



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>



S.C.D. - U.H.P. NANCY 1
BIBLIOTHEQUE DES SCIENCES
Rue du Jardin Botanique
54600 VILLERS-LES-NANCY

THESE

présentée et soutenue publiquement pour l'obtention du
DOCTORAT DE L'UNIVERSITE HENRI POINCARÉ-NANCY 1
en SCIENCES ET TECHNIQUES DES ACTIVITES PHYSIQUES ET SPORTIVES

par

Anne VUILLEMIN

le

05 Novembre 1998

Quantification de l'activité physique passée : mesure et rôle pronostique sur l'état de santé (masse osseuse et fonction musculaire)

VOLUME 1

Directeurs de Thèse

Professeur Claude Jeandel, Université Henri Poincaré-Nancy 1

Co-direction :

Professeur Francis Guillemin, Université Henri Poincaré-Nancy 1
Gil Denis, Maître de Conférences, Université Henri Poincaré-Nancy 1

Membres du Jury

Président :

Professeur Jacques H. Abraini, Université Henri Poincaré-Nancy 1

Rapporteurs :

Professeur Jean Lonsdorfer, Université Louis Pasteur-Strasbourg I
Professeur Jean-Denis Rouillon, Université de Franche-Comté

Examineurs :

Professeur Francis Guillemin, Université Henri Poincaré-Nancy 1
Professeur Claude Jeandel, Université Henri Poincaré-Nancy 1
Professeur Roy J. Shephard, University of Toronto, Canada
Professeur Alain Varray, Université Montpellier 1

Laboratoire d'accueil : Ecole de Santé Publique, UPRES EA 1124, Nancy.

REMERCIEMENTS

S.C.D. - U.H.P. NANCY 1
BIBLIOTHÈQUE DES SCIENCES
Rue du Jardin Botanique
54600 VILLERS-LES-NANCY

Je tiens à remercier le Professeur Claude Jeandel pour le soutien qu'il m'a apporté et la confiance qu'il m'a accordée au cours de ces dernières années.

A Francis Guillemin, qui a apposé une pierre précieuse sur cet édifice et qui a su répondre présent à chacune de mes sollicitations, oh combien nombreuses. Merci pour tous ces conseils et le temps octroyé.

A Gil, qui n'a eu de cesse de programmer et re-programmer le logiciel à la base de ce travail et qui n'en a peut-être, pour ne pas dire sûrement, pas fini...

Mes remerciements vont à messieurs les Professeurs Jean Lonsdorfer et Jean-Denis Rouillon qui m'ont fait l'honneur d'accepter le rôle de rapporteurs. Que ce travail soit à la hauteur de leurs attentes.

Mes pensées se tournent également vers messieurs les Professeurs Jacques Abraini et Alain Varray qui ont accepté de juger ce travail. Qu'ils sachent combien je leur en suis reconnaissante.

Je témoigne toute ma gratitude au Professeur Roy Jesse Shephard qui n'a pas hésité à traverser l'Océan Atlantique pour se joindre à nous.

A toutes les personnes qui ont contribué au bon déroulement des différentes études. A ceux et celles qui se sont portés volontaires pour y participer. Trouvez ici un modeste remerciement.

A mes parents,
vous voilà enfin soulagés !

Vous qui n'avez cessé de concentrer vos efforts
pour assurer notre réussite. Ce travail en est l'aboutissement.

Il vous est dédié.

Merci pour tout.

A mon frère Francis,
d'un tout autre genre, je crois que ce travail vaut bien un grand procès.

A mon grand-père,
que rien n'aurait pu empêcher d'assister à cet événement.

A ceux à qui la vie n'a pas laissé le choix
d'être présents à cette occasion ...
mais qui l'auraient tant souhaités.

Merci à tous ceux qui d'une manière ou d'une autre,
par leurs gestes, leurs paroles, leurs pensées ...
m'ont soutenue dans ce travail.

SOMMAIRE

VOLUME 1

INTRODUCTION

Chapitre Préliminaire. Revue des questionnaires d'évaluation de l'activité physique

PARTIE 1. ASPECTS METHODOLOGIQUES DE LA MESURE DE L'ACTIVITE PHYSIQUE PAR QUESTIONNAIRES

Chapitre 1. Une mesure de l'activité physique sur une courte période

Chapitre 2. Une mesure de l'activité physique sur une longue période

PARTIE 2. APPLICATION PRELIMINAIRE DU SYSTEME QUANTAP DANS LE DOMAINE MUSCULO-SQUELETTIQUE

Chapitre 1. Rôle prédictif de l'activité physique sur la masse osseuse

Chapitre 2. Rôle prédictif de l'activité physique sur la force musculaire

CONCLUSION

VOLUME 2

BIBLIOGRAPHIE GENERALE

BIBLIOGRAPHIE SPECIALISEE

ANNEXES

TABLES DES MATIERES

INTRODUCTION

S.C.D. - U.H.P. NANCY 1
BIBLIOTHÈQUE DES SCIENCES
Rue du Jardin Botanique
54600 VILLERS-LES-NANCY

Les lieux communs concernant les bienfaits du sport (i.e. activité physique) sur la santé ne manquent pas. Celui-ci est associé à une éternelle jeunesse, à une hygiène de vie irréprochable où tabac et alcool sont bannis. Ces images ne sont pas forcément dénuées de fondements. En témoignent les nombreuses recommandations publiées ces dernières années [5, 31, 125, 132, 174, 181].

La volonté d'asseoir scientifiquement l'impact de l'activité physique sur la santé passe nécessairement par l'explicitation de cette dépendance.

De nombreux travaux font état de cette relation. L'activité physique en tant que facteur de prévention des risques de maladies cardiaques [13], d'obésité [44, 64, 115], d'ostéoporose [12, 30] ou encore d'autres pathologies [21, 132, 174] est très répandue. Mais l'approche de ces phénomènes varient selon les objectifs assignés aux études. Certaines s'intéressent à l'impact que peut avoir l'activité physique récente [25, 56, 65, 74, 96, 104, 136, 157, 172, 175, 179] alors que d'autres s'attachent à explorer l'impact de l'activité physique exercée au cours de la vie du sujet [23, 53, 61, 89, 158, 168, 173, 176, 178]. Certaines études envisagent même les deux approches [79]. La première consiste à mettre en place des études d'intervention (effet d'un programme d'exercices ou d'une activité donnée) ou à rendre compte de l'activité physique par des méthodes diverses (questionnaires, compteurs de mouvements, mesures de laboratoire, eau doublement marquée,...). Dans la seconde, l'évaluation de l'activité physique se fait à l'aide de questionnaires du fait de l'importance de la période de rappel et de la nature des informations à recueillir.

La mise au point d'instruments permettant de mesurer l'activité physique représente un objectif de recherche important [92, 116, 129, 182]. En effet, la qualité de la mesure conditionne la qualité des associations qui peuvent se révéler. L'élaboration, la construction, la validation et l'exploitation d'outils destinés à quantifier l'activité physique sont donc des étapes indispensables. Elles représentent

des tentatives de modéliser un phénomène complexe dans le but essentiel de mieux appréhender sa relation à la santé.

Problématique

Notre problématique va également dans le sens d'un renforcement des moyens de mesure de l'activité physique dans une perspective temporelle. Fondamentalement, cette approche nécessite un outil rendant compte de l'activité physique sur la vie entière et suppose un affinement des méthodes à base de questionnaires.

La décision de construire un instrument de mesure de l'activité physique repose sur un constat d'incomplétude des outils existants et sur l'hypothèse d'un bénéfice différencié de celle-ci sur la santé eu égard aux conditions variées de pratique.

L'utilité de la mesure réside dans sa capacité à rendre compte d'un phénomène au travers d'indicateurs objectifs. Une revue de la littérature nous donne l'occasion de faire le point sur les questionnaires existants et sur les indicateurs qu'ils fournissent et permet de mettre en évidence les besoins qui se font ressentir lorsque l'intérêt porte sur l'évaluation de l'activité physique au cours de la vie entière.

La quantification de l'activité physique passée ou récente contribue à mettre en évidence le rôle déterminant des activités physiques et de leurs conditions de pratique dans le processus du vieillissement humain. Celles-ci sont de nature à prévenir la rupture des équilibres organiques ou à maintenir les aptitudes physiques de base utiles à l'accomplissement de la motricité quotidienne. L'adaptation à la culture française d'un questionnaire anglo-saxon d'évaluation de l'activité physique sur les 12 derniers mois et l'élaboration d'un outil de mesure de l'activité physique sur la vie entière, dont les propriétés respectives sont envisagées dans notre première partie, contribuent à mieux appréhender cette relation.

Les impératifs économiques et sociaux expliquent le besoin de poser et de valider des hypothèses prédictives des effets de la pratique physique sur la santé. L'application préliminaire du système QUANTAP dans le domaine musculo-squelettique constitue une première approche dans laquelle nous cherchons à mettre en évidence le rôle prédictif de l'activité physique passée sur la densité minérale osseuse d'une part et sur la force musculaire d'autre part.

CHAPITRE PRELIMINAIRE

REVUE DES QUESTIONNAIRES D'EVALUATION DE L'ACTIVITE PHYSIQUE

Notre approche visant à mettre en relation l'activité physique passée et la santé, notre choix s'est orienté vers l'analyse des méthodes d'évaluation de l'activité physique par questionnaires.

Si depuis les années 60, nous observons une augmentation quantitative importante de ce type d'outil, nous pouvons également constater la diversité des démarches qui en fondent le contenu. La multiplicité et la diversité des questionnaires actuellement disponibles dans la littérature reflète l'intérêt que présente la prise en compte d'indicateurs de pratique physique dans les protocoles de recherche et traduit la difficulté à rendre compte d'un phénomène complexe par sa variété.

Le manque de questionnaires utilisables dans notre pays a, en partie, motivé la publication de notre revue de la littérature dans une revue française, la Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique (annexe 1) [182]. Ce travail arrive 10 ans après celui de Boisvert qui, à notre connaissance, est le dernier qui ait été publié dans une revue francophone [18]. De nouvelles études ont vu le jour depuis la parution de cet article. Ce travail a donc en partie été actualisé dans le chapitre qui suit.

1. Méthodes

Dans un premier temps, notre démarche a consisté à interroger des bases de données afin de répertorier les références bibliographiques traitant de l'évaluation de l'activité physique par questionnaires. Puis, dans un deuxième temps, nous avons procédé à une caractérisation de ces questionnaires afin d'aboutir à une vision synthétique du domaine.

L'interrogation de trois bases de données (Sportdiscus, Pascal, Medline) nous a permis de recenser 31 questionnaires, auto-administrables ou administrés par

enquête. Dans cette étude, les agendas (ou diaries) qui visent à un recueil de données en temps réel, n'ont pas fait l'objet de notre investigation. Les mots-clés permettant de sélectionner les références relatives à notre sujet ont été déterminés par l'intermédiaire du thésaurus, ou équivalent, propre à chaque base :

- Sportdiscus : seul le terme questionnaire a été utilisé du fait de la spécialisation de cette banque dans le domaine des activités physiques et sportives.
- Pascal : questionnaire - exercice physique - sport
- Medline : questionnaire - sports - physical education and training - exercise

La multitude de références délivrées par les bases de données nous a amené à procéder à une sélection afin de ne conserver que les articles décrivant clairement l'élaboration ou l'adaptation d'un questionnaire destiné à évaluer l'activité physique, ou étudiant sa validité et/ou sa reproductibilité. La lecture de l'article ou de son résumé nous a permis d'effectuer cette sélection.

Notre investigation a été complétée par une recherche manuelle à partir des références bibliographiques des articles recensés dans les bases de données.

2. Résultats

2.1. Présentation des questionnaires

Le nombre de questionnaires a augmenté progressivement depuis les années 70 pour connaître un pic de production dans les années 90 (tableau 1, figures 1 et 2).

Les questionnaires d'évaluation de l'activité physique varient dans leur contenu, leur forme et leur longueur. Chacun d'entre eux diffère selon les paramètres suivants : période de rappel (période de temps prise en compte dans la vie du sujet) mode d'administration, durée d'administration, types d'activité pris en compte, indicateurs fournis. En effet, l'estimation de l'activité physique peut être différente en fonction de sa nature, et tous les questionnaires ne mesurent pas tous les types d'activités (activités professionnelles, activités sportives, activités à la maison, ...).

2.2. Caractérisation des questionnaires

Chaque questionnaire a fait l'objet d'une caractérisation en plusieurs points. Le tableau 2 fait état de leur durée d'administration, de leur mode, de leur période de rappel, des activités prises en compte et des indicateurs fournis. La durée d'administration des questionnaires varie entre 5 minutes et 1 heure (moyenne 17 ± 12 minutes). Parmi les 31 questionnaires répertoriés, 14 sont conçus pour être auto-administrés, 15 pour être administrés par entretien et 2 peuvent être utilisés aussi bien en auto-administration qu'en entretien (tableau 3, figure 3). La période de rappel des différents questionnaires fluctue entre 1 semaine et moins et plus d'une semaine à une année. Les questionnaires pour lesquels cette période est supérieure à 1 an sont donc, en proportion, moindres (tableau 4, figure 4). Les questionnaires évaluant l'activité physique sous ses différentes formes sont peu nombreux. Certains sont spécialisés dans l'évaluation de l'activité physique au travail, d'autres dans les activités sportives, mais peu envisagent une prise en compte des différentes dimensions de l'activité (tableau 5, figure 5). Les types d'indicateurs offerts varient selon les questionnaires. Certains permettent de situer les individus sur une échelle de niveaux ou fournissent un indice d'activité alors que d'autres calculent des indicateurs de temps ou de dépense énergétique.

2.3. Validité des questionnaires

La validité sur critère est considérée sous deux formes : la validité étudiée avec des moyens directs (autres questionnaires, "agendas", mesures objectives à l'aide d'instruments de mesure de terrain) et la validité envisagée avec des moyens indirects (calories ingérées, indices de forme physique).

La reproductibilité intra-sujet est la plus fréquemment étudiée et souvent la seule envisagée.

Nous constatons que les études de validation des instruments de mesure ne sont pas toujours envisagées par les auteurs qui ont conçu l'outil.

3. Discussion

3.1. Période de rappel

Les questionnaires actuellement disponibles dans la littérature consacrent leur évaluation à une partie courte et récente de la vie (1 semaine ou moins, 1 an). Les questionnaires visant à appréhender l'activité physique sur la vie entière sont moins nombreux. Pourtant, seul ce type d'instrument est susceptible de fonder des hypothèses sur l'impact de la distribution des temps de pratique sur la santé. Est-ce la difficulté méthodologique ou l'anamnèse des sujets qui expliquent ce constat ?

3.2. Dimensions de l'activité physique

3.2.1. Définition de l'activité physique

L'activité physique est définie de façon générale comme "l'ensemble des mouvements corporels produits par la mise en action des muscles squelettiques et entraînant une augmentation substantielle de la dépense énergétique au dessus du métabolisme de repos" [174]. Cette définition montre que l'expression activité physique englobe une très large part de l'activité humaine et que toute étude incluant une évaluation de l'activité physique nécessite une définition des activités considérées. 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 [129] et variée.

3.2.2. Repérer l'activité physique dans des dimensions

L'étude de la relation entre l'activité physique et la santé nécessite de s'intéresser à la dimension ou aux dimensions de l'activité physique la ou les mieux associées au composant de la santé étudié.

Nous distinguons 5 dimensions parmi lesquelles l'activité physique peut être repérée :

- éducation physique et sportive : activité obligatoire enseignée en établissement scolaire ;
- activités physiques et/ou sportives : sport de compétition, entraînement régulier (sans compétition), activité physique de loisir ;

- activités professionnelles : selon les fonctions exercées, les activités professionnelles engendrent une activité physique plus ou moins importante ;
- entretien du lieu d'habitation : activités ménagères, bricolage, jardinage ;
- autres activités : soins corporels, moyen de locomotion pour se rendre au travail, à l'école...

Dans les questionnaires présentés, la première dimension n'est jamais considérée comme une dimension à part entière, soit elle n'est pas prise en compte, soit elle intègre la dimension que nous avons nommée activités physiques et/ou sportives.

Certains questionnaires sont conçus pour répondre à des objectifs d'étude précis, tels que l'exploration des facteurs de risque de maladies cardiaques. Cette conception ne nécessite pas forcément une évaluation de toutes les dimensions de l'activité physique d'un individu puisque certaines d'entre elles, ou l'intensité des activités qui la compose, ne sont pas jugées comme pouvant avoir un impact sur le composant de la santé étudié.

3.3. Indicateurs d'activité physique

3.3.1. Paramètres de quantification de l'activité physique

Pour caractériser la pratique physique d'un individu au cours de sa vie et en quantifier les bénéfices, il est courant de lier le type d'activité à sa durée, sa fréquence ainsi qu'à sa dépense énergétique associée. L'activité physique est souvent décrite d'après ces 3 paramètres. Les deux premiers permettent de quantifier l'activité physique en temps : fréquence*durée = durée de pratique exprimée en heures ou en minutes. Si l'on y ajoute l'intensité, l'indicateur calculé s'exprime en dépense énergétique : fréquence*durée*intensité = dépense énergétique, qui peut prendre en compte le poids du sujet : fréquence*durée*intensité*poids = dépense énergétique rapportée au poids de l'individu. Toutefois, il est important de signaler que la dépense énergétique est fortement dépendante non seulement des caractéristiques physiques du sujet mais également des conditions de pratique (environnementales, psychologiques, ...) [116].

Si les informations sur la fréquence, la durée et l'intensité de la pratique d'une activité physique relevées par l'intermédiaire d'un questionnaire permettent de calculer une dépense énergétique, une mesure objective de cette dépense peut également être envisagée en laboratoire. La nature des informations à recueillir et les objectifs de l'étude sont donc susceptibles de conditionner la méthode de mesure employée.

3.3.2. Types d'indicateurs

L'évaluation de l'activité physique nécessite la production d'indicateurs rendant compte de cette activité. L'activité physique peut s'exprimer en :

- temps (heures, minutes) ;
- dépense énergétique (unité énergétique) ;
- score numérique dérivé d'un questionnaire ;
- classement sur une échelle ordinale.
- nombre de mouvements, lorsque l'activité est enregistrée au moyen d'appareils électroniques ou mécaniques (podomètres, compteurs de mouvements, accéléromètres) ;

Les indicateurs quantitatifs sont les plus utilisés. Les informations obtenues à partir des questionnaires sont souvent convertis en une quantité de temps transformée en dépense énergétique.

3.4. Validité des questionnaires

La validation d'un instrument de mesure nécessite le passage par deux étapes majeures de validité et de reproductibilité.

La validité se définit comme la capacité d'un instrument à mesurer ce qu'il est censé mesurer. Il existe plusieurs formes de validité, mais nous nous limitons ici à rendre compte de la validité sur critère, qui consiste à explorer la validité de l'instrument en confrontant les résultats qu'il fournit à des critères rendant compte de la même dimension.

La reproductibilité est la qualité d'un instrument qui produit le même résultat lorsqu'il est administré à plusieurs reprises. La reproductibilité inter-juges se

rencontre lorsque différents enquêteurs administrent un questionnaire à un même sujet. La reproductibilité intra-sujet consiste à administrer un questionnaire à plusieurs reprises à un même sujet.

Les propriétés des instruments disponibles sont peu et rarement correctement, ou du moins incomplètement, évaluées (annexe 1 tableaux 3 et 4). Il y a une véritable nécessité d'évaluer la reproductibilité et la validité des instruments actuels et à venir. Mais le manque de critères de référence permettant de refléter l'activité physique réelle pose un problème quant à la validation des instruments selon les méthodologies de la psychométrie habituellement utilisées [34]. En pratique, les auteurs mettent en place des études destinées à valider des mesures subjectives par des mesures objectives (exemple : eau doublement marquée).

Des travaux s'attachent à vérifier et à rendre compte de la validité et de la reproductibilité des questionnaires [3, 9, 10, 78, 114, 135, 143].

3.5. Critères de choix d'un questionnaire

3.5.1. Critères liés à l'étude

- Objectifs de l'évaluation ;
- Cadre d'utilisation (étude d'intervention, évaluation personnelle,...) ;
- Taille et composition de l'échantillon (population dépendante, non dépendante,...) ;
- Moyens financiers, matériels, et humains disponibles ;
- Contraintes de temps (temps à consacrer à chaque sujet, échéances de l'étude,...).

3.5.2. Critères liés au questionnaire

- Définition de l'activité physique ;
- Période de rappel ;
- Mode d'administration (auto-administré, entretien, ou combinaison des deux) ;
- Durée d'administration ;
- Type d'indicateur (heures, dépense énergétique, score, échelle ordinale...) fourni.
- Acceptabilité pour le sujet (investissement requis, compatibilité avec leur activité quotidienne, influence sur le comportement,...) ;
- Niveau de validité et de fiabilité de l'instrument
- Facilité de traitement des données recueillies.

3.6. Contraintes d'utilisation d'un questionnaire conçu dans une langue étrangère.

La plupart des questionnaires d'évaluation de l'activité physique ont été élaborés en langue anglaise, ce qui pose le problème de leur utilisation dans notre culture et fait ressortir le manque d'outils en France.

Un questionnaire traduit d'une langue étrangère doit être validé dans sa nouvelle version comme s'il s'agissait d'un nouveau questionnaire, essentiellement si la culture est susceptible d'influencer la compréhension des questions mais aussi de modifier le concept exploré [63]. Dans ce cas, un travail d'adaptation du questionnaire doit être effectué. Nous n'avons relevé qu'un questionnaire conçu en langue française [14] et un seul questionnaire anglo-saxon a fait l'objet d'une traduction et d'une étude de validation en vue d'être utilisé dans notre pays [7, 16]. Cependant, de nombreuses études réalisées en France s'intéressent à l'impact de l'activité physique sur la santé.

4. Conclusion

Comme nous pouvons le constater, de nombreuses études font état d'élaboration de questionnaires auxquelles sont parfois associées une étude de validation. Des revues de la littérature permettent aux chercheurs de s'y retrouver dans cette multitude d'instruments qui leur sont proposés [92, 94, 98, 116, 182, 186]. Ce phénomène souligne un intérêt grandissant vis à vis de la relation sport-santé mais traduit surtout la difficulté à rendre compte quantitativement de l'impact réel de la pratique physique lorsqu'elle s'exprime de manière diversifiée (activité professionnelle, activité physique et/ou sportive, activité quotidienne) avec des conséquences variables en fonction de l'âge, du sexe, des conditions d'apprentissage, des périodes d'apprentissage ... En effet, bien que déclinant des objectifs le plus souvent communs (influence de la pratique sur les maladies cardio-vasculaires, le diabète, l'obésité, l'ostéoporose, ...) chaque questionnaire s'attache à considérer un pan de la réalité, soit par un choix des activités de référence, soit sur la base d'une limitation de la période de rappel (1 jour - vie entière). Si la quasi-totalité des outils

envisage le rôle des activités physiques de loisir, plus rares sont ceux qui analysent conjointement les activités professionnelles, les activités ménagères et les activités quotidiennes. Les activités motrices ont donc des frontières qui font qu'un jogging n'a pas le même poids que la tonte d'une pelouse, même lorsque leur dépense énergétique est identique.

De nombreuses études explorent la relation entre le niveau actuel d'activité physique et un état de santé. Pour cela, de nombreux questionnaires ont été élaborés. Cependant, d'autres hypothèses relatives à l'impact de l'activité physique passée sur la santé constituent un domaine intéressant à étudier, et qui semble aujourd'hui faire l'objet de quelques études mais qui reste moins étudié que l'activité récente. C'est pourquoi il nous semble pertinent de concevoir des instruments destinés à quantifier cette activité physique passée. De plus, la conception d'un outil capable de prendre en compte les différentes dimensions de l'activité permettrait une unicité de l'évaluation qui favoriserait des études comparatives.

Tableau 1. Effectifs et fréquences de parution des questionnaires

Année de parution	Effectif	Fréquence relative %	Fréquence cumulée %
1965-69	4	13	13
1970-74	1	3	16
1975-79	3	10	26
1980-84	4	13	39
1985-89	8	26	65
1990-94	10	32	97
1995-98	1	3	100
Total	31	100	

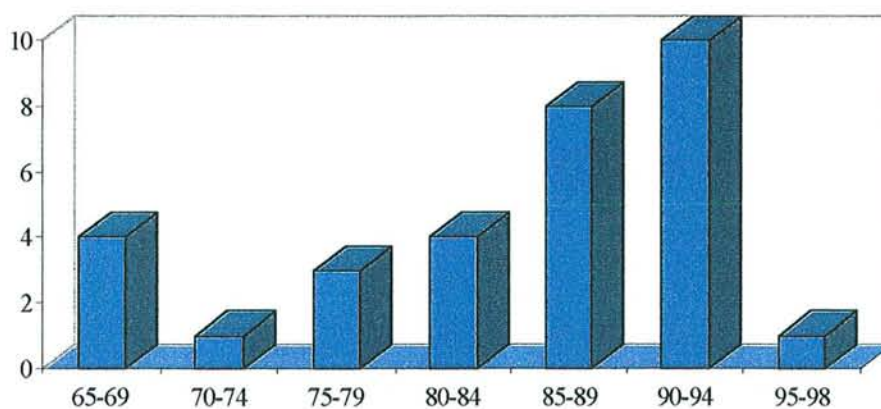


Figure 1. Répartition des effectifs de parution des questionnaires

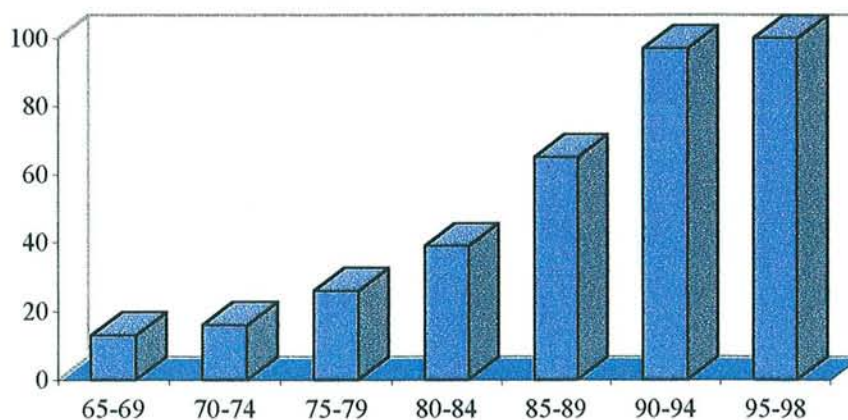


Figure 2. Evolution de la fréquence cumulée de parution des questionnaires

Tableau 2. Caractérisation des questionnaires d'évaluation de l'activité physique

Auteurs	Durée	Administration		Période de rappel	Activités				Réponses
		AA (1)	E (2)		T(b)	L (c)	M(d)	A(e)	
Shapiro, 1965 [156]	10'	x	x	AH (a)	x	x	x	-	échelle ordinale (4 niveaux)
Sunnegardh, 1985 [165]	30'	-	x	AH	-	x	-	-	échelle ordinale (3 niveaux)
Kannel, 1979 [82]	10'	-	x	1 jour	x	x	x	x	échelle ordinale (4 niveaux)
Yasin, 1967 [190]	1h	-	x	2 jours	-	x	x	x	échelle ordinale
Morris, 1973, 1980 [118, 119]	15'	x	-	2 jours	-	x	x	x	échelle ordinale (5 niveaux)
Bouchard, 1983 [20]	30'	x	-	3 jours	x	x	x	x	kcal
Berthouze, 1993 [14]	20-30'	x	x	1 semaine	x	x	x	x	kJ/jour
Sallis, 1985 [150]	15'	-	x	1 semaine	x	x	x	-	kcal/kg/jour
Caspersen, 1991 [27]	15'	x	-	1 semaine	-	x	x	x	kcal/kg/jour
Haskell, 1980 [67]	5'	-	x	1 semaine	x	x	-	-	échelle ordinale(3 niveaux)
Dipietro, 1993 [40]	20'	-	x	1 semaine	-	x	-	-	h/semaine;kcal/semaine
Paffenbarger, 1978, 1993 [128, 129]	15'	x	-	1 semaine	-	x	-	-	kcal/semaine
Godin, 1985 [57]	-	x	-	1 semaine	-	x	-	-	METs
Morrison, 1984 [120]	5'	-	x	1 semaine	-	x	-	-	échelle ordinale (3 niveaux)
Kohl, 1988 [88]	15'	x	-	1 semaine /3 mois	-	x	-	-	indice
Lamb, 1991 [95]	10-20'	-	x	2 semaines	-	x	-	-	kcal/day
Hopkins, 1991 [73]	10'	x	-	1 mois	x	x	x	-	METs
Verschuur, 1985 [177]	10-15'	-	x	3 mois	-	x	-	-	METs
Parker, 1988[130]	10'	x	-	3 mois/1 an	-	x	-	-	kcal/kg/semaine
Reiff, 1967 [144]	30'-1h	-	x	1 an	x	x	-	x	METs
Baecke, 1982 [7]	15'	x	-	1 an	x	x	-	-	indice
Jacobs, 1986, 1989 [76, 77]	8'	x	-	1 an	x	x	-	-	METs
Magnus, 1979 [105]	5'	-	x	1 an	-	x	x	-	échelle ordinale (3 niveaux)
Voorrips, 1991 [180]	10'	-	x	1 an	-	x	x	-	indice
Taylor, 1978 [170]	20'	-	x	1 an	-	x	-	-	kcal/jour
Ainsworth, 1993 [1]	15'	x	-	1 an	x	-	-	-	METs
Kriska, 1990 [90]	20'	-	x	vie /1 an/1 semaine	x	x	x	-	METs/h/semaine
Dan, 1990 [37]	15'	x	-	vie	x	x	x	-	échelle ordinale
Saltin, 1968 [151]	5'	x	-	vie	x	x	-	-	ordinal scale(4 niveaux)
Kriska, 1988 [89]	15'	x	-	vie	-	x	x	-	kcal/semaine
Friedenreich, 1998 [54]	20-30'	-	x	vie	x	x	x	-	h/semaine

(1) AA : auto-administration (2) E : entretien (a) AH : activité physique habituelle ; (b) T : activité physique au travail ; (c) L : activité physique de loisir ; (d) M : activités à la maison ; (e) A : autres (activités quotidiennes de base : sommeil, toilette, ...)

Tableau 3. Effectifs et fréquences des modalités d'administration du questionnaire

Modalité d'administration	Effectif	Fréquence relative %
Auto-administration	14	45
Entretien	15	48,5
Mixte	2	6,5
Total	31	

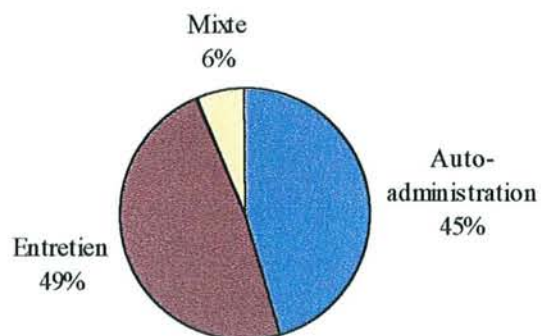


Figure 3. Répartition des modalités d'administration du questionnaire

Tableau 4. Effectifs et fréquences des périodes de rappel du questionnaire

Période de rappel	Effectif	Fréquence relative %
< 1 semaine	6	18
1-2 semaines	11	32
1-3 mois	4	12
1 an	9	26
vie	4	12

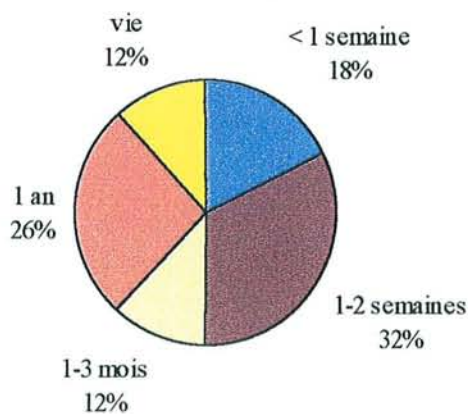


Figure 4. Répartition des périodes de rappel du questionnaire

Tableau 5. Effectifs et fréquences des types d'activités pris en compte dans le questionnaire

Activités	Effectif	Fréquence relative %
Professionnelles	15	48
Sportives	31	100
Quotidiennes	15	48
Autres	7	22,5
Toutes	3	9,5

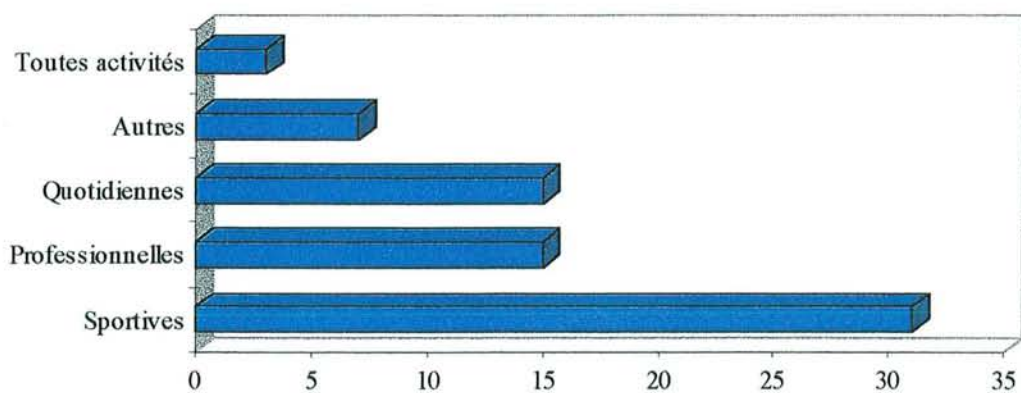


Figure 5. Répartition des effectifs des types d'activité pris en compte dans le questionnaire

5. Description des questionnaires évaluant l'activité physique sur la vie entière

5.1. « Swedish Questionnaire » [151]

L'objectif de ce questionnaire est d'aider à comprendre la relation entre la capacité de travail et la condition cardio-vasculaire d'hommes qui ont été très entraînés et qui sont maintenant sédentaires. L'évaluation de l'activité physique, que ce soit au travail ou pendant les loisirs, s'opère par décennie (depuis l'âge de 20 ans). Pour l'activité professionnelle, l'individu est amené à se situer dans un des 4 groupes d'activités définis (sédentaire, assis ou debout, marche, manipulation de matériel/travail manuel lourd). De plus, il est demandé au sujet de préciser si le travail a lieu à l'extérieur, à l'intérieur, ou dans les deux conditions. Pour les activités de loisir, le classement des sujets se fait en 4 groupes (quasiment inactif / au moins 4 h d'activité physique par semaine / activité régulière / activité physique dure régulière). Les individus doivent se situer dans un des groupes représentatif de leur activité pendant au moins 7 mois de l'année, et dans un autre groupe pendant 2 à 6 mois. Pour chaque décennie nous obtenons un score d'activité au travail et un score d'activité pendant les loisirs.

Wilbur et al. [189] ont comparé les résultats obtenus par ce questionnaire à ceux fournis par le Tecumseh Structured Physical Activity Interview [144]. Les questionnaires ont été administrés à 43 hommes et femmes âgés de 35 à 63 ans ($47 \pm 8,2$ ans). Une corrélation de 0.45 est calculée pour l'indice de travail, et de 0.06 pour l'indice de loisirs.

5.2. « Historical Leisure Activity Questionnaire » [89, 90]

La vie est divisée en 4 périodes (14-21 ans, 22-34 ans, 36-50 ans, > 50 ans). Quatre catégories de questions permettent d'apprécier le niveau d'activité physique pratiquée pendant les loisirs. Chacune des activités est convertie en une dépense énergétique exprimée en kilocalories, multipliée par la durée et la fréquence de pratique. Les dépenses énergétiques des activités reportées dans une période sont additionnées pour donner un indicateur quantitatif exprimé en kilocalories par semaine. La somme des dépenses des différentes périodes donnent la dépense énergétique cumulée sur la vie entière.

Le tableau 6 rend compte des résultats des études de validation envisagées par les auteurs [89, 90].

Tableau 6. Résultats des études de validation du questionnaire

Moyen de validation	Spearman	kappa	Pearson	Population testée
Reproductibilité				
Test-retest (1-3 semaines)	0.76-0.96	0.39-0.47	-	29 femmes (21-36 ans)
Test-retest (2-3 mois)	0.69-0.85	-	-	22 femmes âgées moyenne : 58 ans
Validité				
Questionnaire de Paffenbarger	-	-	0.09-0.46	223 femmes âgées moyenne : 57.6 ans
Compteur de mouvements (journée)	-	-	0.12-0.13	"
Compteur de mouvements (soir)	-	-	0.01-0.03	"
Force de préhension	-	-	0.19-0.23	"

5.3. « Levels of Lifelong Physical Activity Questionnaire » [37]

Le questionnaire développé est une adaptation de celui élaboré par Saltin et Grimby [151]. Il a été construit dans le but d'évaluer le niveau d'activité physique professionnelle, de loisir et à la maison, au cours de la vie, chez des femmes d'âge moyen et plus âgées. La tâche consiste à situer, par périodes de 5 ans (depuis l'âge de 15 ans), les différentes activités (professionnelle, loisir, ménage), parmi 4 niveaux d'intensité de pratique. Ce questionnaire reflète l'intensité de l'activité plutôt que sa durée, mais il n'est pas possible d'obtenir une estimation de la dépense énergétique à partir des informations recueillies.

Dan et al. ont étudié la fiabilité de ce questionnaire à l'aide d'un test-retest (2 semaines) au sein d'une population de 375 femmes âgées de 33 à 62 ans (46.6 ± 7.3 ans). Les corrélations obtenues pour le score total, le travail, les loisirs et les activités ménagères sont de 0.51, 0.46, 0.48, 0.57 respectivement. Un test de consommation maximale d'oxygène sur bicyclette ergométrique, chez cette même population, a permis d'analyser la validité de structure externe. Les coefficients de corrélation obtenus sont de 0.16 pour le score global, 0.9 pour l'indice de travail, 0.21 pour l'indice de loisir et 0.00 pour les activités ménagères. La validité de structure interne a également été envisagée. Les coefficients de corrélation calculés entre chaque item

et le score global varient entre 0.10 et 0.74. Le coefficient alpha de Cronbach, qui évalue l'erreur de mesure, varie de 0.83 à 0.87 [37].

