}^2$ chez les femmes et $\leq 8,50 \text{ kg/m}^2$ chez les hommes ; un degré modéré est associé à une masse musculaire comprise entre 5,76 et 6,75 kg/m^2 chez les femmes et 8,51 et 10,75 kg/m^2 chez les hommes (Janssen et coll., 2004).

Le maintien de l'activité physique contribue donc à la conservation de la fonction musculaire nécessaire au maintien de la mobilité chez le sujet âgé (Rantanen et coll., 1994 et 1996). Dans une revue *Cochrane*, il a été montré que la réduction de la masse musculaire est potentiellement réversible par l'exercice contre résistance (Latham et coll., 2003), qui augmente la surface occupée par les fibres de type II (Pyka et coll., 1994), et par l'exercice en endurance qui augmente l'activité enzymatique oxydative du muscle (Coggan et coll., 1992 ; Berthon et coll., 1995 ; Proctor et coll., 1995) même s'il semble que l'entraînement en endurance soit moins efficace que l'exercice contre résistance dans le traitement de la sarcopénie liée à l'avancée en âge (Fiatarone et coll., 1994). Cependant, le déclin de la force musculaire (principaux muscles extenseurs des membres inférieurs) est plus lent chez les individus qui maintiennent un niveau élevé d'entraînement basé sur des activités d'endurance (Harridge et coll., 1997).

La conséquence associée à la perte de masse musculaire est la perte de force musculaire. Un entraînement progressif contre résistance permet d'accroître la force musculaire chez le sujet âgé de 60 ans et plus et a également un effet sur certaines limitations fonctionnelles. Il est aujourd'hui largement démontré que la force musculaire peut être augmentée par le biais de programmes d'entraînement même à un âge très avancé (Fiatarone et coll., 1990 ; Pyka et coll., 1994), le gain allant de 8 à 174 % suivant le muscle et l'état de la fonction musculaire du sujet au début de l'entraînement (Fiatarone et coll., 1990 ; Rogers et Evans, 1993). Les gains pouvant être obtenus chez des sujets âgés sont similaires à ceux observés chez des adultes jeunes. Il est important de rappeler que 75 % des bénéfices liés à l'entraînement de la force musculaire sont perdus en 3 mois après l'arrêt de l'entraînement (Taaffe et Marcus, 1997). Une étude suggère que ce n'est pas le niveau d'activité physique qui est important dans l'optimisation de la fonction musculaire du sujet âgé, mais la nature de ces activités (Harridge et coll., 1997). Une méta-analyse a permis de définir les modalités d'un entraînement destiné à développer la force musculaire (Rhea et coll., 2003). Chez le sujet non entraîné, une charge équivalente à 60 % de la charge maximale (1-RM ou une répétition maximale), à raison de 4 séries d'exercices par groupe musculaire, 3 fois par semaine, permet d'obtenir des gains maximum. Chez le sujet entraîné, une charge de 80 %, à raison de 4 séries d'exercices par groupe musculaire, 2 fois par semaine sont nécessaires.

Il ne semble pas exister de relation entre le niveau d'activité physique chez le jeune ou à l'âge adulte et la force musculaire à un âge avancé (≥ 65 ans) mais l'augmentation de la force musculaire par l'activité physique et des exercices de renforcement musculaire à l'âge adulte peut avoir un impact favorable sur la morbidité et la mortalité à un âge plus avancé, indépendamment de l'indice de masse corporelle (Rantanen et coll., 2000).

Si l'amélioration de la force musculaire est d'un intérêt majeur dans la préservation de la fonction musculaire, un intérêt de plus en plus grand est porté sur la puissance musculaire (force \times vitesse) dont la baisse avec l'âge est plus rapide, celle-ci étant plus largement associée à la mobilité fonctionnelle (Bean et coll., 2003 et 2004).

L'exercice mais également la nutrition et le traitement hormonal substitutif de la ménopause sont des facteurs importants à considérer dans la prévention de la perte musculaire (Iannuzzi-Sucich et coll., 2002).

Chutes

La chute est à l'origine d'une réduction de mobilité et de handicaps fonctionnels, psychologiques et sociaux conséquents, aboutissant à l'extrême à la régression psychomotrice, source elle-même d'une morbi-mortalité élevée contribuant pour une large part à l'hospitalisation et à l'institutionnalisation des personnes âgées. Un entraînement exercé dans certaines conditions (extension de la tête, exercices sur sols mous) améliore le contrôle postural et la fonction d'équilibration en agissant sur ses différents composants (capteurs vestibulaires et somato-sensoriels, capacités attentionnelles, effecteurs) (Hu et Woollacott, 1994a et b). L'entraînement spécifique, à base d'exercices d'équilibre, permet une optimisation du contrôle postural dans les situations extrêmes en réduisant les temps de réaction, en développant l'aptitude à commuter d'un système sensoriel à l'autre et en renforçant l'usage préférentiel d'un type particulier d'informations, ce qui permet une meilleure résolution des conflits intersensoriels.

Six revues de littérature portant sur les effets des interventions d'activité physique/exercice sur la prévention des chutes ont été publiées entre 2001 et 2005 (Province et coll., 1995 ; Gillespie et coll., 2003 ; Moreland et coll., 2003 ; Chang et coll., 2004 ; Sherrington et coll., 2004 ; Means et coll., 2005).

En 1995, une première méta-analyse avait pour but de déterminer si une session d'exercices de durée limitée (10 à 36 semaines) réduisait les chutes sur une période de 2 à 4 ans (Province et coll., 1995). Les résultats ont montré que l'impact des différents programmes d'activités physiques s'accompagnait d'une augmentation significative du temps moyen entre deux chutes surtout lorsque ces programmes incluaient des exercices d'équilibre (RR=0,83 ; IC 95 % [0,70-0,98] *versus* RR=0,90 ; IC 95 % [0,81-0,99] pour des program-

mes sans exercices d'équilibre). Ces résultats sont à rapprocher de ceux de l'équipe de Hu (Hu et Woollacott, 1994a) qui observe une amélioration de l'équilibre et une moindre incidence des chutes chez des sujets soumis à des exercices mettant en jeu des entrées visuelles, vestibulaires et proprioceptives. Lors d'une intervention générale comportant une correction des troubles de la marche et de l'équilibre, Tinetti et coll. (1994) observent un recul de la survenue de la première chute et une réduction significative de l'incidence des chutes ainsi qu'une tendance à la réduction du nombre de celles nécessitant des soins médicaux ou chirurgicaux. L'intérêt de l'activité physique dans la prévention des chutes a également été mis en évidence dans une méta-analyse ayant porté sur 40 essais contrôlés randomisés (Chang et coll., 2004). Les résultats ont montré une diminution du risque de chute (RR=0,88 ; IC 95 % [0,82-0,95] ; p=0,03) ainsi qu'une diminution du taux d'incidence mensuel des chutes (RR=0,80 ; IC 95 % [0,72-0,88] ; p<0,001). L'analyse de 62 études d'intervention (2 168 sujets) destinées à réduire l'incidence des chutes dans la population âgée, vivant à domicile, en institution ou à l'hôpital a permis de montrer que l'intervention la plus efficace comporte un programme à base de renforcement musculaire, de réentraînement de l'équilibre, et de marche, prescrit individuellement à domicile, par un professionnel de santé entraîné (Gillespie et coll., 2003). Cette intervention a permis de réduire de façon significative le nombre de chutes sur 1 an (3 essais, 566 sujets, RR=0,80 ; IC 95 % [0,66-0,98]). Le nombre de chutes ayant occasionné une blessure a également diminué chez les personnes vivant à domicile (RR=0,67 ; IC 95 % [0,51-0,89]). Aucun résultat significatif n'a été montré chez des sujets vivant en institution. Des résultats issus d'essais randomisés contrôlés parus à partir de 2004 confirment l'efficacité de programmes d'activité physique.

Une étude menée chez des sujets âgés fragiles⁶⁶ a montré une réduction de 22 % du nombre de chutes à 1 an (IRR⁶⁷=0,78 ; IC 95 % [0,62-0,99]), voire plus chez les sujets ayant chuté au cours de l'année précédant l'étude (IRR=0,69 ; IC 95 % [0,48-0,99]) (Lord et coll., 2003).

Chez des sujets identifiés comme « à risque de chute », le taux de chutes était de 40 % plus faible dans le groupe intervention comparé au groupe sans intervention (IRR=0,60 ; IC 95 % [0,36-0,99]) (Barnett et coll., 2003). L'efficacité d'un programme d'exercices d'intensité modérée pratiqués en groupe sur la prévention des chutes et la performance physique a été observée chez des sujets pré-fragiles (*Hazard Ratio* ou HR=0,39 ; IC 95 % [0,18-0,88]) mais pas chez des sujets fragiles (Faber et coll., 2006). Les études contrôlées

66. La fragilité est un syndrome qui se manifeste par une réduction multisystémique des réserves physiologiques qui limitent les capacités d'adaptation des sujets. D'un point de vue médical, la personne âgée fragile est une personne polypathologique présentant des maladies atypiques et des syndromes gériatriques (Ahmed et coll., 2007).

67. IRR : *Incidence Rate Ratio* (rapport des taux d'incidence)

randomisées n'ont montré qu'une faible efficacité d'un programme d'activité physique chez des personnes âgées ayant des problèmes cognitifs, plus particulièrement du fait de problèmes méthodologiques contenus dans les études disponibles (Hauer et coll., 2006). Une étude prospective menée chez des femmes âgées ostéoporotiques (Madureira et coll., 2007) a souligné l'efficacité d'un entraînement de l'équilibre pour améliorer l'équilibre statique et fonctionnel, la mobilité et la fréquence des chutes. Chez des personnes âgées vivant en institution, un programme de renforcement musculaire des chevilles et de marche (15 à 20 min, 3 fois par semaine pendant 3 mois) a permis d'améliorer ou de maintenir l'équilibre et de diminuer la peur de tomber dans le groupe intervention (Schoenfelder et Rubenstein, 2004). Une étude a montré que suite à un programme d'entraînement (endurance et/ou force) seulement 42 % des sujets ont déclaré une chute par comparaison au 60 % dans le groupe témoin dans l'année qui a suivi l'étude (Buchner et coll., 1997). Par ailleurs, Jaglal et coll. (1993) ont comparé un groupe de femmes âgées ayant un premier diagnostic de fracture de la hanche à un groupe témoin et ont calculé un risque relatif de fracture de 0,66 chez les femmes ayant rapporté un passé d'activité physique et de 0,54 chez les femmes ayant été très actives.

Les programmes combinant des exercices d'équilibre, de renforcement musculaire des jambes, de souplesse et/ou d'endurance permettent effectivement de réduire le risque de chutes chez le sujet âgé (Gardner et coll., 2000 ; Gregg et coll., 2000 ; Chang et coll., 2004). Si le tai chi est une activité qui peut jouer un rôle dans la réduction de la peur de chuter chez le sujet âgé fragile (Sattin et coll., 2005), son rôle dans la réduction du nombre de chutes reste à démontrer (Zeeuwe et coll., 2006). Les activités aquatiques quant à elles ne semblent pas avoir d'effet sur la peur de chuter mais contribuent à l'amélioration de l'équilibre (Devereux et coll., 2005), tout comme la danse, qui pourrait être un moyen de réduire le risque de chute (Federici et coll., 2005).

Fractures

Plusieurs études ont montré un taux d'incidence des fractures de hanche de 20 à 40 % plus faible chez les individus qui déclarent être physiquement actifs comparés à des sujets sédentaires (Cumming et coll., 1997 ; Nguyen et coll., 1998 ; Gregg et coll., 2000 ; Marks et coll., 2003). Les résultats sont plus inconsistants pour les fractures vertébrales (Silman et coll., 1997 ; Gregg et coll., 1998). En effet, l'exercice permet de réduire le risque de fracture de hanche plus que le risque de fracture vertébrale (Province et coll., 1995). Toutefois, nous disposons de résultats en faveur d'une réduction de l'incidence des fractures vertébrales chez des femmes ménopausées au cours des 8 années qui ont suivi un programme de 2 ans à base d'exercices de

renforcement des muscles du dos (Sinaki et coll., 2002). Les résultats issus de la mise en œuvre de programmes d'éducation à la santé (alimentation, activités physiques, tabac, facteurs de risque environnementaux) ont montré une baisse significative de l'incidence des fractures de l'avant-bras chez les femmes et une tendance à la baisse des fractures de la hanche au niveau du trochanter mais pas cervical (Grahn Kronhed et coll., 2005). Il a été montré que dans une population de femmes âgées de 75 ans et plus, la performance au test d'équilibre est inférieure chez les sujets ayant déclaré un antécédent de fracture, en particulier entre 65 et 75 ans par comparaison aux femmes sans antécédent ou avec des fractures survenues avant 65 ans (Gerdhem et coll., 2006). Dans cette même étude, des résultats similaires ont été trouvés par rapport à la vitesse de marche et à la tendance à chuter. La préservation de la résistance aux fractures implique de maintenir une activité physique non seulement en quantité mais aussi en variété (par exemple des activités physiques à impact exerçant une contrainte sur l'os) (Kaptoge et coll., 2007). Par ailleurs, une étude, menée chez des femmes âgées de 70 à 73 ans, a récemment montré qu'une activité physique pratiquée tout au long de la vie pouvait être un facteur protecteur contre les fractures (Korpelainen et coll., 2006). Cependant, des études complémentaires sont nécessaires, d'autant plus que les études disponibles portent essentiellement sur des femmes.

Ostéoporose

Le gain osseux obtenu par un programme d'entraînement en endurance (Kelley et coll., 1998a) ou contre résistance (Layne et Nelson, 1999) semble faible et de courte durée après l'arrêt de l'entraînement (McCartney et coll., 1995). Cependant, l'entraînement contre résistance permettrait de maintenir la densité minérale osseuse par son effet conjoint sur la masse musculaire et la force musculaire ainsi que sur la fonction d'équilibration favorables à la réduction de l'incidence des chutes et des fractures ostéoporotiques. Le gain apporté par les programmes d'exercices en charge pourrait être optimisé en cas de traitement hormonal substitutif associé (Notelovitz et coll., 1991), suggérant que les œstrogènes seraient capables d'augmenter le seuil de sensibilité osseuse à la contrainte mécanique. Ainsi explique-t-on que l'activité physique permette une amélioration de la densité minérale osseuse plus importante en période péri-ménopausique (sécrétion d'œstrogènes encore présente) qu'en période post-ménopausique (Jarvinen et coll., 1998).

Plusieurs méta-analyses portent sur des études essentiellement menées chez des femmes (Bérard et coll., 1997 ; Kelley, 1998b ; Wolff et coll., 1999 ; Wallace et Cumming, 2000 ; Kelley et coll., 2001 et 2002 ; Bonaiuti et coll., 2002 ; Palombaro, 2005 ; Kelley et Kelley, 2006 ; Martyn-St James et Carroll, 2006). Les résultats des deux plus récentes ont montré que l'exercice

n'améliore pas (gain non significatif) la densité minérale osseuse du col fémoral de femmes ménopausées (Kelley et Kelley, 2006 ; Martyn-St James et Carroll, 2006). Le gain est toutefois statistiquement significatif au niveau de la colonne lombaire dans ces deux études, mais il est important de s'interroger sur la significativité clinique de ces résultats. L'analyse de 10 études d'interventions menées chez des hommes et des femmes de 50 ans et plus ayant suivi un programme de marche dans le but de prévenir la perte osseuse a montré un effet positif (ES⁶⁸ : +0,32 ; $p < 0,03$) sur la densité osseuse de la colonne lombaire mais pas d'effet significatif sur celles du col du fémur et du calcaneum (Palombaro, 2005). Un entraînement contre résistance permet d'atteindre des gains au niveau de la densité du radius (+1,71 % post-ménopause) (Kelley et coll., 2001) et de la hanche (+0,41 % ; IC 95 % [-8,5-1,67]), alors qu'un entraînement à base d'exercices aérobies semble être bénéfique au poignet (+1,22 % ; IC 95 % [0,71-1,74]) (Bonaiuti et coll., 2002).

Les résultats des études contrôlées randomisées les plus récentes montrent encore des résultats contradictoires (Cussler et coll., 2005 ; Englund et coll., 2005 ; Korpelainen et coll., 2006).

Arthrose

L'arthrose est une maladie articulaire dont la prévalence augmente avec l'âge. L'activité physique ne prévient pas l'arthrose mais les études concordent pour conclure à une amélioration des capacités fonctionnelles et à une diminution des douleurs (Mangione et coll., 1999 ; Dias et coll., 2000 ; Hartman et coll., 2000 ; Messier et coll., 2000) en améliorant l'amplitude des mouvements, notamment l'extension, et en favorisant un meilleur contrôle musculaire ayant des implications bénéfiques sur la réalisation des gestes de la vie quotidienne. L'activité physique n'est pas recommandée dans les périodes de poussée congestive mais peut être pratiquée en période de rémission. Elle est également recommandée chez les sujets ayant une prothèse totale de hanche (Cukras et coll., 2007).

Bien-être et qualité de vie

L'activité physique n'agit pas seulement sur la santé physique des sujets mais également sur leur santé mentale en contribuant à leur bien-être et à leur qualité de vie (Rejeski et coll., 1996 ; Rejeski et Mihalko, 2001 ; Spirduso et

Cronin, 2001 ; Netz et coll., 2005). Une première revue de la littérature avait permis de souligner l'intérêt de l'activité physique dans l'amélioration de la qualité de vie mais cette relation n'avait pas été démontrée dans toutes les dimensions de la qualité de vie (Rejeski et coll., 1996). Toutefois, cette relation tend à s'atténuer avec le changement de forme physique, dans le sens où la qualité de vie est d'autant plus faible que le niveau de forme est faible. D'autres auteurs ont confirmé l'influence positive de l'activité physique sur différents paramètres associés à la qualité de vie que ce soit chez des sujets présentant une maladie cardiovasculaire, des sujets apparemment sains, avec des limitations fonctionnelles, dépressifs ou atteints de maladie chronique (Rejeski et Mihalko, 2001 ; Spirduso et Cronin, 2001).

L'étude de l'association entre activité physique et qualité de vie chez des femmes âgées de 60 ans et plus vivant de façon indépendante ou dans des résidences avec accès à différents services a montré des niveaux d'activité physique et de qualité de vie supérieurs chez les femmes vivant de façon indépendante (Koltyn, 2001).

Chez des femmes de plus de 70 ans, la pratique d'une activité physique est associée à une meilleure qualité de vie liée à la santé, mesurée par les dimensions mentales du SF-36⁶⁹ (vitalité, fonctionnement social, vie et relations avec les autres, santé psychique, limitations dues à l'état psychique), un questionnaire générique de mesure de la qualité de vie (Lee et Russell, 2003). L'analyse transversale des données (n=10 063) a montré que plus le niveau d'activité physique est élevé, plus les scores de qualité de vie sont élevés, même après ajustement sur le score du composant physique (SF-36), le statut marital, l'indice de masse corporelle et les événements de vie des 12 derniers mois. L'analyse longitudinale (n=6 472) a montré une tendance similaire bien que les effets soient plus faibles. Les sujets ont été classés en 4 groupes en fonction de leur niveau d'activité physique suivi sur trois ans : sédentaire (très peu ou pas d'activité physique au deux temps), engagement dans une activité physique (très peu ou pas au temps 1 et faible, moyen ou élevé au temps 2), arrêt de l'activité physique (faible, moyen ou élevé au temps 1 et très peu ou pas au temps 2), maintien (faible, moyen ou élevé aux deux temps). Globalement, les scores ont diminué avec l'âge mais les femmes qui ont cessé l'activité physique entre les deux temps de mesures ont des changements de qualité de vie plus négatifs que les femmes qui ont toujours été sédentaires.

Li et coll. (2001a et b) se sont intéressés aux effets d'un programme de tai chi (60 minutes par séance, 2 fois par semaine, pendant 6 mois) sur la perception de la fonction physique. Cette étude qui impliquait des sujets âgés de 65 ans et plus a montré un effet majeur du programme sur la qualité

69. Questionnaire générique de mesure de la qualité de vie

de vie (fonction physique) et cet effet est d'autant plus important que le score initial de fonction physique était bas. Dans le groupe intervention, le score moyen de la dimension fonction physique est passé de $69,63 \pm 26,02$ au début de l'étude à $86,10 \pm 15,22$ après 6 mois. Les activités aquatiques semblent également avoir un effet intéressant dans l'amélioration de qualité de vie (Devereux et coll., 2005). Par ailleurs, une étude menée chez des femmes ménopausées a permis de mettre en évidence une amélioration de la qualité de vie suite à un programme d'exercices aérobie d'intensité modérée, à raison de 2 séances encadrées d'une heure et d'une séance libre par semaine, pendant 12 semaines (Lindh-Astrand et coll., 2004). De même, Fisher et Li (2004) ont montré l'effet bénéfique d'un programme de marche encadré (1 heure, 3 fois par semaine pendant 6 mois) réalisé dans le voisinage sur la qualité de vie de sujets âgés de 65 ans et plus ($n=582$) initialement sédentaires ou inactifs (n'ayant pas participé à une activité physique au cours des 30 jours précédant l'étude).

Une étude d'intervention (Stiggelbout et coll., 2004), menée chez des hommes et des femmes âgés de 65 à 80 ans ($71 \pm 4,1$ ans), a montré que le programme « *More Exercise for Seniors* » (MBvO en hollandais) à raison d'une séance (MBvO1, $n=98$) ou 2 séances (MBvO2, $n=53$) de 45 minutes par semaine pendant 10 semaines n'était pas suffisant pour améliorer la qualité de vie. Toutefois, une amélioration de la qualité de vie a été observée dans le groupe MBvO2 chez les sujets ayant rapporté un niveau d'activité physique faible au début de l'étude.

L'effet bénéfique de l'activité physique sur le bien-être a été confirmé par l'analyse de 36 études d'intervention (taille d'effet, $d^C=0,24$) (Netz et coll., 2005), pour lesquelles l'entraînement aérobie s'est révélé le plus bénéfique ($d^C=0,34$). De plus, les auteurs soulignent que les améliorations de la santé cardiovasculaire, de la force et des capacités fonctionnelles sont liées à l'amélioration du bien-être général. Pour expliquer l'effet de l'activité physique sur le bien-être, ils se réfèrent à la théorie socio-cognitive. Cette théorie s'intéresse aux interactions sociales et culturelles qui permettent à l'individu d'évoluer dans la société à travers une démarche collective intégrant la coopération sociale.

Cognition

Les fonctions les plus sensibles aux effets du vieillissement sont les capacités mnésiques à court terme, le temps de réaction, l'attention sélective, les capacités visuo-spatiales et l'intelligence fluide, qui reflète les capacités de mémorisation d'un vocabulaire ou d'informations nouvellement appris. Malgré les discordances de résultats des différentes études, il semble que l'activité physique ait une influence bénéfique sur la cognition et en

particulier sur les processus d'attention, et que cet effet bénéfique soit non seulement assez spécifique du sujet âgé mais aussi proportionnel au degré de vieillissement cognitif. Les déficits cognitifs observés chez les sujets âgés pourraient résulter des effets cumulatifs de l'altération de l'état de santé, du bas niveau d'éducation et du vieillissement, qui sont des variables affectant le niveau d'activité physique. L'activité physique pourrait ainsi servir de variable intermédiaire entre ces déterminants et l'état cognitif. L'activité physique pourrait exercer son effet bénéfique en améliorant l'utilisation de l'oxygène et/ou le débit sanguin cérébral, en exerçant une action trophique directe synaptique et/ou neuronale en raison de l'enrichissement de l'environnement en stimulations sensorielles et motrices, en réduisant l'insulino-résistance et/ou en améliorant l'estime de soi. De plus, l'exercice physique favorise un meilleur capital verbal, une rétention visuelle plus importante, une bonne structuration spatiale, un tonus mental plus élevé et contribue également au développement de la mémoire et des habiletés intellectuelles (Bixby et coll., 2007).

Une méta-analyse récente a montré que les performances cognitives sont supérieures chez des sujets entraînés comparés à des sujets non entraînés (études transversales : $ES=0,40$; post-test : $ES=0,27$). Cet effet n'est pas dû à une différence de forme physique mais résulte de l'augmentation de la capacité aérobie (Etnier et coll., 2006). Les associations entre activité physique et cognition sont issues principalement d'études d'observation (Lautenschlager et Almeida, 2006). Les résultats préliminaires d'essais suggèrent que les modifications du style de vie constituent une approche qui permettrait de réduire la prévalence des problèmes cognitifs et de démence à un âge avancé. Un environnement plus riche et une activité physique sont associés à une baisse des pathologies du cerveau associées à la démence. Plusieurs études permettent d'affirmer que l'activité physique a des effets bénéfiques sur le déclin cognitif (variation de la taille d'effet entre $-0,9$ et $+6,4$) (Colcombe et Kramer, 2003), avec un effet principal sur le processus de contrôle exécutif. Le suivi de femmes âgées de 65 ans ou plus pendant 6 à 8 ans a montré un déclin cognitif de 34 % plus faible (IC 95 % [18-46]) dans le groupe de sujets le plus actif comparé au moins actif (Yaffe et coll., 2001). Une pratique d'activité physique supérieure ou égale à 3 h par semaine est associée à une baisse de 61 % (IC 95 % [22-81]) de la probabilité de déclin cognitif significatif à 2 ans (Lytle et coll., 2004) (étude MoVIES). Dans l'étude FINE, les hommes les moins actifs ont 1,8 à 3,5 fois plus de risque d'avoir un déclin cognitif après 10 ans comparés aux sujets des autres quartiles. De plus, les sujets qui maintiennent ou augmentent leur activité physique au cours du suivi ont une probabilité 3,6 fois moindre de subir un déclin cognitif comparés à ceux qui réduisent leur activité physique (van Gelder et coll., 2004). Chez des femmes âgées de 70 à 81 ans suivies pendant 8 à 15 ans (*Nurses' Health Study*), les sujets appartenant au quintile le plus élevé ont 20 % de risque en moins de connaître un déclin cognitif par comparaison au quintile le plus bas (Weuve et coll., 2004).

Il est important de souligner que les sujets qui ont un déclin cognitif s'engagent moins fréquemment dans des activités physiques que les sujets « sains ». Ainsi, nous pouvons nous demander si le faible niveau activité physique est une conséquence plutôt qu'une cause de ce déclin.

Sujet âgé fragile

Une sous-population de sujets âgés, appelée « sujet âgé fragile », en raison de ses besoins de santé accrus fait l'objet d'une attention particulière dans les études. Ces sujets ont en commun une réduction multisystémique de leurs aptitudes physiologiques limitant leurs capacités d'adaptation au stress et au changement d'environnement. Ces sujets présentent plus volontiers des pathologies en cascade et des syndromes gériatriques (chute à répétition, confusion, incontinence, difficultés à réaliser les actes de la vie quotidienne) (Tinetti et coll., 1995). Le déficit des fonctions physiologiques peut être mesuré indirectement par le niveau d'autonomie, à travers les échelles d'aptitude à réaliser les activités instrumentées (IADL : activités instrumentales de la vie courante) ou non instrumentées (ADL : activités de la vie courante) de la vie quotidienne, la réduction de la fonction musculaire, la capacité aérobie, l'intégration sociale, l'altération de l'état nutritionnel et les fonctions cognitives (Campbell et Buchner, 1997). L'activité physique, par son action bénéfique sur ces différents paramètres, pourrait avoir un intérêt particulier dans cette population en améliorant le statut fonctionnel. En effet, plusieurs études ont démontré des gains très significatifs à la fois sur le plan de la mobilité, de l'équilibre, de la souplesse et de la force musculaire (Lazowski et coll., 1999) mais aussi de la chute et des blessures associées (Campbell et coll., 1999). Ceci est d'autant plus intéressant que les résultats sont inversement proportionnels au niveau de base des capacités (Judge et coll., 1993) incitant à favoriser l'activité physique chez le sujet âgé fragile et très âgé. De plus, il a été montré que, pour les sujets résidant dans la communauté ou dans des établissements de long séjour, les programmes proposés devraient être accompagnés d'apports énergétiques supplémentaires afin d'optimiser les effets de l'activité physique (Fiatarone et coll., 1990).

Chez les sujets âgés fragiles, l'exercice seul ne permet pas de réduire le risque de chute (Gillespie et coll., 2003) car les sujets présentent de multiples facteurs de risque de chute, tels que l'altération de la vision, qui ne peuvent pas être améliorés par l'exercice. L'intensité d'exercice est souvent trop faible (du fait de la population) pour obtenir des gains de force musculaire permettant de réduire le risque. De plus, les opportunités de chuter augmentent chez les sujets qui deviennent plus actifs, surtout chez les personnes âgées (Province et coll., 1995 ; Stevens et coll., 1997). Toutefois, une étude récente menée chez des sujets âgés en institution a montré qu'un programme associant différentes actions (éducation, environnement, exercices individuels, médica-

ments, évaluation post-chute, aides, protecteurs de hanche) permet de préserver la capacité à marcher, de maintenir la vitesse de déplacement, de se déplacer de façon indépendante et d'améliorer la hauteur du pas (Jensen et coll., 2004). Ces bénéfices ayant été observés à la fois chez des sujets avec et sans altérations cognitives. Notons que ce programme n'a pas eu d'effet sur la peur de chuter.

Par ailleurs, une méta-analyse portant sur 30 essais a montré l'intérêt d'un programme d'exercices sur l'amélioration de la force (ES=0,75 ; IC 95 % [0,58-0,92]), de la forme physique (ES=0,69 ; IC 95 % [0,58-0,80]), de la performance fonctionnelle (ES=0,59 ; IC 95 % [0,43-0,76]), de la fonction cognitive (ES=0,54 ; IC 95 % [0,36-0,72]) et du comportement (ES=0,54 ; IC 95 % [0,36-0,72]) (Heyn et coll., 2004). Ces résultats confirment la capacité d'action simultanée de l'activité physique sur différentes fonctions chez des sujets présentant des troubles cognitifs.

En conclusion, l'activité physique prévient l'apparition d'un certain nombre de phénomènes délétères liés au vieillissement et génère chez les sujets âgés un mieux-être physique accompagné, sur le plan psycho-intellectuel, d'un sentiment de satisfaction. L'amélioration de l'aptitude physique et la rupture avec la sédentarité permettent une indiscutable amélioration de la qualité de vie chez la plupart des sujets. Il est difficile de savoir si le maintien de l'activité physique avec l'âge est lié à une pratique régulière au cours de la vie. Le fait d'être actif tout au long de sa vie n'est pas totalement déterminé au cours de la jeunesse (Tammelin, 2005) et même les personnes âgées sédentaires peuvent retirer de nombreux bénéfices d'une pratique récente.

BIBLIOGRAPHIE

AHMED N, MANDEL R, FAIN MJ. Frailty: an emerging geriatric syndrome. *Am J Med* 2007, **120** : 748-753

BARNETT A, SMITH B, LORD SR, WILLIAMS M, BAUMAND A. Community-based group exercise improves balance and reduces falls in at-risk older people : a randomised controlled trial. *Age Ageing* 2003, **32** : 407-414

BAUMGARTNER RN, KOEHLER KM, GALLAGHER D, ROMERO L, HEYMS-FIELD SB, et coll. Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol* 1998, **147** : 755-763

BEAN JF, LEVEILLE SG, KIELY DK, BANDINELLI S, GURALNIK JM, FERRUCCI L. A comparison of leg power and leg strength within the InCHIANTI study: which influences mobility more? *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2003, **58** : 728-733

BEAN JF, VORA A, FRONTERA WR. Benefits of exercise for community-dwelling older adults. *Arch Phys Med Rehabil* 2004, **85** : S31-S42

BÉRARD A, BRAVO G, GAUTHIER P. Meta-analysis of the effectiveness of physical activity for the prevention of bone loss in postmenopausal women. *Osteoporos Int* 1997, **7** : 331-337

BERTHON P, FREYSSENET D, CHATARD JC, CASTELLS J, MUJICA I, et coll. Mitochondrial ATP production rate in 55 to 73-year-old men : effect of endurance training. *Acta Physiol Scand* 1995, **154** : 269-274

BIXBY WR, SPALDING TW, HAUFLE AJ, DEENY SP, MAHLOW PT, ZIMMERMAN JB, HATFIELD BD. The unique relation of physical activity to executive function in older men and women. *Med Sci Sports Exerc* 2007, **39** : 1408-1416

BONAIUTI D, SHEA B, IOVINE R, NEGRINI S, ROBINSON V, et coll. Exercise for preventing and treating osteoporosis in postmenopausal women. *Cochrane Database Syst Rev* 2002, **3** : CD000333

BUCHNER DM. Preserving mobility in older adults. *West J Med* 1997, **167** : 258-264

BUCHNER DM, CRESS ME, DE LATEUR BJ, ESSELMAN PC, MARGHERITA AJ, et coll. The effect of strength and endurance training on gait, balance, fall risk, and health service use in community-living older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1997, **52A** : M218-M224

CAMPBELL AJ, BUCHNER DM. Unstable disability and the fluctuations of frailty. *Age Ageing* 1997, **26** : 315-318

CAMPBELL AJ, ROBERTSON MC, GARDNER MM, NORTON RN, BUCHNER DM. Falls prevention over 2 years : a randomized controlled trial in women 80 years and older. *Age Ageing* 1999, **28** : 513-518

CHANG JT, MORTON SC, RUBENSTEIN LZ, MOJICA WA, MAGLIONE M, et coll. Interventions for the prevention of falls in older adults: systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials. *BMJ* 2004, **328** : 680

COGGAN AR, SPINA RJ, KING DS, ROGERS MA, BROWN M, et coll. Skeletal muscle adaptations to endurance training in 60- to 70-yr-old men and women. *J Appl Physiol* 1992, **72** : 1780-1786

COLCOMBE S, KRAMER AF. Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychol Sci* 2003, **14** : 125-130

CRESS E, BUCHNER D, PROHASKA T, RIMMER J, BROWN M, et coll. Physical activity programs and behavior counseling in older adult populations. *Med Sci Sports Exerc* 2004, **36** : 1997-2003

CUKRAS Z, PRACZKO K, KOSTKA T, JEGIER A. Physical activity of elderly patients after total hip arthroplasty. *Ortop Traumatol Rehabil* 2007, **30** : 286-296

CUMMING RG, NEVITT MC, CUMMINGS SR. Epidemiology of hip fractures. *Epidemiol Rev* 1997, **19** : 244-257

CUSSLER EC, GOING SB, HOUTKOOPER LB, STANFORD VA, BLEW RM, et coll. Exercise frequency and calcium intake predict 4-year bone changes in postmenopausal women. *Osteoporos Int* 2005, **16** : 2129-2141

DEVEREUX K, ROBERTSON D, BRIFFA NK. Effects of a water-based program on women 65 years and over : a randomised controlled trial. *Aust J Physiother* 2005, **51** : 102-108

DIAS RC, DIAS JM, RAMOS LR. Impact of an exercise and walking protocol on quality of life for elderly people with OA of the knee. *Physiother Res Int* 2003, **8** : 121-130

DIPIETRO L. The epidemiology of physical activity and physical function in older people. *Med Sci Sports Exerc* 1996, **28** : 596-600

ENGLUND U, LITTBRAND H, SONDELL A, PETTERSSON U, BUCHT G. A 1-year combined weight-bearing training program is beneficial for bone mineral density and neuromuscular function in older women. *Osteoporos Int* 2005, **16** : 1117-1123

ETNIER JL, NOWELL PM, LANDERS DM, SIBLEY BA. A meta-regression to examine the relationship between aerobic fitness and cognitive performance. *Brain Res Rev* 2006, **52** : 119-130

FABER MJ, BOSSCHER RJ, CHIN A PAW MJ, VAN WIERINGEN PC. Effects of exercise programs on falls and mobility in frail and pre-frail older adults : a multicenter randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2006, **87** : 885-896

FEDERICI A, BELLAGAMBA S, ROCCHI MBL. Does dance-based training improve balance in adult and young old subjects? A pilot randomized controlled trial. *Aging Clin Exp Res* 2005, **17** : 385-389

FERRUCCI L, IZMIRLIAN G, LEVEILLE S, PHILLIPS CL, CORTI MC, et coll. Smoking, physical activity, and active life expectancy. *Am J Epidemiol* 1999, **149** : 645-653

FIATARONE MA, MARKS EC, RYAN ND, MEREDITH CN, LIPSITZ LA, EVANS WJ. High-intensity strength training in nonagenarians. Effects on skeletal muscle. *JAMA* 1990, **263** : 3029-3034

FIATARONE MA, O'NEILL EF, RYAN ND, CLEMENTS KM, SOLARES GR, et coll. Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *N Engl J Med* 1994, **330** : 1769-1775

FISHER KJ, LI F. A community-based walking trial to improve neighborhood quality of life in older adults: a multilevel analysis. *Ann Behav Med* 2004, **28** : 186-194

GARDNER MM, ROBERTSON MC, CAMPBELL AJ. Exercise in preventing falls and fall related injuries in older people : a review of randomised controlled trials. *Br J Sports Med* 2000, **34** : 7-17

GERDHEM P, RINGSBERG KA, AKESSON K. The relation between previous fractures and physical performance in elderly women. *Arch Phys Med Rehabil* 2006, **87** : 914-917

GILLESPIE LD, GILLESPIE WJ, ROBERTSON MC, LAMB SE, CUMMING RG, ROWE BH. Interventions for preventing falls in elderly people. *Cochrane Database Syst Rev* 2003, **4** : CD000340

GRAHN KRONHED AC, BLOMBERG C, KARLSSON N, LOFMAN O, TIMPKA T, MOLLER M. Impact of a community-based osteoporosis and fall prevention program on fracture incidence. *Osteoporos Int* 2005, **16** : 700-706

GREGG EW, CAULEY JA, SEELEY DG, ENSRUD KE, BAUER DC. Physical activity and osteoporotic fracture risk in older women. Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *Ann Intern Med* 1998, **129** : 81-88

GREGG EW, PEREIRA MA, CASPERSEN CJ. Physical activity, falls, and fractures among older adults: a review of the epidemiologic evidence. *J Am Geriatr Soc* 2000, **48** : 883-893

GURALNIK JM, FERRUCCI L, SIMONSICK EM, SALIVE ME, WALLACE RB. Lower-extremity function in persons over the age of 70 years as a predictor of subsequent disability. *N Engl J Med* 1995, **332** : 556-561

HARRIDGE S, MAGNUSSON G, SALTIN B. Life-long endurance-trained elderly men have high aerobic power, but have similar muscle strength to non-active elderly men. *Aging (Milano)* 1997, **9** : 80-87

HARTMAN CA, MANOS TM, WINTER C, HARTMAN DM, LI B, SMITH JC. Effects of T'ai Chi training on function and quality of life indicators in older adults with osteoarthritis. *J Am Geriatr Soc* 2000, **48** : 1553-1559

HAUER K, BECKER C, LINDEMANN U, BEYER N. Effectiveness of physical training on motor performance and fall prevention in cognitively impaired older persons. A systematic review. *Am J Phys Med Rehabil* 2006, **85** : 847-857

HEYN P, ABREU BC, OTTENBACHER KJ. The effects of exercise training on elderly persons with cognitive impairment and dementia : a meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil* 2004, **85** : 1694-1704

HU MH, WOOLLACOTT MH. Multisensory training of standing balance in older adults: I. Postural stability and one-leg stance balance. *J Gerontol* 1994a, **49** : M52-M61

HU MH, WOOLLACOTT MH. Multisensory training of standing balance in older adults : II. Kinematic and electromyographic postural responses. *J Gerontol* 1994b, **49** : M62-M71

HUANG G, GIBSON CA, TRAN ZV, OSNESS WH. Controlled endurance exercise training and VO₂max changes in older adults: a meta-analysis. *Prev Cardiol* 2005, **8** : 217-225

HUNTER GR, TREUTH MS, WEINSIER RL, KEKES-SZABO T, KELL SH, et coll. The effects of strength conditioning on older women's ability to perform daily tasks. *J Am Geriatr Soc* 1995, **43** : 756-760

IANNUZZI-SUCICH M, PRESTWOOD KM, KENNY AM. Prevalence of sarcopenia and predictors of skeletal muscle mass in healthy, older men and women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2002, **57** : M772-M777

JAGLAL SB, KREIGER N, DARLINGTON G. Past and recent physical activity and risk of hip fracture. *Am J Epidemiol* 1993, **138** : 107-118

JANSSEN I, BAUMGARTNER RN, ROSS R, ROSENBERG IH, ROUBENOFF R. Skeletal muscle cutpoints associated with elevated physical disability risk in older men and women. *Am J Epidemiol* 2004, **159** : 413-421

JARVINEN TL, JARVINEN TA, SIEVANEN H, HEINONEN A, TANNER M, et coll. Vitamin D receptor alleles and bone's response to physical activity. *Calcif Tissue Int* 1998, **62** : 413-417

JENSEN J, NYBERG L, ROSENDAHL E, GUSTAFSON Y, LUNDIN-OLSSON L. Effects of a fall prevention program including exercise on mobility and falls in frail older people living in residential care facilities. *Aging Clin Exp Res* 2004, **16** : 283-292

JUDGE JO, UNDERWOOD M, GENNOSA T. Exercise to improve gait velocity in older persons. *Arch Phys Med Rehabil* 1993, **74** : 400-406

KAPTOGE S, JAKES RW, DALZELL N, WAREHAM N, KHAW KT, et coll. Effects of physical activity on evolution of proximal femur structure in a younger elderly population. *Bone* 2007, **40** : 506-515

KELLEY G. Aerobic exercise and lumbar spine bone mineral density in postmenopausal women: a meta-analysis. *J Am Geriatr Soc* 1998a, **46** : 143-152

KELLEY GA. Exercise and regional bone mineral density in postmenopausal women : a meta-analytic review of randomized trials. *Am J Phys Med Rehabil* 1998b, **77** : 76-87

KELLEY GA, KELLEY KS. Exercise and bone mineral density at the femoral neck in postmenopausal women : a meta-analysis of controlled clinical trials with individual patient data. *Am J Obstet Gynecol* 2006, **194** : 760-767

KELLEY GA, KELLEY KS, TRAN ZV. Resistance training and bone mineral density in women. A meta-analysis of controlled trials. *Am J Phys Med Rehabil* 2001, **80** : 65-77

KELLEY GA, KELLEY KS, TRAN ZV. Exercise and lumbar spine bone mineral density in postmenopausal women : a meta-analysis of individual patient data. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2002, **57** : M599-M604

KEYSOR JJ. Does late-life physical activity or exercise prevent or minimize disablement? A critical review of the scientific evidence. *Am J Prev Med* 2003, **25** : 129-136

KOLTYN KF. The association between physical activity and quality of life in older women. *Womens Health Issues* 2001, **11** : 471-480

KORPELAINEN R, KEINANEN-KIUKAANNIEMI S, HEIKKINEN J, VAANANEN K, KORPELAINEN J. Effect of impact exercise on bone mineral density in elderly women with low BMD: a population-based randomized controlled 30-month intervention. *Osteoporos Int* 2006a, **17** : 109-118

KORPELAINEN R, KORPELAINEN J, HEIKKINEN J, VAANANEN K, KEINANEN-KIUKAANNIEMI S. Lifelong risk factors for osteoporosis and fractures in elderly women with low body mass index-a population-based study. *Bone* 2006b, **39** : 385-391

LATHAM N, ANDERSON C, BENNETT D, STRETTON C. Progressive resistance strength training for physical disability in older people. *Cochrane Database Syst Rev* 2003, **2** : CD0027

LAUTENSCHLAGER NT, ALMEIDA OP. Physical activity and cognition in old age. *Curr Opin Psychiatry* 2006, **19** : 190-193

LAYNE JE, NELSON ME. The effects of progressive resistance training on bone density: a review. *Med Sci Sports Exerc* 1999, **31** : 25-30

LAZOWSKI DA, ECCLESTONE NA, MYERS AM, PATERSON DH, TUDOR-LOCKE C, et coll. A randomized outcome evaluation of group exercise programs in long-term care institutions. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1999, **54** : M621-M628

LEE C, RUSSELL A. Effects of physical activity on emotional well-being among older Australian women: Cross-sectional and longitudinal analyses. *J Psychosom Res* 2003, **54** : 155-160

LI F, DUNCAN TE, DUNCAN SC, MCAULEY E, CHAUMETON NR, HARMER P. Enhancing the psychological well-being of elderly individuals through Tai Chi exercise: A latent growth curve analysis. *Structural Equation Modeling* 2001a, **8** : 53-83

LI F, HARMER P, MCAULEY E, FISHER KJ, DUNCAN TE, DUNCAN SC. Tai Chi, self-efficacy, and physical function in the elderly. *Prev Sci* 2001b, **2** : 229-239

LINDH-ASTRAND L, NEDSTRAND E, WYON Y, HAMMAR M. Vasomotor symptoms and quality of life in previously sedentary postmenopausal women randomised to physical activity or estrogen therapy. *Maturitas* 2004, **48** : 97-105

LORD SR, CASTELL SCJ, CORCORAN J, DAYHEW J, MATTERS B, et coll. The effect of group exercise on physical functioning and falls in frail older people living in retirement villages: a randomized, controlled trial. *J Am Geriatr Soc* 2003, **51** : 1685-1692

LYTLE ME, VANDER BJ, PANDAV RS, DODGE HH, GANGULI M. Exercise level and cognitive decline: the MoVIES project. *Alzheimer Dis Assoc Disord* 2004, **18** : 57-64

MADUREIRA MM, TAKAYAMA L, GALLINARO AL, CAPARBO VF, COSTA RA, PEREIRA RM. Balance training program is highly effective in improving functional status and reducing the risk of falls in elderly women with osteoporosis : a randomized controlled trial. *Osteoporos Int* 2007, **18** : 419-425

MANGIONE KK, MCCULLY K, GLOVIAK A, LEFEBVRE I, HOFMANN M, CRAIK R. The effects of high-intensity and low-intensity cycle ergometry in older adults with knee osteoarthritis. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1999, **54** : M184-M190

MARKS R, ALLEGRANTE JP, MACKENZIE CR, LANE JM. Hip fractures among elderly: causes, consequences and control. *Ageing Res Rev* 2003, **2** : 57-93

MARTYN-ST JAMES M, CARROLL S. High-intensity resistance training and postmenopausal bone loss: a meta-analysis. *Osteoporos Int* 2006, **17** : 1225-1240

MCCARTNEY N, HICKS AL, MARTIN J, WEBBER CE. Long-term resistance training in the elderly: effects on dynamic strength, exercise capacity, muscle, and bone. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1995, **50** : B97-104

MEANS KM, RODELL DE, O'SULLIVAN PS. Balance, mobility, and falls among community-dwelling elderly persons: effects of a rehabilitation exercise program. *Am J Phys Med Rehabil* 2005, **84** : 238-250

MESSIER SP, ROYER TD, CRAVEN TE, O'TOOLE ML, BURNS R, ETTINGER WH JR. Long-term exercise and its effect on balance in older, osteoarthritic adults: results from the Fitness, Arthritis, and Seniors Trial (FAST). *J Am Geriatr Soc* 2000, **48** : 131-138

MORELAND J, RICHARDSON J, CHAN DH, O'NEILL J, BELLISSIMO A, et coll. Evidence-based guidelines for the secondary prevention of falls in older adults. *Gerontology* 2003, **49** : 93-116

NETZ Y, WU MJ, BECKER BJ, TENENBAUM G. Physical activity and psychological well-being in advanced age : a meta-analysis of intervention studies. *Psychol Aging* 2005, **20** : 272-284

NGUYEN TV, SAMBROOK PN, EISMAN JA. Bone loss, physical activity, and weight change in elderly women : the Dubbo Osteoporosis Epidemiology Study. *J Bone Miner Res* 1998, **13** : 1458-1467

NOTELOVITZ M, MARTIN D, TESAR R, KHAN FY, PROBART C, et coll. Estrogen therapy and variable-resistance weight training increase bone mineral in surgically menopausal women. *J Bone Miner Res* 1991, **6** : 583-590

PALOMBARO KM. Effects of walking-only interventions on bone mineral density at various skeletal sites: a meta-analysis. *J Geriatr Phys Ther* 2005, **28** : 102-107

PATEL KV, COPPIN AK, MANINI TM, LAURETANI F, BANDINELLI S, et coll. Midlife physical activity and mobility in older age: The InCHIANTI study. *Am J Prev Med* 2006, **31** : 217-224

PATERSON DH, CUNNINGHAM DA, KOVAL JJ, ST CROIX CM. Aerobic fitness in a population of independently living men and women aged 55-86 years. *Med Sci Sports Exerc* 1999, **31** : 1813-1820

PATLA A, SHUNWAY-COOK A. Dimensions of mobility: defining the complexity and difficulty associated with community mobility. *J Aging Phys Act* 1999, **7** : 7-19

PROCTOR DN, SINNING WE, WALRO JM, SIECK GC, LEMON PW. Oxidative capacity of human muscle fiber types : effects of age and training status. *J Appl Physiol* 1995, **78** : 2033-2038

PROVINCE MA, HADLEY EC, HORNBROOK MC, LIPSITZ LA, MILLER JP, et coll. The effects of exercise on falls in elderly patients. A preplanned meta-analysis of the FICSIT Trials. Frailty and Injuries : Cooperative Studies of Intervention Techniques. *JAMA* 1995, **273** : 1341-1347

PYKA G, LINDENBERGER E, CHARETTE S, MARCUS R. Muscle strength and fiber adaptations to a year-long resistance training program in elderly men and women. *J Gerontol* 1994, **49** : M22-M27

RANTANEN T, ERA P, HEIKKINEN E. Maximal isometric strength and mobility among 75 year old men and women. *Age Ageing* 1994, **23** : 132-137

RANTANEN T, ERA P, HEIKKINEN E. Maximal isometric knee extension strength and stair-mounting ability in 75- and 80-year-old men and women. *Scand J Rehab Med* 1996, **28** : 89-93

RANTANEN T, GURALNIK JM, FOLEY D, MASAKI K, LEVEILLE S, WHITE L. Mid-life hand grip strength as a predictor of old age disability. *JAMA* 1999, **281** : 558-560

RANTANEN T, HARRIS T, LEVEILLE SG, VISSER M, FOLEY D, et coll. Muscle strength and body mass index as long-term predictors of mortality in initially healthy men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2000, **55A** : M168-M173

REJESKI WJ, MIHALKO SL. Physical activity and quality of life in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2001, **56** : 23-35

REJESKI WJ, BRAWLEY LR, SHUMAKER SA. Physical activity and health-related quality of life. *Exerc Sport Sci Rev* 1996, **24** : 71-108

RHEA MR, ALVAR BA, BURKETT LN, BALL SD. A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Med Sci Sports Exerc* 2003, **35** : 456-464

ROGERS MA, EVANS WJ. Changes in skeletal muscle with aging: effects of exercise training. *Exerc Sport Sci Rev* 1993, **21** : 65-102

SATTIN RW, EASLEY KA, WOLF SL, CHEN Y, KUTNER MH. Reduction in fear of falling through intense tai chi exercise training in older, transitionally frail adults. *J Am Geriatr Soc* 2005, **53** : 1168-1178

SCHOENFELDER DP, RUBENSTEIN LM. An exercise program to improve fall-related outcomes in elderly nursing home residents. *Appl Nurs Res* 2004, **17** : 21-31

SHERRINGTON C, LORD SR, FINCH CF. Physical activity interventions to prevent falls among older people: update of the evidence. *J Sci Med Sport* 2004, **7** : 43-51

SILMAN AJ, O'NEILL TW, COOPER C, KANIS J, FELSEBERG D. Influence of physical activity on vertebral deformity in men and women: results from the European Vertebral Osteoporosis Study. *J Bone Miner Res* 1997, **12** : 813-819

SINAKI M, ITOI E, WAHNER HW, WOLLAN P, GELZCER R, et coll. Stronger back muscles reduce the incidence of vertebral fractures: a prospective 10 year follow-up of postmenopausal women. *Bone* 2002, **30** : 836-841

SPIRDUSO WW, CRONIN DL. Exercise dose-response effects on quality of life and independent living in older adults. *Med Sci Sports Exerc* 2001, **33** : S598-S608

STEVENS JA, POWELL KE, SMITH SM, WINGO PA, SATTIN RW. Physical activity, functional limitations, and the risk of fall-related fractures in community-dwelling elderly. *Ann Epidemiol* 1997, **7** : 54-61

STIGGELBOUT M, POPKEMA DY, HOPMAN-ROCK M, DE GREEF M, VAN MECHELEN W. Once a week is not enough: effects of a widely implemented group based exercise programme for older adults, a randomised controlled trial. *J Epidemiol Community Health* 2004, **58** : 83-88

STUCK AE, WATHERT JM, NIKOLAUS T, BÜLA CJ, HOHMANN C, BECK JC. Risk factors for functional status decline in community-living elderly people : a systematic literature review. *Soc Sci Med* 1999, **48** : 445-469

TAAFFE DR, MARCUS R. Dynamic muscle strength alterations to detraining and retraining in elderly men. *Clin Physiol* 1997, **17** : 311-324

TAMMELIN T. A review of longitudinal studies on youth predictors of adulthood physical activity. *Int J Adolesc Med Health* 2005, **17** : 3-12

TINETTI ME, WILLIAMS TF, MAYEWSKI R. Fall risk index for elderly patients based on number of chronic disabilities. *Am J Med* 1986, **80** : 429-434

TINETTI ME, BAKER DI, MCAVAY G, CLAUS EB, GARRETT P, et coll. A multifactorial intervention to reduce the risk of falling among elderly people living in the community. *N Engl J Med* 1994, **331** : 821-827

TINETTI ME, INOUE SK, GILL TM, DOUCETTE JT. Shared risk factors for falls, incontinence, and functional dependence. Unifying the approach to geriatric syndromes. *JAMA* 1995, **273** : 1348-1353

US DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. Physical activity and health: A report of the Surgeon General. Atlanta, GA, Center for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, 1996

VAN GELDER BM, TIJHUIS MA, KALMIJN S, GIAMPAOLI S, NISSINEN A, KROMHOUT D. Physical activity in relation to cognitive decline in elderly men: the FINE Study. *Neurology* 2004, **63** : 2316-2321

WALLACE BA, CUMMING RG. Systematic review of randomized trials of the effect of exercise on bone mass in pre- and postmenopausal women. *Calcif Tissue Int* 2000, **67** : 10-18

WEUVE J, KANG JH, MANSON JE, BRETELER MM, WARE JH, GRODSTEIN F. Physical activity, including walking, and cognitive function in older women. *JAMA* 2004, **292** : 1454-1461

WOLFF I, VAN CROONENBORG JJ, KEMPER HCG, KOSTENSE PJ, TWISK JWR. The effect of exercise training programs on bone mass: a meta-analysis of published controlled trials in pre- and postmenopausal women. *Osteoporos Int* 1999, **9** : 1-12

WU SC, LEU SY, LI CY. Incidence of and predictors for chronic disability in activities of daily living among older people in Taiwan. *J Am Geriatr Soc* 1999, **47** : 1082-1086

YAFFE K, BARNES D, NEVITT M, LUI LY, COVINSKY K. A prospective study of physical activity and cognitive decline in elderly women: women who walk. *Arch Intern Med* 2001, **161** : 1703-1708

ZEEUWE PE, VERHAGEN AP, BIERMA-ZEINSTRAS SM, VAN ROSSUM E, FABER MJ, KOES BW. The effect of Tai Chi Chuan in reducing falls among elderly people: design of a randomized clinical trial in the Netherlands [ISRCTN98840266]. *BMC Geriatr* 2006, **6** : 6

26

Évolution des recommandations internationales

Les recommandations ont pour but de fournir des repères au public, aux professionnels de santé, aux décideurs des politiques de santé ainsi qu'aux organismes chargés de la surveillance de l'état sanitaire. Les recommandations en matière d'activité physique pour la population générale, ou pour des groupes spécifiques, découlent directement des connaissances sur la relation dose-réponse entre un volume donné d'activité physique (la dose) et une modification physiologique ou un effet sur un critère de santé (la réponse) (Haskell, 1994 ; Kesaniemi et coll., 2001). La dose est habituellement définie par l'intensité, la fréquence et la durée par session d'un type donné d'activité résultant en une quantité totale d'activité physique.

Il est important de souligner que les seuils proposés dans ce type de recommandations sont des simplifications, parfois extrêmes, de relations physiologiques ou physiopathologiques complexes. Dans de nombreuses situations, la relation entre une dose d'activité physique et une réponse physiologique reflète un continuum. Définir un seuil minimal permettant d'obtenir un effet favorable sur la santé, tout comme définir un seuil supérieur au-delà duquel des effets néfastes sont possibles, est donc une simplification importante. Toutefois, il s'agit bien de la même démarche que celles conduisant à proposer des définitions ou des seuils d'intervention pour des paramètres comme la pression artérielle ou la glycémie (Haskell, 2004), en considérant souvent qu'une modification pouvant être considérée comme minime du paramètre en question au niveau individuel est susceptible d'avoir de larges répercussions sur l'état de santé au niveau de la population (Rose, 1985).

Les principales recommandations de santé publique en matière d'activité physique ont été élaborées par les autorités de santé des États-Unis et ce sont ces documents qui servent de base aux notions développées dans ce chapitre. Les recommandations d'activité physique destinées aux adultes (< 65 ans) ont évolué de façon importante au cours du temps (Dunn et coll., 1998 ; Blair et coll., 2004). En particulier, elles ont fait l'objet d'une mise au point récente en août 2007 (Haskell et coll., 2007). Chez l'enfant, la mise au point de recommandations d'activité physique est un exercice beaucoup plus difficile, d'une part du fait des caractéristiques de l'activité physique dans

cette tranche d'âge, d'autre part du fait du caractère encore très incomplet des connaissances dans ce domaine.

Recommandations d'activité physique chez l'adulte

Plusieurs types de recommandations concernant l'activité physique et destinées à la population générale ont été diffusés au cours des vingt dernières années (tableau 26.I).

Tableau 26.I : Évolution des principales recommandations d'activité physique pour la population générale chez l'adulte

Références	Fréquence	Intensité	Durée	Type
ACSM, 1990	3-5 jours/semaine	60-90 % de la réserve cardiaque maximale ou 50-85 % du VO ₂ max	20-60 min en continu	Toute activité utilisant les grands groupes musculaires
ACSM/CDC, 1995	La plupart si ce n'est tous les jours de la semaine	Modérée (3–6 METs)	30 min en une ou plusieurs fois	Toute activité d'intensité comparable à la marche rapide
USDHHS, 1996	5 jours/semaine	Modérée (3–6 METs)	30 min (par session de 10 min ou plus)	Endurance (aérobie) de type marche rapide
ACSM/AHA, 2007	ou 3 jours/semaine	Élevée (>6 METs)	20 min (par session de 10 min ou plus)	Endurance (aérobie) de type jogging
	et 2 jours/semaine (non consécutifs)		8 à 10 exercices 8 à 12 répétitions par exercice	Résistance (poids)

ACSM : American College of Sports Medicine ; AHA : American Heart Association ; CDC : Centers for Disease Control and Prevention ; USDHHS : US Department of Health and Human Services ; MET : Metabolic Equivalent Task

L'évolution de ces recommandations est intéressante à considérer (Dunn et coll., 1998 ; Blair et coll., 2004) car elle reflète bien l'évolution de la compréhension des relations entre activité physique et état de santé. On peut distinguer deux grands types de recommandations, celles qui visent prioritairement à améliorer la capacité cardio-respiratoire (*physical fitness*) et celles qui ont pour objectif principal d'augmenter le niveau habituel d'activité physique pour améliorer l'état de santé en général.

Les recommandations élaborées à partir des années 1970 jusqu'aux années 1990 étaient fondées sur un modèle du type « entraînement physique – condition physique » et avaient pour objectif principal d'améliorer la capacité cardio-respiratoire (estimée par le VO₂ max). Le type d'activité préconisé

dans ce cas était d'intensité relativement élevée en lien avec l'évaluation de la fréquence cardiaque maximale. Les recommandations plus récentes, diffusées à partir du milieu des années 1990, correspondent à un modèle du type « activité physique – état de santé » et sont centrées sur l'activité physique nécessaire pour diminuer le risque de pathologie chronique en général et cardiovasculaire en particulier. Elles sont plus pragmatiques que les premières, s'adressent clairement à la population générale et en particulier à la catégorie des sujets inactifs ou peu actifs, dans une perspective de promotion de l'activité physique au sens large. En 2007, elles ont fait l'objet d'une mise à jour compte tenu de l'avancée des connaissances au cours de la dernière décennie.

Recommandations portant sur la capacité cardio-respiratoire

Le Collège américain de médecine du sport (*American College of Sports Medicine*, ACSM) a diffusé plusieurs recommandations visant l'amélioration de la capacité physique. Dans un premier avis (*position statement*) publié en 1978 (ACSM, 1978), les exercices recommandés pour le développement et le maintien de la capacité cardio-respiratoire chez l'adulte sain avaient les caractéristiques suivantes : « intensité de 60-90 % de la réserve cardiaque maximale, ou 50-85 % du VO_2 max, fréquence de 3-5 jours par semaine, durée de 15-60 minutes par session, avec des activités impliquant la participation des grands groupes musculaires ». Cet avis a été mis à jour en 1990 (ACSM, 1990). Dans cette mise au point, la durée d'exercice recommandée était augmentée de 15-60 minutes à 20-60 minutes par session mais l'intensité, la fréquence et le type d'exercices recommandés n'étaient pas modifiés. Il était ajouté une recommandation portant sur le développement de la force musculaire et de l'endurance. Cette recommandation indiquait également que des bénéfices supplémentaires pour la santé, en particulier le développement et le maintien de la capacité cardio-respiratoire, pouvaient être obtenus par la pratique plus fréquente d'exercices de durée plus importante mais d'intensité plus faible que ceux recommandés.

La recommandation la plus récente de l'ACSM portant sur le développement et le maintien de la capacité cardio-respiratoire, de la force musculaire et de la souplesse a été publiée en 1998 (ACSM, 1998). Les caractéristiques de l'activité recommandée correspondent à une fréquence d'exercice de 3-4 fois par semaine, à une intensité de 55-65 % jusqu'à 90 % de la fréquence cardiaque maximale et avec une durée d'au moins 20 minutes d'activité de type aérobie continue ou intermittente (par session d'au moins 10 minutes).

Recommandations pour le maintien de la santé en général

C'est à partir des années 1990 qu'ont été publiées les recommandations d'activité physique visant de façon beaucoup plus large que les précédentes le développement et le maintien de la santé. Il s'agissait clairement de

fournir un message de santé publique « clair et concis » pour favoriser l'adoption d'un style de vie plus actif à des populations majoritairement sédentaires. Parallèlement, l'inactivité physique était reconnue comme un facteur de risque cardiovasculaire, modifiable, à part entière (Flechter et coll., 1992 ; *National Institutes of Health*, 1996). Le comportement sédentaire était également défini par des occupations pendant lesquelles la dépense énergétique reste proche de la dépense de repos (Dietz, 1996).

Les autorités de surveillance de l'état sanitaire des États-Unis, les *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) et l'ACSM ont publié une première recommandation de ce type en 1995 (Pate et coll., 1995). Ce document indiquait que « chaque adulte américain devrait accumuler 30 minutes ou plus d'activité physique d'intensité modérée la plupart, et si possible tous, les jours de la semaine ». Une recommandation très similaire a été publiée peu après dans le rapport du *Surgeon General* des États-Unis sur l'activité physique et la santé (USDHHS, 1996). Des recommandations du même type ont également été reprises dans une conférence de consensus du *National Institutes of Health* (NIH) sur la prévention des pathologies cardiovasculaires (NIH, 1996), en accord avec une prise de position de l'association américaine des maladies du cœur (*American Heart Association*, AHA) (Flechter et coll., 1992).

Dans le rapport du *Surgeon General* (USDHHS, 1996), il était indiqué : « Les recommandations les plus récentes conseillent aux individus de tous les âges d'inclure un minimum de 30 minutes d'activité physique d'intensité modérée (telle que la marche rapide) la plupart, sinon tous les jours de la semaine. Il est également reconnu que, pour la plupart des personnes des bénéfices plus importants pour la santé peuvent être obtenus en pratiquant une activité physique d'intensité plus élevée ou de durée plus prolongée ». Ce dernier aspect, tout à fait essentiel, de ces recommandations n'est souvent pas mentionné. Comme nous le verrons, il a été repris de façon beaucoup plus explicite dans la mise à jour des recommandations d'activité physique américaines publiée en 2007 (Haskell et coll., 2007).

Ces recommandations américaines ont été rapidement adoptées par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et par la Fédération internationale de médecine du sport (FIMS). Dans une déclaration commune (OMS et FIMS, 1995), ces deux organisations formulaient leurs recommandations de la façon suivante : « Les adultes doivent être encouragés à augmenter progressivement leur activité physique habituelle en visant la pratique chaque jour d'au moins 30 minutes d'activité physique d'intensité modérée, par exemple la marche rapide ou la montée des escaliers. Des activités d'intensité plus élevée telles que le jogging (à vitesse lente), le vélo, les jeux de terrain (football, tennis, etc...) peuvent procurer des bénéfices supplémentaires ».

Il faut souligner à quel point ces premières recommandations visant la promotion de la santé (en anglais, *Health-Enhancing Physical Activity* ou HEPA) diffèrent des recommandations plus anciennes centrées sur la capacité

cardio-respiratoire (Oja, 2004). C'est ce que nous détaillons ci-dessous en termes d'intensité, de fréquence et de profil quotidien d'activité.

L'intensité recommandée est dite modérée. Il n'est pas toujours évident de savoir précisément ce que ce terme signifie dans le cadre de recommandations de santé publique. On considère habituellement qu'il s'agit des activités physiques correspondant à 50-70 % de la puissance aérobie maximale. Ceci correspond pour la plupart des individus inactifs physiquement à la pratique de la marche à un bon pas (marche rapide, *brisk walking*). La marche rapide est en effet prise comme exemple d'activité type dans toutes ces recommandations. Une activité d'intensité modérée peut également être définie comme une activité qui s'accompagne d'une accélération de la respiration (à la limite de l'essoufflement) sans que l'individu ne transpire obligatoirement ou de façon subjective (activité moyennement difficile sur l'échelle de Borg) (tableau 26.II). Ces repères pragmatiques sont probablement plus adéquats que la référence à une vitesse (4 à 6 km/h, en terrain plat) ou à la dépense énergétique liée à l'activité physique (3 à 6 fois la dépense de repos) : de telles activités peuvent en effet être modérées pour certains individus mais très intenses pour d'autres, notamment en fonction de l'âge.

Tableau 26.II : Classification de l'intensité de l'activité physique (activités d'endurance) – intensité relative (Source : US Department of Health and Human Services, 1996)

Intensité	VO2 max (%) Fréquence cardiaque de réserve (%)	Fréquence cardiaque maximale (%)	Échelle de Borg*
Très légère	< 25	< 30	< 9
Légère	25-44	30-49	9-10
Modérée	45-59	50-69	11-12
Intense	60-84	70-89	13-16
Très intense	≥ 85	≥ 90	> 16
Maximale	100	100	20

*Échelle de Borg : échelle d'évaluation de l'effort perçu (de 6 à 20)

À l'appui du choix de la marche comme exemple type dans ces recommandations, les résultats de différentes études montrent que la plupart des types de marche, qu'il s'agisse de la marche « habituelle » pour se déplacer par exemple en allant au travail jusqu'à la marche très rapide de type sportif, améliore la capacité aérobie et est associée à des bénéfices métaboliques chez des sujets d'âge moyen, hommes ou femmes, initialement inactifs (Murphy et coll., 2002). Enfin, la recommandation d'activités d'intensité modérée vise également à prévenir les accidents ou autres risques pouvant survenir lors de la pratique d'activités d'intensité très élevée.

Une caractéristique très importante des recommandations d'activité visant la santé en général est la fréquence élevée. Alors que la recommandation visant le développement de la capacité cardio-respiratoire inclut des jours de repos entre les jours d'exercice pour permettre la récupération entre sessions d'intensité élevée, les recommandations visant la santé en général insistent sur le caractère quotidien de l'activité.

La troisième caractéristique particulière des recommandations visant la santé en général concerne le concept d'accumulation de l'activité physique. L'« accumulation » d'activité physique renvoie au fait que l'activité physique totale au cours d'une journée peut être divisée en plusieurs parties ou sessions. Les résultats de plusieurs études suggèrent effectivement que la durée recommandée de 30 minutes peut être divisée en plusieurs (2 ou 3) fois 10 minutes. Par exemple, dans une étude (Murphy et Hardman, 1998), des femmes d'âge moyen ont été réparties au hasard en 2 groupes, un groupe suivant un entraînement et un groupe témoin. L'intervention durait 10 semaines et correspondait à un programme d'entraînement à la marche « rapide » (70-80 % de la fréquence cardiaque maximale), 5 fois par semaine, soit en 30 minutes d'affilée soit en 3 fois 10 minutes tous les jours. L'amélioration de la capacité physique en termes d'augmentation de puissance aérobie maximale était la même dans les deux groupes : 8 %. La possibilité de réaliser l'activité physique en plusieurs fois au cours de la journée est d'un intérêt pratique évident et l'augmentation de la compliance dans ce cas a été rapportée (par exemple, 3 fois 10 minutes d'activité d'intensité modérée par jour plutôt que 30 minutes en une seule fois) (Dunn et coll., 1998). L'effet de ce fractionnement sur le risque cardiovasculaire (et sur le risque d'événements coronariens en particulier) reste cependant à démontrer.

Il faut bien noter que ces recommandations d'activité physique visant la santé en général incluent de très nombreuses activités physiques de la vie quotidienne ou courante. Il ne s'agit pas seulement des activités physiques réalisées au cours des loisirs mais également des autres domaines de l'activité physique au quotidien à savoir dans le cadre professionnel, domestique (à la maison et à proximité du domicile) et lors des trajets/transports. En diminuant d'une certaine façon le seuil permettant aux sujets inactifs de devenir actifs par rapport aux recommandations centrées sur la capacité cardio-respiratoire, ces recommandations cherchent à toucher le plus grand nombre, au-delà des sujets intéressés seulement par les aspects sportifs de compétition.

Mise à jour des recommandations pour le maintien de la santé en général

En 2007, l'ACSM et l'association américaine d'étude des maladies du cœur (*American Heart Association*, AHA) ont publié conjointement une mise à jour des recommandations d'activité physique pour le maintien de la santé de 1995 (Haskell et coll., 2007). Ce sont en fait deux documents qui ont été produits, l'un pour les adultes en bonne santé en dessous de 65 ans, l'autre

pour les sujets âgés de plus de 65 ans. En fonction de l'avancée des connaissances sur les relations entre activité physique et santé, l'intention des auteurs était de fournir une recommandation de santé publique plus explicite, en particulier concernant les types et volumes d'activité physique nécessaire aux adultes en bonne santé pour maintenir et améliorer leur état de santé.

Les nouvelles recommandations pour les adultes âgés de 18 à 65 ans se subdivisent en 3 chapitres : activités de type aérobie, activités de renforcement musculaire, bénéfiques d'une activité plus importante. Le document indique d'abord que « pour promouvoir et maintenir un bon état de santé, tous les adultes en bonne santé âgés de 18 à 65 ans ont besoin d'une activité physique de type aérobie (endurance) d'intensité modérée pendant une durée minimale de 30 minutes 5 jours par semaine ou d'une activité de type aérobie d'intensité élevée pendant une durée minimale de 20 minutes 3 jours par semaine ». Fait nouveau, le texte des recommandations détaille comment atteindre le niveau proposé et explique certains des termes employés. La suite du texte est : « Les activités physiques d'intensité modérée ou élevée peuvent être combinées pour atteindre cette recommandation. Par exemple, une personne peut atteindre la recommandation en marchant à un bon pas pendant 30 minutes 2 fois dans la semaine et en pratiquant le jogging pendant 20 minutes lors de 2 autres jours de la semaine. L'activité physique d'intensité modérée, qui est en général équivalente à la marche à un bon pas et accélère sensiblement la fréquence cardiaque, peut être accumulée jusqu'au minimum des 30 minutes en pratiquant des sessions d'une durée chacune de 10 minutes ou plus. L'activité physique d'intensité élevée, dont l'exemple type est le jogging, entraîne une accélération de la respiration et une augmentation notable de la fréquence cardiaque. De plus, chaque adulte devrait pratiquer des activités pour maintenir ou augmenter la force et l'endurance musculaire au minimum 2 jours par semaine. Du fait de la relation dose-réponse entre activité physique et santé, les personnes qui souhaitent améliorer davantage leur forme physique, réduire leur risque de pathologies chroniques et d'incapacité ou prévenir une prise de poids excessive, peuvent bénéficier du fait de dépasser le minimum d'activité physique recommandé. ».

Comme le soulignent les auteurs, cette mise à jour permet de clarifier un certain nombre de points importants par rapport aux recommandations de 1995 (Haskell et coll., 2007) :

- concernant la fréquence des activités d'intensité modérée, il est spécifié dans les nouvelles recommandations que le minimum est de 5 fois par semaine, alors que la version de 1995 mentionnait « la plupart, et préférablement tous » les jours de la semaine ;
- les activités d'intensité élevée sont explicitement incorporées dans les nouvelles recommandations, alors qu'elles faisaient moins clairement partie de la version de 1995. C'est bien la pratique d'activités physiques d'intensité modérée et/ou élevée qui est encouragée. Les activités physiques d'intensité

modérée et élevée sont donc considérées comme complémentaires en termes de bénéfice pour la santé ;

- des activités de différentes intensités peuvent être combinées pour atteindre le niveau recommandé ;
- les nouvelles recommandations précisent clairement que la quantité recommandée d'activité physique de type aérobie est à ajouter aux activités physiques minimum de la vie quotidienne qui sont de faible intensité, par exemple déambuler, faire ses courses, ou qui sont de durée inférieure à 10 minutes, par exemple aller chercher sa voiture au parking... En revanche, des activités de la vie courante qui seraient d'intensité modérée à élevée, pratiquées pendant 10 minutes ou plus d'affilée (par exemple, marche rapide pour les trajets, bêcher...) sont comptabilisées pour atteindre le niveau recommandé. Cette notion est très importante, en particulier dans l'interprétation des questionnaires d'activité physique, par exemple dans les études de population (Craig et coll., 2003 ; Bertrais et coll., 2004) ;
- les nouvelles recommandations insistent sur le fait que dépasser le niveau minimum recommandé permet d'obtenir des bénéfices supplémentaires en termes de santé. Il s'agit bien ici de mieux décrire l'allure de la courbe dose-réponse. Ceci est en accord avec les résultats d'une étude récente dans laquelle était proposé à des femmes en surpoids le suivi de 50, 100 ou 150 % du volume d'activité correspondant aux 30 minutes d'activité modérée 5 fois par semaine (Church et coll., 2007). Après 6 mois, il était noté une augmentation linéaire du VO_2 max, critère de jugement principal, en fonction du volume d'activité pratiqué ;
- concernant le concept d'« accumulation » de l'activité physique, les nouvelles recommandations précisent que la durée minimum d'une session est de 10 minutes ;
- les activités de renforcement musculaire font partie intégrante des recommandations d'activité physique ;
- enfin, certains termes ont été ajoutés pour plus de précision, par exemple pour différencier les activités d'endurance (ou de type aérobie) des activités de renforcement musculaire (résistance), ces dernières faisant maintenant partie intégrante des recommandations.

Une question fréquemment soulevée est celle de la combinaison d'activités d'intensité modérée et d'intensité élevée permettant d'atteindre le niveau d'activité physique recommandé. En utilisant la notion d'équivalent métabolique ou MET (*Metabolic Equivalent Task*), il est habituel de définir l'intensité modérée comme étant entre 3 et 6 METs et l'intensité élevée au-delà de 6 METs. Selon les nouvelles recommandations, le niveau à obtenir en combinant activité d'intensité modérée et activité d'intensité élevée est de l'ordre de 450 à 750 MET-min/semaine (voir tableau 26.III pour le nombre de METs selon les activités sélectionnées ; Haskell et coll., 2007). Ceci est calculé de la façon suivante : en prenant 5 x 30 minutes par semaine soit 150 minutes au minimum d'activité modérée (de 3 à 6 METs), les bornes de l'intervalle sont $3 \text{ (METs)} \times 150 \text{ (min/semaine)} = 450 \text{ MET-min/semaine}$ et $5 \text{ (METs)} \times$

150 (min/semaine) = 750 MET-min/semaine. Il reste cependant à mieux définir comment combiner de façon optimale les activités d'intensité modérée et les activités d'intensité élevée, en fonction des individus (âge, sexe, capacité physique...), en fonction du type d'activités pratiquées et du résultat recherché.

Tableau 26.III : Équivalent métabolique (MET) des activités physiques communes classées selon leur intensité (faible, modérée ou intense) (d'après Haskell et coll., 2007)

Faible < 3,0 METs	Modérée 3,0-6,0 METs	Intense > 6,0 METs
<p>Marche : Marche lente autour du domicile, au supermarché ou au bureau = 2,0*</p>	<p>Marche : Marche (3 mph) = 3,3* Marche à un rythme rapide (4 mph) = 5,0*</p>	<p>Marche, jogging, course : Marche à un rythme très rapide (4,5 mph) = 6,3* Marche/ronde à un rythme modéré avec ou non charge légère (< 10 lb) = 7,0 Randonnée de niveau élevé et charge de 10-42 lb = 7,5-9,0 Jogging à 5 mph = 8,0* Jogging à 6 mph = 10,0* Course à 7 mph = 11,5*</p>
<p>Tâches domestiques et courantes : Position assise – utilisation de l'ordinateur et d'outils légers = 1,5 Faire des travaux légers en position debout tels que faire le lit, faire la vaisselle, repasser, préparer le repas ou ranger les courses = 2,0-2,5</p>	<p>Nettoyage important : laver les vitres, la voiture, le garage = 3,0 Brosser les sols ou le tapis, passer l'aspirateur, essuyer = 3,0-3,5 Menuiserie – général = 3,6 Porter et ranger le bois = 5,5 Tondre la pelouse – Passer la tondeuse = 5,5</p>	<p>Pelleter du sable, du charbon, etc = 7 Porter de lourdes charges telles que des briques = 7,5 Lourds travaux des champs tels que faire les foins = 8 Pelleter, creuser des fossés = 8,5</p>
<p>Activités de loisir et sports Activités artistiques et manuelles, jouer aux cartes = 1,5 Jouer au billard = 2,5 Faire du canotage = 2,5 Jeu de croquet = 2,5 Jeu de fléchettes = 2,5 Pêcher – Assis = 2,5 Jouer de la plupart des instruments de musique = 2,0-2,5</p>	<p>Badminton de loisir = 4,5 Basketball – Déplacement rapide = 4,5 Vélo d'appartement à petite vitesse (10-12 mph) = 6,0 Danse – lente = 3,0 Danse – rapide = 4,5 Pêcher tout en marchant sur la rive = 4,0 Golf – Marcher en traînant les clubs = 4,3 Bateau à voile, surf = 3,0 Nage de loisir = 6,0 Tennis de table = 4,0 Tennis en doubles = 5,0 Volleyball – Hors compétition = 3,0-4,0</p>	<p>Partie de basketball = 8,0 Faire du vélo d'appartement : effort modéré (12-14 mph) = 8,0 ; rapide (14-16 mph) = 10 Ski de fond – lent (2,5 mph) = 7,0 ; rapide (5,0-7,9 mph) = 9,0 Football amateur = 7,0 ; compétition = 10,0 Natation – modérée/forte = 8-11** Tennis simples = 8,0 Volleyball – compétitif en salle ou plage = 8,0</p>

* Sur surface plate, dure ; ** Pour la natation, les valeurs peuvent varier de façon importante selon les personnes en fonction du type de nage et des aptitudes ; MET (*Metabolic Equivalent Task*) : 1 MET équivaut à une dépense énergétique de 3,5 millilitres d'oxygène par kilogramme de masse corporelle par minute ou à environ 1 kilocalorie par kilogramme de masse corporelle par heure ; mph : miles par heure (1,6 km par heure) ; 1 lb=453,59 g

L'inclusion d'exercices de résistance dans les nouvelles recommandations résulte des données obtenues ces dernières années démontrant les effets bénéfiques de ce type d'exercice sur la force et l'endurance musculaire chez les sujets d'âge moyen, complétant ainsi les données connues chez les sujets âgés (Pollock et coll., 2000). Les nouvelles recommandations précisent que ces activités devraient être pratiquées au moins 2 jours, non consécutifs, par semaine, sous forme de 8 à 10 exercices utilisant les principaux groupes musculaires (avec 8 à 12 répétitions de chaque exercice).

Les nouvelles recommandations mentionnent également le fait que la prévention du gain de poids excessif représente un cas particulier pour lequel un niveau d'activité physique dépassant le niveau minimum peut être requis (voir le chapitre « Obésité »). Ainsi, en accord avec d'autres documents (Fogelholm et Kukkonen-Harjula, 2000 ; Saris et coll., 2003 ; Blaire et coll., 2004 ; Brooks et coll., 2004 ; *Department of Health*, 2004), la prévention du gain de poids et la prévention de la reprise de poids après amaigrissement nécessiteraient chez l'adulte une durée d'activité physique d'intensité modérée équivalent respectivement à 45-60 minutes/jour et 60-90 minutes/jour. En ce qui concerne le cas spécifique du contrôle du poids, le contexte nutritionnel doit être pris en compte pour intégrer les apports et les dépenses énergétiques dans le raisonnement. Il faut souligner d'autre part, que le niveau minimum d'activité recommandé, par exemple 30 minutes par jour d'activité d'intensité modérée 5 jours/semaine est déjà susceptible d'apporter des bénéfices même chez les sujets en surpoids. Enfin, la pratique d'une activité physique même modérée peut apporter des bénéfices majeurs sur l'état de santé des personnes en surpoids, indépendamment des effets de l'activité sur le poids (Blair et coll., 2004).

Les exemples donnés pour illustrer la mise à jour des recommandations de santé publique en matière d'activité physique, avec les valeurs de METs correspondantes, montrent bien que les activités recommandées sont à la fois des activités du quotidien (sous réserve d'une intensité et d'une durée suffisante, par exemple la marche mais si elle est « rapide » ou à un bon pas et d'au moins 10 minutes d'affilée), des exercices plus structurés (par exemple, gym en salle) y compris bien évidemment des activités sportives (*Department of Health*, 2004 ; Haskell, 2004). Parallèlement à l'augmentation de l'activité physique habituelle, la réduction du temps passé à des occupations sédentaires est souvent soulignée, et d'abord la réduction du temps passé devant un écran (télévision/vidéo, ordinateur) (Dietz, 1996 ; *Department of Health*, 2004).

Recommandations d'activité physique chez l'enfant et l'adolescent

En l'absence d'études prospectives ou d'études d'intervention randomisées bien conduites et suffisamment longues, nous ne disposons pas chez

l'enfant, contrairement à l'adulte, de données permettant d'établir avec précision la quantité et le type d'activité physique nécessaires à un effet positif sur la santé immédiate et future des jeunes. La plupart des recommandations d'activité physique pour les plus jeunes s'accordent cependant pour proposer des durées d'activités plus longues que celles recommandées chez l'adulte.

Il avait été initialement proposé d'utiliser les mêmes recommandations que celles destinées aux adultes (soit au moins 30 minutes par jour d'activité d'intensité modérée) (Sallis et Patrick, 1994). Cependant, les conclusions de conférences de consensus récentes s'accordent aujourd'hui pour dire que ceci n'est probablement pas suffisant. Un minimum de 60 minutes (et non 30 minutes) par jour d'activités physiques d'intensité modérée à élevée est souhaitable chez les jeunes, sous forme de sports, de jeux ou d'activités de la vie quotidienne (Strong et coll., 2005). Les recommandations récentes du *Department of Health* (2004) du Royaume-Uni ajoutent que « au moins deux fois par semaine, ceci devrait inclure des activités permettant d'améliorer la santé osseuse (activités qui induisent une forte contrainte physique au niveau osseux), la force musculaire et la souplesse ».

Pour les jeunes, les experts mettent aussi en avant le fait que la promotion d'un mode de vie physiquement actif doit être l'affaire de tous (famille, éducateurs physiques, écoles, centres médico-sportifs, collectivités...). Il faut insister sur le fait que ces recommandations reposent sur le concept d'un seuil minimal ou d'un ensemble de recommandations supposées optimales pour la santé, concept pour lequel il n'existe pas à l'heure actuelle d'évidence épidémiologique ou expérimentale chez l'enfant (Strong et coll., 2005).

Modalités de pratiques d'activité physique chez le sujet normal de plus de 65 ans ou chez le sujet atteint de pathologie chronique au-delà de 50 ans

Dans cette partie, nous ferons la synthèse des données actuelles (Pate et coll., 1995 ; *American College of Sports Medicine Position Stand*, 1998a et b ; Nici et coll., 2006 ; Nelson et coll., 2007) sur les modalités de pratiques recommandées chez les sujets sains au-delà de 65 ans et chez les sujets présentant une maladie chronique au-delà de 50 ans. Il s'agit de promouvoir la santé et de prévenir les maladies chez toutes les personnes, d'améliorer ou d'optimiser la qualité de vie chez les sujets pathologiques et pour les plus atteints d'entre eux d'éviter la dépendance.

Les données actuelles insistent sur le fait que l'activité physique ne doit pas consister à, par exemple pratiquer uniquement des activités soit de type aérobie comme la marche ou le vélo, soit de renforcement musculaire type

contre résistance. Il est donc préférable de diversifier ces activités en y ajoutant par exemple des exercices d'équilibre, de souplesse... Par ailleurs, les « quantités » données sont des minima, mais il existe une relation dose-réponse ; on peut donc dépasser, si l'on en sent la possibilité et la nécessité, les « prescriptions » de base, sans toutefois aller vers l'excès.

Activités de type aérobic

Ce travail en endurance doit se faire pendant un minimum de 30 minutes, 5 jours par semaine, s'il est à intensité modérée. Pour une activité intense, le minimum sera de 20 minutes et cela 3 jours par semaine.

Comment évaluer le niveau d'intensité ? Si l'on utilise une échelle de 0 à 10 où 0 représente la position assise et 10 un effort extrême, un exercice d'intensité modérée représente une évaluation aux alentours de 5. Un exercice d'intensité élevée entraîne des augmentations plus importantes de la fréquence cardiaque et de la ventilation. Le ressenti de celle-ci devient extrêmement net avec une sensation non angoissante d'essoufflement. Si à cette sensation d'essoufflement, s'ajoute une impossibilité de parler avec un compagnon d'activité, le niveau d'exercice est trop important. Sur une échelle de 0 à 10, l'exercice d'intensité élevée mais bien supportée est noté aux alentours de 8.

La notion particulièrement importante pour le sujet âgé ou atteint de pathologie est que la sensation de l'intensité de l'effort est variable d'un individu à l'autre en fonction de sa condition physique, de sa pathologie, de sa tolérance à l'effort... Ainsi, un exercice d'intensité modéré pourra correspondre à une marche normale pour un sujet donné, à une marche rapide pour un autre. Un exercice d'intensité élevée pourra correspondre à une marche rapide pour le premier sujet, à un jogging pour le second. L'important est donc de s'auto-évaluer régulièrement, par exemple en utilisant cette échelle analogique de 0 à 10. Bien évidemment si l'on en ressent la possibilité, il est possible de mixer ses activités. Par exemple, 30 minutes 3 jours par semaine d'activité à intensité modérée, complétées par 20 minutes les deux autres jours d'activités à intensité plus importante.

Cette activité peut être également fractionnée. En effet, il a été montré que les effets d'une activité de 3 fois 10 minutes par jour étaient identiques à ceux obtenus en 30 minutes par jour. L'activité la plus habituellement rencontrée est celle de la marche normale qui peut devenir rapide, évoluer en jogging... Mais celles de type aérobic comprennent également le vélo, très utilisé dans nos contrées, la natation, et pour ceux qui en ont la possibilité : le ski de fond...

Bien entendu, cette pratique aérobic vient en sus des activités de la vie quotidienne. Pour illustrer ces données, et si l'on évalue son activité à l'aide d'un podomètre, on considère que les activités de la vie quotidienne nor-

male représentent dans une journée environ 3 000 pas. Si cette valeur n'est pas atteinte, le sujet est sédentaire. Si l'on fait en sus une demi-heure de marche par jour, ce qui très globalement représente environ 3 000 pas, on peut dire qu'un sujet raisonnablement actif parcourt, ou doit parcourir pour conserver son capital santé, 6 000 pas par jour, ce qui représente tout aussi globalement environ 5 km/jour.

Renforcement musculaire

Si l'on peut considérer que l'entraînement en endurance va améliorer l'aptitude physique, la tolérance à l'effort et donc favoriser l'autonomie du sujet, et lui permettre une vie sociale active, le renforcement musculaire encore appelé travail en résistance va augmenter la force musculaire, donc faciliter les activités de la vie quotidienne où il est courant de soulever tel ou tel objet. Ce renforcement musculaire doit être réalisé au minimum 2 jours non consécutifs par semaine. Il s'agit de soulever un poids : soit une bande élastique lestée, enroulée autour du poignée ou de la cheville, soit une altère ou tout autre système permettant de lutter contre une résistance. Il est recommandé de réentraîner 8 à 10 groupes musculaires majeurs et différents : avant-bras, bras, épaule, cuisse (droits, gauches)... Pour chaque groupe musculaire, il faut faire une série de 10 à 15 répétitions. Il va donc être réalisé une centaine de mouvements. La question qui se pose alors est celle du poids contre lequel il faut travailler. De nouveau, l'utilisation d'une échelle analogique de 0 à 10 est particulièrement pratique. Si 0 représente l'absence de mouvement et 10 l'effort maximum, un exercice d'intensité modérée – ce qui évidemment est conseillé au moins dans un premier temps – sera aux environs de 5. Un exercice d'intensité élevée aux environs de 7-8.

Exercices de souplesse et d'équilibre

Toute activité physique va entretenir une certaine souplesse et favoriser l'équilibre. Toutefois, il est utile de prolonger les activités précédentes par un entraînement spécifique.

Concernant la souplesse, il est recommandé de réaliser des exercices de souplesse au niveau des jambes, du tronc, de la nuque... 2 fois 10 minutes par semaine à l'entrée ou à la sortie des journées où le travail en force n'est pas réalisé.

Les exercices d'équilibre sont extrêmement importants dans la mesure où ils diminuent le risque de chutes, qui chez le sujet âgé est souvent la cause de blessures importantes de type fracture de la hanche. Ces exercices peuvent être d'une grande simplicité : marcher sur une ligne tracée sur le sol, yeux

ouverts ou fermés, franchir des plots... Ils peuvent être réalisés quotidiennement en introduction aux séances aérobies par exemple.

En pratique

En pratique, chez les sujets de plus de 65 ans, ayant généralement fait valoir leurs droits à la retraite, il est facile d'organiser par écrit un programme quotidien par lequel ils commenceront, poursuivront ou termineront leurs journées. Il doit rentrer dans leur mode de vie, leur hygiène de vie, et correspondre au régime minimal demandé. Ils pourront s'ils le désirent, augmenter l'intensité des exercices.

Le problème qui peut se poser chez le sujet pathologique est celui d'une trop grande fragilité, d'un trop grand isolement, d'une trop grande sédentarisation, conséquences d'une maladie sévère. Il est alors important de réaliser un minimum d'activité physique, quelle qu'en soit l'intensité. Il est démontré que même l'état des malades les plus sévères est amélioré par ces programmes. Les gains en autonomie sont importants. Il est donc nécessaire de commencer par l'intensité minimale supportée, puis d'augmenter progressivement au fil des mois pour atteindre les « posologies » recommandées.

Recommandations nationales

En France, la limitation de la sédentarité et la promotion d'une activité régulière d'intensité modérée font partie des axes majeurs du Programme national nutrition santé (PNNS) mis en place par le ministère de la Santé en 2001, repris dans la Loi relative à la politique de Santé Publique du 9 août 2004. Les autorités de santé ont ainsi souhaité inclure une incitation à l'activité physique régulière dans la population générale dans le cadre du programme national sur la politique nutritionnelle (Oppert et coll., 2006).

L'objectif du PNNS pour l'activité physique est « d'augmenter de 25 % la proportion d'adultes pratiquant l'équivalent de 30 minutes de marche rapide par jour » ; de plus, « la sédentarité étant un facteur de risque, elle doit être combattue dès l'enfance »⁷⁰. L'objectif de la loi vise à passer de 60 % pour les hommes et 40 % pour les femmes actuellement, à 75 % pour les hommes et 60 % pour les femmes d'ici 2008, en termes de proportion de personnes, tous âges confondus, faisant par jour l'équivalent d'au moins 30 minutes d'activité physique d'intensité modérée, au moins 5 fois par semaine. En 2004, une campagne nationale de promotion de l'activité physique a été

réalisée dans le cadre du PNNS⁷¹. Ces actions sont complémentaires des campagnes d'incitation à la pratique sportive (« sport pour tous ») réalisées par le ministère de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative.

En conclusion, la recommandation de santé publique en matière d'activité physique correspond donc actuellement chez les adultes à la pratique d'une activité physique au moins d'intensité modérée (comme la marche à un pas soutenu) au moins 30 minutes par jour, 5 jours par semaine ou à la pratique d'une activité physique d'intensité plus élevée au moins 20 minutes à chaque fois 3 jours par semaine. Une combinaison d'activités d'intensité modérée et élevée peut également être utilisée pour atteindre le niveau recommandé. Dans une perspective intégrative, la pratique d'activités d'intensité élevée est complémentaire, ou représente une étape ultérieure dans une progression des individus pour atteindre, ou dépasser, le niveau minimum recommandé. La pratique d'exercices de résistance (musculature) 2 fois par semaine est également encouragée.

La notion de progression qui est effectivement incluse dans la plupart de ces recommandations apparaît tout à fait essentielle. Elle permet en effet de réconcilier la position issue des études de physiologie, souvent effectuées sur des petits groupes de sujets, avec les résultats des études épidémiologiques, habituellement réalisées sur des populations plus larges. En d'autres termes, elle réconcilie en général les tenants de la promotion d'activités d'intensité élevée (ce qui correspond à nombre d'activités sportives), persuadés de l'importance primordiale du critère de la capacité cardio-respiratoire pour améliorer l'état de santé, avec les tenants de la promotion des activités d'intensité modérée (ce qui correspond plutôt aux activités physiques dans la vie quotidienne), convaincus de l'importance d'atteindre le plus grand nombre de sujets sédentaires ou peu actifs pour mieux s'attaquer au problème de santé publique de l'inactivité physique et de ses conséquences à long terme.

Idéalement, tous les sujets adultes quel que soit leur état de santé devraient être physiquement actifs. Le minimum indispensable que l'on peut recommander, quand l'état de santé le permet, est de marcher normalement une demi-heure par jour 5 jours par semaine. Chez un sujet pathologique, cette activité joue un rôle thérapeutique. Chez un sujet sain, l'activité physique va prévenir l'apparition, ralentir l'évolution des affections liées à l'âge. Chez les patients les plus sévères et chez les sujets les plus âgés, cette activité physique va maintenir l'autonomie et donc la qualité de vie. Il est clair que l'activité physique devient un élément majeur du mode de vie des sujets âgés.

71. www.mangerbouger.fr

BIBLIOGRAPHIE

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (ACSM). The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining fitness in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1978, **10** : vii-x

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (ACSM). Position stand: the recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1990, **22** : 265-274

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (ACSM). The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998, **30** : 975-991

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE POSITION STAND. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998a, **30** : 992-1008

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE POSITION STAND. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998b, **30** : 975-991

BERTRAIS S, PREZIOSI P, MENNEN L, GALAN P, HERCBERG S, OPPERT JM. Sociodemographic and geographic correlates of meeting current recommendations for physical activity in middle-aged French adults: the Supplémentation en Vitamines et Minéraux Antioxydants (SUVIMAX) Study. *Am J Public Health* 2004, **94** : 1560-1566

BIDDLE S, SALLIS JF, CAVILL NA. Young and active? Young people and health enhancing physical activity. Evidence and implication. London, Health Education Authority, 1998

BLAIR SN, LAMONTE MJ, NICHAMAN MZ. The evolution of physical activity recommendations: how much is enough? *Am J Clin Nutr* 2004, **79** (suppl) : S913-S920

BROOKS GA, BUTTE NF, RAND WM, FLATT JP, CABALLERO B. Chronicle of the Institute of Medicine physical activity recommendation: how a physical activity recommendation came to be among dietary recommendations. *Am J Clin Nutr* 2004, **79** : 921S-930S

CHURCH TS, EARNEST CP, SKINNER JS, BLAIR SN. Effects of different doses of physical activity on cardiorespiratory fitness among sedentary, overweight or obese postmenopausal women with elevated blood pressure: a randomized controlled trial. *JAMA* 2007, **297** : 2081-2091

CRAIG CL, MARSHALL AL, SJÖSTRÖM M, BAUMAN AE, BOOTH ML, et coll. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Med Sci Sports Exerc* 2003, **35** : 1381-1395

DEPARTMENT OF HEALTH. At least five a week. Evidence on the impact of physical activity and its relationship to health. A report from the Chief Medical Officer. London, Department of Health, 2004 (<http://www.5aday.nhs.uk>)

DIETZ WH. The role of lifestyle in health: the epidemiology and consequences of inactivity. *Proc Nutr Soc* 1996, **55** : 829-840

DUNN AL, ANDERSEN RE, JAKICIC JM. Lifestyle physical activity interventions. History, short- and long-term effects, and recommendations. *Am J Prev Med* 1998, **15** : 398-412

FLETCHER GF, BLAIR SN, BLUMENTHAL J, CASPERSEN C, CHAITMAN B, et coll. Statement on exercise. Benefits and recommendations for physical activity programs for all Americans. A statement for health professionals by the Committee on Exercise and Cardiac Rehabilitation of the Council on Clinical Cardiology, American Heart association. *Circulation* 1992, **86** : 340-344

FOGELHOLM M, KUKKONEN-HARJULA K. Does physical activity prevent weight gain - a systematic review. *Obes Rev* 2000, **1** : 95-111

HASKELL WL. J.B. Wolffe Memorial Lecture. Health consequences of physical activity: understanding and challenges regarding dose-response. *Med Sci Sports Exerc* 1994, **26** : 649-660

HASKELL WL. General dose response issues concerning physical activity and health. In : Health enhancing physical activity. OJA P, BORMS J (eds). Meyer & Meyer, Oxford, 2004 : 149-168

HASKELL WL, LEE IM, PATE RR, POWELL KE, BLAIR SN, et coll. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation* 2007, **116** : 1081-1093

KESANIEMI YK, DANFORTH E JR, JENSEN MD, KOPELMAN PG, LEFÈBVRE P, REEDER BA. Dose-response issues concerning physical activity and health: an evidence-based symposium. *Med Sci Sports Exerc* 2001, **33** : S351-S358

MURPHY MH, HARDMAN AE. Training effects of short and long bouts of brisk walking in sedentary women. *Med Sci Sports Exerc* 1998, **30** : 152-157

MURPHY M, NEVILL A, NEVILLE C, BIDDLE S, HARDMAN A. Accumulating brisk walking for fitness, cardiovascular risk, and psychological health. *Med Sci Sports Exerc* 2002, **34** : 1468-1474

NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH (NIH). Physical activity and cardiovascular health. NIH Consensus Development Panel on Physical Activity and Cardiovascular Health. *JAMA* 1996, **276** : 241-246

NELSON ME, REJESKI WJ, BLAIR SN, DUNCAN PW, JUDGE JO, et coll. Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation* 2007, **116** : 1094-1105

NICI L, DONNER C, WOUTERS E, ZUWALLACK R, AMBROSINO N, et coll. American Thoracic Society/European Respiratory Society statement on pulmonary rehabilitation. *Am J Respir Crit Care Med* 2006, **173** : 1390-1413

OJA P. Frequency, duration, intensity and total volume of physical activity as determinants of health outcomes. In : Health enhancing physical activity. OJA P, BORMS J (eds). Meyer & Meyer, Oxford, 2004 : 169-207

OPPERT JM, SIMON C, RIVIÈRE D, GUZENNEC CY. Activité physique et santé. Arguments scientifiques, pistes pratiques. Synthèses du PNNS. Ministère de la Santé, 2006, 58 p (http://www.sante.gouv.fr/htm/pointsur/nutrition/actions42_activite.pdf)

ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ (OMS), FÉDÉRATION INTERNATIONALE DE MÉDECINE DU SPORT (FIMS). Committee on Physical Activity for Health. Exercise for Health. *Bulletin of the World Health Organisation* 1995, **73** : 135-136

PATE RR, PRATT M, BLAIR SN, HASKELL WL, MACERA CA, et coll. Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA* 1995, **273** : 402-407

POLLOCK ML, FRANKLIN BA, BALADY GJ, CHAITMAN BL, FLEG JL, et coll. AHA Science Advisory. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: benefits, rationale, safety, and prescription: An advisory from the Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention, Council on Clinical Cardiology, American Heart Association; Position paper endorsed by the American College of Sports Medicine. *Circulation* 2000, **101** : 828-833

ROSE G. Sick individuals and sick populations. *Int J Epidemiol* 1985, **14** : 32-38

SALLIS JF, PATRICK K. Physical activity guidelines for adolescents: Consensus statement. *Pediatr Exerc Sci* 1994, **6** : 299-463

SARIS WH, BLAIR SN, VAN BAAK MA, EATON SB, DAVIES PS, et coll. How much physical activity is enough to prevent unhealthy weight gain? Outcome of the ISAO 1st Stock Conference and consensus statement. *Obes Rev* 2003, **4** : 101-114

STRONG WB, MALINA RM, BLIMKIE CJ, DANIELS SR, DISHMAN RK, et coll. Evidence based physical activity for school-age youth. *J Pediatr* 2005, **146** : 732-737

US DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES (USDHHS). Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General. Atlanta, GA : U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, 1996

Synthèse

L'activité physique peut s'effectuer dans différents contextes. Elle peut être liée à l'activité professionnelle, se pratiquer à l'occasion de loisirs ou au cours de travaux domestiques et également s'intégrer aux déplacements.

Pour une grande partie de la population, l'exercice physique n'est plus aujourd'hui associé aux activités professionnelles et aux déplacements de la vie quotidienne. L'accroissement du travail sédentaire et des activités récréatives physiquement passives (télévision, jeux vidéo...) a diminué la dépense énergétique venant équilibrer les apports. L'activité physique dépend donc principalement chez l'adulte de sa motivation à la pratiquer au cours de ses loisirs de manière spontanée ou dans un club ou une association sportive. Le nombre de pratiquants hors club est beaucoup plus important qu'autrefois ; on constate qu'un pratiquant sur quatre accomplit aujourd'hui sa pratique dans un cadre associatif contre un sur deux en 1985.

La France se caractérise par une multitude d'initiatives locales qui, par leurs objectifs et leurs impacts, favorisent bien « un sport pour tous ». Cependant, comment s'articule la problématique de la santé avec les autres objectifs de l'activité sportive ? La prise en considération de l'activité physique comme composante essentielle de la santé apparaît encore timide.

La question est de savoir comment l'impulsion donnée au niveau de l'État et le déploiement des initiatives locales peuvent endiguer la généralisation de la sédentarité.

De façon générale, les modèles utilisés dans les interventions sont des modèles « socio-écologiques » du comportement, qui renvoient aux interactions dynamiques entre les individus et leur environnement physique et socio-culturel.

Par ailleurs, les messages de promotion doivent être fondés sur le bilan critique des travaux scientifiques qui ont étudié les effets de l'activité physique et sportive sur la qualité de vie et la morbi-mortalité. De même, il est important de connaître par quels mécanismes l'activité physique agit sur les grandes fonctions de l'organisme. C'est à partir de ces connaissances que des recommandations pour l'activité physique et les modalités de sa pratique en population générale peuvent être élaborées.

Les travaux étudiant l'effet de l'activité physique dans les populations atteintes de pathologies chroniques et chez les personnes âgées se sont très largement développés ces dernières années. Ils ont permis d'aboutir à la définition de recommandations spécifiques et consensuelles au plan international.

Un peu d'histoire permet de comprendre la situation française en matière de sport et d'activité physique

Les origines du « sport », en France, sont à la fois anciennes et multiples (instruction militaire, gymnastique scolaire, sports athlétiques...). Au tout début des années 1920, les politiques publiques en matière de sport croisent une autre histoire débutée dans les années 1880, celle de la pratique sportive par le biais des clubs (pour l'essentiel les *Athletics* importés d'Outre-Manche). Composantes importantes de la société civile, les associations sportives continuent à se développer, tant elles sont soucieuses de leur autonomie, voire même de leur indépendance. Au contact de la puissance publique, ces associations vont contribuer au développement d'un nouvel espace culturel et éducatif autour du sport fait de participation sociale, d'initiative, de concertation et de contractualisation.

Le contexte socio-historique de la pratique sportive en France peut se subdiviser schématiquement en deux grandes phases d'évolution :

- une phase initiale de développement des clubs civils qui est antérieure à l'implication directe de la puissance publique dans le domaine sportif (1880-1920) ;
- une longue période de soutien – et d'accompagnement par étapes successives – de l'action sportive des clubs civils par les pouvoirs publics (à partir des années 1920) jusqu'à aujourd'hui. Les années 2000 témoignent d'une différenciation sociale des formes de l'activité sportive, avec des pratiquants de plus en plus nombreux, tandis que les aides de la puissance publique (l'État, les communes, les autres collectivités territoriales) n'ont jamais été aussi importantes.

Pendant la phase initiale au cours de laquelle la pratique sportive se structure en France, différentes activités physiques comme la gymnastique, le tir, l'escrime, la vélocipédie, le canotage ou encore l'aviron sont bien établies et précèdent l'implantation des sports athlétiques. Traditionnellement, l'Armée fait appel depuis longtemps à de nombreux exercices physiques comme la marche, la nage, l'escrime, l'équitation, la gymnastique... La gymnastique est également pratiquée et enseignée au sein de l'institution scolaire (en particulier dans les collèges et les lycées) qui au début des années 1890 va progressivement s'ouvrir aux jeux de plein air. Ainsi, l'Annuaire de la jeunesse⁷², qui est une sorte de guide des études et de répertoire des établissements d'enseignement, se fait l'écho de tensions et d'oppositions : « La question de l'éducation physique peut revêtir trois aspects principaux ;

72. Annuaire de la Jeunesse (par MH Vuibert, rue des Écoles, Paris). Chapitre « Éducation physique ». Paris, Librairie Nony et Cie, 1894 (cinquième année) (VII-1111 p.), p 3-11

on peut la considérer au point de vue athlétique, au point de vue militaire, au point de vue hygiénique ».

La deuxième période se caractérise par quelques étapes clé au cours desquelles on peut distinguer trois modèles successifs de l'organisation des activités sportives. Jusqu'au milieu des années 1920, le modèle le plus répandu est celui du club sportif (qui est souvent un club omnisports). Dans la mesure du possible, ce club s'efforce de devenir propriétaire de ses propres installations (siège, terrains de sports, vestiaire avec douches et sanitaires). Il s'agit du modèle associatif patrimonial. Après les élections municipales de 1925, diverses municipalités conquises par la gauche développent un équipement communal (stade, gymnase, piscine, salle dite d'éducation physique et de gymnastique médicale, centres aérés...). C'est le modèle municipal d'équipement communal. Le gouvernement du Front populaire favorisera la généralisation de ces initiatives afin de les étendre à l'ensemble du territoire (pour l'essentiel des communes urbaines). Durant l'entre-deux-guerres, les directions de quelques grandes entreprises vont inscrire l'éducation physique, les sports et le contrôle médical au programme de leurs œuvres sociales. Ce modèle paternaliste s'inscrit souvent dans une gestion globale – et contrôlée – des salariés de l'entreprise⁷³.

En résumant l'enchaînement des faits politiques, à la veille de l'avènement de la V^e République (1958), l'essentiel de la pratique sportive se limite aux jeunes, principalement la jeunesse scolarisée, avec un net avantage pour les garçons par rapport aux filles. Les années 1960 vont connaître plusieurs changements :

- la modernisation du « système sportif » engagée par Maurice Herzog, alors ministre des Sports ;
- la crise du modèle associatif patrimonial dont les installations sportives ne peuvent répondre à la demande sociale ;
- la mise en place d'une politique municipale d'équipement sportif communal (surtout dans les banlieues où l'habitat collectif est dense).

Ainsi, un troisième modèle d'organisation de la pratique sportive se met en place, celui d'une coopération normalisée. Dans ce modèle, la municipalité fournit les équipements sportifs, rémunère les agents chargés de leur maintenance et distribue les subventions aux clubs. De leur côté, les clubs sportifs favorisent l'encadrement bénévole et la transmission, par l'apprentissage des disciplines sportives, de modèles de culture sportive. Coexistent un modèle « communal », qui reconnaît la prépondérance des municipalités dans

73. Michelin (Industriels). Une expérience d'éducation physique. *Prosperité*, revue trimestrielle d'organisation scientifique, Clermont-Ferrand, Éditions Michelin, n°12, 1932. Les résultats – positifs – de cette expérience d'application de la méthode hébertiste sont exposés dans la revue en 1936.

l'action sportive locale, et un modèle « libéral » qui privilégie son propre réseau d'influence sans s'opposer cependant au pluralisme associatif.

Durant les années 1980, le modèle prévalent depuis une vingtaine d'années est traversé par diverses tensions. Il connaît tout à la fois une crise d'identité (avec la montée du professionnalisme et l'importance des enjeux financiers), de croissance (avec l'augmentation des adeptes d'activités physiques et sportives), de légitimité idéologique également. En effet, de « nouveaux publics » apparaissent (gymnastique volontaire, activités sportives de loisir...) et demandent de meilleures conditions pour accéder aux installations sportives (vestiaires, piscine, gymnase...) et leurs associations souhaitent bénéficier d'une subvention annuelle honorable. Par ailleurs, la massification de la pratique sportive, en particulier au cours des loisirs, conduit à l'accroissement du nombre d'accidents et de traumatismes. Ce phénomène est préoccupant pour le corps médical et a un coût important pour la sécurité sociale, les mutuelles et les assurances. La mise en place de programmes successifs de prévention de la délinquance juvénile par le sport dans les quartiers dits « sensibles » va couvrir un domaine d'animation qui n'a aucun équivalent dans les décennies passées.

Les clubs sportifs d'entreprise et l'activité sociale des comités d'entreprise composent un autre modèle d'organisation destiné à promouvoir les activités physiques et sportives. Leur essor contribue à la démocratisation des loisirs et à l'innovation pédagogique, voire même à la recherche⁷⁴. À partir de la fin des années 1980, ces clubs vont être touchés par les transformations de la vie économique et la baisse, sensible à l'échelle du pays, d'une implication des syndicats.

La pratique sportive comprend aujourd'hui la pratique sportive de masse organisée par les clubs, le sport de haut niveau qui relève désormais de clubs plus ou moins professionnels et l'activité physique des sportifs non affiliés à une association. À ces composantes, vient s'ajouter le sport scolaire pratiqué sur une base volontaire dans les établissements de l'enseignement secondaire (en dehors, donc, des heures obligatoires d'éducation physique et sportive ou EPS). Mentionnons également l'émergence de la pratique des sports de pleine nature qui ne nécessitent pas d'affiliation à un club ou une fédération mais qui ont toutes les caractéristiques d'une pratique sportive notamment par le niveau de technicité (alpinisme, parapente, planche à voile...). Ces pratiques correspondant à des classes d'âge et des milieux socio-culturels déterminés s'inscrivent parfois dans des traditions régionales (par exemple le rugby dans le Sud-Ouest).

74. Mentionnons la série des « Cahiers de l'IFOREP », un institut de formation et de recherche lié à la Caisse d'action sociale des industries électriques et gazières (EDF-GDF), dont certains traitent des thèmes qui nous intéressent : « Les activités physiques et sportives », n°7, 1979 ; « Quel sport pour quelle santé ? », 1983 ; « Pour le sport », n°60, 1990.

À l'échelle de la commune, en dehors du sport professionnel, on peut identifier plusieurs types de « services » publics qui recourent les modèles déjà présentés :

- un courant associatif simple : c'est le modèle le plus ancien mais il peut s'agir aussi d'un courant émergent lié à l'initiative prise par un groupe de personnes ;
- un courant associatif contractuel structuré sur la base d'une convention d'objectifs liant le(s) club(s) et la municipalité ;
- un modèle municipal de service direct à la personne, service qui vient compléter le modèle précédent comme la mise sur pied d'une école municipale de natation, d'une école multisports encadrée par des agents municipaux...

L'offre commerciale d'initiative privée (gymnases clubs, clubs de remise en forme...) constitue un autre modèle d'organisation. Cette offre lucrative s'adapte bien à l'évolution de la demande sociale : diversification des services, convivialité, proximité du lieu de travail.

Un nouveau modèle appelé « l'individualisme sportif de masse »⁷⁵ se dessine. Il pourrait être à l'origine de changements significatifs dans l'amélioration du cadre de vie. Les sportifs (individus, famille, groupe d'amis) revendiquent dans les villes la mise en place d'un réseau cohérent de pistes cyclables, l'aménagement de parcours (pour la course à pied, le roller, la marche) dans les parcs et jardins publics, le long des rives de fleuves ou d'axes rayonnants protégés et réservés donnant accès aux espaces péri-urbains.

Grâce à l'éducation physique et sportive (une discipline d'enseignement) et au sport scolaire (pratiqué dans le cadre des « associations sportives » qui reposent sur l'adhésion volontaire des collégiens et lycéens), les jeunes sont aujourd'hui plus nombreux à pouvoir se familiariser à diverses activités physiques et sportives. Dans le même temps, on constate dans les clubs une baisse des prises de licence sportive par les adolescents des deux sexes. Peut-être conçoivent-ils autrement que dans le sport leur sociabilité culturelle ?

Au niveau de la population générale, de grandes différences s'observent dans les manières de concevoir les activités physiques et sportives, dans leur inscription quotidienne ou hebdomadaire et dans le cadre des loisirs. Cependant, les différents espaces-temps sociaux (le travail, la famille, les loisirs, les transports et les déplacements), et leur maîtrise, sont difficiles à caractériser et ne peuvent être décrits dans quelques tendances-types. On sait néanmoins que le cadre de vie (le lieu de résidence) reste une variable « synthétique » fort pertinente liée en partie aux efforts accomplis par les communes, les départements et les régions.

75. HAUMONT A. La pratique sportive. In : Sociologie du sport. HAUMONT A, LEVET JL, THOMAS R (eds). PUF, Paris, 1987 : 63-148 ; Voir p. 86 et suivantes

La situation observée localement en France se relie à d'autres plans de référence : contrat entre l'État (le ministère⁷⁶) et le CNOSF⁷⁷ (et les fédérations nationales), relayé et complété par une relation tripartite au niveau des régions (DRJS⁷⁸, CREPS⁷⁹, Conseil régional et CROS⁸⁰) ou au niveau des départements (DDJS⁸¹, Conseil général et CDOS⁸²).

Qu'en est-il dans les autres pays par comparaison avec la France ?

En France, c'est en 1978 que le ministère de la Jeunesse et des Sports a créé un département « Sport pour tous ». Ce dernier ne faisait que refléter une aspiration de la population perceptible dans l'évolution des comportements en faveur d'activités physiques récréatives. La loi de 1984, dans son article 1^{er}, insiste sur le principe d'une accession de tous à la culture sportive. Pour autant, il semble manquer à l'ambition ministérielle une ligne d'action ferme, originale, spécifique et inscrite dans la durée. Actuellement, la prise de conscience de l'intérêt de l'activité physique pour la santé se fait jour. Le CNOSF, les fédérations sportives et les collectivités territoriales s'impliquent, avec le soutien du Ministère, dans les différents programmes « Sport pour tous ». La France présente une multitude d'initiatives locales qui, par leurs objectifs et leurs impacts, entrent dans l'objectif « Sport pour tous ». Cependant, la prise en considération de l'activité physique comme composante essentielle de la santé reste encore timide.

L'Espagne et le Portugal, pays dans lesquels un état alors non démocratique a longtemps exercé une forte emprise sur le mouvement sportif, ont depuis développé, principalement dans les grandes villes, des politiques d'équipement sportif, de soutien aux associations et de valorisation directe des programmes « Sport pour tous ». Ces politiques n'ont en rien entravé des activités de type privé lucratif.

L'Italie est un cas un peu particulier puisque le Comité national olympique italien constitué sous Mussolini, tient une place prépondérante en faveur du sport de compétition et de haut niveau. Pour autant, la fédéralisation du

76. Ministère de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative (une désignation en vigueur jusqu'au mois de juin 2007)

77. CNOSF : Comité national olympique et sportif français

78. Direction régionale de la jeunesse et des sports

79. Centre régional d'éducation populaire et sportive

80. Comité régional olympique et sportif

81. Direction départementale de la jeunesse et des sports

82. Comité départemental olympique et sportif

sport pour tous (avec l'*Unione Italiana Sport Popolare*) a su diversifier ses actions auxquelles ont adhéré les nouveaux publics du sport et des activités physiques de détente.

Dans plusieurs pays de l'Europe du Nord, l'État a choisi d'attribuer le statut d'agent contractuel à l'ensemble du secteur associatif et non pas de manière exclusive aux seules fédérations sportives nationales (qui auraient pu revendiquer un contrat d'exclusivité). Cette situation correspond à ce qu'on appelle habituellement le « modèle scandinave » (« *the Scandinavian Model* »). Il concerne le Danemark, la Finlande, la Norvège et la Suède.

En Allemagne, ce sont les gouvernements régionaux, les « Länder », qui sont en charge du développement du sport pour tous par leur soutien aux initiatives locales, sur fond de crise de l'État Providence.

La situation de la Grande-Bretagne est spécifique avec un État faiblement interventionniste, au profit d'initiatives de la société civile et des acteurs du marché. En outre, la Grande-Bretagne est souvent considérée comme « le pays sportif par excellence »... Cependant, en Grande-Bretagne, on ne confond pas les différents modèles d'activité physique, y compris dans leurs correspondances au plan ministériel.

L'expérience des États-Unis et celle du Canada présentent-elles des traits similaires à la situation britannique ? Dans ces deux pays, le sport d'un côté et les activités physiques de loisirs de l'autre, ont été pris en considération bien plus tôt qu'en Europe.

Pour les États-Unis, l'activité sportive est un élément majeur des loisirs. Cependant, à partir des années 1960, au-delà des périodes de renoncement au sport (fin du système scolaire ou vers la quarantaine), une nette diminution globale de la pratique sportive a été constatée. Le modèle du sport de compétition, trop exigeant, expliquait en partie cette désaffection massive. Pour comprendre le phénomène, les agences gouvernementales ont diligenté des enquêtes nationales et dans les années 1970 et 1980, de grands instituts de recherches ont fait des études afin de mieux cerner les nouvelles tendances. Parmi celles-ci, la randonnée, le vélo ou des activités d'extérieur, à proximité du lieu de résidence, figurent en bonne place.

En 1943, le gouvernement canadien a édicté le premier « *National Physical Fitness Act* », accompagné de la création du « *National Physical Fitness Council* ». Depuis, la mobilisation des pouvoirs publics a connu des fluctuations, importante durant les années 1960 et au début des années 1970, mais en retrait une dizaine d'années plus tard... Cependant au début des années 1980, les statistiques fournies par le gouvernement canadien font apparaître l'importance croissante des activités physiques (marche, vélo, natation, « jogging », course à pied, jardinage, entretien physique chez soi...). Du fait de l'étendue de leurs territoires respectifs, les États-Unis comme le Canada, connaissent des situations locales qui peuvent être très contrastées. Ces

différences sont liées à des facteurs historiques, au lieu de résidence (cadre urbain ou non), au développement industriel, à des particularités climatiques et au niveau des ressources financières.

Le contexte socio-historique de la pratique des activités sportives d'un pays correspond à une réalité singulière. La façon de concevoir l'activité physique récréative dépend du type de relation qu'entretient la population « sportive » avec les initiatives des associations ou encore avec les mesures prises par les pouvoirs publics.

En France, les politiques sont-elles orientées vers la promotion du sport pour la santé ?

Les politiques du sport en France reposent sur le principe de l'accessibilité du plus grand nombre aux activités physiques et sportives. Elles doivent être en mesure de reconnaître la valeur d'excellence qu'incarnent les meilleurs, ceux qui représenteront la France dans les compétitions internationales mais aussi les inconvénients et les éventuels effets néfastes pour la santé de ne pas accéder à la culture physique et sportive.

Les pouvoirs publics définissent l'intérêt général en matière de politique sportive. Cela se traduit par la construction d'installations sportives, par la formation d'agents d'encadrement et par l'affectation de moyens financiers. L'objectif à atteindre est celui de la pratique d'activités physiques et sportives par le plus grand nombre de citoyens. D'un côté, les champions qui contribuent au rayonnement du pays, sont accueillis au sein d'institutions spécialisées disposant d'entraîneurs, de médecins, de kinésithérapeutes, voire de psychologues, et de moyens financiers importants. De l'autre, existent de fait des situations particulières comme l'absence d'activité sportive de jeunes dans les « quartiers sensibles » et la quasi-exclusion des individus handicapés. Les pouvoirs publics ont la volonté de prendre en charge ces situations par la mise en œuvre de programmes « sport et réinsertion sociale des jeunes » ou encore « sport adapté ». Ces programmes nécessitent des moyens humains comme les éducateurs « socio-sportifs » et également financiers...

Les politiques du sport en France possèdent ainsi un double ancrage : au niveau des valeurs (conception universaliste doublée de la prise en considération des particularités) et de l'organisation (administration, matériel et moyens humains).

Historiquement, l'effort du ministère des Sports a d'abord intéressé des publics dits « captifs » : jeunes scolarisés, jeunes appelés sous les drapeaux, licenciés dans les clubs. Il faut attendre le milieu des années 1930, pour que le déséquilibre de traitement entre garçons et filles vis-à-vis de l'éducation physique et sportive (EPS) soit corrigé. À cette époque, la valorisation de la

nature et de la vie en plein air favorise la promotion de l'exercice physique qui se voit affranchi d'une pratique centrée sur la compétition. L'ère des loisirs, qui s'ouvre à partir des années 1960, stimule l'essor des pratiques sportives autonomes et de plus en plus affirmées dans les différentes couches de la population, telles celles du « deuxième âge » (les personnes déjà trop âgées pour la compétition en club, par exemple), et également du « troisième âge » appelée aussi les seniors.

Les efforts en matière de politiques du sport peuvent varier d'intensité en fonction des époques ou des conjonctures. Le statut du « ministère des Sports », son rang au sein du gouvernement, la définition précise de ses domaines de compétence et, le cas échéant, son rattachement ministériel de tutelle sont autant de précieux indices de l'importance accordée à la relation entre pratique sportive et santé. Comment au fil du temps, cette relation a-t-elle été perçue et comment a-t-elle évolué ?

À la fin de la première guerre mondiale, Henry Paté (1919) en sa qualité de président du Comité national de l'éducation physique et sportive et d'hygiène sociale déclare solennellement « La France réclame la création de piscines, de terrains de jeux, de stades dans toutes les communes, la transformation de tous nos établissements scolaires en foyers de propagande d'hygiène et de diffusion de la joie saine des exercices physiques ».

Cependant, en ces années d'immédiat après guerre, de fortes tensions témoignent de luttes d'influence entre diverses institutions : le ministère de la Guerre (qui est en charge de l'École de Joinville), le ministère de la Santé publique et de l'Hygiène sociale et le ministère de l'Instruction publique. Le corps médical est en charge de la rééducation physique et des gymnastiques dites « corrective », « respiratoire », et orthopédique ».

L'année 1925 marque une étape décisive dans la structuration des premières politiques sportives mises en œuvre par les municipalités, en particulier dans celles qui se veulent progressistes. Les salles (ou gymnases) destinées à l'éducation physique, à la rééducation physique font partie du programme d'équipement communal. Les enjeux locaux ne sont pas l'exacte transposition des enjeux nationaux. D'une façon générale, la valorisation de la culture sportive éclipse les velléités patriotiques d'une éducation physique utilitariste et « militaire ».

Au tout début des années 1930, se pose clairement la question de la création d'un ministère des Sports de plein exercice. Durant la brève période du gouvernement de Front populaire (1936-1938), l'éducation physique et sportive de la jeunesse est largement valorisée. Dans le premier gouvernement de Front populaire, le sous-secrétariat d'État à l'organisation des Loisirs et Sports, confié à Léo Lagrange, est rattaché au ministère de la Santé publique. Léo Lagrange insiste sur l'accès de tous les jeunes à l'éducation sportive, accès dont le Brevet sportif populaire constitue un indicateur pertinent ; « Son but, en donnant aux Français et aux Françaises le souci de leur santé

et de leur développement physique, est de leur faire subir des épreuves dont les conditions sont suffisantes pour témoigner d'un bon état physique ». À cette époque, se met en place de manière efficace une articulation entre la politique conduite par l'État et celle développée au niveau local, dans les villes en particulier.