5.4. « Lifetime Total Physical Activity Questionnaire » [54]

Ce questionnaire a été développé dans le but d'évaluer l'activité physique dans 3 dimensions : activités professionnelles, activités ménagères et activités sportives ou exercices. Pour chaque activité, le sujet rapporte la durée (année) et la fréquence (mois par an, jours par semaine, temps par jour) de pratique. Puis, une échelle à 4 niveaux (sédentaire, léger, modéré, intense) permet au sujet d'apprécier l'intensité de ses activités. La combinaison de la durée par la fréquence fournit, pour chaque dimension et chaque classe d'intensité, un indicateur exprimé en heures par semaine.

Le questionnaire a été administré à deux reprises à 113 femmes (61.2 ± 6.4 ans) afin d'étudier sa reproductibilité. Les coefficients de corrélation de Pearson calculés varient entre 0.50 et 0.87 selon les périodes de la vie et les dimensions considérées. La reproductibilité selon l'intensité des activités a également été envisagée. Les coefficients de corrélation de Pearson calculés varient entre 0.15 et 0.94 selon les périodes de la vie et les dimensions considérées.

PARTIE 1 :
ASPECTS METHODOLOGIQUES DE LA
MESURE DE L'ACTIVITE PHYSIQUE
PAR QUESTIONNAIRES

La revue de la littérature qui précède a permis de mettre en évidence deux phénomènes qui ont orienté notre travail. D'un côté, l'existence de nombreux questionnaires conçus pour évaluer l'activité physique sur des périodes de temps courtes mais pour la plupart élaborés en langue anglaise et de l'autre côté, le manque d'instruments destinés à évaluer l'activité physique sur des périodes de temps longues. Suite à ce constat, notre travail a porté d'une part, sur l'adaptation, à la culture française, d'un questionnaire d'évaluation de l'activité physique sur 12 mois et d'autre part, sur la conception d'un instrument de mesure de l'activité physique sur la vie entière.

CHAPITRE 1

UNE MESURE DE L'ACTIVITE PHYSIQUE SUR UNE COURTE PERIODE

Le manque d'instruments élaborés en langue française, ou adaptés à la culture française, nous a conduit à mener une étude ayant un objectif double :

- traduire et adapter un questionnaire d'évaluation de l'activité physique sur les 12 derniers mois initialement élaboré en langue anglaise, mais conçu pour pouvoir être utilisé dans des populations variées après des adaptations mineures.
- comparer deux modalités d'administration (auto-administration, entretien) afin d'offrir un questionnaire en langue française dont le mode d'administration peut varier en fonction de l'utilisation qui en est faite.

Cette étude a fait l'objet d'un manuscrit (annexe 2).

Introduction

En épidémiologie, du fait de leur facilité d'administration à un grand nombre de sujets et de leur faible coût, les questionnaires représentent la méthode la plus utilisée pour évaluer l'activité physique [92, 116]. Comme nous l'avons préalablement montré, de nombreux questionnaires d'activité physique ont été élaborés. Cependant, parmi les questionnaires visant à évaluer l'activité physique habituelle au cours des 12 derniers mois, peu réunissent à la fois les conditions de simplicité et d'exhaustivité nécessaires à leur utilisation dans une étude épidémiologique longitudinale. De plus, il existe, à notre connaissance, peu de questionnaires simples, en langue française, utilisables en recherche ou en pratique médicale pour évaluer le niveau habituel d'activité physique [182].

Le questionnaire développé par A. Kriska, dénommé "Modifiable Activity Questionnaire" (MAQ), a été développé avec l'objectif d'évaluer à la fois l'activité physique pratiquée pendant le travail et pendant le temps de loisir sur une période de 12 mois [90, 91, 93]. Il a fait l'objet de 2 études de validation [90, 152] et d'une étude de reproductibilité [90]. D'après ses auteurs, ce questionnaire présente l'avantage de pouvoir être utilisé dans différents types de populations après des adaptations mineures [93]. Dans sa version originale, ce questionnaire est administré sous forme d'entretien avec un enquêteur préalablement formé et entraîné [90, 91, 93]. Dans le but d'appliquer la forme auto-administrée du questionnaire à un large échantillon de sujets, une version française du MAQ a été réalisée. Tout en conservant le format de présentation original, après adaptation culturelle simple et reformulation des consignes données pour remplir correctement le questionnaire, l'objectif de cette étude est d'apprécier la validité de la modalité auto-administrée du questionnaire en la comparant au questionnaire validé sous forme d'enquête.

1. Méthodes

1.1. Sujets

Parmi les 12535 volontaires de l'étude SU.VI.MAX (SUPplémentation en Vitamines et Minéraux AntioXydants) [69, 70], nous avons recruté 165 sujets (55 hommes, 110 femmes). L'étude SU.VI.MAX est une étude épidémiologique longitudinale sur 8 ans (en cours depuis octobre 1994) dont les objectifs sont doubles: d'une part, évaluer l'efficacité d'une intervention sous forme d'un apport supplémentaire en vitamines et minéraux antioxydants à doses nutritionnelles sur l'état de santé en général, et particulièrement sur la prévention des cancers et des pathologies cardio-vasculaires ; d'autre part mieux connaître les relations existant entre l'alimentation et la santé, en constituant une large banque de données nationale sur le consommation alimentaire et l'état de santé des Français. Les volontaires sont soumis en alternance à une surveillance clinique une année et à une surveillance biologique l'année suivante. Tous les sujets ont donné leur consentement pour participer à cette étude qui a été préalablement approuvée par le "Comité Consultatif de Protection des Personnes dans la Recherche Biomédicale" (CCPPRB n° 706 Paris-Cochin, France) [70].

Les sujets de notre étude ont été vus au centre parisien de l'étude SU.VI.MAX (Hôpital St Lazare, Paris) à l'occasion du troisième bilan de surveillance (biologique) au cours des mois de mai et juin 1997. Sur les 165 personnes ayant répondu au questionnaire une première fois, 132 ont rempli le questionnaire sous ses deux formes (auto-administrée et entretien). Parmi ces 132 personnes, 16 ont répondu le même jour, 10 n'ont pas rempli la date d'administration en auto-questionnaire et la date d'administration n'a pas été reportée par l'enquêteur dans un cas. Le nombre de personnes ayant répondu correctement aux deux modalités d'administration est de 84. Les caractéristiques de la population sont présentées dans le tableau 1.

1.2. Questionnaire (annexe 3)

Le questionnaire utilisé dans notre étude correspond à la dernière version publiée du MAQ qui nécessite 10 minutes d'entretien [93]. Deux catégories de questions permettent d'apprécier le niveau d'activité physique pratiqué pendant les loisirs d'une part, et au cours des activités professionnelles d'autre part. Il est demandé aux sujets d'indiquer, d'après une liste, les activités physiques de loisir pratiquées au moins 10 fois au cours des 12 derniers mois. Puis des informations plus détaillées concernant la fréquence et la durée de pratique sont recueillies. L'équation de calcul de l'indicateur d'activité physique de loisir est la suivante :

$$\text{Activité physique de loisir (heures/semaine)} = (\text{nombre de mois}) * (\text{nombre de séances par mois}) * (\text{nombre de minutes par séance}) \div 60 \text{ minutes par heure} \div 52 \text{ semaines par an}$$

Les différents indicateurs obtenus pour chaque activité sont additionnés pour fournir le nombre d'heures moyen par semaine (h/sem) d'activité physique au cours des activités de loisir. Un indicateur de dépense énergétique peut également être calculé en multipliant le nombre d'heures par semaine pour chaque activité par le coût énergétique (METs) de l'activité considérée. Des listes de la valeur moyenne du coût énergétique en METs de la plupart des activités sont disponibles dans la littérature [2, 8, 107, 131]. Les valeurs obtenues à partir du questionnaire sont alors additionnées pour fournir un indicateur énergétique lié aux activités physiques de loisir, exprimé en METs-h par semaine (METs-h/sem). Les indicateurs liés à l'activité physique de loisir (h/sem et METs-h/sem) sont également calculés en excluant les activités liées à la marche (marche dite de "plaisir" et marche "rapide") tel que le recommandent les auteurs du MAQ. En effet, il a été montré que la quantification de cette activité ne présente pas une bonne reproductibilité [89, 90, 93].

Pour les activités professionnelles, il est demandé de répertorier les différentes activités exercées au cours des 12 derniers mois. Des renseignements relatifs à la fréquence, la durée et le type d'activité professionnelle sont également recueillis (nombre de mois de travail par an, nombre de jours de travail par semaine, nombre d'heures de travail assis et non assis par jour). Le calcul des indicateurs liés à l'activité professionnelle suit ensuite le même procédé que celui décrit pour les activités de loisir.

Dans les consignes données par A. Kriska pour calculer l'indice d'activité physique liée à la profession, seules les catégories B et C d'activités sont prises en compte [93]. Les professions mentionnées par les individus composant notre échantillon étant en majeure partie des professions sédentaires, nous avons également pris en compte la catégorie A du questionnaire lors du calcul de nos indices.

Les équations de calcul des indicateur d'activité physique liée à la profession sont les suivantes :

* le nombre d'heures moyen par semaine d'activité légère a été calculé pour les activités pour lesquelles la catégorie légère (A) a été cochée dans le questionnaire :

Activité physique légère liée à la profession (heures/semaine) = (nombre de mois par an)(4 semaines par mois)*(nombre de jours de travail par semaine)*(nombre d'heures de travail par jour d'activité légère) ÷ 52 semaines par an*

[où nombre d'heures par jour d'activité légère = (nombre d'heures par jour de travail - nombre d'heures assises au travail) + (minutes par jour de marche ou de bicyclette pour se rendre au travail ÷ 60 minutes)].

* le nombre d'heures moyen par semaine d'activité modérée a été calculé pour les activités pour lesquelles la catégorie modérée (B) a été cochée dans le questionnaire :

Activité physique modérée liée à la profession (heures/semaine) = (nombre de mois par an)(4 semaines par mois)*(nombre de jours de travail par semaine)*(nombre d'heures de travail par jour d'activité modérée) ÷ 52 semaines par an*

[où nombre d'heures par jour d'activité modérée = (nombre d'heures par jour de travail - nombre d'heures assises au travail) + (nombre de minutes par jour de marche ou de bicyclette pour se rendre au travail ÷ 60)].

* le nombre d'heures moyen par semaine d'activité intense a été calculé pour les activités pour lesquelles la catégorie intense (C) a été cochée dans le questionnaire :

Activité physique intense liée à la profession (heures/semaine) = (nombre de mois par an)(4 semaines par mois)*(nombre de jours de travail par semaine)*(nombre d'heures de travail par jour - nombre d'heures de travail assis) ÷ 52 semaines par an*

[où nombre d'heures par jour d'activité intense = (nombre d'heures par jour de travail - nombre d'heures assises au travail) + (nombre de minutes par jour de marche ou de bicyclette pour se rendre au travail ÷ 60)].

La somme des indicateurs d'activité légère, modérée et intense donne l'indicateur final d'activité liée à la profession, exprimé en heures par semaine. Un indicateur de dépense énergétique peut également être calculé en multipliant le nombre d'heures par semaine de chacune des catégories (A, B et C) par une estimation énergétique globale, soit 2 METs pour la catégorie d'activité légère, 4 METs pour la catégorie d'activité modérée, et 7 METs pour la catégorie d'activité intense. La somme des indicateurs énergétiques donne un indicateur énergétique final d'activité lié à la profession exprimé en METs-h par semaine.

Une partie du questionnaire apprécie également l'inactivité à travers l'évaluation du nombre d'heures moyen par jour passé à regarder la télévision.

La traduction-adaptation en langue française et la mise au point de la version auto-administrée du questionnaire a été réalisée par les auteurs. Le questionnaire ayant été initialement conçu pour être administré par un enquêteur, les instructions de remplissage n'apparaissaient pas directement sur le questionnaire, mais sur des feuilles annexes. Dans cette étude utilisant le questionnaire sous forme auto-administrée, les instructions ont été intégrées dans le document afin d'en faciliter la lecture. Le même questionnaire a été utilisé dans les 2 modes d'administration.

1.3. Procédure

L'ordre d'administration a été défini par tirage au sort puis les sujets de l'étude ont été répartis en deux groupes. La constitution de deux groupes a permis de soumettre alternativement à chacun des sujets le questionnaire sous sa forme auto-administrée et par entretien. Ce procédé d'inversion des modes d'administration du questionnaire permet d'étudier l'effet éventuel de l'ordre de passation. Les individus du groupe 1 ont reçu le questionnaire à domicile, ils ont dû le remplir environ 10 jours avant la date de la visite de surveillance. Au cours de cette visite, ils devaient répondre au même questionnaire sous la forme d'un entretien individuel, avec un enquêteur. Les individus du groupe 2 ont d'abord répondu au questionnaire par entretien lors de la visite de surveillance, puis ils ont répondu à ce même questionnaire sous sa forme auto-administrée, environ 10 jours après l'entretien (retour par voie postale). Chaque questionnaire portait la date de réponse afin de

contrôler les délais entre les deux modalités d'administration. Tous les entretiens ont été effectués par le même enquêteur, formé spécifiquement avant le début de l'étude. De plus, les sujets n'ont pas été avertis de l'administration du questionnaire une seconde fois quelques jours plus tard afin d'éviter un effet d'apprentissage.

1.4. Analyse statistique

Malgré une transformation logarithmique, les variables ne présentaient pas une distribution normale. L'analyse statistique a donc été réalisée au moyen de tests non paramétriques. Les modalités d'administration du questionnaire ont été étudiées à l'aide d'un modèle d'analyse de variance à effet aléatoire sur les rangs. Trois effets principaux ont été considérés : le mode d'administration du questionnaire, l'ordre d'administration du questionnaire, et la période (mode*ordre) [142, 154]. La concordance a été étudiée avec un coefficient de corrélation intra-classe non paramétrique [147].

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SAS (SAS Institute, Cary, NC).

2. Résultats

L'intervalle moyen de temps entre les deux administrations est de 8.0 jours (\pm 5.3) pour le groupe ayant rempli le questionnaire dans sa forme auto-administrée en premier et de 7.8 jours (\pm 6.3) pour le groupe ayant eu l'entretien en premier. Il n'apparaît pas de différence significative entre ces deux temps d'administration ($p = 0.86$).

Le tableau 2 présente chacun des indicateurs d'activité obtenus au moyen du questionnaire auto-administré et de l'entretien (médianes, 1er et 3ème quartiles).

Le tableau 3 fournit les résultats de l'analyse de variance sur les rangs qui englobe tous les questionnaires. L'existence d'un effet lié à l'ordre d'administration du questionnaire n'est pas significatif. Un effet significatif de la modalité d'administration du questionnaire a été observé pour les indicateurs d'activité physique de loisir. Un niveau plus élevé d'activité a été déclaré au cours de l'entretien.

Les coefficients de corrélation intraclasse calculés sont présentés dans le tableau 4. Les effectifs portent uniquement sur les questionnaires qui ont été remplis à la fois dans la modalité auto-administrée et administrée par entretien, soit 84. Les coefficients de corrélation intraclasse sont plus élevés pour les indicateurs d'activité physique de loisir (0.900-0.901 marche incluse et 0.928-0.929 marche exclue) et l'indicateur d'inactivité (0.969). Pour les indicateurs d'activité physique au travail et les indicateurs globaux (loisir + travail) les coefficients de corrélation intraclasse varient entre 0.816-0.822 et 0.825-0.838 respectivement.

3. Discussion

La nécessité de quantifier l'activité physique dans de vastes échantillons au moyen d'instruments simples mais précis nous a conduit à proposer une version française auto-administrée du MAQ.

Le MAQ, initialement conçu pour être administré à des adultes au cours d'un entretien, a bénéficié de plusieurs études de validation qui en documentent les qualités [90, 152]. La validité a été étudiée en comparant les indices du questionnaire à des scores obtenus avec un accéléromètre [90], et par la mesure de la dépense énergétique au moyen de l'eau doublement marquée [152]. Ce questionnaire a été utilisé sous la forme d'un entretien dans plusieurs études mises en place dans diverses populations [51, 90, 99, 121, 132, 191].

Les résultats de la comparaison des deux modalités d'administration nous montrent que les indicateurs calculés sont plus bas en autoquestionnaire par rapport à l'entretien, quel que soit l'ordre d'administration du questionnaire, sauf pour le nombre d'heures de télévision. Cette remarque souligne l'impact de l'entretien sur la mémoire des faits. En effet, la présence d'un enquêteur semble fournir un cadre de réponse à l'individu et permet ainsi de recueillir plus d'informations. Le questionnaire, dans sa forme auto-administrée, occasionne une sous-estimation significative des informations portant sur l'activité de loisir. Cependant, il ne nous est pas possible d'affirmer que l'une ou l'autre des modalités d'administration du questionnaire permet de recueillir des informations de manière plus précise. Nous remarquons une tendance à une sur-estimation des activités physiques et à une sous-

estimation du nombre d'heures de télévision en présence d'un enquêteur. Il semblerait que les sujets surestiment les informations qu'ils considèrent comme positives (pratiquer des activités physiques) et sous-estiment les informations négatives (un nombre d'heures de télévision élevé est souvent interprété en tant qu'indicateur de sédentarité) lorsqu'ils doivent répondre à un enquêteur. Une tendance similaire a été observé par Klesges et al. [86] et ce phénomène a également été démontré dans des études sur l'obésité [101].

Les résultats liés à l'activité professionnelle montrent que la population recrutée pour cette étude exerce essentiellement des activités caractérisées par leur sédentarité, et donc classées dans la catégorie A du questionnaire. Des études composées d'individus ayant des activités professionnelles engendrant une activité physique modérée voire intense sont nécessaires afin d'obtenir un échantillon plus représentatif et de confirmer leur validité. La même remarque a été formulée par l'auteur du questionnaire [90]. De plus, cette partie du questionnaire semble plus difficile à renseigner en auto-administration dans sa forme actuelle, comme nous le montrent les effectifs. Une reformulation des consignes de remplissage ou une modification de la présentation sont des solutions à envisager.

L'analyse des résultats montre une bonne concordance entre les deux modalités d'administration pour les différents indicateurs calculés. Les coefficients de corrélation intraclasse calculés pour les indicateurs de loisir, exprimés en METs, peuvent différer de ceux exprimés en h/sem. Il peut exister une différence entre le nombre d'heures déclaré et la dépense énergétique calculée du fait de l'absence de contrôle du type d'activité. Une durée identique peut avoir été déclarée aux deux temps d'administration, mais le type d'activité peut varier (exemple : au temps 1, un sujet déclare faire de la marche "plaisir", et au temps 2 il déclare faire de la marche "rapide"). Or, si le type d'activité varie au deux temps d'administration, la dépense énergétique qui lui correspond varie également et peut ainsi influencer les résultats.

La reproductibilité de ce questionnaire a initialement été étudiée en utilisant le coefficient de corrélation de Spearman [90]. Nous ne pouvons donc pas comparer les résultats obtenus par Kriska et al. à ceux obtenus ici, puisque ce coefficient ne teste pas une ressemblance mais seulement une relation d'association.

En résumé, la version française du MAQ est un outil valide et fiable pour évaluer l'activité physique habituelle et certains indices d'inactivité (télévision). Sa forme auto-administrée offre un nouvel outil pouvant être appliqué à de larges échantillons sans engendrer un coût matériel et humain trop important.

Tableau 1. Caractéristiques des sujets [moyenne ± écart-type (min;max)]

	Hommes	Femmes	Total
n	22	62	84
Age (années)	52.1 ± 4.1 (47; 63)	49.1 ± 7.1 (36; 62)	49.9 ± 6.6 (36; 63)
Taille (cm)	172.6 ± 8.1 (162; 188)	161.7 ± 5.9 (149; 173)	164.9 ± 8.2 (149; 188)
Poids (kg)	80.3 ± 9.7 (63; 93)	63.5 ± 9.7 (49; 96)	68.2 ± 12.3 (49; 96)
IMC ^(a) (kg/m ²)	27.1 ± 3.3 (22; 35)	24.3 ± 3.9 (18; 36)	25.1 ± 3.9 (18; 37)

* IMC = Indice de Masse Corporelle (poids/taille²)

Tableau 2. Indicateurs d'activité physique et nombre d'heures de télévision sur les 12 derniers mois en fonction de la modalité d'administration du MAQ [médiane (Q1; Q3)]

	n	Auto-administration	Entretien
Activité de loisir			
Marche incluse			
(h/sem)	84	2.1 (0.5; 4.7)	2.4 (0.7; 4.5)
(METs-h/sem)	84	10.0 (2.4; 20.3)	12.0 (2.7; 22.0)
Marche exclue			
(h/sem)	84	1.2 (0.0; 2.7)	1.4 (0.3; 3.4)
(METs-h/sem)	84	6.8 (0.1; 12.2)	6.6 (1.2; 16.1)
Activité professionnelle			
(h/sem)	84	18.5 (7.7; 31.6)	18.1 (10.2; 27.5)
(METs-h/sem)	84	37.9 (16.8; 83.9)	41.5 (21.9; 77.8)
Activité totale			
(loisir + profession)			
Marche incluse			
(h/sem)	84	21.9 (9.7; 36.1)	20.9 (13.0; 30.1)
(METs-h/sem)	84	57.0 (27.0; 96.5)	57.5 (35.5; 91.0)
Marche exclue			
(h/sem)	84	20.5 (9.4; 35.9)	19.2 (11.9; 29.6)
(METs-h/sem)	84	48.6 (20.6; 92.9)	52.6 (30.9; 85.3)
TV (h/j)	84	2.0 (1; 2)	1.5 (1; 2)

Tableau 3. Comparaison des modalités d'administration du MAQ (valeurs de p)

	Modalité d'administration	Ordre d'administration	Période (modalité*ordre)
Activité de loisir			
Marche incluse			
(h/sem)	0.105	0.235	0.729
(METs-h/sem)	0.039	0.192	0.742
Marche exclue			
(h/sem)	0.023	0.131	0.598
(METs-h/sem)	0.018	0.114	0.435
Activité professionnelle			
(h/sem)	0.428	0.070	0.872
(METs-h/sem)	0.654	0.229	0.529
Activité totale (loisir + profession)			
Marche incluse			
(h/sem)	0.386	0.054	0.935
(METs-h/sem)	0.453	0.159	0.719
Marche exclue			
(h/sem)	0.429	0.051	0.987
(METs-h/sem)	0.455	0.167	0.745
TV (h/j)	0.127	0.807	0.325

Tableau 4. Concordance entre les modalités d'administration du MAQ

	n	coefficient de corrélation intraclasse
Activité de loisir		
Marche incluse		
(h/sem)	84	0.901
(METs-h/sem)	84	0.900
Marche exclue		
(h/sem)	84	0.928
(METs-h/sem)	84	0.929
Activité professionnelle		
(h/sem)	84	0.816
(METs-h/sem)	84	0.822
Activité totale		
(loisir + profession)		
Marche incluse		
(h/sem)	84	0.825
(METs-h/sem)	84	0.838
Marche exclue		
(h/sem)	84	0.827
(METs-h/sem)	84	0.835
TV (h/j)	84	0.969

CHAPITRE 2

UNE MESURE DE L'ACTIVITE PHYSIQUE SUR UNE LONGUE PERIODE

La volonté d'étudier l'impact de l'activité physique passée sur la santé nous a conduit à concevoir un outil original tant par sa forme que par son contenu. Cet instrument se présente sous la forme d'un entretien standardisé assisté par ordinateur dont les propriétés font l'objet de ce chapitre. Notre choix s'est porté vers un entretien individuel du fait de l'effort de rappel demandé aux sujets et de l'importance des informations à recueillir.

I. FONDEMENTS ET FONCTIONNEMENT DU SYSTEME QUANTAP

1. Objectifs

QUANTAP est un système de quantification de l'activité physique qui complète une batterie de moyens susceptibles de mieux comprendre la relation entre l'activité physique et la santé d'un individu.

QUANTAP est capable de :

- mesurer l'activité physique dans le temps en ne tenant pas seulement compte d'une quantité de pratique, mais également d'une répartition de cette quantité dans le temps
- rendre compte d'autres dimensions que le seul aspect énergétique.

Les objectifs qui lui sont assignés sont de deux ordres :

- * estimer une quantité de pratique sur une période de temps variable
- * caractériser le rapport à cette pratique, en fournissant des indicateurs synthétiques, et en établissant un profil physique.

Cette formulation marque tout à la fois sa richesse future et ses limites. Richesse par sa volonté de prendre en compte l'aspect multidimensionnel de la pratique physique et de dépasser la simple quantification en introduisant un rapport

qualitatif. Limites, par la nécessité méthodologique de n'envisager qu'une "estimation", certes la plus juste, mais ramenée très souvent aux considérations d'un sujet gérant des situations médianes. Enfin, le recours à l'informatique, même si elle n'oblitére pas la différence entre le réel et son estimation, permet d'envisager la construction d'un outil pouvant s'adapter à des objectifs, voire à des modèles théoriques différents.

2. Présentation du système QUANTAP (annexe 5)

Le logiciel QUANTAP (Windows 3.11 ou Windows 95, langage Delphi) est un système de quantification de l'activité physique sur la vie entière. Il est composé de trois modules complémentaires : un module de recueil de données issues d'un entretien individuel, un module de calcul des indicateurs synthétiques, et un module de transfert.

Le but du système QUANTAP est de pallier aux insuffisances des questionnaires d'évaluation de l'activité physique actuels, en intégrant deux caractéristiques de base : l'aspect multiforme et les conditions temporelles de la pratique physique.

2.1. Module de saisie : QUANTAP

Ce module crée une fiche descriptive des éléments qui permettront le calcul des indicateurs caractérisant le rapport de l'individu aux activités physiques au sens large, et son évolution dans le temps.

Ce module doit permettre, sur la base d'un entretien semi-directif, de reconstituer l'investissement physique d'un individu au cours de sa vie. Les données sont recueillies dans chacune des dimensions définies : éducative (éducation physique à l'école), culturelle (activité physique et/ou sportive de loisir), professionnelle (activité physique engendrée par la profession), quotidienne (bricolage, jardinage, activités ménagères, déplacements à pied ou à bicyclette, activités artistiques).

Trois types de données sont recueillies :

- les données temporelles susceptibles de repérer le déroulement temporel de chaque pratique (date de début et de fin de pratique, fréquence de pratique, durée) ;
- les données nominales concernant le type d'activité pratiqué (intitulé des activités physiques et/ou sportives, professionnelles) ;
- les données permettant de quantifier le niveau énergétique de chaque activité.

2.2. Module de calcul : CALQUANT

Le module de calcul cherche à quantifier le rapport aux activités physiques tout au long de la vie.

Les informations recueillies à l'aide du module précédent sont utilisées par ce module afin de calculer différents indicateurs synthétiques, indexés à la période étudiée et accompagnés de leur représentation graphique. Ces indicateurs sont conçus pour rendre compte de l'investissement physique d'un individu au cours d'une période de temps qui peut être définie par l'investigateur.

2.3. Module de transfert : TRANSF

L'objet de ce module est de transférer les indicateurs, calculés par le module précédent, d'une collection de fiches au sein d'un fichier unique pouvant être traité par un logiciel de statistiques ou un tableur.

2.4. Conditions d'administration

L'entretien doit être mené par un enquêteur entraîné. La durée de l'entretien varie d'un individu à l'autre en fonction d'une part, de l'importance de ses "antécédents" et d'autre part, de sa capacité à délivrer une réponse brève et concise. Le rôle de l'enquêteur consiste alors à canaliser le discours afin de ne pas trop sortir du contexte, sans toutefois empêcher le sujet de se remémorer certains faits lui permettant d'en retrouver d'autres. Cela demande donc de la part de l'enquêteur à la fois une certaine indulgence et une certaine rigueur afin d'obtenir les renseignements nécessaires. Nous évaluons la durée de l'entretien entre 5 minutes (pour des enfants ou des adolescents) et 30 minutes (pour des personnes plus âgées).

3. Principes de conception du système

Le principe qui est à la base de la conception de ce système se situe dans la volonté de mesurer une quantité de pratique cumulée sur une période de temps. La distribution de cette quantité s'opère dans des dimensions qui caractérisent son "usage social". Dans l'hypothèse d'une relation de dépendance entre la pratique physique passée et le profil actuel des potentialités physiques, il est important de retracer l'investissement physique d'un individu sous les multiples aspects qu'il peut revêtir.

Le premier aspect porte sur le temps, concept que nous pouvons décliner en termes de période, de fréquence, de durée et de régularité. En effet, nous savons que l'impact de l'exercice physique est fonction de sa répétition dans le temps (notion de fréquence et de durée), mais également du moment (notion de période) auquel il se déroule, eu égard aux lois de développement des grandes fonctions physiologiques. De plus, nous ne pouvons sous-estimer les effets du désentraînement, voire du déconditionnement physique, liés aux interruptions de pratique, et donc considérer l'aspect cumulatif du temps sans le pondérer par un facteur de régularité. Nous attendons donc de l'outil qu'il nous renseigne sur la pratique physique d'un individu, sur une période de temps déterminée. Nous nous situons alors sur un continuum temporel dont les périodes d'étude peuvent varier au gré de l'utilisateur figure 1). Il suffit de définir la période d'étude à partir de laquelle les indicateurs seront calculés.

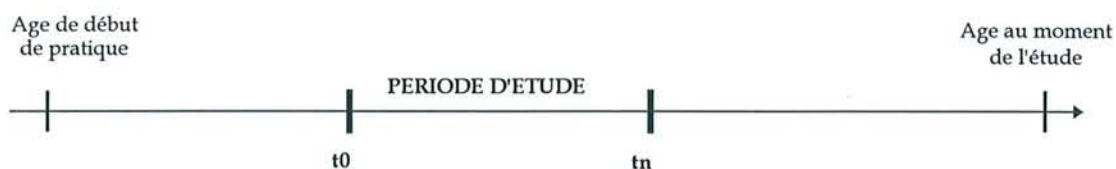


Figure 1. Continuum temporel

Le deuxième aspect porte sur la multiplicité des formes d'expression des activités physiques. Ces dernières ne sont pas réductibles aux seules activités physiques et/ou sportives. QUANTAP recueille et traite également des informations concernant l'investissement physique au cours des activités professionnelles et quotidiennes. Mais au-delà de cette distinction reposant sur le but social lié à une

tâche motrice, QUANTAP tente de caractériser chacune d'entre elle pour en estimer une dépense énergétique, et une sollicitation du système proprioceptif. Par ailleurs, il opère une distinction entre les activités physiques de charge et de décharge. En effet, ces formes de pratique doivent être considérées comme des activités motrices cumulant leurs effets sur l'organisme, qu'elles soient sédentaires ou actives. Tout autant que leur aspect temporel, leur forme doit alors être appréhendée dans le but de différencier leur impact. A cet égard, les activités physiques présentent des disparités tant sur le plan énergétique que sur le plan proprioceptif. Nous ne pouvons donc pas, à période égale, quantifier un investissement physique sans considérer le type de pratique et les conditions de cette pratique (sport de compétition, sport de loisir, activité éducative).

QUANTAP intègre ainsi ces deux aspects dans le but de fournir des indicateurs synthétiques rendant compte de l'investissement physique d'un individu au cours de sa vie ou d'une période spécifique.

4. Structure générale du système

Le **module de recueil de données** doit permettre, sur la base d'un entretien semi-directif, de reconstituer le parcours physique d'un individu. Ce recueil de données s'opère dans différentes dimensions que nous présentons ci-après.

Le **module de calcul** traite les informations recueillies au cours de l'entretien individuel et calcule les indicateurs synthétiques suivants :

- un indicateur de quantité de pratique exprimé en **heures** (h) sur une période de temps
- un indicateur de **dépense énergétique**. La quantification énergétique des activités se fait soit par l'intermédiaire d'une table dont les données sont issues de la littérature [2], soit au moyen d'outil spécifiquement mis en place à cet effet.
- un indicateur de distribution de ces quantités (heures et dépense énergétique) dans cinq **classes énergétiques**. Pour calculer l'indicateur de dépense énergétique, la dépense énergétique attribuée à une activité reste constante quel que soit l'âge des sujets. Cependant, un correctif est apporté lorsqu'il s'agit de situer cette dépense

dans des classes énergétiques. L'impact de cet indicateur est alors différent en fonction de l'âge des sujets. Les données du tableau 1 permettent d'effectuer cette correction [174].

Tableau 1. Dépense énergétique par groupe d'âge

Niveau énergétique	Intensité (METs)			
	Jeune (≤ 39 ans)	Age moyen (40-64 ans)	Agé (65-79 ans)	Très âgé (> 80 ans)
Léger	≤ 4.7	≤ 4.4	≤ 3.5	≤ 2.2
Modéré	4.8-7.1	4.5-5.9	3.6-4.7	2.3-2.9
Dur	7.2-10.1	6.0-8.4	4.8-6.7	3.0-4.1
Très dur	10.2-11.9	8.5-9.9	6.8-7.9	4.2-4.9
Maximal	≥ 12.0	≥ 10.0	≥ 8.0	≥ 5.0

- un indicateur, exprimé en heures et en dépense énergétique, est calculé afin de distinguer les **activités physiques de charge et de décharge**. Ces quantités (heures ou dépense énergétique) sont également distribuées dans les cinq **classes énergétiques** citées précédemment.
- un indicateur de **sollicitation du système proprioceptif** (heures pondérées) est obtenu à partir du nombre d'heures calculé initialement multiplié par la classe d'appartenance proprioceptive de l'activité. La somme des indicateurs par classe fournit l'indicateur global.
- un indicateur de distribution des quantités (heures et heures pondérées) dans **cinq classes représentant les niveaux sollicitation du système proprioceptif** (cet indicateur n'est calculé que pour l'activité éducative et les activités physiques et/ou sportives de loisir). Contrairement à la dimension énergétique, la dimension proprioceptive a fait l'objet de très peu de travaux d'évaluation de l'effet d'une activité. Les données que nous avons utilisées proviennent toutes d'une démarche d'expertise, qui a permis de situer chaque activité sur une échelle sémantique à cinq niveaux, permettant de déterminer le niveau de sollicitation du système proprioceptif associé à chaque activité (annexe 4) [39].
- un indicateur de **distribution de la pratique dans le temps** (heures ou dépense énergétique), représenté sous la forme d'une courbe.
- un indicateur de profil physique qui rend compte de la **régularité** d'un individu.

Quatre paramètres sont utilisés pour calculer un indice final compris entre 1 et 10 :

- la régularité de la pratique représente le nombre de périodes pour lequel la durée moyenne de pratique est supérieure à un seuil minimal (une heure par semaine).
- la régularité de la dépense énergétique représente le nombre de périodes pour lequel la dépense énergétique annuelle est supérieure à un seuil d'intensité minimal (intensité modérée).
- l'intensité représente le niveau énergétique dans lequel se situe, en moyenne, l'individu lorsqu'il pratique une activité physique.
- la longévité représente la durée moyenne (en années) de la pratique sur une période.

Remarque: tous les indicateurs sont calculés pour une période d'étude définie. A partir de chaque indicateur global, est calculé un indicateur par an, obtenu en divisant l'indicateur global par le nombre d'années effectif de pratique ou par la période considérée.

Les indicateurs sont repérés dans les dimensions suivantes :

- dimension éducative (DE) : ensemble des activités ayant une finalité éducative. Par définition, nous considérons que cette dimension reçoit les pratiques se déroulant dans les séances d'éducation physique et sportive (EPS) au sein des établissements scolaires.
- dimension culturelle (DC) : ensemble des activités physiques et/ou sportives de loisir.
- dimension pré-professionnelle (DPP) : ensemble des pratiques physiques exercées au cours de formations post-scolaires et/ou pré-professionnelles.
- dimension professionnelle (DP) : ensemble des pratiques physiques liées à une activité professionnelle.
- dimension quotidienne (DQ) : ensemble des pratiques physiques réalisées dans le cadre de la vie quotidienne et n'entrant pas dans les autres dimensions. Elle admet les sous-dimensions suivantes : entretien du lieu d'habitation, bricolage, jardinage, déplacements utilitaires à pieds ou à bicyclette, activité musicale, activités manuelles artistiques (dessin, peinture, sculpture, etc...).

La détermination de dimensions, au sein desquelles s'expriment les activités, nous permet d'obtenir des **indicateurs propres à chaque dimension**. Mais nous pouvons également décrire des **indicateurs cumulant une ou plusieurs dimensions**.

Nous obtenons une différenciation codifiée dont l'arborescence est présentée dans le tableau qui suit :

Dimensions	Indicateurs calculés pour une période donnée (p)
Educative (DE)	<p>Quantité de pratique (<u>H</u>eures) : QDEH(p) Quantité de pratique (dépense <u>E</u>nergétique) : QDEE(p) Distribution de QDEH(p) et QDEE(p) dans les classes énergétiques Quantité de pratique (heures <u>P</u>ondérées) : QDEPS(p) Distribution de QDEH(p) et QDEPS(p) dans les classes proprioceptives</p>
Culturelle (DC)	<p>Quantité de pratique (<u>H</u>eures) : QDCH(p) Quantité de pratique (dépense <u>E</u>nergétique) : QDCE(p) Distribution de QDCH(p) et QDCE(p) dans les classes énergétiques Quantité de pratique (heures <u>P</u>ondérées) : QDCP(p) Distribution de QDCH(p) et QDCP(p) dans les classes proprioceptives Quantité de pratique (<u>H</u>eures) en <u>c</u>harge <u>c</u>ontinue : QDCHcc(p) Quantité de pratique (dépense <u>E</u>nergétique) en <u>c</u>harge <u>c</u>ontinue : QDCEcc(p) Quantité de pratique (<u>H</u>eures) en <u>c</u>harge <u>a</u>lternative : QDCHca(p) Quantité de pratique (dépense <u>E</u>nergétique) en <u>c</u>harge <u>a</u>lternative : QDCEca(p) Quantité de pratique (<u>H</u>eures) en <u>c</u>harge <u>t</u>otale (charge continue + charge alternative) : QDCHct(p) Quantité de pratique (dépense <u>E</u>nergétique) en <u>c</u>harge <u>t</u>otale (charge continue + charge alternative) : QDCEct(p) Quantité de pratique (<u>H</u>eures) en <u>d</u>écharge : QDCHd(p) Quantité de pratique (dépense <u>E</u>nergétique) en <u>d</u>écharge : QDCEd(p) Distribution des quantités, QDCHcc(p), QDCEcc(p), QDCHca(p), QDCEca(p), QDCHct(p), QDCEct(p), QDCHd(p), QDCEd(p), dans les classes énergétiques</p>
Pré-professionnelle (DPP)	<p>Quantité de pratique (<u>H</u>eures) : QDPPH(p) Quantité de pratique (dépense <u>E</u>nergétique) : QDPPE(p) Distribution de QDPPH(p) et QDPPE(p) dans les classes énergétiques</p>
Professionnelle (DP)	<p>Quantité de pratique (<u>H</u>eures) : QDPH(p) Quantité de pratique (dépense <u>E</u>nergétique) : QDPE(p) Distribution de QDPH(p) et QDPE(p) dans les classes énergétiques</p>
Quotidienne (DQ)	<p>Quantité de pratique (<u>H</u>eures) : QDQH(p) Quantité de pratique (dépense <u>E</u>nergétique) : QDPE(p) Distribution de QDQH(p) et QDPE(p) dans les classes énergétiques</p>

Chacune des dimensions définies est dotée d'un mode de recueil de données qui lui est propre.