Dès 1946, la mise en place d'un Comité national du plein air (pour la promotion des activités de pleine nature) et le développement des institutions de plein air (colonies de vacances, camps de vacances, colonies sanitaires, écoles de plein air, préventoriums...) renouent avec l'esprit du Front Populaire. Ces décisions contribuent à populariser les activités physiques, en particulier auprès des Mouvements de jeunesse et d'éducation populaire.

Au niveau ministériel, outre un rattachement fréquent au ministère de l'Éducation nationale, l'éducation physique et les sports vont connaître un « statut » variable : à la fin de l'année 1947, ce domaine de compétences, confié à un directeur général, est absorbé par le ministère de la Jeunesse, des Arts et des Lettres ; en 1950, en revanche, ce domaine est inclus dans un secrétariat d'État à l'enseignement technique, à la jeunesse et aux sports.

Dans les années 1950, le Dr Encausse, un scientifique en charge du Bureau médical du Haut commissariat à la jeunesse et aux sports (dirigé par Maurice Herzog), développe ses idées dans un ouvrage « Sport et santé » (1952, 1962) qui étudie d'un côté, l'influence des activités physiques et sportives sur l'organisme ; de l'autre, l'organisation administrative, technique et pratique du contrôle médical des activités physiques et sportives.

La « sportisation » de la culture physique et de l'exercice va aller *crescendo* tout au long des années 1960 et durant la décennie suivante. Le sport de compétition possède une légitimité idéologique qui occulte quelque peu les autres pratiques. À l'époque, les fédérations affinitaires et multisports, les responsables de clubs, les associations de jeunesse et d'éducation populaire se sont effacés devant le modèle sportif défendu par les fédérations unisports. Cependant, outre les sportifs « déclarés » (licenciés en clubs), il existe des « sportifs » (qui s'auto-déclarent comme tels) qui ne sont pas affiliés. Il existe aussi une catégorie de « non sportifs » qui, pour la majorité d'entre eux, ne s'adonnent à aucune activité physique. Cette disparité renvoie à une question sociale d'actualité. En 1968, la Fédération française des offices municipaux des sports choisit d'aborder le thème du « Sport pour tous » à l'occasion de son congrès annuel.

La loi « relative au développement de l'éducation physique et du sport » du 29 octobre 1975, dite « loi Mazeaud » constitue un jalon important. Cette loi est destinée principalement à accompagner, sur le plan de l'organisation, les transformations de l'activité sportive en France. Elle souligne que « l'entreprise apparaît devoir être une des structures privilégiées pour le développement du sport pour tous » (titre II). En revanche, la loi est relativement discrète sur la place des activités physiques et leur importance pour

l'entretien de la santé. Les « Journées nationales » animées conjointement par les services du ministère, les clubs et les localités (par exemple l'opération « Parcours du cœur »), ne semblent pas avoir un impact significatif et durable sur les comportements individuels. La France n'est-elle pas en train d'accumuler du retard par rapport à certains pays voisins ?

Au tout début des années 1980, est votée la « Loi Avice » du 16 juillet 1984, relative à l'organisation et à la promotion des activités physiques et sportives. Des changements culturels se combinent à une crise de l'« État Providence » et à des signes tangibles de récession économique. Les activités physiques et sportives progressent, les vacances sportives également bien que des inégalités sociales persistent ou se modifient, inégalités en partie liées à la complexité croissante des flux migratoires. L'action des comités d'entreprise d'envergure est alors à son zénith. Elle contribue à la démocratisation des activités physiques et sportives et à celle des séjours de vacances.

Dans les années qui suivent, les difficultés économiques et la montée du chômage vont contrarier cet élan novateur. La priorité est accordée aux activités sportives des jeunes dans les quartiers dits « sensibles » (programmes interministériels « Vacances et loisirs pour tous », « Loisirs quotidiens des jeunes »).

Le statut du « ministère » des sports connaît des variations au fil du temps : parfois ministère de plein exercice, parfois un secrétariat d'État, avec à sa tête une personnalité ayant un statut de délégué auprès du Premier ministre.

La décentralisation, qui devient effective avec les lois de 1982 et de 1983, se traduit par une redistribution des rôles entre l'État, les départements et les régions. Quelques départements n'avaient pas attendu pour mettre en œuvre des actions en faveur du développement de la pratique sportive chez les jeunes. La décentralisation apporte aux régions une compétence nouvelle qui est complémentaire de celle déterminante des communes.

En 1996, Roger Bambuck note que « le rôle de l'État s'est profondément transformé : de tuteur, il est devenu partenaire » (Secrétariat d'État chargé de la jeunesse et des sports). Les politiques sportives territoriales (les départements, les régions) prennent des orientations nouvelles conciliant aménagement des territoires, développement durable et mise en valeur touristique des espaces de pleine nature et des pratiques sportives. Posent-elles la question de la santé des populations ? Quelques initiatives isolées, comme les opérations (colloques, journées de formation, actions sur le terrain) organisées par l'Office départemental des sports de l'Hérault, sont observées. Le rôle des centres médico-sportifs est à l'époque remis en avant.

Les initiatives ministérielles en faveur d'une activité physique et sportive pour le plus grand nombre se multiplient, mais la question de la santé n'occupe pas une place centrale au sein de l'action du ministère. Plus précisément, les objectifs de cohésion sociale et de solidarité l'emportent sur les questions de prise en charge de la santé. L'analyse des rapports d'activité du

ministère qui, depuis 1994, font état de l'action développée l'année précédente, est particulièrement éclairante. La première mention explicite de la santé se trouve dans le Rapport annuel de septembre 1996. On y apprend que la « Mission de médecine du sport et de la lutte anti-dopage s'est engagée en 1995 dans une démarche visant à favoriser la pratique sportive dans un but de santé ». Dans les années suivantes, la lutte antidopage mobilise l'essentiel des énergies. Une première loi anti-dopage est promulguée le 1^{er} juin 1965, au nom de la préservation de la santé des sportifs et de la défense de l'éthique et du principe d'égalité des compétiteurs dans le sport. Elle sera suivie de deux autres lois en 1975 et 1989.

Le rapport d'activité 2004 (ministère de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative, 2004) décrit en détail deux orientations du ministère : d'une part, ce document fait état de « la promotion de la santé par le sport » qui reprend le programme engagé l'année précédente. Le CREPS d'Houlgate est désormais investi du statut de site pilote national pour les actions « sport-santé » ; d'autre part, il évoque longuement « la prévention des conduites à risque » à destination des jeunes, prévention relayée par les DRJS⁸³ et DDJS⁸⁴ en partenariat avec le secteur associatif.

La mobilisation autour des questions de « santé » en relation avec l'activité physique et sportive connaît une vraie impulsion donnée par les pouvoirs publics. Elle semble bien ancrée dans les esprits et perdurer comme en témoigne le nouveau « ministère de la Santé, de la Jeunesse et des Sports » constitué au lendemain des élections présidentielles de mai 2007.

L'état des lieux de la pratique dans la population dépend fortement de la définition donnée à l'activité physique

L'évaluation du niveau de pratique physique et sportive est, en France, une préoccupation récente puisqu'elle remonte aux années 1980. Les évaluations disponibles proviennent de sources diverses qui fondent leurs estimations sur des définitions et critères variables : la réalité observée (sport ou activité physique), le phénomène à mesurer (niveau d'activité ou taux de pénétration des disciplines), la période de temps considérée (semaine ou année). Ces différences conduisent à l'évidence à des estimations très variables.

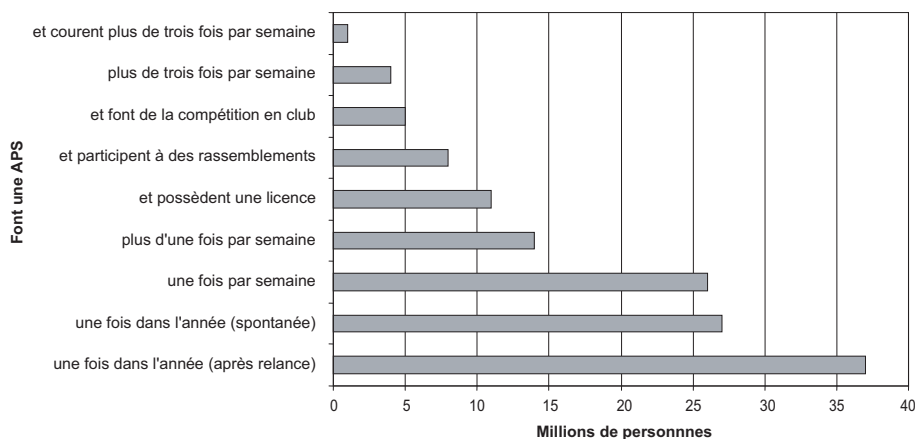
Une première enquête de l'Insee sur les loisirs menée en 1967 a interrogé les Français sur leur pratique sportive : elle montre que 39 % des Français âgés d'au moins 14 ans pratiquent un sport. Une autre, réalisée vingt ans plus tard,

83. Direction régionale de la jeunesse et des sports

84. Direction départementale de la jeunesse et des sports

évalue sur les mêmes bases, le taux de sportifs à 48 %. Cette augmentation correspond à une forte croissance du nombre des licenciés dans les associations sportives, au développement de pratiques physiques non sportives et à une politique d'encouragement du sport.

Les enquêtes réalisées en 1987 et 2000 par l'Insep et le ministère de la Jeunesse et des Sports, celle menée en 2003 à la fois par l'Insee, les ministères de la Jeunesse et des Sports et de la Culture prennent en compte la diversification des pratiques physiques. Ainsi, elles demandent aux personnes interrogées si elles se sont livrées à une activité physique ou sportive au moins une fois dans l'année écoulée. Ces enquêtes situent alors le taux de pratique physique ou sportive entre 73 %, en 1987, et 84 %, en 2000, de l'ensemble de la population âgée de 15 à 75 ans. Les enquêtes de l'Insep permettent de mesurer l'importance des différentes activités physiques ou sportives et d'évaluer l'intensité de la pratique (fréquence dans le temps). Si 36 millions de Français déclarent avoir pratiqué au moins une fois dans l'année une activité physique ou sportive, ils ne sont plus que 14 millions à pratiquer plus d'une fois par semaine. De l'ordre de 10 000 à 12 000 personnes sont des sportifs de haut niveau amateurs et professionnels qui consacrent l'essentiel de leur temps au sport.



Niveaux de participation aux activités physiques et sportives en France selon l'enquête Insep, ministère de la Jeunesse et des Sports en 2000

De son côté, l'Inpes dans le Baromètre santé⁸⁵ évalue le niveau d'activité physique à l'aide du questionnaire IPAQ (*International Physical Activity Questionnaire*) qui permet de comparer l'activité physique de la population

85. ESCALON H, VUILLEMIN A, ERPELDING M-L, OPPERT JM. Activité physique, sédentarité et surpoids. Inpes, à paraître

considérée à celle d'autres pays selon des normes proposées par les différents organismes de santé publique. Dans ce cadre, les activités physiques sont classées en diverses catégories : activité intense, dont fait partie le sport, et activité modérée, avec une durée minimum de dix minutes par semaine en deçà de laquelle l'activité n'est pas prise en compte. Ainsi, l'enquête 2005 du Baromètre santé montre les faits suivants : pendant la semaine précédant l'enquête, 45,7 % des Français âgés de 15 à 74 ans ont pratiqué une activité physique à un niveau entraînant des bénéfices pour la santé, soit plus de 10 minutes, 19 % de personnes ont pratiqué plus de deux heures une activité intensive et 42 % se situent en dessous de 10 minutes.

Il est intéressant de rapprocher ces deux types de données : en 2005, un peu plus de 80 % des Français âgés de plus de 15 ans se sont livrés (au moins une fois) dans l'année à une activité physique ou sportive, et plus de la moitié de la population a une activité physique insuffisante si l'on se réfère aux recommandations de santé publique publiées par divers organismes nationaux et internationaux.

Selon les enquêtes du ministère de la Jeunesse et des Sports, les activités les plus populaires pratiquées par plus de 10 millions de personnes sont, dans l'ordre, la marche et la natation sous leurs différentes modalités puis le vélo. Suivent la course à pied, les jeux de boules, les activités gymniques et les sports d'hiver. Dans ce classement, parmi les sports organisés, figure au premier plan le football avec cinq millions de pratiquants suivi du tennis avec quatre millions d'adeptes.

La transformation remarquable des activités sportives a provoqué une perte du monopole des fédérations sur le développement des nouvelles pratiques. Bien que le nombre de licences délivrées par les fédérations ait augmenté entre 1950 et 2006 (de deux à quatorze millions), le nombre des pratiquants a augmenté plus vite que le nombre des licenciés. En 1985, pour une personne sur deux, l'activité se faisait dans un cadre associatif ; aujourd'hui, cette proportion est passée à une personne sur quatre.

Deux objectifs paraissent dominer l'entrée dans la pratique sportive. D'un côté, la recherche du bien-être et d'un équilibre personnel, liée à des préoccupations de santé ou du besoin d'exercice. De l'autre, l'affirmation d'une forme de sociabilité, celle des liens familiaux ou amicaux, loin devant la recherche de la performance ou la compétition et loin plus encore de la prise de risque.

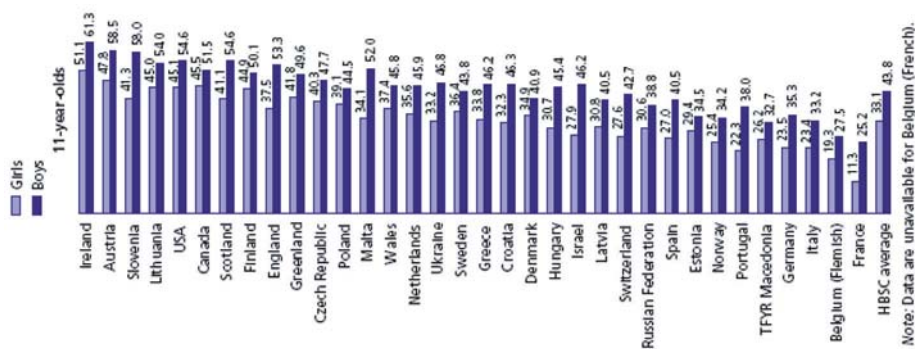
Si les enquêtes d'accidentologie sont trop peu développées, les accidents de sport (juste après les accidents de la vie domestique) ont un poids élevé dans les accidents de la vie quotidienne colligés par la Caisse nationale d'assurance maladie⁸⁶ (22 % des accidents de la vie courante concernent

86. CAISSE NATIONALE D'ASSURANCE MALADIE (CNAM). Les accidents de la vie courante en 2002. Point Stat 2005, 41 : 1-6

spécialement les jeunes de 14 à 24 ans lors de la pratique de sports collectifs). Plusieurs explications peuvent être avancées. Un plus grand nombre de pratiquants conduit à l'évidence à un plus grand nombre d'accidents ; l'activité physique fait courir divers risques à des pratiquants peu préparés, même lors d'activités comme la randonnée ; les sports de pleine nature comme les sports de glisse, qui sont pratiqués majoritairement par des jeunes garçons en dehors des associations sportives, exposent à un risque élevé d'accidents lié à une prise de risque accrue. Des comportements à risque comme des désordres alimentaires ou la consommation de médicaments ne sont pas anodins par rapport à une pratique intensive d'un sport.

Comment se situe la France par rapport aux autres pays européens en matière d'activité physique chez les jeunes ? L'étude internationale *Health Behaviour in School-aged Children (HBSC) 2001-2002* a comparé la pratique d'activité physique chez les pré-adolescents dans plusieurs pays européens et américains.

L'activité physique est déterminée à partir de deux questions posées aux enfants : la première concerne le nombre de jours où une activité physique d'au moins 60 minutes a été pratiquée durant les 7 jours précédant l'enquête ; la seconde se rapporte au nombre de jours où ils ont une activité physique pendant au moins 60 minutes au cours d'une semaine typique. Cette activité physique varie largement d'un pays à l'autre. En France, 11 % des filles et 25 % des garçons de 11 ans ont une activité physique conforme aux recommandations ; en Irlande, les chiffres s'élèvent respectivement à 51 % et 61 %.



Proportion d'enfants scolarisés âgés de 11 ans dont la pratique sportive (de modérée à intensive) est conforme aux recommandations (d'après Currie et coll., 2004 ; Étude HBSC 2001-2002 ; OMS, 2004)

Récemment, les premiers résultats de l'Étude nationale nutrition santé (ENNS) ont été rendus publics⁸⁷. Cette étude fournit des données sur l'activité physique dans une population d'adultes (18-74 ans) et d'enfants (3-17 ans) vivant en France métropolitaine en 2006. Selon les données du questionnaire de l'IPAQ (*International Physical Activity Questionnaire*), les deux tiers des adultes (63 %) pratiquent l'équivalent d'un minimum de 30 min par jour d'activité physique modérée au moins 5 jours par semaine, avec une proportion comparable chez les hommes et chez les femmes ; ce volume d'activité physique est atteint chez 71 % des adolescents de 15-17 ans, les garçons ayant un niveau un peu plus élevé que les filles. Selon les données du questionnaire YRBSS (*Youth Risk Behaviour Surveillance System*⁸⁸), 60 % des adolescents de 11-14 ans effectuent un minimum de 30 min par jour d'activité physique d'intensité modérée 5 jours par semaine tandis que 39 % des adolescents de 11-14 ans pratiquent l'équivalent d'un minimum de 30 min d'activité physique chaque jour de la semaine.

La pratique d'une activité physique ou sportive est fortement influencée par les facteurs d'insertion sociale qui jouent sur les motivations individuelles

La plupart des études font rarement la distinction entre les activités sportives et l'activité physique en général et de même tiennent peu compte des dépenses énergétiques dues au travail, aux transports ou aux activités domestiques (ménage, bricolage, jardinage...).

La pratique des activités sportives de loisirs varie d'abord en fonction de l'âge et du sexe : les enfants, les adolescents et les jeunes adultes pratiquent plus que leurs aînés, les garçons plus que les filles. Interviennent également des variables socioéconomiques.

La première variable est le niveau de diplôme. Les personnes qui sont les plus nombreuses à pratiquer des activités physiques sont celles qui ont fait au moins une ou deux années d'études après le baccalauréat (88 % de pratiquants en 2003), suivies de celles qui ont un diplôme inférieur au baccalauréat (79 % de pratiquants parmi les CAP, BEP, BEPC) et, enfin, de celles n'ayant aucun diplôme (45 % de pratiquants). Le diplôme intervient dans les différences de pratique entre hommes et femmes. Ces dernières, lorsqu'elles ont fait des

87. Étude nationale nutrition santé (ENNS, 2006). Situation nutritionnelle en France en 2006 selon les indicateurs d'objectif et les repères du Programme national nutrition santé (PNNS). Institut de veille sanitaire, Université de Paris 13, Conservatoire national des Arts et Métiers. Décembre 2007. 74 pages. Rapport disponible sur le site Internet de l'InVS (www.invs.sante.fr)

88. Questionnaire utilisé par les CDC (*Centers for Disease Control and Prevention*) dans la surveillance des comportements à risque des adolescents aux États-Unis.

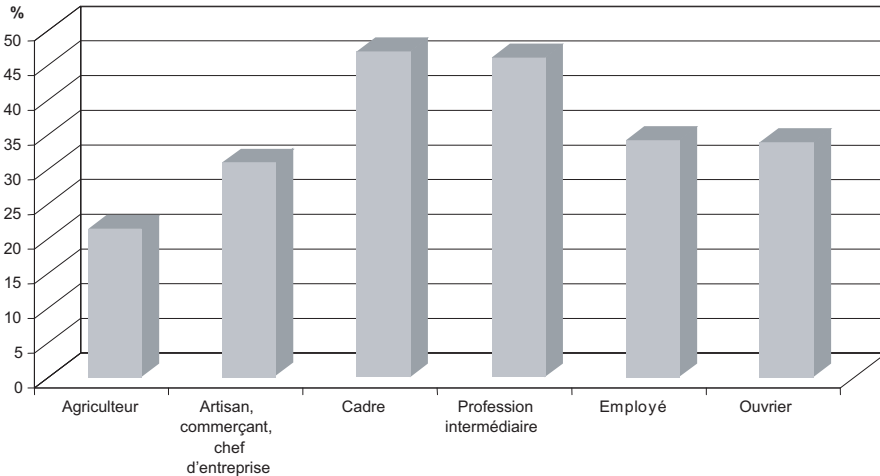
études supérieures, ont pratiquement le même niveau de pratique sportive que les hommes. Le facteur diplôme n'intervient pas sur les pratiques masculines.

La deuxième variable est le niveau de revenus des personnes. Le coût est un élément déterminant dans les populations les plus fragilisées. Le niveau de revenus a également une influence sur le type de pratique : les individus les plus aisés ont une activité physique davantage dans des structures institutionnelles (clubs, salles...), et de ce fait ont une pratique plus régulière.

La troisième variable est le lieu de résidence et l'accès à un environnement favorable (équipements, mais aussi parcs, voies cyclables...). Ce n'est pas tant le clivage entre urbain et rural qui joue que le taux d'équipement ou l'accès à des lieux permettant les pratiques physiques de loisirs. Les habitants des quartiers moins favorisés ont des représentations moins positives de leur environnement que ceux des zones favorisées, tant au niveau de l'attractivité qu'au niveau de la sécurité. Cette perception joue négativement et tend à limiter les activités physiques de loisirs dans le quartier. C'est surtout vrai pour les femmes et les enfants.

Une quatrième variable s'établit au croisement des catégories socioprofessionnelles et des cycles de la vie familiale qui définissent le temps disponible pour les loisirs. Avoir des enfants en bas âge, travailler dans une petite entreprise ou être à son compte sont des situations qui réduisent la probabilité d'un exercice physique régulier. Cependant, disposer de temps libre ne suffit pas à favoriser la pratique physique et sportive. Une organisation temporelle plus propice à cette pratique est reconnue chez les personnes à diplôme et à statut socioprofessionnel élevés.

Ces quatre grandes variables sont moins bien établies lorsque l'on considère la totalité des domaines d'activité, y compris les dépenses énergétiques associées au travail, au transport ou aux activités domestiques. Ainsi, les deux catégories socioprofessionnelles qui ont les plus grandes chances d'avoir une activité physique favorable à la santé (c'est-à-dire l'équivalent de 10 000 pas par jour) sont les ouvriers et plus encore les agriculteurs et exploitants qui ont par ailleurs le moins de chances d'avoir une activité sportive habituelle. À l'inverse, c'est chez les employés, les professions intermédiaires, les cadres et les professions intellectuelles qui ont une plus grande possibilité de pratiquer une activité sportive que l'on constate une baisse de l'activité physique dans les activités quotidiennes. Le fait de disposer de revenus supérieurs à 1 500 euros par mois et d'un diplôme supérieur au baccalauréat diminue les probabilités d'avoir une pratique physique favorable à la santé dans les activités quotidiennes. De même, si, en milieu rural, les chances de pratiquer une activité sportive sont moins importantes qu'en milieu urbain (villes d'au moins 100 000 habitants), celles d'avoir un niveau d'activité physique favorable à la santé sont plus importantes à partir de 200 000 habitants. Enfin, alors que, pour les adultes, la présence d'un enfant de moins de 14 ans au foyer ne joue pas sur le fait d'avoir ou non une activité physique bénéfique pour la santé, elle diminue les chances d'avoir une activité sportive régulière.



Pourcentage de pratiquants d'une activité sportive par catégorie socioprofessionnelle (d'après Guilbert et coll., 2001, Baromètre santé 2000)

Ce sont les contextes sociaux d'où émergent les styles de vie qui semblent les plus à même d'expliquer les décalages entre pratiques sportives et niveau d'activité physique. En fait, les différentes études examinées montrent clairement qu'il ne suffit pas de considérer les types de métiers, certes importants pour l'effort physique accompli dans le cadre du travail, mais aussi les engagements professionnels et la culture des individus.

Les femmes font plus souvent du sport pour des raisons de santé ou d'apparence, les hommes le font plus pour le plaisir et la compétition. L'âge intervient car plus l'on vieillit, plus on fait du sport pour la santé. Dans la population adulte, le contexte social joue un rôle plus important : plus l'on a de proches qui pratiquent une activité physique et sportive, plus grandes sont les chances de pratiquer soi-même. Pour les seniors, les raisons de moindre pratique sont principalement les problèmes de santé et le fait de s'estimer trop âgé pour avoir une activité physique et sportive. Ceci est surtout vrai chez les femmes.

Les motivations des adolescents pour le sport sont d'abord liées au désir de se défouler, de se détendre et de s'amuser. Viennent ensuite le fait d'apprendre, de maîtriser une technique, de sortir et de s'occuper. Les trois motifs d'abandon les plus cités sont une médiocre maîtrise de la technique, le sentiment de ne pas être bon (davantage pour les garçons) et les contraintes de l'entraînement (davantage pour les filles). Un niveau élevé de diplôme et une pratique physique et sportive régulière des parents augmentent les probabilités de pratique chez leurs enfants. Un faible niveau de revenus des parents fait baisser les pratiques des filles bien plus que celles des garçons.

Que ce soit au niveau des motivations ou des grands déterminismes socio-économiques, la pratique d'activités physiques et sportives est liée au niveau d'insertion sociale. Ainsi, les femmes au foyer, les célibataires avec enfants et les actifs à la recherche d'un emploi sont plus nombreux à déclarer ne pratiquer aucune activité physique ou sportive.

Des changements environnementaux sont susceptibles de moduler le niveau d'activité physique pour tous

Des déterminants environnementaux sont susceptibles de jouer en faveur ou en défaveur de l'activité physique « ordinaire » (pour distinguer celle-ci de l'activité physique récréative et/ou sportive). Les enquêtes qui abordent ce type de question sont récentes et relativement nombreuses. Il s'agit d'un nouveau domaine d'investigation exploré par diverses disciplines comme des enquêtes sociologiques et des études d'aménagement du territoire et d'urbanisme... En majorité, il s'agit de travaux réalisés dans le cadre urbain anglophone et américanophone et qui s'intéressent aux déplacements à pied, à la marche soutenue ou à l'utilisation du vélo. Il s'agit de ce que les anglophones désignent par les « *daily routines* » ou « *routine activities* ». L'idée est de substituer des espaces-temps de liaison passifs à des séquences actives de déplacements ou d'introduire dans ces espaces-temps une composante de véritable activité physique. Cette idée est probablement un axe d'innovation culturelle. Son développement en France en est à ses débuts.

Les environnements – essentiellement urbains – peuvent être classés en fonction de différents critères. La situation socio-géographique au sein des trames urbaines est l'un de ces critères qui permettent de distinguer : centres d'agglomération, banlieues urbaines d'agglomération, petites villes isolées... D'autres critères sont plutôt de type morphologique : densité urbaine, réseaux de voies piétonnes ou de pistes cyclables, répartition des parcs publics, réseaux des transports en commun, dimension esthétique du bâti, qualité « humaine » des espaces, localisation des commerces, des services...

D'autres critères enfin sont liés aux représentations sociales et à la perception que les individus ou les groupes (les personnes âgées, les parents se plaçant du point de vue de leurs enfants, par exemple) se font de l'environnement urbain. Celui-ci est un « espace » qui inclut le lieu d'habitation, le lieu de travail, les sites des commerces ou services divers, les établissements scolaires... Cet espace peut être perçu comme « sécurisé » ou non. Des trottoirs aménagés le long de façades d'immeubles jugées agréables (boutiques, vitrines de magasins attrayantes et éclairées la nuit, aménagements de verdure...), des pistes cyclables protégées (du trafic automobile), contribuent à une bonne « image » du quartier qui inspire confiance et au sentiment de qualité de l'environnement.

Un certain nombre de travaux soulignent d'emblée le déclin de l'activité physique ordinaire au profit de l'usage de l'automobile, de la télévision, des jeux vidéos, d'Internet... dans la vie quotidienne. D'autres (Canada, États-Unis, Australie...) ont mis en évidence l'impact positif des aménagements de l'environnement urbain (trottoirs, bancs publics, allées piétonnes, pistes cyclables protégées...) sur le fait de se déplacer à pied ou en vélo.

Les modélisations de l'environnement sont relativement complexes et les méthodologies loin d'être unifiées. Les spécialistes reconnaissent de façon unanime que les facteurs de l'environnement sont déterminants dans les opérations de promotion de la santé. Certaines études montrent que la qualité de l'environnement permet de mieux comprendre pourquoi, à l'échelle d'une localité, il y a pratique ou non d'une activité physique. Un environnement défini objectivement (par l'enquêteur) et perçu subjectivement (par les enquêtés) comme un cadre favorable aux déplacements à pied, à l'utilisation de la bicyclette, est effectivement stimulant et incitatif pour le développement d'une activité physique. Des auteurs américains ont pu faire la différence entre un type de villes approprié à la marche et un type de ville inapproprié à cet usage. Aux Pays-Bas, pour de courts déplacements (un rayon de 300 mètres, un rayon de 500 mètres...), la fréquentation des espaces verts et de loisirs est associée à l'usage de la bicyclette.

En s'appuyant sur la plupart des enquêtes examinées, on peut considérer que la qualité de l'environnement est un facteur incitatif pour l'activité physique ordinaire. Les instruments permettant de caractériser des environnements les plus propices à une activité physique ordinaire sont au point mais des enquêtes restent à faire. En effet, quelques analyses montrent que les variables sociologiques (par exemple le niveau d'étude, le niveau culturel...) joueraient un rôle plus important que le facteur contextuel (l'environnement).

Les études portant sur les zones rurales ou celles qui comparent plusieurs environnements (la ville, la banlieue, la campagne) sont plus rares. Certaines montrent que les adultes habitant en zone rurale (même de niveau modeste) s'adonnent à une activité physique s'ils disposent à proximité de chez eux des espaces adéquats (trottoirs en bon état, allées aménagées pour la marche et la promenade, en particulier). Ainsi, on constate que les personnes qui habitent à proximité d'équipements destinés aux activités physiques les utilisent volontiers.

On manque encore de travaux approfondis et détaillés sur l'éventail des motivations relatives aux activités physiques (marche, bicyclette...) qui pourraient prendre place au niveau des déplacements quotidiens et ordinaires des personnes. Plusieurs enquêtes évoquent les « unités » de temps ou de distance sur lesquelles pourrait s'opérer une substitution de l'automobile au profit de la marche ou du vélo.

Ces aspects recourent les orientations et/ou constats consignés dans la brochure *Physical activity and health on Europe. Evidence for action* (HEPA,

2006)⁸⁹ à propos des facteurs environnementaux. La densité urbaine, la répartition géographique des services, les voies de circulation réservées pour les piétons ou pour les cyclistes, et les représentations sociales associées à ces aspects, sont des facteurs qu'il convient de maîtriser pour concevoir une amélioration des mentalités.

Cet environnement objectivement incitatif ne sera utilisé par les individus ou les groupes qu'avec la mise en place d'opérations de sensibilisation proposées à l'initiative des institutions en charge de la santé des populations. Les programmes les plus mobilisateurs articulent un niveau national, avec des relais médiatiques, et une appropriation à l'échelle locale, voire micro-locale. En France, d'après les témoignages d'expériences publiés et consultés, cette appropriation volontariste s'appuie souvent sur la vie associative. Les questions de « la santé par l'exercice physique », telles qu'elles sont relayées par les fédérations affinitaires, multisports et scolaires, y gardent sans doute une indispensable part de convivialité et de sociabilité récréative.

La promotion de la santé par l'activité physique s'inscrit dans une politique de changement des comportements et d'aménagement urbain

Les interventions en matière de promotion de l'activité physique se situent à deux niveaux. Elles concernent d'une part, les motivations des individus pour l'amélioration de la santé ou l'apparence physique et d'autre part, les facteurs de l'environnement qui à travers des aménagements incitatifs peuvent favoriser les activités physiques et sportives.

En matière de motivations individuelles, ces interventions sont généralement fondées sur le modèle « transthéorique » de changement des comportements, modèle originellement conçu pour l'arrêt de la consommation de tabac. Ce modèle décrit les éléments qui permettent de mieux rendre compte de la progression vers une activité physique propice à la santé. Il s'agit des étapes de changement (indifférence, ambivalence, décision, action et maintien), des variables psychosociales (prise de conscience, confiance en soi, ouverture sociale...) et des obstacles au changement (douleur, inconfort, solitude...). Si l'intérêt théorique de ce modèle est avéré, ses applications pratiques sont plus limitées. Elles se révèlent efficaces dans le court terme ou sur le passage précis d'une étape à une autre, les actions suivant ce modèle le sont moins dans le long terme ou sur la totalité des étapes.

89. HEPA. Physical activity and health on Europe. Evidence for action. CAVILL N, KAHLMEIER S, RACIOPPI F (eds). 2006, 34p

L'efficacité des campagnes générales de promotion de l'activité physique est liée au conseil personnalisé et à la prise en compte du mode de vie des populations concernées.

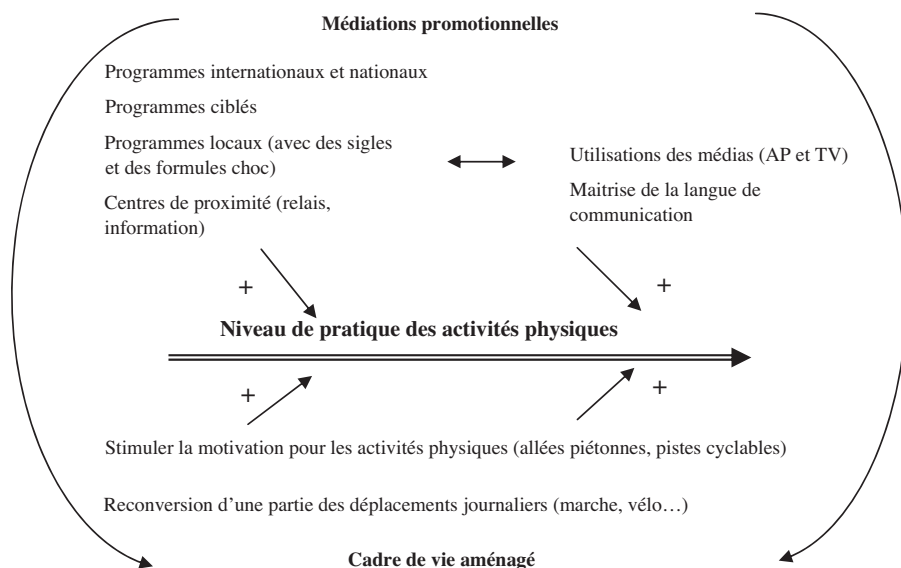
On retrouve dans le chapitre des obstacles à l'activité physique, le manque de temps et d'intérêt évoqué au niveau des motivations, mais aussi les déterminismes socioéconomiques cités plus haut : statut dans le travail, prise en compte de l'environnement (sécurité et disponibilité d'équipements), temps disponible. D'une certaine manière, il apparaît que la pratique d'activités physiques et sportives n'échappe pas aux grands mécanismes de domination sociale : accès aux diplômes et à l'emploi, revenus, sexe et âge.

Les aménagements en matière d'environnement concernent d'abord les éléments du cadre de vie, en particulier les caractéristiques de l'espace parcouru dans les itinéraires habituels pour se rendre au travail, à l'école (pour les plus jeunes), pour s'approvisionner dans les magasins et pour d'autres obligations. L'autre facteur porte sur une action volontariste (messages, signalétique, recommandations...) qui met en avant et promeut le caractère incitatif de l'environnement.

Les stratégies de promotion de l'activité physique incluent la mise en place de campagnes de communication-santé. De telles campagnes sont susceptibles d'influencer la perception des publics, en rapport avec des enjeux de politique de santé, et de renforcer des liens organisationnels. Encore faut-il que ces communications soient efficaces et adaptées à la population cible. Il faut par exemple des repères faciles à mémoriser, des consignes claires sur les efforts à consentir (30 minutes par jour, à prendre sur les temps de déplacements quotidiens ; 400 mètres correspondent à 5 minutes de marche).

L'impact de la communication (messages, slogans, formules choc...) est efficace dans la mesure où le message passe par des initiatives concrètes sur le terrain, avec si possible un caractère ludique.

Les éléments de l'environnement qui sont en faveur de l'activité physique peuvent être schématisés. Dans la partie inférieure figurent les caractéristiques relatives au cadre de vie et à son appropriation ; dans la partie supérieure, les médiations et les vecteurs de mobilisation accrue que sont les messages et préconisations diverses.



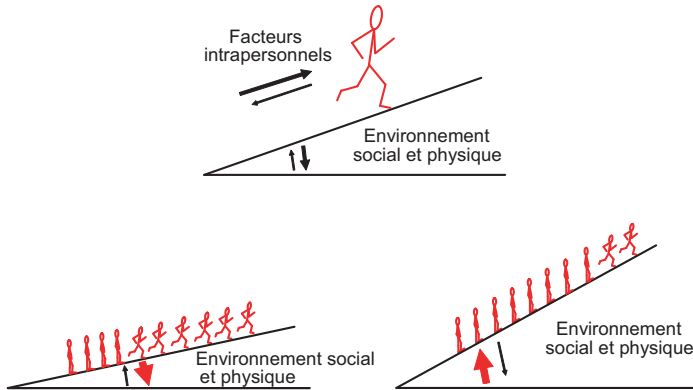
Facteurs environnementaux et leur impact sur la pratique de l'activité physique

En France, aujourd'hui, les politiques d'aménagement du territoire prennent en considération la question des déplacements quotidiens à pied ou à vélo. La multiplication des allées piétonnes, dans les centres-villes, le développement des pistes cyclables et leur mise en réseau au niveau intercommunal ou péri-urbain et l'aménagement de parcours de jogging sont des signes tangibles de cette prise en considération des déplacements. Des politiques volontaristes de limitation de la circulation automobile, à l'échelle de villes comme Paris, Lyon, Bordeaux, se traduisent par un service de mise à disposition de vélos, loués ponctuellement pour une somme modique.

Les études d'intervention montrent qu'il est possible d'augmenter l'activité physique de la population

De façon générale, les modèles utilisés dans les interventions sont des modèles « socio-écologiques » du comportement, qui renvoient aux interactions dynamiques entre les individus et leur environnement physique et socio-culturel. Si des facteurs intrapersonnels tels que les attitudes, les valeurs, les attentes positives, les capacités et les compétences peuvent être importants au niveau individuel, des facteurs qui touchent l'environnement social et physique semblent plus appropriés au niveau de la population.

Une approche intégrée de la promotion de l'activité physique, centrée sur les changements, s'impose plus au niveau des populations qu'au niveau individuel.



Effets des changements dans l'environnement social et physique sur les profils d'activité physique au niveau de la population

En tant que comportement, l'activité physique a la particularité de prendre place dans des lieux ou circonstances bien définies. Les notions de micro- et macro-environnement sont importantes pour bien identifier les possibilités d'intervention.

Les interventions qui ont déjà montré une certaine efficacité ou paraissent prometteuses, devraient être développées en priorité : éducation/activité physique à l'école, approches intégrées sur le lieu de travail, transport « actif » dans les stratégies de planification urbaine et d'aménagement du territoire qui doivent favoriser l'activité physique au quotidien. Les études préalables qui cherchent à identifier les relations entre environnement « construit » et habitudes individuelles d'activité physique sont récentes et peu développées, particulièrement en France.

Les actions peuvent intéresser des « secteurs » (par exemple, le système des transports, le système éducatif au sens large, le secteur de la santé...) ou des « lieux » (par exemple, l'école, l'entreprise, toutes les infrastructures sportives...).

La nécessité dans ce domaine d'une approche intégrée, multisectorielle, avec un fort engagement au niveau local est reconnue. Les professionnels de santé peuvent jouer un rôle moteur dans ce processus intégré en permettant au dialogue de s'établir entre les secteurs et partenaires impliqués et pour élaborer des instruments d'évaluation adaptés. L'évaluation est une priorité et doit être mise en œuvre à plusieurs niveaux : l'impact des interventions, la

mise en place des actions, et l'analyse coûts-bénéfices. Il n'est pas aisé de trouver le juste équilibre entre les stratégies centrées sur les changements du comportement individuel et celles portant sur les modifications de l'environnement (au sens large). Cependant, certaines mesures éducatives demeurent inefficaces en l'absence d'une action préalable sur l'environnement de vie des personnes. Ainsi, promouvoir les déplacements à pied n'a de sens que si la sécurité des personnes est assurée.

Promotion de l'activité physique chez l'adulte. Interventions d'efficacité prouvée (d'après Kahn et coll., 2002 ; Hilldson et coll., 2006)

Actions d'information

Campagnes au niveau des communautés
Panneaux pour encourager l'usage des escaliers

Actions sur le comportement individuel ou de groupe

Changements de comportement-santé adapté au niveau individuel
Soutien par l'entourage, l'environnement social au niveau de la communauté

Actions sur l'environnement au sens large

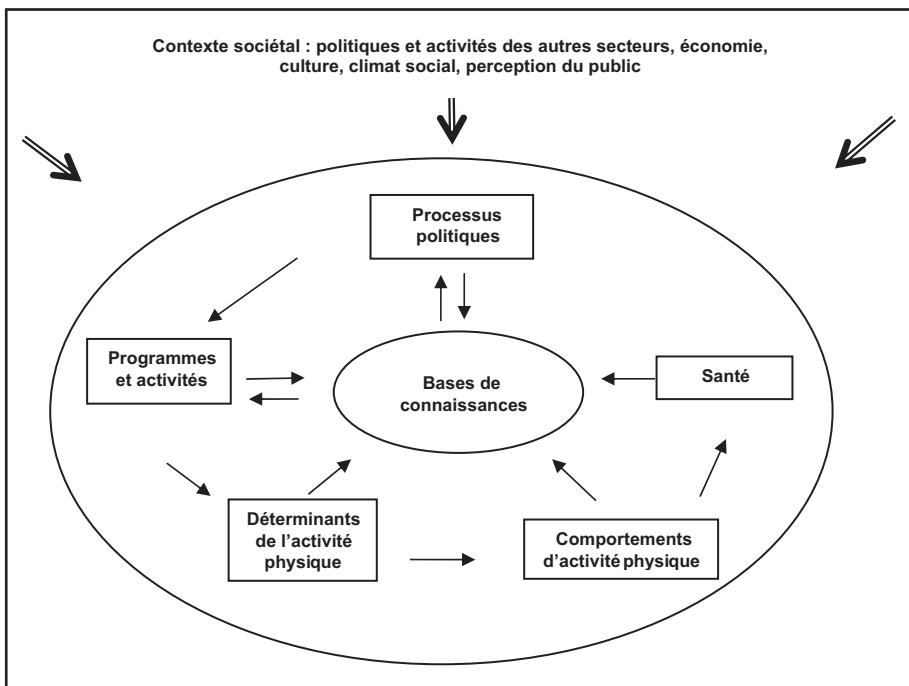
Création ou facilitation de l'accès aux sites et équipements d'activité physique, combinée à une information pour y accéder

Un certain nombre de pays ont une expérience ancienne en matière de promotion de l'activité physique. L'analyse des stratégies mises en place montre les limites d'une approche uniquement fondée sur les campagnes d'information (communication isolée) et la nécessité d'une approche intégrée pour la promotion de l'activité physique. La Finlande a été le premier pays européen à développer une telle approche intégrée de promotion de la santé par l'activité physique. Un modèle général utilisé par l'Institut finlandais de la santé publique pour illustrer le rôle de l'individu et de la société dans les comportements de santé peut être adapté aux comportements d'activité physique.

Dans une approche systématique fondée sur des arguments scientifiques établis, la question clé est non seulement de mieux comprendre les nombreux déterminants des comportements d'activité physique, mais aussi de définir la place de la communication sur les principes et les mécanismes de la promotion de la santé à travers l'activité physique. Pour aider à la réflexion et au développement d'initiatives nouvelles dans ce domaine, le réseau européen pour la promotion de la santé par l'activité physique (HEPA Europe) a développé un modèle général de promotion de l'activité physique. Les deux éléments de base du cadre proposé sont d'une part un enchaînement de différents niveaux de promotion de la santé par le sport qui commence par un processus politique et qui se termine avec la santé, et d'autre part une structure globale cyclique avec l'évaluation comme lien clé.

Pour classer les interventions de promotion de l'activité physique, le réseau européen HEPA propose les 4 groupes suivants : des activités structurées

telles que des classes d'éducation physique, des activités dans des environnements attrayants, du conseil et du *coaching*, des campagnes d'information et de l'événementiel. La mise en place de ces mesures nécessite une bonne coordination, la formation de médiateurs ou incitateurs ainsi qu'un soutien financier ou technique. Les interventions peuvent être décrites par secteur impliqué (tel que la santé, le sport ou le secteur des transports) et en fonction du niveau géographique, du local à l'international. Afin de fournir un retour sur les mécanismes des initiatives et pour éviter les situations où l'activisme prend le dessus, l'évaluation de ces interventions est un point capital.



Vue d'ensemble du cadre de HEPA Europe pour la promotion de l'activité physique

Le rôle des sports est souvent discuté dans la promotion de la santé par l'activité physique. Dans les quelques pays où une augmentation de l'activité physique a été observée, ce résultat est plus attribué aux sports et aux activités de loisir qu'à un véritable accroissement des activités physiques de la vie quotidienne.

Alors que la plupart des mesures de promotion de l'activité physique deviennent opérationnelles au niveau local, l'approche nationale reste

d'une grande importance pour le soutien politique, mais aussi pour la coordination des campagnes et des programmes. La Finlande et plus tard le Royaume-Uni et les Pays-Bas ont été les premiers pays européens à développer des stratégies nationales de promotion de l'activité physique pour la santé. D'autres les ont rejoints depuis et leurs rapports sont répertoriés dans l'inventaire des documents des politiques de promotion HEPA Europe⁹⁰.

Les organisations internationales sont également essentielles pour promouvoir le concept d'activité physique régulière pour la santé. L'OMS a joué un rôle important avec l'initiative globale OMS pour une vie active, la journée « bouger pour la santé » et la stratégie globale de 2004 pour la nutrition, l'activité physique et la santé ainsi que la conférence ministérielle européenne de 2006 pour contrecarrer l'obésité. Le réseau HEPA Europe travaille étroitement avec le bureau régional européen de l'OMS (situé à Rome) et contribue à la diffusion des connaissances sur les effets de l'activité physique sur la santé et sur l'efficacité des approches de promotion de l'activité physique afin de contribuer au développement et à la mise en place de politiques nationales.

La demande au niveau de la population est importante et les expériences menées en Finlande et au Canada en particulier montrent qu'une approche intégrée sur le long terme peut être un succès au niveau national.

Évaluer l'impact de l'activité physique sur la santé nécessite de disposer d'outils pertinents de mesure des niveaux de cette activité

L'activité physique prend place principalement dans quatre contextes : activité occupationnelle (rémunérée ou non), loisirs, domicile, déplacements. Elle se caractérise également par son type, sa durée, sa fréquence et son intensité. Les conditions sociales dans lesquelles elle est pratiquée, les variations saisonnières ont également leur importance pour sa mesure. L'activité physique a un coût énergétique qui peut être traduit en dépense énergétique, elle-même dépendante de facteurs tels que la masse corporelle, le rendement du mouvement, l'efficacité du mouvement. Contrairement aux méthodes de mesure de la dépense énergétique, les méthodes de mesure de l'activité physique permettent de recueillir les différentes caractéristiques de l'activité physique, voire d'extrapoler la dépense énergétique liée à l'activité physique. Les indicateurs obtenus au moyen de ces différentes méthodes peuvent être un score, une appartenance à un groupe prédéfini, un temps ou une dépense énergétique.

90. www.euro.who.int/hepa

Plusieurs méthodes permettent de mesurer l'activité physique : l'observation, le journal, le rappel d'activité et l'actimétrie. L'observation permet de caractériser la pratique et de quantifier les différents paramètres de l'activité physique à partir de grilles d'observation remplies par des observateurs entraînés. Le journal est une méthode déclarative qui consiste en un relevé régulier de l'activité physique par le sujet. Le rappel d'activité est également une méthode déclarative qui se présente sous la forme d'un questionnaire rempli par le sujet lui-même, au cours d'un entretien ou en auto-administration, ou par une tierce personne (enseignant, assistante maternelle, conjoint...). Les questionnaires sont souvent utilisés dans des études épidémiologiques pour classer les sujets selon leur niveau d'activité physique habituel. Ils peuvent être sous la forme papier, assistée par ordinateur, à remplir sur le web et leurs périodes de rappel sont variables pouvant s'étendre sur la vie du sujet. L'actimétrie est un dispositif permettant de quantifier le mouvement. Nous disposons actuellement d'appareils portables qui permettent d'enregistrer les variations de vitesse des membres ou de la masse corporelle afin de rendre compte de l'activité physique, voire de l'énergie dépensée au cours d'activités variées. Il existe deux principes de mesure de l'activité physique au moyen de détecteurs de mouvements. Le premier repose sur le principe du comptage des pas au moyen d'un podomètre. Le second intègre l'accélération du mouvement quantifiée à l'aide d'un accéléromètre.

Les méthodes de mesure de la dépense énergétique incluent essentiellement la calorimétrie indirecte et la fréquence cardiaque. La calorimétrie indirecte comprend la méthode de l'eau doublement marquée, reconnue comme critère de référence pour l'évaluation de la dépense énergétique en situation réelle, et la consommation d'oxygène. La fréquence cardiaque est directement liée à la consommation d'oxygène et permet de calculer une dépense énergétique, déterminée individuellement à partir d'équations de régression. L'utilisation de ce paramètre combiné avec un accéléromètre donne des résultats intéressants et prometteurs. Les méthodes de mesure de la dépense énergétique fournissent des données sur une période de temps limitée ; elles sont utiles en tant que critère d'évaluation d'autres méthodes lorsque la dépense énergétique est considérée comme critère de référence. D'autres paramètres physiologiques tels que la température corporelle, la pression artérielle, la fréquence respiratoire, l'importance de la sudation sont aussi liés à la dépense énergétique et peuvent être enregistrés par des équipements portés par le sujet. Cependant, ces paramètres sont limités en précision et/ou faisabilité pour estimer la dépense énergétique et non adaptés pour mesurer l'activité physique. Néanmoins, ils sont potentiellement intéressants et utiles dans le cadre d'un système de surveillance.

Principales méthodes de mesure de l'activité physique habituelle et paramètres mesurés

Méthodes/Instruments de mesure	Paramètres mesurés
Calorimétrie indirecte :	
Eau doublement marquée	Dépense énergétique totale
Échanges gazeux	VO ₂
Observation, journal, rappel :	
Carnets	Activité physique (type, intensité, durée, fréquence)
Questionnaires	Dépense énergétique liée à l'activité (calculée)
Actimétrie :	
Podomètre	Nombre de pas, distance parcourue (estimée)
Accéléromètre	Activité et intensité sous forme d'accélération exprimée en « coups/min » en fonction du temps
	Dépense énergétique liée à l'activité (calculée)
Fréquence cardiaque :	
Cardiofréquencemètre	Activité et intensité sous forme de battements/min
	VO ₂ ou dépense énergétique liée à l'activité (calculée)

La multiplicité et la diversité des méthodes et instruments reflètent l'intérêt mais également la complexité de la mesure des activités physiques. Cette mesure est rendue difficile par la variété des activités et par les conditions de pratique. Les diverses méthodes de mesure utilisent généralement des composants différents de l'activité physique et ne sont donc pas toujours comparables. La combinaison de méthodes offre la possibilité de recueillir une quantité accrue d'informations et d'augmenter la précision de ces informations. L'applicabilité d'un instrument de mesure peut s'apprécier au travers de 5 critères : le coût financier ou le coût en temps pour l'investigateur et le sujet, l'acceptabilité, le caractère intrusif ou la capacité à modifier l'activité du sujet, la fiabilité et la validité. Toutefois, le choix d'une méthode dépend avant tout du contexte et de l'objectif de la mesure.

Par ailleurs, on assiste à l'apparition des méthodes de mesure de comportement sédentaire et des mesures indirectes de l'activité physique fondées sur les environnements favorables à l'activité physique et leur fréquentation (installations et équipements sportifs, parcs, pistes de marche ou cyclables), ainsi que sur la perception de ces environnements par le sujet.

Les études épidémiologiques montrent que l'activité physique régulière diminue la mortalité

L'activité physique ou sportive est considérée comme un facteur a priori favorable à la santé. Les effets bénéfiques sur la santé des activités physiques et sportives sont connus depuis l'Antiquité. Au XIX^e siècle, les premiers

travaux scientifiques, réalisés en 1843 à Londres, montraient que les taux de mortalité de personnes sédentaires étaient plus élevés que ceux de travailleurs physiquement actifs. Au début des années 1950, des auteurs comparant 30 000 chauffeurs de bus (supposés peu actifs physiquement) à 20 000 contrôleurs (supposés actifs) trouvaient que ces derniers étaient moins exposés à la survenue d'infarctus du myocarde. Dès la fin des années 1980, un nombre conséquent de travaux semblent conforter la relation entre activité physique et réduction de la mortalité prématurée (toutes causes confondues).

Les études en population générale, publiées ces dernières années et portant sur au moins 5 000 personnes et suivies pendant au moins 5 ans dans différents pays (États-Unis, Canada, Grande-Bretagne, Danemark, Finlande, Japon, Hong Kong...) montrent de façon concordante un risque relatif de décès moindre chez les personnes physiquement actives par rapport aux personnes inactives. Ce résultat est retrouvé quel que soit l'âge et quelle que soit la cause du décès. Il apparaît plus probant pour les hommes que pour les femmes. Une réduction de la mortalité générale comprise entre 2 % et 58 % est observée selon le type et le niveau d'activité considérée et selon les études. Il faut souligner combien il est difficile d'isoler l'effet spécifique de l'activité physique tant cette activité est associée à une hygiène de vie plus globale et par ailleurs la mortalité est un indicateur qui dépasse la seule activité physique car il intègre de nombreux facteurs (socioéconomiques, santé mentale...).

Les travaux qui ont évalué des niveaux d'activité physique montrent une relation inverse dose-réponse entre l'activité physique et la mortalité. Ces études ont souvent distingué trois groupes de personnes selon l'intensité de leur activité : peu actifs ; modérément actifs ; très actifs. L'activité physique n'étant pas quantifiée de façon précise au niveau de son intensité, sa fréquence et sa durée, il est difficile de définir un seuil utile à atteindre pour infléchir la mortalité. Cependant, il a été observé qu'une dépense énergétique de 1 000 kcal à 1 700 kcal par semaine serait associée à une réduction significative de la mortalité.

Une étude prospective publiée fin 2007 et portant sur 250 000 personnes, a tenu compte de très nombreux facteurs d'ajustement. Elle montre qu'une pratique à un niveau voisin de celui des recommandations pour l'activité d'intensité modérée (au moins 3 heures par semaine) ou pour l'activité d'intensité élevée (au moins 20 minutes 3 fois par semaine) entraîne une réduction du risque de mortalité de l'ordre de 30 %.

Quelques auteurs se sont attachés à analyser les effets des changements de pratique sur la mortalité toutes causes confondues. Leurs études montrent que les sujets devenus actifs ou qui ont augmenté l'intensité de leur pratique ont un taux de mortalité inférieur à celui de ceux qui sont restés inactifs ou qui n'ont pas modifié l'intensité de leur pratique. Enfin, l'une des études

suggère que les activités passées ne sont pas, à elles seules, protectrices et que le bénéfice est perdu par la cessation d'activité physique.

La mortalité cardiovasculaire étant la plus élevée, beaucoup de travaux se sont intéressés à sa relation avec l'activité physique. La plupart des études suggèrent une relation inverse entre l'activité physique et le taux de mortalité prématurée par maladie cardiovasculaire en particulier par maladie coronarienne. Chez les sujets présentant des risques de maladie cardiovasculaire et physiquement actifs, la mortalité cardiovasculaire apparaît moindre que chez ceux qui ne sont pas actifs, il en est de même pour les personnes diabétiques. Le risque de décès par cancer est également diminué chez les personnes actives (activité modérée ou intense) par rapport aux non actifs.

Il reste à préciser, pour les personnes en bonne santé comme pour celles présentant des facteurs de risques, le niveau et le type d'activité physique pour obtenir un bénéfice optimal en terme de réduction de mortalité et d'allongement de l'espérance de vie.

La pratique régulière d'activités physiques d'intensité modérée contribue au bien-être et à la qualité de vie

L'OMS définit la santé comme « pleine jouissance du bien-être social, mental et physique ». Le bien-être est une notion complexe, plurifactorielle, mal définie, qui ne se réduit pas au simple fait de se sentir bien. Cet état psychologique est constamment en évolution et en construction tout au long de notre vie, il est la résultante de quatre dimensions :

- le bien-être émotionnel (trait et état d'anxiété, stress, tension, état et trait de dépression, angoisse, confusion, énergie, vigueur, fatigue, émotions, optimisme...);
- les perceptions de soi (compétences, estime globale de soi, image du corps, perception de sa condition physique, perception de maîtrise de soi, attribution causale des succès et des échecs...);
- le bien-être physique (douleur, perception des troubles somatiques, état de santé...);
- le bien-être perçu (qualité de vie, bien-être subjectif, sens à sa vie...).

Le bien-être est mesuré à partir d'échelles qui rendent compte globalement de ces quatre dimensions ou plus spécifiquement de certains facteurs : anxiété, estime de soi, dépression, sentiment de maîtrise...

L'activité physique régulière et d'intensité modérée a un effet bénéfique sur le bien-être (sentiment de compétence, image de soi, faible anxiété) des personnes âgées entre 55 et 75 ans sans pathologie. Les études montrent en particulier qu'une pratique physique ou sportive augmente faiblement mais significativement le niveau d'estime de soi. Cette augmentation est plus

nettement mise en évidence au niveau des populations présentant au départ une mauvaise estime d'eux-mêmes.

Un large consensus existe sur le rôle bénéfique de l'activité physique chez les adolescents en pleine période de bouleversement pubertaire corporel et psychique. Les répercussions positives se situent en particulier au niveau du stress, du bien-être, de l'image de soi, du fonctionnement social... Là également, les effets de l'activité physique sur l'estime de soi sont plus importants chez les adolescents qui souffrent d'une faible estime d'eux-mêmes.

Chez les personnes déficientes mentales, les travaux de recherche indiquent que la participation aux activités physiques est un facteur de développement du bien-être. Cependant, des suivis longitudinaux sur plusieurs années d'adolescent(e)s présentant des troubles du comportement ou déficients intellectuels légers pratiquant des sports collectifs relativisent l'importance des répercussions. Les effets sur l'estime de soi semblent plus probants sur les sujets déficients intellectuels moyens placés en établissement spécialisé et présentant à la base, une faible estime de soi. L'implication dans les activités sportives « adaptées » semble intéressante pour la motivation, la socialisation, le plaisir partagé et le regard positif des pairs et des parents. Cependant, la pédagogie doit être adaptée et la participation aux compétitions accompagnée psychologiquement.

Les recherches contrôlées sur d'autres populations spécifiques (malades chroniques) restent insuffisantes et trop diverses pour affirmer autre chose que des bénéfices potentiels sont attendus et que les programmes de rééducation par l'activité physique doivent être développés.

Les travaux récents considèrent que l'activité physique agit principalement et plus significativement sur la valeur physique perçue et ses composantes (compétence sportive, force, condition physique, apparence physique). L'estime globale de soi qui dépend de beaucoup d'autres facteurs (sociaux, familiaux, professionnels) sera influencée par le soi physique en fonction de l'importance de la « corporéité » dans la vie des sujets et des facteurs environnementaux (pairs, parents, enseignants), d'où son extrême variabilité dans le temps.

La notion de qualité de vie est aujourd'hui définie par l'OMS comme « la perception qu'un individu a de sa place dans la vie, dans le contexte de la culture, et du système de valeurs dans lequel il vit, en relation avec ses objectifs, ses attentes, ses normes et ses inquiétudes ».

Aujourd'hui, la qualité de vie liée à la santé (*Health Related Quality of Life*) est celle qui est le plus utilisée dans le domaine de l'activité physique et la santé. Elle correspond à la satisfaction du sujet par rapport à sa vie quotidienne (autonomie, symptômes physiques, état psychologique, sexualité, image de soi, relations sociales, problèmes matériels, loisir).

La qualité de vie liée à la santé s'évalue par entretien, par questionnaire (auto ou hétéro passation) ou par des échelles de sensations subjectives.

Les questionnaires génériques sont utilisés afin de comparer des niveaux entre populations ou les bénéfices d'une intervention (activité physique, médicament, chirurgie...). Des questionnaires spécifiques sont développés pour les populations atteintes de pathologies.

Chez les malades chroniques, les personnes en situation de handicap et les personnes âgées, les bénéfices de l'exercice (ou d'une phase de rééducation/réadaptation incluant le réentraînement à l'effort) sur la qualité de vie globale sont largement démontrés.

Dans la population des sujets âgés de 18 à 64 ans sans trouble de santé, les participants aux activités de loisir ont un score de qualité de vie significativement plus élevé que les non actifs. Il existe une corrélation significative entre la participation aux activités physiques de loisir et la satisfaction de vie en particulier au niveau de la population féminine et des adolescents. La pratique des activités physiques de loisir en famille augmente le sentiment de bien-être et d'une bonne qualité de vie des parents et des enfants.

La pratique régulière d'activités physiques d'intensité modérée contribue au bien-être subjectif et à la qualité de vie globale en agissant sur les facteurs qui interviennent dans les différentes dimensions intégrées (expériences affectives positives par l'intégration au groupe ou regard positif de l'autre, baisse du niveau de stress, satisfaction par rapport au corps, satisfaction par la participation active à la vie sociale). Ces répercussions psychiques sont constatées aussi bien au niveau de populations pathologiques que non pathologiques.

Les études confirment que l'activité physique conditionne la fonction musculaire

Le muscle squelettique est le seul organe qui assure le travail biomécanique de la locomotion. Il est capable de transformer l'énergie biochimique contenue dans les substrats énergétiques en énergie mécanique. Chez l'homme, le niveau d'activité physique influence la masse musculaire totale, ses propriétés métaboliques et contractiles et son évolution en fonction des différentes étapes de la vie. Le maintien d'une fonction musculaire normale est indispensable à la vie de relation et à l'autonomie fonctionnelle. Par ailleurs, le muscle est la « plaque tournante » du métabolisme, dans la mesure où le volume et l'activité musculaires jouent un rôle dans la prévention des maladies métaboliques. Il s'adapte sous l'effet de l'entraînement physique à travers des modifications de la typologie musculaire, du volume musculaire, du nombre et de la compartimentation des mitochondries ainsi que des propriétés des enzymes clés du métabolisme énergétique. Le déterminisme de la masse musculaire résulte d'un équilibre entre les processus de synthèse et de dégradation qui agissent selon des voies indépendantes.