5. Repérage des données dans les dimensions et indicateurs obtenus

5. 1. Dimension éducative

5.1.1. Repérage des données

Le repérage des données de la dimension éducative est fondé sur le principe d'une reconstitution théorique du cursus scolaire du sujet sur la base de quelques repères. Le principe de reconstitution théorique permet, à partir d'une base d'informations mémorisant les caractéristiques de la pratique physique scolaire française depuis 1900 (nombre de semaines d'enseignement par an, horaires et contenus des séances d'éducation physique), de connaître le nombre d'heures théorique de pratique par année scolaire et de caractériser le type de pratique ayant cours à cette période. La caractérisation des méthodes pédagogiques théoriquement utilisées dans une période donnée produit la répartition de l'indicateur de quantification dans les classes énergétiques et proprioceptives.

Dans le module de recueil de données et dans le module de calcul, cette dimension est intitulée **Activité éducative**.

La reconstitution du cursus scolaire

Le cursus scolaire de l'individu est retracé à partir de son entrée au cours préparatoire (1er degré) (âge légal 6 ans), jusqu'à sa sortie du second degré (âge légal 18 ans).

Nous relevons également le nombre de redoublements ou d'années d'avance, en distinguant bien le premier cycle et le second cycle :

- nombre de redoublement ou d'année d'avance dans le primaire
- nombre de redoublement ou d'année d'avance dans le secondaire

Ces informations nous permettent de comptabiliser les heures d'EPS faites en plus ou en moins pendant le cursus (figure 2).

5.1.2. Indicateurs obtenus

Estimation du nombre d'heures d'éducation physique en fonction du cursus scolaire

- a) nous retraçons théoriquement le nombre d'heures et les méthodes d'EPS à partir de la date de naissance de l'individu et de son cursus scolaire.
- b) nous calculons le nombre d'heures théoriques d'éducation physique à partir de la base d'informations.
- c) nous évaluons le nombre d'heures non faites, en repérant les phases de non pratique supérieures à un trimestre (dispense médicale, cours non organisés...).
- d) nous calculons le nombre d'heures réelles individualisées, après ajustement des données théoriques en fonction du vécu réel (données issues de l'entretien individuel).

Le sujet nous informe du nombre d'heures par semaine d'éducation physique qu'il avait, en établissement scolaire, à partir de l'âge de 6 ans qui correspond à l'âge légal d'entrée au cours préparatoire, c'est-à-dire dans le primaire, et ce pour toutes les classes jusqu'au baccalauréat.

Nous traduisons ces repérages en nombre d'heures en fonction des textes régissant la pratique scolaire de l'époque considérée si toutefois le sujet n'a pas souvenir du temps consacré à l'éducation physique, et qu'il affirme en avoir eu à l'école.

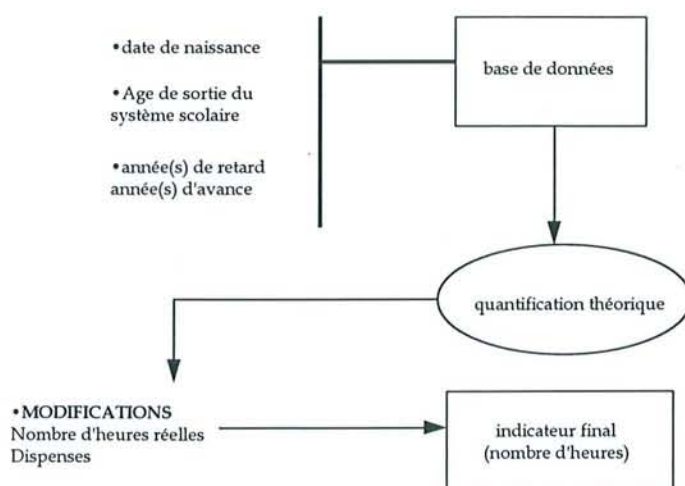


Figure 2. Recueil des données dans la dimension éducative

Calcul de l'indicateur nombre d'heures total pour la période considérée :

Pour chaque année scolaire, nous calculons :

(nombre de semaines d'enseignement par an - nombre de semaines de dispense par an) x (nombre d'heures d'éducation physique par semaine)

La somme des indicateurs obtenus pour chaque année nous donne l'indicateur global pour la période considérée.

L'indicateur énergétique pour l'éducation physique

Ne considérant pas une séance d'éducation physique comme un cumul de pratiques d'activités physiques et/ou sportives, nous n'utilisons pas la table d'estimation du coût énergétique associé à une activité physique et/ou sportive. L'indicateur énergétique est calculé à partir du contenu type d'une séance en regard de la méthode de référence pour une période donnée.

Notre démarche a été la suivante :

- nous avons repéré les caractéristiques de chaque méthode éducative en vigueur à une époque donnée ;
- nous avons établi le plan des séances ;
- nous avons classé les activités constitutives d'une séance d'après les classes énergétiques définies auparavant que nous retrouvons dans le tableau 2.

Tableau 2. Classification énergétique utilisée pour la dimension éducative

Niveau énergétique	Intensité (METs)
Léger	≤ 4.7
Modéré	4.8-7.1
Dur	7.2-10.1
Très dur	10.2-11.9
Maximal	≥ 12.0

Nous considérons que les séances sont constituées pour moitié du temps d'activités physiques appartenant à la classe énergétique légère et pour l'autre moitié du temps, d'activités physiques appartenant à la classe énergétique modérée. Les valeurs énergétiques utilisées pour calculer la dépense énergétique au cours des séances d'éducation physique correspondent au centre des classes énergétiques retenues soit 2.35 METs pour la classe légère et 5.95 METs pour la classe modérée.

Calcul de l'indicateur énergétique total pour la période considérée :

Pour chaque année scolaire, nous calculons :

$[(\text{nombre de semaines d'enseignement par an} - \text{nombre de semaines de dispense par an}) \times (\text{nombre d'heures par semaine d'activités légères}) \times 2.35] + [(\text{nombre de semaines d'enseignement par an} - \text{nombre de semaines de dispense par an}) \times (\text{nombre d'heures par semaine d'activités modérées}) \times 5.95]$

La somme des indicateurs obtenus pour chaque année nous donne l'indicateur global pour la période considérée.

L'indicateur proprioceptif pour l'éducation physique

Nous considérons que les séances sont constituées pour moitié du temps d'activités physiques appartenant à la classe proprioceptive 1 et pour l'autre moitié du temps, d'activités physiques appartenant à la classe proprioceptive 2.

Calcul de l'indicateur proprioceptif total pour la période considérée :

Pour chaque année scolaire, nous calculons :

$[(\text{nombre de semaines d'enseignement par an} - \text{nombre de semaines de dispense par an}) \times (\text{nombre d'heures par semaine d'activités proprioceptives de niveau 1}) \times 1] + [(\text{nombre de semaine d'enseignement par an} - \text{nombre de semaines de dispense par an}) \times (\text{nombre d'heures par semaine d'activités proprioceptives de niveau 2}) \times 2]$

La somme des indicateurs obtenus pour chaque année nous donne l'indicateur global pour la période considérée.

5.2. Dimension culturelle

5.2.1. Repérage des données

Cette dimension comporte un ensemble d'activités (repérées au sein de blocs de pratique) pratiquées :

- soit dans le cadre d'une association sportive scolaire (ASSU, UNSS,...) ;
- soit dans le cadre d'une association sportive civile ;
- soit dans un cadre de loisir.

Dans le module de recueil de données et dans le module de calcul, cette dimension est intitulée **Activité sportive**. Le terme de sport étant entendu au sens large.

5.2.2. Indicateurs obtenus

Estimations du nombre d'heures

a) cas des blocs de pratique repérés dans le cadre d'une association sportive scolaire

Nous recherchons le nombre de blocs "temps-pratique" réalisé dans le cadre de l'association sportive scolaire. Sur le parcours scolaire repéré précédemment, nous relevons tous les blocs. Un bloc ne rend compte que d'une seule activité ou d'une période si, à l'intérieur d'une activité, nous observons des variations horaires ou des phases d'arrêt prolongé de la pratique.

Un bloc se compose de différents paramètres :

- le type d'activités physiques et/ou sportives pratiquées
- l'année scolaire de début et de fin de pratique
- la fréquence des séances de pratique (nombre de fois par mois, nombre de mois par an)
- le temps de pratique par semaine
- les phases de dispenses longues (supérieures à un trimestre) : début et durée de la dispense

Puis, nous traduisons la durée et le temps de chaque bloc en une unité commune : le nombre total d'heure par an. Ce nombre tient compte des phases de dispenses.

b) cas des blocs de pratique repérés dans le cadre d'une association sportive civile

Nous cherchons le nombre de blocs "temps-pratique" réalisé dans le cadre d'un club.

La formation d'un bloc suit le même principe que le sport scolaire.

Un bloc se constitue à partir des informations suivantes :

- type d'activités physiques et/ou sportives pratiquées
- âge ou année de début et de fin de pratique
- fréquence des séances de pratique (nombre de fois par mois, nombre de mois par an)
- durée des séances de pratique

Nous relevons tous les blocs, puis nous traduisons, dans chaque bloc, le temps et la durée en une seule unité : le nombre d'heures par an.

c) cas des blocs de pratique repérés dans le cadre d'activités physiques de loisir

Le calcul des heures de sport de loisir se fait selon le même procédé que celui utilisé pour les activités physiques et/ou sportives pratiquées en club.

Calcul de l'indicateur nombre d'heures total pour la période considérée :

Pour chaque année et chaque activité, nous calculons :

$$(nombre\ de\ mois\ par\ an) \times (nombre\ de\ séances\ par\ mois) \times (minutes\ par\ séance) \div 60\ minutes\ par\ heure$$

La somme des indicateurs obtenus pour chaque année et pour chaque activité nous donne l'indicateur global pour la période considérée.

L'indicateur énergétique pour la dimension culturelle

La quantification énergétique des activités se fait par l'intermédiaire d'une table dont les données sont issues de la littérature [2].

Calcul de l'indicateur énergétique total pour la période considérée :

Pour chaque année et pour chaque activité, nous calculons :

$$(nombre\ de\ mois\ par\ an) \times (nombre\ de\ séances\ par\ mois) \times (minutes\ par\ séance) \div 60\ minutes\ par\ heure \times dépense\ énergétique\ associée$$

La somme des indicateurs obtenus pour chaque année et chaque activité nous donne l'indicateur global pour la période considérée.

L'indicateur proprioceptif pour la dimension culturelle

Les données utilisées proviennent d'une démarche d'expertise.

Chaque activité se voit attribuer un indice, compris entre 1 et 5, permettant de caractériser le niveau de sollicitation du système proprioceptif engendré par la pratique de cette activité, auquel est associé le nombre d'heures calculé pour chacune de ces activités.

Calcul de l'indicateur proprioceptif total pour la période considérée :

Pour chaque année et pour activité, nous calculons :

*(nombre de mois par an) x (nombre de séances par mois) x (minutes par séance) ÷
60 minutes par heure x classe proprioceptive d'appartenance de l'activité*

La somme des indicateurs obtenus pour chaque année nous donne l'indicateur global pour la période considérée.

5.3. Dimension pré-professionnelle

5.3.1. Repérage des données

L'objectif est de repérer les différentes activités pré-professionnelles exercées par l'individu afin de prendre en considération l'activité physique fournie au cours de formations postsecondaires et/ou pré-professionnelles (exemple : enseignement supérieur).

Dans le module de recueil de données et dans le module de calcul, cette dimension est intitulée **Activité pré-professionnelle**.

5.3.2. Indicateurs obtenus

Estimation du nombre d'heures lié à l'activité pré-professionnelle

Cette estimation se fait de manière globale. Nous recueillons l'année de début et de fin de chaque formation. Puis nous demandons au sujet de caractériser sa pratique sur le plan de l'investissement physique (5 niveaux énergétiques : léger, modéré, dur, très dur, maximal) et d'estimer le nombre d'heures par semaine (5 intervalles : 0-1 heure, 1-3 heures, 3-5 heures, 5-10 heures, plus de 10 heures).

Calcul de l'indicateur nombre d'heures total pour la période considérée :

Pour chaque période de temps signalée, nous calculons :

(nombre de semaines d'enseignement) x (nombre d'heures par semaine)

En fonction de l'intervalle choisi, le nombre d'heures par semaine intégré dans le calcul sera de 1 heure pour la classe 1, 2 heures pour la classe 2, 4 heures pour la classe 3, 8 heures pour la classe 4, et 15 heures pour la classe 5.

La somme des indicateurs obtenus pour chaque période nous donne l'indicateur global pour la période considérée.

L'indicateur énergétique pour l'activité pré-professionnelle

L'indicateur énergétique utilisé dans le calcul correspond au milieu de la classe. La table énergétique utilisée est la même que pour la dimension éducative (tableau 2).

Calcul de l'indicateur énergétique total pour la période considérée :

Pour chaque période, nous calculons :

(nombre de semaines d'enseignement) x (nombre d'heures par semaine) x dépense énergétique associée

La somme des indicateurs obtenus pour chaque période nous donne l'indicateur global pour la période considérée.

5.4. Dimension professionnelle

5.4.1. Repérage des données

L'objectif est de repérer les différentes activités professionnelles (un bloc par activité professionnelle) exercées par l'individu afin de prendre en considération l'activité physique fournie au cours de la vie active. Nous nous attachons également à prendre en compte les variations des conditions de travail ou l'évolution du volume horaire de travail (un bloc par variations observées au sein d'une même activité professionnelle). Les informations relatives aux congés annuels de travail sont stockées dans une base de données, ils sont donc automatiquement déduit pour chaque année de travail répertoriée en fonction de la période signalée. Un congé supplémentaire ou tout autre arrêt de travail est alors considéré comme un arrêt et doit être comptabilisé dans les arrêts de travail que le sujet déclare.

Un bloc se constitue comme suit :

- intitulé de la profession exercée ou de la fonction remplie ;
- âge ou année de début et d'arrêt de l'activité ;
- arrêt de travail prolongé (nombre de semaines sur la période d'activité).

Dans le module de recueil de données et le module de calcul, cette dimension est intitulée **Activité professionnelle**.

5.4.2. Indicateurs obtenus

Estimation du nombre d'heures lié à l'activité professionnelle

En fonction des informations délivrées par l'individu, nous calculons le nombre d'heures total lié à la dimension professionnelle duquel est déduit le nombre d'heures non faites (arrêts de travail).

Calcul de l'indicateur nombre d'heures total pour la période considérée :

Pour chaque année et chaque activité, nous calculons :

(nombre de mois par an) x (4 semaines par mois) x (heures par semaine)

La somme des indicateurs obtenus pour chaque année et chaque activité nous donne l'indicateur global pour la période considérée.

L'indicateur énergétique pour la dimension professionnelle

Plusieurs travaux, issus de la physiologie du travail, nous permettent d'associer un type de travail à une estimation de son coût énergétique. Toutefois, il est très difficile de repérer la dépense énergétique liée à l'énoncé d'une activité professionnelle. Il existe une telle diversité à l'intérieur d'une même profession et d'une même fonction qu'il est complexe de fournir une dépense énergétique sur la base du seul intitulé de la profession. C'est pourquoi des outils sont mis en oeuvre pour faciliter l'appréciation des conditions de travail. Les fondements de notre méthode reposent sur une classification des travaux physiques selon les réactions d'adaptation respiratoire et circulatoire pouvant être exploitées à partir de l'échelle de l'estimation de l'effort perçu R.P.E. de Borg [19]. Cette échelle fonctionne comme une échelle sémantique différentielle organisant le jugement subjectif de la perception de l'effort entre les extrêmes (très très léger et très très dur). Sur la base de cette échelle, nous avons construit une grille (figure 3) repérant le niveau de "pénibilité" des quatre principaux paramètres influençant la dépense énergétique (posture de travail, déplacement avec moyen de locomotion actif, charge manipulée et/ou transportée, poids de l'outillage utilisé). Pour cela, chaque paramètre est caractérisé par 4 modalités classées dans l'ordre croissant de l'importance du coût énergétique. Mais, conformément aux prescriptions des concepteurs des tables énergétiques pour les activités de travail, les paramètres n'ont pas un poids égal : les modalités des

paramètres "posture" et "déplacements" n'ont qu'un poids de 0,5 alors que les modalités des deux autres paramètres ont un poids entier égal à 1. La somme des points affectés à chaque modalité est transformée en une dépense énergétique liée au type de travail fourni (figure 3).

Pour attribuer une dépense énergétique, nous demandons à l'individu de caractériser sa profession au sein des quatre paramètres définis : posture de travail, déplacements actifs, port de charges, manipulation d'outils. Puis, nous procédons à une estimation du coût énergétique sur une grille de pénibilité conçue à partir de l'échelle de Borg et du coût énergétique associé à chaque niveau de l'échelle (tableau 3) [174].

Tableau 3. Coût énergétique associé à chaque niveau de l'échelle de Borg

Niveau énergétique	Intensité (METs)				RPE
	Jeune (≤ 39 ans)	Age moyen (40-64 ans)	Agé (65-79 ans)	Très âgé (> 80 ans)	
Léger	≤ 4.7	≤ 4.4	≤ 3.5	≤ 2.2	< 11
Modéré	4.8-7.1	4.5-5.9	3.6-4.7	2.3-2.9	12-13
Dur	7.2-10.1	6.0-8.4	4.8-6.7	3.0-4.1	14-16
Très dur	10.2-11.9	8.5-9.9	6.8-7.9	4.2-4.9	17-19
Maximal	≥ 12.0	≥ 10.0	≥ 8.0	≥ 5.0	20

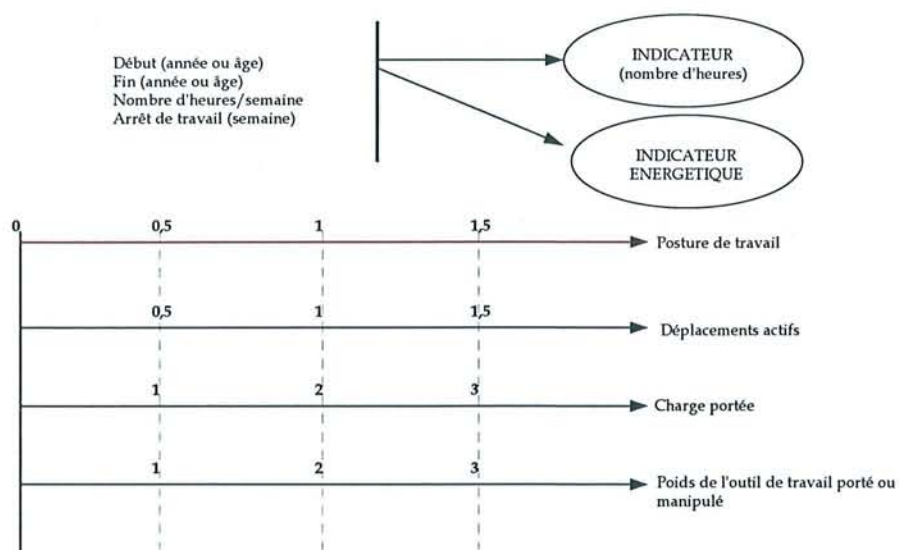


Figure 3. Attribution d'une dépense énergétique pour chaque activité professionnelle en fonction de sa caractérisation

Calcul de l'indicateur énergétique total pour la période considérée :

Pour chaque année et pour chaque activité, nous calculons :

(nombre de mois par an) x (4 semaines par mois) x (heures par semaine) x valeur en METs obtenue sur la grille

La somme des indicateurs obtenus pour chaque année et chaque activité nous donne l'indicateur global pour la période considérée.

5.5. Dimension quotidienne

5.5.1. Repérage des données

La prise en compte des activités quotidiennes pose des problèmes de recueil et de codage de l'information eu égard à l'extrême diversité des situations décrites par les sujets.

Notre démarche a donc été la suivante :

- a) ne considérer que les activités de bricolage, jardinage, entretien du lieu d'habitation, déplacements à pieds ou à vélo, musicales, manuelles artistiques.
- b) demander au sujet une estimation de la pénibilité de ces activités, sur une échelle à 5 niveaux (activité très légère, légère, moyenne, intense, très intense), et pour des périodes de dix ans (depuis la naissance jusqu'à l'âge au moment de l'étude).

5.5.2. Indicateurs obtenus

Estimation du nombre d'heures consacrées aux activités quotidiennes

Nous calculons un indicateur global d'activité quotidienne et non pas un indicateur pour chaque type d'activité quotidienne. Le calcul se fait à partir d'une journée de 12 heures. Le calcul du temps disponible est différent en fonction de la période de la vie dans laquelle se trouve le sujet. Nous distinguons la période scolaire, la période professionnelle et la période de retraite.

Pour la période scolaire, le temps disponible est calculé en fonction du nombre de jours pendant lesquels le sujet n'est pas en classe. Ce nombre de jour est fonction de la législation scolaire en vigueur pour la période considérée (nombre de semaines d'enseignement).

Pour la période professionnelle, le temps disponible est calculé en fonction du nombre de jours pendant lesquels le sujet ne travaille pas. Ce nombre de jour est fonction de la législation du travail en vigueur pour la période considérée (nombre de semaines de congés).

Nous obtenons alors une estimation du nombre d'heures total qui pourrait être consacré à des activités diverses. Nous considérons que seul un tiers de ce temps peut être utilisé pour les activités dites quotidiennes.

Calcul de l'indicateur nombre d'heures total pour la période considérée :

Pour chaque année, nous calculons le temps disponible pouvant être consacré à des activités quotidiennes.

La somme des indicateurs obtenus pour chaque année nous donne l'indicateur global pour la période considérée.

Estimation de l'indice énergétique pour les activités quotidiennes

La vie est découpée en période de 10 ans, et pour chacune de ces périodes, il est demandé à l'individu de situer son activité sur une échelle à 5 niveaux, pour chaque activité définie.

A chaque activité et à chaque niveau de l'échelle est attribuée une dépense énergétique reportée dans le tableau 4.

Tableau 4. Dépense énergétique attribuée à chaque activité en fonction du niveau d'intensité de pratique

	Niveau d'intensité				
	1	2	3	4	5
Jardinage	1 MET	3 METs	4 METs	5 METs	6 METs
Bricolage	1 MET	3 METs	4 METs	5 METs	6 METs
Ménage	1 MET	2.5 METs	3.5 METs	4.5 METs	5.5 METs
Déplacements	1 MET	3 METs	3.5 METs	4 METs	4.5 METs
Musique	1 MET	2 METs	3 METs	4 METs	5 METs
Act. manuelles	1 MET	2 METs	3 METs	4 METs	5 METs

Calcul de l'indicateur énergétique total pour la période considérée :

Pour chaque année et pour chaque activité, nous calculons :

(nombre d'heures disponibles) x (valeur en METs de l'activité)

La somme des indicateurs obtenus pour chaque année et chaque activité divisée par le nombre d'activités quotidiennes exercées, nous donne l'indicateur global pour la période considérée.

5.6. Interruption

Certains événements tels que les déportations, les arrestations (détention), la guerre (mobilisation), le service militaire, ne sont pas "gérés". Le système QUANTAP permet le recueil de ces informations mais ne les intègre pas dans le module de calcul du fait de l'absence de solutions quant à leur traitement, leur interprétation et leur impact possible sur les capacités physiques ou la santé des sujets.

Les périodes d'interruption, pour raisons médicales ou autres, entraînant une inactivité totale ou partielle sont également recueillies et prises en compte dans le calcul final. Nous relevons l'année d'interruption ainsi que le nombre de mois d'interruption, qui seront déduits dans le calcul final des indicateurs.

6. Profil physique

Ce profil cherche à rendre compte de la régularité de la pratique d'un individu au cours de sa vie en intégrant à la fois la dimension temporelle et la dimension énergétique.

Lorsque nous étudions l'impact de la pratique des activités physiques sur des périodes longues [de durée t exprimée en nombre d'années], il est traditionnel de prendre en compte la durée de pratique (unité = nombre d'heures) et l'intensité de cette pratique (unité = dépense énergétique).

Ces deux facteurs doivent être interprétés simultanément. En effet, il est indispensable de savoir si la quantité énergétique totale est due à l'intensité de l'effort ou à la durée de cet effort (ou les deux). Parallèlement, la durée de la pratique n'est utile que lorsqu'on peut lui faire correspondre une dépense énergétique totale.

Toutefois, nous ne pouvons pas établir un profil sur la base de ces deux indicateurs. Lorsque les études portent sur des périodes relativement longues (vie), le risque est grand d'interpréter des quantités de pratique et de dépense énergétique en considérant qu'elles sont régulièrement réparties dans le temps. Or cette régularité (ou irrégularité) constitue une hypothèse de choix dans le modèle des indicateurs rendant compte de l'impact des activités physiques sur le devenir des potentialités physiques. Nous souhaitons donc les évaluer en distinguant la régularité temporelle et la régularité énergétique. Cette distinction est conforme à notre première remarque : la dépense énergétique n'est pas forcément proportionnelle au temps de pratique. Il y a donc lieu de distinguer leur régularité.

Nous développons alors un modèle muni de 4 indicateurs :

- un indicateur rendant compte de la durée de la pratique (longévité) ;
- un indicateur rendant compte de l'intensité de la pratique (intensité) ;
- un indicateur rendant compte de la régularité de la pratique vue sous l'angle temporel ;
- un indicateur rendant compte de la régularité de la pratique vue sous l'angle de l'investissement énergétique.

a) Indicateur de longévité : indicateur $L\%$ (ou longévité%)

Pour la période d'étude considérée, on comptabilise le temps total [$TtES$] consacré à la pratique des activités physiques et sportives soit à l'école (EPS), soit pendant le temps de loisir. Ce temps total est malaisé à manipuler lorsqu'il exprime une quantité temporelle de travail sur une période d'étude longue. Il est donc plus utile de le ramener à une unité temporelle unique, soit le temps moyen consacré par an [a] à la pratique des activités physiques [$TmES(a)$].

Mais, si nous voulons disposer d'un indicateur [$L\%(a)$] rendant compte de l'investissement d'un individu, il est nécessaire de le relativiser par rapport au temps annuel réellement disponible. Nous sommes donc amené à introduire la notion de "temps disponible par an". Divisé par cette constante, le temps moyen correspond alors au pourcentage du temps disponible consacré à des activités physiques.

$$L\%(a) = [TmES(a) / \text{temps disponible par an}] \times 100$$

La constante "temps disponible par an" est calculée de la manière suivante : 360 jours X 4 heures.

L'indicateur L% est donc fondé sur le principe qu'en moyenne, 4 heures journalières peuvent être consacrées à des activités autres que professionnelles.

b) Indicateur d'intensité : indicateur Im% (ou intensité%)

Pour la période d'étude considérée, nous calculons, année par année, le rapport [rap(a)] entre la dépense énergétique totale par an [DepE(a)] et la durée annuelle réelle [t(a)] du travail physique. L'unité de ce rapport est le met.

$$\text{rap}(a) = \text{DepE}(a) / t(a)$$

Ce rapport est ensuite repéré sur une échelle à 5 niveaux marquant le niveau de l'investissement énergétique [DegreE(a)]. Cette échelle (tableau 5), qui par ailleurs est fonction de l'âge, s'inspire de la classification présentée dans la dimension professionnelle [U.S. Department of Health and Human Services 1996, p 33].

Tableau 5. Echelle énergétique

Degrés ou classes	Jeunes	Adultes	Agés
1 : efforts légers	< 4.7	< 4.4	< 3.5
2 : efforts modérés	< 7.1	< 5.9	< 4.7
3 : efforts durs	< 10.1	< 8.4	< 6.7
4 : efforts très durs	< 11.9	< 9.9	< 7.9
5 : efforts maximum	≥ 11.9	≥ 9.9	≥ 7.9

Puis, nous calculons la moyenne des degrés obtenus par an. Cet indicateur constitue l'investissement moyen par rapport à une échelle à 5 degrés. Pour être interprétée, cette moyenne est divisée par 5 et multipliée par 100. Elle représente alors le pourcentage moyen de l'investissement énergétique pour la période considérée [Im%].

$$\text{Im}\% = [[\text{DegreE}(a) / t] / 5] \times 100$$

c) Indicateur de régularité temporelle (RegH%) et de régularité énergétique (RegE%)

Pour rendre compte de la régularité, temporelle ou énergétique, on divise la période totale en cycles [**nbre cycles total**]. Le logiciel QUANTAP utilise des cycles de 5 ans. L'indicateur de régularité temporelle correspond au nombre de cycles [**nbre cycles**] dont le nombre total d'heures de pratique est supérieur à un seuil minimal [**seuil minimal**]. De même, l'indicateur de régularité énergétique correspond au nombre de cycles dont la dépense énergétique est supérieure à un seuil minimal [**degré minimal**]. En fait, nous comptabilisons le nombre de cycles dont le rapport dépense énergétique/temps, ramené à une échelle à 5 niveaux, est supérieur à un degré considéré comme minimal.

Cette manière d'évaluer la régularité est fondée sur l'idée qu'il n'est pas utile de mesurer la variation d'un quantificateur (le nombre d'heures ou la dépense énergétique) mais plutôt de repérer des moments de non investissement. D'où la notion de seuil minimal.

En somme, les indicateurs de régularité permettent de savoir si les indicateurs de synthèse fondés sur des totaux ou des moyennes sont influencés par l'existence de cycles de non activité, sans considération du niveau énergétique ou temporel des cycles d'activité.

Pour interpréter ces indicateurs, nous calculons leur fréquence relative :

$$\text{RegH\%} = (\text{nbre cycles} > \text{seuil minimal} / \text{nbre cycles total}) \times 100$$

$$\text{RegE\%} = (\text{nbre cycles} > \text{degré minimal} / \text{nbre cycles total}) \times 100$$

En ce qui concerne la régularité temporelle, le seuil minimal est de : 52 semaines X 1 heure d'activité par semaine

En ce qui concerne la régularité énergétique, le degré moyen correspond à la classe 2 (effort modéré)

Ces quatre indicateurs sont placés dans un système rendant compte graphiquement de leur interaction.

d) Système graphique d'interaction

Les quatre indicateurs sont exprimés sur une échelle commune (allant de 0% à 100%). Il est alors possible de les interpréter les uns par rapport aux autres.

Placés dans un système orthonormé, ils génèrent un polygone dont l'aire totale correspond au profil de l'individu étudié.

Mais ce système ne tient pas compte de l'investissement physique dans les dimensions autres que éducative et culturelle. Il est donc nécessaire que les valeurs obtenues soient relativisées par d'autres quantités obtenues dans le domaine de l'investissement professionnel et dans le domaine de l'investissement quotidien.

QUANTAP ne relativise pas mathématiquement les indicateurs obtenus. Il associe seulement un pondérateur qualitatif, et ceci uniquement pour les indicateurs d'intensité et de longévité. Ainsi, l'intensité et la longévité de la pratique, calculées dans les dimensions culturelle et éducative seront également considérées en fonction du niveau de **soutien** apporté par les autres dimensions. Par exemple, l'intensité de l'investissement physique pourra être considérée comme faible mais **fortement soutenue**.

Il est donc procédé aux calculs :

- d'un indicateur de longévité dans les dimensions professionnelle et quotidienne.

Dans ce cas, le temps disponible par an est : 360 jours x 12 heures

- d'un indicateur d'intensité dans les dimensions professionnelle et quotidienne.

Le degré minimal est le même que pour l'activité sportive (classe 2)

Par ailleurs, les règles suivantes sont utilisées pour interpréter conjointement les indicateurs de base (dimensions éducative et culturelle) et les indicateurs complémentaires (dimensions professionnelle et quotidienne) :

Pour la longévité (tableau 6) :

Tableau 6. Interprétation des indicateurs de longévité

Indicateur de base	Indicateur complémentaire	Interprétation
< 25%	< 25%	longévité faible
< 25%	≥ 25%	longévité faible mais soutenue
< 50%	< 25%	longévité moyenne
< 50%	≥ 25%	longévité moyenne mais soutenue
< 75%	< 25%	longévité importante
< 75%	≥ 25%	longévité importante et soutenue
sinon		longévité maximale

Pour l'intensité (tableau 7) :

Tableau 7. Interprétation des indicateurs d'intensité

Indicateur de base	Indicateur complémentaire	Interprétation
< 20%	< 25%	intensité faible
< 20%	≥ 25%	intensité faible mais soutenue
< 40%	< 25%	intensité moyenne
< 40%	≥ 25%	intensité moyenne mais soutenue
< 60%	< 25%	intensité importante
< 60%	≥ 25%	intensité importante et soutenue
< 80%	< 25%	intensité T. importante
< 80%	≥ 25%	intensité T. importante et soutenue
sinon		intensité maximale

e) Définition d'un indicateur de synthèse

Pour calculer mathématiquement un indicateur de synthèse rendant compte des 4 indicateurs de base et des 2 indicateurs complémentaires, il est procédé à une moyenne pondérée (tableau 8).

Tableau 8. Coefficients par indicateur

Indicateurs	Coefficients
Indicateur énergétique de base	5
indicateur de longévité de base	3
indicateur énergétique complémentaire	2
indicateur de régularité temporelle	2
indicateur de régularité énergétique	2
indicateur de longévité complémentaire	1

L'indicateur de synthèse est obtenu en additionnant les indicateurs multipliés par leur coefficient. Le tout est une première fois divisé par la somme des coefficients (= 15), puis par 10 pour trouver son expression sur une échelle allant de 0 à 10.

7. Conclusion

Un des avantages de l'outil se situe dans **son adaptabilité à des objectifs variés**. Il peut être aussi bien utilisé avec des enfants qu'avec des personnes âgées ou adultes et ce pour des périodes d'étude au choix de l'investigateur.

Malgré ses limites QUANTAP est un outil de mesure qui complète une batterie de moyens susceptibles de mieux comprendre le profil d'activités physiques d'un individu au cours de sa vie. Ses caractéristiques sont des conditions nécessaires pour mener à bien des hypothèses prédictives sur l'impact réel des activités physiques, sur le devenir des potentialités physiques. Ceci, dans la mesure où l'activité physique n'est envisagée ni sous une vision globalisante, ni sa pratique sous un angle cumulatif. Dès lors, nous comprendrons que l'importance d'une telle approche réside surtout dans l'intérêt de comprendre l'effet à long terme d'un investissement physique et qu'en filigrane se profile des analyses sur le rôle des activités physiques passées dans le "ralentissement" du vieillissement, le maintien et l'amélioration des capacités physiques.

Remarque : les indicateurs de temps et de dépense énergétique sont les plus couramment utilisés et sont les plus simples à mettre en œuvre. La production d'indicateurs nouveaux permettrait d'envisager des hypothèses prédictives de l'effet des activités physiques sur la santé. Actuellement, nous notons deux types d'indicateurs qui pourraient être créés. L'établissement d'un profil physique et la mise en place d'une typologie des activités physiques en fonction de leur impact sur la santé (distinction sport de charge, sport de décharge ; indicateur proprioceptif, ...) seraient de nature à contribuer à mieux comprendre

les relations qu'entretiennent l'activité physique et la santé. Le profil physique décrit et l'indicateur proprioceptif proposé dans ce chapitre représentent des tentatives de réponse. Ces indicateurs sont des propositions qui nécessiteront des études afin d'en vérifier leur validité.

II. TENTATIVE DE VALIDATION DU SYSTEME QUANTAP

Les remarques que nous avons formulées à propos de la validité des questionnaires actuellement disponibles dans la littérature nous ont conduits à mettre en place une étude dont l'objectif est de montrer les caractéristiques et les propriétés de QUANTAP et à en estimer sa reproductibilité (annexe 6) [184].

1. Méthodes

L'étude s'est déroulée dans le Service de Médecine B (médecine interne) du Centre Hospitalier Régional Universitaire (CHRU) de Nancy-Brabois, après avoir été approuvé par le comité d'éthique de Lorraine.

1.1. Sujets

L'étude a porté sur un échantillon composé de 419 hommes et femmes âgés de 13 à 90 ans. Les participants ont été recrutés dans 4 dimensions différentes. Ils étaient soit :

- membres de l'association culturelle des aînés de la ville de Villers-lès-Nancy ;
- en consultation au Centre de Médecine Préventive de la ville de Vandoeuvre-lès-Nancy, pour un bilan médical complet ;
- inscrits sur la liste des clients d'un médecin généraliste ;
- hospitalisés dans un Centre de Réadaptation (Centre Jacques Parisot, Bainville-sur-Madon) pour suivre un programme de rééducation physique suite à une fracture.

1.2. Mesure de l'activité physique : QUANTAP

L'activité physique a été évaluée à l'aide du logiciel QUANTAP dont les fondements vous ont été présentés dans le chapitre précédent. Ils ont, par ailleurs, fait l'objet d'un chapitre dans un ouvrage [183].

Les informations ont été recueillies dans les 4 dimensions définies : éducative (sport à l'école), culturelle (sport de loisir), professionnelle et quotidienne.

Comme nous avons pu le constater dans les fondements, les résultats peuvent être présentés de deux manières différentes : par périodes de temps précédant

l'entretien (unité : année) ou par classes d'âge. Dans cette étude les résultats ont été présentés par périodes de 20 ans, depuis la date de l'entretien en remontant jusqu'à la date de naissance du sujet, et depuis la naissance du sujet jusqu'à la date de l'entretien. Les indicateurs ont été calculés pour chaque dimension et sont exprimés en heures par an et en METs-h par an.