Les médiateurs de la croissance musculaire en réponse à l'exercice sont :

- les contraintes mécaniques ;
- les facteurs métaboliques ;
- les facteurs nerveux ;
- les hormones ;
- le type de nutrition.

Les contraintes mécaniques s'exercent au niveau des structures membranaires. Elles peuvent être passives en réponse à l'étirement du muscle ou actives liées au raccourcissement lors de la contraction. Elles sont relayées au niveau de la membrane par les intégrines, des molécules d'adhésions. Ces protéines agissent sur des facteurs de transduction, les *Mitogen Activated Protein Kinase* (MAPK), qui activent des facteurs de transcription régulant l'expression du génome. D'autres capteurs de tension sont situés à l'intérieur de la machine contractile comme la titine, une protéine du cytosquelette. Ils ont pour but d'intégrer les contraintes mécaniques subies par les protéines contractiles. Sur un plan pratique, la connaissance des facteurs mécaniques permet d'adapter la prescription d'une activité physique dont le but est de favoriser le développement musculaire. Dans cette perspective, il faut proposer des activités qui imposent un niveau de contraintes mécaniques suffisant et acceptable par le sujet.

Les facteurs métaboliques peuvent également stimuler la croissance musculaire. Le débit d'énergie de la contraction musculaire aboutit à une diminution de la charge énergétique intramusculaire. Il en résulte une augmentation du rapport AMP/ATP. L'activation d'un système enzymatique l'*Adenine Mono Phosphate Kinase* (AMPK) est considérée comme le capteur du statut énergétique de la cellule. Ce système agit en augmentant les synthèses protéiques musculaires. L'autre facteur métabolique qui agit sur le développement musculaire est influencé par le niveau de l'oxygénation musculaire ; il s'agit de l'*Hypoxic Inductible Factor* (HIF) qui favorise la biogenèse des mitochondries. La connaissance du rôle exact de ces facteurs métaboliques montre que l'adaptation du muscle à l'entraînement physique est obtenue au prix d'une contrainte métabolique importante.

La commande nerveuse de la motricité agit initialement sur l'entrée de calcium dans la cellule musculaire. La modulation des flux de calcium active des phosphatases, les calcineurines, qui en fin de chaîne activent le facteur de transcription nucléaire NFAT (*Nuclear Factor of Activated T cells*). Un élément important de la transmission du message nerveux via la calcineurine est représenté par les myogénines, protéines qui régulent l'expression génique des protéines musculaires. Cette cascade d'événements agit sur la différenciation métabolique et structurale des muscles. L'augmentation de la synthèse des chaînes de la myosine de type lent et la biogenèse mitochondriale en réponse à l'entraînement physique sont dans une grande partie dépendantes de l'activation des voies de signalisation calcique.

De nombreuses hormones jouent un rôle sur le développement musculaire. De façon schématique, on peut distinguer les axes hormonaux impliqués dans le développement de la masse musculaire et les hormones qui agissent sur la différenciation du tissu musculaire. L'augmentation de la masse musculaire résulte de l'action coordonnée des hormones stéroïdiennes (principalement la testostérone), de l'hormone de croissance (GH) et de l'insuline. Le rôle des stéroïdes sur le développement musculaire s'exerce à toutes les étapes de la vie. L'influence de ces hormones est particulièrement marquée lors de la puberté chez le garçon. La baisse physiologique de l'ensemble des stéroïdes au cours du vieillissement dans les deux sexes serait aussi associée à une réduction de la masse musculaire et à une augmentation concomitante de la masse grasse. La réponse de l'axe somatotrope est importante sous l'effet de l'exercice musculaire et de l'entraînement. La production de l'*Insulin Growth Factor I* (IGF-I) est stimulée lors de l'exercice physique et joue un rôle sur la réponse de l'anabolisme musculaire. L'IGF-I joue un rôle particulier dans la prolifération des cellules musculaires des sujets âgés soumis à un entraînement physique. La réponse hormonale pour un même niveau d'entraînement physique est influencée par l'âge, le statut nutritionnel et le niveau de récupération par rapport aux exercices précédents. Tous ces éléments doivent être pris en compte si l'objectif de l'entraînement est d'améliorer la fonction musculaire.

Il est actuellement bien démontré que la croissance musculaire d'un organisme dépend à la fois de l'apport protéique et de l'apport calorique total. L'existence d'un seuil au-dessous duquel la croissance musculaire s'arrête puis devient négative a permis de définir des minima d'apport. Ce minimum d'apport protéique est actuellement estimé à $0,80 \text{ g.kg}^{-1}$ de poids corporel par jour pour l'homme adulte. Ce besoin est augmenté par l'entraînement physique et il est supérieur pour les entraînements en endurance comparés aux entraînements en force, mais il ne doit pas dépasser 2 g.kg^{-1} par jour.

Il a été suggéré que l'augmentation du niveau d'activité physique pouvait augmenter le stress oxydatif au niveau des muscles. Cette hypothèse repose sur les relations existant entre l'augmentation du métabolisme oxydatif et la génération de radicaux libres. Ces derniers sont susceptibles de favoriser des lésions musculaires ou vasculaires. Leur action a été évoquée dans le mécanisme des douleurs musculaires résultant d'une activité physique intense et prolongée. Le rôle exact du stress oxydatif fait l'objet d'un débat entretenu par les difficultés méthodologiques pour sa mesure. Il semble cependant bien établi que l'entraînement physique augmente considérablement les défenses antioxydantes. Des travaux récents montrent que l'entraînement en endurance augmente la capacité antioxydante de façon telle que la supplémentation nutritionnelle en composés antioxydants est inutile voire dangereuse chez ces sujets. Au total, un entraînement physique bien conduit est un moyen efficace de lutte contre le stress oxydatif.

De nombreuses études réalisées chez l'Homme et l'animal ont permis de montrer que la contraction musculaire stimulait le transport de glucose

musculaire indépendamment de l'insuline. Ces effets s'expliquent par l'existence de deux types de transporteurs de glucose musculaire (GLUT-4) : l'un est stimulé par l'insuline et l'autre par la contraction musculaire. Sous l'action de l'insuline, ces transporteurs de glucose stockés sous forme de vésicules intra-cellulaires vont être activés et les vésicules de GLUT-4 vont migrer vers la membrane cellulaire. L'exercice stimule le transport du glucose par une voie indépendante de l'insuline qui implique une protéine kinase dépendante de l'AMP (AMPK). Lors de l'exercice, la consommation d'ATP active l'AMPK qui induit la translocation, vers la membrane plasmique, d'un lot spécifique de transporteurs GLUT-4 indépendants de l'insuline. La translocation favorise l'entrée du glucose dans la cellule musculaire.

Par ailleurs, la période post-exercice est caractérisée par une augmentation de la sensibilité musculaire à l'insuline. Ceci entraîne une augmentation de la captation du glucose qui dure plusieurs heures après l'arrêt d'une simple séance d'exercice chez le sujet sain comme chez le diabétique de type 2. Ce phénomène est localisé aux seuls muscles mobilisés pendant l'exercice et dépend en partie de l'importance de la déplétion en glycogène. L'augmentation de la sensibilité musculaire à l'insuline dure en moyenne 48 h chez les sujets ayant une alimentation normale. Elle est associée à un accroissement du nombre de vésicules de GLUT-4 présentes à la surface la membrane cellulaire. La prise d'une ration riche en glucides en post-exercice, qui induit une surcompensation en glycogène, prévient l'augmentation de la réponse à l'insuline. À l'inverse, celle-ci persiste plusieurs jours si la surcompensation en glycogène est prévenue par une alimentation pauvre en glucides.

Il est bien établi que l'entraînement en endurance augmente la sensibilité à l'insuline chez le sujet sain ou insulino-résistant, normoglycémique ou diabétique de type 2. Ces données ont été obtenues en comparant des sujets sédentaires à des sujets entraînés en endurance ou lors d'études d'intervention dans lesquelles des sujets sédentaires ont été soumis à un entraînement. Ainsi, la captation du glucose chez les mêmes sujets avant et après 6 semaines d'entraînement en endurance est augmentée de 30 % à 40 %. Cet effet s'observe 48 à 72 h après l'arrêt de l'exercice, ce qui permet d'exclure un effet persistant du dernier exercice réalisé.

L'entraînement exerce de multiples effets. Il provoque une augmentation de la signalisation post récepteur de l'insuline, de GLUT-4 et du transport du glucose, de l'activité de la glycogène synthétase et de l'hexokinase (glycolyse), ce qui accroît la capacité oxydative du muscle, enfin une augmentation de la quantité de glucose et d'insuline délivrée au muscle (augmentation de la densité capillaire) ; il diminue la libération et augmente la clairance des acides gras libres (AGL) ; il modifie la composition musculaire (augmentation de la proportion de fibres oxydatives de type I).

La connaissance des différents mécanismes permet d'adapter l'entraînement physique dans le but d'optimiser le volume et la fonction musculaires.

L'entraînement en musculation impose de fortes contraintes mécaniques, augmente avec efficacité la masse musculaire. Il est particulièrement utile pour prévenir la perte physiologique de la masse musculaire due au vieillissement. L'entraînement en endurance impose des contraintes métaboliques ; il est utile dans le cadre de la prévention des maladies cardiovasculaires et métaboliques car l'adaptation musculaire agit sur les mécanismes qui favorisent l'apparition de ces affections. Un entraînement physique adapté peut être proposé dans la prise en charge thérapeutique de certaines myopathies. La prescription de l'activité physique doit être adaptée à chaque type de myopathie en fonction de sa physiopathologie et de son degré d'évolutivité. Elle pourra combiner une part d'activité en endurance ou en musculation. Dans le cadre des myopathies mitochondriales pour lesquelles l'atteinte concerne essentiellement la fonction métabolique du muscle, il a été mis en évidence une amélioration des capacités fonctionnelles sous l'effet de plans d'entraînement mixtes avec entraînement en endurance et en force. Dans le cadre général des dystrophies musculaires où l'atteinte concerne les structures du muscle, les entraînements en force semblent efficaces sur la prévention de la diminution de la force musculaire. Dans ce cas précis, une action bénéfique de l'entraînement physique sur la capacité des muscles respiratoires a été bien mise en évidence. L'entraînement physique des sujets porteurs de myopathies doit être rigoureusement suivi par l'évolution des marqueurs biologiques de lésions musculaires.

L'activité physique contribue à l'acquisition et au maintien du capital osseux mais pas dans n'importe quelles conditions

Le squelette est constitué de pièces osseuses articulées qui, sous l'action des muscles, permettent à l'être humain de se déplacer. Cette fonction soumet le squelette à des contraintes mécaniques qui s'intensifient avec la croissance, du fait de l'augmentation des dimensions corporelles et de la masse musculaire. Au cours du développement, la taille et la morphologie des pièces osseuses évoluent afin de s'adapter aux contraintes mécaniques.

La petite enfance est caractérisée par une accréation osseuse rapide du fait d'une croissance staturale importante. Le deuxième pic d'accréation osseuse a lieu lors de la puberté. À peu près un quart de la masse osseuse adulte est acquis durant les deux années qui encadrent le second pic d'accréation osseuse au moment où le taux de minéralisation osseuse est le plus important. Le pic de minéralisation osseuse intervient 6 mois à 18 mois après le pic de croissance staturale. Ce décalage est à l'origine d'une période de relative fragilité du squelette, vers 12-14 ans chez les garçons et 10,5-11,5 ans chez les filles. À cette période, on observe une incidence plus élevée des fractures.

Lors de la fusion des cartilages de conjugaison, la densité minérale osseuse atteint 90 à 95 % de sa valeur maximale. L'âge du pic de masse osseuse intervient entre 20 et 30 ans et varie en fonction du sexe et du site considéré.

L'augmentation du contenu minéral osseux au cours de la croissance est davantage le résultat d'une augmentation des dimensions des pièces osseuses que d'une augmentation de la densité minérale osseuse volumique.

La formation du tissu osseux est régulée par des facteurs mécaniques, hormonaux et énergétiques. Avant la puberté, la croissance est surtout régulée par l'hormone de croissance et l'IGF-I (*Insulin-like Growth Factor-I*) alors que pendant et après la puberté, ce sont les stéroïdes sexuels qui exercent une influence prédominante. Les œstrogènes (dans les deux sexes), associés à l'hormone de croissance et l'IGF-I, initient les trois ou quatre années de forte croissance osseuse pendant lesquelles le squelette double sa masse. D'autres hormones (parathormone, calcitriol ou 1,25-dihydroxyvitamine D, vitamine D, calcitonine, hormones thyroïdiennes) sont impliquées dans la régulation du métabolisme osseux.

L'apport énergétique total ainsi que les apports protéiques et calciques sont des régulateurs-clés du développement musculo-squelettique, plus précisément dans le cas de carences. Les enfants et adolescents dont les apports calciques sont insuffisants risquent d'atteindre un pic de masse osseuse plus faible. En France, les apports calciques recommandés pour des personnes de 10 à 18 ans s'élèvent à 1 200 mg/j. Au-delà d'une valeur oscillant entre 800 et 1 200 mg/j, toute augmentation supplémentaire de la consommation calcique ne semble pas avoir d'effet sur le tissu osseux.

L'activité physique, par les contraintes mécaniques qu'elle exerce sur le squelette, induit la formation du tissu osseux. Ce phénomène est maintenant bien établi depuis les années 1970.

Durant la croissance, l'activité physique joue un rôle important dans l'acquisition du capital osseux. La période d'intervention optimale correspond à celle où survient le pic de vélocité d'accrétion calcique osseuse, c'est-à-dire entre 11 et 14 ans chez la fille, 13 et 17 ans chez le garçon (en fait, cette période correspond à l'activation hormonale de la puberté).

Plus la pratique est précoce, plus l'influence sur le capital osseux est importante. L'activité physique exerce un effet ostéogénique d'autant plus fort que les contraintes mécaniques varient et s'éloignent des contraintes habituelles de la marche ou de la course. Cet effet est particulièrement observé chez l'enfant pré-pubère et plus en début qu'en fin de puberté. La véritable prévention de la perte osseuse se joue donc pendant la croissance.

La pratique physique agit à la fois sur la masse osseuse, sa densité et sur la texture (macro- et micro-architectures). On observe également des bénéfices sur les propriétés mécaniques de l'os (augmentation de la résistance à la

fracture). Une pratique sportive multi-activités semble correspondre au meilleur bénéfice attendu durant la croissance.

Les activités physiques et sportives caractérisées par des impacts ou des contraintes (*Peak Strain score*) sont plus efficaces que des pratiques qualifiées de véloces (augmentation de la densité minérale osseuse de 20 à 33 % selon les sites osseux chez des gymnastes comparées à des nageuses et des témoins). La natation qui se pratique dans un environnement hypogravitaire, ne semble pas avoir d'effet, ce qui est conforme aux résultats observés chez les spationautes. Les pratiques douces (scolaires ou récréatives), bien que moins efficaces, permettent tout de même d'obtenir des résultats significatifs.

Lorsque la pratique physique débute après que le pic de masse osseuse soit atteint (entre 20 et 25 ans environ), si elle ne conduit pas à un gain osseux elle contribue néanmoins au ralentissement de la perte osseuse. Pour certains auteurs, le capital osseux acquis durant l'enfance se maintient à l'âge adulte, seulement s'il y a continuité de l'entraînement. Pour d'autres, le bilan adulte reste lié aux caractéristiques de la pratique effectuée durant l'enfance (type, âge de début de pratique, fréquence, intensité...). Certaines études montrent que chez les sportives de haut niveau, la densité minérale osseuse reste élevée même après un arrêt complet de l'entraînement (suivi de 12 années chez des gymnastes).

Cependant, une pratique intensive peut entraîner des risques de traumatismes ostéoarticulaires voire des dérèglements hormonaux, surtout lorsqu'elle est associée à un déficit de la balance énergétique chez la jeune fille (généralement activités à dominante esthétique).

Il a été montré une relation entre la densité minérale osseuse et le risque de fracture. Par exemple, chez l'enfant prépubère une densité minérale osseuse dans le tercile inférieur augmente le risque de fracture. La pratique physique, en améliorant la densité minérale osseuse, contribue à la prévention des fractures.

L'activité physique agit en association avec d'autres facteurs au niveau de la constitution du capital osseux. Une potentialisation est observée avec des apports nutritionnels suffisants, particulièrement une supplémentation en calcium et/ou protéines.

En protégeant les vaisseaux, l'activité physique contribue à la prévention des maladies cardiovasculaires

Beaucoup de maladies cardiovasculaires ont pour origine l'altération des fonctions de la paroi des vaisseaux.

L'endothélium est la monocouche de cellules tapissant la surface interne (intima) de tous les vaisseaux. Longtemps considéré comme une simple

« enveloppe » impliquée dans les processus d'hémostase, l'endothélium s'avère être une glande endocrine et aussi un intégrateur des processus tissulaires sous-jacents. Ainsi, le monoxyde d'azote (NO) est un messager radicalaire produit en permanence par l'endothélium et qui remplit localement de nombreuses fonctions dont les mieux reconnues sont la relaxation des cellules musculaires lisses sous-jacentes et l'inhibition de l'agrégation plaquettaire. L'endothélium produit d'autres substances à action vasodilatatrice (comme la prostacycline) ou vasoconstrictrice (comme l'endothéline, mais dont l'expression est réprimée dans des conditions physiologiques). L'endothélium est influencé en permanence par l'écoulement du sang (flux-dépendance) et par la présence de médiateurs neurohormonaux. Ainsi, l'augmentation du débit sanguin provoque un frottement plus élevé du sang sur l'endothélium (cisaillement endothélial) et très vite une hausse de la production de NO à l'origine d'une vasodilatation flux- et endothélium-dépendante (du fait de la relaxation par le NO des cellules musculaires lisses vasculaires sous-jacentes).

L'endothélium peut exprimer des molécules dites d'adhérence qui, comme leur nom l'indique, favorisent le recrutement et le passage de leucocytes circulants dans l'intima. Il joue un rôle déterminant au cours des processus inflammatoires et contrôle, en outre, pour une large part, le passage inter- et transcellulaire des nombreux nutriments et hormones circulantes.

Enfin, l'endothélium intervient dans la coagulation sanguine en empêchant l'exposition du sous-endothélium, thrombogène, aux facteurs circulants de la coagulation ainsi qu'en synthétisant un certain nombre de facteurs anti- ou procoagulants.

Il est admis depuis plusieurs années que l'entraînement physique est associé à une augmentation du calibre vasculaire.

Par exemple, des données autopsiques et des études angiographiques indiquent la présence d'artères coronaires ayant un diamètre élargi chez les athlètes. Ces modifications vasculaires structurales (augmentation du diamètre luminal) pourraient ainsi constituer une réponse adaptative permettant de limiter le cisaillement endothélial au cours des exercices musculaires répétés. Cependant, les effets favorables de la pratique d'une activité physique en endurance sur la fonction endothéliale peuvent être dans certains cas limités. Ainsi, une étude récente indique que la pratique d'une activité physique de façon trop régulière et trop intensive est susceptible de diminuer la réponse vasculaire au NO du fait d'un remodelage de la paroi vasculaire et/ou d'une désensibilisation du muscle lisse vasculaire au NO, ou encore d'une production accrue de radicaux libres oxygénés.

Avec l'avancée en âge, en présence ou non d'une hypertension artérielle, il existe une altération de la fonction endothéliale via une altération de la voie du NO et une production de radicaux libres qui compromettent secondairement la disponibilité en NO, ainsi qu'un état inflammatoire chronique

de bas grade qui modifie également la biodisponibilité de NO. Cette anomalie prédomine au niveau des artères plutôt que des artérioles, et contribue à favoriser le développement de l'athérome. L'entraînement en endurance atténue la diminution de la réponse vasodilatatrice musculaire qui évolue avec l'avancée en âge. On sait désormais qu'il est possible de limiter ces modifications par la pratique d'une activité physique.

La majorité des études réalisées chez des sujets porteurs de pathologies caractérisées par une altération de la vasodilatation NO-dépendante (hypertension, hypercholestérolémie, diabète...) ont démontré une amélioration de cette fonction dans les gros vaisseaux et les vaisseaux résistifs par l'exercice physique, tandis qu'une telle amélioration chez des sujets sains est moins souvent observée.

Tenant compte des liens physiopathologiques et pronostiques forts entre les anomalies fonctionnelles et structurales vasculaires et la survenue d'événements cardiovasculaires, la pratique d'une activité physique régulière apparaît essentielle pour la prise en charge des patients porteurs de ces pathologies. Cependant, des incertitudes demeurent sur, non seulement les mécanismes (par exemple le NO) mis en jeu par l'activité physique, mais également sur la définition de l'intensité et des modalités d'exercice optimales.

L'activité physique entraîne des effets variables sur le système immunitaire

De nombreuses études se sont attachées à comprendre la relation entre infection, paramètres immunitaires et intensité de l'exercice physique. La pratique d'un exercice physique modéré peut représenter un moyen de prévention contre certaines maladies dans lesquelles le système immunitaire est impliqué. Des phénomènes de leucocytose survenant au cours de l'exercice puis de lymphopénie post-exercice sont largement décrits dans la littérature, ils constituent la réponse biphasique à l'exercice intense. Le retour aux valeurs basales des cellules immunocompétentes est obtenu plusieurs heures après la fin d'un exercice très intense. Il est établi que le cortisol et les catécholamines sont des médiateurs importants de ces réponses. C'est ainsi que l'injection de noradrénaline est capable de mimer l'exercice, avec une rapide diminution du nombre des lymphocytes et une augmentation permanente de celui des neutrophiles 2 h après injection. L'exercice aigu est à l'origine de changements dans le nombre et la distribution relative des sous-types lymphocytaires. Ces changements sont généralement transitoires.

Des approches longitudinales et croisées ont été réalisées pour l'étude de la réponse immunitaire pendant l'entraînement physique, chez l'athlète. Dans les études croisées, les paramètres immunitaires (incidence des maladies,

numération et fonction lymphocytaire T) sont comparés entre athlètes et sujets sédentaires, ou bien par rapport à des valeurs de référence. Aucune différence n'est apparue entre les groupes de niveau différent d'entraînement. Les études longitudinales ont permis de suivre des paramètres immunitaires dans le temps, pendant la durée de l'entraînement par exemple, et les valeurs sont comparées entre différents types d'entraînement (modéré *versus* intense, entraînement *versus* compétition). Les résultats convergents montrent que les relations entre l'entraînement physique et les paramètres immunitaires suivent une courbe en U inversé. Le statut immunitaire s'améliore sous l'effet d'un entraînement modéré puis se dégrade pour des entraînements intenses. L'entraînement intense, même sur de courtes périodes, peut être responsable d'une augmentation de la fréquence des infections respiratoires. Ainsi, l'incidence des infections respiratoires est supérieure à 40 % chez des nageurs de compétition suivis sur 4 semaines d'entraînement intense. La fréquence plutôt que la gravité des infections respiratoires apparaît accrue chez les athlètes comparés aux sédentaires. En revanche, l'entraînement modéré n'accroît pas et peut même réduire les risques d'infections respiratoires. Ces données mettent bien en évidence le fait qu'un entraînement modéré stimule la fonction immunitaire, alors qu'un entraînement intense l'inhibe.

Le vieillissement du système immunitaire est caractérisé par un déclin progressif de la réponse aux antigènes exogènes. Il a été démontré que l'augmentation du niveau d'activité physique de sujets âgés prévient le déclin des fonctions immunitaires. La réponse vaccinale à la vaccination antigrippale est supérieure chez les sujets entraînés âgés. La réponse d'hypersensibilité retardée après la sensibilisation à un nouvel antigène, qui reflète les fonctions de mémorisation des lymphocytes T, est plus forte chez les sujets actifs les plus entraînés. L'ensemble de ces données souligne l'intérêt de maintenir un niveau d'activité élevé pour prévenir les effets néfastes du vieillissement sur les fonctions immunitaires.

L'activité physique contribue au bon fonctionnement du cerveau

L'activité physique régulière apporte une protection remarquable contre les lésions cérébrales dans différentes localisations anatomiques (hippocampe, cortex moteur, pédoncules cérébraux, cervelet). Cette observation a été faite pour différentes étiologies (utilisation de toxiques, ischémie focale ou bien lésions secondaires à une pathologie neurodégénérative innée). L'exercice réduit, voire bloque, l'altération ou la perte neuronale quel que soit le type de lésions provoquées chez l'animal, et favorise la récupération des performances comportementales et/ou motrices. Ces effets s'accompagnent d'une augmentation du BDNF (*Brain-Derived Neurotrophic Factor*) et de l'IGF-I (*Insulin-like Growth Factor-I*) dans les zones cérébrales concernées.

Les neurotrophines et plus particulièrement le BDNF et le NGF (*Nerve Growth Factor*) jouent un rôle critique dans la modulation de la plasticité synaptique du cerveau adulte. Elles sont exprimées dans de nombreuses régions du système nerveux central et périphérique et assurent la survie des neurones du système nerveux. La synthèse et la libération du NGF et du BDNF par les neurones sont sous le contrôle de l'activité neuronale.

La capacité du BDNF à moduler la plasticité synaptique dans le cerveau adulte a été mise en évidence dans de nombreuses études : le BDNF régule le branchement et le remodelage des axones et dendrites, la synaptogenèse dans l'arborisation des terminaisons axonales, l'efficacité de la transmission synaptique et la maturation fonctionnelle de synapses inhibitrices et excitatrices. La délétion ou l'inhibition du gène codant le BDNF induit un déficit dans la LTP (*Long Term Potentiation*), le corrélât électrophysiologique de l'apprentissage et la mémoire. Ce déficit dans la fonction synaptique peut être amendé par l'application exogène ou la surexpression de BDNF.

La neurogenèse existe tout au long de la vie chez l'animal adulte (souris, rat, oiseaux, primates) et chez l'homme. Exposer des rats adultes à un environnement enrichi ou leur donner un accès volontaire à une roue d'activité augmente la neurogenèse dans l'hippocampe (gyrus dentelé) dont témoigne un accroissement de la performance dans des tâches spécifiques liées à la mémoire spatiale. Les changements au niveau de la neurogenèse s'accompagnent de l'induction/expression de la LTP et d'une augmentation concomitante de l'expression de BDNF. Comme ces observations sont confinées au gyrus dentelé, cela suggère fortement que ces modifications jouent un rôle dans la régulation de la plasticité structurale et fonctionnelle. La preuve en est apportée par la contre expérience : si on bloque l'action du BDNF, on empêche le gain d'apprentissage et de mémoire induit par l'exercice. La traduction fonctionnelle est une baisse des performances cognitives.

L'exercice musculaire augmente la production de BDNF dans d'autres régions que l'hippocampe et, en particulier, dans des régions du cerveau directement impliquées dans l'activité motrice (cortex moteur et striatum), dans la corne antérieure de la moelle épinière, et les muscles squelettiques. Le BDNF joue un rôle dans le développement des connexions fonctionnelles entre le muscle squelettique et la moelle épinière. Ainsi, le BDNF et d'autres neurotrophines produits dans le muscle squelettique pourraient amplifier le potentiel d'innervation des motoneurones et jouer un rôle critique dans la plasticité de la synapse neuromusculaire.

Après lésion médullaire chez le rat, l'ARNm du BDNF et du GDNF (*glial cell line*) est augmenté de 11 et 14 fois, respectivement, dans le muscle soléaire des animaux soumis à un programme d'entraînement, ce qui suggère que le BDNF et le GDNF produits et libérés par le muscle pourraient être impliqués dans la plasticité spinale.

L'activité physique régulière renforce également l'unité neurovasculaire par au moins deux mécanismes : accroissement de l'angiogenèse et de l'astroglie.

L'action de l'activité physique sur le cerveau concerne également les pathologies dégénératives : vieillissement physiologique et maladie d'Alzheimer.

Le vieillissement s'accompagne de modifications morphologiques de l'hippocampe, structure cérébrale impliquée dans l'apprentissage et la mémoire chez l'Homme. De plus, la neurogenèse hippocampale est diminuée avec l'âge.

En expérimentation animale, il est bien démontré que la capacité à acquérir de nouvelles tâches chez le rat diminue avec l'âge. Chez l'Homme, l'imagerie a mis en évidence une atrophie hippocampale chez le sujet âgé.

Ces conséquences délétères du vieillissement peuvent être prévenues, voire sont réversibles. Les sujets âgés qui ont pratiqué une activité physique régulière tout au long de leur vie ont une perte de tissu cérébral moindre que les sujets sédentaires et ont de meilleures performances cognitives.

Chez des souris âgées soumises à un protocole d'entraînement, il a été mis en évidence une réversibilité de 50 % de la perte neuronale au niveau de l'hippocampe par rapport aux souris contrôles sédentaires du même âge. Ces souris actives présentent également une neurogenèse hippocampale et des capacités d'apprentissage augmentées par rapport aux souris sédentaires. Fait notable, les souris âgées entraînées apprennent plus vite (*spatial learning*) que les souris jeunes sédentaires.

Dans un modèle de maladie d'Alzheimer (souris TgCRND8), il a été montré que l'activité physique volontaire diminue significativement la charge en plaques de substances amyloïdes β . L'activité physique pourrait représenter une stratégie comportementale simple dans la résistance au développement de la maladie d'Alzheimer. Des études récentes suggèrent en effet que l'activité physique régulière pourrait retarder la survenue et/ou ralentir la progression de la maladie d'Alzheimer.

Le principal médiateur de la neuroprotection associée à l'exercice est l'IGF-I, une hormone qui a un effet neurotrophique très puissant et joue un rôle de médiateur de la plupart des effets de l'exercice musculaire sur le cerveau (stimule l'entrée du calcium, du glucose...). L'exercice musculaire accroît la quantité d'ARNm de l'IGF-I au niveau cérébral et la quantité d'IGF-I. Cet effet est médié par le récepteur de l'IGF-I. L'inhibition de l'activation du récepteur de l'IGF-I avec l'exercice abolit les effets de l'exercice sur la synthèse de BDNF et annule l'augmentation des performances cognitives des rats. L'exercice musculaire prévient et protège le cerveau des lésions en augmentant également la captation de l'IGF-I circulant par le cerveau.

Les mécanismes d'action de l'IGF-I intra-cérébral sont bien démontrés et pourraient potentiellement être mobilisés sous l'effet de l'activité physique. Ils incluent : l'apoptose et des protéines impliquées dans la neurogenèse, l'homéostasie calcique et l'augmentation du métabolisme du glucose par les neurones. L'IGF-I pourrait agir sur l'angiogenèse et la captation d'oxygène par les neurones et intervenir également dans la modulation de l'excitabilité

neuronale par l'intermédiaire des canaux ioniques, des récepteurs au glutamate ou de la taille des synapses.

Des facteurs génétiques pourraient conditionner l'effet de l'activité physique

Il existe des différences interindividuelles considérables dans la réponse à l'exercice physique, autant sur le plan de l'endurance cardio-respiratoire que sur le plan de l'amélioration du profil de risque. L'identification des gènes et de leurs mutations impliqués dans la réponse à l'entraînement est fondamentale pour la compréhension du rôle de l'exercice sur la santé des différentes populations et sur le développement du potentiel de performance physique des athlètes.

Le niveau d'hétérogénéité de la réponse de la capacité aérobie à l'entraînement physique sous l'effet des facteurs génétiques dans la population générale a été mis en évidence par une grande étude débutée en 1992 aux États-Unis. Cette étude *Heritage (Health Risk Factors Exercise Training and Genetics)* tente d'établir des liaisons entre le patrimoine génétique et la performance. Un autre aspect majeur sur le plan de la santé est de vérifier dans quelle mesure le patrimoine génétique peut influencer la réponse positive à l'entraînement.

Le criblage génomique réalisé sur la consommation maximale d'oxygène et la réponse à l'entraînement a permis d'identifier 4 loci reliés à la VO_2 max à l'état sédentaire, loci situés sur les chromosomes 4, 8, 11 et 14, et par ailleurs 5 loci reliés à la consommation maximale d'oxygène à l'entraînement situés sur les chromosomes 1, 2, 4, 6 et 11. Au total, 56 polymorphismes au sein de 34 gènes candidats ont été identifiés. Des études d'association et de liaison génétique avec un certain nombre de ces gènes candidats ont été réalisées. Ceci a permis de préciser la contribution du gène ACE (enzyme de conversion de l'angiotensine) à la performance aérobie. Le gène ACE est responsable de la conversion de l'angiotensine I en angiotensine II, un important vasoconstricteur impliqué dans la régulation de la tension artérielle et également dans la croissance tissulaire. La variabilité de l'expression du gène ACE a été proposée comme le facteur majeur de la capacité aérobie. Le gène ACE est exprimé dans plusieurs tissus, dont le muscle squelettique, et peut donc être considéré, en raison de son action sur la croissance tissulaire, comme un gène candidat de la performance. Les porteurs de l'allèle I du polymorphisme ACE I/D seraient avantagés au plan de l'endurance cardio-respiratoire.

D'autres gènes présentent un polymorphisme lié à la performance : gène de la créatine kinase musculaire (CKM) ; gène de l'alpha 3 actinine musculaire (ACTN3) ; gène de l'adénosine monophosphate déaminase (AMPD) ; gène de l'interleukine 6 (IL6).

Les 37 gènes codant les protéines impliquées dans la production d'ATP peuvent être considérés comme des gènes candidats de la performance. Les sujets porteurs de mutations au sein de la sous-unité 5 de la NADH déshydrogénase (MTND5) ont un VO_2 max plus élevé que les sujets non porteurs de ces mutations. La créatine kinase musculaire (CKMM) est une enzyme importante pour la production d'ATP dans la cellule musculaire. Les résultats de l'étude *Heritage* montrent que le polymorphisme de la créatine kinase musculaire rend compte de 9 % de la variance observée dans les changements de VO_2 max sous l'effet de l'entraînement.

Un facteur déterminant de la santé est le niveau d'activité physique spontanée. Il a été démontré qu'il existe de fortes variations individuelles de ce paramètre. La comparaison de paires de jumeaux a permis de mettre en évidence une forte héritabilité du niveau d'activité physique spontanée. Cependant, le rôle confondant des facteurs familiaux, culturels et environnementaux a justifié des études complémentaires. Une étude a montré que le patrimoine génétique expliquait aussi bien la participation à des activités physiques de loisir que des activités physiques sportives, cette association semblant plus forte chez les hommes. Un autre facteur important concerne la composition corporelle. Plusieurs gènes sont mis en cause dans la variation de la composition corporelle avec l'entraînement physique. En accord avec la fonction métabolique du système sympathique, il a été montré que des mutations du récepteur β -adrénergique (ADRB3) pouvaient influencer la réponse de la masse grasse à l'exercice physique. Le polymorphisme du gène codant la protéine de couplage UCP3 est également associé au niveau de réponse de la composition corporelle à l'exercice musculaire. Les résultats de l'étude *Heritage* ont permis de montrer que le polymorphisme du gène de l'IGF-I était associé au gain de masse maigre sous l'effet de l'entraînement.

Dans le domaine des facteurs hormonaux, les effets de l'activité physique sur l'action de l'insuline ont été reliés au polymorphisme du récepteur β -adrénergique ADRB3, et du polymorphisme de l'ACE. Récemment, il a été démontré que le polymorphisme du gène de l'interleukine-6 pouvait influencer l'index de tolérance au glucose.

Sur le plan des risques cardiovasculaires, plusieurs études ont mis en évidence l'association entre les variations du génome, la réponse à l'activité physique des lipides sanguins et des facteurs de l'hémostase. Il existe une interaction entre le niveau d'activité physique, le niveau d'expression du gène codant l'apolipoprotéine E et le profil lipoprotéique.

À propos de la régulation de la pression artérielle, il a été initialement proposé que le polymorphisme du gène de l'ACE pouvait expliquer la variabilité individuelle de la réponse de la pression sanguine à l'entraînement. Cependant, les résultats de publications récentes ne confirment pas cette relation.

Les résultats accumulés à ce jour sur les bases génétiques de la performance permettent de conclure à la présence de ressemblances familiales pour la

plupart des indicateurs de performance mesurés sans entraînement préalable et en réponse à l'entraînement physique. Les estimations d'héritabilité varient de 25 à 50 % pour la consommation d'oxygène (mesurée pour un effort maximal ou sous-maximal) et de 40 à 70 % pour les propriétés métaboliques du muscle squelettique.

Les quelques études sur les fondements moléculaires de la performance aérobie ont révélé des associations positives avec certains gènes candidats. L'interaction entre la variabilité de certains gènes et la réponse au niveau d'activité physique est bien démontrée pour la composition corporelle, le métabolisme lipoprotéique, la sensibilité à l'insuline.

L'activité physique est la meilleure prévention des maladies cardiovasculaires et constitue un élément important de leur traitement

Les maladies cardiovasculaires d'origine athéromateuse représentent un problème médico-économique majeur en France. Elles restent en effet la première cause de mortalité et leur incidence est sans cesse croissante.

Plusieurs enquêtes longitudinales permettent d'étudier le lien entre l'activité physique et les pathologies cardiovasculaires d'origine athéromateuse. La majorité de ces études se focalisent sur le lien « à moyen terme » (entre 5 et 10 ans). Elles sont en majorité non européennes et tiennent compte de nombreux facteurs de confusion (sexe, âge, IMC, consommation de substances psychoactives, tension artérielle, cholestérol, diabète, cancer, mode de vie dont le niveau d'éducation, les habitudes alimentaires, les antécédents familiaux et le stress et bien-être). Le facteur « activité physique » s'avère moins explicatif que d'autres facteurs dans la survenue de maladies cardiovasculaires d'origine athéromateuse, comme la consommation de tabac, l'obésité, l'hypertension, le diabète... Cependant, le cumul des facteurs de risque est en soi un facteur de risque cardiovasculaire, surtout chez les hommes jeunes.

L'activité physique est désormais recommandée dans le domaine des maladies cardiovasculaires, à la fois pour prévenir leur survenue et pour en limiter les conséquences lorsqu'elles sont installées. Les principales affections concernées sont la coronaropathie, l'insuffisance cardiaque chronique et l'artériopathie des membres inférieurs, alors que les preuves expérimentales de l'impact de l'activité physique sur les maladies cérébro-vasculaires demeurent insuffisantes.

Même si les mécanismes – notamment moléculaires – sous-tendant l'impact de l'activité physique sur l'évolution de la maladie athéromateuse, sont encore à élucider, il existe des preuves expérimentales de l'efficacité de l'activité physique sur différents facteurs fortement corrélés à ces maladies.

Le diabète de type 2 en est un exemple particulièrement explicite dans la mesure où l'activité physique permet à elle seule de prévenir sa survenue dans près de 60 % des cas chez des sujets présentant une intolérance au glucose. Lorsque le diabète est installé, l'activité physique facilite l'homéostasie glycémique à la fois sur le versant hyper- et hypoglycémique. Elle peut ainsi permettre d'alléger le traitement médicamenteux. Elle retarde l'apparition des complications dégénératives qui font la gravité de la maladie diabétique. La réduction de l'insulino-résistance, l'amélioration du transport et de l'utilisation du glucose musculaire et la diminution de la production hépatique de glucose expliquent, au moins en partie, ces effets. En conséquence, l'activité physique est actuellement considérée comme un objectif prioritaire en politique de santé dans la lutte contre la pandémie représentée par le diabète de type 2.

L'activité physique réduit la pression artérielle chez les patients hypertendus, en moyenne de 11 mmHg pour la pression artérielle systolique et de 8 mmHg pour la pression diastolique. Elle réduit dans les mêmes proportions l'hypertension artérielle d'effort. Elle permet de différer, voire de rendre inutile, le traitement médicamenteux d'une hypertension artérielle de diagnostic récent. Les mécanismes expliquant cet effet sont là encore incomplètement connus. Cependant, une diminution des résistances artérielles périphériques, une réduction de la dysfonction endothéliale et des anomalies neuro-hormonales liées à l'hypertension artérielle, ainsi qu'une augmentation de la sensibilité à l'insuline (impliquée dans la pathogénie de l'hypertension artérielle) ont été démontrées.

Par ailleurs, l'activité physique concourt à l'amélioration du profil lipidique sérique avec une diminution en moyenne de 3,7 % du taux de triglycérides, de 5 % du taux de LDL-cholestérol et une augmentation de 4,6 % du taux de HDL-cholestérol. Elle participe, avec le régime, au contrôle de la surcharge pondérale, avec augmentation de la masse maigre et réduction de l'adiposité abdominale. Elle facilite le sevrage tabagique et permet une réduction du syndrome dépressif, identifié comme un facteur de risque fort et fréquent au cours d'événements cardiovasculaires majeurs et un facteur péjoratif du pronostic. Enfin, l'activité physique améliore l'hypercoagulabilité et l'inflammation, impliquées dans la physiopathologie de l'athérome.

Lorsque la maladie cardiovasculaire est installée, l'activité physique a un impact important sur l'évolution de la maladie. Elle agit sur l'amélioration de l'insulino-résistance, de la dysfonction endothéliale et des anomalies neuro-hormonales.

Un des effets les plus spectaculaires est la réduction de la mortalité de 25 à 35 % chez les patients atteints d'une maladie coronarienne. Une réduction des signes cliniques (tels que l'angor, la dyspnée ou la claudication artérielle) et une augmentation des capacités physiques sont associées. L'activité physique permet donc de prolonger l'espérance de vie dans de meilleures conditions.

Les modalités de l'activité physique recommandée au cours des maladies cardiovasculaires associent des exercices globaux (recrutant des territoires musculaires importants) et des exercices plus analytiques (nombre limité de muscles) développés contre une résistance au mouvement. La question du niveau le plus approprié de l'intensité de ces exercices reste posée. Un niveau minimal est cependant requis afin d'obtenir un impact sur la morbi-mortalité. Il est proche des 50 % des capacités maximales mesurables par un test d'effort de chaque sujet. Il est possible alors de rester à ce niveau d'entraînement, en se limitant à une amélioration des performances aéro-bies. Si, en revanche, un recrutement partiel du métabolisme anaérobie avec un gain en force musculaire plus important est recherché, le niveau sera plus élevé sans cependant atteindre les capacités maximales pour lesquelles le risque de complication est le plus fort. La durée minimale d'une séance d'exercice doit être de 30 minutes. La fréquence préconisée habituellement est quotidienne, ou au minimum 5 jours par semaine, pour l'entraînement global, et au minimum 2 séances par semaine pour le renforcement musculaire contre résistance. Les types d'exercices possibles sont très variés, adaptables aux goûts, à l'âge et aux aptitudes d'un grand nombre de sujets : marche, course, vélo, natation, gymnastique, activités sportives diverses, utilisation de différents ergomètres ou système de musculation... Les modalités tiendront compte du contexte : activité physique dans le cadre d'une prévention primaire ou secondaire. Dans ce dernier cas, une évaluation médicale préalable sera nécessaire afin de permettre une stratification du risque et une adaptation des exercices notamment au cours de l'insuffisance cardiaque pour laquelle une plus grande progressivité et une surveillance régulière sont nécessaires.

Les risques de l'activité physique au cours des maladies cardiovasculaires sont prioritairement représentés par les complications cardiaques et surviennent essentiellement lorsque les efforts sont intenses et inadaptés aux capacités réelles du sujet. Ainsi, ils sont très réduits lorsque l'entraînement est effectué dans le cadre de programmes supervisés (réadaptation). Il s'agit surtout de complications coronaires thrombotiques survenant sur une plaque d'athérome « instable » (non protégée par une fibrose et qui va donc se fissurer) et à l'origine d'accidents ischémiques myocardiques pouvant être dramatiques. Le caractère instable de la plaque d'athérome n'atteint pas le plus souvent les lésions coronaires les plus sténosantes, qui sont pourtant celles qui sont dépiçables actuellement en pratique courante par la méthode d'imagerie de référence qu'est la coronarographie. De même, un test d'effort recherchera une ischémie myocardique d'effort en relation avec une sténose coronaire serrée mais ne pourra pas contribuer à la découverte d'une telle plaque vulnérable. La prudence reste donc de règle et impose d'éviter des efforts violents tout en respectant les contre-indications à l'entraînement physique que sont essentiellement l'angor instable, l'insuffisance cardiaque décompensée, l'hypertension artérielle sévère, les troubles du rythme cardiaque complexes, le rétrécissement valvulaire aortique serré, toute affection inflammatoire ou

infectieuse évolutive. Les complications musculo-squelettiques liées à l'exercice au cours des maladies cardiovasculaires sont rares à condition que l'activité physique soit individualisée c'est-à-dire adaptée à l'âge et aux capacités de chaque sujet.

L'activité physique est un traitement à part entière de la broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO)

Les relations entre activité physique et maladie respiratoire sont étroites. L'activité physique est l'outil thérapeutique le plus performant dans le traitement de la dyspnée et de la broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO), la maladie respiratoire des fumeurs dont la prévalence est galopante (3^e rang mondial des maladies mortelles en 2020). Il semble qu'elle puisse également jouer un rôle dans la prévention de cette maladie ou de ses complications. À l'opposé, chez l'athlète, le sport de haut niveau induit une hypoxémie et peut conduire à des asthmes graves chez des sujets non allergiques.

Les études sur l'efficacité de l'activité physique pour prévenir les maladies respiratoires sont rares et la BPCO concentre la quasi-totalité des travaux. Deux études récentes sur un grand nombre de sujets apportent des éléments de preuve convaincants. Dans une première étude, un suivi de 6 790 sujets sur 11 ans a montré que les fumeurs actifs pratiquant une activité physique égale ou supérieure à 2 heures par semaine ont un risque réduit de développer une BPCO comparativement aux fumeurs dont la quantité d'activité physique est inférieure à ce seuil. La même équipe suivant 2 386 patients atteints de BPCO pendant 20 ans, avait précédemment montré, pour cette même quantité d'activité physique, une réduction de 40 % des hospitalisations et de la mortalité d'origine respiratoire.

Le recours à l'activité physique comme outil thérapeutique provient du modèle initial, défini dans les années 1980, du cercle vicieux du déconditionnement ou spirale de la dyspnée. Le malade respiratoire, essoufflé en raison de sa maladie (part respiratoire de la dyspnée) cesse toute activité, ce qui conduit à un « déconditionnement » c'est-à-dire à une perte des fibres et des enzymes de la voie métabolique musculaire oxydative. Tout exercice est alors essentiellement réalisé avec les fibres lactiques. Directement ou indirectement, l'acide lactique formé stimule alors les centres respiratoires ce qui aggrave la dyspnée préexistante (part musculaire de la dyspnée). Le réentraînement à l'effort a donc pour objectif de restaurer la voie oxydative afin d'interrompre ce cercle vicieux. Il diminue la dyspnée des patients en améliorant sa part musculaire, sans modification de la fonction respiratoire globale. Ce modèle, aujourd'hui démontré, est actuellement complété. La BPCO est une maladie inflammatoire à tous les niveaux : respiratoire, sanguin, musculaire... L'activité physique a un effet anti-inflammatoire et

anti-oxydant qui participe nécessairement, à côté d'autres phénomènes, à l'amélioration de l'état de ces patients.

Les effets du réentraînement à l'effort chez le patient présentant une BPCO ont fait l'objet de dizaines d'études contrôlées qui depuis 1996 ont été compilées sous forme de méta-analyse ou analysées en termes d'« *evidence-based medicine* ». Les résultats sont particulièrement remarquables : la dyspnée, la tolérance à l'effort, la qualité de vie et le nombre d'exacerbations sont améliorés au niveau le plus élevé (A) en terme d'« *evidence-based medicine* ».

Les dernières recommandations sur le réentraînement à l'effort chez le patient atteint de BPCO s'accordent avec la notion de 2 heures d'activité physique par semaine, à pratiquer régulièrement et de façon permanente. Les désaccords portent sur le niveau d'intensité. Les partisans d'une intensité élevée arguent des meilleurs résultats à court terme. Ceux d'une intensité modérée insistent sur la fidélisation des patients obtenue par cette démarche, qui induit des résultats cliniquement pertinents.

Les études sur les autres affections respiratoires sont insuffisantes pour réaliser des méta-analyses. Toutefois, elles montrent des résultats équivalents à ceux obtenus pour la BPCO. Une mention spéciale pour la maladie asthmatique : l'époque où l'on signalait des certificats de contre-indication à la pratique sportive est lointaine, c'est même actuellement une faute professionnelle. Comme conséquence, les asthmatiques sont beaucoup moins « déconditionnés » que dans le passé. Dans ces conditions, l'activité physique ne peut pas être une prescription au sens formel du terme dans l'asthme, en revanche elle doit être largement recommandée.

Le sport de haut niveau peut être à l'origine d'une hypoxémie induite par l'exercice (HIE) qui apparaît chez les 2/3 d'athlètes endurants, jeunes, de haut niveau. À partir de 40 ans, elle est quasiment constante et devient systématique chez les simples cyclotouristes de 60 ans. Cette HIE totalement asymptomatique est probablement la conséquence au moins partielle d'altérations à type de sub-œdème du parenchyme pulmonaire. Il ne semble pas y avoir de retentissement à long terme de l'hypoxémie induite par l'exercice. Il n'en est pas de même pour l'asthme du sportif qui apparaît chez les sportifs non allergiques, de haut niveau, matures (environ 25 ans), perturbe leurs performances et qui est difficile à juguler. L'abrasion des voies aériennes par des hyper-ventilations extrêmes et répétées serait à l'origine de cette forme clinique particulière de l'asthme.

La pratique régulière d'une activité physique et sportive permet de limiter le gain de poids et participe à son contrôle

L'activité physique modérée est un facteur important de maintien du poids corporel. Il est essentiel de distinguer d'une part, les effets de l'activité

physique en termes de prévention du gain de poids, et, d'autre part, son rôle dans la prise en charge des sujets en excès de poids. Les facteurs en cause dans la prise de poids et le développement de l'obésité sont multiples et intriqués (facteurs biologiques, comportementaux, sociétaux) et l'activité physique est un des éléments pouvant influencer le bilan d'énergie et l'état de santé, en association avec les habitudes alimentaires. De même en matière de traitement de l'obésité, les conseils d'activité physique occupent une place importante dans le cadre général d'une prise en charge globale associant des conseils alimentaires et un soutien psychologique.

Les résultats des études d'observation disponibles actuellement indiquent que l'activité physique peut jouer un rôle d'atténuation du gain de poids au cours du temps chez l'adulte, l'adolescent et l'enfant, sans toutefois permettre de prévenir complètement le phénomène, ni promouvoir une perte de poids au niveau des populations. De façon intéressante, il a été montré, chez l'adulte, que des activités d'intensité modérée de la vie quotidienne, telles qu'aller au travail en marchant ou en vélo, étaient inversement associées au gain de poids après plusieurs années de suivi. Quelques études suggèrent de plus une relation inverse entre le niveau habituel d'activité physique et la localisation abdominale de la graisse. Il est établi que l'accumulation abdominale de graisse est associée au développement de pathologies métaboliques (diabète de type 2) et cardiovasculaires (maladie coronaire).

Le comportement sédentaire est un autre aspect important en relation avec l'obésité. La sédentarité correspond à des comportements passifs tels que regarder un écran, travailler sur ordinateur, lire, téléphoner... L'inactivité physique quant à elle renvoie à un état dans lequel les mouvements corporels sont réduits au minimum. Après prise en compte de l'activité physique et des habitudes alimentaires, certains comportements sédentaires de l'adulte, de l'adolescent ou de l'enfant, tels que le temps passé assis à regarder la télévision, assis au travail ou en conduisant, sont chacun liés au risque d'obésité. De plus, en matière de prévention de la prise de poids chez l'enfant, la lutte contre la sédentarité (réduction, mais pas nécessairement suppression, du temps passé à regarder la télévision et à jouer aux jeux vidéo) est une stratégie dont l'efficacité a été prouvée, complémentaire des actions centrées sur la promotion de l'activité physique.

La recommandation actuelle pour la population générale adulte est de pratiquer une activité physique régulière au moins équivalente à 30 minutes de marche à un bon pas (marche rapide) par jour. Chez l'enfant, il est recommandé de pratiquer au moins 60 minutes d'activité physique d'intensité modérée à élevée par jour. Ces recommandations visent de façon générale une croissance harmonieuse (chez l'enfant) et la prévention des principales pathologies chroniques (chez l'adulte). Elles s'appliquent également à la prévention du gain de poids. Cependant, un volume (durée, intensité) d'activité plus important pourrait être nécessaire dans ce but spécifique. Ceci a conduit à proposer chez l'adulte une augmentation de la durée (par ex. au moins 45 à

60 min d'activité d'intensité modérée par jour) et/ou de l'intensité, ou une diminution des apports énergétiques, pour la prévention du gain de poids.

Les effets bénéfiques de l'activité physique chez les personnes en excès de poids sont multiples. Dans le cadre de la prise en charge des adultes et des enfants obèses, il est essentiel de différencier les effets de l'activité physique sur la perte de poids, d'amplitude modeste, des effets sur le maintien du poids après perte de poids initiale, d'importance majeure, ainsi que les effets bénéfiques d'amélioration des comorbidités de l'obésité.

Le maintien d'une perte de poids après amaigrissement initial, ou une moindre reprise de poids, représente un des intérêts majeurs de l'activité physique en cas d'excès de poids. Le seuil d'activité qui permettrait d'obtenir cet effet est très discuté. Dans cette situation, 60 à 90 minutes d'activité d'intensité modérée par jour, ou une durée plus courte d'activité d'intensité plus élevée, seraient nécessaires chez l'adulte, ce qui représente un volume conséquent d'activité. Il faut surtout noter que l'effet majeur de l'activité physique dans ce domaine n'est pas la perte de poids mais la non reprise de poids. De façon très générale, la perte de poids obtenue en associant un régime et un programme d'activité physique est supérieure à celle résultant du régime seul. Mais la différence entre les deux modalités est faible, de l'ordre de quelques kilos seulement. L'effet de l'activité physique sur la perte de poids reste donc le plus souvent modeste. Une explication en est que la dépense énergétique supplémentaire induite par l'activité physique reste quantitativement limitée. Pour obtenir une perte de poids importante avec l'activité physique seule, il faudrait pratiquer plusieurs heures d'entraînement intensif par jour ! Toutefois, même une activité d'intensité modérée, en endurance, peut augmenter la contribution des lipides à la dépense d'énergie et participer à l'amélioration de la composition corporelle.

Le but recherché est de perdre de la masse grasse corporelle en conservant la masse non grasse (ou masse maigre, dont les muscles sont un des constituants majeurs). Il est connu que la perte de masse maigre sous régime seul est de l'ordre de 25 % du poids perdu. Quand le régime est associé à un programme d'activité physique de type endurance, cette perte de masse maigre est réduite de moitié. Cet effet sur la composition du poids perdu est important à plusieurs titres. D'une part, la masse maigre est le déterminant majeur de la dépense énergétique de repos, c'est-à-dire la dépense de base nécessaire au fonctionnement de l'organisme. Une diminution de masse maigre entraîne une réduction de la dépense énergétique et cette situation peut favoriser la reprise de poids ultérieure. D'autre part, une importante diminution de masse maigre, en particulier la composante musculaire, peut sérieusement altérer les capacités fonctionnelles et donc la mobilité, ce qui est l'inverse du but recherché.

Différentes anomalies liées au syndrome de résistance à l'insuline (hyperglycémie, augmentation des triglycérides et baisse du cholestérol-HDL protecteur, augmentation de la pression artérielle) associées à l'obésité sont

améliorées par la pratique régulière d'une activité physique d'intensité modérée. Le point important dans ce domaine est que ces modifications favorables de la sensibilité à l'insuline, de la tolérance au glucose et du profil lipidique sous l'effet d'un entraînement régulier peuvent être observées indépendamment des modifications du poids ou de la masse grasse et en l'absence de modifications majeures de la capacité cardio-respiratoire (VO_2 max). De façon intéressante également, les résultats de certaines études épidémiologiques prospectives chez l'adulte suggèrent que les sujets corpulents (« *fat* ») avec une bonne capacité physique (« *fit* ») ont un risque de mortalité totale et cardiovasculaire plus faible que les sujets de corpulence normale mais dont la capacité physique est la plus faible.

De façon générale, l'activité physique d'intensité modérée a des effets positifs sur le plan psychologique en améliorant l'humeur, la sensation de bien-être et l'estime de soi. Ces bénéfices psychologiques pourraient être associés à une meilleure adhérence aux conseils diététiques, ce qui demande cependant à être mieux documenté.

La difficulté dans tous les cas est d'inciter des « inactifs et sédentaires » à reprendre goût au mouvement et à devenir au moins modérément actifs, de façon régulière et à long terme dans leur vie quotidienne. Il s'agit d'intégrer l'activité physique dans le registre du bien-être autant que dans celui de l'amélioration de l'état de santé, grâce au côté ludique de l'activité physique en particulier chez l'enfant. L'individualisation des conseils d'activité physique est une notion centrale dans cette prise en charge, la progressivité également. La limitation (et non la suppression) du temps consacré aux occupations sédentaires est une mesure importante. Chez l'enfant, elle a des effets sur le maintien du poids après amaigrissement. Le volume global d'activité physique paraît actuellement plus important que l'intensité. Un premier objectif est d'atteindre les recommandations d'activité physique pour la population générale, puis, d'augmenter la durée et/ou l'intensité en fonction des possibilités individuelles. Chez les enfants, la participation des parents à la prise en charge est essentielle.

L'activité physique réduit le risque de développer un cancer du sein et du côlon

Les cancers pour lesquels un effet préventif de l'activité physique régulière a été recherché sont les cancers les plus fréquents car ce sont ceux pour lesquels nous disposons d'études sur de grandes cohortes.

C'est pour le cancer du côlon qu'il existe le plus grand nombre de preuves de l'effet préventif de l'activité physique. Sur les 51 études portant sur le cancer du côlon et le cancer colo-rectal, 43 ont démontré une diminution du risque chez les sujets ayant l'activité physique la plus importante avec une

réduction moyenne de 40 à 50 %. Sur les 29 études ayant recherché un effet dose-réponse, 25 ont démontré qu'une augmentation du niveau d'activité physique était associée à une diminution du risque. Cet effet protecteur n'est en revanche pas retrouvé pour le cancer du rectum.

Concernant le cancer du sein, sur les 44 études effectuées en 2002, 32 ont démontré une diminution du risque chez les sujets ayant l'activité physique la plus importante. En 2006, 45/64 études ont démontré une diminution du risque chez les sujets ayant l'activité physique la plus importante avec une réduction moyenne de 30 à 40 %. Sur les 23 études ayant recherché un effet dose-réponse, 20 ont démontré qu'une augmentation du niveau d'activité physique était associée à une diminution du risque. Il est difficile de donner une quantité minimale d'exercice pour obtenir une protection car différents types d'activité physique peuvent être efficaces : marche, activité physique intense de courte durée, activité physique ménagère... Néanmoins, si on considère uniquement une activité de type marche, le seuil minimum efficace se situe autour de 4 h de marche par semaine. Chez des femmes préalablement traitées pour un cancer du sein (stade I, II ou III), des études récentes montrent qu'une activité physique de type marche (3 à 5 h par semaine) diminue le risque de décès ou de récurrence de 20 à 50 %.

En 2003, sur les 23 études sur le cancer du poumon, la plupart ont démontré une diminution du risque chez les sujets ayant l'activité physique la plus importante avec une réduction moyenne de 20 % (allant de 20 à 60 %) mais une étude a rapporté une augmentation du risque de 40 %. Dans la plupart des études, le rôle du tabac a été contrôlé. Néanmoins, la plupart du temps les sujets sportifs sont non fumeurs et ont donc une faible incidence du cancer du poumon. Deux études ont montré une réduction du risque de cancer du poumon chez les sujets sportifs fumeurs. Ce rôle protecteur de l'activité physique reste à démontrer chez la femme.

Concernant le cancer de la prostate, sur les 37 études publiées, la moitié ont montré que l'activité physique diminuait le risque de cancer de la prostate de 10 à 30 % avec une relation dose-réponse retrouvée dans 10 études sur 19. Mais les résultats des différentes études sont encore trop contradictoires (certaines études rapportent une augmentation du risque de cancer de la prostate avec l'activité physique) pour en tirer une conclusion définitive.

En matière de cancer de l'endomètre, une revue récente de 2007 indique que 14 études sur 18 montrent une réduction du risque de 30 % en moyenne (une relation dose-réponse est rapportée dans 7 études sur 13). D'après les résultats de plusieurs autres études récentes, il semble que l'activité physique exerce un effet protecteur probable vis-à-vis du cancer de l'endomètre.

Il existe d'autres cancers pour lesquels quelques publications mettent en évidence un rôle protecteur possible de l'activité physique (cancer de l'ovaire, de l'estomac...) mais les données sont insuffisantes pour en tirer des conclusions sur les relations de causalité.

En résumé, d'après les définitions développées par le Fond de recherche mondial sur le cancer et l'Institut américain de recherche sur le cancer (niveau d'évidence scientifique allant de « convaincant » à « probable », « limité » puis « insuffisant »), l'activité physique a un effet préventif convaincant sur le cancer du côlon, et probable sur le cancer du sein (chez les femmes ménopausées) et le cancer de l'endomètre. En revanche, les preuves sont limitées pour les cancers du poumon et de la prostate. Pour les autres cancers, cet effet reste à démontrer. Le plus souvent, un effet dose-réponse est observé pour une activité d'intensité modérée à élevée, une activité physique trop intense n'engendrant pas des bénéfices plus importants. Pendant et après le traitement, une activité physique adaptée d'intensité faible à modérée améliore la qualité de vie et diminue la sensation de fatigue.

Les mécanismes sous-tendant l'effet bénéfique de l'activité physique sur la prévention de certains cancers commencent à être identifiés. Cet effet bénéfique fait intervenir soit des effets systémiques de l'activité physique soit, dans le cas du cancer du côlon, des effets locaux.

Un des effets systémiques de l'activité physique est la diminution de la fraction biologiquement active (fraction libre) des hormones sexuelles. Cet effet bénéfique s'exerce sur les cancers hormono-dépendants (sein, endomètre, prostate). L'activité physique régulière diminue le risque de survenue de ces cancers en réduisant la production endogène des œstrogènes mais aussi en augmentant la SHBG (*Sex Hormone Binding Globulin*). La SHBG, en se liant à l'œstradiol ou à la testostérone, diminue leur fraction libre donc biologiquement active. La production de SHBG est aussi dépendante de la diététique (régime normo- ou hypocalorique, alimentation riche en fibres...) et les effets de l'activité physique sont parfois confondus avec ceux de la diététique.

Un autre effet systémique de l'activité physique régulière est la diminution de l'insuline et de l'IGF-I. L'obésité et la sédentarité induisent une insulino-résistance et un hyperinsulinisme compensatoire. L'insulino-résistance est associée à une cohorte d'altérations métaboliques définissant le syndrome métabolique et conduisant à une diminution de la SHBG et des protéines liant l'IGF (IGF-BP) et donc à une augmentation de la fraction libre, biologiquement active, des hormones liées à ces protéines (IGF-I pour les IGF-BP, œstradiol et androgènes pour la SHBG).

Pour le cancer du côlon, les effets protecteurs de l'activité physique régulière font intervenir des mécanismes locaux. Deux types de mécanismes ont été proposés :

- l'augmentation de la motilité intestinale induisant une réduction du temps de transit gastro-intestinal et donc une diminution de l'opportunité pour les cancérogènes d'être en contact avec la muqueuse colique et le contenu fécal ;
- les modifications des concentrations de prostaglandines : augmentation des prostaglandines PGF qui inhibent la prolifération des cellules coliques et augmentent la motilité intestinale. En revanche, l'activité physique

n'augmente pas le taux de prostaglandines PGE2 qui, au contraire, stimulent la prolifération des cellules coliques.

D'autres mécanismes biologiques ont été proposés tels que la diminution du stress oxydatif et des effets sur l'immunité. Il est évident que les effets bénéfiques de l'activité physique sont dépendants de mécanismes multiples intriqués entre eux. Néanmoins, le niveau de preuves scientifiques pour chacun d'entre eux reste discuté et des recherches sont nécessaires pour déterminer quels sont les mécanismes de prévention pour chaque type de cancer.

Par ailleurs, les mécanismes des effets bénéfiques de l'activité physique régulière sur la survie après traitement d'un cancer et surtout sur la qualité de vie (diminution de l'asthénie post-traitement, amélioration des symptômes secondaires au traitement) restent à déterminer (en plus de la nécessité de savoir quand débiter l'activité physique par rapport au traitement, et à quelle dose : durée et intensité).

L'activité physique, pratiquée de façon régulière, agit dans la prévention et le traitement des maladies ostéoarticulaires et dégénératives

La pratique régulière d'une activité physique est maintenant reconnue comme faisant partie intégrante de la prise en charge thérapeutique du handicap, des maladies chroniques et dégénératives.

Le maintien d'un certain niveau d'activité physique est efficace contre les effets délétères de l'immobilisation sur la structure des ligaments et des tendons (qui s'exprime par une baisse du seuil de rupture, une perte d'élasticité aggravée par l'âge).

Les effets positifs de l'activité physique ont été démontrés vis-à-vis de la prise en charge de la lombalgie chronique (ce qui n'est en revanche pas retrouvé dans le cas de la lombalgie aiguë).

En ce qui concerne la pathologie rhumatismale, les bienfaits de l'activité physique sont maintenant prouvés, pour les syndromes inflammatoires, et tout particulièrement la polyarthrite rhumatoïde. Des résultats de même niveau de preuve ont été récemment rapportés pour la prise en charge de la fibromyalgie, à l'inverse du syndrome de fatigue chronique, pour lequel l'activité physique semble sans effet réel.

Il faut insister tout particulièrement sur le problème majeur de santé publique que représente l'arthrose. Si la pratique modérée et régulière du sport ne représente pas, à elle seule, un facteur favorisant le développement de cette pathologie, il n'en est pas de même de la pratique intensive. Ceci est maintenant bien démontré, d'autant plus que les sujets présentent des anomalies

morphologiques préexistantes (genou et hanche en particulier), et qu'ils ont été précédemment victimes d'un traumatisme articulaire. Cette dernière constatation conduit à insister sur le respect des temps de cicatrisation, et la nécessité d'une reprise progressive du sport après blessure. Des études complémentaires devront être conduites dans ce sens.

Ces constatations ne doivent toutefois pas conduire à des conclusions erronées quant à la place des activités physiques vis-à-vis de la prise en charge de la pathologie arthrosique (qui concerne, à des degrés variés, la quasi-totalité de la population au-delà de 65 ans). En effet, de nombreuses études publiées au cours des dernières années concluent toutes, avec un niveau de preuve très élevé, aux bienfaits d'une activité physique adaptée (nécessitant de respecter les poussées de la maladie), tant sur la douleur, que la force et, plus généralement sur la qualité de vie.

Quelles que soient les pathologies, et tout particulièrement pour la prise en charge du patient arthrosique, il faudrait préciser quels sont les programmes les plus efficaces (en particulier de musculation voire de rééducation) en termes de durée et fréquence. Par ailleurs, la relation entre l'intensité et l'effet bénéfique de l'exercice pour ces pathologies reste à élucider. Un autre point majeur et pour lequel les données actuelles de la littérature sont très partielles concerne l'adhésion à ces programmes des patients (souvent isolés et âgés) à moyen et long terme. Le taux d'abandon est le plus souvent élevé et les effets bénéfiques, en conséquence, limités dans le temps, tout particulièrement pour les sujets n'ayant aucun passé de pratique sportive.

L'activité physique est devenue progressivement un des moyens privilégiés de rééducation des personnes handicapées mais a fait l'objet de peu d'études contrôlées. Pour toutes les populations handicapées physiques, l'activité physique apporte un sentiment de maîtrise du corps (réel ou fantasmé) qui joue un rôle très important sur la qualité de vie. Les recherches à partir d'échantillons importants ont montré les répercussions psychosociales du réentraînement à l'effort en phase d'hospitalisation au niveau de la reprise du sport, de sa poursuite, sur les demandes d'aide médicale, sur l'insertion professionnelle, sur l'autonomie motrice. Les auteurs démontrent que les blessés médullaires, le plus souvent des adultes jeunes, ayant effectué un réentraînement à l'effort lors de leur séjour en centre de rééducation bénéficient d'une qualité de vie plus grande dans les cinq années post trauma. Il en est de même pour l'amélioration des capacités physiologiques. Par ailleurs, les personnes présentant un handicap physique s'investissent de plus en plus dans le sport de compétition en retirant tous les avantages individuels et sociaux mais en prenant parfois les risques inhérents à l'excès de cet engagement.

Récemment, plusieurs publications ont mis en évidence le bienfait de l'activité physique vis-à-vis de la prise en charge des maladies dégénératives neurologiques (sclérose en plaques, maladie de Parkinson, voire maladie

d'Alzheimer). Il s'agit là d'un nouveau champ d'investigation majeur pour les années à venir, en lien direct avec les progrès thérapeutiques observés vis-à-vis de ces maladies neurologiques, et le vieillissement de la population.

L'activité physique pratiquée de façon excessive augmente les risques de traumatismes

La pratique régulière d'une activité physique peut être responsable d'un risque potentiel de blessure, variable quant au type et à la gravité, en fonction de la discipline sportive, de l'âge et des conditions de pratique notamment.

La notion même de traumatisme doit toujours être précisée (blessure nécessitant ou non une prise en charge médicale, voire une hospitalisation, s'accompagnant ou non d'une modification ou d'un arrêt de l'activité physique, voire d'un arrêt de travail). Il faut, par ailleurs, bien différencier les lésions aiguës des lésions chroniques ou de surmenage.

Les lésions aiguës conduisent dans leur grande majorité à un arrêt du sport, voire une hospitalisation (toutefois moins fréquente comparée aux accidents de la vie quotidienne). La gravité potentielle et l'impact financier qui en découlent font qu'à ce jour certains sports ont fait l'objet de nombreuses publications, alors que d'autres ont été peu ou pas étudiés. Les traumatismes crâniens, les fractures et luxations des membres supérieurs sont retrouvés principalement lors de la pratique des sports de glisse (patinage, ski, *snow-board*), du vélo et des sports sur roulettes (patins, *skate-board*). De même, le rugby à XV (22 blessures pour 1 000 heures de jeu) a fait l'objet de plusieurs publications et de recommandations précises pour éviter les traumatismes graves du rachis cervical, notamment. La rupture du ligament croisé antérieur du genou (qui conduit le plus souvent à une intervention chirurgicale) a été particulièrement décrite en sports collectifs (football : 0,1 rupture pour 1 000 heures de jeu ; hand-ball : 9,7 ruptures pour 1 000 heures de jeu) et lors de la pratique du ski alpin (et ceci quel que soit le niveau technique). Pour ce dernier, le nombre de ruptures annuelles a été estimé à 16 000 en France, pour 55 millions de skieurs-jours. Ce risque est en moyenne trois fois plus élevé chez les femmes, comparativement aux hommes, quel que soit le sport étudié. L'entorse de cheville est particulièrement fréquente en sport collectif, le risque relatif étant de 2,81 pour les basketteuses, contre 1,15 pour les footballeurs (hommes ou femmes), comparé à un groupe référence.

Ces lésions aiguës peuvent être en partie prévenues par les modifications des règles du jeu (c'est le cas du rugby), par le port du casque et de protections (coudières, gants, genouillères) lors de la pratique du vélo et des sports de glisse notamment. Ces mesures ont prouvé leur efficacité, de même que le

port d'attelle de cheville pour prévenir la récurrence des entorses. Enfin, la prévention de ces blessures peut être envisagée au travers de la modification des programmes d'entraînement. Il a été ainsi montré que le risque de rupture du ligament croisé du genou chez la femme peut être divisé par 3 ou 4 en appliquant des programmes de musculation dynamique et de proprioception en volley-ball et football. Il serait souhaitable que les mêmes études concernent d'autres sports à risque comme le judo et le ski. Il faut par ailleurs, tout particulièrement insister sur le dépistage d'anomalies morphologiques susceptibles de favoriser les lésions, et sur le respect des temps de cicatrisation notamment dans le cadre de la pratique sportive intensive. Comme l'ont démontré de nombreuses études, la survenue d'un premier accident favorise la récurrence et les complications éventuelles.

Les lésions chroniques ou de surmenage sont très spécifiques de la pratique sportive et du geste réalisé. Elles se rapprochent en cela des troubles musculo-squelettiques décrits en médecine du travail. Ces blessures entraînent rarement une prise en charge médicale lourde, mais conduisent quasi systématiquement à un arrêt des activités physiques et sportives allant de quelques jours à plusieurs mois. À ce jour, tous les sports n'ont pas fait l'objet d'une même attention. On peut remarquer que la pratique de la natation conduit à l'apparition fréquente de tendinites de l'épaule (jusqu'à 21 % de l'ensemble des blessures dans certaines études). La pratique du cyclisme est responsable de fréquentes tendinopathies au niveau du genou (13 pour 100 000 km parcourus). Il en est de même pour la course à pied, discipline qui a fait l'objet du plus grand nombre d'études (plus de 10 études prospectives référencées à ce jour). On retrouve pour cette discipline, en premier lieu les syndromes rotuliens, les tendinites du genou et de la cheville et les fractures de fatigue qui représentent en athlétisme 8 à 20 % des blessures selon les études, contre 1 % en moyenne pour les autres sports.

Chez l'enfant en croissance, l'attention doit être tout particulièrement portée sur les risques de surmenage des cartilages de croissance (épiphysaires et apophysaires) encore appelés ostéochondroses, beaucoup plus fréquents que les lésions ligamentaires, musculaires ou tendineuses, retrouvées chez l'adulte. Cette période de la vie impose donc une surveillance particulière (qui n'est pas, à ce jour réalisée pour tous les sports). En effet, à l'inverse des adultes le risque traumatique est proportionnellement plus élevé lors de l'entraînement que pendant la compétition. Ceci a été particulièrement bien démontré par des études réalisées auprès de jeunes footballeurs ayant une pratique sportive intensive. La surveillance médicale chez les garçons et les filles en période de croissance doit donc être particulièrement renforcée pour éviter les séquelles articulaires et tendineuses à l'âge adulte. Elle devrait intégrer notamment la notion de quantité et d'intensité d'entraînement. De même, et de façon plus large, la prévention chez l'enfant et l'adolescent sportif doit intégrer l'étude du geste lui-même, du matériel utilisé et ceci en fonction du sport pratiqué (sols, chaussures, raquette par exemple).

Ceci conduit à la nécessité d'appréhender le plus précisément possible la notion de bénéfice/risque, qui n'a pas, à ce jour, été évaluée de façon exhaustive, tout particulièrement en fonction du type de sport pratiqué, de l'intensité, de la fréquence, et de l'âge du sportif.

L'activité physique et sportive est un facteur d'équilibre de la santé mentale

L'anxiété et le stress sont les conséquences de notre société dont les valeurs reposent sur la performance et la compétition. Aussitôt, on perçoit que le sport de compétition est lui-même un facteur de stress, ce qui est confirmé par les travaux expérimentaux qui ont mis en évidence une augmentation de l'anxiété suite à des programmes d'entraînement de forte intensité, ou des situations sportives entraînant des échecs répétés. La pratique sportive intensive peut provoquer des réactions de stress particulièrement au niveau des populations anxieuses, fragiles, en faible condition physique ou âgées.

Inversement, les relations entre la pratique d'une activité physique de loisir de faible intensité et la réduction de l'anxiété ont été mises en évidence au niveau de la population générale adulte. Les revues de littérature concluent que l'exercice physique est associé à la réduction de l'anxiété et à ses indicateurs physiologiques. Les niveaux de preuve sont considérés comme faibles ou modérés mais significatifs. Il apparaît que cette réduction d'anxiété est principalement constatée au niveau de populations en faible condition physique et avec un fort niveau d'anxiété.

Chez les individus non anxieux, les effets se feraient sentir au niveau de « l'anxiété d'état » (passagère, situationnelle) tout au long de la durée de l'activité et persisteraient globalement pendant deux heures après la fin de l'activité. Si la réduction de l'anxiété d'état est retrouvée dans la plupart des travaux, cette réduction est plutôt corrélée avec un exercice d'intensité modérée ou faible, le type d'activité (aérobie ou résistance) ne semble pas jouer un rôle prépondérant.

Chez les sujets présentant une anxiété forte ou modérée, l'anxiété d'état peut être également diminuée. Le faible nombre de travaux portant sur les populations présentant des troubles anxieux profonds ne permet pas de conclure autrement que de proposer l'activité physique comme « complémentaire » aux thérapies classiques.

La dépression concerne aujourd'hui près de 15 % de la population. On sait que la dépression touche l'image de soi et du corps et de nombreuses études ont cherché comment l'inactivité était associée à la dépression et inversement comment une pratique régulière était en corrélation avec un faible score de dépression. Les études épidémiologiques transversales et longitudinales,

nombreuses sur ce thème (plus de 1 000 articles en 2001), ont montré que les « actifs » avaient un score de dépression plus faible que les « non actifs » aux divers inventaires de dépression (sans que l'on puisse cependant déterminer le sens de cette relation). Certains auteurs ne trouvent pas de liaison avec la pratique sportive, après ajustement selon l'âge, le sexe et la classe sociale, alors que d'autres trouvent un risque de dépression diminué parmi les jeunes qui font un sport collectif (mais de nouveau, on peut penser que les jeunes qui s'orientent vers les sports collectifs sont moins déprimés que ceux qui s'orientent vers un sport individuel).

Les méta-analyses qui ont été réalisées de 1990 à 2006 sur des populations très diverses mettent en évidence des résultats convergents : la pratique d'activité physique ponctuelle ou durable entraîne une diminution du niveau de dépression mesuré par les différentes échelles ou questionnaires. L'effet est significatif mais faible. Cet effet « limité » dans la démonstration de la preuve provient en particulier du faible nombre de sujets composant les protocoles expérimentaux, de l'extrême diversité des populations, des types d'interventions, des méthodologies d'évaluation...

Les travaux comparant les effets d'une thérapie par l'activité physique à un traitement médicamenteux, à une thérapie comportementale, à une thérapie analytique ou à des traitements mixtes sont assez peu nombreux mais ils constatent une même réduction du niveau de dépression quelle que soit la forme de thérapie à la fin d'un suivi de 3 à 4 mois. Le type d'exercice ne semble pas jouer un rôle prépondérant mais l'environnement paraît important (présence d'un coach individuel ou pratique en petit groupe). La réduction du score est particulièrement visible sur les dépressions de niveau modéré mais les effets semblent se réduire avec le temps. Une récente méta-analyse confirme que l'ensemble des travaux est trop hétérogène au niveau des groupes, des pratiques, de la durée, des traitements pour pouvoir conclure que l'activité physique est un traitement plus efficace de la dépression en comparaison avec d'autres protocoles. Cependant, les effets positifs sont largement démontrés au niveau des répercussions secondaires de la maladie, de la condition physique, de la qualité de vie. L'activité physique devrait pouvoir être proposée dans toute prise en charge de la dépression.

Une modélisation de l'intervention en activité physique pour diminuer les niveaux d'anxiété et de dépression a été proposée : travail de type aérobie ou en résistance ; 3 fois à 5 fois par semaine ; intensité modérée : séquences de 30 minutes ; engagement supérieur à 12 semaines (effet à partir de 8 semaines) ; travail en groupe ou individuel avec un coach.

Les mécanismes d'action restent très discutés. Certains auteurs argumentent sur l'importance des facteurs psychologiques : regard positif des autres, rupture par rapport aux pensées négatives, nouvelles compétences, rencontres, sentiment de maîtrise, effet de distraction, diminution de l'anxiété corporelle... Selon d'autres chercheurs, les facteurs physiologiques sont

prépondérants et l'amélioration de la condition physique est le point de départ de ces évolutions. Les endomorphines et la concentration de monoamines sont également à prendre en compte ainsi que les sécrétions hormonales mobilisées par le stress (cortisol). Les facteurs en jeu sont très certainement multifactoriels et varient en fonction du type d'activité, de l'intensité de la pratique, de la durée, de la présence de participants, de spectateurs...

Au niveau des populations présentant des troubles mentaux sévères tels que autisme ou schizophrénie, on constate un faible nombre de recherches contrôlées et une diversité de résultats. Les auteurs d'une récente méta-analyse estiment, qu'au regard du faible nombre de publications et malgré les résultats positifs mis « cliniquement » en évidence, ils ne peuvent tirer de conclusions « scientifiquement validées » sur les effets thérapeutiques de l'activité physique chez les schizophrènes. Il faut souligner cependant le mauvais état de santé des personnes atteintes de schizophrénie dont 89 % sont inactives. Leur style de vie mériterait d'être modifié et l'activité physique leur est particulièrement recommandée. Elle pourrait être un complément à prôner tant son action sur le plan de l'amélioration de la qualité de vie semble évidente. Il n'y a pas de contre-indications majeures à associer les traitements médicamenteux et la pratique physique de loisir.

D'autres publications ont relaté les bienfaits de l'activité physique (judo, escalade, natation, danse...) chez les adolescents autistes. Notons également que la participation d'enfants et d'adultes autistes à une activité commune avec d'autres dans le cadre d'activités sportives leur procure un sentiment valorisant d'appartenir à des groupes et facilite leur intégration sociale.

L'activité physique intensive peut-elle devenir une addiction ?

Au début des années 1970, seul un petit nombre d'individus qualifiés « d'idiosyncrasiques » dans le *New England Journal of Medicine* s'adonnaient au « jogging ». Quinze années plus tard, le *Health Science Center* de l'Université d'Arizona estimait le nombre des coureurs américains à 31 millions et le marché émergent ainsi généré à des milliards de dollars. En même temps, de plus en plus de preuves étaient fournies, par la littérature scientifique et médicale internationale, des bénéfices physiologiques et psychologiques de cette massification de l'exercice physique, et des théories tentaient d'expliquer ces bénéfices. Simultanément apparaissait, dans cette littérature, la description clinique du phénomène d'addiction à l'exercice physique, terme que l'on doit à Baekeland (1970) qui le premier publia une étude sur les effets psychologiques de la cessation d'activité sportive, notamment sur le sommeil. C'est d'ailleurs ces épisodes d'arrêt forcé qui ont permis d'observer un syndrome de

sevrage typique des addictions en général, incluant irritabilité, troubles du sommeil, états dépressifs, troubles alimentaires accompagnés d'un niveau élevé de culpabilité, le tout accroché à des symptômes somatiques divers.

Cependant, les effets positifs de l'activité ont abouti à ce que, pendant longtemps, on a considéré cette addiction comme une « addiction positive » définie comme une dépendance psychologique et physique, mais caractérisée « positive » car les sujets en tireraient des bénéfices au plan du bien-être physique et psychologique. Toutefois, et là réside le cœur du problème, il peut alors s'opérer un glissement vers une relation à l'activité d'ordre obsessionnelle. Le fait de placer l'activité physique au dessus des autres considérations de la vie de tous les jours entraînerait alors le basculement, chez certains sujets, de « l'addiction positive » à « l'addiction négative », c'est-à-dire à une véritable dépendance.

Il serait important de connaître les facteurs de vulnérabilité à ce glissement. Le problème posé est d'ordre principalement méthodologique car il s'agit de définir des critères et de valider des instruments de mesure de cette addiction négative.

Les signes cliniques pour décrire l'addiction à l'activité physique ont été mis en relation avec les critères des addictions aux substances. La validité de cette relation repose cependant sur la validation des critères de dépendance à l'activité physique. Or, force est de constater l'extrême hétérogénéité des outils de mesure. Les termes utilisés eux-mêmes recouvrent indifféremment des concepts, des critères et des variables alors qu'ils concernent des sous-basements théoriques différents. De même, une dizaine d'échelles de mesures est utilisée depuis 1979 pour mesurer l'addiction sans toujours une bonne validation des items.

Les travaux les plus récents ont cependant pu affiner et valider ces critères. On observe :

- une réduction du répertoire des exercices jusqu'à une activité physique stéréotypée et journalière ;
- cette activité est plus investie que toute autre ;
- une augmentation de la tolérance de l'intensité de l'activité physique ;
- des symptômes de sevrage lors de l'arrêt volontaire ou contraint ;
- une atténuation ou une disparition des symptômes de sevrage à la reprise ;
- une perception subjective d'un besoin compulsif d'exercice ;
- la réinstallation de l'activité compulsive après une interruption ;
- la poursuite de l'activité en dépit de maladies et une négligence des avis médicaux ;
- des difficultés (liées à l'exercice) ou conflits avec la famille, les amis ou le travail ;
- l'auto-obligation de perdre du poids.

Au plan de la vulnérabilité interindividuelle, des travaux récents ont pu estimer à 4 % environ, dans la population sportive générale, la proportion de

sujets susceptibles de « glisser » vers l'addiction. Cependant, le genre (filles moins vulnérables), mais également le type de sport pratiqué (solitaire ou en équipe...), le niveau de pratique, mais également des facteurs plus psychologiques comme l'environnement socio-familial ou la recherche de sensations sont autant de facteurs amplifiant ou limitant cette vulnérabilité. Ces données suggèrent fortement que dans la genèse et dans l'expression de ces phénomènes, il ne s'agirait pas d'une liaison monofactorielle simple, mais que nous aurions affaire à une étiologie multifactorielle qu'il conviendrait d'appréhender dans toute sa complexité.

Une conséquence de taille de ce type d'addiction et qui découle d'un phénomène observé dans les addictions chimiques, est la question de la polyconsommation. Une éventuelle addiction à l'activité physique, si elle se confirmait, constituerait-elle ou non un facteur de vulnérabilité à la consommation de substances telles que l'alcool, le tabac ou des substances illicites ? Ce problème a donné lieu à une littérature assez importante tant par des études en population (la dernière enquête en date a été menée en 2006 en France en région PACA) que sur des modèles animaux. Bien qu'il soit difficile de fixer nettement la frontière entre activités physiques récréative et intensive (surtout pour la course de fond et le *body building*), certains travaux sur l'humain et l'animal ont pu distinguer les effets positifs et négatifs de l'une et de l'autre, dans le sens où la première (l'activité récréative modérée) rendrait moins « vulnérable » (voire protectrice) que la seconde (l'activité intense) à la consommation d'alcool et de substances illicites.

Des liens ont été mis en évidence entre pratique sportive compétitive et violences, consommation de substances psychoactives. Ces liens persistent après ajustement sur le sexe, l'âge et la classe sociale. Plus que la pratique en soi, c'est le stress qui pourrait être en cause dans ce lien mais le stress n'est-il pas inhérent au sport de compétition ?

La pratique sportive de compétition qui concerne une faible partie de la population n'est pas sans risque au niveau des répercussions psychologiques négatives et de l'émergence de troubles psychopathologiques. Ces troubles sont peu décrits dans la littérature scientifique, les sportifs de haut niveau n'étant pas suivis d'une manière régulière au niveau psychologique (contrairement au suivi médical et biologique). La plupart des travaux portent sur les adolescents sportifs. On constate que les troubles alimentaires sont plus fréquents chez les sportifs comparés aux non sportifs. Certains facteurs de risque ont été identifiés (instabilité pondérale, crainte de la puberté, image du corps négative, échecs...). Les comportements à risque sont retrouvés chez les jeunes pratiquant des sports de compétitions (violence, alcoolisation, consommation de drogues illicites, utilisation de médicaments psychostimulants, dopants, prises de risque excessives en sport...) ; ils sont associés à une recherche de sensation et à une faible perception du danger. Les troubles anxieux et dépressifs liés à la pratique intensive et ses contraintes ont été peu étudiés sinon lors de situations de crise (blessure, sevrage du

mouvement). Le devenir des athlètes en fin de carrière ou les problèmes de reconversion ont fait l'objet de peu de recherches. Un type de personnalité de certains sportifs de compétition caractérisé par la restriction des affects avec un fonctionnement psychologique de type « opératoire » (alexithymie) ou de type « narcissique » expliquerait certaines conduites à risque et psychopathologies spécifiques. Les connaissances sur la psychopathologie des sportifs restent très fragmentaires.

On insistera enfin sur le fait que la fraction minoritaire de sujets vulnérables à l'addiction, et partant à son cortège de désordres associés, concerne particulièrement une importante population de sujets pratiquant de manière intensive la course de fond, voire la course marathonnienne, et le *body building* (sports pour lesquels le recueil de données est significatif). Or ces adeptes, malgré un entraînement de type professionnel, restent des sportifs « amateurs » sans licence, pratiquant en dehors de tout club, et de toute fédération, et par conséquent privés de tout encadrement institutionnel sportif et médical capable de dépister, diagnostiquer et suivre ceux qui s'avèreraient vulnérables à cette addiction.

L'activité physique est un facteur de développement chez l'enfant et l'adolescent mais elle comporte également des risques

L'activité sportive est considérée chez l'enfant et l'adolescent à la fois comme un moyen de lutte contre le surpoids et l'obésité, l'ennui, le désinvestissement scolaire et social. Elle permettrait, par ailleurs, de canaliser l'agressivité, de maîtriser l'attention, de développer des habilités cognitives et sociales, de s'adapter à des situations nouvelles et de gagner en estime de soi. Ces avantages existeraient quelle que soit la discipline pratiquée.

Quant à la pratique du sport de haut niveau, si elle est jugée globalement bénéfique, elle comporte aussi des risques, tant au niveau physique (risque d'accidents, risque d'entraînement excessif ou « *overtraining symptom* ») que psychologique (pression de réussite interne et externe, érosion de l'estime de soi en cas d'échecs répétés, implication trop exclusive dans la discipline choisie).

Les études concordent pour conclure que la pratique sportive est plus fréquente chez les garçons que les filles, écart qui augmente avec l'âge. L'activité physique des enfants est associée à celle des parents, et ce indépendamment du statut socioéconomique.

La pratique diminue avec l'âge pour tous, mais plus pour les filles que pour les garçons. Ce déclin de l'activité sportive des filles a été observé dans la plupart des pays et également en France. Il semble résulter de l'effet des variables sociales et environnementales, plus que de la motivation ou le

profil de perception de soi. La perception du risque d'accident par les parents est un des facteurs explicatifs. Un quart des parents découragent leurs enfants de 5-12 ans de pratiquer des sports à haut risque d'accidents. Cette attitude parentale concerne plus les garçons (35 %) que les filles (17 %), probablement parce que les garçons choisissent des sports plus à risque d'accident.

Il y a un « continuum » entre la pratique sportive juvénile et la pratique à l'âge adulte. Une activité physique durant l'enfance augmente les chances d'une activité physique durant l'âge adulte.

De nombreuses études mettent en évidence un lien positif entre pratique sportive et bien-être psychologique (*emotional well-being*). Cependant, le lien entre activité sportive et bien-être des adolescents n'est pas simple à étudier car de nombreux facteurs de confusion peuvent influencer la pratique sportive tout comme le sentiment de bien-être. Une étude montre cependant que l'activité sportive joue un rôle plus important sur le bien-être que des variables scolaires (note scolaire en mathématiques, ambiance scolaire).

Les jeunes qui ont une activité physique ont une meilleure image d'eux-mêmes et une moindre anxiété que ceux qui n'ont pas d'activité physique. Les filles plus sédentaires seraient plus déprimées. Il convient aussi de mentionner que la majorité des recherches sur le lien « activité sportive/bien-être » se sont limitées à des enquêtes transversales, c'est-à-dire à la relation entre deux événements (ici la pratique sportive et la santé) à un moment donné. On peut s'interroger sur le sens de la relation observée. La pratique sportive a-t-elle un effet positif sur la santé ou est-ce que le fait d'être en bonne santé augmente la pratique sportive ? Il s'agit probablement d'une relation « circulaire » où la bonne santé favorise la pratique sportive qui elle-même augmente la bonne santé... Tous les auteurs admettent la nécessité d'enquêtes longitudinales, et surtout d'études longitudinales à long terme, tant le sujet est sensible et l'enjeu de taille pour les actions publiques.

Quand on considère des groupes de pratiquants (opposant par exemple les sportifs « intenses » et les sportifs « modérés » ou les sportifs « compétiteurs » et les sportifs « non compétiteurs »), les résultats deviennent complexes. La relation entre santé mentale et activité physique est linéaire : plus le temps de pratique sportive est élevé, moins les jeunes ont tendance à avoir des idées suicidaires ou des passages à l'acte, mais la relation est en U quand on considère les conduites à risque, telles que la consommation de substances ou les conduites de violence. Le fonctionnement social pourrait en partie expliquer cette courbe en U. Si la pratique sportive favorise la socialisation, on peut faire l'hypothèse que les sportifs « intenses » sont soumis à la pression du groupe, en particulier après les victoires. De plus en plus d'auteurs constatent que les sportifs « compétiteurs » ont plus de conduites à risque (consommation de substances psychoactives, conduites de violences) que les « non compétiteurs », résultats qui suggèrent

qu'un accompagnement psychologique des sportifs de haut niveau devrait être envisagé systématiquement, en particulier dès l'adolescence dans les centres de formation.

Un certain nombre d'études en particulier celles menées par les psychologues du sport montrent que la pratique fréquente d'un sport d'endurance améliore l'image de soi. Plusieurs études d'intervention concernent plus particulièrement l'aérobic, car il s'agit d'une pratique sportive peu coûteuse et donc facile à généraliser. La majorité des études évaluatives concernent la population féminine, car c'est parmi les adolescentes que le déclin de la pratique sportive est le plus important. À ce jour, les études évaluatives sont insuffisantes car elles se limitent le plus souvent à un effet à court terme.

Si globalement, la participation à une pratique sportive semble bien améliorer l'état de santé perçue, le bien-être psychologique ou l'estime de soi, et diminuer l'anxiété sociale, il reste néanmoins à évaluer la valeur protectrice de la pratique sportive dans des études longitudinales à long terme.

L'activité physique et sportive présente des effets spécifiques aux différents âges de la vie de la femme

Dès le plus jeune âge, les filles ont une pratique physique significativement plus faible que les garçons. Cette différence apparaît dès l'âge de 4 ans, se retrouve à 9-10 ans et persiste à l'adolescence. Chez les filles, le niveau d'activité physique décroît avec l'âge, quelle que soit la valeur du niveau d'activité physique (filles actives, modérément actives ou inactives).

L'adolescence est la période à laquelle la baisse d'activité physique est la plus marquée. Les résultats font apparaître deux variables majeures de la diminution de l'activité physique à cette période sensible. Premièrement, le temps, qui représente la contrainte majeure, est inversement associé à l'activité physique. Deuxièmement, le soutien et l'aide apportés par les parents, les enseignants, l'entourage, sont positivement associés à l'activité physique. Les filles pratiquent le plus souvent pour perdre du poids et pour le plaisir. Au moment de l'adolescence, l'activité physique devient plus organisée et le plaisir du jeu laisse peu à peu la place à des objectifs de santé et de condition physique.

Les adolescentes sous-évaluent et sous-estiment leur capacité, leur potentiel et leur compétence pour l'activité physique. Elles énoncent plus d'obstacles à la pratique physique que les garçons tels que le temps, l'argent, les ressources et la pratique sécurisée. Il n'existe pas de recommandations précises pour l'activité physique des adolescentes.

À l'âge adulte, le pattern d'activité physique est très significativement différent entre l'homme et la femme. Les femmes pratiquent des activités

physiques avec des dépenses énergétiques moins importantes que celles pratiquées par les hommes. Cependant, peu d'études se sont intéressées uniquement aux femmes. Les variables prédictives de la pratique d'une activité physique sont l'âge, le rôle social conféré à l'activité physique, le soutien de l'entourage et les paramètres environnementaux.

Pour la femme en population générale, les recommandations sont de 30 minutes d'activité physique par jour à intensité modérée, ce qui représente une dépense énergétique d'au moins 4 200 kJ par semaine, nécessaire à la prévention de la mortalité précoce par la réduction des risques de maladies cardiovasculaires et de certains cancers.

La littérature apporte des éléments de réponse quant aux caractéristiques de l'activité physique engendrant une adhésion optimale. La nature de l'activité n'apparaît pas comme un déterminant majeur. En revanche, le plaisir, la durée des sessions, un lieu adapté et approprié, un bon niveau de compétence et un programme personnalisé sont les facteurs qui apparaissent comme favorisant l'adhésion à une pratique d'activité physique chez la femme.

Pendant la grossesse, une activité physique régulière modérée de 30 minutes chaque jour de la semaine a des effets bénéfiques sur le contrôle du poids et sur la condition physique. Les activités préconisées sont la marche, le vélo stationnaire, la natation. La plongée sous-marine doit être évitée pendant cette période dans la mesure où le fœtus est soumis à un risque accru lié aux phénomènes de décompression. Des recommandations très précises ont été établies par la Société des obstétriciens et gynécologues du Canada et la Société canadienne de physiologie de l'exercice.

À la ménopause, les femmes qui ont pratiqué régulièrement une activité physique au cours de leur vie ont en général une masse osseuse plus importante. Il existe une relation positive entre l'exercice musculaire et la densité minérale osseuse après ajustement de tous les facteurs qui peuvent agir sur la masse osseuse, en particulier en tenant compte de l'existence ou non d'un traitement substitutif œstrogénique.

Après la perte massive de masse osseuse survenant les premières années qui suivent l'installation de la ménopause, la perte moyenne osseuse se situe autour de 1 % par an. Une méta-analyse récente reprenant l'ensemble des publications entre 1966 et 1996 montre de façon significative que la pratique régulière de l'exercice musculaire peut prévenir voire inverser d'au moins 1 % par an la perte osseuse liée au vieillissement, à la fois au niveau vertébral et au niveau du col fémoral. Au-delà de 70 ans, l'activité physique seule ne suffit plus à s'opposer à cette perte osseuse de 1 % par an mais elle continue à exercer un effet bénéfique en réduisant (sans l'annuler complètement) l'importance de la perte osseuse.

Le risque relatif de fracture du col du fémur est diminué de 6 % pour chaque dépense énergétique équivalente à 1 heure de marche par semaine.

Les femmes qui marchent au moins 4 h par semaine ont un risque diminué de 40 % par rapport aux femmes sédentaires marchant moins de 1 h par semaine. Ceci suggère que même une activité physique ayant un faible impact au niveau des contraintes imprimées à l'os comme la marche peut diminuer le risque de fracture. Il y aurait un gain de la résistance de l'os aux contraintes mécaniques qui serait beaucoup plus important que le gain de densité osseuse pour prévenir les fractures.

Sur le plan pratique, toutes les études s'accordent sur les points suivants :

- l'activité physique régulière doit s'accompagner d'un apport calcique d'au moins 1 g/j ;
- seuls les exercices avec mise en charge ont pu faire la preuve de leur efficacité (course à pied, musculation, marche à bon rythme, montée d'escaliers). Les exercices qui n'impliquent pas de mise en charge (natation, cyclisme) sont peu ou pas efficaces. À noter que la musculation est efficace car elle augmente la force du muscle donc l'importance de la contrainte mécanique imprimée par le muscle sur l'os ;
- les sites osseux réagissent localement en réponse à une stimulation mécanique alors que d'autres sites à distance ne bénéficient pas de manière significative de cette ostéoformation ;
- les femmes non ménopausées comme les femmes ménopausées peuvent profiter des effets bénéfiques de l'exercice musculaire régulier sur la densité osseuse ;
- les programmes d'entraînement peuvent être efficaces à la fois de façon prophylactique et de façon thérapeutique ;
- dans tous les cas, les bénéfices obtenus ne sont pas définitivement acquis. Ils ne persisteront qu'à condition que l'activité physique régulière soit maintenue.

Chez la femme ménopausée, les recommandations répertoriées dans la littérature suggèrent une pratique physique de 3 à 5 sessions hebdomadaires de 30 minutes à intensité modérée. Le type d'activité recommandé est la marche associée à des exercices de type renforcement musculaire 2 fois par semaine. Des effets bénéfiques en particulier sur la composition corporelle, le système musculo-squelettique, la condition physique, les profils lipidiques et glucidiques ont été obtenus avec ce type de programme.

Chez les femmes non ménopausées pratiquant une activité sportive intensive, l'insuffisance lutéale et les cycles anovulatoires représentent les troubles du cycle les plus fréquemment rencontrés. Cependant, la plupart de ces troubles ne sont pas diagnostiqués du fait de leur caractère asymptotique (leur diagnostic ne peut être fait que sur des dosages plasmatiques ou urinaires d'hormones ovariennes). Chez les femmes qui pratiquent régulièrement la course à pied, la fréquence des troubles du cycle de type phase lutéale courte (durée des cycles < 24 jours) ou oligoménorrhée (durée des cycles > 35 jours) varie de 20 % à 40 % (voire 80 %) selon les auteurs, contre 9 % dans la population de femmes sédentaires. La fréquence de l'aménorrhée

est plus élevée chez les sportives engagées dans les sports d'endurance (30 %), dans les sports dits « esthétiques » (patinage artistique, gymnastique) (35 %) et dans les sports à catégorie de poids (20 %) pour lesquels les contraintes mécaniques imposées par le poids sont une limite à la performance. La fréquence (autour de 12 %) chez les femmes qui pratiquent les sports non portés (natation et cyclisme) est proche de celle retrouvée dans la population générale. Ainsi, l'aménorrhée apparaît plus fréquente chez les sportives pour lesquelles la maîtrise de la composition corporelle est un facteur de réussite, et qui se soumettent à des régimes permettant de maintenir une masse grasse faible. En revanche, la fréquence des troubles du cycle n'est pas plus élevée chez les athlètes ayant une activité sportive intensive (jusqu'à 12 à 18 h d'entraînement par semaine) dans les sports dits techniques (golf, plongeon, curling, équitation, tir) ou les sports de balle. La fréquence des cycles anovulatoires laisse présager une fertilité moyenne diminuée dans une population sportive.

Les modifications de la fonction ovarienne chez la femme sportive sont d'origine centrale (hypothalamo-hypophysaire) en rapport avec le métabolisme énergétique et non pas avec le stress de l'exercice (hyperthermie, sécrétion prolongée et répétée de cortisol...). Les troubles du cycle résultent d'une inadéquation chronique entre apports alimentaires insuffisants et dépense énergétique augmentée liée à l'exercice musculaire. De plus, l'implication des facteurs nutritionnels dans la physiopathologie de l'hypoestrogénie de la sportive est quantitative et qualitative avec un déficit nutritionnel global par rapport aux dépenses énergétiques (-700 à -1 000 kcal/jour) et un déficit qualitatif en apports lipidiques (12 à 15 % de la ration alimentaire) chez l'athlète en aménorrhée. Il a été démontré que les exercices musculaires prolongés ou les situations d'entraînement intense qui rendent négative la balance énergétique se traduisent par une baisse de la concentration plasmatique de leptine. Cette évolution hormonale serait un des principaux signaux permettant d'informer l'ensemble de l'organisme et particulièrement le système nerveux central d'un déficit énergétique. L'administration de leptine recombinante pendant 3 mois chez des sportives en aménorrhée augmente la concentration des hormones hypothalamiques contrôlant l'activité ovarienne et améliore les fonctions de reproduction. La leptine, marqueur d'un niveau adéquat de réserves énergétiques, est donc nécessaire à une fonction de reproduction et à une fonction neuroendocrine normale.

Une autre conséquence de l'impact de l'entraînement physique intense sur les fonctions de reproduction est le retard pubertaire. Certains sports sont plus concernés que d'autres comme ceux imposant une maîtrise de la composition corporelle tels que la danse ou la gymnastique. Dans ce cas également, il est bien établi que ce retard est lié au déficit énergétique.

Paradoxalement, les femmes sportives en aménorrhée ont, du fait de l'arrêt de la production d'œstrogènes, des troubles de la fonction endothéliale (activation inflammatoire endothéliale) et un profil lipidique athérogène.

Cette aménorrhée s'accompagne d'un pronostic osseux extrêmement péjoratif car la carence œstrogénique induit une perte osseuse identique à celle observée chez la femme ménopausée et, surtout, cette perte osseuse est maximale les premières années suivant l'installation de l'aménorrhée. Il faut donc la dépister et la traiter précocement. Les troubles du cycle moins graves que l'aménorrhée (oligoménorrhée voire anovulation) ont également des conséquences au niveau osseux. Il existe une relation entre la sévérité des troubles du cycle et la densité minérale osseuse. De plus, le retour à des cycles réguliers après plusieurs années d'irrégularités menstruelles ne s'accompagne pas d'une restauration totale de la densité osseuse chez des femmes ayant une activité physique en charge.

L'activité physique d'intensité modérée intervient de manière très positive sur la santé des personnes âgées

La pratique régulière d'une activité physique permet de retarder ou de ralentir certains processus délétères liés au vieillissement. Le maintien des capacités physiques apparaît alors essentiel pour conserver l'indépendance et préserver la qualité de vie au cours de l'avancée en âge. Si les limitations fonctionnelles observées chez les personnes âgées peuvent être réduites par la pratique d'une activité physique, celle-ci peut ne pas être suffisante pour prévenir les incapacités.

La spirale du déclin fonctionnel qui se met en place au cours du vieillissement est en grande partie due au rôle de la fonction musculaire qui se dégrade progressivement et se caractérise par une réduction de la masse musculaire ou sarcopénie. La pratique d'une activité physique contribue donc au maintien de la fonction musculaire nécessaire à la mobilité chez le sujet âgé. Cependant, ce rôle de l'activité physique dans la préservation de la mobilité du sujet âgé n'a été que faiblement exploré : il a été montré qu'un niveau élevé d'activité physique à l'âge adulte est associé à une meilleure mobilité à un âge plus avancé comparé aux sujets moins actifs. En effet, une faiblesse musculaire est fréquemment associée à une mobilité réduite, un risque accru d'incapacité et à des chutes. Cette altération de la fonction musculaire est potentiellement réversible par le suivi de programme d'activité physique à base d'exercices contre résistance ou d'exercices en endurance. Il est aujourd'hui largement démontré que la force musculaire peut être augmentée par le biais de programmes d'entraînement même à un âge très avancé ; les gains pouvant être obtenus chez des sujets âgés étant similaires à ceux observés chez des adultes jeunes.

Les programmes combinant des exercices d'équilibre, de renforcement musculaire des membres inférieurs, de souplesse et/ou d'endurance permettent de réduire le risque de chutes chez le sujet âgé. Plusieurs études ont montré un

taux d'incidence des fractures de col du fémur de 20 à 40 % plus faible chez les individus qui déclarent être physiquement actifs comparés à des sujets sédentaires.

L'activité physique n'agit pas seulement sur la santé physique des sujets mais également sur leur santé mentale en contribuant à leur bien-être et à leur qualité de vie. Les effets bénéfiques des programmes d'exercices sur la qualité de vie ont plus particulièrement été observés dans sa dimension physique. Plusieurs études permettent d'affirmer que l'activité physique a des effets bénéfiques sur le déclin cognitif. En effet, dans la plupart des études, les performances cognitives sont supérieures chez des sujets entraînés comparés à des sujets non entraînés, et ce quel que soit le statut cognitif de départ.

L'activité physique est également considérée comme un facteur de prévention des troubles cognitifs. L'amélioration de l'oxygénation du cerveau par une pratique régulière d'activité physique a un effet probant chez les personnes âgées au niveau de la capacité de réaction, de la mémoire, du raisonnement. L'effet global de l'exercice physique est faible mais significatif sur l'amélioration du fonctionnement cognitif. Les travaux portant sur un nombre important de sujets soulignent la corrélation entre l'augmentation des capacités aérobies et l'augmentation des performances cognitives. D'autres pistes explicatives sont envisagées comme la stimulation du système nerveux central, l'amélioration du système vasculaire et cardiaque, la stimulation sociale. Les derniers travaux constatent aussi bien des effets à court terme qu'à long terme. De là certains auteurs considèrent que l'activité physique est un élément de prévention contre la maladie d'Alzheimer et d'une façon plus générale contre les déficiences liées aux maladies chroniques ou au vieillissement.

Même chez le sujet âgé fragile, l'activité physique pourrait avoir un intérêt particulier par son action bénéfique sur différents paramètres. En effet, des études ont démontré des gains très significatifs à la fois sur le plan de la mobilité, de l'équilibre, de la souplesse et de la force musculaire mais également de la chute et des blessures associées, dans cette population.

Les connaissances actuelles permettent d'aboutir à des recommandations générales pour l'adulte

Les recommandations ont pour but de fournir des repères au public, aux professionnels de santé, aux décideurs des politiques de santé ainsi qu'aux organismes chargés de la surveillance de l'état sanitaire. Les recommandations en matière d'activité physique pour la population générale, ou pour des groupes spécifiques, découlent directement des connaissances sur la relation dose-réponse, entre un volume donné d'activité physique (la dose) et une modification physiologique permettant d'évaluer un effet sur un critère de

santé (la réponse). La dose est habituellement définie par l'intensité, la fréquence et la durée par session de l'activité résultant en une quantité totale d'activité.

Avant les années 1980, les recommandations étaient fondées sur un modèle du type « entraînement physique – condition physique » et avaient pour objectif principal d'améliorer la capacité cardio-respiratoire (voire d'augmenter la performance). Le type d'activité préconisé dans ce cas était d'intensité relativement élevée et fondé sur l'évaluation de la fréquence cardiaque maximale.

À partir du milieu des années 1990, les recommandations correspondent à un modèle du type « activité physique – état de santé » et sont centrées sur l'activité physique nécessaire pour diminuer le risque de pathologie chronique en général et cardio-vasculaire en particulier. Elles sont plus pragmatiques que les premières, s'adressent clairement à la population générale et en particulier à la catégorie des sujets inactifs ou peu actifs, dans une perspective de promotion de l'activité physique au sens large.

Les autorités de surveillance de l'état sanitaire des États-Unis, les CDC (*Centers for Disease Control and Prevention*) et l'ACSM (*American College of Sport Medicine*) ont publié en 1995 une première recommandation reprise dans le rapport du *Surgeon General*. Il est conseillé aux individus de tous les âges d'inclure un minimum de 30 minutes d'activité physique d'intensité modérée (telle que la marche rapide) dans l'idéal, tous les jours de la semaine. Il est également reconnu que, pour la plupart des personnes des bénéfices plus importants pour la santé peuvent être obtenus en pratiquant une activité physique d'intensité plus élevée ou de durée plus prolongée. Les recommandations américaines ont été adoptées par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et par la Fédération internationale de médecine du sport (FIMS). Il faut souligner à quel point les recommandations visant la promotion de la santé (*Health-Enhancing Physical Activity* ou HEPA) diffèrent des recommandations plus anciennes centrées sur la capacité cardio-respiratoire. Plusieurs points sont à souligner : l'intensité recommandée est dite modérée (pratique de la marche rapide par exemple) ; le caractère quotidien de l'activité ; le concept d'accumulation de l'activité physique (la durée recommandée de 30 minutes peut être divisée en 2 ou 3 fois 10 minutes) ; de très nombreuses activités physiques de la vie quotidienne ou courante effectuées dans le cadre professionnel, domestique (à la maison et à proximité du domicile) et lors des trajets/transports peuvent être prises en considération.

En 2007, le Collège américain de médecine du sport (ACSM) et l'Association américaine d'étude des maladies du cœur (*American Heart Association*, AHA) ont publié conjointement une mise à jour des recommandations d'activité physique pour le maintien de la santé de 1995.

Pour les adultes de 18 à 65 ans, il est recommandé une activité physique de type aérobie (endurance) d'intensité modérée pendant une durée minimale

de 30 minutes 5 jours par semaine ou une activité de type aérobie d'intensité élevée pendant une durée minimale de 20 minutes 3 jours par semaine. Cette activité physique peut faire l'objet d'activités combinées. Par exemple : marcher d'un bon pas pendant 30 minutes 2 fois dans la semaine et pratiquer le jogging pendant 20 minutes 2 autres jours de la semaine.

Cette mise à jour permet de préciser certaines recommandations par rapport à celles de 1995 :

- la fréquence des activités d'intensité modérée est de 5 fois par semaine ;
- les activités d'intensité élevée sont explicitement incorporées dans les nouvelles recommandations. Les activités physiques d'intensité modérée et élevée sont considérées comme complémentaires en termes de bénéfice pour la santé ;
- des activités de différentes intensités peuvent être combinées pour atteindre le niveau recommandé ;
- la quantité recommandée d'activité physique de type aérobie est à ajouter aux activités physiques minimum de la vie quotidienne qui sont de faible intensité ou qui sont de durée inférieure à 10 minutes. En revanche, des activités de la vie courante qui seraient d'intensité modérée à élevée pratiquées pendant 10 minutes ou plus d'affilée sont comptabilisées pour atteindre le niveau recommandé. Cette notion est très importante, en particulier dans l'interprétation des questionnaires d'activité physique, par exemple dans les études de population ;
- dépasser le niveau minimum recommandé permet d'obtenir des bénéfices supplémentaires en termes de santé ;
- la durée minimum des sessions significatives est de 10 minutes ;
- les activités d'endurance (ou de type aérobie) sont différenciées des activités de renforcement musculaire (contre résistance) qui font maintenant partie des recommandations.

Il reste à mieux définir comment combiner de façon optimale les activités d'intensité modérée et les activités d'intensité élevée, en fonction des individus (âge, sexe, capacité physique...), des activités pratiquées et du résultat recherché.

L'inclusion d'exercices de renforcement musculaire dans les nouvelles recommandations résulte des données obtenues ces dernières années démontrant les effets bénéfiques de ce type d'exercice sur la force et l'endurance musculaire chez les sujets d'âge moyen, complétant ainsi les données connues chez les sujets âgés. Les nouvelles recommandations précisent que ces activités devraient être pratiquées au moins 2 jours, non consécutifs, par semaine, sous forme de 8 à 10 exercices utilisant les principaux groupes musculaires (avec 8 à 12 répétitions de chaque exercice).

En accord avec d'autres documents, il est mentionné que la prévention du gain de poids et la prévention de la reprise de poids après amaigrissement nécessiteraient chez l'adulte un niveau d'activité physique d'intensité

modérée équivalent respectivement à 45-60 minutes/jour et 60-90 minutes/jour. Dans le cas spécifique du contrôle du poids, le contexte nutritionnel doit être pris en compte pour intégrer les apports et les dépenses énergétiques dans le raisonnement. Il faut souligner par ailleurs que le niveau minimum d'activité recommandé, par exemple 30 minutes par jour d'activité d'intensité modérée 5 jours/semaine, est déjà susceptible d'apporter des bénéfices même chez les sujets en surpoids. Enfin, la pratique d'une activité physique même modérée peut apporter des bénéfices majeurs sur l'état de santé chez les personnes en surpoids, indépendamment des effets de l'activité sur le poids.

En l'absence d'études prospectives ou d'études d'intervention randomisées bien conduites et suffisamment longues, nous ne disposons pas chez l'enfant, contrairement à l'adulte, de données permettant d'établir avec précision la quantité et le type d'activité physique nécessaires à un effet positif sur la santé immédiate et future des jeunes.

Il avait initialement été proposé d'utiliser les mêmes recommandations que celles destinées aux adultes (soit au moins 30 minutes par jour d'activité d'intensité modérée). Cependant, les conclusions de conférences de consensus récentes s'accordent aujourd'hui pour dire que ceci n'est probablement pas suffisant. Un minimum de 60 minutes (et non 30 minutes) par jour d'activités physiques d'intensité modérée à élevée est souhaitable chez les jeunes, sous forme de sports, de jeux ou d'activités de la vie quotidienne. La promotion d'un mode de vie physiquement actif doit être l'affaire de tous (famille, éducateurs physiques, écoles, centres médico-sportifs, collectivités...). Il faut noter que ces recommandations reposent sur le concept d'un seuil minimal ou d'un ensemble de recommandations supposées optimales pour la santé, concept pour lequel il n'existe pas à l'heure actuelle d'évidence épidémiologique ou expérimentale chez l'enfant.

En France, la limitation de la sédentarité et la promotion d'une activité régulière d'intensité modérée font partie des axes majeurs du Programme national nutrition santé (PNNS) mis en place par le ministère de la Santé en 2001, repris dans la Loi relative à la politique de santé publique du 9 août 2004. Les autorités de santé ont ainsi souhaité inclure une incitation à l'activité physique régulière dans la population générale dans le cadre du programme national sur la politique nutritionnelle. Il s'agit « d'augmenter de 25 % la proportion d'adultes pratiquant l'équivalent de 30 minutes de marche rapide par jour » ; de plus « la sédentarité étant un facteur de risque, elle doit être combattue dès l'enfance »⁹¹. D'ici 2008, il s'agit de passer de 60 % à 75 % pour les hommes et de 40 % à 60 % pour les femmes, la proportion de personnes, tous âges confondus, faisant par jour l'équivalent d'au

moins 30 minutes d'activité physique d'intensité modérée, au moins 5 fois par semaine.

En 2004, une campagne nationale de promotion de l'activité physique a été réalisée dans le cadre du PNNS⁹². Ces actions sont complémentaires des campagnes d'incitation à la pratique sportive (« Sport pour tous ») réalisées par le ministère de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative.

Des recommandations spécifiques ont été publiées pour l'adulte au-delà de 65 ans et chez le patient atteint de maladie chronique de plus de 50 ans

Chez l'adulte au-delà de 65 ans et chez le patient atteint de maladie chronique de plus de 50 ans, des recommandations spécifiques complétant les précédentes ont été publiées et mises à jour en 2007 par les mêmes Sociétés précitées, le Collège américain de médecine du sport et l'Association des cardiologues américains.

Les recommandations en termes de durée et fréquence apparaissent identiques à celles préconisées pour l'adulte jeune : réaliser des activités d'intensité modérée de type aérobie (en endurance) pour un minimum de 30 minutes par jour, 5 jours par semaine ou de forte intensité 20 minutes par jour, 3 jours par semaine.

Cependant, deux points sont mis en exergue. D'une part, l'individualisation de l'intensité de l'activité physique est préconisée grâce à l'utilisation d'un paramètre simple : une échelle visuelle analogique. Sur une échelle de 0 à 10, si la position assise est de niveau 0 et un exercice extrême, 10, une activité modérée correspond à 5-6. Elle produit une augmentation franche de la fréquence cardiaque et de la ventilation. Sur la même échelle, une activité intense correspond à une gradation de 7-8 et entraîne une augmentation importante de fréquence cardiaque et de ventilation. Compte tenu de l'hétérogénéité des niveaux d'aptitude physique des sujets âgés, pour certains d'entre eux une activité d'intensité modérée correspondra à la marche normale, pour d'autres à la marche rapide.

D'autre part, l'accent est mis sur la diversification des activités : au-delà de l'endurance (ou exercice aérobie), il faut ajouter le renforcement musculaire (activité contre résistance) particulièrement important chez le sujet âgé ou pathologique mais également les activités d'équilibre pour un maintien de la souplesse et une prévention des chutes. Des combinaisons d'activités modérées ou intenses peuvent être effectuées. Toutefois, ces exercices viennent

en supplément des activités de la vie quotidienne ou des exercices d'intensité modérée durant moins de 10 minutes (tâches ménagères, marche du parking jusqu'au centre commercial...).

Au minimum deux fois par semaine sur des journées non consécutives, les sujets âgés doivent réaliser des renforcements musculaires (travail contre résistance) concernant les groupes musculaires principaux. Ces exercices peuvent être réalisés en soulevant des charges. L'intensité de l'exercice peut être modulée (considérée comme modérée ou élevée) selon les sujets en utilisant l'échelle analogique précédemment mentionnée. Il est recommandé de faire travailler 8 à 10 groupes musculaires (avant bras, bras, épaules, quadriceps droits, gauches...). Pour chaque groupe musculaire, il faut réaliser 10 à 15 répétitions.

Pour maintenir la souplesse nécessaire aux activités de la vie quotidienne, les sujets âgés doivent réaliser des exercices de souplesse (cou, épaule, taille, hanche...) au minimum 2 jours par semaine pendant au moins 10 minutes. Des exercices d'équilibre sont préconisés 2 autres jours par semaine (marcher sur une ligne tracée sur le sol, enjamber des plots placés sur cette ligne...) pour diminuer les risques de blessures consécutives aux chutes chez les sujets âgés les plus sédentaires présentant par exemple une maladie chronique.

En raison de la relation dose-réponse entre activité physique et santé, les personnes âgées qui souhaitent améliorer leur aptitude physique et donc réduire le risque de maladies chroniques, prévenir la surcharge pondérale... bénéficieront d'une augmentation des minima d'activité physique aérobie ou de renforcement musculaire précédemment décrits. *A contrario*, plusieurs mois d'activités à un niveau inférieur à celui recommandé peuvent être appropriés pour certains sujets particulièrement âgés ou ayant une aptitude physique particulièrement basse. Dans tous les cas, les sujets âgés doivent être encouragés à auto-contrôler leurs activités (par exemple sur la base de l'échelle analogique) et à s'évaluer régulièrement pour reconsidérer leur programme en tenant compte de l'évolution de leur aptitude physique. Pour maintenir leur capital santé, les sujets âgés doivent maintenir une activité physique tout au long de leur vie.

Les sujets adultes sédentaires ne présentant pas de pathologie chronique doivent bénéficier d'un programme proposant une approche par paliers de niveau afin d'augmenter progressivement leur activité physique sur le long terme.

Les sujets adultes de plus de 50 ans et les sujets âgés présentant une maladie chronique pour lesquels une activité physique est une thérapeutique, doivent pratiquer cette dernière en respectant les règles de précaution inhérentes à cette maladie (exemple des maladies cardiovasculaires). Les sujets âgés doivent tenir compte des précédentes recommandations et avoir un programme d'activité physique adapté à leur pathologie, évoluant en fonction de l'amélioration ou de l'aggravation de celle-ci.

Recommandations

Qu'est-ce que l'activité physique ? Selon l'OMS, il s'agit de « tout mouvement corporel produit par les muscles squelettiques, entraînant une dépense d'énergie supérieure à celle du repos ».

L'activité physique est-elle synonyme d'activité sportive ? Les activités physiques et sportives représentent un continuum allant de l'inactivité à une activité au moins modérée jusqu'à la pratique d'activités d'intensité élevée de façon régulière (comme chez les sportifs de haut niveau). Selon l'OMS, le sport est un « sous-ensemble de l'activité physique, spécialisé et organisé », c'est une « activité revêtant la forme d'exercices et/ou de compétitions, facilitées par les organisations sportives ». En d'autres termes, le sport est la forme la plus sophistiquée de l'activité physique, mais l'activité physique ne se réduit pas au sport, elle comprend aussi l'activité physique dans la vie de tous les jours, à la maison, au travail, dans les transports et au cours des loisirs non compétitifs.

L'objectif de cette expertise collective a été de faire le point sur le concept d'activité physique, sa dimension sociale, son importance en termes de santé publique, dans le monde d'aujourd'hui et de répondre aux questions qui se posent sur les déterminants environnementaux, sociaux et psychologiques de la pratique de l'activité physique et sur les modes d'actions physiologiques et thérapeutiques de l'activité physique et sportive. La méthodologie utilisée dans l'expertise est fondée sur l'analyse des connaissances scientifiques internationales. Le groupe d'experts a privilégié les données qui étaient étayées sur des travaux rigoureux, le plus souvent validés en terme d'« *evidence-based science* ».

Le groupe d'experts s'est intéressé à la réalité de la pratique de l'activité physique en France. Il a tenté d'identifier les freins à son développement, qu'ils soient individuels, sociologiques, environnementaux...

Il s'est demandé si l'activité physique était un déterminant essentiel de l'état de santé des personnes quel que soit leur âge, et quel était son impact sur les fonctions somatiques et psychiques. La pratique régulière de l'activité physique peut-elle diminuer la mortalité, limiter la prise de poids, prévenir les maladies cardiovasculaires, l'obésité, les cancers, et préserver la santé mentale et la qualité de vie ? Lors d'une maladie chronique, l'activité physique peut-elle faire partie de la prise en charge thérapeutique ?

L'activité physique est-elle toujours favorable quels que soient son intensité et son volume ? Ou, comme pour toute chose souvent, son excès se révèle-t-il préjudiciable ?

À l'issue de l'analyse et de la synthèse, le groupe d'experts a proposé des recommandations qui concernent les différentes populations au niveau

individuel ou collectif et s'adressent aux acteurs de santé publique, aux décideurs, aux scientifiques et aux institutions.

Promouvoir des activités physiques pour tous et des programmes de prévention

La majorité des adultes, des adolescents et des enfants, en France comme en Europe, ne pratiquent pas le niveau d'activité physique recommandé pour avoir un effet sur la santé et la qualité de vie. Moins de la moitié des Français âgés de 15 à 74 ans (45,7 %) ont pratiqué, au cours des sept derniers jours précédant l'enquête du Baromètre santé 2005, une activité physique à un niveau entraînant des bénéfices pour la santé. D'après l'enquête internationale HBSC⁹³ en 2001-2002, seulement 11 % des filles et 25 % des garçons âgés de 11 ans pratiquent en France une activité conforme aux recommandations de santé publique.