1.3. Dépense énergétique quotidienne

En état stable, nous savons qu'il existe un équilibre entre les apports énergétiques et la dépense énergétique [72]. A partir de ce phénomène, nous avons décidé de comparer la dépense énergétique quotidienne calculée à partir de QUANTAP aux valeurs d'apports énergétiques journalières recommandées (exprimées en kcal) pour la population française, en fonction du sexe et de l'âge des sujets [43]. Nous nous attendons donc à ce que les valeurs de dépense énergétique calculées se rapprochent de ces valeurs recommandées.

La dépense énergétique a été exprimée en kcal, à partir de QUANTAP, pour l'année précédant l'étude. La valeur obtenue a ensuite été divisée par 365 pour obtenir un indicateur exprimé en kcal par jour. A cette dépense énergétique a été ajouté le métabolisme de base journalier calculé en fonction du sexe et de l'âge des sujets, à partir d'équations issues de la littérature [46].

Dans la littérature, les apports énergétiques recommandés sont donnés pour les adolescents (≤ 19 ans) et les adultes (≥ 20 ans) et pour les hommes et les femmes séparément [43].

Notre échantillon n'étant composé que de 24 adolescents, l'analyse n'a porté que sur les personnes âgées de 19 ans et plus.

1.4. Pourcentage de masse grasse

Une étude comparative entre les résultats dérivés du questionnaire et un témoin global de l'activité physique a également été envisagée. Le pourcentage de masse grasse est reconnu comme étant corrélé à l'activité physique [26, 115, 188]. Nous faisons donc l'hypothèse que les indicateurs calculés par QUANTAP sont corrélés au pourcentage de masse grasse, et plus particulièrement les indicateurs liés à l'année précédant l'étude.

La mesure du pourcentage de masse grasse a été réalisée par absorptiométrie biphotonique à rayons x (Lunar[®]), à l'occasion d'un autre protocole de recherche (destiné à étudier l'influence des facteurs génétiques et environnementaux sur la densité minérale osseuse) dans lequel étaient impliqués 294 sujets de notre échantillon initial. Les résultats obtenus ont été comparés aux différents indicateurs d'activité physique.

1.5. Reproductibilité

La reproductibilité est la capacité d'un instrument de mesure à produire des résultats similaires lorsque les mesures sont répétées [34].

Pour étudier la reproductibilité des indicateurs fournis par QUANTAP, deux protocoles ont été mis en place. Le premier visant à étudier la reproductibilité intra-sujet, le second chargé de déterminer la reproductibilité inter-juges.

Le questionnaire a été administré à deux reprises, à 2 semaines d'intervalle, dans deux sous-groupes de 30 personnes issues de notre échantillon initial. Dans un des sous-groupes le questionnaire a été administré par le même enquêteur (reproductibilité intra-sujet), dans l'autre, il a été administré par deux enquêteurs différents (reproductibilité inter-juges). La moyenne d'âge des sous-groupes est de 72.9 ± 7.8 ans et 66.4 ± 8.2 ans respectivement. Les résultats ont été interprétés selon Fleiss [52].

1.6. Analyse statistique

Les données ont été analysées avec le logiciel BMDP (BMDP[®] Statistical Software).

La description de notre population (âge, taille, poids, indice de masse corporelle, indicateurs d'activité physique) a été réalisée chez les hommes et les femmes séparément.

Le test de Student a été utilisé afin de montrer l'existence d'une différence significative entre les groupes.

La relation entre le pourcentage de masse grasse et les indicateurs d'activité physique a été explorée, séparément chez les hommes et chez les femmes, par une analyse de régression ajustée sur l'âge.

Pour évaluer la concordance entre les deux temps d'administration du questionnaire, nous avons utilisé le coefficient de corrélation intraclasse [159], calculé à partir d'une analyse de variance à deux facteurs dans un modèle aléatoire.

2. Résultats

2.1. Sujets

L'échantillon était constitué de 273 femmes (âge moyen : 54.3 ± 19.8 ans) et de 146 hommes (52.3 ± 19.8 ans). Les caractéristiques de cette population sont présentées dans le tableau 1. Les valeurs d'activité physique obtenues dans chaque dimension sont présentées dans le tableau 2 pour les hommes et dans le tableau 3 pour les femmes. Dans l'ensemble, les hommes apparaissent plus actifs que les femmes. Chez les hommes, 82.2% ont participé au sport dans le cadre scolaire (26 sujets n'en ont jamais pratiqué); 87% pratiquent ou ont pratiqué un sport de loisir (19 sujets n'en ont jamais pratiqué); et 86.3% ont ou ont eu une activité professionnelle (20 sujets n'en ont jamais exercé). Chez les femmes, 78.4% ont participé au sport dans le cadre scolaire (59 sujets n'en ont jamais pratiqué); 75.8% pratique ou ont pratiqué un sport de loisir (66 sujets n'en ont jamais pratiqué); et 83.5% ont ou ont eu une activité professionnelle (45 sujets n'en ont jamais exercé). Le temps moyen consacré à l'activité physique, quelle que soit la dimension, est significativement plus élevé chez les hommes que chez les femmes. En conséquence, la dépense énergétique moyenne des hommes est plus élevée.

2.2. Dépense énergétique quotidienne

Les apports énergétiques recommandés pour les adultes sont de 2700 kcal par jour pour les hommes et de 2000 kcal par jour pour les femmes. Les valeurs dérivées de QUANTAP, auxquelles ont été ajoutées les valeurs du métabolisme de base ont été calculées pour 137 hommes et 255 femmes, elles sont respectivement de 2640 kcal par jour (± 1043 kcal par jour) et 1935 kcal par jour (± 645 kcal par jour). Nous n'avons pas relevé de différence statistiquement significative entre les valeurs recommandées et les valeurs observées à la fois chez les hommes ($t = -0.67, p = 0.51$) et chez les femmes ($t = -1.58, p = 0.12$).

2.3. Pourcentage de masse grasse

Les tableaux 4 à 6 font état des relations entre le pourcentage de masse grasse et les différents indicateurs d'activité physique. Chez les hommes, le pourcentage de masse grasse, après ajustement sur l'âge, est significativement corrélé avec le sport à l'école (1-19 ans), le sport de loisir (40-59 ans, 60-79 ans) et les activités professionnelles (20-39 ans, 40-59 ans). Chez les femmes, le pourcentage de masse grasse, est significativement corrélé avec le sport de loisir (40-59 ans, 60-79 ans). En ce qui concerne les indicateurs calculés pour les périodes précédant l'entretien, le pourcentage de masse grasse, chez les hommes est significativement corrélé avec le sport à l'école (20 dernières années), le sport de loisir (20 dernières années, année précédente) et avec l'activité professionnelle (20 dernières années, 21-40 dernières années). Chez les femmes, le pourcentage de masse grasse est significativement corrélé avec les mêmes dimensions que les hommes, mais pas toujours avec les mêmes périodes : sport à l'école (20 dernières années, année précédente), sport de loisir (20 dernières années, 61-80 dernières années, année précédente), activité professionnelle (20 dernières années, 21-40 dernières années). De plus, chez les femmes, l'activité quotidienne est corrélée avec le pourcentage de masse grasse pour l'année précédant l'étude et pour l'indicateur exprimé en heures par an.

2.4. Reproductibilité

Dans les deux études de reproductibilité, les indicateurs calculés à la suite du premier entretien sont plus élevés qu'au second (après 2 semaines d'intervalle). Les coefficients de corrélation intraclasse calculés apparaissent très satisfaisants. La concordance entre les deux temps d'administration est présentée dans le tableau 7. Les coefficients de corrélation intraclasse calculés pour l'étude de reproductibilité inter-juges varient entre 0.42 et 0.99, ils varient entre 0.45 et 0.96 pour l'étude de reproductibilité intra-sujet.

3. Discussion

L'impact de l'activité physique sur la santé dépend probablement de sa régularité de pratique dans le temps, mais également des périodes au cours desquelles celle-ci a été réalisée. En effet, une activité physique pratiquée pendant les phases de développement des grandes fonctions contribue à leur optimisation. De plus, nous savons que les périodes d'interruption de pratique peuvent diminuer l'impact que peut avoir l'activité physique sur la santé [60, 155]. Il a même été montré que l'âge auquel a débuté la pratique joue un rôle important et qu'un entraînement physique qui débute avant 50 ans permet de freiner la baisse de la condition physique liée à l'avance en âge [6]. Cette réflexion renforce notre idée qu'il est nécessaire d'explorer les conséquences de l'investissement physique au cours de la vie sur la santé et que QUANTAP doit absolument nous fournir des indicateurs fiables.

Un étude a par ailleurs souligné l'importance d'inclure des mesures d'activité physique longitudinales dans de futures études prospectives [102]. QUANTAP permet de recueillir, au cours d'un seul entretien, des informations sur toute la vie du sujet puis, au moment de l'analyse l'investigateur pourra choisir d'étudier des périodes spécifiques. Mais à tout moment celui-ci sera en mesure de compléter ses données s'il le souhaite. Le recueil d'informations peut également se faire de manière répétée. Par exemple, au cours d'une première étude l'activité physique est évaluée sur la vie entière puis une seconde étude, 10 ans plus tard, avec les mêmes sujets, est mise en place. Il est alors possible de compléter les informations de chacun des sujets en reprenant le fichier de données initialement conçu et en le complétant avec les nouvelles informations.

Les deux modes de calcul des indicateurs offerts (par classes d'âge ou par années précédant l'entretien) fournissent des informations différentes. Les indicateurs calculés par classes d'âge connaissent des biais de mémoire puisque ces périodes de temps sont fortement liées à l'âge du sujet au moment de l'étude. Par exemple, un sujet de 25 ans aura plus de facilité à se rappeler des activités qu'il a pratiqué entre 1 et 19 ans comparé à une personne de 80 ans. Lorsque les indicateurs sont calculés pour les années précédant l'étude, la mémoire est moins sujette aux variations liées à

l'âge. Tous les sujets doivent se rappeler, par exemple, des 20 dernières années, quelque soit leur âge. Cependant, un biais de mémoire peut toujours être présent du fait du déclin de celle-ci au cours de l'avance en âge.

La quantification de l'activité physique est un domaine de recherche dans lequel il est très difficile de valider de nouveaux outils du fait d'un manque de critères de référence. Dans cette étude, nous avons tenté, par le biais de deux approches différentes, de montrer que QUANTAP produit des résultats cohérents.

Dépense énergétique quotidienne

La dépense énergétique quotidienne (métabolisme de base + activité physique) a été comparée à des valeurs d'apports énergétiques recommandées. Les composants de la dépense énergétique ont été décrits dans la littérature [38, 166], et c'est à partir de cette description que nous avons reconstitué la dépense énergétique quotidienne. Les résultats de la comparaison entre les valeurs estimées et recommandées attestent que QUANTAP fournit une bonne estimation de la dépense énergétique quotidienne engendrée par l'activité physique. Toutefois, il faut signaler que les apports énergétiques recommandés ne sont pas nécessairement le reflet du comportement de la population [145]. Ces valeurs nous permettent seulement de montrer une proximité entre les quantités calculées et les quantités théoriques.

Pourcentage de masse grasse

Les corrélations entre le pourcentage de masse grasse ont également été calculées. Une récente étude a montré que plus de 65% de la variance de la masse grasse est attribuée à des facteurs génétiques, ne laissant que 35% pouvant être expliqué par des facteurs environnementaux [122]. De ce fait, seule une corrélation modérée pouvaient être attendue.

Reproductibilité

Cette étude démontre que QUANTAP est capable de fournir des informations reproductibles sur l'activité physique d'un sujet au cours de sa vie. Ces résultats sont vérifiés lorsque le questionnaire est administré à deux reprises par le même enquêteur

ou par deux enquêteurs différents. Les sujets de l'étude de reproductibilité intra-sujet étaient plus âgés que ceux de l'étude de reproductibilité inter-juges, ce qui peut en partie expliquer la différence de résultats observée entre les deux groupes.

Une étude, au sein d'une population de femmes âgées, a montré que l'évaluation de l'activité physique passée par questionnaire est reproductible [89]. Dans une autre étude, le rappel sur des périodes longues apparaît reproductible malgré des intervalles de temps supérieurs à 10 ans, mais le rappel des activités intenses est le plus fiable [17]. Dernièrement, un questionnaire d'évaluation de l'activité physique a été développé et a également fait preuve d'une bonne reproductibilité [54]. La reproductibilité des questionnaires est souvent étudiée en utilisant le coefficient de corrélation de Spearman ou le coefficient de corrélation de Pearson. Or, ces coefficients de corrélation ne testent pas une ressemblance mais seulement une relation d'association. Nous ne pouvons donc pas les comparer au coefficient de corrélation intraclasse.

Les sous-groupes des études de reproductibilité ont été constitués de personnes âgées du fait de l'importance de la période de rappel liée à leur âge. L'inconvénient est que ces personnes n'ont pas pratiqué beaucoup de sport du fait des conditions de vie liées à leur génération. Les générations plus récentes tendent à avoir plus d'activités pendant le temps de loisir que n'en avaient les personnes âgées d'aujourd'hui à leur âge. Des études portant sur des populations plus jeunes, mais aussi plus importantes, seraient à envisager pour compléter et confirmer la reproductibilité de QUANTAP.

4. Conclusion

La mesure de l'activité physique est rendue difficile tant par sa variété, ses formes de pratique, ses conditions de pratique, que par les contraintes liées aux relations que nous cherchons à mettre en évidence.

Les indicateurs de dépense énergétique restent des indicateurs incomplets, voire imprécis, du fait des multiples facteurs qui en influencent leur calcul (sexe, âge, poids, temps, niveau de pratique, ...). Il devient alors nécessaire de produire de nouveaux indicateurs qui prendraient en compte un autre aspect que le seul aspect énergétique si souvent envisagé. Nous pensons plus particulièrement à l'élaboration

d'indicateurs rendant compte de la régularité de la pratique ou encore du niveau de sollicitation du système proprioceptif associé à une activité physique. QUANTAP tente de répondre à ces besoins mais ces indicateurs sont encore en cours de construction.

QUANTAP est un nouvel outil standardisé, assisté par ordinateur, dont les paramètres qui le composent peuvent être modifiés. Ces paramètres peuvent être changés dans le but d'utiliser QUANTAP dans un pays autre que la France, mais une partie d'entre eux peut aussi être modifiée pour intégrer des données différentes à partir desquelles seront effectués les calculs par exemple.

Tableau 1. Caractéristiques des sujets, moyenne (écart-type)

	Hommes	Femmes	Total
n	146	273	419
Age (ans)	52.3 ± 19.8	54.3 ± 19.8	53.6 ± 19.8
Taille (cm)	173.3 ± 6.5	161.8 ± 6.3	165.9 ± 8.6
Poids (kg)	75.7 ± 12.2	61.8 ± 11.3	66.7 ± 13.3
IMC (kg/m ²)	25.1 ± 4.1	23.7 ± 4.5	24.2 ± 4.4

Tableau 2. Indicateurs d'activité physique calculés pour chaque dimension chez les hommes, moyenne (écart-type)

	Hommes							
	n(†)	Par classes d'âge			n(†)	Par années précédant l'entretien		
			Heures par an	METs -h par an			Heures par an	METs-h par an
Sport à l'école	146	1-19 ans	41.7 ± 32.2**	205 ± 158**	146	20 ans	12.5 ± 24.9**	61 ± 122**
					133	21-40 ans	13.5 ± 25.5	66 ± 125
					105	41-60 ans	21.6 ± 29.8***	106 ± 146***
					61	61-80 ans	10.6 ± 16.4	52 ± 81
Sport de loisir	146	1-19 ans	51.2 ± 80.4****	394 ± 699****	146	20 ans	103.9 ± 141.4****	631 ± 809****
	133	20-39 ans	69.5 ± 120.2****	470 ± 741****	133	21-40 ans	47.7 ± 83.7**	332 ± 659***
	107	40-59 ans	81.3 ± 134.0****	470 ± 745****	105	41-60 ans	39.1 ± 76.1****	291 ± 617****
	65	60-79 ans	148.0 ± 208.1**	742 ± 1151****	61	61-80 ans	10.9 ± 32.7****	69 ± 200****
Profession	146	1-19 ans	296.8 ± 357.4***	1607 ± 2356****	146	20 ans	1155.7 ± 863.2*	4866 ± 4751****
	133	20-39 ans	1825.6 ± 728.0*	8117 ± 5572****	133	21-40 ans	1454.3 ± 1076.7****	6601 ± 6316****
	107	40-59 ans	1984.0 ± 674.0****	8341 ± 5409****	105	41-60 ans	802.9 ± 804.0****	4027 ± 4743****
	65	60-79 ans	182.8 ± 337.3	844 ± 1834	61	61-80 ans	114.1 ± 361.9	465 ± 1713
Activités quotidiennes	146	1-19 ans	621.7 ± 16.5	907 ± 271	146	20 ans	680.9 ± 88.6	1265 ± 405
	133	20-39 ans	722.7 ± 44.3	1312 ± 414	133	21-40 ans	605.2 ± 214.6**	1137 ± 411
	107	40-59 ans	641.0 ± 47.6	1291 ± 338	105	41-60 ans	669.2 ± 173.5	1099 ± 440
	65	60-79 ans	662.7 ± 54.1*	1373 ± 309	61	61-80 ans	446.6 ± 187.9	587 ± 335
Total	146	1-19 ans	970.7 ± 369.2	3062 ± 2377****	146	20 ans	1907.6 ± 852.8*	6742 ± 4794****
	133	20-39 ans	2566.6 ± 735.2	9812 ± 5659****	133	21-40 ans	2071.3 ± 1177.9****	7977 ± 6588****
	107	40-59 ans	2646.4 ± 721.2****	9981 ± 5571****	105	41-60 ans	1387.6 ± 1011.7****	5291 ± 5150****
	65	60-79 ans	911.9 ± 418.3	2788 ± 2102	61	61-80 ans	421.7 ± 519.5	963 ± 1964

différence significative entre les sexes : * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$; **** $p < 0.0001$

(†) le nombre de sujets diffère entre les deux types d'indicateurs car les cas pour lesquels une classe 0-1 ans a été constituée ont été supprimés

Tableau 3. Indicateurs d'activité physique calculés pour chaque dimension chez les femmes, moyenne (écart-type)

		Femmes						
		Par classes d'âge		Par années précédant l'entretien				
	n		Heures par an	METs -h par an	n		Heures par an	METs-h par an
Sport à l'école	273	1-19 ans	32.5 ± 28.9	160 ± 142	273	20 ans	9.5 ± 20.3	46 ± 99
					250	21-40 ans	12.0 ± 24.2	59 ± 118
					199	41-60 ans	14.3 ± 23.4	70 ± 115
					116	61-80 ans	11.3 ± 15.1	56 ± 74
Sport de loisir	273	1-19 ans	19.8 ± 49.3	117 ± 258	273	20 ans	57.3 ± 85.8	274 ± 404
	252	20-39 ans	31.0 ± 69.6	165 ± 416	250	21-40 ans	23.7 ± 86.4	136 ± 523
	201	40-59 ans	40.9 ± 75.2	194 ± 425	199	41-60 ans	11.7 ± 34.8	59 ± 170
	122	60-79 ans	84.8 ± 138.7	354 ± 583	116	61-80 ans	2.6 ± 8.9	12 ± 37
Profession	273	1-19 ans	215.0 ± 307.6	842 ± 1474	273	20 ans	631.5 ± 709.6	2310 ± 2958
	252	20-39 ans	961.1 ± 757.9	3281 ± 3184	250	21-40 ans	693.7 ± 824.2	2363 ± 3117
	201	40-59 ans	984.8 ± 889.0	3583 ± 3816	199	41-60 ans	450.3 ± 610.6	1638 ± 2635
	122	60-79 ans	173.9 ± 489.0	612 ± 1786	116	61-80 ans	167.8 ± 448.2	635 ± 1770
Activités quotidiennes	273	1-19 ans	622.0 ± 16.4	945 ± 250	273	20 ans	683.5 ± 96.3	1303 ± 407
	252	20-39 ans	719.0 ± 39.9	1398 ± 369	250	21-40 ans	641.1 ± 165.5	1223 ± 437
	201	40-59 ans	641.0 ± 50.8	1382 ± 389	199	41-60 ans	633.9 ± 192.2	1090 ± 468
	122	60-79 ans	673.8 ± 61.3	1348 ± 414	116	61-80 ans	520.9 ± 168.6	732 ± 306
Total	273	1-19 ans	822.6 ± 368.1	1967 ± 1499	273	20 ans	1308.2 ± 736.6	3802 ± 2985
	252	20-39 ans	1628.8 ± 782.7	4692 ± 3264	250	21-40 ans	1279.0 ± 890.3	3588 ± 3256
	201	40-59 ans	1574.1 ± 917.3	4961 ± 3853	199	41-60 ans	977.3 ± 755.3	2627 ± 2888
	122	60-79 ans	800.0 ± 582.9	2049 ± 1925	116	61-80 ans	523.3 ± 632.1	1184 ± 2004

Tableau 4. Corrélations ajustées sur l'âge entre l'activité physique et le pourcentage de masse grasse chez les hommes (coefficient de corrélation partiel)

		Hommes						
		Par classes d'âge		Par années précédant l'entretien				
	n	Heures par an	METs -h par an	n	Heures par an	METs-h par an		
Sport à l'école	87	1-19 ans	- 0.22*	- 0.22*	87	20 ans	- 0.41***	- 0.41***
				83	21-40 ans	- 0.05	- 0.16	
				62	41-60 ans	- 0.19	- 0.19	
				40	61-80 ans	- 0.01	- 0.01	
Sport de loisir	87	1-19 ans	- 0.00	0.09	87	20 ans	- 0.26*	- 0.26*
	83	20-39 ans	- 0.18	- 0.16	83	21-40 ans	- 0.05	- 0.02
	63	40-59 ans	- 0.27*	- 0.30*	62	41-60 ans	- 0.03	- 0.04
	42	60-79 ans	- 0.36*	- 0.45**	40	61-80 ans	- 0.26	- 0.17
Profession	87	1-19 ans	0.12	0.14	87	20 ans	0.25*	0.25*
	83	20-39 ans	0.35***	0.34**	83	21-40 ans	0.40***	0.37**
	63	40-59 ans	0.29*	0.27*	62	41-60 ans	0.23	0.25*
	42	60-79 ans	0.07	0.09	40	61-80 ans	- 0.12	- 0.10
Activités Quotidiennes	87	1-19 ans	0.02	- 0.03	87	20 ans	- 0.02	- 0.05
	83	20-39 ans	0.00	- 0.06	83	21-40 ans	0.06	0.05
	63	40-59 ans	0.00	0.05	62	41-60 ans	0.17	0.15
	42	60-79 ans	0.12	0.18	40	61-80 ans	0.11	0.10
Total	87	1-19 ans	0.11	0.13	87	20 ans	0.19	0.19
	83	20-39 ans	0.27*	0.29**	83	21-40 ans	0.39***	0.37***
	63	40-59 ans	0.19	0.22	62	41-60 ans	0.24	0.25*
	42	60-79 ans	0.02	- 0.06	40	61-80 ans	- 0.05	- 0.09

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

Tableau 5. Corrélations ajustées sur l'âge entre l'activité physique et le pourcentage de masse grasse chez les hommes (coefficient de corrélation partiel)

	Femmes							
	n	Par classes d'âge		n	Par années précédant l'entretien		n	METs-h par an
		Heures par an	METs -h par an		Heures par an	METs-h par an		
Sport à l'école	207	1-19 ans	0.04	0.04	207	20 ans	- 0.48***	- 0.48***
					190	21-40 ans	- 0.06	- 0.06
					148	41-60 ans	0.10	0.10
					89	61-80 ans	0.06	0.06
Sport de loisir	207	1-19 ans	- 0.01	- 0.02	207	20 ans	- 0.31***	- 0.29***
	192	20-39 ans	- 0.14	- 0.08	190	21-40 ans	0.00	0.00
	150	40-59 ans	- 0.22**	- 0.19*	148	41-60 ans	- 0.07	- 0.08
	95	60-79 ans	- 0.29**	- 0.31**	89	61-80 ans	- 0.32**	- 0.30**
Profession	207	1-19 ans	0.07	0.08	207	20 ans	0.21**	0.16*
	192	20-39 ans	0.06	0.04	190	21-40 ans	0.19**	0.14
	150	40-59 ans	0.11	0.07	148	41-60 ans	0.03	0.06
	95	60-79 ans	- 0.01	- 0.01	89	61-80 ans	0.00	0.08
Activités quotidiennes	207	1-19 ans	- 0.05	0.08	207	20 ans	- 0.09	0.01
	192	20-39 ans	- 0.08	- 0.00	190	21-40 ans	0.03	0.06
	150	40-59 ans	- 0.09	- 0.08	148	41-60 ans	0.05	0.08
	95	60-79 ans	0.07	- 0.01	89	61-80 ans	0.08	0.11
Total	207	0-19 ans	0.03	0.10	207	20 ans	0.13	0.11
	192	20-39 ans	0.02	0.02	190	21-40 ans	0.18*	0.14*
	150	40-59 ans	0.06	0.03	148	41-60 ans	0.05	0.08
	95	60-79 ans	- 0.06	- 0.12	89	61-80 ans	0.03	0.10

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

Tableau 6. Corrélations ajustées sur l'âge entre l'activité physique au cours de l'année précédant l'étude et le pourcentage de masse grasse (coefficient de corrélation partiel)

	Hommes (n = 87)		Femmes (n = 207)	
	Heures par an	METs-h par an	Heures par an	METs-h par an
Sport à l'école	- 0.14	- 0.14	- 0.18*	- 0.18*
Sport de loisir	- 0.19	- 0.23*	- 0.21**	- 0.21**
Profession	0.11	0.07	0.00	- 0.01
Activités quotidiennes	- 0.09	- 0.08	- 0.14*	- 0.07
Total	0.04	0.00	- 0.10	- 0.07

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

Tableau 7. Concordance entre les 2 administrations (rho= coefficient de corrélation intraclasse)

	Reproductibilité											
	Par classes d'âge		Inter-juges		Intra-sujet		Par années précédant l'entretien		Inter-juges		Intra-sujet	
		n	rho	n	rho		n	rho	n	rho		
Sport à l'école	1-19 ans	30	0.94	30	0.59	41-60 ans	30	0.96	30	0.67		
						61-80 ans	20	0.89	28	0.64		
Sport de loisir	1-19 ans	30	0.85	30	0.96	20 ans	30	0.70	30	0.78		
	20-39 ans	30	0.88	30	0.78	21-40 ans	30	0.85	30	0.56		
	40-59 ans	30	0.61	30	0.77	41-60 ans	30	0.85	30	0.95		
	60-79 ans	21	0.86	29	0.91	61-80 ans	20	0.42	28	0.83		
Profession	1-19 ans	30	0.92	30	0.72	20 ans	30	0.95	30	0.77		
	20-39 ans	30	0.91	30	0.70	21-40 ans	30	0.90	30	0.79		
	40-59 ans	30	0.89	30	0.75	41-60 ans	30	0.87	30	0.64		
	60-79 ans	21	0.97	29	0.64	61-80 ans	20	0.99	28	0.85		
Activités quotidiennes	1-19 ans	30	0.47	30	0.45	20 ans	30	0.64	30	0.71		
	20-39 ans	30	0.83	30	0.75	21-40 ans	30	0.77	30	0.77		
	40-59 ans	30	0.67	30	0.70	41-60 ans	30	0.80	30	0.78		
	60-79 ans	21	0.65	29	0.68	61-80 ans	20	0.93	28	0.81		
Total	1-19 ans	30	0.91	30	0.70	20 ans	30	0.95	30	0.82		
	20-39 ans	30	0.92	30	0.70	21-40 ans	30	0.91	30	0.80		
	40-59 ans	30	0.90	30	0.78	41-60 ans	30	0.87	30	0.64		
	60-79 ans	21	0.85	29	0.72	61-80 ans	20	0.98	28	0.83		

PARTIE 2 :
APPLICATION PRELIMINAIRE DU
SYSTEME QUANTAP DANS LE DOMAINE
MUSCULO-SQUELETTIQUE

La volonté d'asseoir scientifiquement l'impact de l'activité physique sur la santé implique nécessairement le besoin d'appréhender cette dépendance. L'utilisation de QUANTAP dans des études pronostiques nous permet d'envisager ses possibilités d'application dans le domaine de la santé.

CHAPITRE 1

ROLE PREDICTIF DE L'ACTIVITE PHYSIQUE SUR LA MASSE OSSEUSE

Cette étude a fait l'objet d'un manuscrit (annexe 7).

1. Introduction

De nombreuses études s'attachent à démontrer que la Densité Minérale Osseuse (DMO) est influencée par divers facteurs et cherchent à en dégager la part explicative respective de chacun. Ces facteurs sont la plupart du temps regroupés en deux catégories : les facteurs génétiques et les facteurs environnementaux [80, 81, 103, 122, 149, 185]. Parmi les facteurs environnementaux, l'activité physique est reconnue comme moyen pouvant contribuer à l'acquisition du capital osseux ainsi qu'au maintien ou au ralentissement de la perte osseuse [22, 30, 163]. L'activité physique est également perçue en tant que moyen thérapeutique chez les patients ostéoporotiques [137].

Les conséquences d'une DMO basse, telle que l'ostéoporose, sont maintenant bien appréhendées et font partie des problèmes majeurs de santé publique [28, 35].

Les études mises en place pour examiner la relation entre la DMO et l'activité physique se divisent en deux catégories. D'un côté, des études d'intervention s'intéressent aux effets d'un programme d'exercices sur la DMO dans des populations variées [24, 36, 68, 110, 148]. De l'autre côté, des études d'observation s'attachent à comparer la DMO d'athlètes, anciens athlètes ou encore de personnes bien entraînées à celle d'individus sédentaires ou peu entraînés [41, 45, 59, 85]. Cette

deuxième approche cherche également à mettre en évidence une relation entre le niveau d'activité physique et la DMO dans la population générale. En effet, un nombre croissant d'études s'intéressent au rôle de la pratique d'activités physiques au cours de la vie entière et/ou pendant des périodes spécifiques sur la DMO [15, 23, 61, 79, 89, 173]. Cette approche a tout particulièrement retenue notre attention puisqu'elle tente de démontrer l'intérêt de la pratique d'activités physiques à des moments importants de la vie et contribue à déterminer les périodes les plus favorables à l'optimisation de la DMO en fonction de son évolution au cours de l'avance en âge.

Le but de cette étude est d'appréhender la relation entre la DMO mesurée à différents sites et l'activité physique mesurée sur la vie entière puis exprimée par périodes de pratique au cours de la vie.

2. Méthodes

2.1. Sujets

Les sujets inclus dans l'étude étaient tous volontaires et ont été recrutés au sein d'associations culturelles de la région. Les critères d'inclusion étaient un état de bonne santé apparente et l'absence de prise médicamenteuse (corticoïdes, diurétiques, vitamine D, vitamine K, barbituriques, fluor, calcitonine, héparine) pouvant agir sur le métabolisme osseux. Ces individus sont âgés de 18 à 90 ans et sont indemnes de tout antécédent médical et de toute pathologie évolutive, notamment endocrinienne ou rhumatologique. Les personnes les plus âgées sont indépendantes et vivent à domicile. Les sujets ont été inclus dans l'étude après entretien avec un médecin et signature du formulaire de consentement éclairé.

2.2. Mesure de la densité minérale osseuse

Les mesures de DMO ont été effectuées par absorptiométrie biphotonique à rayon X (Lunar®, Wisconsin, USA) [160] et réalisées sur le corps entier, le col fémoral et la colonne lombaire (L2-L4). Les valeurs sont exprimées en g/cm². Cet appareil de mesure fournit également la composition corporelle (masse grasse et masse maigre). L'absorptiométrie biphotonique à rayon X est un des moyens de

mesure de la DMO le plus utilisé puisqu'il nécessite seulement 10 à 20 minutes d'examen, occasionne une dose faible de radiations et fournit des résultats précis [106, 127].

2.3. Mesure de l'activité physique

La mesure de l'activité physique a été réalisée au moyen du système QUANTAP dont une présentation détaillée a été faite dans la première partie de notre travail. Les informations ont été recueillies au sein de 4 dimensions : sport à l'école, sport de loisir (récréatif ou compétitif), activité physique au travail et activité quotidienne. Les indicateurs de dépense énergétique (METs-heure par an) ont été calculés pour chacune des dimensions. Pour cette étude, les indicateurs de sport à l'école et sport de loisir ont été additionnés pour fournir un indicateur de sport global et les indicateurs d'activité physique au travail et d'activité quotidienne ont été additionnés pour fournir un indicateur que nous appelons autres activités. Chaque indicateur a été calculé pour la vie entière et par périodes de 20 ans, par classes d'âge (1-19 ans, 20-39 ans, 40-59 ans, 60-79 ans) et par années précédant l'étude (20 années précédentes, 21-40 années précédentes, 41-60 années précédentes, 61-80 années précédentes).

2.4. Autres variables mesurées

2.4.1. Indice de Masse corporelle

La corpulence des sujets est appréciée par l'indice de Quetelet ou Indice de Masse Corporelle ($IMC = \text{poids en kg} / \text{taille en m}^2$).

2.4.2. Masse maigre

La masse maigre mesurée au cours de l'examen ostéodensitométrique est exprimée en kilogramme (kg).

2.4.3. Apport calcique

L'apport en calcium (mg par jour) a été évalué à l'aide de l'autoquestionnaire de Fardellone qui porte sur 20 aliments usuels et riches en calcium [47].

2.4.4. Consommation de tabac

La consommation de tabac a été regroupée en 2 catégories : fumeurs ou anciens fumeurs et non fumeurs.

2.4.5. Consommation d'alcool

La consommation d'alcool est exprimée en 2 catégories : buveur occasionnel ou buveur modéré (consommation quotidienne inférieure à 1/4 de litre de vin ou de bière par jour, ou un alcool fort par jour), et buveur régulier (consommation quotidienne supérieure à ¼ de litre de vin ou de bière par jour, ou un alcool fort par jour).

La consommation de tabac, d'alcool ainsi que les informations concernant le nombre de grossesses, le traitement de la ménopause (oui/non) et la prise de pilule (\geq 1 an, oui/non) ont été recueillies au cours d'une entretien individuel avec un médecin.

2.5. Procédure

Le déroulement du protocole suit différentes étapes. Dans un premier temps, le sujet consulte le médecin afin d'obtenir les informations préalables à la signature du formulaire de consentement, de subir l'examen clinique et de fournir les renseignements divers. Dans un deuxième temps, le sujet est conduit au service de radiologie du CHRU pour l'ostéodensitométrie. Puis, le sujet est sollicité pour l'entretien nécessaire à l'évaluation des activités physiques. L'ensemble de ces étapes est réalisé sur une demi-journée

2.6. Analyse statistique

Les données ont été analysées à l'aide du logiciel BMDP (BMDP[®] Statistical Software). Les statistiques descriptives (moyenne \pm écart-type) ont été calculées afin d'offrir une présentation des caractéristiques de l'échantillon. La relation entre la DMO et les caractéristiques physiques des sujets d'une part, et l'activité physique d'autre part, a été appréhendée par le coefficient de corrélation de Pearson. Les différences entre les groupes ont été testées à l'aide d'un test t. Une analyse de

régression multiple a permis d'analyser la relation entre la DMO et l'activité physique. Trois modèles ont été testés en fonction du mode de calcul des indicateurs d'activité physique (par classes d'âge, par années précédant l'étude, sur la vie entière). Les variables ont été retenues dans le modèle à un seuil de signification fixé à $p \leq 0.05$. Deux variables importantes (sexe et âge) ont été systématiquement forcées dans les différents modèles. La validité de chacun d'entre eux a été évaluée par le R^2 multiple qui représente la part de DMO expliquée par les covariables.

3. Résultats

L'échantillon est composé de 285 sujets, dont 87 hommes et 198 femmes, âgés de 18 à 90 ans (55.3 ± 18.7 ans). Le tableau 1 présente les caractéristiques de cet échantillon. Les hommes ont des valeurs de DMO, une consommation de tabac et d'alcool significativement supérieure à celles des femmes ($p < 0.0001$). La plupart des indicateurs d'activité physique calculés pour les hommes sont significativement plus élevés comparés aux femmes.

Des coefficients de corrélations significatifs ont été calculés entre la DMO et les caractéristiques physiques (âge, taille, poids, IMC, masse maigre). La DMO diminue de façon significative avec l'âge alors que des valeurs élevées de taille, poids, IMC et masses maigre sont associées à une DMO plus élevée. Les valeurs de DMO pour le corps entier, le col fémoral et la colonne lombaire sont significativement plus élevées chez les fumeurs ou anciens fumeurs ($n = 84$) comparés aux non fumeurs ($n = 196$). Mais cette différence devient non significative après ajustement sur le sexe. En effet, les hommes ayant des valeurs de DMO plus élevées que celles des femmes et fumant plus qu'elles, nous observons des DMO plus élevées chez les fumeurs. Le calcium ingéré n'est pas corrélé à la DMO quel que soit le site et aucune différence n'a été observée entre les DMO des petits ($n = 168$) et grands buveurs ($n = 112$). Chez les femmes, un nombre élevé de grossesses est associé à des DMO plus faibles et des valeurs plus élevées de DMO ont été observées chez les femmes ayant signalées une prise de pilule ($n = 45$) ou un traitement de la ménopause ($n = 42$). Ces résultats sont présentés dans les tableaux 2 et 3.

Les résultats de l'analyse univariée entre DMO et activité physique sont présentés dans le tableau 4. Lorsque l'on considère les indicateurs d'activité physique par classes d'âge, des valeurs plus élevées de DMO (corps entier, col fémoral et colonne lombaire) ont été trouvées chez les individus ayant rapporté un niveau plus élevé de sport pendant leur jeunesse (1-19 ans) et au début de l'âge adulte (20-39 ans), et un niveau plus élevé d'autres activités entre 20 et 59 ans. De plus, la DMO du col fémoral est également plus élevée chez les sujets ayant pratiqué du sport entre 40 et 59 ans et plus basse chez les sujets ayant eu des autres activités plus élevées au cours de leur jeunesse et après 60 ans. Si l'on considère maintenant les indicateurs calculés par années précédant l'étude, la DMO du corps entier est plus élevée chez les sujets ayant rapporté un niveau d'activité au cours de 41 à 60 années précédentes. Pour le col fémoral, le sport pratiqué au cours des 20, 21-40 et 41-60 années précédentes est associé à une DMO plus élevée, alors que pour la colonne lombaire ce sont les 20, 41-60 et 61-80 années précédentes qui semblent être importantes. Pour les autres activités, une DMO élevée est associée à un niveau d'activité élevé au cours des 20 dernières années pour la colonne lombaire. La période des 21 à 40 années précédentes est associée à une DMO du corps entier plus élevée mais à une DMO du col fémoral plus basse. La DMO du corps entier tout comme celle du col fémoral est également plus basse chez les individus à forte activité au cours des 61 à 80 années précédentes. Un niveau important de sport au cours de la vie entière est associé à des valeurs de DMO plus élevée quel que soit le site considéré alors que les autres activités sur la vie entière sont seulement corrélées avec la DMO du corps entier.

Les tableaux 5 à 10 présentent les résultats des analyses de régression multiple envisagées pour expliquer les DMO du corps entier, du col fémoral et de la colonne lombaire. Les tableaux 5 à 7 présentent les résultats obtenus à la fois chez les hommes et les femmes alors que les tableaux 8 à 7 présentent les résultats chez les femmes uniquement du fait des variables supplémentaires (nombre de grossesses, pilule et traitement de la ménopause) intégrées dans les modèles.

Pour les modèles intégrant les indicateurs d'activité physique par classes d'âge, la DMO du corps entier apparaît dépendre de 5 variables : sexe, âge et poids ($R^2 = 0.616$). La DMO du col fémoral est expliquée en partie par 4 variables : sexe,

âge, poids et interaction âge et autres activités après 60 ans ($R^2 = 0.473$). Quant à la colonne lombaire, 5 variables ont été identifiées comme prédictors de la DMO : sexe, âge, interaction entre le sexe et la masse maigre, interaction entre le sexe et l'âge, et le sport exercé pendant la jeunesse ($R^2 = 0.398$). Chez les femmes, la DMO du corps entier est expliquée par 3 variables : âge, poids et traitement de la ménopause ($R^2 = 0.516$), la DMO du col fémoral est en partie expliquée par 3 variables : âge, masse maigre et poids ($R^2 = 0.507$). Enfin, 4 variables expliquent en partie la DMO lombaire : âge, poids, traitement de la ménopause et sport de 1 à 19 ans ($R^2 = 0.389$).

Intéressons-nous maintenant aux modèles qui intègrent les indicateurs d'activité physique calculés par années précédant l'étude. La DMO du corps entier apparaît dépendre de 3 variables : sexe, âge et poids ($R^2 = 0.620$). La DMO du col fémoral est expliquée en partie par 4 variables : sexe, âge, poids et sport au cours des 20 dernières années ($R^2 = 0.497$). Quant à la colonne lombaire, 4 variables ont été identifiées comme prédictors de la DMO : sexe, âge, interaction entre le sexe et la masse maigre, interaction entre le sexe et l'âge et le sport exercé au cours des 61 à 80 années précédant l'étude ($R^2 = 0.383$). Chez les femmes, la DMO du corps entier est expliquée par 4 variables : âge, poids, masse maigre et taille ($R^2 = 0.547$), la DMO du col fémoral est également en partie expliquée par 3 variables : âge, masse maigre et taille ($R^2 = 0.536$). Enfin, 3 variables expliquent en partie la DMO lombaire : âge, poids et traitement de la ménopause ($R^2 = 0.338$).

Pour ce qui est des modèles qui intègrent les indicateurs d'activité physique calculés sur la vie entière, les DMO du corps entier et du col fémoral sont expliquées par 5 variables : sexe, âge, interaction entre le sexe et l'âge, poids, et interaction entre le sexe et la masse maigre, $R^2 = 0.594$ et 0.558 respectivement. Les mêmes variables plus la masse maigre explique en partie la DMO lombaire ($R^2 = 0.348$). Chez les femmes, la DMO du corps entier apparaît dépendre de 4 variables : âge, poids, traitement de la ménopause et masse maigre ($R^2 = 0.576$), la DMO du col fémoral de 3 variables: âge, poids et masse maigre ($R^2 = 0.491$) et la DMO de la colonne lombaire de 3 variables également : âge, poids et traitement de la ménopause ($R^2 = 0.365$).

4. Discussion

Cette étude met en évidence deux périodes de la vie au cours desquelles la pratique d'activités physiques apparaît importante dans l'acquisition et le maintien du capital osseux. En effet, il ressort que le sport pratiqué pendant la jeunesse (1-19 ans ou 61-80 années précédentes) est un prédicteur de la DMO de la colonne lombaire, mais pas du corps entier, ni du col fémoral. Toutefois, le sport pratiqué au cours des 20 dernières années se révèle en tant que prédicteur de la DMO du col fémoral.

Dans notre étude, les mesures de DMO sont fortement corrélées au poids du corps, comme cela a déjà été montré dans la plupart des études, ainsi qu'à la masse maigre [122]. Une DMO élevée étant associée à un poids plus important.

Les résultats de l'analyse univariée sont cohérents avec les études menées précédemment sur l'effet de l'activité physique, exercée au cours de la vie ou au cours de périodes déterminées, sur la DMO mesurées à différents sites [15, 23, 61, 79, 89, 173].

Lorsque l'activité physique est envisagée par classes d'âge, des valeurs de DMO plus élevées sont observées chez les sujets ayant signalé une pratique d'activités sportives dans les 40 premières années de leur vie. Des études ont montré que l'activité physique pratiquée vers l'âge de 16 ans joue un rôle important sur la densité osseuse [15, 89].

Le manque d'association significative entre la DMO et le sport après 60 ans est probablement due à l'homogénéité de la distribution de la pratique, avec trop peu de sujets sédentaires à cette période de la vie, comme nous pouvons le remarquer dans le tableau 1 où l'on observe une augmentation significative du sport après 60 ans ($p < 0.0001$). Pour les autres activités les valeurs deviennent significatives pour les périodes de vie les plus actives (20-39 ans, 40-59 ans).

Dans l'analyse univariée, la taille, le poids ainsi que le BMI étaient corrélés à la DMO. Dans les analyses de régression multiple, les variables taille et poids, plutôt que l'indice de masse corporelle, ont été intégrées dans chacun des modèles testés comme le suggèrent Michels et al. [113]. Les termes d'interaction (sexe par âge et sexe par masse maigre) ont été introduits dans l'analyse multivariée au vu des résultats de l'analyse univariée qui faisait apparaître une différence importante entre

les sexes. Ces interactions s'avèrent significatives dans les modèles intégrant les indicateurs d'activité physique calculés sur la vie entière, ce qui laisse entrevoir que l'âge et la masse maigre ont un effet dépendant du sexe sur la DMO qui diminue plus rapidement chez les femmes et apparaît plus influencée par la masse maigre chez les femmes que chez les hommes. Le sport pratiqué au cours de la jeunesse (1-19 ans) explique en partie la DMO de la colonne lombaire alors que le sport après 60 ans explique en partie la DMO du col fémoral. Nous pouvons remarquer que la DMO du col fémoral est également en partie expliquée par l'interaction entre l'âge et les autres activités après 60 ans, indiquant une relation plus faible entre les autres activités et la densité osseuse avec l'avance en âge. Quel que soit le modèle considéré, la DMO du corps entier est partiellement expliquée par des caractéristiques physiques mais jamais par des variables d'activité physique.

Il est important de noter que les deux modes de calcul des indicateurs d'activité physique par périodes offert par QUANTAP ont un intérêt respectif. Les indicateurs calculés par classes d'âge permettent de définir des périodes spécifiques au cours desquelles se développent le squelette ou les fonctions de l'organisme et au cours desquelles ils seraient important de favoriser la pratique physique. Les indicateurs calculés par années précédant l'étude permettent quant à eux de définir le nombre d'années durant lesquelles l'activité physique a eu un effet bénéfique. Ces deux modes de calcul ont chacun fait preuve d'intérêt dans cette étude puisqu'ils ont ainsi permis de montrer l'influence du sport pratiqué jeune sur la densité osseuse de la colonne lombaire et l'influence de l'activité plus récente sur la densité osseuse du col fémoral.

La part de variance expliquée de la DMO lombaire est toujours inférieure à celle du corps entier ou du col fémoral indiquant que d'autres facteurs génétiques ou environnementaux, non contrôlés, jouent un rôle non négligeable. Une étude sur des jumeaux a montré que la part d'héritabilité estimée de densité osseuse pour la colonne lombaire, le col fémoral et le corps entier est de 78%, 76% et 79 % respectivement, laissant 22%, 24% et 21% explicables par d'autres facteurs [122]. L'héritabilité pouvant s'appliquer aussi bien aux facteurs génétiques qu'environnementaux.

L'activité physique pratiquée au cours de la phase d'acquisition du capital osseux apparaît comme un facteur explicatif non négligeable du développement du pic maximal de masse osseuse [109, 111, 162, 187]. Une pratique pendant la période de constitution du « stock de base », c'est à dire pendant la période où l'os est capable de création et d'augmentation quantitative, accroît les réserves fonctionnelles osseuses. L'activité physique pratiquée pendant la jeunesse conditionne non seulement l'acquisition du capital osseux mais est essentielle dans le maintien de la masse osseuse au cours de la vie [163]. Une étude récente n'a démontré aucun effet majeur de l'activité physique (travail et sport) mesurée sur la vie entière [23]. Toutefois, une étude a révélé un effet préventif de l'exercice passé ou récent sur le DMO de la hanche, mais pas sur les fractures dues à l'ostéoporose [61]. Une autre étude a également montré un effet préventif de l'activité physique passée et récente sur le risque de fracture de la hanche [79]. Dans une étude sur des paires mère-fille, l'exercice en charge pratiqué sur la vie entière n'était pas corrélé à la DMO chez les mères mais apparaissait bénéfique chez leurs filles [173].

Les résultats des études s'intéressant aux effets de l'activité physique passée ou récente sur la densité minérale osseuse restent contradictoires.

En effet, les études dans lesquelles sont mis en place des programmes d'entraînement, en vue d'en mesurer les effets sur la DMO, fournissent des résultats variés. Une méta-analyse a révélé qu'un programme d'exercices d'intensité modérée conduit chez des femmes ménopausées n'a pas d'effet sur la prévention de la perte osseuse au niveau de l'avant-bras et du col fémoral mais a un effet bénéfique sur la densité osseuse de la colonne lombaire [12]. Des études montrent qu'un entraînement peut augmenter la masse osseuse de la colonne lombaire chez des femmes âgées de 55 à 70 ans [36] et la densité osseuse du col fémoral chez des hommes âgés de 50 à 70 ans [110]. Cependant, la plupart des études d'intervention ont montré un effet bénéfique de l'activité physique dans le maintien voire le ralentissement de la perte osseuse à la fois chez les hommes et chez les femmes [24, 68, 108, 148].

Les résultats des études menées sur des athlètes ou anciens athlètes sont également contradictoires. Dans une étude menée par Karlsson, il n'a pas été trouvé

de différence de DMO (corps entier et colonne lombaire) entre des anciens haltérophiles et des sujets contrôles après 65 ans alors qu'à l'âge de 50-64 ans les DMO étaient significativement plus élevés chez les haltérophiles [85]. Goodpaster et al. ont également démontré que des anciens coureurs de compétition, qui ont maintenu un entraînement de course, n'ont pas une densité osseuse lombaire et de la hanche statistiquement différente de celle d'individus courant moins ou pas du tout [59]. Cependant, des études transversales, dans lesquelles la masse osseuse d'athlètes ou de pratiquants réguliers est comparée à celles de sujets sédentaires, ont fait apparaître des valeurs de DMO plus élevées chez les sujets les plus actifs [41, 97, 112, 167]. Enfin, Etherington et al. ont mis en évidence un effet bénéfique de l'exercice même après la cessation d'une activité sportive chez des anciennes athlètes de haut-niveau [45].

Des études montrent que les individus peuvent augmenter la DMO de la colonne lombaire par l'intermédiaire d'une pratique physique, mais celle-ci diminue dès que cette activité est arrêtée ou interrompue [36, 37, 112]. Une étude menée par Chesnut a permis de souligner d'un côté, une augmentation de masse osseuse de 1 à 2 % après 12 mois d'exercices physiques et de l'autre, une diminution de 3 à 10 % de cette masse osseuse après un mois d'immobilisation [29]. Le type d'activités physiques pratiqué apparaît également avoir une influence significative sur la densité osseuse [126, 167].

Les résultats de cette étude ainsi que les résultats d'études précédentes tendent à confirmer que la recherche d'une relation entre l'activité physique et la DMO est une tâche complexe, en partie due à la difficulté que représente l'évaluation de l'activité physique sur une vie mais également à en fournir des indicateurs objectifs et représentatifs de ses différentes dimensions. La définition du type, de la fréquence et de l'intensité des activités physiques à pratiquer pour favoriser l'optimisation du capital osseux pendant la jeunesse et maintenir voire augmenter la DMO au cours de la vie nécessite des recherches complémentaires au sein de population d'âges variés, et plus particulièrement chez les personnes âgées qui offre une période d'investigation plus importante du fait de leur âge.

Tableau 1. Caractéristiques des sujets, moyenne ± écart-type

	Hommes	Femmes	Total
n	87	198	285
Age (ans)	54.1 ± 19.7	55.9 ± 18.4	55.3 ± 18.7
Taille (cm)	174.0 ± 7.2	161.4 ± 6.3	165.3 ± 8.8
Poids (kg)	75.8 ± 12.7	61.6 ± 11.0	65.9 ± 13.3
IMC (kg/m ²)	25.1 ± 4.1	23.7 ± 4.5	24.1 ± 4.5
Masse maigre (kg)	53.9 ± 7.0	35.9 ± 49.3	41.4 ± 10.0
Calcium ingéré (mg/j)	961.3 ± 320.6	932.9 ± 381.5	941.7 ± 363.4
% fumeurs ou anciens fumeurs	60	19	31
% grands buveurs	57	24	41
Nombre de grossesses	-	2.3 ± 1.9	-
% prise de pilule ≥ 1 an	-	24	-
% traitement ménopause	-	21	-
DMO (g/cm ²)			
Corps entier	1.067 ± 0.109***	0.951 ± 0.120	0.986 ± 0.128
Col fémoral	0.899 ± 0.153***	0.807 ± 0.155	0.835 ± 0.160
Colonne lombaire	1.022 ± 0.171**	0.951 ± 0.180	0.973 ± 0.180
Activité physique par périodes de pratique (Mets-h/an)			
Classes d'âge			
Sport			
1-19 ans	520 ± 428***	260 ± 308	339 ± 367
20-39 ans	493 ± 778**	197 ± 466	287 ± 593
40-59 ans	487 ± 742**	206 ± 464	289 ± 573
60-79 ans	666 ± 898	427 ± 630	501 ± 728
Autres activités			
1-19 ans	2227 ± 2522*	1590 ± 1608	1785 ± 1951
20-39 ans	8338 ± 5157***	4396 ± 3129	5586 ± 4251
40-59 ans	9581 ± 5325***	4586 ± 3743	6063 ± 4833
60-79 ans	2144 ± 1909	1642 ± 1886	1796 ± 1900
Années précédant l'étude			
Sport			
20 années précédentes	721 ± 807***	348 ± 457	462 ± 610
21-40 années précédentes	332 ± 465	202 ± 594	241 ± 560
41-60 années précédentes	356 ± 558**	147 ± 226	208 ± 369
61-80 années précédentes	147 ± 251*	64 ± 80	89 ± 158
Autres activités			
20 années précédentes	5610 ± 4158***	3458 ± 2914	4115 ± 3480
21-40 années précédentes	6998 ± 6331***	3320 ± 3261	4439 ± 4727
41-60 années précédentes	5155 ± 5448***	2457 ± 2841	3254 ± 3983
61-80 années précédentes	938 ± 2153	1015 ± 2135	991 ± 2132
Vie entière			
Sport	558 ± 504***	272 ± 346	359 ± 421
Autres activités	5388 ± 3689***	3062 ± 2123	3772 ± 2898

Différence significative entre les sexes : * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Tableau 2. Corrélations entre les caractéristiques physiques et la densité minérale osseuse

	Densité Minérale Osseuse		
	Corps entier n = 285	Col fémoral n = 281	Colonne lombaire n = 284
Age	-0.40†	-0.62†	-0.35†
Taille	0.42†	0.41†	0.29†
Poids	0.59†	0.35†	0.30†
IMC	0.40†	0.17***	0.18***
Masse maigre	0.62†	0.45†	0.33†
Nombre de grossesses	-0.32†	-0.33†	-0.28†
Calcium ingéré	0.09*	0.03	0.07

* $p < 0.20$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$, † $p < 0.001$

Tableau 3. Différences entre les valeurs de densité minérale osseuse en fonction des caractéristiques des sujets

		n	Corps entier	Col fémoral	Colonne lombaire
			<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>
Sexe					
	Hommes	87	1.067***	0.898***	1.022*
	Femmes	198	0.951	0.807	0.951
Prise de pilule ≥ 1 an					
	Oui	45	0.995**	0.896***	1.031***
	Non	145	0.936	0.771	0.922
Traitement ménopause (†)					
	Oui	42	0.975***	0.794**	0.961**
	Non	83	0.883	0.710	0.851
Tabac					
	Fumeurs ou anciens	84	1.045***	0.885**	1.015*
	Non fumeurs	196	0.916	0.813	0.954
Alcool					
	Petits buveurs	168	0.982	0.841	0.966
	Grands buveurs	112	0.992	0.825	0.983

* $p < 0.01$, ** $p < 0.001$, *** $p < 0.0001$

(†) chez les femmes ménopausées

Tableau 4. Corrélations entre les variables d'activité physique par périodes de pratique et la densité minérale osseuse

		Densité Minérale Osseuse					
		Corps entier		Col fémoral		Colonne lombaire	
Par classes d'âge		n		n		n	
Sport	1-19 ans	285	0.34†	281	0.38†	284	0.31†
	20-39 ans	275	0.12**	271	0.19***	274	0.12**
	40-59 ans	213	0.02	209	0.12*	212	0.03
	60-79 ans	137	-0.04	134	0.10	136	0.04
Autres activités	1-19 ans	285	0.05	281	-0.08*	284	-0.07
	20-39 ans	275	0.24†	271	0.09*	274	0.14**
	40-59 ans	213	0.31†	209	0.21***	212	0.21***
	60-79 ans	137	0.00	134	-0.13*	136	0.07
Par années précédant l'étude							
Sport	20 années précédentes	285	0.04	281	0.15***	284	0.08*
	21-40 années précédentes	273	0.07	269	0.09*	272	0.05
	41-60 années précédentes	210	0.11*	206	0.14**	209	0.10*
	61-80 années précédentes	129	0.08	126	0.04	128	0.30†
Autres activités	20 années précédentes	285	0.23†	281	0.06	284	0.14**
	21-40 années précédentes	273	0.14**	269	-0.09*	272	0.04
	41-60 années précédentes	210	0.06	206	-0.03	209	-0.01
	61-80 années précédentes	129	-0.20**	126	-0.18**	128	-0.09
Vie entière							
Sport	-	285	0.18***	281	0.29†	284	0.18***
Autres activités	-	285	0.18***	281	-0.04	284	0.07

* $p < 0.20$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$, † $p < 0.001$

Tableau 5. Variables identifiées comme prédicteurs significatifs et indépendants de la densité minérale osseuse par l'analyse de régression multiple en considérant les indicateurs d'activité physique calculés par classes d'âge

	Densité Minérale Osseuse								
	Corps entier n = 136			Col fémoral n = 133			Colonne lombaire n = 135		
	β standardisé	changement R ²	F	β standardisé	changement R ²	F	β standardisé	changement R ²	F
Sexe	-0.336	0.323	64.09	-0.235	0.174	27.70	-0.187	0.171	27.44
Age	-0.164	0.104	24.07	-0.208	0.125	23.28	-	-	2.25
Sexe*âge	-	-	2.52	-	-	3.37	-	-	10.21
Taille	-	-	1.67	-	-	0.00	-	-	0.24
Poids	0.515	0.189	65.03	0.459	0.147	34.20	0.467	0.114	21.26
Masse maigre	-	-	0.49	-	-	1.05	-	-	0.05
Sexe*masse maigre	-	-	2.40	-	-	3.71	-	-	1.03
Tabac	-	-	0.45	-	-	3.13	-0.193	0.021	4.51
Sport									
1-19 ans	-	-	2.42	-	-	1.30	0.319	0.078	16.29
20-39 ans	-	-	1.72	-	-	0.89	-	-	0.97
40-59 ans	-	-	0.55	-	-	0.47	-	-	0.19
60-79 ans	-	-	0.93	-	-	2.36	-	-	0.12
Autres activités									
1-19 ans	-	-	0.95	-	-	0.49	-	-	0.06
20-39 ans	-	-	0.00	-	-	0.03	-	-	0.07
40-59 ans	-	-	0.05	-	-	0.01	-	-	0.00
60-79 ans	-	-	1.41	-	-	0.15	-	-	0.09
age*60-79 ans	-	-	-	-0.169	0.023	4.30	-	-	-
Total R ²	-	0.616	-	-	0.473	-	-	0.398	-

Tableau 6. Variables identifiées comme prédicteurs significatifs et indépendants de la densité minérale osseuse par l'analyse de régression multiple en considérant les indicateurs d'activité physique calculés par années précédant l'étude

	Densité Minérale Osseuse								
	Corps entier n = 128			Col fémoral n = 125			Colonne lombaire n = 127		
	β standardisé	changement R ²	F	β standardisé	changement R ²	F	β standardisé	changement R ²	F
Sexe	-0.342	0.326	60.93	-0.265	0.184	27.79	-0.171	0.184	28.13
Age	-0.164	0.107	23.73	-0.305	0.134	24.02	-0.072	0.007	1.17
Sexe*âge	-	-	2.11	-	-	0.58	-	-	3.44
Taille	-	-	2.15	-	-	0.50	-	-	0.86
Poids	0.513	0.187	61.06	0.481	0.134	29.61	0.419	0.116	20.61
Masse maigre	-	-	0.69	-	-	0.55	-	-	0.01
Sexe*masse maigre	-	-	3.04	-	-	2.39	-	-	1.36
Tabac	-	-	0.39	-	-	2.87	-	-	3.45
Sport									
20 années précédentes	-	-	0.01	0.138	0.017	4.12	-	-	0.12
21-40 années précédentes	-	-	0.27	-	-	0.02	-	-	0.04
41-60 années précédentes	-	-	0.42	-	-	0.38	-	-	0.00
61-80 années précédentes	-	-	3.02	-	-	1.05	0.309	0.076	14.94
Autres activités									
20 années précédentes	-	-	0.22	-0.179	0.028	6.36	-	-	0.42
21-40 années précédentes	-	-	0.01	-	-	1.25	-	-	0.18
41-60 années précédentes	-	-	0.00	-	-	1.53	-	-	0.30
61-80 années précédentes	-	-	0.19	-	-	1.02	-	-	0.21
Total R ²	-	0.620	-	-	0.497	-	-	0.383	-

Tableau 7. Variables identifiées comme prédicteurs significatifs et indépendants de la densité minérale osseuse par l'analyse de régression multiple en considérant les indicateurs d'activité physique calculés sur la vie entière

	Densité Minérale osseuse								
	Corps entier n = 280			Col fémoral n = 276			Colonne lombaire n = 279		
	β standardisé	changement R ²	F	β standardisé	changement R ²	F	β standardisé	changement R ²	F
Sexe	0.330	0.170	56.99	-0.052	0.061	29.99	-0.612	0.028	8.86
Age	0.430	0.143	57.79	-0.201	0.380	168.08	0.611	0.116	36.26
Sexe*âge	-1.072	0.56	37.03	-0.505	0.009	5.47	-1.250	0.079	32.15
Taille	-	-	1.62	-	-	0.36	-	-	1.21
Poids	0.424	0.216	126.57	0.163	0.008	4.94	0.220	0.012	5.16
Masse maigre	-	-	0.50	-	-	2.38	-0.876	0.011	4.41
Sexe*masse maigre	0.200	0.009	5.73	0.284	0.100	58.60	0.866	0.102	37.16
Tabac	-	-	0.09	-	-	0.39	-	-	0.05
Sport vie entière	-	-	1.00	-	-	0.98	-	-	1.25
Autres activités vie entière	-	-	0.91	-	-	0.23	-	-	0.11
Total R ²	-	0.594	-	-	0.558	-	-	0.348	-

Tableau 8. Variables identifiées comme prédicteurs significatifs et indépendants de la densité minérale osseuse par l'analyse de régression multiple en considérant les indicateurs d'activité physique calculés par classes d'âge, chez les femmes

	Densité Minérale Osseuse								
	Corps entier n = 124			Col fémoral n = 91			Colonne lombaire n = 123		
	β standardisé	changement R ²	F	β standardisé	changement R ²	F	β standardisé	changement R ²	F
Age	-0.146	0.163	17.75	-0.329	0.207	23.16	0.021	0.087	8.53
Taille	-	-	2.45	-	-	2.46	-	-	0.06
Poids	0.606	0.317	54.82	0.274	0.027	4.81	0.556	0.224	28.99
Masse maigre	-	-	3.60	0.292	0.242	38.51	-	-	2.11
Tabac	-	-	0.39	-	-	0.02	-	-	0.20
Nombre de grossesses	-	-	1.44	-	-	0.46	-	-	0.26
Pilule	-	-	0.00	-	-	0.00	-	-	0.00
Traitement ménopause	0.210	0.036	6.56	-	-	0.41	0.231	0.044	5.95
Sport									
1-19 ans	-	-	0.04	-	-	0.46	0.197	0.034	4.85
20-39 ans	-	-	0.21	-	-	2.16	-	-	0.21
40-59 ans	-	-	0.00	-	-	0.03	-	-	0.07
60-79 ans	-	-	0.30	-	-	0.76	-	-	0.04
Autres activités									
1-19 ans	-	-	0.03	-	-	2.01	-	-	0.11
20-39 ans	-	-	0.01	-	-	1.63	-	-	1.47
40-59 ans	-	-	1.11	-	-	0.02	-	-	0.05
60-79 ans	-	-	1.96	-0.175	0.032	5.44	-	-	0.01
Total R ²	-	0.516	-	-	0.508	-	-	0.389	-

Tableau 9. Variables identifiées comme prédicteurs significatifs et indépendants de la densité minérale osseuse par l'analyse de régression multiple en considérant les indicateurs d'activité physique calculés par années précédant l'étude, chez les femmes

	Densité Minérale Osseuse								
	Corps entier n = 87			Col fémoral n = 85			Colonne lombaire n = 86		
	β standardisé	changement R ²	F	β standardisé	changement R ²	F	β standardisé	changement R ²	F
Age	-0.278	0.169	17.29	-0.468	0.221	23.57	-0.013	0.064	5.70
Taille	-0.177	0.028	5.01	-0.210	0.040	6.88	-	-	0.06
Poids	0.356	0.325	54.05	-	-	2.65	0.526	0.236	28.04
Masse maigre	0.328	0.025	4.31	0.565	0.241	36.72	-	-	1.86
Tabac	-	-	0.38	-	-	0.00	-	-	0.09
Nombre de grossesses	-	-	0.92	-	-	0.18	-	-	0.57
Pilule	-	-	0.00	-	-	0.00	-	-	0.00
Traitement ménopause	-	-	3.86	-	-	0.46	0.210	0.038	4.71
Sport									
20 années précédentes	-	-	0.52	-	-	0.40	-	-	0.10
21-40 années précédentes	-	-	0.32	-	-	1.16	-	-	0.01
41-60 années précédentes	-	-	0.16	-	-	0.36	-	-	1.34
61-80 années précédentes	-	-	1.31	-	-	0.09	-	-	0.70
Autres activités									
20 années précédentes	-	-	2.47	-0.219	0.033	5.31	-	-	0.02
21-40 années précédentes	-	-	0.48	-	-	1.45	-	-	0.23
41-60 années précédentes	-	-	0.52	-	-	1.21	-	-	0.22
61-80 années précédentes	-	-	1.30	-	-	2.16	-	-	0.46
Total R ²	-	0.547	-	-	0.535	-	-	0.338	-

Tableau 10. Variables identifiées comme prédicteurs significatifs et indépendants de la densité minérale osseuse par l'analyse de régression multiple en considérant les indicateurs d'activité physique calculés sur la vie entière, chez les femmes

	Densité Minérale Osseuse								
	Corps entier n = 124			Col fémoral n = 122			Colonne lombaire n = 123		
	β standardisé	changement R ²	F	β standardisé	changement R ²	F	β standardisé	changement R ²	F
Age	-0.299	0.235	37.49	-0.450	0.256	41.33	-0.144	0.107	14.56
Taille	-	-	3.54	-	-	3.59	-	-	0.00
Poids	0.384	0.293	75.12	0.286	0.212	47.49	0.491	0.225	40.33
Masse maigre	0.227	0.022	5.98	0.235	0.023	5.39	-	-	2.37
Tabac	-	-	0.31	-	-	0.02	-	-	0.03
Nombre de grossesses	-	-	2.61	-	-	1.70	-	-	0.30
Pilule	-	-	1.08	-	-	2.73	-	-	0.01
Traitement ménopause	0.205	0.026	7.07	-	-	1.15	0.219	0.033	6.11
Sport vie entière	-	-	0.02	-	-	0.16	-	-	0.09
Autres activités vie entière	-	-	0.03	-	-	0.03	-	-	0.99
Total R ²	-	0.576	-	-	0.491	-	-	0.365	-

**ROLE PREDICTIF DE L'ACTIVITE PHYSIQUE
SUR LA FORCE MUSCULAIRE**

1. Introduction

Deux études, menées chez des jumeaux, ont montré que la part de variance de la masse maigre est expliquée à environ 80 % par des facteurs génétiques [122, 153]. La force musculaire serait-elle également influencée par des facteurs génétiques ? C'est en tout cas le champ d'investigation de récentes études [153, 171]. Mais l'activité physique, qui elle aussi peut avoir des racines génétiques [134], fait partie des facteurs environnementaux qui peuvent jouer un rôle non négligeable sur la performance musculaire.

Le déclin de la force musculaire observé au cours de l'avance en âge est également caractérisé par une perte de masse musculaire [4, 55]. La force musculaire, qui diminue d'environ 30 % entre 20 et 70 ans [146], est suspectée d'être une cause d'augmentation de la dépendance. En effet, la déficience musculaire engendre bien souvent une incapacité à accomplir les activités de la vie quotidienne chez les personnes âgées [75].

Les études, dont l'intérêt porte sur la relation entre l'activité physique et la force musculaire, sont pour la plupart des études d'intervention dans lesquelles l'effet d'un programme d'exercices est mis en évidence [49, 117, 138, 161]. Certaines envisagent même l'effet du désentraînement [32, 155] et du réentraînement sur la force [164], ou encore l'effet du déconditionnement physique [33]. Mais peu d'études, à notre connaissance, ont porté leur intérêt sur la relation pouvant exister entre l'activité physique passée et la force musculaire [66].

Cette étude a pour but d'examiner l'influence de l'activité physique chez le sujet âgé sur les performances musculaires mesurées en isocinétique. Ses objectifs sont de rechercher une relation entre la force musculaire et le niveau d'activité physique au cours de la vie entière mais également au cours de périodes spécifiques.

2. Méthodes

2.1. Sujets

La population étudiée est constituée de sujets âgés sains, préalablement recrutés pour participer à l'étude rapportée dans le chapitre qui précède. Suite à l'examen ostéodensitométrique, nous avons sollicité les sujets à poursuivre les examens prévus dans cette étude. Les sujets volontaires ont été inclus après signature du formulaire de consentement éclairé. Ce protocole a également été approuvé par le comité d'éthique de Lorraine. Les critères d'inclusion sont : un âge supérieur ou égal à 60 ans, homme ou femme, indemne de pathologies majeures pouvant affecter la fonction musculaire.

Sur les 137 personnes âgées de 60 ans et plus de l'échantillon initial, 86 sujets se sont portés volontaires pour poursuivre les investigations. L'évaluation de l'activité physique au moyen du système QUANTAP nécessitant un effort de rappel assez important, nous avons évalué les fonctions cognitives des sujets âgés afin de s'assurer de la cohérence et de la précision des informations fournies au cours de l'entretien. Le test de rétention visuelle de Benton [11] permet de déterminer l'existence ou non d'une baisse pathologique des facultés intellectuelles. Sur les 86 sujets, 12 ont été exclus suite à l'administration de ce test. L'étude de la force musculaire a donc été réalisée chez 74 sujets, dont 25 hommes et 49 femmes (70.0 ± 6.4). Les sujets sont pour la plupart des droitiers, nous ne notons qu'1 seul gaucher, 1 gaucher contrarié et 2 ambidextres.

2.2. Evaluation de la force musculaire isocinétique

Les mesures ont été prises à l'aide d'un dynamomètre Biodex (Biodex Corp., Shirley, NY) calibré en fonction des instructions fournies par le fabricant et dont la fiabilité a été démontrée [48]. Ce système est constitué de trois éléments principaux : un contrôleur, un moteur, un ordinateur. Le rôle du contrôleur est de permettre à l'utilisateur de fixer les différents paramètres utiles au test à effectuer sur un sujet et un moteur agit en fonction des paramètres imposés. L'ordinateur permet de recueillir instantanément les données du test, de les traiter et de représenter les résultats sous

forme de courbes et d'indicateurs quantitatifs. Les courbes correspondent à la représentation graphique des données recueillies lors du travail des muscles agonistes et antagonistes, au cours de la flexion et de l'extension.

Les tests ont été effectués au niveau des membres inférieurs droit et gauche (genou et cheville). Les groupes musculaires explorés sont les fléchisseurs (ischiaux-jambiers) et les extenseurs (quadriceps) du genou et les fléchisseurs (triceps jambier antérieur) et extenseurs (tibial antérieur) de la cheville. Ils sont réalisés après une phase d'échauffement de 15 minutes sur bicyclette ergométrique. Le sujet est sanglé sur un fauteuil afin d'éliminer toutes contractions musculaires parasites. La tension artérielle et la fréquence cardiaque sont contrôlées en début et en fin d'exercice. La première série de tests consiste à réaliser 5 flexion-extension successives à 90°/seconde pour le genou et à 60°/seconde pour la cheville. La seconde série s'effectue à une vitesse plus rapide et consiste à réaliser 15 flexion-extension successives à 180°/seconde pour le genou et 120°/seconde pour la cheville. Une période de repos de 5 minutes est accordée entre les tests.

Trois types d'indicateurs ont été calculés :

- le *moment maximal* correspond à la force maximale développée au cours du test. Dans la littérature, cet indicateur est devenu un « gold standard » dont la reproductibilité a été démontrée [83, 84].
- le *travail total* représente la somme du travail fourni à chaque répétition réalisée pendant le test.
- la *puissance moyenne* est calculée en divisant le travail total par le temps de réalisation du test. Cet indicateur est utilisé pour rendre compte de l'effcience musculaire.

Dans les analyses qui suivent seules les indicateurs fournis à vitesse lente ont été utilisés. Selon Herlant, le déficit musculaire étant le plus souvent marqué lors des tests à vitesse lente [71], du fait des contraintes articulaires plus élevées.

2.3. Evaluation de l'activité physique

La mesure de l'activité physique a été réalisée au moyen du système QUANTAP. Les indicateurs utilisés sont identiques à ceux de l'étude présentée dans le chapitre précédent. Les indicateurs expriment une dépense énergétique (METs-heure par an) liée au sport (sport à l'école + sport de loisir) et aux autres activités (profession + activités quotidiennes) au cours de la vie entière et au cours de périodes de 20 ans calculées par classes d'âge (1-19 ans, 20-39 ans, 40-59 ans, 60-79 ans) et par années précédant l'étude (20 années précédentes, 21-40 années précédentes, 41-60 années précédentes, 61-80 années précédentes).

2.5. Analyse statistique

Les données ont été analysées à l'aide du logiciel BMDP (BMDP[®] Statistical Software). Les statistiques descriptives (moyenne \pm écart-type) ont été calculées afin de fournir une présentation des caractéristiques de l'échantillon (caractéristiques physiques, indicateurs de force musculaire, indicateurs d'activité physique). Les différences statistiques entre les groupes ont été testées à l'aide d'un test de Student. La relation entre la force musculaire et les caractéristiques physiques des sujets a été appréciée par le coefficient de corrélation de Pearson. Une analyse de régression linéaire ajustée sur le sexe et l'âge a été utilisée pour étudier la relation entre la force musculaire et l'activité physique. Une analyse de régression multiple a permis d'explorer plus en détails cette relation. Trois types de modèles ont été testés, pour chaque indicateur de force musculaire, en fonction du mode de calcul des indicateurs d'activité physique (par classes d'âge, par année précédant l'étude, sur la vie entière). Les variables ont été retenues dans le modèle à un seuil de signification fixé à $p \leq 0.05$. Deux variables importantes (sexe et âge) ont été systématiquement forcées dans les différents modèles. La validité de chacun d'entre eux a été évaluée par le R^2 multiple qui représente la part de force musculaire expliquée par les covariables.

3. Résultats

Les caractéristiques physiques de la population étudiée sont présentées dans le tableau 1. Les valeurs de force musculaire isocinétique rapportées par le logiciel d'analyse de données Biodex sont pour la plupart significativement plus élevées (sauf plantarflexion cheville droite) chez les hommes que chez les femmes comme nous pouvons le constater dans le tableau 2. Le tableau 2 bis montre que la force est systématiquement plus importante au niveau des extenseurs du membre inférieur droit comparé au gauche. Le tableau 3 propose une présentation des valeurs moyennes de dépense énergétique liée à l'activité physique. Globalement, les hommes ont une activité physique plus élevée que les femmes, mais cette différence n'est significative que pour les autres activités.

Les résultats des analyses univariées sont présentées dans le tableau 4 pour le genou et dans le tableau 5 pour la cheville. Si l'on observe les valeurs de force musculaire au niveau du genou ou de la cheville, nous remarquons que plus l'âge augmente, plus la force musculaire diminue. A l'inverse, la force est significativement plus élevée chez les individus ayant une taille, un poids, une masse maigre ou encore un indice de masse corporelle plus important.

Le tableau 6 fournit les corrélations ajustées sur le sexe et l'âge entre la force des muscles de l'articulation du genou droit et du genou gauche et les indicateurs d'activité physique. Le tableau 7 donne les résultats des corrélations pour la cheville. Au niveau du genou, comme au niveau de la cheville pour certains indicateurs de force, le sport pratiqué après 60 ans ou au cours des 20 dernières années semble bénéfique. Le sport pratiqué au cours de la vie entière apparaît jouer un rôle sur la force des muscles extenseurs du genou gauche essentiellement.