Face à ce constat, les approches traditionnelles de la promotion de l'activité physique fondées sur les changements de comportements au niveau individuel visant à développer l'activité physique pendant les temps de loisirs et à renforcer l'éducation physique à l'école ne seront sans doute pas suffisantes. Il faut également agir sur les déterminants environnementaux et socioéconomiques qui jouent un rôle majeur pour façonner nos styles de vie. Modifier ces déterminants va bien au-delà de la sphère d'influence et de responsabilité du secteur de la santé. De nouveaux partenariats doivent être impliqués pour avoir une influence directe sur l'aménagement urbain, les transports, les politiques du travail, de l'éducation, du logement, des loisirs et des sports.

Les recommandations doivent donc s'inscrire dans l'affirmation d'une volonté politique clairement affichée pour engager un véritable programme national « Activité physique et santé ». Ce programme doit mobiliser et associer les moyens nécessaires à sa mise en œuvre. La promotion des activités physiques pour tous doit concerner toutes les tranches d'âge et être organisée et coordonnée jusqu'aux niveaux départemental et communal. Il devra se décliner en différentes actions dont les principales sont évoquées ci-dessous.

DIFFUSER LARGEMENT LES RECOMMANDATIONS ACTUELLES D'ACTIVITÉ PHYSIQUE POUR LA POPULATION GÉNÉRALE

Il est tout d'abord nécessaire que la population soit informée de l'évolution des connaissances sur les effets de l'activité physique sur la santé et des

recommandations internationales mises à jour en fonction de cette évolution.

En 2007, les recommandations de santé publique définies au plan international sont les suivantes : pour tous les adultes de 18 à 65 ans, il est recommandé pour maintenir et améliorer leur état de santé de pratiquer au moins 30 minutes d'activité physique d'intensité modérée (de type aérobie ou endurance : par exemple d'intensité comparable à la marche à un pas soutenu) au moins 5 jours par semaine, ou de pratiquer 20 minutes 3 jours par semaine d'activité physique d'intensité élevée (de type aérobie ou endurance : par exemple d'intensité comparable au jogging). Pour les sujets de plus de 65 ans, la marche rapide sera considérée comme d'intensité élevée et la marche normale, d'intensité modérée. Ce volume d'activité peut être fractionné en périodes d'au moins 10 minutes. Il est également conseillé de pratiquer des exercices de renforcement musculaire (contre résistance ou musculation) 2 jours non consécutifs par semaine. Chez les sujets âgés, il est préconisé de réaliser des exercices d'entretien de la souplesse musculaire et articulaire et d'équilibre dans un objectif de prévention des chutes. Une activité débutée à tout âge est bénéfique. Les bénéfices de l'activité physique ne sont pas acquis mais se maintiennent tant que se poursuit l'activité physique. Les personnes qui souhaitent davantage améliorer leur capacité physique, réduire leur risque de pathologies chroniques et d'incapacité ou prévenir une prise de poids excessive, peuvent bénéficier du fait de dépasser le minimum d'activité physique recommandé.

Chez l'enfant et l'adolescent, les conclusions de conférences de consensus récentes s'accordent pour dire qu'un minimum de 60 minutes (et non 30 minutes) par jour d'activités physiques d'intensité modérée à élevée est souhaitable chez les jeunes, sous forme de jeux, d'activités de la vie quotidienne ou de sports.

Le groupe d'experts préconise d'organiser des campagnes d'information à grande échelle sur ces recommandations d'activité physique pour la population générale, en associant différents médias et en effectuant une évaluation approfondie des effets des campagnes mises en œuvre.

ENGAGER UNE SENSIBILISATION DES POPULATIONS SELON LE GENRE ET L'ÂGE PAR DES ACTIONS SUR LEURS LIEUX DE VIE

La pratique des activités physiques et sportives de loisirs varie en fonction de l'âge et du sexe : les enfants, les adolescents et les jeunes adultes pratiquent plus que leurs aînés, les garçons plus que les filles. Les femmes font plus souvent du sport pour la santé ou l'apparence, les hommes pour le plaisir et la compétition. Chez les adolescents, les trois motifs les plus cités comme causes d'abandon d'une activité physique et sportive sont une maîtrise insuffisante de la technique, le sentiment de ne pas être bon (davantage pour les

garçons) et les contraintes de l'entraînement (davantage pour les filles). Plus on vieillit, plus ceux qui s'adonnent au sport le pratiquent pour la santé. Le support social et les sociabilités jouent un rôle important : plus l'on a de proches qui pratiquent une activité physique et sportive, plus les chances que l'on en pratique une sont grandes.

En tant que comportement, l'activité physique a la particularité de prendre place dans des lieux ou des circonstances bien définies. La notion de micro- et macro-environnement prend ainsi une grande importance pour mieux identifier les possibilités d'intervention. En effet, ces interventions doivent s'appuyer sur les interactions dynamiques entre les individus et leur environnement physique et socio-culturel.

Ainsi, les publics cibles des actions de sensibilisation et de mobilisation autour du thème de la santé par l'exercice se répartissent selon différentes tranches d'âges et de lieux de vie : les jeunes enfants et les adolescents à l'école et dans les activités extrascolaires, les adultes au travail, les personnes âgées dans leur vie quotidienne...

Le groupe d'experts recommande la promotion de plus d'activités physiques en milieu scolaire sous forme ludique en particulier pour les jeunes enfants entrant à l'école élémentaire. Il attire l'attention sur la nécessité de sensibiliser le milieu de l'Éducation nationale à faire « bouger » tous les enfants y compris ceux présentant un handicap. Ces activités devraient être couplées avec une bonne éducation à l'importance d'une alimentation variée et équilibrée. Il recommande, pour les adolescents, un accès gratuit aux activités extrascolaires multisports.

Le groupe d'experts recommande de sensibiliser les entreprises à développer des lieux dédiés aux activités physiques sur le lieu même du travail voire pendant le temps de travail. Ceci implique de promouvoir une culture d'entreprise qui intègre l'activité physique.

Le groupe d'experts recommande de prévoir des accueils pour les jeunes enfants dont les parents pratiquent ou souhaiteraient pratiquer une activité physique dans les clubs de sport.

Le groupe d'experts recommande de promouvoir un aménagement des lieux de vie et des modalités de déplacement pour les personnes âgées leur assurant le maintien d'une certaine indépendance.

TENIR COMPTE DES SITUATIONS SPÉCIFIQUES DE CERTAINES POPULATIONS POUR CIBLER DES CAMPAGNES D'INFORMATION ET D'ACTION

Que ce soit au niveau des motivations ou des déterminismes socioéconomiques, la pratique d'activité physique et sportive est liée au niveau d'insertion sociale. Une situation de socialisation réduite entraîne une probabilité plus faible de pratique des activités physiques et sportives.

Les enquêtes en population générale en France pointent de manière nette, des populations assez précises pour lesquelles il est nécessaire de faire porter en premier lieu les efforts d'information et de sensibilisation. Il s'agit des filles de 12 à 17 ans, en particulier celles issues de familles défavorisées ; des personnes rencontrant des difficultés d'insertion sociale (certaines femmes au foyer, les célibataires avec enfants et les actifs à la recherche d'un emploi) et plus particulièrement celles ayant un faible niveau de diplôme et une faible qualification.

Le groupe d'experts recommande aux initiateurs des campagnes de tenir compte des problèmes spécifiques liés aux difficultés d'insertion ou aux différentes cultures pour proposer des activités physiques. Dans ce cadre, les interventions de promotion de l'activité physique peuvent s'appuyer sur les motivations individuelles pour faire adopter de nouveaux comportements. Des facteurs intra-personnels tels que les attitudes, les valeurs, les attentes positives, les capacités et les compétences peuvent être sollicités pour augmenter le niveau d'activité physique, pourvu que soient prises en compte les spécificités culturelles des populations considérées.

Le groupe d'experts attire l'attention sur les périodes de la vie à risques d'arrêt de la pratique physique qui correspondent aux changements de la vie personnelle par exemple le passage du lycée à l'université, la perte d'activité ou la cessation d'activité professionnelle, les déménagements. Par ailleurs, chez des sujets très sédentaires, la reprise de l'activité physique doit s'appuyer sur les recommandations définies par les sociétés de spécialités médicales.

Les sportifs de haut niveau ou les personnes ayant une activité physique intense devraient bénéficier d'un accompagnement psychologique surtout lors des périodes à risque (blessures, fatigue prolongée, diminution des performances...) et au cours de la carrière sportive par des professionnels spécialisés (psychologues et psychiatres...).

ASSOCIER DIFFÉRENTS MODES DE MISE EN ŒUVRE DES ACTIONS DE LUTTE CONTRE LA SÉDENTARITÉ

Les différents travaux examinés montrent à l'évidence une plus grande efficacité des campagnes de sensibilisation prenant en compte les modes de vie et la culture des personnes visées. Cette dimension est donc impérative si l'on veut obtenir des résultats durables.

Au niveau des jeunes, les actions doivent concerner tant les parents que leurs enfants. La promotion d'un mode de vie physiquement actif doit être l'affaire de tous (famille, éducateurs physiques, écoles, centres médico-sportifs, collectivités, professionnels de santé...). Le groupe d'experts recommande d'intégrer la dimension familiale dans les campagnes. En effet, favoriser la pratique en famille (enfants, parents, grands-parents) permettrait

d'accroître outre l'activité physique, les échanges intergénérationnels et l'attention aux besoins de chaque génération.

Les campagnes de sensibilisation chez l'adulte doivent être complétées par la mise en place de conseils personnalisés, que ce soit au travers de consultation de prévention, de programmes de mise à l'activité physique et de leur suivi ou de prise en charge médicale pour des problèmes spécifiques de santé. Le groupe d'experts recommande d'associer différents modes de mise en œuvre des actions de sensibilisation et d'intervention pour les populations spécifiques : affichage, courriers, appels téléphoniques ou par Internet, contacts individualisés...

Ces conseils doivent intégrer non seulement la culture des personnes, mais également l'environnement (sécurité et disponibilité d'équipements) dans lequel elles vivent et le temps dont elles disposent. L'apprentissage de la gestion du temps et de l'utilisation des équipements disponibles sont des prérequis indispensables à l'inscription dans la durée de la pratique de l'activité physique. Les conseils doivent être pragmatiques, concrets et réalisables. Les programmes déjà élaborés à l'étranger peuvent servir à concevoir et développer de tels projets.

L'incitation à l'activité physique régulière dans la population générale est un des axes du Programme national nutrition santé (PNNS)⁹⁴ mis en place par le ministère de la Santé en 2001 et repris dans la Loi relative à la politique de santé publique du 9 août 2004. D'ici 2008, il s'agit de faire passer de 60 % à 75 % pour les hommes et de 40 % à 60 % pour les femmes, la proportion de personnes, tous âges confondus, pratiquant par jour l'équivalent d'au moins 30 minutes d'activité physique d'intensité modérée, au moins 5 fois par semaine. Chez les personnes en surpoids, et indépendamment des effets sur le poids, la pratique d'une activité physique peut apporter des bénéfices majeurs sur l'état de santé. La prévention du gain de poids et la prévention de la reprise de poids après amaigrissement nécessiteraient chez l'adulte un niveau d'activité physique d'intensité modérée équivalent respectivement à 45-60 minutes/jour et 60-90 minutes/jour.

Le groupe d'experts recommande de coordonner les actions menées dans le cadre du PNNS avec les campagnes d'incitation à la pratique sportive (« sport pour tous ») réalisées par le ministère de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative.

OPÉRATIONNALISER LES RELAIS INSTITUTIONNELS ET RENFORCER LES MOYENS

Certaines stratégies d'intervention sont centrées sur les changements de comportement individuel, d'autres portent sur les modifications de l'environnement.

ronnement (au sens large). Un grand nombre de mesures éducatives seront inefficaces en l'absence d'actions préalables sur l'environnement de vie des sujets. Ainsi, promouvoir les déplacements à pied n'a de sens que si la sécurité des personnes est assurée. Il s'agit donc de trouver la dynamique entre ces deux types de stratégie.

Par ailleurs, les actions peuvent être envisagées par secteur (par exemple, le secteur éducatif au sens large, le secteur sportif, le secteur sanitaire, le secteur des transports...) et par lieu (par exemple, l'école, l'entreprise, toutes les infrastructures sportives...). Il s'agit de promouvoir la communication entre ces différents partenaires.

Les actions de promotion de l'activité physique deviennent opérationnelles au niveau local, mais l'approche nationale demeure d'une grande importance pour le soutien politique et pour coordonner les campagnes et les programmes. Il s'agit de promouvoir des programmes mobilisateurs qui articulent un niveau national, avec des relais médiatiques, et une réappropriation à l'échelle locale, voire micro-locale. Cette réappropriation volontariste s'appuie souvent sur la vie associative (fédérations affinitaires, multisports et scolaires) développant convivialité et sociabilité récréative.

Ce serait tout l'intérêt d'une mobilisation interministérielle (de manière à ne pas désarticuler les domaines respectifs du sport, de la santé, de l'éducation nationale, du travail et de la solidarité sociale, par exemple). On peut évoquer plusieurs partenaires pour cette action.

Le Mouvement sportif et plus précisément le CNOSF (Comité national olympique et sportif français), est un des interlocuteurs d'une part, pour la mise en valeur du sport de compétition, la constitution et le renouvellement des élites sportives qui représentent la France dans les grands rendez-vous internationaux et d'autre part, pour la promotion du sport pour tous. Les fédérations délégataires et unisports se sont progressivement engagées dans ces deux types de tâches. Elles devront plus s'impliquer dans la promotion de l'activité physique/sport pour tous.

Les fédérations multisports et affinitaires sont des relais institutionnels efficaces, disponibles pour cette action, avec un encadrement compétent comme le montre leur intérêt porté aux questions de santé par l'activité physique et l'accueil des jeunes handicapés dans les cadres ordinaires de la sociabilité sportive, pour ne retenir que ces deux aspects.

L'Éducation nationale est un partenaire privilégié permettant la collaboration de différents acteurs du milieu scolaire (vie scolaire, personnels de santé, enseignants de SVT et d'EPS...) qui s'emploient à sensibiliser et à développer des actions d'éducation à la santé. Ces interventions touchent la majorité de la population d'enfants et d'adolescents.

Un tel programme doit pouvoir se décliner au niveau régional, départemental et communal. La bonne implantation territoriale des services déconcentrés

de l'État, les échelons régionaux et départementaux du Mouvement sportif, les collectivités territoriales, tout ce réseau doit être en mesure d'aider à la pérennisation des actions et à les accompagner.

Les initiatives locales, au niveau des communes, des clubs ou autres associations, des établissements scolaires, voire des clubs ou comités d'entreprise, proposées dans le droit fil des incitations ministérielles, devront être encouragées et soutenues.

Le groupe d'experts recommande que soit renforcé le maillage territorial d'experts référents pour le programme « Activité physique et santé ». Le département est l'échelon compétent pour traiter les questions d'équité socio-géographique, de solidarité et de cohésion sociale. Les étudiants de la filière APA (activité physique adaptée) et santé sont formés à l'encadrement des handicapés, des personnes âgées (y compris celles qui résident en maison de retraite), des jeunes désocialisés (dans les quartiers sensibles) et seraient tout à fait compétents pour exercer cette tâche d'incitateur, d'éducateur, de personne ressource et de coordination, en relation avec les professionnels de santé.

AMÉNAGER L'ESPACE URBAIN ET LES MOYENS DE TRANSPORTS POUR PERMETTRE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE POUR TOUS

La densité urbaine, la répartition géographique des services, les voies de circulation réservées pour les piétons ou pour les cyclistes influencent l'exercice physique durant les déplacements. Les représentations sociales associées à ces aspects, sont également des facteurs qu'il convient de prendre en compte pour pouvoir améliorer la situation. Cette approche est peu développée en France, elle est cependant indispensable à la mise en œuvre de politiques visant l'augmentation des pratiques d'activité physique intégrées à la vie quotidienne. Il faudrait associer davantage les maires et élus locaux dans cette action.

La valorisation du cadre environnemental pour favoriser l'activité physique concerne par exemple l'aménagement attractif et sécurisé des voies de communication : trottoirs aménagés, voies piétonnes, pistes cyclables, en particulier autour des établissements scolaires, éclairage public de qualité, mobilier urbain... Le groupe d'experts recommande que cet aspect soit intégré dans le cahier des charges de toute opération de restructuration urbaine, de construction de nouvelles unités d'habitation. L'espace rural, qui présente des caractéristiques spécifiques, doit permettre d'envisager des solutions adéquates. L'intercommunalité pourrait être saisie sur ces questions.

Les programmes d'actions mis en œuvre, en particulier dans certains pays, font apparaître généralement deux dimensions : d'une part, la promotion des activités physiques et sportives régulières et de type récréatif et/ou, d'autre part, les activités physiques qui s'inscrivent au quotidien dans les espaces et

temps de déplacement (et de liaison) des individus, au besoin en enchaînant plusieurs moyens (à pied, à bicyclette, en tramway ou TER...). Il s'agit d'une conception multimodale des déplacements, impliquant une activité physique volontaire. Le groupe d'experts recommande de prendre en compte dans les aménagements des transports, les espaces-temps de liaisons pour privilégier les déplacements multimodaux (par exemple des billets de transports urbains valables 1 heure qui permettent de combiner plusieurs modes de déplacement) et les possibilités de stationnement en toute sécurité (garages sécurisés pour bicyclettes par exemple).

SENSIBILISER ET FORMER LES PROFESSIONNELS DU SPORT ET DE LA SANTÉ À LA DIMENSION PRÉVENTIVE DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE

La promotion de la santé par l'activité physique peut se décliner dans une large gamme d'interventions : des activités structurées telles que des classes d'éducation physique, des activités dans des environnements attrayants, du conseil et de l'accompagnement, des campagnes d'information et de l'événementiel. L'implantation de ces mesures nécessite la formation de professionnels qui seront engagés dans ces actions ainsi que de médiateurs et d'incitateurs. Cette formation doit s'appuyer sur une approche commune du rôle de l'activité physique sur la santé. Des programmes de formations labellisés doivent s'adresser tant aux formateurs qu'aux professionnels de santé et aux professionnels de l'activité physique et du sport. Cette formation doit concerner également les professionnels de la petite enfance et les enseignants du 1^{er} et 2^e degré.

La formation des acteurs de santé doit mettre l'accent sur l'activité physique en tant qu'outil de prévention des principales pathologies chroniques. Pour les acteurs de l'activité physique et du sport, l'accent doit être mis sur le rôle de l'activité physique sur la santé, en tenant compte de l'âge, du sexe, du handicap, et sur la nécessaire prévention des accidents en fonction du type de pratique sportive.

Le groupe d'experts recommande que des modules d'information sur les bénéfices de l'activité physique et sur les principes de sa mise en œuvre (conseil personnalisé) soient intégrés dans les formations initiales et continues de ces professionnels.

Dans le même temps, il est indispensable de diffuser des outils de mesure de l'inactivité physique et de la sédentarité, permettant aux professionnels comme aux usagers de bien évaluer les efforts à accomplir.

Enfin, l'amélioration de la communication et donc de la coordination entre les différents professionnels est nécessaire. Les professionnels de santé peuvent jouer un rôle moteur dans ce processus en permettant au dialogue de s'établir entre les secteurs et partenaires impliqués et pour capter l'attention de nouveaux acteurs.

Promouvoir l'activité physique chez le patient atteint de maladie chronique

Pour le patient atteint de maladie chronique, des recommandations spécifiques ont récemment été publiées. Ces recommandations en termes de durée et fréquence apparaissent identiques à celles préconisées pour l'adulte en bonne santé : réaliser des activités d'intensité modérée de type aérobie (en endurance) pour un minimum de 30 minutes par jour, 5 jours par semaine ou d'intensité plus élevée 20 minutes par jours, 3 jours par semaine. Cependant, l'individualisation de l'intensité de l'activité physique et la diversification des activités sont préconisées. Par ailleurs, l'activité physique doit être pratiquée en respectant les règles de précaution inhérentes à chaque situation pathologique (exemple du diabète de type 2, des maladies cardiovasculaires, poussées inflammatoires des maladies rhumatismales, évolution du déficit neurologique) et elle doit évoluer en fonction de l'amélioration ou de l'aggravation de la pathologie en particulier chez le sujet âgé.

L'activité physique est un traitement à part entière au cours d'affections chroniques invalidantes, telles que l'insuffisance respiratoire chronique par la broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO) et les maladies cardiovasculaires ischémiques et les pathologies métaboliques comme le diabète de type 2. Elle réduit en effet les conséquences fonctionnelles de ces maladies en améliorant les capacités physiques des patients. De plus, elle agit directement sur l'évolution de ces pathologies, ce qui se traduit par une diminution spectaculaire de la morbidité et de la mortalité cardiovasculaire.

L'activité physique contribue au traitement (comme adjuvant) de nombreuses autres pathologies et en particulier les maladies neurologiques (sclérose en plaques, hémiplegie...) et rhumatismales (maladies inflammatoires, arthrose...).

Le développement d'une activité physique régulière dans les populations de patients apparaît comme une priorité de santé publique. Les programmes d'intervention doivent être ambitieux visant au long terme, ne négligeant aucun des points d'action possibles et mobilisant un grand nombre de professionnels et d'acteurs du champ sanitaire, social et sportif. Le bénéfice économique de ces actions doit être évalué.

SENSIBILISER LES PATIENTS AUX BÉNÉFICES DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE DANS LE TRAITEMENT DE LEUR PATHOLOGIE

Au cours des maladies cardiovasculaires et respiratoires, l'effort est souvent source d'appréhension et d'anxiété chez le patient. En effet, c'est au cours de l'effort physique que se manifestent de façon la plus implicite la fatigue et l'essoufflement, voire les phénomènes douloureux particulièrement redoutés que sont l'angor ou la claudication artérielle. L'exercice est dès lors vécu

comme un danger et le patient entre souvent dans une spirale dans laquelle l'hypoactivité induite vient aggraver le déconditionnement à l'effort et accentuer les manifestations cliniques. S'installe ainsi de façon progressive un cycle d'auto-aggravation de la maladie précipitant les complications et se traduisant par un alourdissement de la morbi-mortalité. Ce constat est d'autant plus fréquent qu'il s'agit de sujets âgés se percevant socialement et culturellement exclus d'une activité physique à connotation sportive et présentant souvent des déficiences associées de l'appareil locomoteur (par exemple de nature orthopédique ou neurologique), voire des troubles visuels ou auditifs.

Le groupe d'experts recommande d'organiser des campagnes d'information et d'éducation réitérées des patients et de leur entourage familial pour lutter contre une telle représentation de l'activité physique. Cette pédagogie doit être appropriée en mettant en exergue les effets positifs démontrés que sont la réduction de l'inconfort lié au déconditionnement, l'amélioration de l'autonomie et de la qualité de vie, associées à la restauration d'une image plus valorisante, la diminution des complications liées à l'affection (et de leurs incidences en termes d'actes médicaux et d'hospitalisations), l'augmentation de l'espérance de vie.

Le groupe d'experts attire l'attention sur le fait qu'il ne s'agit pas de promouvoir une même activité physique de type sportive pour tous mais des activités physiques diverses, adaptées aux capacités de chaque patient, dans une perspective de progression, en utilisant les principes et les méthodes de l'éducation thérapeutique.

Le groupe d'experts recommande également une information sur les risques potentiels de l'activité physique tant sur le plan cardiovasculaire que musculo-squelettique. Lorsque l'activité est adaptée, les risques sont en fait limités. Les signes habituels d'intolérance cardiovasculaire, tels que douleurs thoraciques, épigastralgie, malaise, palpitations, fatigue inhabituelle, doivent être connus et impliquer une consultation médicale rapide. L'éducation du plus large public « aux gestes qui sauvent » et la mise à disposition de plus en plus fréquente dans les lieux publics de défibrillateurs semi-automatiques représentent un gage de sécurisation supplémentaire.

Le groupe d'experts recommande de proposer un programme d'activité physique pour chaque patient tenant compte de ses pathologies, du contexte socio-professionnel et culturel ainsi que des conditions environnementales. Au-delà de cette incitation, des stratégies de soutien et de re-motivation au maintien d'une activité physique régulière devraient être mises en œuvre.

INFORMER ET FORMER LES PROFESSIONNELS DU SPORT ET DE LA SANTÉ AMENÉS À METTRE EN ŒUVRE DES TRAITEMENTS PAR L'ACTIVITÉ PHYSIQUE

Les effets bénéfiques démontrés dans des populations nombreuses de patients ne sont pour l'instant que partiellement expliqués. Ce sont essentiellement

les impacts sur le métabolisme musculaire, la régulation de la microcirculation, le métabolisme glycémique et lipidique, les anomalies neurohormonales, qui ont été le mieux démontrés. Ils expliquent également l'amélioration des facteurs de risque cardiovasculaire par l'activité physique, au premier rang desquels l'hypertension artérielle et le diabète de type 2.

Le groupe d'experts recommande de former les étudiants en médecine en intégrant à l'enseignement des études médicales un module spécifique sur l'activité physique dans la prise en charge des pathologies chroniques. Il préconise d'aborder cet aspect dans la formation continue des médecins généralistes et spécialistes confrontés au quotidien à des pathologies de l'appareil locomoteur et à la sédentarité (rhumatologues, cardiologues, pneumologues, orthopédistes, neurologues, gériatres, rééducateurs, médecins du sport).

Grâce à l'activité physique, le patient gagne en durée et en qualité de vie, avec une diminution significative des coûts induits par la maladie, liée à un moindre recours aux hospitalisations et aux technologies diagnostiques et thérapeutiques. L'activité physique est donc un élément essentiel de la prise en charge en fonction de l'évolution de la pathologie chronique. Le groupe d'experts recommande d'avoir recours à la Haute autorité de santé pour définir avec les professionnels concernés, la place de l'activité physique dans le « parcours de soins ».

L'activité physique est par ailleurs un instrument essentiel de la réinsertion sociale et/ou professionnelle, ainsi que de l'autonomie chez les patients atteints des incapacités les plus sévères. Le groupe d'experts recommande de former les étudiants paramédicaux (kinésithérapeutes, ergothérapeutes, infirmiers, diététiciens), les candidats au brevet d'État d'éducateur sportif, les étudiants des STAPS, sur les bénéfices et les modalités de l'activité physique au cours des maladies chroniques. Il souligne l'intérêt de développer des enseignements complémentaires (masters, diplômes universitaires...) dans le domaine.

Par ailleurs, le groupe d'experts rappelle la nécessité de promouvoir de façon régulière une formation aux premiers gestes de réanimation cardio-respiratoire.

DÉVELOPPER DE NOUVEAUX MOYENS POUR L'ACCOMPAGNEMENT DE LA PRISE EN CHARGE

Il existe de nombreux lieux où une activité physique peut être organisée et éventuellement supervisée au cours des maladies chroniques : centres de rééducation avec des unités pouvant être spécialisées (pathologies cardiovasculaires, respiratoires, neurologiques, orthopédiques, obésité, diabète, troubles psychiques, conduites addictives...), cabinets de kinésithérapie, salles de sport, locaux d'associations... Le groupe d'experts recommande d'établir un répertoire des lieux et de définir dans ces différents lieux les possibilités et

les modalités de prise en charge, en établissant des niveaux de responsabilité et de compétence (formation initiale et continue).

Dans le parcours de soins du patient, le spécialiste en activité physique (à côté du kinésithérapeute, du diététicien...) prend de plus en plus d'importance. Le groupe d'experts recommande de reconnaître et préciser cette fonction. Les modalités de prise en charge fondées sur l'activité physique au cours des maladies chroniques devraient donner lieu à des procédures de financement par les caisses d'assurance maladie. Dans ce contexte, les réseaux multidisciplinaires et les associations de patients doivent jouer un rôle prépondérant.

DÉFINIR DE MANIÈRE CONSENSUELLE LES MODALITÉS D'ACTIVITÉ PHYSIQUE QUI DEVRONT ÊTRE ENSUITE ADAPTÉES POUR CHAQUE PATIENT

Les modalités d'activité physique reposent sur des connaissances scientifiques qui restent encore incomplètes et sur des consensus établis par des sociétés savantes. Certains aspects sont encore insuffisamment précisés et laissent une large place à l'interprétation individuelle des préconisations. Quelques lignes générales peuvent cependant être énoncées.

Le programme d'activité physique doit être adapté à chaque patient en fonction de ses capacités physiques et de ses goûts ; du type de pathologie et de sa gravité ; des conditions environnementales. Ce programme d'activité physique doit rechercher la plus grande efficacité dans la prévention secondaire et dans l'amélioration des capacités physiques, au moindre risque.

En premier lieu, l'activité physique ne doit pas se limiter à l'organisation d'exercices spécifiques (par exemple de type gymnique) mais doit reposer sur une gestion différente des activités quotidiennes, visant à privilégier les sollicitations de l'appareil locomoteur dans la vie courante (se déplacer à pied ou en vélo, prendre les escaliers plutôt que l'ascenseur...). En cas d'incapacité motrice importante, il faut chaque fois que possible favoriser le maintien d'une déambulation autonome par tout moyen thérapeutique (notamment la rééducation et/ou l'appareillage), en limitant si possible le recours aux suppléances techniques, par un fauteuil roulant électrique par exemple.

Au-delà de ces aménagements de la vie courante, le groupe d'experts recommande une activité de type entraînement physique quotidienne chaque fois que possible, pour une durée minimale de 30 minutes. À défaut de pouvoir effectuer une session de cette durée, plusieurs séquences brèves peuvent être réparties au cours de la journée pour atteindre cette quantité minimum d'exercice par effet cumulatif.

Le problème de l'intensité d'effort la plus appropriée reste posé. Les efforts violents, proches des capacités maximales doivent être proscrits dans la mesure où ce sont eux qui sont les plus susceptibles de provoquer les

complications cardiovasculaires les plus graves (infarctus du myocarde, troubles du rythme cardiaque). À l'inverse, des exercices d'intensité faible ne permettent pas de provoquer une sollicitation suffisante des systèmes cardiovasculaire, respiratoire, métabolique et neurohormonal. Un niveau modéré à moyen d'intensité est habituellement préconisé, entraînant une bonne mise en jeu du métabolisme aérobie musculaire avec utilisation des graisses et des sucres disponibles dans l'organisme. Un équilibre est atteint lorsque le sujet mène sans difficulté et sans fatigue excessive, son effort, en restant en aisance respiratoire (parler de façon intelligible et tout en poursuivant son activité). La perception de la fatigue liée à l'exercice, le niveau d'essoufflement et la fréquence cardiaque sont les paramètres les plus facilement utilisables en pratique courante.

Le groupe d'experts recommande un contrôle médical comportant notamment une évaluation de l'adaptation à l'effort afin d'une part, d'éliminer d'éventuelles contre-indications à l'exercice et d'autre part, d'en mieux définir les modalités. Par ailleurs, une prise en charge dans une unité de réadaptation peut être nécessaire afin de débiter dans les meilleures conditions le réentraînement à l'effort. Cette réadaptation devrait être proposée prioritairement aux patients porteurs des atteintes les plus sévères.

DÉFINIR AVEC LE PATIENT LES TYPES D'ACTIVITÉ PHYSIQUE QUI LUI CONVIENT

Les types d'exercices possibles sont très variés et permettent de répondre habituellement à la grande diversité des situations et des motivations. Le patient doit être associé à l'élaboration de son programme de réadaptation ou de rééducation. Ce sont le plus souvent les efforts globaux aérobie (en endurance) qui permettent de solliciter des volumes musculaires importants avec des effets systémiques optimaux. L'exemple le plus aisé à mettre en œuvre est la marche (ou le vélo de route) dont les paramètres sont facilement ajustables en termes de vitesse, de pente et de durée. L'usage d'ergomètres variés (tapis roulant, bicyclette, manivelle, rameur, stepper...) permet de se libérer des contraintes environnementales et d'assurer une activité régulière et bien calibrée. Ils ont par ailleurs l'intérêt de permettre de s'adapter à d'éventuelles déficiences associées : par exemple, utilisation d'un cycloergomètre à membres supérieurs chez un patient paraplégique. Le choix des ergomètres doit toutefois tenir compte des éventuels handicaps locomoteurs (exemple stepper et pathologie de hanche ou de genou, rameur et certaines lombalgies...).

La durée de chaque exercice doit être suffisante pour provoquer une sollicitation efficace des différents systèmes de l'adaptation à l'effort. Une durée minimale de 15 minutes est préconisée, avec l'objectif d'atteindre habituellement 20 à 30 minutes. Un échauffement et une récupération active de 3 à 5 minutes sont conseillés afin d'éviter les variations brutales de fréquence

cardiaque, de débit cardiaque, de tension artérielle, ainsi que de limiter les manifestations d'intolérance musculaire avec courbatures.

L'activité sportive individuelle peut représenter un complément voire une alternative. Elle doit se rapprocher des mêmes conditions techniques de mise en œuvre en apportant un caractère ludique supplémentaire (natation, golf, tai chi...). La compétition et les sports collectifs de niveau d'effort non contrôlé, ne pourront être autorisés que dans de rares cas et avec un encadrement médical rigoureux, et en fonction de la pathologie.

Le renforcement musculaire contre résistance, souvent qualifié de « musculation », représente également un complément intéressant, car permettant de potentialiser les effets de l'entraînement global tout en variant les types d'exercices. Il est conseillé à une fréquence de 2 voire 3 séances par semaine, avec une sollicitation des groupes musculaires de la racine des membres : abducteurs et abaisseurs de bras, fléchisseurs et extenseurs d'avant bras, fléchisseurs et extenseurs de hanches et genoux... Les contractions de type dynamique, concentrique (raccourcissement du corps musculaire) et excentrique (allongement) en alternance, seront privilégiées car les contractions statiques (sans variation de longueur du muscle) augmentent les résistances artérielles périphériques et réduisent l'oxygénation musculaire, par diminution du débit local et par augmentation de la pression au sein des loges musculaires.

La résistance au mouvement doit favoriser le métabolisme oxydatif musculaire tout en prévenant les accidents tendino-musculaires et se situer donc entre 50 et 60 % de la force musculaire maximale. Ceci suppose que cette force musculaire maximale soit préalablement évaluée ou que l'ajustement de la résistance soit effectué au cours d'une répétition de mouvements (habituellement une dizaine) qui doit être bien tolérée tout en entraînant un travail musculaire perçu comme effectif par le patient. À noter que les effets des exercices spécifiquement isocinétiques ou excentriques sont insuffisamment démontrés actuellement pour que leur pratique prédominante soit proposée.

Les activités de type gymnique représentent un complément intéressant au renforcement musculaire qu'il soit global ou analytique. Au-delà de leurs effets musculaires, elles permettent en effet d'améliorer la coordination et l'équilibre, ce qui est souvent utile chez les sujets âgés. Elles sont en cela un moyen essentiel de la prévention des chutes et donc de la traumatologie de la personne âgée. Elles intègrent souvent des techniques d'étirements musculaires (stretching, contracter-relâcher...) qui en réduisant ou en prévenant les raideurs péri-articulaires, facilitent la gestuelle impliquant en particulier la ceinture pelvienne et scapulaire. Il s'agit d'un moyen physique simple, susceptible d'améliorer l'état fonctionnel des patients avec des répercussions dans l'autonomie au quotidien (déambulation, utilisation des membres supérieurs, habillage, toilette, ramassage d'objet au sol...) et dans

le confort (contrôle de la douleur chez les rachialgiques). Il s'agit de mouvements gymniques habituellement lents, rythmés par une respiration ample et profonde. L'exemple le plus validé est représenté par certains types de gymnastiques chinoises, telles que le tai chi et le qigong. Une composante de relaxation est souvent associée participant à la sensation de bien-être.

L'activité physique est désormais incontournable comme traitement adjuvant au cours de la plupart des maladies chroniques. Le groupe d'experts recommande un programme à la carte pour chaque patient, permettant d'obtenir les résultats optimaux, à la fois sur l'évolution de ces pathologies et sur leurs conséquences fonctionnelles, et ce au moindre risque.

Développer des recherches

Les programmes de recherche sur l'activité physique et les effets sur la santé sont encore peu développés en France. Il conviendrait donc d'informer les laboratoires de recherche des problématiques de l'activité physique et d'inciter les pouvoirs publics à lancer des appels d'offres thématiques (tels que ceux de l'Agence nationale de la recherche) pour combler le retard.

PROMOUVOIR DES ÉTUDES LONGITUDINALES INCLUANT DES OUTILS DE MESURE VALIDÉS DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE ET DES FACTEURS D'ENVIRONNEMENT

La qualité de la mesure de l'activité physique est un pré-requis indispensable dont dépend la qualité des résultats obtenus et des interprétations qui en sont faites. L'activité physique est une notion polymorphe, sa mesure et son évaluation tendent à être d'autant plus compliquées et difficiles qu'elle est importante et variée. De ce fait, il est important de contribuer au développement et à la validation d'outils de mesure de l'activité physique en population générale prenant en compte ses différentes dimensions ou contextes (loisir, travail, domestique, transport) et d'en déterminer leur impact respectif. Le groupe d'experts recommande l'utilisation combinée de méthodes déclaratives (questionnaire) et de méthodes objectives (compteurs de mouvement) en vue de recueillir l'ensemble des paramètres rendant compte de l'activité physique dans le cadre des études épidémiologiques en population générale ou dans des groupes spécifiques.

S'il est aujourd'hui largement admis que l'activité physique est bénéfique à la santé, il est plus difficile d'identifier les facteurs prédictifs (individuels, environnementaux...) du maintien à long terme de cette activité. En effet, il est non seulement indispensable d'inciter les sujets à pratiquer une activité physique mais surtout de s'assurer du maintien de celle-ci au cours du temps afin d'obtenir les bénéfices escomptés. Des recherches en ce sens sont donc

indispensables. De plus, la perception qu'a l'individu de son environnement (social, physique) a un impact sur son niveau d'activité physique. Ainsi, pour compléter les instruments de mesure de l'activité physique, les experts recommandent de développer et de valider des outils de mesure des facteurs d'environnement associés à l'activité physique (facteurs objectifs et perçus).

Afin de mieux préciser la nature des relations entre activité physique et santé, la mise en place d'études longitudinales ou d'essais contrôlés est nécessaire. Ainsi, il serait également souhaitable que ces mesures d'activité physique et d'environnement soient systématiquement incluses dans les études de cohortes existantes ou à venir. En effet, l'étude des relations entre activité physique habituelle et facteurs environnementaux est un domaine encore peu exploré en France. L'ensemble de ces études contribueraient d'une part, à montrer l'influence de la pratique physique au cours de la vie, ou au cours de périodes spécifiques de la vie, sur l'état de santé et la qualité de vie et d'autre part, à établir des recommandations sur la pratique des activités physiques en fonction de l'âge et des capacités physiques à maintenir ou à développer.

COORDONNER LE RECUEIL D'INFORMATIONS SUR LES ACTIVITÉS PHYSIQUES ET ÉVALUER LES ACTIONS DE PROMOTION

Les données sur l'activité physique des populations en France sont insuffisantes et très hétérogènes. En première intention, le groupe d'experts recommande de procéder à un état des lieux des données disponibles sur la pratique des activités physiques et sportives, de mettre en place une coordination afin de suivre leur évolution et de permettre la planification d'actions de promotion de l'activité physique ciblées.

D'après les enquêtes examinées, la qualité de l'environnement semble un facteur incitatif pour l'activité physique habituelle. Par ailleurs, quelques analyses montrent que les variables sociologiques caractérisant les individus (par exemple le niveau d'étude, le niveau culturel...) prévalent sur la variable contextuelle (l'environnement). Les études visant à identifier les relations entre environnement « construit » et habitudes d'activité physique (au niveau individuel) sont encore récentes, et peu développées particulièrement en France.

Le groupe d'experts recommande des travaux approfondis et détaillés sur l'éventail des motivations relatives aux activités physiques et tout particulièrement celles qui pourraient prendre place au niveau des déplacements quotidiens des personnes. Ces études pourront être utiles dans le cadre de la mise en place de stratégies de planification urbaine et d'aménagement du territoire favorisant l'activité physique au quotidien.

Dans une approche systématique, la question clé est non seulement de comprendre les déterminants des comportements d'activité physique, mais

également la communication sur les principes et les mécanismes de la promotion de la santé à travers l'activité physique. Le groupe d'experts recommande d'étudier l'enchaînement des différents niveaux de promotion de la santé par l'activité physique et le sport qui commence par un processus de mise en œuvre de programmes ou politiques de santé et qui aboutit à une modification effective de l'état de santé des individus. Il souligne l'importance de l'évaluation tant de l'impact des interventions que de la mise en place des actions, sans oublier l'évaluation du rapport coût-bénéfice de ces actions.

PROMOUVOIR DES ÉTUDES EN ÉCONOMIE DE LA SANTÉ ET EN SOCIOLOGIE

L'inactivité physique apparaît comme une des causes de développement de pathologies chroniques. L'évaluation de son coût pour le système de santé en France renforcerait l'intérêt de promouvoir l'activité physique dans la prévention et le traitement de ces maladies. Parallèlement, l'évaluation du rapport coût/bénéfices de différentes interventions pour augmenter le niveau habituel d'activité physique en population s'avère indispensable. Plus spécifiquement, il apparaît très important d'étudier le rapport coût/efficacité de la prise en charge des pathologies chroniques par l'activité physique. Le groupe d'experts recommande la mise en place d'études en économie de la santé qui devraient contribuer à valider les différentes interventions en prévention et traitement des maladies chroniques.

De même, le développement de recherches en sociologie notamment sur la place du patient dans le système de « prescription/suivi » de l'activité physique semble incontournable en vue d'organiser une prise en charge optimale des patients.

MIEUX DÉFINIR LES CARACTÉRISTIQUES DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE ET LA DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE CHEZ LES PATIENTS, ET ÉTUDIER LES EFFETS À MOYEN ET LONG TERME

L'activité physique faisant partie intégrante de la prise en charge de nombreuses pathologies (cardiovasculaire, endocrinienne, respiratoire, mais également neurologique, rhumatismale, cancéreuses, psychiques...), il paraît indispensable d'évaluer des protocoles précis orientés vers l'entretien ou le développement de la force ou de l'endurance (voire des protocoles mixtes), qui seront obligatoirement différents en fonction de la pathologie. À ce jour, ces informations sont le plus souvent manquantes. Le groupe d'experts recommande de mieux définir les caractéristiques de l'activité physique (intensité, fréquence...) pour déterminer l'effet (dose-réponse) sur différentes populations à risque et en fonction du type de pathologie. Il recommande d'étudier les effets bénéfiques *versus* les effets délétères en fonction de l'intensité de l'activité physique, dans les différentes maladies.

Cependant, il est difficile d'évaluer les intensités d'exercice lors de la pratique sur le terrain. À ce jour, les méthodes d'évaluation de l'intensité des exercices sont complexes ou non validées. Le groupe d'experts recommande la mise au point de modes de recueil simplifiés mais reproductibles, permettant d'évaluer la dépense énergétique. Un premier travail pourrait concerner l'appréciation de la vitesse de marche, et donc de la dépense énergétique, via l'utilisation des GPS (*Global Positioning System*), et la transmission à distance de ces informations pour un meilleur suivi des patients.

Toute prise en charge d'un patient, dans le cadre de sa pathologie, nécessite de connaître parfaitement cette dernière, et d'apprécier les limites de l'exercice physique en conséquence (poussée inflammatoire éventuelle, effets secondaires de certains médicaments, par exemple). Il apparaît donc primordial, au groupe d'experts, de mettre en place des protocoles de suivi de ces patients, pour mieux apprécier les effets à moyen et long terme des activités physiques, incluant la formation de réseaux de compétence (médecins, paramédicaux, spécialistes d'activité physique et sportive), qui pourront ainsi partager régulièrement leur expertise et améliorer la qualité de la prise en charge des patients.

ÉTUDIER DES PROTOCOLES D'ACTIVITÉ PHYSIQUE ADAPTÉS À CERTAINES POPULATIONS

À ce jour, nous manquons de protocoles précis proposant une activité physique adaptée aux personnes handicapées (handicapés mentaux et moteurs) et répondant aux souhaits des patients. Il faudrait étudier l'impact de ces protocoles sur l'acquisition de compétences (coordinations, développement cognitif, affectif, social...). Il paraît nécessaire de pouvoir élaborer des programmes d'activités physiques diversifiés dans leurs objectifs (développement de la coordination, de la force, de l'endurance, de l'autonomie...), et de pouvoir les comparer sur des populations ciblées pour juger objectivement de leur efficacité. Le groupe d'experts recommande de développer des expériences pilotes comparant différents protocoles avant de les proposer à une large population.

Dans le même ordre d'idée, le groupe d'experts recommande la mise en place de protocoles de suivi de patients présentant des troubles psychiques, des personnes isolées, parfois âgées, soumises à des difficultés psychosociologiques car on assiste souvent à un abandon rapide des programmes d'activité physique, par manque d'encadrement et de motivation.

ÉTUDIER DES PROGRAMMES DE PRÉVENTION DES ACCIDENTS ET DES DOMMAGES POUR LA SANTÉ

Certaines pratiques sportives, même de loisir, augmentent les probabilités de blessures, ce qui pour certaines d'entre elles, n'est pas sans retentissement sur les coûts, en termes d'économie de santé. C'est notamment le cas, très

fréquent, des ruptures du ligament croisé antéro-externe, tout particulièrement chez la femme. Il paraît donc urgent de proposer à des populations d'adultes jeunes des programmes de prévention de ces accidents, qui ont déjà fait leurs preuves sur des populations et des sports ciblés, et de les élargir à d'autres pratiques sportives. Le but étant double : d'une part, diminuer le nombre d'interventions chirurgicales et d'arrêt de travail, d'autre part, limiter l'évolution vers l'arthrose du genou à moyen et long termes.

La pratique sportive intensive peut conduire à des conduites addictives, au retentissement psychologique (investissement exclusif de l'entraînement désorganisant la vie professionnelle et familiale, augmentation de la tolérance à son exercice, poursuite irrépressible de son activité avec déni, en cas de blessure ou de maladie, contrôle obsessionnel de son poids...) et somatique (fatigue, syndrome dépressif, troubles du sommeil) particulièrement sensible à l'arrêt de l'activité, constituant un véritable syndrome de sevrage. Le groupe d'experts recommande de mener des travaux dans ce domaine afin d'identifier des facteurs de vulnérabilité et des charges d'entraînement susceptibles d'induire ces troubles en fonction de l'âge, du sexe et du type de pratique.

Il recommande de poursuivre les études sur les mécanismes de l'addiction à l'activité physique. Sont-ils les mêmes que pour l'addiction aux substances ?

DÉVELOPPER DES RECHERCHES SUR L'EFFET DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE SUR LES MALADIES MÉTABOLIQUES

Il est bien démontré que le niveau d'activité physique exerce une influence sur la prévalence des maladies métaboliques (obésité, diabète de type 2 et syndrome métabolique). Les mécanismes sont en partie élucidés, les faits les mieux établis reposent sur l'amélioration de la sensibilité à l'insuline. Cependant, de nombreuses questions se posent concernant les interactions entre la physiologie du tissu adipeux, la réponse à l'entraînement et les facteurs de risque. La surcharge pondérale seule ne rend pas compte de la totalité du risque cardiovasculaire lié à l'obésité, et l'exercice physique semble exercer un effet protecteur qui ne se résume pas à l'action sur la réduction de la masse grasse. On peut illustrer ce point en soulignant l'émergence d'un concept récent attribuant au tissu adipeux un rôle sur la production d'un état inflammatoire par le biais de différentes cytokines, cet état serait en partie responsable des facteurs de risque. Le groupe d'experts recommande de poursuivre les études qui permettront d'appréhender les liens de causalité entre l'obésité, la sédentarité et les facteurs de risque avec pour corollaire les limites d'efficacité de l'augmentation du niveau d'activité physique, et le niveau de réponse.

De façon plus générale, l'adipocyte est de plus en plus considéré comme une cellule sécrétant des messagers et qui assure de ce fait une fonction quasi-métabolique. Le rôle de l'exercice physique sur cette fonction mérite d'être étudié.

DÉVELOPPER DES ÉTUDES SUR L'EFFET DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE SUR LA PRÉVENTION DES MALADIES CARDIAQUES

De nombreux travaux ont montré que l'entraînement physique réduisait la morbidité et la mortalité cardiaque par une action sur les facteurs de risque tels que le profil lipoprotéique, la tension artérielle, la coagulation et la physiologie de l'endothélium. En plus de ces actions, l'entraînement physique assure une cardioprotection spécifique contre les dommages cardiaques des épisodes d'ischémie reperfusion observés lors de la maladie coronaire. Pour progresser dans la compréhension et le traitement des lésions cardiaques résultant des épisodes d'ischémie reperfusion, des recherches sont nécessaires dans le domaine de l'effet cardioprotecteur spécifique de l'entraînement physique. Ces recherches doivent porter sur l'action de l'entraînement physique sur les fonctions des mitochondries cardiaques et la protection contre la production de radicaux libres. L'entraînement physique semble également réduire l'apoptose des cellules cardiaques par des mécanismes mal connus qui mériteraient d'être approfondis. Par ailleurs, il a été émis l'hypothèse que les phénomènes de signalisation partant du sarcolemme sont modifiés par l'exercice musculaire. Le groupe d'experts recommande de promouvoir des travaux sur ces différentes pistes qui permettraient de progresser dans la prise en charge des lésions cardiaques induites par l'ischémie.

DÉVELOPPER DES RECHERCHES SUR LES MÉCANISMES EN LIEN AVEC LE CANCER

Quels sont les mécanismes de l'effet protecteur de l'activité physique régulière en prévention primaire du cancer ? En prévention secondaire ? Sur la tolérance au traitement (mécanismes de l'effet de l'activité physique régulière sur la diminution de la fatigue) ? Il est bien démontré que l'exercice physique agit sur un ensemble d'axes hormonaux impliqués dans les mécanismes des cancers tels que les hormones stéroïdiennes ou l'axe des somatomédines. En revanche, les relations entre ces modifications et les protéines agissant sur la croissance et la différenciation cellulaire telles que p53 méritent d'être précisées. Le groupe d'experts recommande d'approfondir les mécanismes susceptibles d'intervenir dans l'effet préventif et curatif (en association au traitement) de l'activité physique sur certains cancers.

DÉVELOPPER DES RECHERCHES EN LIEN AVEC LE VIEILLISSEMENT ET LA SARCOPÉNIE

Le vieillissement se traduit par une diminution globale de l'aptitude physique à la fois sur le plan métabolique, cardiovasculaire et de la fonction contractile des muscles. Il est bien démontré aujourd'hui que l'entraînement

physique peut réduire cette diminution en agissant sur les capacités d'endurance ou de force musculaire. Par ailleurs, les déterminants moléculaires de la réponse du muscle squelettique et du myocarde à l'entraînement physique font l'objet de nombreuses études et permettent d'établir une hiérarchie des mécanismes de réponse à l'entraînement en endurance ou en force. D'un côté, l'entraînement en endurance augmente les capacités oxydatives du muscle ; de l'autre, l'entraînement en force se traduit par une stimulation des mécanismes moléculaires de la croissance musculaire. Des données récentes montrent que ces deux voies de réponse à l'entraînement peuvent soit coopérer soit s'inhiber mutuellement. La connaissance des mécanismes permet de préciser la meilleure association entre l'entraînement en endurance ou en force pour un résultat optimal sur le plan des fonctions musculaires. L'étude des mécanismes moléculaires de la réponse aux différents types d'entraînement est nécessaire lors des processus de vieillissement afin de préciser la nature des plans d'entraînement les plus efficaces. Une des conséquences les plus pénalisantes du vieillissement pour les fonctions locomotrices est l'atrophie musculaire. Les mécanismes mis en jeu dans la prévention de l'atrophie musculaire par l'entraînement physique sont mal connus. Le groupe d'experts recommande de préciser les relations entre les voies de dégradation et les voies de la régénération, voire de néosynthèse, des fibres musculaires. Ce type d'étude doit être mené pour les différentes étapes du vieillissement, en associant les paramètres d'apport nutritif aux différentes modalités d'entraînement physique.

DÉVELOPPER DES RECHERCHES SUR LES MÉCANISMES D'ACTION DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE SUR LES FONCTIONS CÉRÉBRALES ET LA SANTÉ MENTALE

Il est démontré que l'activité physique influence la plasticité synaptique et la neurogenèse. Il a été établi par ailleurs une action sur les différents neuro-médiateurs impliqués dans la régulation des comportements. Enfin, il est établi que l'exercice physique augmente le débit sanguin cérébral. En revanche, le lien fonctionnel entre ces différents facteurs du fonctionnement cérébral et l'action préventive sur certaines pathologies mentales comme la dépression ou les pathologies cognitives du vieillissement n'est pas établi. La connaissance de ces relations permettrait de préciser les modalités d'entraînement physique les plus efficaces pour chaque type de prévention. On peut également classer dans les propositions de recherche sur la prévention des maladies de la sphère comportementale, les études sur les relations entre l'activité physique et les mécanismes biologiques du sommeil et des rythmes nyctéméraux. L'activité physique agit comme un puissant synchroniseur des rythmes biologiques avec de multiples conséquences sur les comportements. Les mécanismes au niveau moléculaire sont encore mal connus et méritent des études pour établir des recommandations dans le domaine de la santé mentale.

PROPOSER DES ÉTUDES SUR LE RÔLE DES TISSUS DE SOUTIEN SUR LE MÉTABOLISME ÉNERGÉTIQUE

Il semble nécessaire d'établir un état des lieux sur l'existence d'un effet dose et l'existence d'un effet seuil sur les mécanismes de la réponse biologique à l'activité physique régulière des tissus de soutien, os et muscle, en relation avec les systèmes de régulation du débit énergétique. Les tissus de soutien enregistrent le niveau des contraintes mécaniques et métaboliques par le biais de récepteurs spécifiques. Il vient d'être récemment démontré que l'os peut réguler le métabolisme énergétique par le biais de l'ostéocalcine. Ce médiateur du métabolisme osseux qui réagit aux contraintes mécaniques est capable de réduire la lipogenèse et de réguler le métabolisme glucidique en agissant sur la sécrétion d'insuline et d'adiponectine. Par ailleurs, il a été démontré que l'entraînement physique agit sur l'ostéocalcine. Il semble donc logique de proposer l'étude de l'action des contraintes mécaniques subies par l'os sur la régulation du métabolisme en réponse à l'entraînement. Par ailleurs, le niveau de développement des tissus de soutien reflète l'ensemble des contraintes mécaniques imposées par l'exercice physique, on peut penser qu'il existe un lien fonctionnel entre le développement des structures et leur fourniture énergétique. Le groupe d'experts préconise d'approfondir la connaissance de ces mécanismes, ce qui conduirait à préciser le type d'activités physiques permettant le meilleur développement des structures de soutien pour la meilleure adaptation énergétique.

ÉTUDIER LA PRÉDICTIBILITÉ DE LA RÉPONSE BIOLOGIQUE

Les résultats de plusieurs études montrent que la réponse à l'entraînement physique en général est influencée par le patrimoine génétique. Par ailleurs, il semble que la réponse à un type d'activité spécifique puisse moduler l'expression de génotype prédisposant à des facteurs pathologiques. Ce type d'effet n'a été envisagé que pour un nombre restreint d'interactions entre type d'entraînement physique et facteurs de risque. À titre d'exemple, on peut citer les effets protecteurs de l'entraînement en endurance sur le risque de développer une hypertension artérielle alors que l'entraînement dans les activités de force/vitesse ne semble pas avoir le même impact. À partir des données épidémiologiques bien établies, le groupe d'experts recommande d'étudier les mécanismes d'action et la prédictibilité de la réponse à un type d'entraînement donné.

Communications

Promotion de l'activité physique : définir des stratégies intégrées en Europe

L'impact de l'activité physique sur la santé est bien établi à la fois au niveau individuel et populationnel (*Centers for Disease Control and prevention*, 1996 ; Oja et Borms, 2004 ; Bouchard et coll., 2007) et son importance, en terme de santé publique, a été reconnue par des documents récents de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et de la Direction générale de la santé et de la protection des consommateurs (DG Sanco) de la Commission européenne (OMS, 2004 ; Branca et coll., 2007 ; CE, 2007). Cependant, les experts dans le domaine de la promotion de l'activité physique sont encore peu nombreux et, parmi les décideurs, l'attitude qui consiste à affirmer, en matière d'activité physique, que « tout le monde peut en faire, ce n'est qu'une question de motivation » reste fréquente.

Même les experts en promotion de la santé en sont souvent convaincus : avec des moyens suffisants, il serait aisé d'avoir un impact considérable sur l'activité physique de la population. La Suisse a vécu un échec retentissant dans ce domaine en 2002. Il s'agissait de mettre en place une intervention de promotion de l'activité physique à grande échelle (Martin et Schlatter, 2003) : le « Défi-santé » créé par des experts en communication et en santé publique avec des organisations partenaires. Ce programme visait les personnes physiquement inactives, c'est-à-dire celles qui font moins d'une demi-heure d'activité physique d'intensité modérée 5 jours par semaine ou d'intensité élevée 3 jours par semaine. Elles étaient encouragées, par l'intermédiaire de la télévision et de la presse écrite, à augmenter leur activité physique et à la maintenir au-delà de 3 mois. Malgré des cadeaux très attractifs (loterie, année gratuite de souscription à une assurance complémentaire santé et assurance santé...), ce programme fut un échec. Alors que les organisateurs attendaient entre 1 000 et 10 000 participants seulement 55 personnes se sont inscrites. À la fin de l'intervention, seulement 8 personnes indiquaient être parvenues aux objectifs fixés !

Différentes raisons pour expliquer cet échec ont été évoquées : l'intervention n'avait pas été suffisamment remarquée par le grand public et le message n'avait pas atteint la population cible (personnes inactives physiquement) ; l'intervention n'avait pas été comprise ; les éléments de motivation utilisés étaient inappropriés. En fait, d'après les différentes enquêtes réalisées pour mieux analyser cet échec, il semble qu'une part importante des personnes insuffisamment actives physiquement ne se sont pas senties comme faisant

partie de la population ciblée par le Défi-santé. Cette expérience a donc mis en lumière les limites d'une approche fondée sur une communication isolée et la nécessité d'une approche intégrée pour promouvoir l'activité physique.

Vers un modèle de promotion de l'activité physique

Il existe un certain nombre de pays dans lesquels existe une tradition de promotion de l'activité physique et ces démarches ont été décrites et analysées par différents auteurs (Foster, 2000 ; Edwards, 2004 ; Cavill et coll., 2006a). La Finlande a été le premier pays européen à développer une approche intégrée de la promotion de la santé à travers l'activité physique (HEPA pour *Health-Enhancing Physical Activity*). Un modèle utilisé par l'Institut Finlandais de la santé publique pour illustrer les rôles respectifs de l'individu et de la société dans les comportements de santé peut être adapté aux comportements d'activité physique (figure 1).

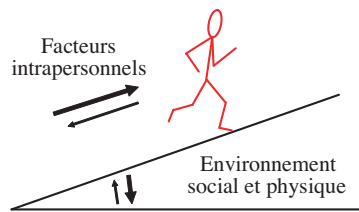


Figure 1 : Rôle des facteurs intrapersonnels et de l'environnement social et physique sur les comportements d'activité physique

Bien que les facteurs intrapersonnels (attitudes, valeurs, attentes, capacités, compétences...) jouent un rôle au niveau individuel, une importance croissante est accordée aux facteurs d'environnement social et physique. Les changements opérés au sein des familles, de l'offre de sports, des infrastructures de transport ou des conditions de logement sont susceptibles d'avoir une influence sur l'activité physique, non seulement au niveau individuel mais également des groupes (figure 2).

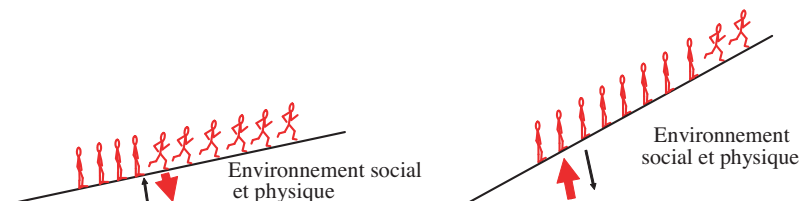


Figure 2 : Effets des changements de l'environnement social et physique sur les profils d'activité physique au niveau de la population

Dans une approche systématique fondée sur les preuves, la question clé est non seulement la compréhension des déterminants des comportements d'activité physique, mais aussi la communication sur les principes et les mécanismes de la promotion de la santé à travers l'activité physique. Le réseau européen pour la promotion de la santé par l'activité physique (HEPA Europe network) a développé un cadre pour la promotion de l'activité physique inspiré d'autres modèles (Martin-Diener et coll., soumis). Les deux éléments de base du cadre proposé sont d'une part un enchaînement de différents niveaux de promotion de la santé par l'activité physique qui commence par un processus politique et qui se termine avec l'effet sur la santé et d'autre part une structure globale cyclique avec l'évaluation comme lien essentiel entre les éléments du système (figure 3).