Les tableaux 8 à 31 présentent les résultats des analyses de régression multiple testées pour expliquer les différents indicateurs de force (moment maximal, travail total, puissance moyenne). Les résultats sont répartis de la manière suivante :

- extenseurs genou droit : tableaux 8-10 ;
- fléchisseurs genou droit : tableaux 11-13 ;
- extenseurs genou gauche : tableaux 14-16 ;
- fléchisseurs genou gauche : tableaux 17-19 ;

- extenseurs cheville droite : tableaux 20-22 ;
- fléchisseurs cheville droite : tableaux 23-25 ;
- extenseurs cheville gauche : tableaux 26-28 ;
- fléchisseurs cheville gauche : tableaux 29-31.

Quel que soit le modèle testé, le sexe et l'âge sont des prédicteurs significatifs de la force du genou et de la cheville, aussi bien du côté droit que du côté gauche. Parfois même, ce sont les deux seules variables explicatives de la variance de la force musculaire.

Le sport exercé après 60 ans semble être un bon prédicteur de la force développée, quel que soit l'indicateur considéré, par les muscles du genou droit et gauche aussi bien au niveau des extenseurs que des fléchisseurs. Cet indicateur reste également significatif au niveau des extenseurs de la cheville droite, la force des extenseurs de la cheville gauche étant en partie expliquée par le sport après 60 ans uniquement si les 4 classes d'âge liées aux autres activités ne sont pas incluses dans le modèle testé.

Lorsque les modèles testés incluent les indicateurs d'activité physique par années précédant l'étude, nous pouvons observer le même type de résultats. Le sport au cours des 20 dernières années est associé à des valeurs de force plus élevées au niveau des extenseurs du genou droit mais seulement pour le moment maximal, le travail total et la puissance moyenne n'étant influencés par le sport des 20 années précédant l'étude que si les autres activités ne sont pas intégrées dans le modèle. Les valeurs de force des extenseurs du genou gauche et des fléchisseurs du genou gauche et droit sont quant à elles influencées par cette période de pratique quel que soit l'indicateur de force considéré. Pour la cheville, seuls les muscles extenseurs semblent subir une influence, la plus souvent significative si les autres activités ne font pas partie du modèle testé.

Une pratique sportive au cours de la vie entière est associée à des valeurs de force musculaire plus élevées au niveau des extenseurs du genou droit et du genou gauche et ce pour les trois types d'indicateurs calculés.

Si l'on s'intéresse aux autres activités, nous observons des résultats inverses, où une force musculaire élevée serait associée à une faible pratique d'autres activités. Ce genre de remarque a été formulée dans le cadre de l'étude précédente. Ce phénomène s'explique en partie par les déclarations faites par les sujets qui rapportent moins d'activité autres lorsqu'une activité sportive est exercée.

4. Discussion

De cette étude ressort que le sport pratiqué après 60 ans ou au cours des 20 années précédant l'étude, mais également tout au long de la vie, permet d'expliquer en partie la force musculaire isocinétique. En effet, à côté des méthodes classiques d'évaluation de la force musculaire, représentées par des mesures isométriques et isotoniques, une technique relativement récente permet d'obtenir une contraction musculaire maximale à vitesse constante se rapprochant des situations physiologiques : le travail musculaire dynamique isocinétique ou isocinétisme. L'originalité de ce type de travail réside dans la possibilité de développer, grâce à une résistance auto-adaptée, une contraction musculaire maximale à vitesse constante sur toute l'amplitude d'une articulation. Le dynamomètre isocinétique adapte en permanence une résistance égale aux capacités de force instantanée du sujet pour le mouvement et la vitesse considérés.

L'analyse de régression ajustée sur le sexe et l'âge fournit des corrélations significatives entre la force et le sport après 60 ans ou au cours des 20 dernières années ou encore de la vie entière qui reflètent les résultats fournis par l'analyse de régression multiple.

La part de variance expliquée pour la cheville est bien souvent inférieure à celle expliquée pour le genou. Ce phénomène laisse penser que la force des muscles de la cheville est influencée par d'autres facteurs que nous ne contrôlons pas.

De nombreuses études ont montré que l'activité physique récente a un effet bénéfique sur la fonction musculaire de la personne âgée. Mais, la plupart du temps, ce sont des études d'intervention qui ont montré que la force musculaire peut être

améliorée par un entraînement, même à un âge avancé [49, 117, 138, 161]. Taunton et al. ont montré qu'un programme d'exercices court (sur terre ou dans l'eau), mené chez des femmes âgées de 65 à 75 ans, n'engendrait que de faibles changements dans la force musculaire mais que la forme cardiorespiratoire et l'endurance abdominale étaient améliorées [169]. Cependant, la plupart des études confirment qu'un programme d'entraînement peut améliorer la force musculaire [62, 117, 123, 124, 133, 148, 161] et la mobilité fonctionnelle en général [75]. Des études ont également montré que la baisse du niveau d'activité physique est associée à une baisse de la force musculaire [42, 58, 87, 100]. Des sujets âgés ayant suivi un programme d'entraînement musculaire peuvent atteindre des pics de force isométrique identiques à des sujets contrôles jeunes [87]. Une étude a montré que des hommes âgés, ayant toujours pratiqué un entraînement en endurance, ont une force musculaire identique à celle d'hommes âgés non actifs [66].

Les changements qui s'opèrent au cours du vieillissement de la fonction musculaire contribuent à diminuer les capacités fonctionnelles nécessaires à l'accomplissement des activités de la vie quotidienne (ADL) [50], souvent caractérisées comme fonctions de base du maintien de l'autonomie, et à augmenter le risque de chutes, de fractures voire de dépendance. Le maintien d'une activité physique est nécessaire au maintien de la fonction musculaire [87] elle-même indispensable au maintien de la mobilité de la personne âgée [140, 141] et à son indépendance [142]. Hunter et al. a montré que la force musculaire est liée à la capacité à accomplir les tâches quotidiennes [75]. Nichols et al. ont également étudié cette relation et ont trouvé qu'un entraînement peut avoir des effets positifs sur l'accomplissement des tâches requises quotidiennement [124]. Ces résultats sont d'autant plus importants que les personnes âgées deviennent bien souvent dépendantes du fait de cette incapacité à remplir des tâches quotidiennes simples.

La fonction musculaire ne semble pas avoir, comme la densité minérale osseuse, une phase d'acquisition de force pendant une période précise de la vie et qui en conditionnerait son évolution. Toutefois, les résultats de cette étude font apparaître que l'activité physique est essentielle dans le maintien de la force

musculaire au cours de la vie. Mais la force musculaire semble suivre une évolution similaire à celle de la densité osseuse pour laquelle il a été montré qu'un entraînement permet son augmentation mais que le bénéfice disparaît avec l'arrêt de l'activité [36, 97, 112]. En effet les bénéfices d'un programme destiné à améliorer la force musculaire ne se maintiennent que si l'activité est poursuivie régulièrement [32, 33, 155, 164].

Tableau 1. Caractéristiques de la population, moyenne \pm écart-type

	Hommes	Femmes	Total
n	25	49	74
Age (ans)	70.2 \pm 6.9	69.9 \pm 6.2	70.0 \pm 6.4
Taille (cm)	168.4 \pm 4.3	159.4 \pm 5.3	162.4 \pm 6.6
Poids (kg)	75.1 \pm 10.4	62.6 \pm 10.1	66.8 \pm 11.8
IMC (kg/m ²)	26.5 \pm 3.5	24.7 \pm 3.8	25.3 \pm 3.8
Masse maigre (kg)	52.6 \pm 5.4	35.3 \pm 4.7	41.2 \pm 9.6

IMC: Indice de Masse Corporelle

Tableau 2. Valeurs de force musculaire des extenseurs et fléchisseurs du genou et de la cheville, moyenne ± écart-type

	Moment maximal (Nm)			Travail total (Nm)			Puissance moyenne (watts)		
	Hommes	Femmes	Total	Hommes	Femmes	Total	Hommes	Femmes	Total
Genou									
Genou droit									
Extension	104.4 ± 32.6**	71.0 ± 16.9	82.3 ± 28.1	472.6 ± 165.3**	342.3 ± 104.5	386.4 ± 141.5	80.4 ± 28.5**	57.3 ± 17.9	65.1 ± 24.4
Flexion	56.8 ± 17.0**	38.7 ± 9.3	44.9 ± 15.0	276.2 ± 114.9*	195.5 ± 66.8	222.8 ± 93.5	47.4 ± 20.9*	33.5 ± 11.0	38.2 ± 16.3
Genou gauche									
Extension	93.7 ± 24.0**	68.0 ± 17.2	76.7 ± 23.1	444.8 ± 145.8**	331.8 ± 103.4	370.0 ± 130.0	75.3 ± 24.5**	55.8 ± 17.1	62.4 ± 21.8
Flexion	57.0 ± 16.5**	36.8 ± 10.2	43.6 ± 15.8	288.5 ± 113.2**	190.5 ± 72.2	223.6 ± 99.9	49.9 ± 19.8**	32.6 ± 12.1	38.4 ± 17.1
Cheville									
Cheville droite									
Plantarflexion	45.9 ± 19.2	39.2 ± 15.1	41.5 ± 16.8	101.2 ± 51.2	93.1 ± 50.8	95.8 ± 50.7	22.1 ± 10.7	18.7 ± 8.3	19.8 ± 9.2
Dorsiflexion	16.8 ± 4.6**	10.2 ± 3.7	12.4 ± 5.1	35.4 ± 13.8**	22.4 ± 12.3	26.8 ± 14.1	7.6 ± 2.9**	4.5 ± 2.0	5.6 ± 2.8
Cheville gauche									
Plantarflexion	53.8 ± 17.9**	39.8 ± 15.5	44.6 ± 17.5	122.6 ± 56.2†	92.3 ± 49.5	102.5 ± 53.4	27.6 ± 11.2**	19.6 ± 8.8	22.3 ± 10.3
Dorsiflexion	16.9 ± 5.5**	10.7 ± 4.5	12.8 ± 5.7	36.5 ± 12.2**	21.9 ± 11.9	26.8 ± 13.8	7.9 ± 2.6**	4.7 ± 2.5	5.8 ± 3.0

Différence significative entre les sexes : † $p < 0.05$, * $p < 0.01$, ** $p < 0.001$

Tableau 2 bis. Différence de force musculaire entre le genou droit et gauche et entre la cheville droite et gauche pour les différents indicateurs calculés (p -value)

	Moment maximal (Nm)		Travail total (Nm)		Puissance moyenne (watts)	
	Extension	Flexion	Extension	Flexion	Extension	Flexion
	p	p	p	p	p	p
Genou droit ≠ gauche	0.002	0.151	0.056	0.888	0.047	0.787
Cheville droite ≠ gauche	0.007	0.398	0.054	0.960	0.000	0.401

Tableau 3. Indicateurs d'activité physique exprimés en Mets-h par an, moyenne \pm écart-type

	Hommes	Femmes	Total
Classes d'âge			
Sport			
1-19 ans	361 \pm 348*	123 \pm 102	204 \pm 244
20-39 ans	251 \pm 393	137 \pm 326	175 \pm 352
40-59 ans	307 \pm 395	234 \pm 621	259 \pm 553
60-79 ans	765 \pm 1056	437 \pm 545	549 \pm 768
Autres activités			
1-19 ans	2787 \pm 2725†	1518 \pm 1992	1947 \pm 2327
20-39 ans	10001 \pm 4330**	4005 \pm 2853	6030 \pm 4435
40-59 ans	9259 \pm 4733**	3847 \pm 2949	5675 \pm 4441
60-79 ans	2244 \pm 2227	1369 \pm 1811	1669 \pm 1992
Par années précédant l'étude			
Sport			
20 années précédentes	613 \pm 912	376 \pm 518	456 \pm 680
21-40 années précédentes	278 \pm 392	187 \pm 642	218 \pm 569
41-60 années précédentes	342 \pm 319*	129 \pm 198	201 \pm 264
61-80 années précédentes	153 \pm 295	62 \pm 71	93 \pm 185
Autres activités			
20 années précédentes	5565 \pm 3662**	2476 \pm 2376	3519 \pm 3207
21-40 années précédentes	10312 \pm 4421**	4010 \pm 3040	6140 \pm 4638
41-60 années précédentes	6435 \pm 4302*	3215 \pm 2809	4303 \pm 3691
61-80 années précédentes	1153 \pm 2696	367 \pm 461	637 \pm 1644
Vie entière			
Sport	382 \pm 371	210 \pm 338	268 \pm 357
Autres activités	6736 \pm 2976**	2904 \pm 2040	4199 \pm 2996

Différence significative entre les sexes : † $p < 0.05$, * $p < 0.01$, ** $p < 0.001$

Tableau 4. Corrélations entre la force musculaire du genou et les caractéristiques physiques des individus

	Moment maximal (Nm)				Travail total (Nm)				Puissance moyenne (watts)			
	Genou droit		Genou gauche		Genou droit		Genou gauche		Genou droit		Genou gauche	
	Extension	Flexion	Extension	Flexion	Extension	Flexion	Extension	Flexion	Extension	Flexion	Extension	Flexion
Age	-0.44***	-0.33**	-0.51***	-0.41***	-0.46***	-0.42***	-0.52***	-0.48***	-0.44***	-0.40***	-0.52***	-0.47***
Taille	0.64***	0.48***	0.64***	0.57***	0.62***	0.46***	0.59***	0.55***	0.57***	0.43***	0.58***	0.54***
Poids	0.61***	0.61***	0.62***	0.56***	0.51***	0.53***	0.54***	0.50***	0.53***	0.54***	0.55***	0.51***
IMC	0.36**	0.44***	0.39***	0.34**	0.26*	0.36**	0.31**	0.29*	0.32**	0.40***	0.34**	0.30**
Masse maigre	0.71***	0.70***	0.69***	0.69***	0.59***	0.56***	0.59***	0.58***	0.60***	0.55***	0.60***	0.58***

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Tableau 5. Corrélations entre la force musculaire de la cheville et les caractéristiques physiques des individus

	Moment maximal (Nm)				Travail total (Nm)				Puissance moyenne (watts)			
	Cheville droite		Cheville gauche		Cheville droite		Cheville gauche		Cheville droite		Cheville gauche	
	Plantar- flexion	Dorsi- flexion	Plantar- flexion	Dorsi- flexion	Plantar- flexion	Dorsi- flexion	Plantar- flexion	Dorsi- flexion	Plantar- flexion	Dorsi- flexion	Plantar- flexion	Dorsi- flexion
Age	-0.52***	-0.35**	-0.51***	-0.33**	-0.47***	0.37***	-0.46***	-0.31**	-0.52***	-0.40***	-0.44***	-0.31**
Taille	0.33**	0.48***	0.43***	0.39***	0.27*	0.39***	0.36**	0.39***	0.32**	0.44***	0.40***	0.40***
Poids	0.30**	0.62***	0.43***	0.58***	0.18	0.46***	0.31**	0.58***	0.28*	0.54***	0.37***	0.63***
IMC	0.18	0.46***	0.27**	0.46***	0.08	0.34**	0.17	0.47***	0.16	0.39***	0.22	0.52***
Masse maigre	0.30**	0.71***	0.47***	0.65***	0.16	0.51***	0.35**	0.62***	0.26*	0.60***	0.42***	0.65***

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Tableau 6. Corrélations entre la force musculaire du genou et l'activité physique ajustées sur le sexe et l'âge

	Moment maximal (Nm)				Travail total (Nm)				Puissance moyenne (watts)			
	Genou droit		Genou gauche		Genou droit		Genou gauche		Genou droit		Genou gauche	
	Extension	Flexion	Extension	Flexion	Extension	Flexion	Extension	Flexion	Extension	Flexion	Extension	Flexion
Classes d'âge												
Sport												
1-19 ans	0.12	0.04	0.31**	0.07	0.11	0.09	0.20	0.03	0.16	0.15	0.16	0.03
20-39 ans	0.09	0.07	0.12	0.06	0.10	-0.02	0.14	0.02	0.08	-0.05	0.13	0.01
40-59 ans	0.08	0.07	0.11	0.08	0.14	0.08	0.16	0.14	0.13	0.06	0.16	0.12
60-79 ans	0.32**	0.39***	0.42***	0.42***	0.36**	0.42***	0.42***	0.46***	0.34**	0.41***	0.41***	0.44***
Autres activités												
1-19 ans	-0.18	-0.25*	-0.12	-0.21	-0.17	-0.26*	-0.18	-0.25*	-0.20	-0.30**	-0.23*	-0.28*
20-39 ans	-0.06	-0.05	-0.15	-0.08	-0.23	-0.13	-0.18	-0.08	-0.15	-0.09	-0.19	-0.10
40-59 ans	0.00	-0.08	-0.25*	-0.17	-0.12	-0.10	-0.27*	-0.16	-0.08	-0.09	-0.25*	-0.15
60-79 ans	-0.10	-0.03	-0.17	-0.02	-0.16	-0.09	-0.15	-0.01	-0.12	-0.10	-0.17	-0.02
Années précédant l'étude												
Sport												
20 années précédentes	0.24*	0.24*	0.37**	0.33**	0.30**	0.031**	0.37***	0.38***	0.26*	0.28*	0.35**	0.34**
21-40 années précédentes	0.07	0.03	0.09	0.02	0.12	0.00	0.12	0.01	0.10	-0.04	0.13	0.00
41-60 années précédentes	0.18	0.16	0.24*	0.05	0.16	0.11	0.21	0.04	0.21	0.16	0.20	0.06
61-80 années précédentes	-0.05	-0.09	0.16	0.04	0.01	0.05	0.09	0.05	0.01	0.07	0.03	0.01
Autres activités												
20 années précédentes	-0.04	-0.10	-0.24*	-0.14	-0.14	-0.10	-0.23	-0.07	-0.10	-0.09	-0.22	-0.07
21-40 années précédentes	0.00	-0.06	-0.18	-0.12	-0.14	-0.09	-0.18	-0.12	-0.07	-0.07	-0.18	-0.12
41-60 années précédentes	-0.17	-0.21	-0.13	-0.16	-0.28*	-0.27*	-0.24*	-0.20	-0.24*	-0.24*	-0.25*	-0.20
61-80 années précédentes	-0.12	0.03	-0.23	-0.12	0.07	-0.07	-0.15	-0.17	-0.10	-0.13	-0.21	-0.21
Vie entière												
Sport	0.19	0.17	0.29*	0.20	0.24*	0.18	0.30**	0.22	0.22	0.15	0.28*	0.19
Autres activités	-0.08	-0.14	-0.22	-0.17	-0.21	-0.18	-0.25*	-0.16	-0.16	-0.17	-0.26*	-0.17

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Tableau 7. Corrélations entre la force musculaire de la cheville et l'activité physique ajustées sur le sexe et l'âge

	Moment maximal (Nm)				Travail total (Nm)				Puissance moyenne (watts)			
	Cheville droite		Cheville gauche		Cheville droite		Cheville gauche		Cheville droite		Cheville gauche	
	Extension	Flexion	Extension	Flexion	Extension	Flexion	Extension	Flexion	Extension	Flexion	Extension	Flexion
Classes d'âge												
Sport												
1-19 ans	0.19	0.00	0.15	0.00	0.14	0.00	0.11	-0.02	0.10	-0.10	-0.13	0.06
20-39 ans	-0.04	0.06	-0.05	0.20	-0.12	-0.08	-0.12	0.02	-0.13	-0.12	0.00	0.10
40-59 ans	0.12	-0.11	0.07	-0.03	0.10	-0.06	0.04	-0.06	0.14	-0.12	-0.11	0.05
60-79 ans	0.42***	-0.06	0.30*	0.05	0.29*	-0.11	0.22	-0.02	0.37**	-0.16	-0.06	0.26*
Autres activités												
1-19 ans	-0.26*	-0.03	-0.29*	-0.08	-0.22	-0.15	-0.23*	-0.02	-0.24*	-0.12	0.02	-0.27*
20-39 ans	-0.16	0.06	-0.13	-0.09	-0.09	-0.03	-0.07	0.07	-0.08	0.07	0.13	-0.04
40-59 ans	-0.10	0.12	-0.06	-0.05	-0.04	0.02	0.00	0.10	-0.04	0.07	0.12	-0.02
60-79 ans	-0.11	0.04	-0.05	0.01	-0.06	-0.14	-0.08	-0.03	-0.11	-0.13	0.00	-0.07
Années précédant l'étude												
Sport												
20 années précédentes	0.35**	-0.10	0.22	0.04	0.24*	-0.09	0.15	-0.04	0.28*	-0.16	-0.09	0.17
21-40 années précédentes	0.02	-0.05	-0.03	0.06	-0.04	-0.08	-0.08	-0.06	-0.01	-0.11	-0.09	-0.06
41-60 années précédentes	0.14	0.06	0.19	0.04	0.07	-0.04	0.13	0.03	0.09	-0.13	-0.05	0.13
61-80 années précédentes	0.09	-0.12	-0.03	0.04	0.06	-0.04	-0.06	-0.01	0.06	-0.07	-0.05	-0.07
Autres activités												
20 années précédentes	-0.13	0.05	-0.05	-0.04	-0.06	0.01	0.01	0.14	-0.06	0.05	0.13	0.00
21-40 années précédentes	-0.09	0.05	-0.08	-0.07	-0.03	-0.05	-0.02	0.08	-0.03	0.03	0.12	-0.01
41-60 années précédentes	-0.28*	0.01	-0.27*	-0.11	-0.23*	-0.10	-0.22	-0.01	-0.23*	0.00	0.08	0.20
61-80 années précédentes	-0.07	0.07	-0.12	-0.07	-0.05	-0.10	-0.09	-0.07	-0.10	-0.20	-0.16	-0.20
Vie entière												
Sport	0.22	-0.06	0.13	0.07	0.12	-0.09	0.06	-0.04	0.15	-0.06	0.07	-0.10
Autres activités	-0.20	0.05	-0.17	-0.09	-0.13	-0.06	-0.10	0.08	-0.13	0.01	-0.10	0.12

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Tableau 8. Résultats de la régression linéaire multiple pour les valeurs de force musculaire des extenseurs du genou droit, indicateurs d'activité physique calculés par classes d'âge

	Moment maximal (Nm)			Travail total (Nm)			Puissance moyenne (watts)		
	β standardisé	changement R ²	F	β standardisé	changement R ²	F	β standardisé	changement R ²	F
Sexe	-0.832	0.307	30.06	-0.377	0.182	20.09	-0.700	0.191	21.36
Age	-0.435	0.212	29.65	-0.379	0.213	18.40	-0.443	0.210	18.04
Sexe*âge	-	-	1.82	-	-	0.19	-	-	0.80
Taille	-	-	3.61	0.345	0.091	11.68	-	-	3.31
Poids	-	-	0.08	-	-	0.13	-	-	0.00
Masse maigre	-	-	0.01	-	-	0.27	-	-	0.54
Sexe*masse maigre	0.452	0.096	16.41	0.342	0.051	8.39	0.445	0.093	12.14
Sport									
1-19 ans	-	-	0.18	-	-	0.07	-	-	0.75
20-39 ans	-	-	0.34	-	-	0.19	-	-	0.34
40-59 ans	-	-	0.71	-	-	0.00	-	-	0.09
60-79 ans	0.232	0.050	9.67	0.279	0.071	10.47	0.271	0.068	10.09
Autres activités									
1-19 ans	-	-	1.77	-	-	2.78	-	-	2.37
20-39 ans	-	-	0.06	-	-	2.29	-	-	0.73
40-59 ans	-	-	2.15	-	-	0.00	-	-	0.22
60-79 ans	-	-	0.00	-	-	0.83	-	-	0.06
Total R ²	-	0.665		-	0.608		-	0.562	

Tableau 9. Résultats de la régression linéaire multiple pour les valeurs de force musculaire des extenseurs du genou droit, indicateurs d'activité physique calculés par années précédant l'étude

	Moment maximal (Nm)			Travail total (Nm)			Puissance moyenne (watts)		
	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F
Sexe	-0.846	0.313	29.58	-0.609	0.191	20.38	-0.927	0.194	20.84
Age	-0.443	0.208	27.70	-0.260	0.210	17.29	-0.351	0.211	17.41
Sexe*âge	-	-	2.81	-	-	0.08	-	-	0.09
Taille	-	-	2.61	0.376	0.084	10.27	-	-	3.53
Poids	-	-	0.01	-	-	0.42	-	-	0.23
Masse maigre	-	-	0.01	-	-	0.06	-	-	0.31
Sexe*masse maigre	0.450	0.094	15.45	0.402	0.070	11.51	0.503	0.091	11.46
Sport									
20 années précédentes	0.203	0.036	6.40	-	-	3.41	-	-	3.39
21-40 années précédentes	-	-	0.53	-	-	1.14	-	-	0.60
41-60 années précédentes	-	-	0.66	-	-	1.20	-	-	2.22
61-80 années précédentes	-	-	2.52	-	-	0.31	-	-	0.31
Autres activités									
20 années précédentes	-	-	0.81	-	-	0.29	-	-	0.72
21-40 années précédentes	-	-	1.21	-	-	0.87	-	-	1.30
41-60 années précédentes	-	-	2.58	-0.344	0.072	10.04	-0.301	0.071	10.15
61-80 années précédentes	-	-	0.57	-	-	0.00	-	-	0.17
Total R^2	-	0.651	-	-	0.627	-	-	0.567	-

Tableau 10. Résultats de la régression linéaire multiple pour les valeurs de force musculaire des extenseurs du genou droit, indicateurs d'activité physique calculés sur la vie entière

	Moment maximal (Nm)			Travail total (Nm)			Puissance moyenne (watts)		
	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F
Sexe	0.002	0.321	34.06	0.235	0.201	24.17	-0.740	0.202	18.24
Age	-0.364	0.209	31.59	-0.313	0.207	18.76	-0.385	0.202	24.09
Sexe*âge	-	-	1.73	-	-	0.51	-	-	1.75
Taille	-	-	3.58	0.341	0.087	12.17	-	-	3.40
Poids	-	-	0.04	-	-	0.12	-	-	0.09
Masse maigre	0.632	0.090	16.53	0.476	0.046	6.88	-	-	0.00
Sex*masse maigre	-	-	0.30	-	-	0.26	0.455	0.086	11.76
Sport vie entière	0.150	0.021	4.02	0.209	0.041	6.60	0.197	0.036	5.24
Autres activités vie entière	-	-	0.00	-	-	1.88	-	-	0.47
Total R^2	-	0.641	-	-	0.582	-	-	0.526	-

Tableau 11. Résultats de la régression linéaire multiple pour les valeurs de force musculaire des fléchisseurs du genou droit, indicateurs d'activité physique calculés par classes d'âge

	Moment maximal (Nm)			Travail total (Nm)			Puissance moyenne (watts)		
	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F
Sexe	0.006	0.311	30.69	-0.216	0.156	15.66	-0.217	0.154	15.38
Age	-0.304	0.113	13.22	-0.404	0.175	14.40	-0.394	0.175	14.45
Sexe*âge	-	-	0.02	-	-	0.07	-	-	0.15
Taille	-	-	0.43	-	-	0.35	-	-	0.01
Poids	-	-	2.01	0.337	0.067	9.03	0.365	0.076	10.34
Masse maigre	0.589	0.093	12.66	-	-	0.65	-	-	0.72
Sexe*masse maigre			0.67	-	-	0.43	-	-	0.58
Sport									
1-19 ans	-	-	0.22	-	-	0.28	-	-	0.00
20-39 ans	-	-	1.47	-0.228	0.038	5.38	-0.241	0.041	5.97
40-59 ans	-	-	2.49	-	-	0.37	-	-	0.30
60-79 ans	0.294	0.080	12.86	0.431	0.116	13.91	0.421	0.115	13.59
Autres activités									
1-19 ans	-	-	2.59	-0.179	0.027	4.02	-0.231	0.045	7.11
20-39 ans	-	-	0.15	-	-	0.12	-	-	0.57
40-59 ans	-	-	0.61	-	-	0.78	-	-	1.04
60-79 ans	-	-	0.52	-	-	0.70	-	-	0.79
Total R^2	-	0.597	-	-	0.579	-	-	0.606	-

Tableau 12. Résultats de la régression linéaire multiple pour les valeurs de force musculaire des fléchisseurs du genou droit, indicateurs d'activité physique calculés par années précédant l'étude

	Moment maximal (Nm)			Travail total (Nm)			Puissance moyenne (watts)		
	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F
Sexe	-0.028	0.313	29.60	0.005	0.157	15.76	0.047	0.147	14.59
Age	-0.338	0.130	14.98	-0.413	0.205	16.73	-0.410	0.209	17.14
Sexe*âge	-	-	0.00	-	-	0.42	-	-	0.01
Taille	-	-	0.99	-	-	0.09	-	-	0.03
Poids	-	-	0.78	-	-	0.75	-	-	0.95
Masse maigre	0.580	0.084	11.21	0.551	0.058	7.34	0.580	0.066	8.25
Sexe*masse maigre	-	-	0.81	-	-	0.17	-	-	0.13
Sport									
20 années précédentes	0.231	0.047	6.84	0.225	0.088	10.02	0.215	0.080	8.91
21-40 années précédentes	-	-	1.56	-	-	3.50	-	-	3.12
41-60 années précédentes	-	-	0.16	-	-	0.24	-	-	0.04
61-80 années précédentes	-	-	3.28	-	-	0.63	-	-	0.31
Autres activités									
20 années précédentes	-	-	0.00	-	-	0.66	-	-	0.41
21-40 années précédentes	-	-	0.07	-	-	1.64	-	-	1.17
41-60 années précédentes	-	-	3.18	-0.244	0.040	5.44	-0.232	0.036	4.84
61-80 années précédentes	-	-	0.71	-	-	0.01	-	-	0.23
Total R^2	-	0.574	-	-	0.548	-	-	0.538	-

Tableau 13. Résultats de la régression linéaire multiple pour les valeurs de force musculaire des fléchisseurs du genou droit, indicateurs d'activité physique calculés sur la vie entière

	Moment maximal (Nm)			Travail total (Nm)			Puissance moyenne (watts)		
	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F
Sexe	-0.054	0.328	35.21	0.052	0.177	19.32	0.073	0.165	14.25
Age	-0.239	0.119	15.36	-0.331	0.174	15.16	-0.312	0.168	17.91
Sexe*âge	-	-	0.07	-	-	0.00	-	-	0.30
Taille	-	-	0.50	-	-	0.19	-	-	0.00
Poids	-	-	0.50	-	-	0.12	-	-	0.46
Masse maigre	0.611	0.088	13.21	0.548	0.070	8.52	0.567	0.076	8.94
Sexe*masse maigre	-	-	2.76	-	-	1.56	-	-	1.33
Sport vie entière	-	-	2.99	-	-	3.00	-	-	2.33
Autres activités vie entière	-	-	1.77	-	-	2.76	-	-	2.33
Total R^2	-	0.535	-	-	0.421	-	-	0.409	-

Tableau 14. Résultats de la régression linéaire multiple pour les valeurs de force musculaire des extenseurs du genou gauche, indicateurs d'activité physique calculés par classes d'âge

	Moment maximal (Nm)			Travail total (Nm)			Puissance moyenne (watts)		
	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F
Sexe	-0.527	0.273	25.55	0.277	0.177	20.96	-0.471	0.175	20.93
Age	-0.448	0.260	37.30	-0.420	0.257	23.49	-0.432	0.264	24.35
Sexe*âge	-	-	0.65	-	-	0.00	-	-	0.01
Taille	0.223	0.022	5.67	0.294	0.038	7.15	0.304	0.031	5.65
Poids	-	-	0.36	-	-	0.00	-	-	0.19
Masse maigre	-	-	0.01	0.504	0.088	15.02	-	-	0.01
Sexe*masse maigre	0.404	0.093	16.34	-	-	0.00	0.375	0.082	13.89
Sport									
1-19 ans	0.186	0.027	6.47	-	-	2.43	-	-	0.14
20-39 ans	-	-	0.14	-	-	0.08	-	-	0.04
40-59 ans	-	-	0.60	-	-	0.08	-	-	0.00
60-79 ans	0.251	0.081	18.07	0.307	0.099	13.98	0.261	0.093	13.16
Autres activités									
1-19 ans	-	-	0.16	-	-	2.45	-0.170	0.024	4.50
20-39 ans	-	-	0.57	-	-	2.27	-	-	0.39
40-59 ans	-	-	1.79	-	-	2.94	-	-	0.86
60-79 ans	-	-	0.30	-	-	0.49	-	-	0.21
Total R^2	-	0.756	-	-	0.659	-	-	0.669	-

Tableau 15. Résultats de la régression linéaire multiple pour les valeurs de force musculaire des extenseurs du genou gauche, indicateurs d'activité physique calculés par années précédant l'étude

	Moment maximal (Nm)			Travail total (Nm)			Puissance moyenne (watts)		
	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F
Sexe	-0.613	0.284	25.76	0.207	0.197	22.52	0.182	0.181	20.71
Age	-0.463	0.250	34.32	-0.367	0.241	20.68	-0.396	0.259	22.76
Sexe*âge	-	-	0.63	-	-	0.00	-	-	0.02
Taille	0.218	0.020	4.28	0.307	0.034	5.96	0.273	0.026	4.36
Poids	-	-	0.37	-	-	0.00	-	-	0.04
Masse maigre	-	-	0.00	0.572	0.096	12.95	0.550	0.086	11.42
Sexe*masse maigre	0.390	0.090	15.11	-	-	0.03	-	-	0.35
Sport									
20 années précédentes	0.283	0.074	15.29	0.223	0.082	13.17	0.216	0.077	12.05
21-40 années précédentes	-	-	0.98	-	-	0.19	-	-	0.02
41-60 années précédentes	-	-	1.46	-	-	0.81	-	-	0.62
61-80 années précédentes	-	-	0.04	-	-	0.10	-	-	0.85
Autres activités									
20 années précédentes	-	-	1.69	-	-	0.32	-	-	0.38
21-40 années précédentes	-	-	0.67	-	-	0.02	-	-	0.02
41-60 années précédentes	-	-	0.73	-0.203	0.028	5.14	-0.202	0.028	4.82
61-80 années précédentes	-	-	3.35	-	-	0.43	-	-	1.62
Total R^2	-	0.718	-	-	0.678	-	-	0.657	-

Tableau 16. Résultats de la régression linéaire multiple pour les valeurs de force musculaire des extenseurs du genou gauche, indicateurs d'activité physique calculés sur la vie entière

	Moment maximal (Nm)			Travail total (Nm)			Puissance moyenne (watts)		
	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F
Sexe	0.115	0.280	28.04	0.282	0.181	23.35	0.225	0.192	25.26
Age	-0.397	0.273	43.29	-0.387	0.268	26.36	-0.400	0.269	26.45
Sexe*âge	-	-	0.15	-	-	0.01	-	-	0.38
Taille	0.203	0.019	4.34	0.268	0.033	6.13	0.225	0.023	4.15
Poids	-	-	0.48	-	-	0.02	-	-	0.09
Masse maigre	0.548	0.085	16.52	0.550	0.092	14.09	0.536	0.084	12.90
Sexe*masse maigre	-	-	0.32	-	-	0.33	-	-	0.02
Sport vie entière	0.218	0.044	9.58	0.246	0.056	9.62	0.229	0.049	8.28
Autres activités vie entière	-	-	1.54	-	-	2.43	-	-	3.05
Total R^2	-	0.701	-	-	0.630	-	-	0.617	-

Tableau 17. Résultats de la régression linéaire multiple pour les valeurs de force musculaire des fléchisseurs du genou gauche, indicateurs d'activité physique calculés par classes d'âge

	Moment maximal (Nm)			Travail total (Nm)			Puissance moyenne (watts)		
	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F
Sexe	-0.439	0.363	38.70	-0.289	0.223	27.37	-0.411	0.229	28.28
Age	-0.416	0.162	22.94	-0.481	0.230	20.30	-0.542	0.227	19.95
Sexe*âge	-	-	0.00	-	-	0.42	-	-	0.74
Taille	-	-	0.32	-	-	2.02	-	-	2.36
Poids	0.213	0.032	5.73	0.214	0.029	4.68	-	-	3.83
Masse maigre	-	-	0.45	-	-	0.57	-	-	3.51
Sexe*masse maigre	-	-	0.37	-	-	0.22	-	-	3.24
Sport									
1-19 ans	-	-	0.29	-	-	0.42	-	-	0.45
20-39 ans	-0.164	0.022	4.11	-	-	2.19	-	-	2.74
40-59 ans	-	-	1.03	-	-	1.88	-	-	2.99
60-79 ans	0.391	0.084	14.24	0.372	0.115	17.65	0.334	0.103	15.44
Autres activités									
1-19 ans	-	-	1.28	-	-	2.31	-	-	2.37
20-39 ans	-	-	0.76	-	-	0.05	-	-	0.05
40-59 ans	-	-	0.01	-	-	0.19	-	-	0.13
60-79 ans	-	-	1.00	-	-	0.90	-	-	0.26
Total R^2	-	0.663	-	-	0.598	-	-	0.559	-

Tableau 18. Résultats de la régression linéaire multiple pour les valeurs de force musculaire des fléchisseurs du genou gauche, indicateurs d'activité physique calculés par années précédant l'étude

	Moment maximal (Nm)			Travail total (Nm)			Puissance moyenne (watts)		
	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F
Sexe	-0.556	0.361	36.73	-0.424	0.229	27.06	-0.426	0.227	26.98
Age	-0.499	0.172	23.56	-0.580	0.230	19.38	-0.579	0.235	19.95
Sexe*âge	-	-	0.55	-	-	1.89	-	-	1.72
Taille	-	-	0.15	-	-	1.33	-	-	0.74
Poids	-	-	3.32	-	-	2.75	-	-	2.06
Masse maigre	-	-	3.81	-	-	3.21	-	-	2.34
Sexe*masse maigre	-	-	3.32	-	-	2.23	-	-	2.05
Sport									
20 années précédentes	0.450	0.068	10.78	0.489	0.093	13.05	0.447	0.080	11.01
21-40 années précédentes	-0.270	0.044	7.61	-0.258	0.039	6.03	-0.228	0.031	4.52
41-60 années précédentes	-	-	0.06	-	-	0.01	-	-	0.07
61-80 années précédentes	-	-	2.76	-	-	2.47	-	-	3.10
Autres activités									
20 années précédentes	-	-	0.08	-	-	0.01	-	-	0.01
21-40 années précédentes	-	-	0.09	-	-	0.12	-	-	0.16
41-60 années précédentes	-	-	0.00	-	-	0.78	-	-	0.99
61-80 années précédentes	-	-	0.68	-	-	1.64	-	-	2.70
Total R^2	-	0.645	-	-	0.591	-	-	0.573	-

Tableau 19. Résultats de la régression linéaire multiple pour les valeurs de force musculaire des fléchisseurs du genou gauche, indicateurs d'activité physique calculés sur la vie entière

	Moment maximal (Nm)			Travail total (Nm)			Puissance moyenne (watts)		
	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F
Sexe	-0.282	0.370	42.24	-0.110	0.232	30.50	-0.493	0.232	21.77
Age	-0.351	0.175	27.36	-0.440	0.227	21.19	-0.480	0.231	30.46
Sexe*âge	-	-	0.08	-	-	0.01	-	-	-
Taille	-	-	0.21	-	-	1.83	-	-	-
Poids	-	-	0.00	-	-	0.15	-	-	-
Masse maigre	0.389	0.035	5.92	0.386	0.032	4.42	-	-	-
Sexe*masse maigre	-	-	1.11	-	-	1.01	-	-	-
Sport vie entière	-	-	3.65	0.173	0.028	4.01	-	-	-
Autres activités vie entière	-	-	2.41	-	-	0.52	-	-	-
Total R^2	-	0.580	-	-	0.519	-	-	0.463	-

Tableau 20. Résultats de la régression linéaire multiple pour les valeurs de force musculaire des extenseurs de la cheville droite, indicateurs d'activité physique calculés par classes d'âge

	Moment maximal (Nm)			Travail total (Nm)			Puissance moyenne (watts)		
	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F
Sexe	-0.136	0.041	3.83	-0.086	0.019	1.72	-0.150	0.045	4.64
Age	-0.600	0.248	22.43	-0.534	0.235	20.95	-0.606	0.298	28.86
Sexe*âge	-	-	0.00	-	-	0.11	-	-	0.03
Taille	-	-	1.06	-	-	1.57	-	-	1.29
Poids	-	-	0.81	-	-	0.26	-	-	0.67
Masse maigre	-	-	0.58	-	-	0.11	-	-	0.33
Sexe*masse maigre	-	-	1.31	-	-	0.41	-	-	0.60
Sport									
1-19 ans	-	-	1.11	-	-	1.33	-	-	0.31
20-39 ans	-0.219	0.038	4.61	-	-	2.92	-	-	3.86
40-59 ans	-	-	0.95	-	-	0.93	-	-	0.69
60-79 ans	0.464	0.127	14.31	0.256	0.061	5.84	0.313	0.091	10.57
Autres activités									
1-19 ans	-	-	2.60	-	-	3.10	-	-	3.02
20-39 ans	-	-	0.28	-	-	0.30	-	-	0.31
40-59 ans	-	-	0.01	-	-	0.00	-	-	0.00
60-79 ans	-	-	0.05	-	-	0.01	-	-	0.13
Total R^2	-	0.454	-	-	0.315	-	-	0.434	-

Tableau 21. Résultats de la régression linéaire multiple pour les valeurs de force musculaire des extenseurs de la cheville droite, indicateurs d'activité physique calculés par années précédant l'étude

	Moment maximal (Nm)			Travail total (Nm)			Puissance moyenne (watts)		
	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F
Sexe	-0.118	0.031	2.79	-0.252	0.014	1.18	-0.142	0.036	3.50
Age	-0.615	0.255	22.23	-0.454	0.231	19.58	-0.641	0.302	28.08
Sexe*âge	-	-	0.03	-	-	0.32	-	-	0.03
Taille	-	-	1.41	-	-	2.84	-	-	1.37
Poids	-	-	0.86	-	-	0.45	-	-	0.56
Masse maigre	-	-	0.89	-	-	0.60	-	-	0.34
Sexe*masse maigre	-	-	1.52	-	-	1.10	-	-	0.53
Sport									
20 années précédentes	0.352	0.109	11.31	-	-	1.72	0.295	0.076	8.20
21-40 années précédentes	-	-	2.37	-	-	0.02	-	-	0.86
41-60 années précédentes	-	-	0.01	-	-	0.42	-	-	0.00
61-80 années précédentes	-	-	0.13	-	-	0.01	-	-	0.18
Autres activités									
20 années précédentes	-	-	0.42	-	-	0.02	-	-	0.38
21-40 années précédentes	-	-	0.01	-	-	0.76	-	-	0.02
41-60 années précédentes	-	-	2.45	-0.306	0.075	6.94	-	-	3.24
61-80 années précédentes	-	-	0.16	-	-	0.03	-	-	0.39
Total R^2	-	0.395	-	-	0.320	-	-	0.414	-

Tableau 22. Résultats de la régression linéaire multiple pour les valeurs de force musculaire des extenseurs de la cheville droite, indicateurs d'activité physique calculés sur la vie entière

	Moment maximal (Nm)			Travail total (Nm)			Puissance moyenne (watts)		
	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F
Sexe	-0.201	0.041	4.18	-0.087	0.008	0.69	-0.189	0.036	3.63
Age	-0.526	0.272	26.94	-0.476	0.224	20.86	-0.520	0.265	26.03
Sexe*âge	-	-	0.00	-	-	0.28	-	-	0.16
Taille	-	-	0.79	-	-	1.56	-	-	0.90
Poids	-	-	0.08	-	-	0.05	-	-	0.05
Masse maigre	-	-	1.00	-	-	0.10	-	-	0.20
Sexe*masse maigre	-	-	1.31	-	-	0.37	-	-	0.29
Sport vie entière	-	-	3.58	-	-	0.99	-	-	1.59
Autres activités vie entière	-	-	2.93	-	-	1.12	-	-	1.21
Total R^2	-	0.313	-	-	0.232	-	-	0.301	-

Tableau 23. Résultats de la régression linéaire multiple pour les valeurs de force musculaire des fléchisseurs de la cheville droite, indicateurs d'activité physique calculés par classes d'âge

	Moment maximal (Nm)			Travail total (Nm)			Puissance moyenne (watts)		
	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F
Sexe	-0.462	0.382	41.99	-0.464	0.213	18.37	-0.532	0.280	26.42
Age	-0.237	0.116	15.51	-0.378	0.143	14.86	-0.429	0.184	23.04
Sexe*âge	-	-	0.93	-	-	0.00	-	-	0.00
Taille	-	-	2.28	-	-	0.29	-	-	0.53
Poids	0.313	0.063	9.42	-	-	3.06	-	-	3.91
Masse maigre	-	-	0.54	-	-	1.94	-	-	2.84
Sexe*masse maigre	-	-	0.67	-	-	2.25	-	-	2.68
Sport									
1-19 ans	-	-	0.10	-	-	0.01	-	-	0.74
20-39 ans	-	-	0.01	-	-	0.29	-	-	0.93
40-59 ans	-	-	0.35	-	-	0.41	-	-	0.81
60-79 ans	-	-	0.05	-	-	0.85	-	-	1.79
Autres activités									
1-19 ans	-	-	0.14	-	-	2.25	-	-	1.37
20-39 ans	-	-	1.52	-	-	0.05	-	-	0.34
40-59 ans	-	-	3.14	-	-	0.01	-	-	0.32
60-79 ans	-	-	0.00	-	-	1.38	-	-	1.13
Total R^2	-	0.561	-	-	0.356	-	-	0.464	-

Tableau 24. Résultats de la régression linéaire multiple pour les valeurs de force musculaire des fléchisseurs de la cheville droite, indicateurs d'activité physique calculés par années précédant l'étude

	Moment maximal (Nm)			Travail total (Nm)			Puissance moyenne (watts)		
	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F
Sexe	-0.490	0.409	45.00	-0.492	0.240	20.57	-0.555	0.305	28.54
Age	-0.235	0.120	16.25	-0.355	0.126	12.76	-0.412	0.170	20.71
Sexe*âge	-	-	0.26	-	-	0.24	-	-	0.18
Taille	-	-	2.82	-	-	0.41	-	-	0.80
Poids	0.300	0.055	8.35	-	-	3.07	-	-	3.65
Masse maigre	-	-	0.43	-	-	1.72	-	-	2.49
Sexe*masse maigre	-	-	0.56	-	-	1.98	-	-	2.33
Sport									
20 années précédentes	-	-	0.35	-	-	0.97	-	-	1.94
21-40 années précédentes	-	-	0.43	-	-	0.71	-	-	1.21
41-60 années précédentes	-	-	0.01	-	-	0.33	-	-	2.04
61-80 années précédentes	-	-	1.40	-	-	0.10	-	-	0.33
Autres activités									
20 années précédentes	-	-	1.49	-	-	0.04	-	-	0.20
21-40 années précédentes	-	-	1.96	-	-	0.08	-	-	0.11
41-60 années précédentes	-	-	0.02	-	-	1.34	-	-	0.10
61-80 années précédentes	-	-	0.58	-	-	0.65	-	-	2.62
Total R^2	-	0.584	-	-	0.366	-	-	0.475	-

Tableau 25. Résultats de la régression linéaire multiple pour les valeurs de force musculaire des fléchisseurs de la cheville droite, indicateurs d'activité physique calculés sur la vie entière

	Moment maximal (Nm)			Travail total (Nm)			Puissance moyenne (watts)		
	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F
Sexe	-0.201	0.041	4.18	-0.445	0.190	16.92	-0.538	0.279	27.92
Age	-0.526	0.272	26.94	-0.378	0.143	15.20	-0.416	0.173	22.42
Sexe*âge	-	-	0.00	-	-	0.10	-	-	0.00
Taille	-	-	0.79	-	-	0.00	-	-	0.07
Poids	-	-	0.08	-	-	2.18	-	-	3.73
Masse maigre	-	-	1.00	-	-	2.00	-	-	2.93
Sexe*masse maigre	-	-	1.31	-	-	2.57	-	-	2.78
Sport vie entière	-	-	3.58	-	-	0.58	-	-	1.91
Autres activités vie entière	-	-	2.93	-	-	0.26	-	-	0.01
Total R^2	-	0.313	-	-	0.333	-	-	0.452	-

Tableau 26. Résultats de la régression linéaire multiple pour les valeurs de force musculaire des extenseurs de la cheville gauche, indicateurs d'activité physique calculés par classes d'âge

	Moment maximal (Nm)			Travail total (Nm)			Puissance moyenne (watts)		
	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F
Sexe	-0.675	0.163	19.08	-0.434	0.132	14.18	-0.489	0.172	19.43
Age	-0.473	0.263	24.30	-0.499	0.247	22.36	-0.486	0.234	20.74
Sexe*âge	-	-	0.10	-	-	0.57	-	-	0.01
Taille	-	-	0.35	-	-	1.26	-	-	1.44
Poids	-	-	0.01	-	-	1.72	-	-	1.36
Masse maigre	-	-	2.35	-	-	1.52	-	-	1.36
Sexe*masse maigre	0.275	0.035	4.70	-	-	2.73	-	-	3.04
Sport									
1-19 ans	-	-	0.79	-	-	0.92	-	-	0.06
20-39 ans	-	-	0.30	-	-	0.80	-	-	0.29
40-59 ans	-	-	0.07	-	-	0.06	-	-	0.01
60-79 ans	-	-	3.35	-	-	1.21	-	-	2.31
Autres activités									
1-19 ans	-0.275	0.059	7.56	-0.264	0.065	7.69	-0.272	0.069	8.63
20-39 ans	-	-	0.31	-	-	0.02	-	-	0.04
40-59 ans	-	-	0.19	-	-	0.27	-	-	0.02
60-79 ans	-	-	0.21	-	-	0.01	-	-	0.00
Total R^2	-	0.520	-	-	0.444	-	-	0.475	-

Tableau 27. Résultats de la régression linéaire multiple pour les valeurs de force musculaire des extenseurs de la cheville gauche, indicateurs d'activité physique calculés par années précédant l'étude

	Moment maximal (Nm)			Travail total (Nm)			Puissance moyenne (watts)		
	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F
Sexe	-0.725	0.150	16.95	-0.475	0.115	11.72	-0.511	0.155	16.35
Age	-0.458	0.283	25.59	-0.484	0.260	22.88	-0.467	0.239	20.43
Sexe*âge	-	-	0.29	-	-	0.19	-	-	0.02
Taille	-	-	0.08	-	-	0.94	-	-	1.06
Poids	-	-	0.01	-	-	1.77	-	-	1.26
Masse maigre	-	-	2.02	-	-	1.87	-	-	1.50
Sexe*masse maigre	0.279	0.036	4.77	-	-	3.07	-	-	2.97
Sport									
20 années précédentes	-	-	1.34	-	-	0.17	-	-	1.03
21-40 années précédentes	-	-	0.02	-	-	0.11	-	-	0.02
41-60 années précédentes	-	-	2.36	-	-	2.15	-	-	1.42
61-80 années précédentes	-	-	0.79	-	-	0.97	-	-	0.99
Autres activités									
20 années précédentes	-	-	0.58	-	-	0.76	-	-	0.04
21-40 années précédentes	-	-	0.69	-	-	1.19	-	-	0.27
41-60 années précédentes	-0.321	0.066	8.30	-0.314	0.079	9.10	-0.268	0.057	6.61
61-80 années précédentes	-	-	0.40	-	-	0.27	-	-	2.06
Total R^2	-	0.535	-	-	0.454	-	-	0.451	-

Tableau 28. Résultats de la régression linéaire multiple pour les valeurs de force musculaire des extenseurs de la cheville gauche, indicateurs d'activité physique calculés sur la vie entière

	Moment maximal (Nm)			Travail total (Nm)			Puissance moyenne (watts)		
	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F
Sexe	-0.393	0.154	18.85	-0.280	0.078	7.90	-0.378	0.143	15.27
Age	-0.522	0.264	25.79	-0.470	0.215	19.68	-0.447	0.192	17.18
Sexe*âge	-	-	0.07	-	-	0.02	-	-	0.00
Taille	-	-	0.28	-	-	0.66	-	-	0.33
Poids	-	-	0.57	-	-	0.03	-	-	0.16
Masse maigre	-	-	1.61	-	-	0.56	-	-	0.36
Sexe*masse maigre	-	-	2.74	-	-	1.29	-	-	1.11
Sport vie entière	-	-	1.22	-	-	0.22	-	-	0.38
Autres activités vie entière	-	-	2.07	-	-	0.65	-	-	0.71
Total R^2	-	0.418	-	-	0.293	-	-	0.335	-

Tableau 29. Résultats de la régression linéaire multiple pour les valeurs de force musculaire des fléchisseurs de la cheville gauche, indicateurs d'activité physique calculés par classes d'âge

	Moment maximal (Nm)			Travail total (Nm)			Puissance moyenne (watts)		
	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F
Sexe	0.023	0.253	23.02	-0.327	0.262	24.16	-0.312	0.264	24.37
Age	-0.248	0.116	12.28	-0.206	0.108	11.51	-0.206	0.115	12.43
Sexe*âge	-	-	1.28	-	-	0.30	-	-	0.00
Taille	-	-	2.95	-	-	2.72	-	-	2.79
Poids	-	-	0.69	0.372	0.088	10.76	0.404	0.104	13.33
Masse maigre	0.615	0.091	11.18	-	-	0.98	-	-	1.23
Sexe*masse maigre	-	-	0.05	-	-	0.98	-	-	1.57
Sport									
1-19 ans	-	-	0.05	-	-	0.01	-	-	0.96
20-39 ans	-	-	1.67	-	-	0.65	-	-	0.23
40-59 ans	-	-	0.00	-	-	0.03	-	-	0.02
60-79 ans	-	-	0.05	-	-	0.03	-	-	0.02
Autres activités									
1-19 ans	-	-	0.40	-	-	0.66	-	-	0.18
20-39 ans	-	-	0.38	-	-	0.01	-	-	0.31
40-59 ans	-	-	0.08	-	-	0.63	-	-	1.02
60-79 ans	-	-	0.18	-	-	0.01	-	-	0.17
Total R^2	-	0.460	-	-	0.458	-	-	0.483	-

Tableau 30. Résultats de la régression linéaire multiple pour les valeurs de force musculaire des fléchisseurs de la cheville gauche, indicateur d'activités physique calculés par années précédant l'étude

	Moment maximal (Nm)			Travail total (Nm)			Puissance moyenne (watts)		
	β standardisé	changement R ²	F	β standardisé	changement R ²	F	β standardisé	changement R ²	F
Sexe	-0.346	0.307	28.85	-0.313	0.263	23.23	-0.293	0.265	23.44
Age	-0.145	0.089	9.42	-0.165	0.097	9.74	-0.157	0.102	10.34
Sexe*âge	-	-	0.01	-	-	0.33	-	-	0.00
Taille	-	-	2.01	-	-	2.02	-	-	1.88
Poids	0.415	0.105	13.28	0.399	0.098	11.32	0.442	0.119	14.64
Masse maigre	-	-	1.68	-	-	0.65	-	-	0.78
Sexe*masse maigre	-	-	0.81	-	-	0.57	-	-	0.92
Sport									
20 années précédentes	-	-	0.31	-	-	0.00	-	-	0.07
21-40 années précédentes	-	-	0.12	-	-	0.15	-	-	0.02
41-60 années précédentes	-	-	0.02	-	-	0.35	-	-	0.06
61-80 années précédentes	-	-	0.02	-	-	0.05	-	-	0.44
Autres activités									
20 années précédentes	-	-	0.19	-	-	1.91	-	-	1.74
21-40 années précédentes	-	-	0.24	-	-	0.37	-	-	1.16
41-60 années précédentes	-	-	1.03	-	-	0.87	-	-	0.00
61-80 années précédentes	-	-	0.17	-	-	0.21	-	-	1.63
Total R ²	-	0.501	-	-	0.458	-	-	0.486	-

Tableau 31. Résultats de la régression linéaire multiple pour les valeurs de force musculaire des fléchisseurs de la cheville gauche, indicateurs d'activité physique calculés sur la vie entière

	Moment maximal (Nm)			Travail total (Nm)			Puissance moyenne (watts)		
	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F	β standardisé	changement R^2	F
Sexe	-0.013	0.274	27.16	-0.335	0.255	24.67	-0.331	0.278	27.72
Age	-0.236	0.116	13.47	-0.200	0.102	11.20	-0.183	0.102	11.73
Sexe*âge	-	-	0.01	-	-	0.13	-	-	0.08
Taille	-	-	3.03	-	-	1.44	-	-	2.26
Poids	-	-	0.52	0.348	0.076	9.37	0.399	0.100	13.47
Masse maigre	0.601	0.085	11.29	-	-	1.40	-	-	1.25
Sexe*masse maigre	-	-	0.80	-	-	1.48	-	-	1.41
Sport vie entière	-	-	0.62	-	-	0.07	-	-	0.04
Autres activités vie entière	-	-	0.70	-	-	0.20	-	-	0.57
Total R^2	-	0.475	-	-	0.433	-	-	0.480	-

CONCLUSION

L'étude de la relation entre l'activité physique passée et la santé est une thématique qui s'inscrit à la fois dans des préoccupations relevant de la santé publique et de l'éducation à travers l'ajustement d'objectifs de santé en éducation physique et en encadrement sportif.

En effet, l'impact de la pratique physique doit être mesuré afin de rendre compte de son influence sur le devenir des capacités physiques et motrices (au sens des potentialités pouvant objectivement être mises en oeuvre par l'organisme) mais aussi de rendre compte de la pertinence de certaines considérations pédagogiques sur l'utilisation du sport en fonction de l'âge.

QUANTAP a été conçu pour permettre de répondre à des questions du type :

- faut-il privilégier la variété des activités physiques plutôt que la spécialité ?
- faut-il commencer très tôt la gymnastique ?
- est-ce que je peux conserver une capacité cardio-respiratoire suffisante en pratiquant uniquement de la randonnée ?
- est-ce encore utile de faire des assouplissements à 60 ans ?

Les réponses à ces questions relèvent actuellement plus de convictions personnelles que de certitudes scientifiques.

Les recherches menées dans le domaine de l'activité physique doivent se focaliser sur de nouveaux horizons :

- quel est le degré de profit ou santé associé à une activité en fonction de la période pendant laquelle elle est pratiquée ?
- comment doit-on enseigner et pratiquer une activité en fonction de la spécificité d'une population, des caractéristiques d'une personne ?
- quelle quantité d'effort doit-on fournir... ?

Les travaux menés actuellement ne permettent pas de déboucher sur un niveau de connaissances susceptible de fonder scientifiquement le moment, la forme et la quantité de la pratique physique.

Le titre de notre travail, « Quantification de l'activité physique passée : mesure et rôle pronostique sur l'état de santé », ne cherche pas seulement à poser une thématique métrologique. Il est également une interrogation sur la nécessité actuelle de construire des outils de mesures basiques pour une activité qui existe depuis plusieurs siècles.

QUANTAP souffre de sa jeunesse. Il est à l'image des tableaux de bords des premiers boeings transatlantiques, bourrés de quadrants et de diodes clignotantes, multipliant les indicateurs et les signaux. Passage obligé pour dépasser le vol à vue, cette débauche n'est toutefois qu'un aveu de méconnaissance. En effet, la difficulté est moins de mesurer, encore qu'il ne s'agisse pas d'une simple tâche, que de savoir comment synthétiser les différentes mesures en comprenant leurs corrélations ou en maîtrisant leurs interactions.

Avec QUANTAP, nous tentons de mesurer un nombre d'heures ou une dépense énergétique (avec certes beaucoup d'imprécision), de retracer son évolution dans le temps, de l'exprimer par unité de masse, ou encore de la différencier en fonction de l'activité qui la produit. Nous cherchons à quantifier l'aspect proprioceptif de l'activité motrice, établir des échelles normées, supputer une typologie des activités sportives...Mais comment étalonner une activité physique mètre qui sache relativiser un indice en tenant compte de la régularité à court et long terme du temps de pratique, du rapport entre ce temps de pratique et la quantité de travail fourni, de l'effet de compensation d'activités annexes ou périphériques, ... ?

L'enjeu est pourtant bien là. Nous ne pourrions prétendre appréhender le rôle de l'activité physique sur la santé que muni d'indicateurs simples, mais issus d'un savant dosage de mesures multiples et de lois d'interprétation.

QUANTAP n'est qu'une étape vers cet outil macroscopique...

Nom : VUILLEMIN

Prénom : Anne

DOCTORAT DE L'UNIVERSITE DE NANCY I

en Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives

VU, APPROUVÉ ET PERMIS D'IMPRIMER

Nancy, le 23 novembre 1998 n° 115

Le Président de l'Université



RESUME

La quantification de l'activité physique contribue à mettre en évidence le rôle déterminant des activités physiques et de leurs conditions de pratique dans le processus du vieillissement humain. Une revue de la littérature révèle d'une part, l'existence de nombreux questionnaires d'évaluation de l'activité physique sur des périodes de temps courtes, mais pour la plupart élaborés en langue anglaise, et d'autre part, le manque d'instruments visant à évaluer l'activité physique sur des périodes de temps longues. Ce constat nous a conduit à adapter un questionnaire anglo-saxon destiné à apprécier l'activité physique des 12 derniers mois et à concevoir un système de quantification de l'activité physique sur la vie entière assisté par ordinateur (*Quantap*). L'application du système *Quantap* dans le domaine de la santé, notamment la masse osseuse et la force musculaire, permet d'étudier le rôle pronostique de l'activité physique. La pratique d'une activité sportive au cours de la jeunesse est associée à une densité minérale osseuse de la colonne lombaire élevée alors que la densité osseuse du col fémoral semble être influencée par une pratique sportive plus récente. La conservation d'une force musculaire élevée est associée à une pratique sportive au cours de la vie entière.

Mots-clés : activité physique - questionnaire - évaluation - masse osseuse - force

ABSTRACT

Physical activity assessment is essential to study the role of physical activity and its conditions of practice in the human aging process. A review of the literature shows that most of the questionnaires available are elaborated in english. Numerous questionnaires are designed to assess physical activity during short period of time but fewer are conceived to assess lifetime physical activity. Then, we have adapted to french an american questionnaire designed to assess habitual physical activity during the last 12 months. We have also developed a new computer-assisted tool to assess physical activity over the whole life (*Quantap*). Application of the *Quantap* system to health, particularly bone mass and muscle strength, allow to study the prognosis role of physical activity. Sport practice during youth is associated with higher bone mineral density at lumbar spine whereas femoral neck bone density seems to be influenced by sport during recent period. A higher muscle strength is observed in subjects reporting lifetime sport activity.

Keywords : physical activity - questionnaire - assessment - bone mass - strength

UNIVERSITE HENRI POINCARÉ - NANCY 1

Faculté du Sport



S.C.D. - U.H.P. NANCY 1
BIBLIOTHÈQUE DES SCIENCES
Rue du Jardin Botanique
54800 VILLERS-LES-NANCY

THESE

présentée et soutenue publiquement pour l'obtention du
DOCTORAT DE L'UNIVERSITE HENRI POINCARÉ-NANCY 1
en SCIENCES ET TECHNIQUES DES ACTIVITES PHYSIQUES ET SPORTIVES

par

Anne VUILLEMIN

le

05 Novembre 1998

**Quantification de l'activité physique passée :
mesure et rôle pronostique sur l'état de santé
(masse osseuse et fonction musculaire)**

VOLUME 2

BIBLIOGRAPHIE GENERALE

BIBLIIOGRAPHIE SPECIALISEE

ANNEXES

TABLES DES MATIERES

BIBLIOGRAPHIE GENERALE

S.C.D. - U.H.P. NANCY 1
BIBLIOTHEQUE DES SCIENCES
Rue du Jardin Botanique
54600 VILLERS-LES-NANCY

1. Ainsworth BE, Jacobs DR, Leon AS, Richardson MT, Montoye HJ. Assessment of the accuracy of physical activity questionnaire occupational data. *J Occupational Med* 1993;35:1017-1027.
2. Ainsworth BE, Haskell WL, Leon AS, Jacobs DR jr., Montoye HJ, Sallis JF, Paffenbarger RS jr. Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25:71-80.
3. Albanes D, Conway JM, Taylor PR, Moe PW, Judd J. Validation and comparison of eight physical activity questionnaires. *Epidemiology* 1990;1:65-71.
4. Aloia JF, McGowan DM, Vaswani AN, Ross P, Cohn SH. Relationship of menopause to skeletal and muscle mass. *Am J Clin Nutr* 1991;53:1378-1383.
5. American College of Sports Medicine. 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.
6. Aoyagi Y, Katsuta S. Relationship between the starting age of training and physical fitness in old age. *Can J Sports Sci* 1990;15:65-71.
7. 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.
8. Bannister E.W, and Brown SR. The relative energy requirements of physical activity. In: *Exercise Physiology*. H.B. Falls (Ed.) New York, NY: Academic Press, 1968.

9. Baranowski T, Dworkin RJ, Cieslik CJ, et al. Reliability and validity of self report measures of aerobic activity : family health project Res Q Exerc Sport 1984;55:309-317.
10. Baranowski T. Validity and reliability of self report measures of physical activity. An information-processing perspective. Res Q Exerc Sport 1988;59:314-327.
11. Benton AL. The Revised Benton Visual Retention test. New York, Psychological Corporation, 1974.
12. 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.
13. Berlin JA, Colditz GA. A meta-analysis of physical activity in the prevention of coronary heart disease. Am J Epidemiol 1990;132:612-628.
14. Berthouze SE, Minaire PM, Chatard JC, Boutet C, Castells J, Lacour JR. A new tool for evaluating energy expenditure : the "QAPSE" development and validation. Med Sci Sports Exerc 1993;25:1405-1414.
15. Bidoli E, Schinella D, Franceschi S. Physical activity and bone mineral density in Italian middle-aged women. Eur J Epidemiol 1998;14:153-157.
16. Bigard AX, Duforez F, Portero P, Guezennec CY. Détermination de l'activité physique par questionnaire : validation du questionnaire autoadministrable de Baecke. Science & Sports 1992;7:215-221.
17. Blair SN, Dowda M, Pate RR, et al. Reliability of long-term recall of participation in physical activity by middle-aged men and women. Am J Epidemiol 1991;133:266-275.

18. Boisvert P, Washburn RA, Montoye HJ, Leger L. Mesure et évaluation de l'activité physique par questionnaire. Questionnaires utilisés dans la littérature anglo-saxonne. *Science & Sports* 1988;3:245-262.
19. Borg GAV. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med. Sci. Sports Exerc* 1982;14:377-381.
20. Bouchard C, Tremblay A, Leblanc C, Lortie G, Savard R, Theriault G. A method to assess energy expenditure in children and adults. *Am J Clin Nutr* 1983;37:461-467.
21. Bouchard C, Shephard RJ and T. Stephens (Eds). *Physical Activity, Fitness and Health. International proceedings and consensus statement. Human Kinetics, Champaign, IL, 1994.*
22. Bouxsein ML, Marcus R. Overview of exercise and bone mass. *Rheum Dis Clin North Am* 1994;20:787-802.
23. Brahm H, Mallmin H, Michaëlsson K, Ström H, Ljunghall S. Relationships between bone mass measurements and lifetime physical activity in a Swedish population. *Calcif Tissue Int* 1998;62:400-412.
24. Bravo G, Gauthier P, Roy PM, Payette H, Gaulin P, Harvey M, Péloquin L, Dubois MF. Impact of a 12-month exercise program on the physical and psychological health of osteopenic women. *J Am Geriatr Soc* 1996;44:756-762.
25. Bravo G, Gauthier P, Roy PM, Payette H, Gaulin P. A weight-bearing, water-based exercise program for osteopenic women: its impact on bone, functional fitness, and well-being. *Arch Phy Med Rehabil* 1997;78:1375-1380.

26. Campbell WW, Crim MC, Young VR, et al. Increased energy requirements and changes in body composition with resistance training in older adults. *Am J Clin Nutr* 1994;60:167-75.
27. Caspersen CJ, Bloemberg PM, Saris WHM, Merritt RK, Kromhout D. The prevalence of selected physical activities and their relation with coronary heart disease risk factors in elderly men : the Zutphen study, 1985. *Am J Epidemiol* 1991;133:1078-1091.
28. Center J, Eisman J. The epidemiology and pathogenesis of osteoporosis. *Baill Clin Endocrinol Metab* 1997;11:23-62.
29. Chesnut CH. Bone mass and exercise. *Am. J. Med.* 1993 ;95:34S-36S
30. Chilibeck PD, Sale DG, Webber CE. Exercise and bone mineral density. *Sports Med* 1995;19:103-122.
31. Chodzko-Zajko WJ. The World Health Organization issues guidelines for promoting physical activity among older persons. *J Aging Phys Act* 1997;5:1-8.
32. Connelly DM, Vandervoort AA. Effect of detraining on knee extensor strength and functional mobility in a group of elderly women. *J Orthop Sports Phys Ther* 1997;26:340-346.
33. Convertino VA, Bloomfield SA, Greenleaf JE. An overview of the issues: physiological effects of bed rest and restricted physical activity. *Med Sci Sp Exerc* 1997;29:187-190.
34. Coste J, Fermanian J, Venot A. Methodological and statistical problems in the construction of composite measurement scales: a survey of six medical and epidemiological journals/ *Statistics in Medicine* 1995;14:331-345.

35. Cumming RG, Nevitt MC, Cummings SR. Epidemiology of hip fractures. *Epidemiol Rev* 1997;19:244-257.
36. Dalsky GP, Stocke KS, Ehsani AA, Slatopolsky E, Lee WC, Birge SJ. Weight-bearing exercise training and lumbar bone mineral content in postmenopausal women. *Ann Int Med* 1988;108:824-828.
37. Dan AJ, Wilbur JE, Hedricks C, O'Connor E, Holm K. Lifelong physical activity and older women. *Psychol Women Quarterly* 1990;14:531-542.
38. DeLany JP, Lovejoy JC. Energy expenditure. *Endocrinol Metab Clin North Am* 1996;25:831-846.
39. Denis G, Vuillemin A, Perrin Ph. Evaluation du rôle de la proprioception dans l'équilibration selon les activités physiques et sportives. *Ann. Kinésith* 1996;23:344-347.
40. 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.
41. Dook JE, James C, Henderson NK, Price RI. Exercise and bone mineral density in mature female athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29:291-296.
42. Dudley GA, Hather BM, Buchanan P: Skeletal muscle responses to unloading with special reference to man. *J Florida Med Assoc* 1992;79:525-529.
43. Dupin H, Abraham J, Giachetti I. Apports nutritionnels conseillés pour la population française. Paris: TEC & DOC, Lavoisier, 1992.
44. Epstein LH, Valoski AM, Vara LS, McCurley J, Wisniewski L, Kalarchian MA, Klein KR, Shrager LR. Effects of decreasing sedentary behaviour and increasing activity on weight change in obese children. *Health Psychol* 1995;14:109-115.

45. Etherington J, Harris PA, Nandra D, Hart DJ, Wolman RL, Doyle DV, Spector TD. The effect of weight-bearing exercise on bone mineral density: a study of female ex-elite athletes and the general population. *J Bone Miner Res* 1996;11:1333-1338.
46. FAO/OMS/UNU. Besoins énergétiques et besoins en protéines. Genève: OMS, Série de Rapports techniques, 724, 1986.
47. Fardellone P, Sebert JL, Bouraya M, Bonidan O, Leclercq G, Doutrelot C, Bellony R, Dubreuil A. Evaluation de la teneur en calcium du régime alimentaire par autoquestionnaire fréquentiel. *Rev Rhum Mal Osteoartic* 1991;58:99-103.
48. Feiring DC, Ellenbecker TS, Derscheid GL. Test-retest reliability of the Biodex isokinetic dynamometer. *J Orthop Sports Phys Ther* 1990;11:298-300.
49. Fiatarone MA, Marks EC, Ryan ND, Meredith CN, Lipsitz LA, Evans WJ. High-intensity strength training in nonagerians. *J Am Med Assoc* 1990;263:3029-3034.
50. Fiatarone MA, Evans WJ. The etiology and reversibility of muscle dysfunction in the aged. *J Gerontol* 1993;48:77-83.
51. Fitzgerald SJ, Kriska AM, Pereira MA, De Courten MP. Associations among physical activity, television watching, and obesity in adult Pima Indians. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29:910-915.
52. Fleiss JL. Reliability of measurement. In: Fleiss JL eds. *The design and analysis of clinical experiments*. John Wiley & sons, 1986.

53. Frändin K, Mellström D, Sundh V, et al. A life span perspective on patterns of physical activity and functional performance at the age of 76. *Gerontology* 1995;41:109-120.
54. Friedenreich CM, Courneya KS, Bryant HE. The lifetime total physical activity questionnaire: development and reliability. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:266-274.
55. Frontera WR, Hughes VA, Lutz KJ, Evans WJ. A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45- to 78-yr-old men and women. *J Appl Physiol* 1991;71:644-650.
56. Gammon MD, John EM, Britton JA. Recreational and occupational physical activities and risk of breast cancer. *J Natl Cancer Int* 1998;90:100-117.
57. Godin G, Shephard RJ. A simple method to assess exercise behavior in the community. *Can J Appl Sport Sci* 1985;10:141-146.
58. Goldberg AP, Hagberg JM: Physical exercise in the elderly. In Schneider EL and Rowe JW (Eds.): *Handbook in the biology of aging*. New york, Academic press, 1990, vol 3.
59. Goodpaster BH, Costill DL, Trappe SW, Hughes GM. The relationship of sustained exercise training and bone mineral density in aging male runners. *Scand J Med Sci Sports* 1996;6:216-221.
60. Green JS, Crouse SF. Endurance training, cardiovascular function and the aged. *Sports Med* 1993;16:331-341.
61. Greendale GA, Barrett-Connor E, Edelstein S, et al. Lifetime leisure exercise and osteoporosis. The Rancho Bernardo study. *Am J Epidemiol* 1995;141:951-959.

62. Grimby G, Aniansson A, Hedberg M, Henning GB, Grangard U, Kvist H. Training can improve muscle strength and endurance in 78- to 84-yr-old men. *J Appl Physiol* 1992;73:2517-2523.
63. Guillemin F, Bombardier C, Beaton D. Cross-cultural adaptation of health-related quality of life measures. Literature review and proposal guidelines. *J Clin Epidemiol* 1993;46:1417-1432.
64. Haapanen N, Miilunpalo S, Pasanen M, Oja P, Vuori I. Association between leisure time physical activity and 10-year body mass change among working-aged men and women. *Int J Obes* 1997;21:288-296.
65. Haapanen N, Miilunpalo S, Vuori I, Oja P, Pasanen M. Association of leisure time physical activity with risk of coronary heart disease, hypertension and diabetes in middle-aged men and women. *Int J Epidemiol* 1997;26:739-747.
66. 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* 1997;9:80-87.
67. Haskell WL, Taylor HL, Wood PD, Schrott H, Heiss G. Strenuous physical activity, treadmill exercise test performance and plasma high-density lipoprotein cholesterol. *Circulation* 1980;62(Suppl. IV):53-61.
68. Heinonen, Oja P, Sievanen H, Pasanen M, Vuori I. Effect of two training regimens on bone mineral density in healthy perimenopausal women: a randomized controlled trial. *J Bone Miner Res* 1998;13:483-490.
69. Hercberg S, Galan P, Preziosi P, et al. Background and rationale behind the SU.VI.MAX study, a prevention trial using nutritional doses of a combination of antioxidant vitamins and minerals to reduce cardiovascular diseases and cancers. *Int J. Vit Nutr Res* 1998;68:3-20.

70. Hercberg S, Preziosi P, Briançon S, et al. A primary prevention trial using nutritional doses of antioxidant vitamins and minerals in cardiovascular diseases and cancers in a general population: "The SU.VI.MAX Study". Design, methods and participant characteristics. *Control Clin Trials* 1998 (sous presse).
71. Herlant M. Isocinétisme - Bases de l'analyse des graphes. Conséquences pour la rééducation. *Ann Readapt Med Phy* 1989;32:97-115.
72. Hill JO, Melby C, Johnson SL, Peters JC. Physical activity and energy requirements. *Am J Clin Nutr* 1995;62:1059S-1066S.
73. Hopkins WG, Wilson NC, Russell DG. Validation of the physical activity instrument for the life in new zealand national survey. *Am J Epidemiol* 1991;133:73-82.
74. Hu MHL, Woollacott M. Multisensory training of standing balance in older adults. I: postural stability and one-leg stance balance. *J Gerontol* 1994;49:M52-M61.
75. Hunter GR, Treuth MS, Weinsier RL, Kekes-Szabo T, Kell SH, Roth DL, Nicholson C. The effects of strength conditioning on older women's ability to perform daily tasks. *J Am Geriatr Soc* 1995 43:756-760.
76. Jacobs DR, Luepker RV, Mittelmark MB et al. Community-wide prevention strategies: evaluation design of the Minnesota Heart Health Program. *J Chronic Dis* 1986;39:775-788.
77. Jacobs DR, Hahn L, Haskell WL, et al. Validity and reliability of a short physical activity history : CARDIA and the Minnesota Heart Health Program. *J Cardiopulm Rehab* 1989;9:448-459.