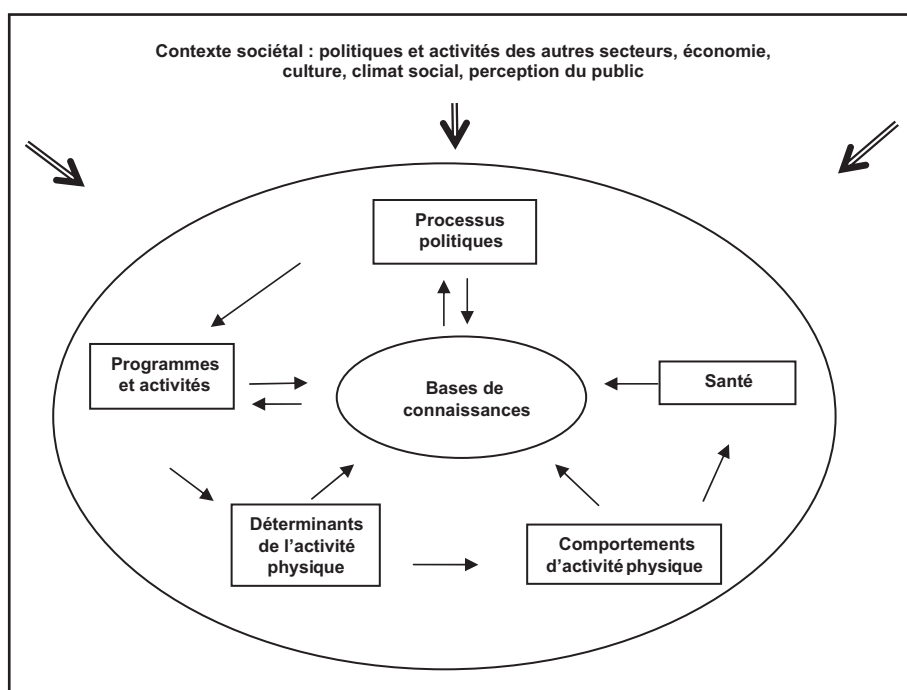


Figure 3 : Schéma du modèle HEPA Europe pour la promotion de l'activité physique

Le lien causal entre le comportement d'activité physique et la santé peut être mis en lumière afin de souligner que l'activité physique a des effets sur les dimensions biologiques, psychologiques et sociales de la santé. Le comportement d'activité physique peut être appréhendé comme une activité spécifique telle que la marche, une discipline sportive ou une activité de loisir (comme le tennis par exemple), mais il peut être également appréhendé dans son ensemble comme l'activité physique globale ou totale. Les différents types

d'activité physique concernent les activités de loisir (incluant les sports), l'activité physique durant le travail (ou à l'école chez les enfants), l'activité physique dans l'environnement domestique et celle liée aux transports. Dans le contexte de la santé, l'activité physique est généralement définie par sa durée, sa fréquence et son intensité. Pour certains effets sur la santé, par exemple les effets sociaux ou psychologiques, le contexte de l'activité physique constitue une dimension supplémentaire de grande importance.

Différents facteurs peuvent être corrélés ou être des déterminants du comportement d'activité physique. Les facteurs « non modifiables » (c'est-à-dire sur lesquels aucune action peut intervenir) incluent l'âge, le sexe et les facteurs héréditaires mais aussi l'appartenance ethnique et le climat. Les facteurs « modifiables » peuvent être répartis en trois groupes : les déterminants intrapersonnels, les facteurs liés à l'environnement social et ceux liés à l'environnement physique (figure 2). Ces différents facteurs peuvent aussi dépendre les uns des autres et certains d'entre eux peuvent avoir des effets sur un type spécifique d'activité physique et pas sur un autre. Alors que les programmes et les activités doivent tenir compte des facteurs « non modifiables » des groupes cibles, ils ont généralement pour objectif de changer les facteurs de comportement modifiables. Il existe une large gamme de schémas pour caractériser les interventions de promotion de l'activité physique. Selon le schéma proposé par le groupe HEPA Europe, on peut distinguer les 4 groupes suivants : des activités structurées telles que des classes d'éducation physique et sportive (EPS), des activités dans des environnements attrayants, du conseil et du *coaching*, des campagnes et de l'événementiel. La mise en place de ces mesures implique différentes phases telles que le développement et la coordination, la formation de médiateurs ou incitateurs, un réel soutien financier ou technique. Les interventions peuvent être décrites par secteur impliqué (tel que la santé, le sport ou le secteur des transports...) et en fonction du niveau géographique (du local à l'international). Bien que cela ne soit pas toujours le cas, les programmes et activités sont idéalement fondés sur un processus de décision politique correspondant à « des codes formalisés écrits, des régulations ou décisions soutenues par l'autorité légale, des standards écrits aidant au choix tels que des *guidelines* ou des normes sociales non écrites » (Schmid et coll., 2006).

Afin de fournir un retour des informations et d'éviter les situations où l'activisme prédomine, l'évaluation est essentielle. Les expériences pratiques et les preuves les plus facilement disponibles doivent être collectées systématiquement à tous les niveaux. Elles doivent être mises à disposition non seulement des experts et décideurs des politiques concernées, mais également des acteurs impliqués dans les programmes. Finalement, nous devons prendre en compte le fait que dans la vie quotidienne, non seulement nos politiques et interventions, mais aussi d'autres facteurs tels que le climat social, l'économie et les interventions dans d'autres secteurs influencent le succès des actions de santé publique. Le rôle de ces facteurs est reconnu comme élément du contexte sociétal et devrait idéalement être pris en considération dans le planning et l'implantation de politiques d'interventions.

Le schéma proposé par le réseau HEPA Europe donne une vue d'ensemble des relations générales, des facteurs potentiellement causaux et des mécanismes de promotion d'une activité physique favorable à la santé (HEPA). Il a déjà été utilisé avec succès en matière de communication en direction de publics variés et il illustre le fait que la base de connaissances (« *evidence base* ») doit jouer un rôle central pour assurer l'utilisation des preuves disponibles et pour l'utilisation optimale des ressources. Afin de mettre en lumière des aspects plus précis de la promotion de l'activité physique, des niveaux ou des relations sélectionnés peuvent être « zoomés » et discutés en détail en utilisant d'autres modèles spécifiques.

Rôle des sports

Le rôle des activités spécifiquement sportives est souvent discuté dans la promotion de la santé par l'activité physique. Il y a des différences culturelles considérables dans la définition du « sport » qui peut aller des « disciplines olympiques exclusivement » aux « sports organisés à l'école et en clubs », et « toute activité sans but utilitaire » jusqu'à « toute activité physique incluant la marche ou le vélo comme moyen de transport ». Ces différences de contextes historiques et culturels se reflètent dans les différences importantes de participation au sport rapportées dans l'enquête Eurobaromètre 2004 où la proportion de personnes ne faisant ni exercice ni sport varie de 4 % à 66 % dans 25 pays membres de l'Union Européenne (Commission européenne, 2004).

Ces dernières années, la participation à certains sports traditionnels a diminué et certains clubs de sport ont constaté une diminution du nombre d'inscription chez les jeunes. Ces observations peuvent souvent être expliquées par des changements démographiques, par l'importante augmentation du nombre de disciplines sportives et par la tendance à recruter des membres de club toujours plus jeunes. Dans le même temps, l'offre commerciale telle que les clubs de « *fitness* », les activités organisées en dehors des clubs traditionnels telles que les « nuits du skate » et de nombreuses autres activités individuelles se sont largement développées. L'éducation physique à l'école diffère des sports pratiqués en club et de ceux pratiqués dans un contexte commercial ou individuel dans le sens où elle concerne tous les élèves et pas seulement ceux qui sont particulièrement intéressés. Malheureusement, elle n'est souvent pas prioritaire par rapport à d'autres matières scolaires et l'éducation physique est plus vulnérable aux contraintes budgétaires.

Dans les quelques pays où le niveau habituel d'activité physique a augmenté au cours des dernières années, le phénomène a souvent été attribué au sport et aux activités de loisir alors que des améliorations au niveau des activités de la vie quotidienne étaient moins souvent observées.

Une des questions qui se pose fréquemment est la contribution potentielle des sports dans l'amélioration de la santé par l'activité physique. Une analyse des données de l'enquête suisse sur la santé 2002 (Lamprecht et Stamm,

2005) montre que dans un pays où le sport s’entend dans le sens utilisé en Europe, il existe une forte corrélation entre le sport et les comportements d’activité physique favorables à la santé (HEPA). Mais, même parmi les personnes qui disent ne pas faire de sport, 26 % suivent les recommandations minimales d’activité physique favorables à la santé et 40 % suivent seulement les recommandations de durée hebdomadaire totale mais pas la fréquence recommandée par semaine (figure 4).

Les perspectives pour le développement futur du secteur du sport dépendent évidemment des situations spécifiques propres à chaque pays. Dans les pays qui ont déjà connu un fort développement du sport pour tous dans le passé, l’enjeu sera de maintenir le niveau élevé de participation, l’accès aux infrastructures et le système de travail bénévole qui accompagne généralement ce développement. Dans d’autres pays au passé culturel et historique différent, une augmentation réelle du sport et une contribution supplémentaire de celui-ci semblent possibles pour promouvoir l’activité physique.

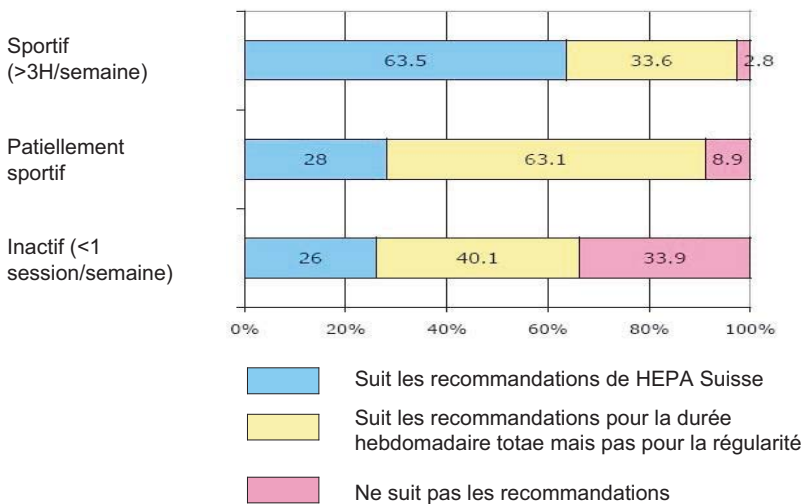


Figure 4 : Comportement d’activité physique selon le comportement sportif dans l’enquête suisse sur la santé 2002

Le rôle du secteur du sport dans la promotion de l’activité physique peut prendre différentes formes. Il peut s’agir d’un développement indépendant avec peu de coopération entre sport proprement dit et promotion d’une activité physique favorable à la santé (HEPA), ou d’un partenariat réel entre les deux secteurs dans lequel les sports peuvent apporter leur important pouvoir de motivation et leur investissement volontaire traditionnellement fort, et dans quelques pays le secteur du sport a même un rôle majeur dans la promotion de l’activité physique favorable à la santé. Dans tous les cas, le principal défi reste d’atteindre la partie de la population qui n’est traditionnellement pas impliquée dans le

sport. Pour la promotion de l'activité physique favorable à la santé, la contribution des sports et de la culture est de toute évidence essentielle, mais ces deux secteurs ne peuvent pas représenter isolément « la » solution.

Rôle du niveau national illustré par l'exemple de la Suisse

Alors que la plupart des mesures de promotion de l'activité physique deviennent opérationnelles au niveau local, l'approche nationale reste d'une grande importance pour le soutien politique, mais aussi pour coordonner les campagnes et les programmes. La Finlande et plus récemment le Royaume-Uni et les Pays-Bas ont été les premiers pays européens à développer des stratégies nationales de promotion de l'activité physique pour la santé (Foster, 2000). D'autres les ont rejoint depuis et leurs rapports sont répertoriés dans l'inventaire des documents des politiques de promotion établi par le réseau HEPA Europe⁹⁵. Parmi ces pays, la Suisse a défini sa conception d'une politique du sport avec comme objectif pour 2000 « plus de personnes actives physiquement ». Un des documents de suivi de cette politique se rapporte à la composante activité physique de la stratégie nationale suisse sur la nutrition, l'activité physique et la santé (figure 5) développée au premier semestre 2007. Les paragraphes suivants sont basés sur les éléments centraux de ce document. Ils prennent en compte les récentes discussions et développements engagés dans les secteurs du sport et de la santé à la fois aux niveaux national et local.

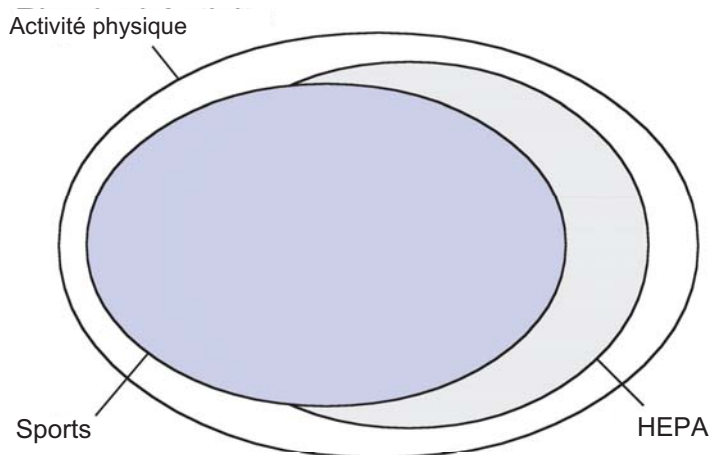


Figure 5 : Relation entre activité physique, activité physique pour la santé HEPA et sports au sein de la composante activité physique de la stratégie nationale de nutrition, de l'activité physique et de la santé en Suisse

95. www.euro.who.int/hepa

Comme le document a été élaboré conjointement par l'Office fédéral de santé publique et par celui des sports, une approche commune de l'activité physique a d'abord été définie en premier. L'activité physique pour la santé HEPA répond aux exigences minimales de fréquence, de durée et d'intensité selon les recommandations nationales, avec le minimum d'effets indésirables et de risques pour la santé. Les sports comme certaines activités quotidiennes peuvent répondre à ces critères.

Les documents décrivent ensuite la situation en Suisse. Le sport pour tous est bien développé, les infrastructures pour les sports aussi bien que pour la randonnée sont satisfaisantes, et la majorité des enfants vont à l'école à pied ou en vélo. Néanmoins, environ les deux tiers des adultes suisses sont considérés comme insuffisamment actifs physiquement et l'impact économique correspondant est estimé à au moins 2 900 morts prématurées (pour une population de 7,1 millions) tandis que les coûts directs de santé atteindraient 1,6 milliard d'euros par an. Comme dans beaucoup d'autres pays, les données concernant le comportement d'activité physique des enfants ne sont pas encore disponibles, mais il existe un intérêt croissant pour l'activité physique de ce groupe d'âge. Il y a des indications en faveur d'une augmentation récente des comportements sportifs, mais l'activité physique dans la vie de tous les jours semble diminuer (Office fédéral suisse des sports, 2006). Ceci peut indiquer que non seulement la santé, le sport et l'éducation mais également d'autres secteurs comme les transports, la planification urbaine et l'environnement ont un impact sur le comportement d'activité physique.

Globalement les défis sont multiples : les forces existantes consacrées à l'activité physique et au sport en Suisse doivent être maintenues et adaptées aux changements de la société. En même temps, il est nécessaire d'identifier les groupes pour lesquels il faut mettre en place des programmes et développer de nouvelles approches.

Dans la vision de la stratégie nationale, tous les sous-groupes de la population ont l'opportunité de faire des activités physiques et du sport au quotidien et peuvent être motivés pour les pratiquer. L'environnement est un soutien pour les activités à la maison, au travail, à l'école, dans les transports et pendant les loisirs. Des priorités pour des groupes d'âge spécifiques ont été proposées par un groupe d'experts à l'Office fédéral suisse des sports (tableau I).

Les différents niveaux d'activité sont discutés sur la base du cadre conceptuel du groupe HEPA Europe présenté plus haut. Au niveau politique, les bases légales ou même constitutionnelles existent concernant l'éducation physique à l'école, le programme national de formation des *coachs* Sport et Jeune et le soutien financier pour les clubs de sport (Office fédéral suisse des sports et coll., 2006). D'importantes bases légales concernent également le droit d'accès aux forêts et prairies, aux sentiers piétons et aux chemins de randonnée. La législation des pistes cyclables ou de la planification urbaine pourrait apporter d'autres progrès. Dans la promotion des sports et de l'activité physique, l'implication du secteur privé et des bénévoles joue un rôle très important. Par exem-

ple, au sein des 22 000 associations sportives qui comptent 1,5 million de membres actifs, on compte 300 000 bénévoles. C'est également le cas pour beaucoup d'organisations qui ont des liens étroits avec l'activité physique comme les scouts, les Amis de la nature, ou l'association cycliste « Pro Vélo » mais également pour les associations de parents ou les groupes de citoyens qui peuvent avoir une influence positive pour la création d'un environnement favorable aux activités physiques. L'activité physique et les sports ont d'autres effets positifs que ceux concernant la santé : l'école, les employeurs, le secteur commercial, les organisations touristiques deviennent des promoteurs actifs non pas à cause de la législation, mais du fait de leur propre initiative. La réussite des offres et des mesures en matière d'environnement favorable à l'activité physique est souvent liée à la collaboration entre les institutions publiques et leurs partenaires pour encourager et faciliter l'initiative privée.

Tableau I : Priorités pour un comportement favorable à l'activité physique et aux sports dans des groupes d'âge spécifiques proposées par un groupe d'experts à l'Office fédéral suisse des sports

Groupes d'âge	Priorités proposées
Petits enfants (0-5 ans)	Les personnes en charge des petits enfants fournissent un environnement optimal pour l'activité physique et le jeu
Enfants (5-12 ans)	Le sport et les activités physiques régulières font partie de la vie quotidienne comme se brosser les dents. Une grande variété d'offres touche tous les enfants
Adolescents (12-18 ans)	Les institutions éducatives soutiennent activement les sports et l'activité physique. Le temps de loisir actif et les transports actifs sont encouragés
Jeunes adultes (18-30 ans)	Une grande variété de possibilités de sports et d'activités physiques donne l'opportunité d'augmenter et de maintenir les performances et d'atteindre les buts personnels
Adultes actifs	Les offres et les possibilités se focalisent sur les comportements quotidiens, la santé et l'équilibre vie-travail
Adultes retraités	L'activité physique et le sport réguliers sont une importante ressource pour fonctionner dans la vie quotidienne, pour le bien-être et pour l'autonomie. Ils donnent des opportunités de contacts sociaux

Les quatre catégories de programmes et d'activités du schéma de promotion proposé par le réseau européen HEPA sont également introduites, commentées, et illustrées par des exemples nationaux. Le conseil et le *coaching* ont pour but l'amélioration des déterminants individuels de l'activité physique ; ils peuvent permettre aux individus de mieux utiliser leur environnement social et physique. Les activités structurées jouent un rôle très important dans le sport, dans l'industrie du « *fitness* » ou, par exemple, dans les cours de sécurité pour le cyclisme. Dans ce domaine, les connaissances et les compétences peuvent être enseignées et les attitudes peuvent être influencées. L'offre d'activités structurées représente une part de l'environnement physi-

que. Une part importante de l'environnement favorable à l'activité physique est l'environnement construit qui est généralement plus influencé par les autres secteurs que ne le sont la santé ou les sports. Pour un effet optimal sur les comportements de santé, les changements au niveau de l'environnement physique sont combinés avec des mesures qui influencent aussi des facteurs intrapersonnels et l'environnement social. Les campagnes et l'événementiel peuvent avoir une influence sur les connaissances, les attitudes et l'environnement social. Néanmoins, pour avoir un effet à long terme sur les comportements d'activité physique, ils doivent généralement être combinés à d'autres mesures. Pour concevoir les campagnes d'information et l'événementiel, il est nécessaire de prendre en compte le fait que dans beaucoup de groupes de population l'attitude vis-à-vis de l'activité physique est déjà très positive, que l'activité physique est bien acceptée comme une source de santé importante, et que les campagnes doivent être très spécifiquement ciblées pour garantir une utilisation optimale des ressources. Dans toutes les mesures de la promotion de l'activité physique et du sport, la prévention des accidents est un aspect central. Elle permet non seulement de réduire les risques potentiels, mais également d'amplifier l'efficacité des interventions sur les changements de comportements en réduisant les risques perçus.

Un certain nombre d'aspects méritent d'être discutés du fait de leur rôle dans la promotion de la santé et dans la promotion HEPA en particulier. L'implantation familiale est essentielle à la fois pour les enfants et pour les adultes non impliqués dans le monde du travail. Toutefois, elle peut être difficile à mettre en œuvre en particulier dans les populations démunies. L'école présente le grand avantage de pouvoir atteindre les enfants (et indirectement leur famille) de tous les groupes socioculturels, mais les institutions éducatives doivent souvent gérer une pléthore d'interventions qu'elles sont supposées mettre en œuvre dans les buts les plus variés. Le lieu de travail présente les mêmes avantages pour les personnes intégrées dans le monde du travail. Cependant, à ce niveau les recommandations d'activité physique peuvent avoir besoin d'être adaptées aux exigences physiques du travail en question et peuvent amener à rendre le travail plus difficile. Les groupes communautaires ont le potentiel non seulement d'atteindre un grand nombre de personnes, mais également d'utiliser le processus politique pour changer l'environnement social et physique. Tous les habitants ne peuvent pas être atteints par des voies officielles de la même façon, et des mesures spécifiques peuvent être nécessaires pour certains sous-groupes. Les clubs et associations peuvent être des lieux de mise en œuvre importants pour les communautés que ce soit des clubs de sport, des associations culturelles ou de migrants. Pour atteindre les personnes inactives, les soins de santé primaire avec le médecin de famille ont un rôle essentiel. Dans les pays où l'offre et les structures pour le public général sont déjà bien installées, les mesures visant à atteindre de nouveaux groupes cibles devront être de plus en plus spécifiques.

Même dans les pays ayant une multitude d'activités physiques et une tradition fédéraliste forte, il est nécessaire de pouvoir accéder aux résultats et

expériences, d'évaluer les programmes et les modèles d'intervention, d'identifier les lacunes et d'initier de nouveaux programmes et ainsi de garantir une utilisation optimale des ressources. C'est le rôle du réseau national HEPA Suisse qui est piloté conjointement par l'Office fédéral du sport et de la santé publique, par la Fondation de promotion de la santé et par le Bureau fédéral suisse de la prévention des accidents et qui compte maintenant plus de 100 organisations membres. Un autre élément important dans ce contexte est la mise en place d'un système de suivi de l'activité physique et des comportements sportifs comme il en existe déjà un pour les adultes suisses. La mise en place d'un système similaire pour les enfants représente un besoin urgent pour le futur.

Rôle de la coopération internationale

Le nombre de congrès et de publications portant sur l'activité physique et la santé a considérablement augmenté au cours des dernières années et les organisations internationales ont joué un rôle essentiel pour promouvoir le concept d'activité physique régulière pour la santé. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a joué un rôle important avec l'initiative globale OMS pour une vie active, la journée « bouger pour la santé », la stratégie globale pour la nutrition, l'activité physique et la santé ainsi que la conférence ministérielle européenne de 2006 de lutte contre l'obésité.

L'organisation non gouvernementale *Agita Mundo* et l'Alliance globale pour l'activité physique (GAPA, *Global Alliance for Physical Activity*) fournissent une plateforme globale qui facilite les échanges et soutient le développement de stratégies nationales pour la promotion de l'activité physique. Des ressemblances à la fois pratiques et culturelles ont favorisé une structure européenne et de 1996 à 2001, le premier réseau européen pour la promotion de la santé par l'activité physique a existé en tant que programme financé par l'Union Européenne (Vuori, 2005). Les productions spécifiques du réseau ont été influentes du fait de leurs contenus et à cause du processus qui a permis leur développement. Par exemple, l'inclusion de « Allez Hop ! » dans les analyses pour le « *Guideline* pour les programmes de promotion de la santé par l'activité physique » a eu un impact politique à l'échelle nationale en Suisse et a apporté d'autres soutiens pour le projet (Foster, 2000).

Après l'arrêt en 2001 du financement du premier réseau européen de promotion de la santé par l'activité physique, il n'y avait plus de plateforme européenne pour le développement de stratégies nationales de promotion du concept HEPA. En même temps, de nombreuses expériences étaient menées et de nouvelles informations accumulées mais ces informations n'étaient souvent pas disponibles pour les acteurs de la promotion de la santé sur le terrain ou dans les administrations nationales concernées.

Ainsi, HEPA Europe, le nouveau réseau européen pour la promotion de la santé par le sport a été créé à l'Académie danoise d'éducation physique et sportive de Gerlev en mai 2005. HEPA Europe travaille étroitement avec le bureau régional européen de l'OMS et contribue au développement de preuves fondées à la fois sur les effets de l'activité physique sur la santé et sur l'efficacité des approches de promotion de l'activité physique. Le réseau travaille à faciliter l'accès à ces données et à fournir des expertises spécifiques aux autres partenaires afin de contribuer au développement et à la mise en place de politiques nationales et de stratégies de promotion de l'activité physique favorable à la santé en Europe. Ce réseau vise à développer, soutenir et diffuser les stratégies efficaces, les programmes, les approches et autres exemples de bonne pratique. Il le fait en organisant des colloques annuels du réseau pour ses membres et en animant un site Internet⁹⁶.

L'utilisation pratique de la promotion de l'activité physique et les approches intersectorielles représentent des priorités pour le réseau HEPA Europe. Certains projets du réseau incluent des études de cas de collaboration entre le secteur de la promotion de l'activité physique et le secteur des transports (Thommen Dombois et coll., 2006), une plaquette de recommandations sur l'activité physique et la santé (Cavill et coll., 2006b), une revue critique des effets de l'activité physique sur la santé à partir de l'analyse des investissements (en terme de coût-bénéfice et de coût-efficacité) en infrastructures et en politiques de transport. Une liste détaillée des projets et activités de HEPA Europe est disponible sur le site Internet du réseau.

Le rôle de l'activité physique dans la prévention du surpoids et de l'obésité est un aspect très important et la « Stratégie globale de l'OMS sur la nutrition, l'activité physique et la santé » (OMS, 2004) affirme : « L'alimentation et l'activité physique influencent la santé à la fois de façon conjuguée et séparée. Bien que les effets de l'alimentation et de l'activité physique sur la santé interagissent souvent, particulièrement en relation avec l'obésité, il existe des effets bénéfiques additionnels qui peuvent être obtenus à partir de l'activité physique indépendamment de la nutrition et de l'alimentation. De plus, il existe des risques nutritionnels indépendants de l'obésité. L'activité physique est un moyen fondamental pour améliorer la santé physique et mentale des personnes ».

Du fait que l'activité physique peut réduire substantiellement le risque de nombreuses pathologies, HEPA Europe reconnaît l'importance du problème de l'obésité, mais ne se limite pas à ce seul domaine de la promotion de l'activité physique.

En conclusion, ces différentes considérations montrent que la promotion de l'activité physique en Europe au XXI^e siècle est un sujet complexe. Cependant, l'activité physique et les sports sont des ressources pour la santé qui sont reconnues très facilement et la pratique de la promotion de l'activité physique en tant que telle est très gratifiante. La démarche au niveau de la population demande plus d'efforts qu'au niveau individuel, mais les expériences de la Finlande et du Canada en particulier montrent qu'une approche intégrée sur le long terme de promotion de l'activité physique peut être un succès au niveau national (Craig et coll., 2004).

Brian W. Martin, Eva Martin, Walter Mengisen

Institut fédéral Suisse du sport, Magglingen, Suisse

BIBLIOGRAPHIE

BOUCHARD C, BLAIR SN, HASKELL W. Physical activity and health. Champaign IL, Human Kinetics Inc, 2007

BRANCA F, NIKOGOSIAN H, LOBSTEIN T. The challenge of obesity in the WHO European Region and the strategies for response. Summary. Copenhagen, WHO, 2007

CAVILL N, FOSTER C, OJA P, MARTIN BW. An evidence-based approach to physical activity promotion and policy development in Europe: contrasting case studies. *Promotion and Education* 2006a, 8 : 104-111

CAVILL N, RACIOPPI F, KAHLMEIER S. Physical Activity and Health in Europe. Evidence for Action. Copenhagen: WHO, 2006b

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). Physical activity and health: a report of the Surgeon General. Atlanta GA, US Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, 1996

COMMISSION EUROPEENNE (CE). The citizens of the European Union and Sport. Special Eurobarometer 213 / Wave 62.0. TNS Opinion & Social. Brussels, European Commission, 2004

COMMISSION EUROPEENNE (CE). A Strategy for Europe on Nutrition, Overweight and Obesity related health issues. Brussels, Commission of the European Communities, 2007

CRAIG CL, RUSSELL SJ, CAMERON C, BAUMAN A. Twenty-year trends in physical activity among Canadian adults. *Canadian J Public Health* 2004, 95 : 59-64

EDWARDS P. ParticipAction: the mouse that roared. A marketing and health communications success story. *Can J Public Health* 2004, 95 (suppl 2) : S6-S13

FOSTER C. Guidelines for Health-Enhancing Physical Activity Promotion Programmes. Tampere, European Network for the Promotion of Health-Enhancing Physical Activity/UKK Institute for Health Promotion Research, 2000

LAMPRECHT M, STAMM HP. Observatorium Sport und Bewegung Schweiz. Bewegung, Sport und Gesundheit in der Schweiz. Auswertung der Schweizerischen Gesundheitsbefragung 2002. Zürich, L&S Sozialforschung und Beratung AG, 2005

MARTIN B, SCHLATTER B. Die „Gesundheitswette“ Erfahrungen aus einem massenmedialen Projekt zur Bewegungsförderung. Newsletter 1/2003. Sonderausgabe zur Frühjahrstagung 2003. Magglingen, Netzwerk Gesundheit und Bewegung Schweiz, 2003 : 9-10

MARTIN-DIENER E, KAHLMEIER S, RACIOPPI F, MÄDER U, ROSTAMI C, et coll. An Evidence-Based Approach to the Promotion of Health Enhancing Physical Activity - the HEPA Europe Framework. *J Phys Act Health*, soumis pour publication

OFFICE FEDERAL SUISSE DES SPORTS, OFFICE FEDERAL SUISSE DE LA SANTÉ PUBLIQUE ET LA PROMOTION DE LA SANTÉ. Network HEPA Switzerland: Health-Enhancing Physical Activity. A Base Document. Magglingen: Swiss Federal Office of Sports, 2006

OJA P, BORMS J. Health Enhancing Physical Activity. Perspectives–The Multidisciplinary Series of Physical Education and Sport Science; Vol 6. Oxford, Meyer & Meyer Sport (UK) Ltd, 2004

ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ (OMS). Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health, Geneva, WHO, 2004

SCHMID TL, PRATT M, WITMER L. A framework for physical activity policy research. *J Phys Act Health* 2006, 3 : S20-S29

THOMMEN DOMBOIS O, KAHLMEIER S, MARTIN-DIENER E, MARTIN B, RACIOPPI F, BRAUN-FAHRLÄNDER CH. Collaboration between the health and the transport sectors in promoting physical activity: Examples from European countries. Copenhagen, WHO 2006

VUORI I. Experiences from the European network for the promotion of health-enhancing physical activity (European HEPA Network). In : Physical Activity Expert Meeting “Agita Europe”. Magglingen, Switzerland, 13-15-06 2004, Meeting Report. Magglingen, Swiss Federal Office of Sports, 2005

Promotion de l'activité physique dans la vie quotidienne : une opportunité pour le secteur des transports

Cette présentation reprend les principaux points de la publication de l'OMS (2006a) concernant les défis de la promotion de l'activité physique à travers une approche large de santé publique et met en lumière les développements les plus récents dans le domaine. Un exemple de collaboration avec le secteur des transports illustre les opportunités qu'offre une synergie entre le développement des politiques de transport urbain et la promotion de l'activité physique. Certains plans d'action récents comme la Charte européenne sur la lutte contre l'obésité⁹⁷ et des initiatives comme le réseau européen pour la promotion de la santé et de l'activité physique (HEPA Europe⁹⁸) sont des supports pour d'autres développements de la promotion de l'activité physique en Europe.

Promotion de l'activité physique : un défi

Plusieurs études issues de différents pays montrent qu'une grande partie de la population adulte, enfants et adolescents, ne pratique pas le niveau d'activité physique recommandé pour le maintien de la santé. Pour les adultes, ces recommandations consistent en une demi-heure par jour d'activité physique d'intensité modérée (OMS, 2006b). Pour les enfants et les adolescents, il est recommandé d'atteindre au total un minimum de 60 minutes d'activité physique d'intensité modérée chaque jour. Cela doit inclure deux fois par semaine des activités qui améliorent le capital osseux, la force musculaire et la souplesse (*Department of Health*, 2004).

En Europe, une enquête récente montre que les deux tiers des adultes n'atteignent pas le niveau recommandé d'activité physique (Sjöström et coll., 2006). Seulement 34 % des jeunes âgés de 11, 13 et 15 ans, répondant à une enquête en 2001-2002 (HBSC, *Health Behavior in School-aged*

97. <http://www.euro.who.int/document/e89568.pdf>

98. En anglais, *European Network for the Promotion of Health-Enhancing Physical Activity*

Children, Currie et coll., 2004) sur les comportements de santé, rapportent une activité physique suffisante par rapport aux recommandations courantes pour les enfants et adolescents (Currie et coll., 2004).

Dans beaucoup de pays, les garçons sont plus actifs que les filles. L'activité diminue avec l'âge pour les deux sexes. L'activité varie largement d'un pays à l'autre : en France, 11 % des filles et 25 % des garçons pratiquent une activité conforme aux recommandations ; en Irlande, ils sont 51 % et 61 % respectivement (figure 1).

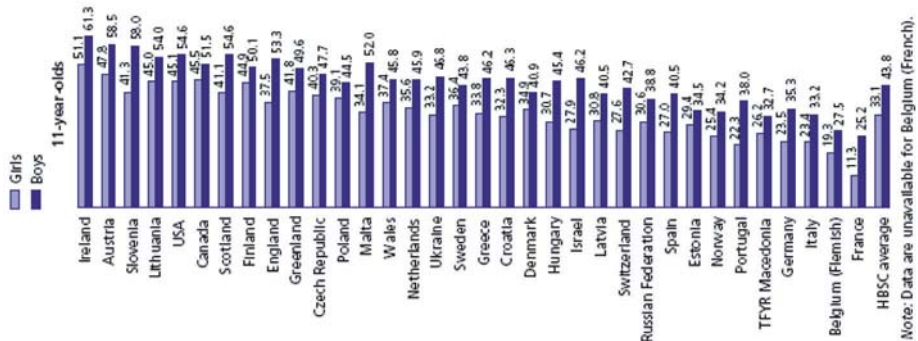


Figure 1 : Proportion d'enfants âgés de 11 ans atteignant les recommandations d'activité physique modérée à vigoureuse (d'après Currie et coll., 2004 HBSC 2001-2002 ; OMS, 2004)

Ainsi en Europe (près de 900 millions d'habitants), le secteur de la santé publique sera confronté à la nécessité d'augmenter le niveau d'activité physique de plusieurs centaines de millions de personnes.

Les estimations des coûts directs (soins) et indirects (impact économique des maladies, maladies professionnelles et morts prématurées) sont également alarmantes. Des études anglaises (DCMS, 2002) et suisses (Martin et coll., 2001) indiquent des coûts compris entre 150 et 300 euros par personne et par an. Néanmoins, il n'y a pas de consensus sur les méthodes d'estimation des coûts liés à l'inactivité physique. D'autres travaux s'avèrent nécessaires sur ce sujet.

Les stratégies utilisées traditionnellement en matière de promotion de la santé ne suffiront pas à résoudre un problème d'une telle ampleur même si, souvent intégrées dans le secteur des sports et de l'éducation, elles conservent leur importance. Ces approches ont pour objectif de convaincre les individus de modifier leur comportement en augmentant l'activité physique pendant les temps de loisirs à travers la pratique de sports et d'activités de plein air et de renforcer l'éducation physique à l'école.

Réintroduire l'activité physique au niveau requis pour la population générale nécessite d'agir sur les déterminants environnementaux et socioéconomi-

ques qui jouent un rôle majeur sur les styles de vie. C'est ainsi que des possibilités peuvent être offertes aux personnes pour être plus actives physiquement dans leur vie quotidienne. Modifier ces déterminants va bien au-delà de la sphère d'influence et de responsabilité du secteur de la santé. Il faut agir sur l'environnement urbain pour le rendre plus propice à un mode de vie actif et à offrir aux personnes des opportunités d'être actives pendant les trajets, le travail et à l'école. En fait, le défi pour le secteur de la santé consiste à nouer de nouveaux partenariats avec d'autres secteurs qui ont une influence directe sur l'aménagement urbain, les transports, les politiques du travail, de l'éducation, du logement, des loisirs et des sports.

Opportunités pour une nouvelle approche de la promotion de l'activité physique

Deux publications récentes de l'OMS (2006a et c) évoquent le changement de paradigme qui est nécessaire pour agir sur les déterminants de l'activité physique à tous les niveaux. Les principaux éléments de ce changement conceptuel peuvent être résumés de la façon suivante :

- utiliser une définition large de l'activité physique qui va au-delà du sport et de l'exercice physique ;
- développer une approche santé publique en population et mettre en place des programmes fondés sur l'état des besoins d'une population ;
- engager des secteurs multiples et travailler à différents niveaux, de l'international au local ;
- développer des environnements favorables à l'activité physique ;
- favoriser l'équité dans les opportunités d'être actif ;
- se fonder sur les meilleurs travaux disponibles ayant fait leurs preuves.

Un autre principe implicite de la promotion de l'activité physique consiste à modifier l'équilibre des responsabilités entre les individus et la société. Cette dernière doit avoir un rôle plus important pour lever les barrières qui sont des obstacles au choix des individus d'être physiquement actifs dans la vie quotidienne. Ceci est particulièrement important compte tenu des inégalités sociales en matière d'activité physique. Les personnes issues des groupes socioéconomiques les moins favorisés sont moins actives physiquement que celles issues des groupes aux revenus les plus élevés parce qu'elles ont moins de temps libre ou moins d'accès aux équipements de loisir ou encore parce qu'elles vivent dans un environnement moins favorable à l'activité physique.

Face à cette situation, le secteur de la santé doit encourager des actions coordonnées à différents niveaux pour développer la participation à des activités physiques favorables à la santé comme par exemple :

- intégrer l'activité physique dans la prévention primaire ;

- documenter les interventions efficaces et diffuser les résultats des recherches ;
- montrer les bénéfices économiques de l'investissement dans l'activité physique ;
- connecter entre eux les différents plans d'action ;
- préconiser, échanger l'information et montrer l'exemple.

Développer de nouveaux partenariats : l'exemple du secteur des transports

Un exemple de partenariat potentiel qui apparaît particulièrement intéressant est celui du secteur des transports. Il peut jouer un rôle important dans la promotion d'un mode de vie physiquement actif, à travers les trajets quotidiens en vélo ou à pied pour les déplacements ou les loisirs. Plus de 30 % des trajets en voiture dans les villes européennes couvrent une distance inférieure à 3 km et pour 50 % d'entre eux une distance inférieure à 5 km (Commission européenne, 2000a). Ces distances pourraient être couvertes en 15-20 minutes à vélo ou en 30-50 minutes de marche rapide, ce qui correspond à la dose journalière recommandée d'activité physique (30 minutes minimum). En fait, la moitié de ces petits trajets en voiture pourraient être remplacée par un déplacement à vélo ou de la marche (Commission européenne, 2000b). Ces trajets « actifs » peuvent permettre d'intégrer l'activité physique dans la vie quotidienne, et cela indépendamment des commodités et équipements de sport. Il n'est pas nécessaire de réserver du temps disponible pour accomplir ces trajets actifs, ce qui est l'obstacle souvent rapporté par les personnes qui ne pratiquent pas d'activité physique. Il s'agit d'une solution « équitable », facile à choisir, accessible au plus grand nombre, qui peut être d'un rapport coût-efficacité intéressant, qui nécessite seulement un investissement faible par rapport au revenu des ménages, et pour finir, elle peut être source de plaisir.

En dépit de ces possibilités encore largement inexploitées, l'évolution semble aller dans la direction opposée : de moins en moins de personnes sont physiquement actives durant les trajets par rapport à la situation d'il y a quelques décennies.

Par exemple, des données britanniques sur le transport scolaire des enfants montrent qu'entre le début des années 1990 et le début des années 2000, le nombre d'enfants se rendant à l'école à vélo ou à pied a diminué, alors que le nombre de ceux qui sont conduits en voiture a augmenté (*National Travel Survey*, 2004).

D'après les données de plusieurs pays européens, le citoyen européen parcourt en moyenne 0,5 km/jour à vélo, 1 km/jour à pied, 27 km/jour en voiture (Commission européenne, 2002 ; figure 2).

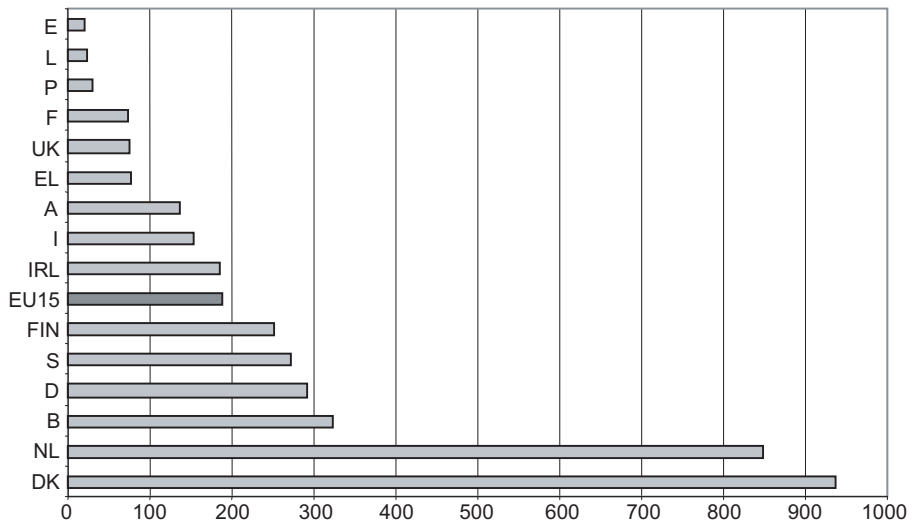


Figure 2 : Pratique du cyclisme en Union européenne avant 2004 (kilomètres par personne et par an) (Commission européenne, 2002)

Pour renverser cette tendance, il sera nécessaire de s'attaquer aux principaux obstacles qui empêchent les personnes d'être physiquement actives. En tout premier lieu, la question de la sécurité routière est posée en Europe où les accidents de la route représentent la première cause de mortalité chez les enfants de 5 à 14 ans et chez les jeunes de 15 à 24 ans, avec près de 22 000 morts survenues en 2002 (OMS, 2005 et 2007a).

En effet, les craintes liées au trafic automobile peuvent dissuader les parents de laisser leurs enfants marcher ou faire du vélo pour aller à l'école ou jouer dehors, en particulier dans les zones difficiles. Par exemple, en Grande-Bretagne, les enfants des milieux les moins privilégiés au niveau socioéconomique ont quatre fois plus de risque que ceux des milieux les plus aisés de mourir d'un accident de la route. Parmi ces enfants, les piétons ont cinq fois plus de risque (Roberts et Power, 1996). La différence entre les milieux socioéconomiques les plus élevés et les plus faibles a augmenté en Grande-Bretagne. Edwards et coll. (2006) ont montré que les enfants de 0 à 15 ans dont les parents sont au chômage ont 5,5 fois plus de risque de mourir en tant que passager d'une voiture que les enfants de cadre et ce ratio dépasse 20 pour les marcheurs et les cyclistes. Ces différences de risque sont dues à des différences d'exposition plutôt que de comportement (Laflamme et Diderichsen, 2000). Les enfants des milieux défavorisés habitent dans le voisinage de routes non sécurisées avec un trafic intense (*Institute of Public Policy Research*, 2002). Cette situation renforce la nécessité de s'attaquer à la sécurité routière dans ce type d'endroit (Sonkin et coll., 2006). Au total, les trajets de longues distances, qui sont associés à la peur de la circulation dans des zones urbaines étendues ainsi que les normes sociales qui asso-

cient la marche, le vélo et l'utilisation des transports publics à un faible statut social et au manque de prestige, concourent à décourager les personnes d'être physiquement actives au cours des trajets quotidiens.

Obtenir l'appui du secteur des transports et l'engagement dans le développement de l'activité physique nécessite l'identification d'approches « gagnant-gagnant » dans lesquelles le secteur des transports peut mieux atteindre ses propres objectifs. Par exemple, la promotion du cyclisme et de la marche lors des trajets peut permettre une moindre émission de polluants atmosphériques, de gaz à effets de serre et de bruit, moins d'embouteillages, moins d'accidents de la route, moins d'investissement dans des infrastructures coûteuses relatives à la voiture, et en fin de compte améliorer la qualité de la vie urbaine. En outre, la promotion de l'activité physique au cours des déplacements peut aller de pair avec l'amélioration des véhicules et des carburants.

Le secteur de la santé peut jouer un rôle important en mettant en place de nouveaux partenariats avec certaines actions :

- fournir au secteur des transports des arguments pour soutenir l'activité physique incluant la présentation d'interventions efficaces ;
- développer des recherches et l'évaluation des interventions ;
- développer des outils qui peuvent aider à démontrer l'intérêt d'investir dans l'activité physique, tels que des outils d'analyse de coûts-bénéfices, l'inclusion des effets sur la santé dans l'évaluation des interventions sur les transports, l'identification de synergies avec d'autres domaines politiques ;
- soutenir l'activité physique et faciliter les échanges d'expériences et la dissémination de l'information en particulier à travers l'identification d'études de cas pertinentes (OMS, 2007b).

Politiques supports et initiatives internationales

La charte européenne de lutte contre l'obésité (OMS, 2006d) a été adoptée par la conférence ministérielle de l'OMS sur la lutte contre l'obésité (Istanbul, 16-18 novembre 2006) suivie par 48 états membres, des organisations intergouvernementales et des ONG.

La charte a souligné l'importance de l'activité physique, la nécessité d'établir des stratégies synergiques impliquant différents secteurs de la société aux niveaux local et national et de s'attaquer aux inégalités en s'intéressant aux groupes vulnérables. La charte souligne également l'importance de l'utilisation de différents outils et instruments tels que l'évaluation de l'impact sanitaire et environnemental, de la législation concernant la sécurité des piétons et cyclistes, des mesures incitatives et fiscales, des campagnes d'information et de sensibilisation. Enfin, la charte encourage le développement de *guidelines* opérationnels pour promouvoir l'activité physi-

que dans la vie quotidienne. Elle préconise un suivi et une évaluation de l'efficacité des interventions. D'autres articulations entre différents secteurs politiques pour la promotion de l'activité physique ont été présentées dans un document d'accompagnement de la conférence des ministres (OMS, sous presse) :

- la commission économique pour l'Europe des Nations Unies, le programme pan-européen de l'OMS sur les transports, la santé et l'environnement, fournissent un cadre aux actions dans les domaines prioritaires qui inclut la promotion de la sécurité pour les cyclistes et piétons dans les zones urbaines (ONU et OMS, 2006) ;
- le plan européen pour l'environnement et la santé des enfants qui contient l'obligation pour les pays membres de protéger la santé des enfants sur des aspects prioritaires incluant la promotion de l'activité physique à travers des environnements propices (OMS, 2004) ;
- la plateforme européenne sur l'alimentation, l'activité physique et la santé doivent catalyser les actions réalisées en Europe sur la base du volontariat par les acteurs économiques, de la société civile et du secteur public (Commission européenne, 2005).

Réseau européen de promotion de la santé par l'activité physique

Le réseau européen de promotion de la santé par l'activité physique (*European Network for the Promotion of Health-Enhancing Physical Activity*, HEPA) est un projet collaboratif international qui travaille pour une meilleure santé à travers l'activité physique en proposant une plateforme support pour des changements d'approche de la promotion de l'activité physique (OMS, 2006e).

HEPA Europe rassemble différentes institutions et organisations de différents pays européens et facilite les approches multisectorielles. Ce réseau promeut et diffuse des stratégies innovantes, programmes, approches et bonnes pratiques ainsi que les résultats des recherches dans le domaine. Il est ouvert aux membres des gouvernements, aux institutions académiques et de recherche, ainsi qu'aux organisations non gouvernementales qui ont en commun l'objectif de développer des stratégies de promotion de la santé par l'activité physique fondées sur les preuves. Les activités sont supervisées par un comité de pilotage et ses membres se rencontrent chaque année. Les projets du programme de travail de HEPA Europe incluent :

- la contribution à la préparation de la Conférence ministérielle sur la lutte contre l'obésité (Istanbul, novembre 2006) ;
- l'édition d'une brochure « Activité physique et santé : preuves pour l'action » (OMS, 2006a) ;

- le recueil de 50 études de cas sur les collaborations entre les transports et la promotion de l'activité physique (OMS, 2007b) ;
- le développement d'une base de données Internet des instruments existants pour les plans d'actions. Cette base donne accès aux documents, approches et cibles de la promotion de l'activité physique dans la région Europe (environ 400 documents). Dans une version test en ligne, 50 documents sont présentés (OMS, 2006f).

En conclusion, il est constaté qu'une grande partie de la population adulte, enfant et adolescent en Europe, n'atteint pas le niveau d'activité physique recommandé pour un avoir un effet sur la santé et la qualité de vie. La santé publique sera donc confrontée à la nécessité d'augmenter le niveau d'activité physique de plusieurs centaines de millions de personnes. Les approches traditionnelles de promotion de l'activité physique fondées sur les changements de comportements tendant à développer l'activité physique pendant les temps de loisirs et à renforcer l'éducation physique à l'école s'avèreront vite insuffisantes. Il faut donc agir sur les déterminants environnementaux et socioéconomiques qui jouent un rôle majeur sur les styles de vie. Modifier ces déterminants va bien au-delà de la sphère d'influence et de responsabilité du secteur de la santé. De nouveaux partenariats doivent être développés qui auront une influence directe sur l'aménagement urbain, les transports, les politiques du travail, de l'éducation, du logement, des loisirs et des sports.

Le réseau européen de promotion de la santé par l'activité physique (HEPA) a déjà entamé ce travail en proposant une plateforme support pour des changements d'approche de la promotion de l'activité physique.

*Francesca Racioppi*⁹⁹

*Bureau régional de l'OMS pour l'Europe,
Centre européen pour l'environnement et la santé, Rome*

BIBLIOGRAPHIE

COMMISSION EUROPÉENNE. EU Transport in figures. Statistical pocketbook. Brussels, European Commission, 2000a

99. Remerciements à : Peter Jacobsen consultant en santé publique, États-Unis ; Dr Harry Rutter, Observatoire de santé publique du sud-est, Oxford, Grande-Bretagne ; Dr Sonja Kahlmeier, Bureau régional OMS pour l'Europe, Centre européen pour l'environnement et la santé, Rome

COMMISSION EUROPÉENNE. WalCyng: How to enhance WAlking and CYcliNG instead of short car trips and to make these modes safer. Brussels, European Commission, 2000b

COMMISSION EUROPÉENNE. Diet, physical activity and health – EU platform for action [web site]. Brussels, European Commission, 2005 http://ec.europa.eu/health/ph_determinants/life_style/nutrition/platform/platform_en.htm (accès 19 juillet 2006)

COMMISSION EUROPÉENNE. Energy and Transport in Figures 2002. European Commission Directorate General Transport and Energy, 2002

CURRIE C, ROBERTS C, MORGAN A, SMITH R, SETTERTOBULTE W, et coll. Young people's health and health-related behaviour. In : Young people's health in context. Health Behaviour in School-aged Children (HBSC) study: international report from the 2001/2002 survey. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, Health Policy for Children and Adolescents, N° 4, 2004 : 53–161

DEPARTMENT FOR CULTURE, MEDIA AND SPORT (DCMS) AND STRATEGY UNIT. Game plan: a strategy for delivering Government's sport and physical activity objectives. Cabinet Office, London, 2002

DEPARTMENT OF HEALTH. At least five a week. Evidence on the impact of physical activity and its relationship to health. A report from the Chief Medical Officer. Department of Health, London, 2004

EDWARDS E, ROBERTS I, GREEN J, LUTCHMUN S. Deaths from injury in children and employment status in family: analysis of trends in class specific death rates. *British Medical Journal* 2006, 333 : 119-122

INSTITUTE OF PUBLIC POLICY RESEARCH. Streets ahead: safe and livable streets for children. London, Central Books, 2002

LAFLAMME L, DIDERICHSEN F. Social differences in traffic injury risks in childhood and youth—a literature review and research agenda. *Injury Prevention* 2000, 6 : 293-298

MARTIN BW, BEELER I, SZUCS T, SMALA AM, BRÜGGER O, et coll. Economic benefits of the health-enhancing effects of physical activity: first estimates for Switzerland. Scientific position statement of the Swiss Federal Office of Sports, Swiss Federal Office of Public Health, Swiss Council for Accident Prevention, Swiss National Accident Insurance Organisation (SUVA), Department of Medical Economics of the Institute of Social and Preventive Medicine and the University Hospital of Zurich and the Network HEPA Switzerland. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie* 2001, 49 : 131–133

OMS. Children's Environment and Health Action Plan for Europe (CEHAPE) [web site]. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2004 http://www.euro.who.int/childhealthenv/Policy/20020724_2

OMS. WHO Global Burden of Disease 2002 estimates. WHO, 2005

OMS. Physical activity and health in Europe-Evidence for action. WHO Regional Office for Europe, 2006a

OMS. Diet and physical activity: a public health priority. Geneva, World Health Organization, 2006b. <http://www.who.int/dietphysicalactivity/en>

OMS. Promoting physical activity and active leaving in urban environments-the role of local governments, the solid facts. WHO Regional Office for Europe, 2006c

OMS. European Charter on Counteracting Obesity, WHO Regional Office for Europe, 2006d

OMS. European network for the promotion of health-enhancing physical activity [web site]. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2006e. <http://www.euro.who.int/hepa>

OMS. International inventory of documents on physical activity promotion, On-line inventory. WHO 2006f
http://www.euro.who.int/hepa/projects/20060222_1

OMS. Youth and Road Safety in Europe. WHO Regional Office for Europe, 2007a

OMS. Collaboration between the health and transport sectors in promoting physical activity: examples from European countries, WHO Regional Office for Europe, 2007b

OMS. Promoting physical activity for health—A framework for action in the WHO European Region. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, sous presse

ONU, OMS. Transport, Health and Environment Pan-European Programme [web site]. Geneva, United Nations Economic Commission for Europe, 2006. <http://www.thepep.org/en/welcome.htm>

ROBERTS I, POWER C. Does the decline in child mortality vary by social class? A comparison of class specific mortality in 1981 and 1991. *British Medical Journal* 1996, **313** : 784–786

SJÖSTRÖM M, OJA P, HAGSTROMER M, SMITH B, BAUMAN A. Health-enhancing physical activity across European Union countries: the Eurobarometer study. *Journal of Public Health* 2006, **14** : 1-10

SONKIN B, EDWARDS P, ROBERTS I, GREEN J. Walking, cycling and transport safety: an analysis of child road deaths. *Journal of the Royal Society of Medicine* 2006, **99** : 402-405

UNITED KINGDOM DEPARTMENT FOR TRANSPORT. National Travel Survey, 2002 update. United Kingdom Department for Transport, 2004

Promotion de l'activité physique aux Pays-Bas : coût-efficacité des programmes d'intervention¹⁰⁰

Le ministère de la Santé publique, du Bien-être et des Sports des Pays-Bas a démarré en 2006 l'implantation du Plan national d'action pour les sports et l'activité physique. L'objet de la présente étude est d'étayer à la fois les objectifs et le contenu de ce plan d'action.

Les questions spécifiques de recherche étaient :

- dans quels groupes de population peut-on attendre les bénéfices les plus importants d'une politique en matière d'activité physique ?
- quelles sont les conditions déterminantes pour la réussite d'un programme d'intervention en faveur du développement de l'activité physique ?
- quelles sont les méthodes d'interventions disponibles au sein du ministère de la Santé publique, du Bien-être et des Sports des Pays-Bas ? Quels sont les coûts et les effets attendus ? Quelle est la faisabilité de ces méthodes d'interventions auprès de la population néerlandaise ?
- quelle serait une ambition politique réaliste en faveur du développement de l'activité physique ? Quels sont les bénéfices attendus en terme de santé ? Ces bénéfices sont-ils suffisamment importants proportionnellement aux dépenses engagées ?

Méthodes

Plusieurs méthodes ont été employées. Les sources de données existantes ont été analysées pour identifier au sein de notre population les groupes dans lesquels la prévalence de l'inactivité physique est élevée et/ou la prévalence d'adhésion aux recommandations en matière d'activité physique est faible.

100. Cette communication est issue du rapport suivant (en néerlandais avec résumé en anglais, téléchargeable à l'adresse : www.rivm.nl) : GCW WENDEL-VOS, WTM OOIJENDIJK, PHM VAN BAAL, I STORM, SMC VIJGEN, M JANS, M HOPMAN-ROCK, AJ SCHUIT, GA DE WIT, WJE BEMELMANS. Cost-effectiveness and health gains in realising policy ambitions for physical activity and overweight: underpinning the National Action Plan for Sport and Physical Activity (RIVM-report: 260701001). RIVM, Bilthoven, The Netherlands, 2005

Une revue de littérature a été faite afin de lister les méthodes et interventions disponibles incluant les coûts et effets attendus. Les conditions déterminantes pour la réussite d'une intervention sur l'activité physique ont également été identifiées à partir de la revue de la littérature. En outre, plus de 80 experts ont été interrogés et des comparaisons ont été faites avec les plans d'actions nationaux d'autres pays.

D'abord, les interventions qui ont montré leur efficacité à long terme (un an et plus) ont été identifiées et analysées de façon à estimer quels pourraient être les objectifs réalistes concernant le développement de l'activité physique et la lutte contre le surpoids. Ensuite, les bénéfices attendus en terme de santé, dans le cas où ces objectifs seraient atteints, ont été évalués ainsi que le rapport coût-efficacité des mesures nécessaires pour les atteindre.

Résultats

Population-cible

La population visée par le Plan national pour le sport et l'activité physique correspond à la partie de la population des Pays-Bas qui présente une prévalence élevée d'inactivité physique et dont l'adhésion aux recommandations d'activité physique est faible. L'analyse secondaire des données a montré que ces critères correspondaient aux jeunes, aux personnes âgées (et atteintes de maladies chroniques), aux personnes ayant un faible niveau de qualification, aux individus au chômage (et à certains groupes professionnels particuliers) et aux personnes d'origine immigrée. C'est donc une partie importante de la population néerlandaise qui est concernée.

Conditions importantes pour la réussite des programmes d'interventions sur l'activité physique

L'approche doit être intégrée, appuyée par des partenaires, personnes ou organisations, appropriées. Dans le cadre d'un programme, un ensemble d'interventions différenciées doit être proposé aux différents groupes cibles. Un budget suffisant et une bonne coordination des actions sont essentiels, de même que la prise en considération des résultats des recherches scientifiques.

Méthodes d'intervention disponibles

D'après une publication de Kahn et coll. (2002), les méthodes d'interventions peuvent être regroupées en 3 catégories : des approches informatives

(pour changer les connaissances et les attitudes portant sur les bénéfices et les opportunités d'activité physique au sein d'une communauté) ; des approches comportementales et sociales (pour apporter aux personnes les compétences en matière de comportements et pour créer un environnement social qui facilite et potentialise les changements comportementaux) ; des approches environnementales et politiques (pour changer la structure de l'environnement physique afin de fournir des espaces sécurisés, attractifs et pratiques pour la pratique de l'activité physique).

La probabilité de réussite des différentes approches identifiées a été évaluée sur la base de la prise en compte des effets, des coûts et des possibilités de mise en œuvre des programmes adaptés à l'action individuelle ou en direction des groupes aussi bien que des messages prescripteurs.

En résumé, on constate que les coûts, l'impact et les effets de ces mesures sont étroitement intriqués. Les campagnes médiatiques et les informations sur la santé peuvent être considérées comme un soutien des interventions et les approches environnementales et politiques apparaissent prometteuses. Au sein d'un plan d'action national, les différents types de mesures devraient être mis en œuvre conjointement. Au niveau local, ceci pourrait être réalisé dans le cadre d'une approche locale. Une telle approche a montré son efficacité à long terme. Le tableau I donne une vue d'ensemble des effets et des coûts des approches et interventions existantes.

Tableau I : Vue d'ensemble des effets et des coûts des méthodes d'intervention existantes

	Effets	Coûts*
Approche informative		
Campagnes médiatiques	Soutien	130 000 €/an**
Messages prescripteurs	Efficace (< 1 an)	Faible
Information sur la santé	Soutien	1 €-150 €/participant
Approches comportementales et sociales		
Programmes adaptés aux individus	Efficace (≥ 1 an)	50 €-750 €/participant
Programmes de groupe	Efficace (< 1 an)	5€-1 900 €/ participant
Approches environnementales et politiques		
Facilitations des déplacements	À confirmer	Informations insuffisantes
Accessibilité des installations	À confirmer	Informations insuffisantes
Infrastructures pour l'activité physique	À confirmer	Informations insuffisantes
Approches territoriales	Efficace (≥ 1 an)	200 €-40 000 €/intervention

*Du fait du manque d'information, les coûts varient fortement

**Basé sur une seule observation

Ambition des programmes d'interventions

Une ambition politique réaliste pour la promotion de l'activité physique peut être fondée sur deux types d'intervention qui ont montré une certaine efficacité sur le long terme : une approche locale et un programme intensif de modification du style de vie. Un objectif réaliste consiste en la réduction du taux de prévalence des personnes physiquement inactives de 1 à 2 % sur 5 ans. En plus, de ce fait, le taux de prévalence de personnes en surpoids peut diminuer de 1 à 3 % durant la même période.

Bénéfices en terme de santé et rapport coût-efficacité

Réaliser ces objectifs politiques peut permettre de prévenir des milliers de cas de maladies dans les 20 prochaines années, à condition que les interventions efficaces mentionnées ici soient largement mises en œuvre. Le rapport coût-efficacité pour chaque année de vie gagnée est estimé à 6 000 à 6 500 euros et à environ 5 600 à 6 100 euros par année de vie en bonne santé gagnée (QALY pour *Quality-Adjusted Life Year*). Ces taux restant compris dans des limites socialement acceptables, ils peuvent être considérés comme d'un bon rapport coût-efficacité.

En conclusion, une politique intégrée de promotion de l'activité physique, reposant sur la mise en œuvre d'une large palette d'interventions, devrait, au moins en partie, limiter l'évolution négative attendue en matière d'augmentation du surpoids et de diminution de l'activité physique.

Wanda Wendel-Vos,

*Centre for Prevention and Health Services Research,
National Institute for Public Health and the Environment,
Bilthoven, The Netherlands*

BIBLIOGRAPHIE

KAHN EB, RAMSEY LT, BROWNSON RC, HEATH GW, HOWZE EH, et coll. The effectiveness of interventions to increase physical activity. A systematic review. *Am J Prev Med* 2002, 22 : 73-107

Promotion de l'activité physique au Québec : lutte contre l'obésité dans un contexte de mondialisation

L'industrialisation et plus récemment l'informatisation ont relégué l'activité physique au rang des rubriques facultatives de l'activité humaine. Pour une majorité d'individus, de tels développements ont été source d'un grand soulagement puisqu'à toutes les époques de l'évolution de l'humanité, le labeur physique souvent excessif a fort probablement favorisé une fatigue induite et un vieillissement prématuré. De nos jours, il semble que « le pendule ait basculé à son autre extrémité » puisque la sédentarité observée dans les pays industrialisés prive une majorité d'individus d'une stimulation physique optimale et nécessaire au bon fonctionnement de l'organisme. Une des conséquences de cette sédentarité est le risque accru d'obésité qui est considérée depuis quelques années comme une épidémie par l'Organisation mondiale de la santé (*World Health Organization*, 1998). À cet égard, cette communication présente un certain nombre d'observations démontrant que l'activité physique interagit avec le contrôle de l'appétit. Une attention particulière est accordée à l'impact de facteurs environnementaux, comme le sommeil et le travail intellectuel (travail du « savoir »), jusqu'à présent peu considérés et dont l'influence est vraisemblablement accentuée dans un contexte de mondialisation. Ce document est complété par une brève description de quelques initiatives en santé préventive qui sont actuellement en cours dans la Province de Québec.

Interaction entre l'activité physique et la prise alimentaire : impact sur le bilan d'énergie

L'augmentation de la dépense d'énergie causée par l'activité physique a traditionnellement représenté le principal argument justifiant un mode de vie actif afin de prévenir et même traiter l'obésité. Cette vision est d'ailleurs corroborée par la littérature disponible qui tend à démontrer une certaine proportionnalité entre le coût calorique d'un programme d'activité physique et la perte de poids qui peut en résulter. Il est également établi que l'activité physique influence plusieurs mécanismes de régulation dans

lesquels des hormones et des neurosystèmes sont impliqués. Ces effets peuvent donc théoriquement modifier l'équilibre entre l'apport et la dépense d'énergie, indépendamment des variations du coût calorique de l'activité physique. Comme le montre le tableau I, les travaux réalisés au sein de notre équipe de recherche¹⁰¹ ont démontré que pour une dépense d'énergie donnée, une augmentation de l'intensité de l'exercice physique induit une série d'adaptations qui accentuent à court terme un bilan énergétique négatif et à plus long terme une augmentation de la perte pondérale.

Tableau I : Effets de l'intensité de l'exercice physique sur les variables du bilan d'énergie chez l'humain

Effets de l'intensité	Références
Accentuation de l'effet réducteur de l'exercice sur l'adiposité sous-cutanée	Tremblay et coll., 1990 et 1994a
Augmentation du potentiel oxydatif du muscle squelettique	Tremblay et coll., 1994a
Diminution de la compensation post-exercice en apport énergétique	Imbeault et coll., 1997
Augmentation du métabolisme de repos et de l'oxydation lipidique post-exercice	Yoshioka et coll., 2001
Augmentation de la stimulation β -adrénergique post-exercice	Yoshioka et coll., 2001

L'interaction entre l'activité physique et la prise alimentaire est également significative lorsque l'on considère l'impact potentiel de la composition du régime alimentaire sur les variations du bilan énergétique induit par l'exercice. Ainsi, le jumelage d'une alimentation « santé » aux propriétés rassasiantes facilite l'atteinte d'un bilan énergétique négatif dans le cadre d'un programme d'activité physique. En contrepartie, un régime riche en lipides peut induire une augmentation de l'apport en énergie susceptible de compenser complètement l'effet de l'activité physique sur le bilan d'énergie (Tremblay et coll., 1994b).

En résumé, l'activité physique est porteuse d'une stimulation corporelle qui affecte significativement le bilan d'énergie. Si l'intensité de cette stimulation augmente, il est alors plus vraisemblable d'anticiper un bilan calorique négatif qui résulte en une certaine perte de masse grasse corporelle. Le bilan énergétique résultant dépend également de la qualité du régime alimentaire dont la composition peut modifier considérablement l'apport énergétique spontané.

101. Division de kinésiologie, Département de médecine sociale et préventive, Université Laval, Québec

Sédentarité et bilan d'énergie à l'heure de la mondialisation

La mondialisation des marchés impose une pression accrue envers la performance, la productivité et le profit des entreprises. Puisque cette réalité est de plus en plus susceptible de se concrétiser dans un contexte économique du « savoir », il est vraisemblable que l'être humain sera désormais exposé à des stimuli qui s'apparentent davantage au stress neurogénique qu'à une grande sollicitation physique, comme cela pouvait être le cas par le passé. Ce contexte impose de reconsidérer la notion de sédentarité qui inclut différentes activités dont l'impact sur le bilan d'énergie est très variable.

Sommeil, bilan d'énergie et composition corporelle

Un certain nombre d'études épidémiologiques ont fait ressortir un risque accru de surpoids chez le petit dormeur (Hasler et coll., 2004 ; Taheri et coll., 2004 ; Chaput et coll., 2007). Cette observation a été renforcée par les résultats d'expériences consistant à réduire expérimentalement la durée du sommeil. En effet, Spiegel et ses collaborateurs (2004) ont rapporté une baisse de la concentration plasmatique de leptine (hormone favorisant une réduction de la prise alimentaire) et une augmentation de la concentration de ghreline (hormone favorisant une augmentation de la prise alimentaire) chez des sujets dont on avait écourté la nuit de sommeil. En conformité avec ces résultats, les sujets ont également déclaré ressentir une augmentation de la sensation de faim et du désir de manger suite à la privation de sommeil.

Dans le cadre de l'Étude des Familles de Québec, les hommes et les femmes petits dormeurs étaient caractérisés par une adiposité substantiellement plus élevée que celle mesurée chez des dormeurs moyens, c'est-à-dire 7-8 heures de sommeil par nuit (Chaput et coll., 2007). Chez l'enfant, une accumulation corporelle de graisse plus prononcée (Chaput et coll., 2006a), et préférentiellement localisée au niveau abdominal (Chaput et Trembay, 2007a), a été observée chez les sujets du projet « Québec en forme ». Comme le montre la figure 1, plusieurs facteurs s'avéraient des prédicteurs statistiquement significatifs d'un état de surpoids, mais c'est le nombre d'heures de sommeil réduit qui possédait dans le cadre de cette étude le plus grand potentiel de prédiction du risque de surpoids.

Malgré le fait que le sommeil constitue la plus sédentaire des activités, une réduction du temps qui y est alloué semble favoriser un gain plutôt qu'une perte de poids. Ce constat est de haute pertinence dans un contexte de modernité puisque, par exemple, aux États-Unis d'Amérique, le temps alloué quotidiennement au sommeil depuis quelques décennies a diminué de plus d'une heure (*National Sleep Foundation*, 2006). Sur la base des quelques données actuellement disponibles, il semble réaliste de postuler que le sommeil contribuerait à restaurer un profil hormonal facilitant le contrôle de l'appétit et ainsi favoriser la prévention du surpoids.

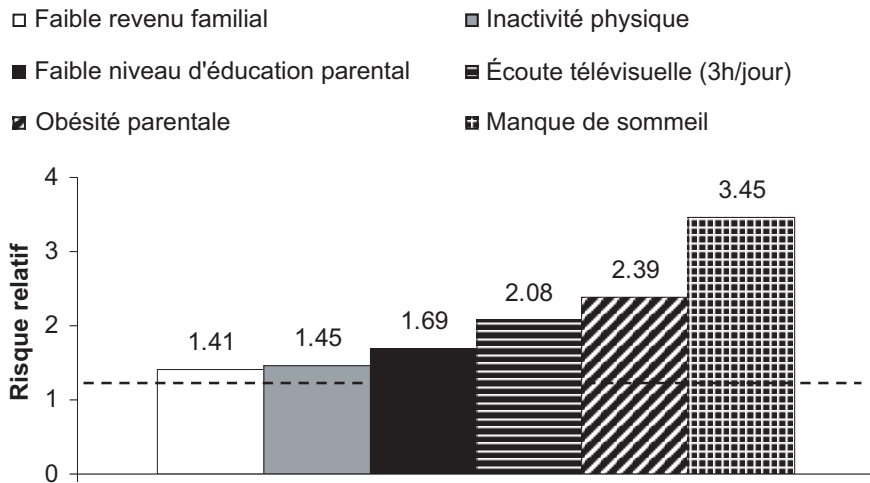


Figure 1 : Risque relatif de présenter un surpoids ou d'être obèse chez l'enfant en fonction de différents facteurs (d'après Chaput et coll., 2006a)

Travail intellectuel (« du savoir ») et contrôle de la prise alimentaire

Le travail intellectuel (« du savoir ») représente un fleuron de l'activité humaine dans un contexte de modernité et constituera vraisemblablement la pierre d'assise de la compétitivité économique dans un environnement dominé par les règles de la mondialisation. Pour le physiologiste, cette modalité du travail se distingue du travail physique, notamment en ce qui a trait aux cellules corporelles qui la supportent et au(x) substrat(s) que ces cellules utilisent. Il est en effet bien établi que les neurones qui sont sollicités par le travail intellectuel utilisent le glucose comme seul substrat énergétique dans des conditions d'alimentation normale. Ceci contraste avec les cellules musculaires qui produisent le travail physique et qui constituent le principal site d'oxydation des acides gras dans l'organisme humain.

Notre équipe de recherche a récemment publié des données préliminaires suggérant que le travail intellectuel (du savoir) est une activité sédentaire particulière dont les effets ressemblent à ceux du stress neurogénique et qui sont susceptibles de favoriser l'hyperphagie (Tremblay et Therrien, 2006). Cette initiative a été suivie d'une étude plus formelle dans le cadre de laquelle des étudiantes de l'Université Laval ont été aléatoirement testées lors d'une session de travail mental et une session de repos servant de témoin (Chaput et Tremblay, 2007b). Comme l'illustre la figure 2A, la dépense d'énergie mesurée par calorimétrie indirecte lors de la session de travail mental n'a pas été augmentée quantitativement de manière significative en comparaison à la session témoin. En revanche, l'apport calorique

spontané, mesuré lors d'un repas de type buffet servi après chacune des sessions, était considérablement augmenté après la session de travail mental (figure 2B). Ce constat est important puisqu'il permet de faire ressortir l'effet opposé de l'exercice physique vigoureux (Imbeault et coll., 1997) et du travail du savoir (Chaput et Tremblay, 2007b) en ce qui a trait à leur impact à court terme sur le bilan énergétique. À notre avis, ceci marque un tournant dans l'évolution de l'humanité relativement à la nature des stimuli influençant le bilan d'énergie et auxquels les individus sont majoritairement exposés dans un contexte de vie habituel.

Le gain de masse grasse pourrait devenir nécessaire au maintien de l'homéostasie psychologique dans pareil contexte. Nous avons récemment tenté de documenter cette hypothèse en testant des hommes obèses chez qui une série de mesures étaient effectuées à chaque perte de poids de 5 kg, jusqu'à l'avènement d'un état de résistance à maigrir (Chaput et coll., 2005 et 2006b). Dans cette étude, un régime alimentaire et un programme d'activité physique étaient les deux modalités utilisées afin d'induire un bilan énergétique négatif. La figure 3 présente les variations du score de dépression, tel que mesuré par le *Beck Depression Inventory* (BDI) (Beck et coll., 1961) tout au long du programme. Après une perte de poids de 5 kg, le score au BDI a légèrement diminué, ce qui semble concordant avec la littérature pertinente qui tend à démontrer une amélioration du bien-être psychologique avec la perte de poids. En revanche, une accentuation de la perte de poids s'est avérée contreproductive, particulièrement lorsque les sujets devenaient résistants à perdre davantage de poids. En effet, la figure 3 indique que pour certains sujets, le score au BDI s'approchait de façon inquiétante du seuil de diagnostic clinique de dépression.

En résumé, il semble bien que le travail intellectuel (« du savoir ») puisse induire un bilan calorique positif en raison d'une augmentation de la prise alimentaire, sans compensation de la dépense d'énergie. Un tel effet, qui peut être qualifié de biopsychologique, représente une réalité qui pourrait bien gagner en importance dans un contexte de mondialisation et pour laquelle le gain de masse grasse pourrait devenir une nécessité. Cette observation, tout aussi fascinante qu'inquiétante, soulève la question suivante : quoi faire pour maintenir le meilleur équilibre de vie possible dans un contexte de modernité et de mondialisation ?

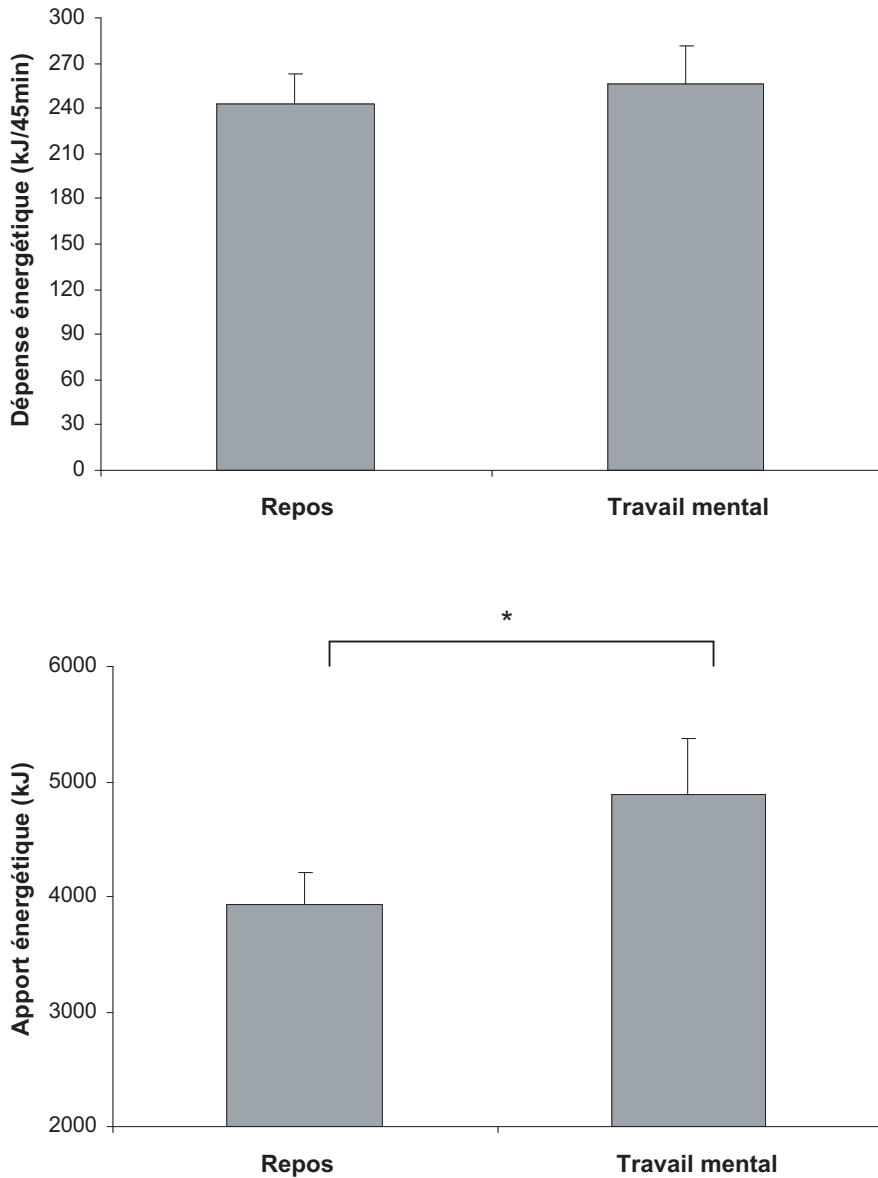


Figure 2 : Dépense énergétique (A) et prise alimentaire spontanée lors du buffet à volonté (B) pour la session de travail mental en comparaison à la session de repos (d'après Chaput et Tremblay, 2007b)

Les données sont exprimées en tant que moyenne \pm erreur standard

* Significativement différent de la situation de repos ($p < 0,01$)

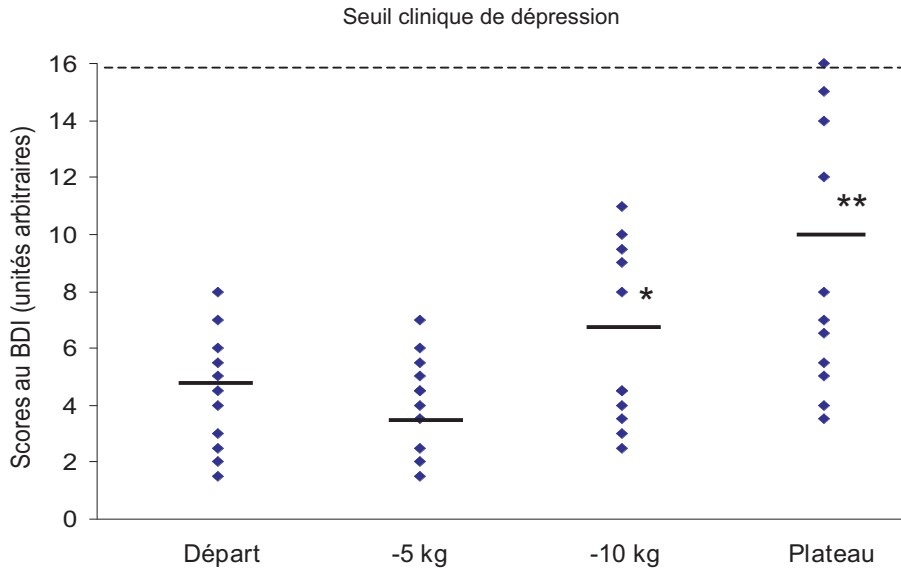


Figure 3 : Évolution des symptômes de dépression, mesurés à l'aide du Beck Depression Inventory (BDI), durant le programme de perte de poids jumelant l'activité physique à une diète restrictive (d'après Chaput et coll., 2005 et 2006b)

* Significativement différent du score de départ ($p < 0,05$) ; ** $p < 0,01$

Promotion de saines habitudes de vie et lutte contre l'obésité : l'expérience récente du Québec

À l'instar des autres provinces canadiennes, le Québec a été touché par la hausse de la prévalence de surpoids et d'obésité au cours des dernières années. Ce phénomène a entraîné une mobilisation des professionnels et des organisations de santé qui ont initié un certain nombre d'études et de programmes visant notamment l'atteinte des objectifs suivants :

- documenter et caractériser les pratiques et les milieux de vie ;
- informer et sensibiliser la population ;
- mettre en place des mesures favorisant l'adhésion à un mode de vie sain.

Documenter et caractériser les pratiques et les milieux de vie

Au-delà des enquêtes nationales qui sont périodiquement réalisées afin d'évaluer le profil de santé et de certains indicateurs du mode de vie de la population québécoise, des projets plus ciblés sont réalisés en guise de pré-requis à certaines interventions afin d'avoir une juste perception du

contexte d'implantation éventuel. À titre d'exemple, la Direction de la santé publique de Québec vient de terminer une étude qui avait pour but de décrire l'offre alimentaire dans les différents points de service (restaurants, machines distributrices...) de la ville de Québec. Ce travail a permis une caractérisation précise de l'offre alimentaire actuelle et a également représenté une opportunité privilégiée de sensibilisation des autorités compétentes. Ce projet a également fourni de l'information fort utile concernant les contraintes et barrières avec lesquelles il sera éventuellement nécessaire de composer lors d'une réorganisation de l'offre alimentaire dans la ville de Québec.

Informé et sensibiliser la population

Dans un passé récent, la dissémination d'informations pertinentes s'est effectuée à plus d'un niveau. Ainsi, par l'intermédiaire de son programme Kino-Québec, le gouvernement du Québec a récemment publié un avis scientifique portant sur « L'activité physique et le poids corporel », destiné aux professionnels de l'activité physique. Par ce type d'initiative, le Québec vise à maintenir le meilleur niveau de savoir et de savoir-faire de ses professionnels de la santé afin de prendre en charge de manière compétente les besoins de la population.

Le gouvernement du Québec est également préoccupé par l'information et la sensibilisation de la population en utilisant des stratégies qui captent l'attention d'un nombre maximal d'individus. Un des bons exemples de ce type de stratégie est le programme 0-5-30 qui met l'emphase sur de saines habitudes de vie. À cet effet, le chiffre 0 sert de point de référence afin d'encourager la non-consommation de tabac. Le chiffre 5 réfère à 5 portions de fruits et légumes recommandées quotidiennement tandis que le chiffre 30 sert de cible en ce qui a trait au temps minimal, exprimé en minutes, d'activité physique suggérée sur une base quotidienne. Ce programme a fait l'objet jusqu'à présent d'une vaste dissémination, en partie grâce à un support significatif des médias.

Mettre en place des mesures favorisant l'adhésion à un mode de vie sain

Le programme « Québec en forme » est probablement l'intervention qui a la plus grande envergure actuellement au Québec. Ce vaste projet qui cible les communautés de milieux économiques les moins favorisés bénéficie du support financier de la Fondation Lucie et André Chagnon dont la mission est orientée vers la lutte contre la pauvreté et la bonne santé chez les populations de faible niveau socioéconomique. Le projet « Québec en forme » s'appuie sur l'activité physique comme véhicule de développement

personnel. Ainsi, en plus de compter sur les effets bien connus de l'exercice sur la condition physique et la santé, ce projet a été développé de manière à influencer favorablement la réussite scolaire et le développement optimal de l'enfant. Il s'agit d'un programme dont l'unité de base est le comité d'action locale qui agit en synergie avec les organismes d'aide du milieu en procurant des ressources de différentes natures. Ce projet comporte également un volet évaluatif qui offre à des chercheurs la possibilité de réaliser des études contribuant à l'innovation scientifique. Le projet « Québec en forme » compte également sur les écoles pour remplir une partie de son mandat qui couvre toutes les années d'apprentissage de l'enfant au niveau élémentaire. Les développements les plus récents étant survenus dans le cadre du projet « Québec en forme » laissent présager un partenariat élargi avec les directions de santé publique afin de maximiser la contribution du projet en santé préventive.

En conclusion, l'examen de l'évolution du mode de vie de différentes communautés à travers le monde fait bien ressortir le fait que l'activité physique est une dimension du mode de vie qui, bien qu'essentielle au bon équilibre et à la santé de l'humain, continue de faire l'objet d'un abandon progressif dans les pratiques professionnelles courantes. En fait, les travaux de recherche de notre équipe suggèrent que ces nouvelles façons de faire, en plus de promouvoir la sédentarité, contribuent à l'influence accrue de stimuli favorisant un bilan calorique positif et le phénomène de surpoids à plus long terme. Ce phénomène est tellement émergent qu'il incite à considérer que le surpoids deviendra le profil morphologique habituel d'une personne pleinement engagée dans un mode de vie typique de ce qui est favorisé par la mondialisation. Bien que ce constat soit plutôt alarmant, les professionnels de la santé doivent continuer d'investir temps et argent dans le développement de stratégies ciblant différents niveaux d'intervention. Au Québec, les choix d'intervention actuels couvrent toute une gamme de préoccupations, allant de l'éducation et la sensibilisation auprès du public jusqu'à l'intervention directe auprès des populations scolaires. Bien que ces projets aient théoriquement le potentiel d'être performants, leur impact réel sur les habitudes de vie, le bien-être et la santé de la population reste à démontrer.

Angelo Tremblay et Jean-Philippe Chaput

*Division de kinésiologie (PEPS),
Département de médecine sociale et préventive,
Faculté de médecine, Université Laval,
Québec, Canada*

BIBLIOGRAPHIE

BECK AT, WARD CH, MENDELSON M, MOCK J, ERBAUGH J. An inventory for measuring depression. *Arch Gen Psychiatry* 1961, **4** : 561-571

CHAPUT JP, TREMBLAY A. Does short sleep duration favor abdominal adiposity in children? *Int J Pediatr Obes* 2007a, **2** : 188-191

CHAPUT JP, TREMBLAY A. Acute effects of knowledge-based work on feeding behavior and energy intake. *Physiol Behav* 2007b, **90** : 66-72

CHAPUT JP, DRAPEAU V, HETHERINGTON M, LEMIEUX S, PROVENCHER V, TREMBLAY A. Psychobiological impact of a progressive weight loss program in obese men. *Physiol Behav* 2005, **86** : 224-232

CHAPUT JP, BRUNET M, TREMBLAY A. Relationship between short sleeping hours and childhood overweight/obesity: results from the “Quebec en Forme” Project. *Int J Obes (Lond)* 2006a, **30** : 1080-1085

CHAPUT JP, DRAPEAU V, HETHERINGTON M, LEMIEUX S, PROVENCHER V, TREMBLAY A. Psychobiological effects observed in obese men experiencing body weight loss plateau. *Depress Anxiety* 2006b, **24** : 518-521

CHAPUT JP, DESPRÉS JP, BOUCHARD C, TREMBLAY A. Short sleep duration is associated with reduced leptin levels and increased adiposity: results from the Quebec Family Study. *Obesity (Silver Spring)* 2007, **15** : 253-261

HASLER G, BUYSSE DJ, KLAGHOFER R, GAMMA A, AJDACIC V, et coll. The association between short sleep duration and obesity in young adults: a 13-year prospective study. *Sleep* 2004, **27** : 661-666

IMBEAULT P, ST-PIERRE S, ALMÉRAS N, TREMBLAY A. Acute effects of exercise on energy intake and feeding behaviour. *Br J Nutr* 1997, **77** : 511-521

NATIONAL SLEEP FOUNDATION. 2006 “Sleep in America” Poll. Washington, DC: National Sleep Foundation, 2006

SPIEGEL K, TASALI E, PENEV P, VAN CAUTER E. Brief communication: sleep curtailment in healthy young men is associated with decreased leptin levels, elevated ghrelin levels, and increased hunger and appetite. *Ann Intern Med* 2004, **141** : 846-850

TAHERI S, LIN L, AUSTIN D, YOUNG T, MIGNOT E. Short sleep duration is associated with reduced leptin, elevated ghrelin, and increased body mass index. *PLoS Med* 2004, **1** : e62

TREMBLAY A, THERRIEN F. Physical activity and body functionality: implications for obesity prevention and treatment. *Can J Physiol Pharmacol* 2006, **84** : 149-156

TREMBLAY A, DESPRÉS JP, LEBLANC C, CRAIG CL, FERRIS B, et coll. Effect of intensity of physical activity on body fatness and fat distribution. *Am J Clin Nutr* 1990, **51** : 153-157

TREMBLAY A, SIMONEAU JA, BOUCHARD C. Impact of exercise intensity on body fatness and skeletal muscle metabolism. *Metabolism* 1994a, **43** : 814-818

TREMBLAY A, ALMÉRAS N, BOER J, KRANENBARG EK, DESPRÉS JP. Diet composition and postexercise energy balance. *Am J Clin Nutr* 1994b, **59** : 975-979

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Report of a WHO consultation on obesity. Obesity: preventing and managing the global epidemic. World Health Organization, Geneva, 1998

YOSHIOKA M, DOUCET E, ST-PIERRE S, ALMÉRAS N, RICHARD D, et coll. Impact of high-intensity exercise on energy expenditure, lipid oxidation and body fatness. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2001, 25 : 332-339

Effets de l'activité physique sur le sommeil

Les troubles du sommeil et les pathologies associées représentent un véritable enjeu de santé publique. En France, par exemple, 19 % de personnes sont atteints d'insomnie et 9 % sont médicamentés. Les coûts directs de l'insomnie en France ont été estimés à 2,5 milliards d'euros en 1995 (Leger et coll., 1999). Selon une récente étude australienne, les coûts indirects des troubles du sommeil comprenant accidents du travail, accidents automobiles et pertes de productivité ont été chiffrés à 3 965 millions \$ US et cela pour une population d'environ 20 millions d'habitants (Hillman et coll., 2006).

Parallèlement, il semble de bon sens d'admettre que l'exercice physique influence le sommeil, et des revues de synthèse récentes s'en font l'écho (Postolache et coll., 2005). De même, au plan clinique, de nombreuses personnes décrivent le fait qu'elles dorment mieux en ayant effectué une marche dans la journée ou après s'être dépensées physiquement lors d'une activité sportive ; inversement, la pratique d'une activité physique intensive en fin de journée ou en soirée est souvent la cause d'un trouble de l'endormissement.

Des questions se posent alors :

- l'exercice physique pourrait-il être une alternative non médicamenteuse visant à diminuer l'impact des troubles du sommeil ?
- quels sont les mécanismes qui pourraient suggérer une influence de l'exercice physique sur la quantité du sommeil mais également sur sa qualité (% de sommeil lent profond, % de sommeil paradoxal, latence d'endormissement...) ?
- quand on parle d'exercice physique, parle-t-on de sport de compétition à haute dépense physique et mentale ou d'activité physique d'intensité moyenne s'apparentant à la vie quotidienne ?
- en d'autres termes, y a-t-il un effet dose de l'activité physique sur le fonctionnement du sommeil et quels en sont la posologie et le mode d'administration ?
- l'exercice physique a-t-il un rôle aigu ou chronique sur le fonctionnement du sommeil ?
- le rôle de l'exercice physique est-il le même sur des populations de bons dormeurs *versus* insomniaques chroniques de type psychophysiologique ?

Une revue de littérature et quelques articles de synthèse récents présentent des données épidémiologiques et des études expérimentales sur l'effet

potentiellement inducteur du sommeil par de l'exercice physique aigu ou chronique.

Mécanismes de l'impact de l'exercice physique sur le sommeil

Différentes études ont recherché les effets de l'exercice physique sur les différentes composantes du sommeil ainsi que sur les troubles du sommeil dans les états dépressifs et anxieux.

Effets circadiens

Le rythme veille-sommeil et l'exercice physique sont étroitement liés et toute modification de l'un va modifier le niveau de l'autre. On sait, par exemple, l'importance de la lumière sur la synchronisation de l'horloge interne qui pilote l'alternance veille-sommeil.

L'effet de l'exercice physique sur les rythmes circadiens serait ainsi comparable à celui de la lumière à haute intensité en particulier sur les décalages de phase (Youngstedt et coll., 2002). L'exercice retarde le système circadien quand il est réalisé la nuit, avec un maximum d'effet de retard de phase quand la température est minimum, vers 3-4 heures du matin. En revanche, les effets d'avance de phase se produisent après le minimum de température et jusqu'à 5 heures après. L'exercice produirait des retards et des avances de phase selon qu'il est pratiqué avant ou après le minimum de température corporelle.

Van Reeth et coll. (1994) ont montré que 2,5 heures d'exercice d'intensité légère (50 % du VO_2 max) produisaient les mêmes effets sur les rythmes circadiens que 3 heures d'exposition à la lumière à haute intensité. Ces effets pourraient donc être utiles pour traiter les troubles de l'horloge biologique. Par exemple, les syndromes d'avance de phase ou de retard de phase pourraient être traités en pratiquant de l'exercice physique le soir ou le matin respectivement.

De même, l'exercice physique diminue les symptômes liés à la désynchronisation en cas de décalage horaire ou de travail posté par exemple, en fonction de son horaire de pratique (Edwards et coll., 2002).

L'amplitude des rythmes biologiques, notamment celui de la température, est augmentée par l'activité physique (Atkinson et coll., 1993). Par ailleurs, l'équipe de Barger et coll. (2004) a montré que l'exercice physique (45 minutes d'ergocycle) pratiqué dans l'obscurité afin de s'affranchir des effets de la lumière, décalerait la sécrétion de mélatonine.

Effet thermique

Horne et coll. (1985) montrent que l'augmentation du SLP (sommeil lent profond) après exercice physique est médiée par l'élévation de la température. Ils affirment que le SLP est la forme la plus récupératrice du sommeil. Cette affirmation est remise en cause par les études de Rechtschaffen et coll. (1999) montrant que le sommeil REM (de l'anglais *Rapid Eye Movement*, appelé sommeil paradoxal) est aussi récupérateur que le SLP. D'après ces auteurs, les augmentations de SLP dans les études de Horne étaient associées à des diminutions du REM sans modification du temps de sommeil total (TST). D'autres auteurs (Driver et coll., 1994) ont rapporté des corrélations négatives entre la quantité de sommeil profond et la qualité subjective du sommeil après l'exercice. Il n'empêche que la pratique d'un exercice physique a vraisemblablement un effet positif sur le processus d'entrée dans le sommeil par son effet de régulation efficace de la baisse de température. Il est donc vraisemblable que la diminution de la température du corps entre 0,5 et 1°C la nuit, favorable à la bonne qualité du sommeil, est plus facile à obtenir après la pratique d'un exercice physique chronique, c'est-à-dire un exercice physique pratiqué régulièrement avec un minimum de 3 séances d'activité par semaine, chaque séance durant au minimum 1 heure (Murphy et Campbell, 1997).

Effets anti-dépresseurs

Les troubles du sommeil constituent un facteur de risque pour le développement d'une dépression en même temps qu'ils sont un des symptômes de la dépression. Les effets anti-dépresseurs de l'exercice physique sont bien établis notamment sur des populations de personnes âgées (Morgan, 2003). Une des hypothèses sur ces effets est que la pratique d'un exercice physique, notamment aigu, c'est-à-dire la pratique d'un exercice physique considéré isolément, diminue le sommeil REM. Or, la diminution expérimentale du REM a un effet significativement anti-dépresseur après quelques semaines (Cartwright et coll., 2003).

Réduction de l'anxiété

Les troubles du sommeil sont un des marqueurs de l'anxiété, et l'insomnie chronique est associée à un état d'éveil élevé (Bonnet et coll., 2000). Or, l'exercice physique aigu réduit l'état d'anxiété (anxiété-état) et la pratique de l'exercice chronique réduit les traits anxieux (anxiété-trait) (O'Connor et coll., 2000).

Études épidémiologiques

La plupart des études épidémiologiques montrent une corrélation positive significative entre l'exercice auto-évalué et un meilleur sommeil subjectif

(Youngsted et coll., 1997 ; Morgan, 2003). Cependant, ces études présentent de nombreuses limitations et biais et les explications pour cette corrélation positive entre exercice physique et sommeil peuvent diverger :

- un bon sommeil est associé à une volonté et une aptitude à pratiquer de l'exercice physique (Weaver et coll., 1997) ;
- un meilleur sommeil et une aptitude ou une inclination à pratiquer de l'exercice physique sont corrélés avec une meilleure santé et moins de stress ;
- les pratiquants réguliers d'exercices physiques présentent des styles de vie moins à risques et favorables à un meilleur sommeil (moins de fumeurs, de consommateurs d'alcool ou de caféine parmi les pratiquants) (Sun et coll., 2002) ;
- le rôle de l'activité physique pratiquée à l'extérieur est difficile à dissocier de celui de la lumière à haute intensité qui favorise de meilleurs rythmes circadiens donc un meilleur sommeil (Youngsted et coll., 1999) ;
- il existe de nombreuses idées préconçues sur les relations entre sommeil et activité physique. Par exemple, l'idée que la somnolence est associée à la fatigue physique, ce qui est inexact. Le fait également que les pratiquants d'exercice physique décrivent un sentiment de grande énergie qui peut être le reflet d'une adaptation physiologique cardio-respiratoire liée à l'entraînement et non une meilleure capacité de récupération liée au sommeil (Hong et Dimsdale, 2003).

Études expérimentales

Des études expérimentales ont recherché l'effet des différentes caractéristiques de l'exercice physique (horaires, durée, intensité...) en aigu ou en chronique sur le sommeil.

Effet de l'exercice physique aigu

La plupart des études expérimentales ont examiné l'influence de l'activité physique aiguë en comparaison avec des sédentaires témoins. Ces études se sont concentrées sur des mesures objectives du sommeil en laboratoire utilisant des polysomnographies et des scores de sommeil.

Les résultats d'une méta-analyse (Youngsted et coll., 1997) incluant des études effectuées chez de bons dormeurs concluent que :

- l'exercice physique aigu n'a pas d'effet sur la latence d'endormissement (*Sleep Onset Latency*) ou la durée des éveils nocturnes après le début du sommeil (*WASO* ou *Wake After Sleep Onset*) ;
- le temps total de sommeil (TTS) est statistiquement augmenté mais en petite quantité (durée moyenne 10 minutes) ;

- le sommeil lent profond (SLP) est statistiquement augmenté mais peu (1,6 minutes) ;
- la latence d'apparition du sommeil paradoxal (SP) est augmentée (11,6 minutes) ;
- la quantité de SP est diminuée (6 minutes) ;
- le niveau de condition physique a peu d'influence sur le résultat et le niveau d'intensité n'a pas besoin d'être élevé pour obtenir un effet positif sur le sommeil (Youngsted et coll., 1997).

Horaire des pratiques

Les effets les plus positifs se produisent après un exercice physique pratiqué entre 4 heures et 8 heures avant de se coucher. Par opposition, les effets les moins positifs se produisent après un exercice physique pratiqué à plus de 8 heures ou moins de 4 heures de l'heure du coucher. On peut cependant noter que l'affirmation « qu'un exercice pratiqué en fin de soirée perturbe le sommeil » est fortement battue en brèche. La pratique d'activité physique moins de 4 heures avant le coucher augmente le temps total de sommeil, diminue la durée des éveils nocturnes et augmente seulement légèrement la latence d'endormissement (Youngsted, 2005).

L'intensité physique de la séance d'exercice physique n'a pas montré d'effets notables, que les sujets soient entraînés ou sédentaires (O'Connor et coll., 1998). Ce point mérite d'être souligné : l'activité physique en soirée est tout à fait réalisable et pratique notamment pour les gens qui travaillent. Ce fait est de plus particulièrement vrai pour les activités physiques d'endurance (King et coll., 1997).

Durée de l'exercice

Si la durée de la séance est de moins de 1 heure, les effets sont négligeables sur la quantité du sommeil (2 minutes). Pour une durée de 1 à 2 heures, la quantité de sommeil augmente de 11 minutes en moyenne. Pour une durée supérieure à 2 heures, l'effet est de 15 minutes. L'effet est donc maximum pour des athlètes d'endurance qui s'entraînent sur des temps notablement longs (Youngsted et coll., 1997). Pour les sédentaires ou les pratiquants réguliers, un minimum d'une heure ou plus est donc recommandé.

Intensité de l'exercice

Les études montrent que l'intensité de l'exercice ne joue pas sur les effets positifs sur le sommeil. Des effets similaires sur le sommeil ont été rapportés que l'exercice soit modéré, léger ou intense. Une différence significative est cependant constatée sur la durée des éveils nocturnes. La pratique d'un exercice léger est associée à une diminution de la durée des éveils nocturnes (approximativement 16 minutes) ; en revanche, la pratique d'un exercice physique à haute intensité montre une tendance à l'augmentation de la durée des éveils nocturnes (4 minutes) (Youngsted et coll., 1997).

Régularité de la pratique

Les études montrent qu'il n'y a pas de rapport entre les fluctuations de l'exercice physique d'un jour à l'autre et le sommeil objectif et subjectif. En revanche, un nombre de 3 à 4 séances d'activité physique par semaine amènerait les meilleures améliorations sur le sommeil subjectif et objectif (TTS, SOL latence du début du sommeil).

En résumé :

- les effets d'un exercice aigu sur le sommeil semblent modestes ;
- la légère diminution du SLP est à noter car il est généralement admis que l'exercice physique augmente la quantité de SLP ce qui est représentatif d'une bonne qualité de sommeil ;
- quand certaines études montrent une augmentation du SLP, c'est au détriment du SP. Et il n'est pas évident que le SLP soit meilleur que le SP ;
- il n'a jamais été montré que les modifications du SLP après un exercice physique aigu soient corrélées à un meilleur sommeil subjectif ou un meilleur dynamisme dans la journée.

Effet de l'exercice physique chronique

La grande majorité des études sur les effets de l'exercice physique ont été réalisées sur des dormeurs normaux. La comparaison avec des groupes témoins pratiquant le *stretching* n'a pas montré de différences significatives chez ces bons dormeurs (Tworoger et coll., 2003).

En revanche, plusieurs études ont eu pour objectif de savoir si la pratique d'une activité physique pouvait améliorer le sommeil des personnes âgées. Seule une étude (King et coll., 1997) a sélectionné une population d'adultes de plus de 60 ans avec un diagnostic d'insomnie primaire et l'absence de dépression ou de démence. Quarante trois sujets se plaignant de leur sommeil ont effectué un entraînement de 16 semaines, 3 à 4 fois par semaine, à composante aérobie et à une intensité entre 60 et 75 % de leur capacité aérobie. Ils ont été comparés à une population témoin :

- la qualité subjective du sommeil a été grandement améliorée ;
- la latence d'endormissement a diminué de 11,5 minutes *versus* témoin ;
- le TST a augmenté de 42 minutes.

Une autre étude (Singh et coll., 1997) a été réalisée chez des adultes âgés dépressifs (60-84 ans, n=32) en comparant un entraînement à base de renforcement musculaire et musculation *versus* un groupe témoin bénéficiant d'une éducation thérapeutique sur la santé. L'entraînement a duré 10 semaines à raison de 3 séances par semaine. Une amélioration significative du sommeil et une diminution de la dépression ont été observées dans le groupe musculation *versus* le groupe témoin et ces effets étaient significativement corrélés à l'entraînement.

Guilleminault et coll. (1995) ont réparti de manière aléatoire 30 sujets adultes insomniaques (44 ans de moyenne d'âge) pendant 4 semaines de traitement. Un groupe témoin suivait une éducation thérapeutique sur le sommeil, le 2^e groupe bénéficiait de cette formation sur l'hygiène du sommeil plus une marche d'allure vive pendant 45 minutes par jour, et enfin un groupe était sous traitement à la lumière à haute intensité (30 minutes par jour). Le sommeil était évalué par actimétrie (mesure des mouvements), questionnaires et échelles de sommeil. L'actimétrie a montré chez le groupe témoin une augmentation moyenne de 1 minute dans la SOL et une diminution moyenne de 3 minutes du TST, là où le groupe exercice a présenté des augmentations au niveau de la SOL et du TST respectivement de 7 minutes et de 17 minutes. Le groupe lumière à haute intensité a présenté une diminution de la SOL de 8 minutes, et une augmentation du TST de 44 minutes. Le sommeil subjectif a montré des tendances équivalentes. Bien que ces résultats n'étaient pas statistiquement différents entre les traitements notamment à cause du petit nombre de sujets, ces mesures renforcent la notion que l'exposition à la lumière à haute intensité pourrait être une importante composante, donc un biais, dans ces études sur l'exercice physique.

Enfin, une étude randomisée (Li et coll., 2004) a montré l'efficacité d'un exercice physique d'intensité modérée (8 mouvements de tai-chi) *versus* stretching et respiration profonde sur 118 hommes et femmes âgés de 60 à 92 ans se plaignant de troubles modérés de leur sommeil. Les séances duraient 1 heure, 3 fois par semaine, pendant 24 semaines consécutives. Les résultats ont montré des améliorations significatives dans 5 composantes du questionnaire de Pittsburgh (PSQI, *Pittsburgh Sleep Questionnaire Index*), qualité du sommeil, SOL, TST, efficacité du sommeil et perturbations du sommeil dans le groupe tai-chi. Le score global du PSQI et l'échelle de somnolence d'Epworth étaient significativement également améliorés.

En résumé :

- les études sur les effets de l'exercice chronique n'ont pas montré une évidence irréfutable que l'exercice facilite le sommeil ;
- ces études ont été limitées soit à des bons dormeurs la plupart du temps, soit à des personnes âgées se plaignant de leur sommeil ;
- des études contrôlées avec des insomniaques ou des dépressifs ont montré des effets significatifs de l'influence positive de l'exercice sur le sommeil, mais ces effets n'ont été mesurés très souvent qu'avec des mesures subjectives ;
- étant donné l'attente du grand public sur les alternatives non médicamenteuses au traitement de l'insomnie, des études comprenant des mesures objectives semblent nécessaires.

Pathologies organiques du sommeil et exercice physique

Le syndrome d'apnées du sommeil toucherait entre 2 et 4 % de la population adulte. Des études récentes montrent que la sévérité du syndrome d'apnées du sommeil est inversement proportionnelle au nombre d'heures d'exercice par semaine, indépendamment de l'IMC (Peppard et Young, 2004). L'hypothèse d'une action préventive de l'exercice physique sur les muscles glosso-pharyngiens est émise.

De même, des études épidémiologiques sur la pathologie des mouvements des jambes sans repos (MJSR) menées sur une population nord-américaine montre que la sédentarité est significativement associée au MJSR (De Mello et coll., 2004). Une étude préliminaire réalisée en 2004 montre également une diminution des symptômes du MJSR après la pratique d'un exercice physique aigu ou chronique. Des études complémentaires seraient à promouvoir.

En conclusion, il est communément admis que l'exercice physique est un des facteurs importants de la promotion du sommeil. Les études expérimentales ont cependant globalement échoué pour démontrer formellement quel type d'exercice physique pratiquer (aigu ou chronique), mais ces études ont été réalisées pour la plupart chez des bons dormeurs. Les premières études sur des populations d'insomniaques chroniques montrent des résultats prometteurs. Les relations entre sommeil et exercice physique ouvrent des perspectives en terme de santé. Toutes les études convergent pour montrer que la sédentarisation diminue l'amplitude des rythmes circadiens. Par voie de conséquence, le sommeil normal (et récupérateur) ne pourrait être obtenu que chez des sujets actifs. L'instauration d'un cercle vertueux serait ainsi à promouvoir (Davenne, 2006).

Par l'exercice physique, il y aurait une meilleure transition de l'état de sommeil vers l'éveil, une motivation et une envie d'être actif tout au long de la journée, donc de renforcer les rythmes biologiques, de prévenir les accidents et d'augmenter la durée du sommeil et sa qualité.

Des études avec des mesures objectives seraient à entreprendre permettant d'inclure l'exercice physique comme une alternative à la prise médicamenteuse et d'en définir la prescription en fonction de différentes populations (pathologies, âge...).

François Duforez et Damien Leger

*Centre du sommeil et de la vigilance,
Hôtel-Dieu, AP-HP, Paris*

BIBLIOGRAPHIE

ATKINSON G, COLDWELLS A, REILLY T, WATERHOUSE J. A comparison of circadian rhythms in work performance between physically active and inactive subjects. *Ergonomics* 1993, **36** : 273-281

BARGER LK, KP WRIGHT, RJ HUGHES, CZEISLER CA. Daily exercise facilitates phase delays of circadian melatonin rhythm in very dim light. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2004, **286** : R1077-R1084

BONNET MH, ARAND DL. Activity, arousal, and the MSLT in patients with insomnia. *Sleep* 2000, **23** : 205-212

CARTWRIGHT R, BAEHR E, KIRKBY J, PANDI-PERUMAL SR, KABAT J. REM sleep reduction, mood regulation and remission in untreated depression. *Psychiatry Res* 2003, **121** : 159-167

DE MELLO MT, ESTEVES AM, TUFIK S. Comparison between dopaminergic agents and physical exercise as treatment for periodic limb movements in patients with spinal cord injury. *Spinal Cord* 2004, **42** : 218-221

DAVENNE D. Activités physiques, sommeil et qualité de vie. *Sommeil et Vigilance* 2006, **15** : 8-10

DRIVER HS, ROGERS GG, MITCHELL D, BORROW SJ, ALLEN M, et coll. Prolonged endurance exercise and sleep disruption. *Med Sci Sports Exerc* 1994, **26** : 903-907

EDWARDS B, WATERHOUSE J, ATKINSON G, REILLY T. Exercise does not necessarily influence the phase of the circadian rhythm in temperature in healthy humans. *J Sports Sci* 2002, **20** : 725-732

GUILLEMINAULT C, CLERK A, BLACK J, LABANOWSKI M, PELAYO R, CLAMAN D. Non-drug treatments trials in psychophysiological insomnia. *Arch Intern Med* 1995, **155** : 838-844

HILLMAN DR, MURPHY AS, PEZZULLO L. The economic cost of sleep disorders. *Sleep* 2006, **29** : 299-305

HONG S, DIMSDALE JE. Physical activity and perception of energy and fatigue in obstructive sleep apnea. *Med Sci Sports Exerc* 2003, **20** : 1088-1092

HORNE JA, MOORE VJ. Sleep EEG effects of exercise with and without additional body cooling. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1985, **60** : 33-38

KING AC, OMAN RF, BRASSINGTON GS, BLIWISE DL, HASKELL WL. Moderate-intensity exercise and self-rated quality of sleep in older adults. A randomized controlled trial. *JAMA* 1997, **277** : 32-37

LEGER D, LEVY E, PAILLARD M. Insomnia costs in France. *Sleep* 1999, **22** (suppl 2) : S394-S401

LI F, FISHER KJ, HARMER P, IRBE D, TEARSE RG, WEIMER C. Tai Chi and self-rated quality of sleep and daytime sleepiness in older adults: a randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc* 2004, **52** : 892-900

MORGAN K. Daytime activity and risk factors for late-life insomnia. *J Sleep Res* 2003, **12** : 231-238

MURPHY PJ, CAMPBELL SS. Nighttime drop in body temperature: a physiological trigger for sleep onset? *Sleep* 1997, **20** : 505-511

O'CONNOR PJ, BREUS MJ, YOUNGSTED SD. Exercise-induced increase in core temperature does not disrupt a behavioral measure of sleep. *Physiol Behav* 1998, **64** : 213-217

O'CONNOR PJ, RAGLIN JS, MARTINSEN EW. Physical activity, anxiety and anxiety disorders. *Int J Sport Psychol* 2000, **31** : 136-155

PEPPARD PE, YOUNG T. Exercise and sleep-disordered breathing: an association independent of body habitus. *Sleep* 2004, **27** : 480-484

POSTOLACHE TT, HUNG TM, ROSENTHAL RN, SORIANO JJ, MONTES F, STILLER JW. Sports chronobiology in consultation: from the lab to arena. *Clinics in sports Medicine* 2005, **24** : 415-456, xiv

RECHTSCHAFFEN A, BERGMANN BM, GILLILAND MA, BAUER K. Effects of method, duration, and sleep stage on rebounds from sleep deprivation in the rat. *Sleep* 1999, **22** : 11-31

SINGH NA, CLEMENTS KM, FIATARONE MA. A randomized controlled trial of the effects of exercise on sleep. *Sleep* 1997, **20** : 95-101

SUN YH, YU TS, TONG SL, ZHANG Y, SHI XM, LI W. A cross-sectional study of health-related behaviours in rural eastern China. *Biomed Environ Sci* 2002, **15** : 347-354

TWOROGGER SS, YASUI Y, VITIELLO MV, SCHWARTZ RS, ULRICH CM, et coll. Effects of a yearlong moderate-intensity exercise and a stretching intervention on sleep quality in postmenopausal women. *Sleep* 2003, **26** : 830-836

VAN REETH O, STURIS J, BYRNE MM, BLACKMAN JD, L'HERMITE-BALERIAUX M, et coll. Nocturnal exercise phase delays circadian rhythms of melatonin and thyrotropin secretion in normal men. *Am J Physiol* 1994, **266** (6 Pt 1) : E964-E974

WEAVER TE, LAIZNER AM, EVANS LK, MAISLIN G, CHUGH DK, et coll. An instrument to measure functional status outcomes for disorders of excessive sleepiness. *Sleep* 1997, **20** : 835-843

YOUNGSTED SD. Effects of exercise on sleep. *Clin Sports Med* 2005, **24** : 355-365

YOUNGSTED SD, O'CONNOR PJ, DISHMAN RK. The effects of acute exercise on sleep: a quantitative synthesis. *Sleep* 1997, **20** : 203-214

YOUNGSTED SD, KRIPKE DF, ELLIOTJA, BAEHR EK, SEPULVEDA RS. Light exposure, sleep quality, and depression in older adults. In : *Biological effects of light* 1998. HOLICK MF, JUNG EG (eds). Kluwer academic Publishers, Boston, 1999 : 427-435

YOUNGSTED SD, KRIPKE DF, ELLIOTT JA. Circadian phase-delaying effects of bright light alone and combined with exercise in humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2002, **282** : R259-R266

Annexe

ANNEXE

Expertise collective Inserm : éléments de méthode

L'Expertise collective Inserm¹⁰² apporte un éclairage scientifique sur un sujet donné dans le domaine de la santé à partir de l'analyse critique et de la synthèse de la littérature scientifique internationale. Elle est réalisée à la demande d'institutions souhaitant disposer des données récentes issues de la recherche utiles à leurs processus décisionnels en matière de politique publique. L'Expertise collective Inserm doit être considérée comme une étape initiale, nécessaire mais le plus souvent non suffisante, pour aboutir aux prises de décision. Les conclusions apportées par les travaux d'expertise collective contribuent, mais ne peuvent se substituer, au débat des professionnels concernés ou au débat de société si les questions traitées sont particulièrement complexes et sensibles.

L'Expertise collective Inserm peut être complétée, à la demande d'un commanditaire, par une expertise « opérationnelle » qui s'intéresse à l'application des connaissances et recommandations en tenant compte de facteurs contextuels (programmes existants, structures, acteurs, formations...). Ce type d'expertise sollicite la participation d'acteurs de terrain susceptibles de répondre aux aspects de faisabilité, de représentants d'administrations ou institutions chargées de promouvoir les applications dans le domaine concerné, d'experts ayant participé aux expertises, de représentants d'associations de patients. La mise en commun de cultures et d'expériences variées permet une approche complémentaire à l'expertise collective dans un objectif d'opérationnalité. De même, différents travaux (recommandations de bonnes pratiques, audition publique...) conduits sous l'égide de la Haute autorité de santé (HAS) peuvent faire suite à une expertise collective Inserm.

L'expertise collective est une mission de l'Inserm depuis 1994. Une soixantaine d'expertises collectives ont été réalisées dans de nombreux domaines de la santé. L'Institut est garant des conditions dans lesquelles l'expertise est réalisée (exhaustivité des sources documentaires, qualification et indépendance des experts, transparence du processus).

Le Centre d'expertise collective Inserm organise les différentes étapes de l'expertise depuis la phase d'instruction jusqu'aux aspects de communication

102. Label déposé par l'Inserm

du rapport avec le concours des services de l'Inserm. L'équipe du Centre d'expertise collective constituée d'ingénieurs, de chercheurs et d'un secrétariat assure la recherche documentaire, la logistique et l'animation des réunions d'expertise, et contribue à la rédaction scientifique et à l'élaboration des produits de l'expertise. Des échanges réguliers avec d'autres organismes publics (EPST) pratiquant le même type d'expertise collective ont permis de mettre en place des procédures similaires.

Instruction de la demande

La phase d'instruction permet de définir la demande avec le commanditaire, de vérifier qu'il existe bien une littérature scientifique accessible sur la question posée et d'établir un cahier des charges qui précise le cadrage de l'expertise (état des lieux du périmètre et des principales thématiques du sujet), sa durée et son budget à travers une convention signée entre le commanditaire et l'Inserm.

Au cours de cette phase d'instruction sont également organisées par l'Inserm des rencontres avec les associations de patients pour prendre connaissance des questions qu'elles souhaitent voir traitées et des sources de données dont elles disposent. Ces informations seront intégrées au programme scientifique de l'expertise. Pour certains sujets, un échange avec des partenaires industriels s'avère indispensable pour avoir accès à des données complémentaires inaccessibles dans les bases de données.

Mise en place d'un comité de suivi et d'une cellule d'accompagnement de l'expertise

Un comité de suivi constitué de représentants du commanditaire et de l'Inserm est mis en place. Il se réunit plusieurs fois au cours de l'expertise pour suivre la progression du travail des experts, évoquer les difficultés éventuelles rencontrées dans le traitement des questions, veiller au respect du cahier des charges et examiner d'éventuels nouveaux éléments du contexte réglementaire et politique utiles pour le travail en cours. Le comité est également réuni en fin d'expertise pour la présentation des conclusions de l'expertise avant l'établissement de la version finale du rapport.

Pour les expertises traitant de sujets sensibles, une cellule d'accompagnement est également mise en place qui réunit des représentants de la Direction générale de l'Inserm, du conseil scientifique, du comité d'éthique de l'Inserm, du département de la communication, des chercheurs en sciences humaines et sociales et des spécialistes d'histoire des sciences. Cette cellule a pour rôle de repérer au début de l'expertise les problématiques susceptibles d'avoir une forte résonance pour les professionnels concernés et pour la société civile et de suggérer l'audition de professionnels des domaines

connexes, de représentants de la société civile et d'associations de patients. En bref, il s'agit de prendre la mesure de la perception que les différents destinataires pourront avoir de l'expertise. Avant la publication de l'expertise, la cellule d'accompagnement porte une attention particulière à la façon dont la synthèse et les recommandations sont rédigées incluant si nécessaire l'expression de différents points de vue. En aval de l'expertise, la cellule a pour mission de renforcer et d'améliorer la diffusion des résultats de l'expertise en organisant par exemple des colloques ou séminaires avec les professionnels du domaine et les acteurs concernés ou encore des débats publics avec les représentants de la société civile. Ces échanges doivent permettre une meilleure compréhension et une appropriation de la connaissance issue de l'expertise.

Réalisation de la recherche bibliographique

Le cahier des charges, établi avec le commanditaire, est traduit en une liste exhaustive de questions scientifiques correspondant au périmètre de l'expertise avec l'aide de scientifiques référents du domaine appartenant aux instances de l'Inserm. Les questions scientifiques permettent d'identifier les disciplines concernées et de construire une arborescence de mots clés qui servira à une interrogation systématique des bases de données biomédicales internationales. Les articles et documents sélectionnés en fonction de leur pertinence pour répondre aux questions scientifiques constituent la base documentaire qui sera transmise aux experts. Il sera demandé à chacun des membres du groupe de compléter tout au long de l'expertise cette base documentaire.

Des rapports institutionnels (parlementaires, européens, internationaux...), des données statistiques brutes, des publications émanant d'associations et d'autres documents de littérature grise sont également repérés (sans prétention à l'exhaustivité) pour compléter les publications académiques et mis à la disposition des experts. Il leur revient de prendre en compte, ou non, ces sources selon l'intérêt et la qualité des informations qu'ils leur reconnaissent. Enfin, une revue des principaux articles de la presse française est fournie aux experts au cours de l'expertise leur permettant de suivre l'actualité sur le thème et sa traduction sociale.

Constitution du groupe d'experts

Le groupe d'experts est constitué en fonction des compétences scientifiques nécessaires à l'analyse de l'ensemble de la bibliographie recueillie et à la complémentarité des approches. L'Expertise collective Inserm étant définie comme une analyse critique des connaissances académiques disponibles, le choix des experts se fonde sur leurs compétences scientifiques, attestées par leurs publications dans des revues à comité de lecture et la reconnaissance

par leurs pairs. La logique de recrutement des experts fondée sur leur compétence scientifique et non leur connaissance du terrain est à souligner, dans la mesure où il s'agit d'une source récurrente de malentendus lors de la publication des expertises.

Les experts sont choisis dans l'ensemble de la communauté scientifique française et internationale. Ils doivent être indépendants du partenaire commanditaire de l'expertise et de groupes de pression reconnus. La composition du groupe d'experts est validée par la Direction générale de l'Inserm.

Plusieurs scientifiques extérieurs au groupe peuvent être sollicités pour apporter ponctuellement leur contribution sur un thème particulier au cours de l'expertise.

Le travail des experts dure de 12 à 18 mois selon le volume de littérature à analyser et la complexité du sujet.

Première réunion du groupe d'experts

Avant la première réunion, les experts reçoivent un document explicatif de leur mission, le programme scientifique (les questions à traiter), le plan de travail, la base bibliographique de l'expertise établie à ce jour ainsi que les articles qui leur sont plus spécifiquement attribués selon leur champ de compétence.

Au cours de la première réunion, le groupe d'experts discute la liste des questions à traiter, la complète ou la modifie. Il examine également la base bibliographique et propose des recherches supplémentaires pour l'enrichir.

Analyse critique de la littérature par les experts

Au cours des réunions, chaque expert est amené à présenter oralement son analyse critique de la littérature sur l'aspect qui lui a été attribué dans son champ de compétence en faisant la part des acquis, incertitudes et controverses du savoir actuel. Les questions, remarques, points de convergence ou de divergence suscités par cette analyse au sein du groupe sont pris en considération dans le chapitre que chacun des experts rédige. Le rapport d'analyse, regroupant ces différents chapitres, reflète ainsi l'état de l'art dans les différentes disciplines concernées par le sujet traité. Les références bibliographiques utilisées par l'expert sont citées au sein et en fin de chapitre.

Synthèse et recommandations

Une synthèse reprend les grandes lignes de l'analyse de la littérature et en dégage les principaux constats et lignes de force. Certaines contributions d'intervenants extérieurs au groupe peuvent être résumées dans la synthèse.

Cette synthèse est plus spécifiquement destinée au commanditaire et aux décideurs dans une perspective d'utilisation des connaissances qui y sont présentées. Son écriture doit donc tenir compte du fait qu'elle sera lue par des non scientifiques.

Dès la publication du rapport, cette synthèse est mise en ligne sur le site Web de l'Inserm. Elle fait l'objet d'une traduction en anglais qui est accessible sur le site du NCBI/NLM (*National Center for Biotechnology Information* de la *National Library of Medicine*) et Sinapse (*Scientific INformation for Policy Support in Europe*, site de la Commission Européenne).

À la demande du commanditaire, certaines expertises collectives s'accompagnent de « recommandations ». Deux types de « recommandations » sont formulés par le groupe d'experts. Des « principes d'actions » qui s'appuient sur un référentiel scientifique validé pour définir des actions futures en santé publique (essentiellement en dépistage, prévention et prise en charge) mais qui en aucun cas ne peuvent être considérés comme des recommandations « opérationnelles » dans la mesure où les éléments du contexte économique ou politique n'ont pas été pris en compte dans l'analyse scientifique. Des « axes de recherche » sont également proposés par le groupe d'experts pour combler les lacunes de connaissances scientifiques constatées au cours de l'analyse. Là encore, ces propositions ne peuvent être considérées comme des recherches « prioritaires » sans une mise en perspective qu'il revient aux instances concernées de réaliser.

Lecture critique du rapport et de la synthèse par des grands « lecteurs »

Pour certaines expertises traitant de sujets sensibles, une note de lecture critique est demandée à plusieurs grands « lecteurs » choisis pour leurs compétences scientifiques ou médicales, exerçant des fonctions d'animation ou d'évaluation dans des programmes de recherche français ou européens ou encore participant à des groupes de travail ministériels. De même, le rapport et la synthèse (et recommandations) peuvent être soumis à des personnalités ayant une bonne connaissance du « terrain » et susceptibles d'appréhender les enjeux socioéconomiques et politiques des connaissances (et propositions) qui sont présentées dans l'expertise.

Présentation des conclusions de l'expertise et mise en débat

Un séminaire ouvert à différents milieux concernés par le thème de l'expertise (associations de patients, associations professionnelles, syndicats, institutions...) permet une première mise en débat des conclusions de l'expertise. C'est à partir de cet échange que peut être établie la version finale du document de synthèse intégrant les différents points de vue qui se sont exprimés.