78. Jacobs DR, Ainsworth BE, Hartman TJ, Leon AS. A simultaneous evaluation of 10 commonly used physical activity questionnaires. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25:81-91.
79. Jaglal SB, Kreiger N, Darlington G. Past and recent physical activity and risk of hip fracture. *Am J Epidemiol* 1993;138:107-118.
80. Jouanny P, Guillemin F, Kuntz C, Jeandel C, Pourel J. Environmental and genetic factors affecting bone mass. *Arthritis Rheum* 1995;38:61-67.
81. Kahn SA, Pace JE, Cox ML, Gau DW, Cox SAL, Hodkinson HM. Osteoporosis and genetic influence: a three-generation study. *Postgrad Med J* 1994;70:798-800.
82. Kannel WB, Sorlie P. Some health benefits of physical activity. the Framingham study. *Arch Intern Med* 1979;139:857-861.
83. Kannus P: Normality, variability and predictability of work, power and torque acceleration energy with respect to peak torque in isokinetic muscle testing. *Int J Sports Med* 1992;13:249-256.
84. Kannus P. Isokinetic evaluation of muscular performance. *Int J Sports Med* 1994;15:S11-S18.
85. Karlsson MK, Johnell O, Obrant KJ. Is bone mineral density advantage maintained long-term in previous weight lifters ? *Calcif Tissue Int* 1995;57:325-328.
86. Klesges RC, Eck LH, Mellon MW, Fulliton W, Somes GW, Hanson CL. The accuracy of self-reports of physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 1990;22:690-697.

87. Klitgaard H, Mantoni M, Schiaffino S, et al. Function, morphology and protein expression of ageing skeletal muscle: a cross-sectional study of elderly men with different training background. *Acta Physiol Scand* 1990;140:41-54.
88. Kohl HW, Blair SN, Paffenbarger RS Jr, Macera CA, Kronenfeld JJ. A mail survey of physical activity habits as related to measured physical fitness. *Am J Epidemiol* 1988;127:1228-1239.
89. Kriska AM, Black-Sandler R, Cauley JA, LaPorte RE, Hom DL, Pambianco G. The assessment of historical physical activity and its relation to adult bone parameters. *Am J Epidemiol* 1988;127:1053-1063.
90. Kriska AM, Knowler WC, LaPorte RE, et al. Development of a questionnaire to examine relationship of physical activity and diabetes in Pima Indians. *Diabetes Care* 1990;13:401-411.
91. Kriska AM, Bennett PH. An epidemiologic perspective of the relationship between physical activity and NIDDM : from activity assessment to intervention. *Diabetes Metab Rev* 1992;8:355-372.
92. Kriska AM, Caspersen CJ (Eds). A collection of physical activity questionnaires. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29(Suppl.).
93. Kriska AM Modifiable activity questionnaire. In: A collection of physical activity questionnaires for health-related research. Kriska, A.M., and C.J. Caspersen (Eds). *Med Sci Sports Exerc* 1997;29 (Suppl):S73-S78.
94. Lamb KL, Brodie DA. The assessment of physical activity by leisure-time physical activity questionnaires. *Sports Med* 1990;10:159-180.
95. Lamb KL, Brodie DA. Leisure-time physical activity as an estimate of physical fitness: a validation study. *J Clin Epidemiol* 1991;44:41-52.

96. Lan C, Lai JS, Chen SY, Wong MK. 12-month Tai Chi training in the elderly: its effect on health fitness. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:345-351.
97. Lane NE, Bloch DA, Hubert HB, Jones H, Simpson U, Fries J. Running, osteoarthritis, and bone density: initial 2-year longitudinal study. *Am J Med* 1990;88:452-459.
98. LaPorte RE, Montoye HJ, Caspersen CJ. Assessment of physical activity in epidemiologic research: problems and prospects. *Public Health Rep* 1985;100:131-146.
99. Lee ET, Welty TK, Fabsitz R, Cowan LD. The Strong Heart Study: a study of cardiovascular disease in American Indians-design and methods. *Am J Epidemiol* 1990;132:1141-1155.
100. Lexell J. Aging and human muscle: observations from Sweden. *J Appl Physiol* 1993;18:2-18.
101. Lichtman SW, Pisarska K, Berman ER, Pestone M, Dowling H, Offenbacher E, Weisel H, Heshka S, Matthews DE, Heymsfield SB. Discrepancy between self-reported and actual caloric intake and exercise in obese subjects. *N Engl J Med* 1992;327:1893-1898.
102. Lissner L, Bengtsson C, Björkelund C, et al. Physical activity levels and changes in relation to longevity. *Am J Epidemiol* 1996;143:54-62.
103. Lonzer MD, Imrie R, Rogers D, Worley D, Licata A, Secic M. Effects of heredity, age, weight, puberty, activity, and calcium intake on bone mineral density in children. *Clin Pediatr* 1996;35:185-189.

104. Loy SF, Conley LM, Sacco ER, Vincent WJ, Holland GJ, Sletten EG, Trueblood PR. Effects of stairclimbing on VO₂ max and quadriceps strength in middle-aged females. *Med Sci Sports Exer* 1994;26:541-247.
105. Magnus K, Matroos A, Strackee J. Walking, cycling, or gardening, with or without seasonal interruption, in relation to acute coronary events. *Am J Epidemiol* 1979;110:724-733.
106. Mazess RB, Barden HS, Bisek JP, Hanson J. Dual energy x-ray absorptiometry for total-body and regional bone-mineral and soft-tissue composition. *Am J Clin Nutr* 1990;51:1106-1112.
107. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance*. Philadelphia, PA: Lea and Febiger, 1988, pp. 642-649.
108. McCartney N, Hicks AL, Martin J, Webber CE. A longitudinal trial of weight training in the elderly: continued improvements in year 2. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1996;51:B425-B433.
109. McCulloch RC, Bailey DA, Houston CS, Dodd BL. Effects of physical activity, dietary calcium intake and selected lifestyle factors on bone density in young women. *Can Med Assoc J* 1990;142:221-227.
110. Menkes A, Mazel S, Redmond RA, Koffler K, Libanati CR, Gundberg CM, Zizic TM, Hagberg JM, Pratley RE, Hurley BF. Strength training increases regional bone mineral density and bone remodeling in middle-aged and older men. *J Appl Physiol* 1993;74:2478-2484.
111. Metz JA, Anderson JJB, Gallagher PN. Intakes of calcium, phosphorus, and protein, and physical activity level are related to radial bone mass in young adult women. *Am J Clin Nutr* 1993;58:537-542.

112. Michel BA, Lane NE, Björkengren A, Bloch DA, Fries JF. Impact of running on lumbar bone density: a 5-year longitudinal study. *J Rheumatol* 1992;19:1759-1763.
113. Michels KB, Greenland S, Rosner BA. Does body mass index adequately capture the relation of body composition and body size to health outcomes ? *Am J Epidemiol* 1998;147:167-172.
114. Miller DJ, Freedson PS, and Kline GM. Comparison of activity levels using the Caltrac accelerometer and five questionnaires. *Med Sci Sports Exerc* 1994;26:376-382.
115. Miller WC, Koceja DM., Hamilton EJ. A meta-analysis of the past 25 years of weight loss research using diet, exercise or diet plus exercise intervention. *Int J Obes* 1997;21:941-947.
116. Montoye HJ, Kemper HCG, Saris WHM, Washburn RA. Measuring physical activity and energy expenditure, Champaign, IL, Human Kinetics, 1996.
117. Morganti CM, Nelson ME, Fiatarone MA, Dallal GE, Economos CD, Crawford BM, Evans WJ: Strength improvements with 1 yr of progressive resistance training in older women. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:906-912.
118. Morris JN, Adam C, Chave SPW, Sirey C. Vigorous exercise in leisure-time and the incidence of coronary heart disease. *Lancet* 1973;1:333-339.
119. Morris JN, Pollard R, Everitt MG, Chave SPW. Vigorous exercise in leisure-time : protection against coronary heart disease. *Lancet* 1980;8206:1207-1210.
120. Morrison JF, Van Malsen S, Noakes TD. Leisure time physical activity levels, cardiovascular fitness and coronary risk factors in 1015 white Zimbabweans. *South Africa Med J* 1984;65:250-256.

121. Narayan KM, Hoskin M, Kozak D, et al. Randomized clinical trial of lifestyle interventions in Pima Indians: a pilot study. *Diabet Med* 1998;15:66-72.
122. Nguyen TV, Howard GM, Kelly PJ, Eisman JA. Bone mass, lean mass, and fat mass: same genes or same environments ? *Am J Epidemiol* 1998;147:3-16.
123. Nichols J, Omizo D, Peterson K, Nelson K. Efficacy of heavy-resistance training for active women over sixty: muscular strength, body composition, and program adherence. *J Am Geriatr Soc* 1993;41:205-210.
124. Nichols JF, Hitzelberger LM, Sherman JG, Patterson P. Effects of resistance training on muscular strength and functional abilities of community-dwelling older adults. *J Aging Phys Act* 1995;3:238-250.
125. NIH Consensus Development Panel on Physical Activity and Cardiovascular Health. Physical Activity and Cardiovascular Health. *JAMA* 1996;276:241-246.
126. Nordström P, Pettersson U, Lorentzon R. Type of physical activity, muscle strength, and pubertal stage as determinants of bone mineral density and bone area in adolescent boys. *J Bone Miner Res* 1998;13:1141-1148.
127. Orwoll ES, Oviatt SK, Biddle JA. Precision of dual-energy x-ray absorptiometry: development of quality control rules and their application in longitudinal studies. *J Bone Miner Res* 1993;8:693-699.
128. Paffenbarger RS Jr, Wing AL, Hyde RT. Physical activity as an index of heart attack risk in college alumni. *Am J Epidemiol* 1978;108:161-75.
129. Paffenbarger RS Jr, Blair SN, Lee IM, Hyde RT. Measurement of physical activity to assess health effects in free-living populations. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25:60-70.

130. Parker DL, Leaf DA, Mc Afee SR. Validation of a new questionnaire for the assessment of leisure time physical activity. *Ann Sports Med* 1988;4:72-81.
131. Passmore R, Durnin JVGA. Human energy expenditure. *Physiol Rev* 1955;35:801-840.
132. Pate RR, Pratt M, Blair SN, Haskell WL, Macera CA, Bouchard C, Buchner D, Ettinger W, Heath G, King AC, Kriska A, Leon AS, Marcus BH, Morris J, Paffenbarger RS Jr, Patrick K, Pollock ML, Rippes JM, Sallis J, Wilmore JH. 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.
133. Pereira MA, Kriska AM, Joswiak ML, Dowse GK, Collins VR, Zimmet PZ, Gareeboo H, Chitson P, Hemraj F, Purran A, et al. Physical inactivity and glucose intolerance in the multi-ethnic island of Mauritius. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:541-548.
134. Pérusse L, Tremblay A, Leblanc C, Bouchard C. Genetic and environmental influences on level of habitual physical activity and exercise participation. *Am J Epidemiol* 1989;129:1012-1022.
135. Philippaerts RM, Lefevre J. Reliability and validity of three physical activity questionnaire in Flemish males. *Am J Epidemiol* 1998;147:982-990.
136. Pols MA, Peeters PHM, Twisk JWR, Kemper HCG, Grobbee DE. Physical activity and cardiovascular disease risk profile in women. *Am J Epidemiol* 1997;146:322-328.
137. Prior JC, Barr SI, Chow R, Faulkner RA. Prevention and management of osteoporosis: consensus statements from the Scientific Advisory Board of the

- Osteoporosis Society of Canada. 5. Physical activity as therapy for osteoporosis. *Can Med Assoc J* 1996;155:940-944.
138. 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.
139. Rantanen T, Era P, Heikkinen E. Maximal isometric strength and mobility among 75 year old men and women. *Age Aging* 1994;23:132-137.
140. 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.
141. Rantanen T, Era P, Heikkinen E. Physical activity and the changes in maximal isometric strength in men and women from the age of 75 to 80 years. *J Am Geriatr Soc* 1997;45:1439-1445.
142. Ratkowsky DA, Evans MA, Alldredge JR. Cross-over experiments. New York, NY: Marcel Dekker, 1993, pp. 86-87.
143. Rauh MJD, Hovell MF, Hofstetter CR, Sallis JF, Gleghorn A. Reliability and validity of self-reported physical activity in latinos. *Int J Epidemiol* 1992;21:966-971.
144. Reiff GG, Montoye HJ, Remington RD, Napier JA, Metzger HL, Epstein FH. Assessment of physical activity by questionnaire and interview. In : Karvonen MJ, Barry AJ eds. *Physical activity and the heart*. Springfield, Illinois, 1967, p 336-371.
145. Roberts SB, Fuss P, Heyman MB, Young VR. Influence of age on energy requirements. *Am J Clin Nutr* 1995;62:1053S-1058S.

146. Rogers MA, Evans WJ. Changes in skeletal muscle with aging: effects of exercise training. In Holloszy JO (Ed.): *Exerc Sport Sci Rev*, Baltimore, Williams & Wilkins, 1993, vol 21, pp 65-102.
147. Rothery, P. A nonparametric measure of intraclass correlation. *Biometrika* 1979;66:629-639.
148. Ryan AS, Treuth MS, Hunter GR, Elahi D. Resistive training maintains bone mineral density in postmenopausal women. *Calcif Tissue Int* 1998;62:295-299.
149. Salamone LM, Glynn NW, Black DM, Ferrell RE, Palermo L, Epstein RS, Kuller LH, Cauley JA. Determinants of premenopausal bone mineral density: the interplay of genetic and lifestyle factors. *J Bone Miner Res* 1996;11:1557-1565.
150. Sallis JF, Haskell WL, Wood PD, et al. Physical activity assessment methodology in the five-city project. *Am J Epidemiol* 1985;121:91-106.
151. Saltin B, Grimby G. Physiological analysis of middle-aged and old former athletes. *Circulation* 1968;38:1104-1115.
152. Schulz LO, Harper IT, Smith CJ, Kriska AM, Ravussin E. Energy intake and physical activity in Pima Indians: comparison with energy expenditure measured by doubly-labeled water. *Obes Res* 1994;2:541-548.
153. Seeman E, Hopper JL, Young NR, Formica C, Goss Peter, Tsalamandris C. Do genetic factors explain associations between muscle strength, lean mass, and bone density ? A twin study. *Am J Physiol* 1996;270:E320-E327.
154. Senn S. *Cross-over trials in clinical research*. New York, NY: John Wiley & Sons, 1993, p 63.

155. Sforzo GA, McManis BG, Black D, et al. Resilience to exercise detraining in healthy older adults. *J Am Geriatr Soc* 1995;43:209-215.
156. Shapiro S, Weinblatt E, Frank CW, Sager RV. The H.I.P. study of incidence and prognosis of coronary heart disease. *J Chron Dis* 1965;18:527-558.
157. Shephard RJ, Shek PN. Impact of physical activity and sport on the immune system. *Rev Environ Health* 1996;11:133-147.
158. Shinton R, Sagar G. Lifelong exercise and stroke. *Br Med J* 1993;307:231-34.
159. Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *Psychological Bulletin* 1979;86:420-428.
160. Sievänen H, Oja P, Vuori I. Precision of dual-energy X-ray absorptiometry in determining bone mineral density and content of various skeletal sites. *J Nucl Med* 1992;33:1137-1142.
161. Skelton DA, Young A, Greig CA, Malbut KE. Effects of resistance training on strength, power, and selected functional abilities of women aged 75 and older. *J Am Geriatr Soc* 1995;43:1081-1087.
162. Slemenda CW, Miller JZ, Hui SL, Reister TK, Johnston CC Jr. Role of physical activity in the development of skeletal mass in children. *J Bone Miner Res* 1991;6:1227-1233.
163. Snow-Harter C, Marcus R. Exercise, bone mineral density, and osteoporosis. *Exerc Sports Sci Rev* 1991;19:351-388.
164. Staron RS, Leonardi MJ, Karapondo DL, et al. Strength and skeletal muscle adaptations in heavy-resistance-trained women after detraining and retraining. *J Appl Physiol* 1991;70:631-640.

165. Sunnegardh J, Bratteby L, Sjolin S. Physical activity and sports involvement of 8- and 13-year-old children in Sweden. *Acta Paediatr Scand* 1985;74:904-912.
166. Swinburn BA, Ravussin E. Energy and macronutrient metabolism. *Baillieres Clin Endocrinol Metab* 1994;8:527-548.
167. Taaffe DR, Robinson TL, Snow CM, Marcus R. High-impact exercise promotes bone gain in well-trained female athletes. *J Bone Miner Res* 1997;12:255-260.
168. Taggart HM, Connor SE. The relation of exercise habits to health beliefs and knowledge about osteoporosis. *J Am Coll Health* 1995;44:127-130.
169. Taunton JE, Rhodes EC, Wolski LA, Donnelly M, Warren J, Elliot J, McFarlane L, Leslie J, Mitchell J, Lauridsen. Effect of land-based and water-based fitness programs on the cardiovascular fitness, strength and flexibility of women aged 65-75 years. *Gerontology* 1996;42:204-210.
170. Taylor HL, Jacobs DR Jr, Schcker B, Knudsen J, Leon AS, Debacker G. A questionnaire for the assessment of leisure time physical activities. *J Chron Dis* 1978;31:741-755.
171. Thomis MA, Beunen GP, Maes HH, Blimkie CJ, Van Leemputte M, Claessens AL, Marchal G, Willems E, Vlietinck. Strength training : importance of genetic factors. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:724-731.
172. Thune I, Brenn T, Lund E, Gaard M. Physical activity and the risk of breast cancer. *New Eng J Med* 1997;336:1269-1274.
173. Ulrich CM, Georgiou CC, Snow-Harter CM, Gillis DE. Bone mineral density in mother-daughter pairs: relations to lifetime exercise, lifetime milk consumption, and calcium supplements. *Am J Clin Nutr* 1996;63:72-79.

174. U.S. Department of Health and Human Services. 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, Atlanta, USA, 1996.
175. Van Heuvelen MJG, Kempen GIJM, Ormel J, Rispens P. Physical fitness related to aged and physical activity in older persons. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:434-441.
176. Vena JE, Graham S, Zielezny M, Swanson MK, Barnes RE, Nolan J. Lifetime occupational exercise and colon cancer. *Am J Epidemiol* 1985;122:357-365.
177. Verschuur R, Kemper H. Habitual physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 1985 ; 20 : 56-65.
178. Videman T, Battié MC, Gibbons LE, Manninen H, Gill K, Fisher LD, Koskenvuo M. Lifetime exercise and disk degeneration: an MRI study of monozygotic twins. *Med Sci Sport Exerc* 1997;29:1350-1356.
179. Visser M, Launer LJ, Deurenberg P, Deeg DJH. Total and Sports activity in older men and women: relation with body fat distribution. *Am J Epidemiol* 1997;145:752-761.
180. Voorrips LE, Ravelli ACJ, Dongelmans PCA, Deurenberg P, Van Staveren WA. A physical activity questionnaire for the elderly. *Med Sci Sports Exerc* 1991;23:974-979.
181. Vuillemin A. L'Organisation Mondiale de la Santé émet des principes pour promouvoir l'activité physique chez les personnes âgées. *Gérontologie* 1998;105:44-49.

182. Vuillemin A, Denis G, Guillemin F, et al. Revue des questionnaires d'évaluation de l'activité physique. *Rev Epidemiol Sante Publique* 1998;46:49-55.
183. Vuillemin A., Denis G., Guillemin F., Jouanny P., Huot J., Jeandel C. QUANTAP : fondements d'un système de quantification de l'activité physique passée. In: L'évaluation et l'intervention gériatologique. Collection L'Année Gériatologique 1997-1998 (sous presse).
184. Vuillemin A, Guillemin F, Denis G, Huot J, Jeandel C. QUANTAP: computer-assisted assessment of lifetime physical activity. *Am J Epidemiol* (soumis).
185. Ward JA, Lord SR, Williams P, Anstey K, Zivanovic E. Physiologic, health and lifestyle factors associated with femoral neck bone density in older women. *Bone* 1995;16:373S-378S.
186. Washburn RA, Montoye HJ. The assessment of physical activity by questionnaire. *Am J Epidemiol* 1986;123:563-576.
187. Welten DC, Kemper HCG, Post GB, et al. Weight-bearing activity during youth is a more important factor for peak bone mass than calcium intake. *J Bone Miner Res* 1994;9:1089-1096.
188. Westerterp KR, Goran MI. Relationship between physical activity related energy expenditure and body composition: a gender difference. *Int J Obes* 1997;21:184-188.
189. Wilbur JE, Miller A, Dan AJ, Holm K. Measuring physical activity in midlife women. *Public Health Nursing* 1989;6:120-128.
190. Yasin S, Alderson MR, Marr JW, Pattison DC, Morris JN. Assessment of habitual physical activity apart from occupation. *Brit J Prev Soc Med* 1967;21:163-169.

191. Yurgalevitch SM, Kriska AM, Welty TK, Go O, Robbins DC, Howard BV.
Physical activity and lipids and lipoproteins in American Indians ages 45-74. Med
Sci Sports Exerc 1998;30:543-549.

BIBLIOGRAPHIE SPECIALISEE

ARTICLES

Denis G, Vuillemin A, Perrin Ph. Evaluation du rôle de la proprioception dans l'équilibration selon les activités physiques et sportives. *Annales de Kinésithérapie* 1996, 23:344-347.

Vuillemin A. L'Organisation Mondiale de la Santé émet des principes pour promouvoir l'activité physique chez les personnes âgées. *Gérontologie* 1998;05:44-49.

Vuillemin A, Denis G, Guillemin F, Jeandel C. Revue des questionnaires d'évaluation de l'activité physique. *Revue d'Epidemiologie et de Santé Publique* 1998;6:9-55.

Vuillemin A, Guillemin F, Denis G, Huot J, Jeandel C. QUANTAP: a computer-assisted questionnaire to assess lifetime physical activity. *Am J Epidemiol* (soumis).

Vuillemin A, Oppert JM, Guillemin F, Esserméant L, Fontvieille AM, Galan P, Kriska A, Hercberg S. Self-administered questionnaire versus interview to assess past-year physical activity. *Med Sci Sports Exerc* (à soumettre).

Vuillemin A, Guillemin F, Jouanny P, Denis G, Jeandel C. Influence of lifetime physical activity on bone mineral density (à soumettre).

CHAPITRES D'OUVRAGE

Vuillemin A. Assessment of physical activity by questionnaire. In: Wayne H. Osness (Ed). *Exercise Intervention and Biological Aging. A collection of papers from the international seminar to study exercise, physical therapy, and the biological aging process*, 1997.

Vuillemin A, Denis G, Guillemin F, Jouanny P, Huot J, Jeandel C. QUANTAP : fondements d'un système de quantification de l'activité physique passée. In : Evaluation & Intervention Gériatologique. Collection L'Année Gériatologique, Serdi Publisher, Paris, 1998, pp159-169.

Vuillemin A, Jeandel C. Evaluer l'activité physique de la personne âgée. In : Réussir son avancée en âge. Ouvrage collectif coordonné par Mrs Jeandel & Périé, Editions Frison-Roche, Paris, 1998

ABSTRACTS PRESENTES EN CONGRES

Présentations orales

Vuillemin A, Denis G, Huot J, Jouanny P, Guillemin F, Jeandel C. QUANTAP: a new tool for the assessment of past physical activity. First Annual Congress of the European College of Sport Science, Frontiers in Sport Science, The European Perspective, Nice, France, May 28-31, 1996.

Vuillemin A, Denis G, Huot J, Guillemin F, Jouanny P, Jeandel C. QUANTAP: basis of a system of physical activity quantification. Healthy Aging, Activity and Sports, Fourth International Congress Physical Activity, Aging and Sports, Heidelberg, Germany, 27-31 August, 1996.

Vuillemin A, Denis G, Huot J, Jouanny P, Guillemin F, Jeandel C. QUANTAP : fondements d'un système de quantification de l'activité physique antérieure. Les instabilités posturales du sujet âgé et leurs conséquences : prévention et rééducation, Colloque de l'Office d'Hygiène Sociale, Nancy, France, 8-9 Novembre, 1996.

Jouanny P, Vuillemin A, Guillemin F, Denis G, Huot J, Jeandel C. Influence de l'activité physique sur la densité osseuse. Congrès de Médecine Interne, Amiens, France 1996.

Denis G, Perrin Ph, Vuillemin A. Evaluation du rôle de la proprioception dans l'équilibration selon les activités physiques et sportives. Colloque ORL, Berne, 1996.

Vuillemin A, Guillemin F, Jouanny P, Denis G, Jeandel C. Impact de l'activité physique passée et récente sur la densité minérale osseuse. Congrès de Médecine du Sport, Caen, France, 19-21 Juin 1997.

Vuillemin A, Denis G, Guillemin F, Jeandel C. QUANTAP: a software to quantify and qualify past physical activity. EGREPA Vth International Conference, Oeiras, Portugal, 29 Sept -5 Oct, 1997.

Oppert JM, Vuillemin A, Guillemin F, Guy-Grand B, Galan P, Hercberg S. Mesure de l'activité physique habituelle : validation d'un questionnaire en auto-administration versus entretien. Conférence Annuelle sur l'Obésité, AFERO, Paris, France, Décembre 1997.

Vuillemin A, Guillemin F, Denis G, Huot J, Jeandel C. Validation d'un système assisté par ordinateur de quantification de l'activité physique sur la vie entière : QUANTAP. CONGRES ADELFF, Bordeaux, 14-17 Septembre 1998.

Posters

Jouanny P, Vuillemin A, Guillemin F, Denis G, Huot J, Jeandel C. Influence of physical activity on bone density Healthy Aging, Activity and Sports, Fourth International Congress Physical Activity, Aging and Sports, Heidelberg, Germany, 27-31 August, 1996.

Tessier A, Vançon G, Vuillemin A, Jouanny P, Denis G, Blain H, Messin L, Romain M, Collignon S, Poirot M, Boucher D, Tenette M, Jeandel C. Influence of physical activity on muscle performance. Healthy Aging, Activity and Sports, Fourth International Congress Physical Activity, Aging and Sports, Heidelberg, Germany, 27-31 August, 1996.

Jouanny P, Vuillemin A, Guillemin F, Denis G, Huot J, Jeandel C. Influence de l'activité physique sur la densité osseuse. Les instabilités posturales du sujet âgé et leurs conséquences : prévention et rééducation, Colloque de l'Office d'Hygiène Sociale, Nancy, France, 8-9 Novembre, 1996.

Tessier A, Vançon G, Vuillemin A, Jouanny P, Denis G, Blain H, Messin L, Romain M, Collignon S, Poirot M, Boucher D, Tenette M, Jeandel C. Influence de l'activité physique sur les performances musculaires. Les instabilités posturales du sujet âgé et leurs conséquences : prévention et rééducation, Colloque de l'Office d'Hygiène Sociale, Nancy, France, 8-9 Novembre, 1996.

Vuillemin A, Denis G, Guillemin F, Jeandel C. QUANTAP: a software to quantify and qualify past physical activity. EGREPA Vth International Conference, Oeiras, Portugal, 29 Sept -5 Oct, 1997.

Oppert JM, Vuillemin A, Guillemin F, Guy-Brand B, Galan P, Hercberg S. Mesure de l'activité physique habituelle : validation d'un questionnaire en auto-administration versus entretien. Congrès de l'ALFEDIAM (Association de Langue Française pour l'Etude du Diabète et des Maladies Métaboliques) sur le Diabète, Marrakech, 24-27 Mars 1998.

Vuillemin A, Oppert JM, Guillemin F, Fontvieille AM, Galan P, Hercberg S. Comparaison de deux modalités d'administration d'un questionnaire d'évaluation de l'activité physique des 12 derniers mois : auto-administration versus entretien. CONGRES ADELFF, Bordeaux, 14-17 Septembre 1998.

Vuillemin A, Guillemin F, Denis G, Huot J, Jeandel C. Properties of a lifetime physical activity assessment : QUANTAP. American College of Rheumatology 62nd National Meeting, November 8-12 1998.

Vuillemin A, Guillemin F, Denis G, Huot J, Jeandel C. Propriétés d'un instrument de mesure de l'activité physique sur la vie entière : QUANTAP. 11ème Congrès Français de Rhumatologie, Paris, CNIT-La Défense, 23-25 Novembre 1998.

Présentation vidéo

Démonstration du fonctionnement du logiciel QUANTAP :

Vuillemin A, Denis G, Guillemin F, Jeandel C. QUANTAP: a software to quantify and qualify past physical activity. EGREPA Vth International Conference, Oeiras, Portugal, 29 Sept -5 Oct, 1997.

ABSTRACTS PUBLIES

Jouanny P, Vuillemin A, Guillemin F, Denis G, Huot J, Jeandel C. Influence de l'activité physique sur la densité osseuse. Congrès de Médecine Interne, Amiens. Revue de Médecine Interne 1996;17 (Suppl 1) p 89s.

Vuillemin A, Guillemin F, Jouanny P, Denis G, Jeandel C. Impact of past and recent physical activity practice on bone mineral density. International Conference on Aging and Physical Activity Sept 18-21, 1997, Austin, Texas. Journal of Aging and Physical Activity 1997, 5(4).

Vuillemin A, Guillemin F, Jouanny P, Denis G, Jeandel C. Impact de l'activité physique passée et récente sur la densité minérale osseuse. Congrès de Médecine du Sport, Caen, France, 19-21 Juin 1997. Science & Sports 1998, 13(1), p 39.

Oppert JM, Vuillemin A, Guillemin F, Guy-Grand B, Galan P, Hercberg S. Mesure de l'activité physique habituelle : validation d'un questionnaire en auto-administration versus entretien. Congrès de l'ALFEDIAM (Association de Langue Française pour l'Etude du Diabète et des Maladies Métaboliques) sur le Diabète, Marrakech, 24-27 Mars 1998. Diabetes & Metabolism 1998, 24(suppl 1), p LXIX.

Vuillemin A, Guillemin F, Denis G, Huot J, Jeandel C. Properties of a lifetime physical activity assessment : QUANTAP. American College of Rheumatology 62nd National Meeting, November 8-12 1998. Arthritis & Rheumatism 1998, 41 (suppl), S224.

ANNEXES

Annexe 1

Article : « Revue des questionnaires d'évaluation de l'activité physique » paru dans la Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique.

Annexe 2

Article : « Self-administered questionnaire versus interview to assess past-year physical activity » à soumettre au Medicine and Science in Sports and Exercise.

Annexe 3

Questionnaire : « Modifiable Activity Questionnaire (MAQ) ».

Annexe 4

Article : « Evaluation du rôle de la proprioception dans l'équilibration selon les activités physiques et sportives » paru dans les Annales de Kinésithérapie.

Annexe 5

Classeur de présentation du système QUANTAP.

Annexe 6

Article : « QUANTAP: computer-assisted assessment of lifetime physical activity » soumis à l'American Journal of Epidemiology.

Annexe 7

Article : « Influence of lifetime physical activity on bone mineral density » à soumettre.

ANNEXE 1

Revue des questionnaires d'évaluation de l'activité physique

Assessment of physical activity by questionnaire : a review

A. VUILLEMIN⁽¹⁾, G. DENIS⁽¹⁾, F. GUILLEMIN⁽²⁾, C. JEANDEL⁽³⁾

(1) Université Henri Poincaré, Faculté du Sport, 30, rue du jardin botanique, 54600 Villers-les-Nancy
(Tirés à part : A. Vuillemin).

(2) École de Santé Publique, Nancy.

(3) Service de Médecine B, CHU Nancy-Brabois.

The need to evaluate or quantify an individual's physical activity often raises the problems of choosing the instrument which most adequately meets the requirements of the study. This article offers a presentation of various questionnaires available in the literature. It proposes a table intended to characterize these questionnaires as well as a summary of validation steps. These tools allow rapid comparisons between questionnaires and are helpful in guiding the user's choice of a well adapted questionnaire.

Review. Questionnaire. Assessment. Physical activity.

Mesurer ou quantifier l'activité physique d'un individu pose souvent le problème du choix de l'instrument qui répondra le mieux aux objectifs fixés dans l'étude. Cet article offre une présentation des différents questionnaires de mesure de l'activité physique disponibles dans la littérature. Il propose une description des caractéristiques ainsi qu'une synthèse des étapes de validation de ces questionnaires. Cette revue permet de situer rapidement les questionnaires les uns par rapport aux autres. Elle peut servir à guider le choix d'un questionnaire en fonction des besoins de l'utilisateur.

Revue. Questionnaire. Évaluation. Activité physique.

INTRODUCTION

L'analyse scientifique de l'impact réel des pratiques d'activités corporelles est relativement récente. La construction, la validation et l'exploitation de questionnaires destinés à quantifier la pratique physique sont des étapes indispensables. En effet, elles représentent des tentatives de quantifier un phénomène complexe. Or, si depuis les années 60, nous observons une augmentation quantitative importante de ce type d'outil, nous pouvons également constater la diversité des

démarches qui en fondent le contenu. Cette multiplicité et cette diversité sont certainement le reflet de la complexité de l'évaluation des activités physiques mais également de l'intérêt que présente la prise en compte d'indicateurs de la pratique physique dans les protocoles de recherche.

A la suite de travaux moins récents [1-4], nous souhaitons actualiser la revue des questionnaires disponibles dans la littérature, en procédant à une rapide caractérisation de chacun d'entre eux puis en indiquant ceux qui ont fait l'objet d'études de validité et de reproductibilité.

MÉTHODE

L'interrogation de trois bases de données (Sportdiscus, Pascal, Medline) a permis de recenser 30 questionnaires, auto-administrables ou administrés par enquête, visant à évaluer l'activité physique d'un individu. Ne sont donc pas pris en compte les « agendas » (diary), qui visent à un recueil des données en temps réel.

Les mots-clés permettant de sélectionner les références relatives à notre sujet ont été déterminés par l'intermédiaire du thesaurus propre à chaque base :

— Sportdiscus : seul le terme questionnaire a été utilisé du fait de la spécialisation de cette banque dans le domaine des activités physiques et sportives ;

— Pascal : questionnaire - exercice physique - sport ;

— Medline : questionnaire - sports - physical education and training - exercice.

Les références délivrées par les banques de données n'apparaissent pas toujours en adéquation avec l'orientation de notre sujet ; nous avons dû procéder à une sélection afin de ne conserver que les articles décrivant clairement l'élaboration ou l'adaptation d'un questionnaire destiné à évaluer l'activité physique, ou étudiant sa validité et sa reproductibilité. Pour effectuer cette sélection nous avons analysé le contenu du résumé, éventuellement complété par l'article lui-même.

PRÉSENTATION DES QUESTIONNAIRES

Parmi les nombreuses méthodes de mesure de terrain de l'activité physique (eau doublement marquée, compteurs de mouvements, questionnaire, agenda...), le questionnaire est la méthode la plus pratique et la plus utilisée. Les questionnaires d'évaluation de l'activité physique varient dans leur forme et leur longueur. De plus, chaque questionnaire diffère en fonction des paramètres pris en compte. La période de rappel (période de temps prise en compte dans la vie du sujet) est très variable d'un questionnaire à l'autre. L'estimation de l'activité physique peut être différente en fonction de sa nature. Tous les questionnaires ne mesurent pas tous les types d'activité (activité professionnelle, sport, loisir...). Enfin, la méthode d'administration et l'échelle de mesure employées peuvent différer.

Chaque questionnaire a fait l'objet d'une caractérisation en plusieurs points.

Le *tableau I* fait état des modalités d'administration des questionnaires.

Nous n'avons relevé qu'un questionnaire conçu en langue française [36] et un seul questionnaire anglo-saxon a fait l'objet d'une traduction et d'une

TABLEAU I. — Modalités d'administration des questionnaires.

Auteurs	Langue	Durée	AA ^a	I ^b
Saltin, 1968 [5]	ang	5'	x	-
Magnus, 1979 [6]	ang	5'	-	x
Haskell, 1980 [7]	ang	5'	-	x
Morrison, 1984 [8]	ang	5'	-	x
Jacobs, 1986, 1989 [9, 10]	ang	8'	x	-
Shapiro, 1965 [11]	ang	10'	x	x
Kannel, 1979 [12]	ang	10'	-	x
Verschuur, 1985 [13]	ang	10-15'	-	x
Parker, 1988 [14]	ang	10'	x	-
Hopkins, 1991 [15]	ang	10'	x	-
Lamb, 1991 [16]	ang	10-20'	-	x
Voorrips, 1991 [17]	ang	10'	-	x
Morris, 1973 [18]	ang	15'	x	-
Paffenbarger, 1978, 1993 [19, 20]	ang	15'	x	-
Baecke, 1982 [21]	ang	15'	x	-
Sallis, 1985 [22]	ang	15'	-	x
Kohl, 1988 [23]	ang	15'	x	-
Kriska, 1988 [24]	ang	15'	x	-
Dan, 1990 [25]	ang	15'	x	-
Caspersen, 1991 [26]	ang	15'	x	-
Ainsworth, 1993 [27]	ang	15'	x	-
Taylor, 1978 [28]	ang	20'	-	x
Kriska, 1990 [29]	ang	20'	-	x
Dipietro, 1993 [30]	ang	20'	-	x
Reiff, 1967 [31]	ang	30'-1 h	-	x
Bouchard, 1983 [32]	ang	30'	x	-
Sunnegardh, 1985 [33]	ang	30'	-	x
Yasin, 1967 [34]	ang	1 h	-	x
Godin, 1985 [35]	ang	-	x	-
Berthouze, 1993 [36]	fra	20-30'	x	x

^a AA : questionnaire auto-administré.

^b I : questionnaire administré par enquête.

étude de validation en vue d'être utilisé dans notre pays [21, 37]. Cependant, de nombreuses études réalisées en France s'intéressent à l'impact de l'activité physique sur la santé.

Le *tableau II* caractérise les questionnaires en fonction de leur période de rappel, des activités prises en compte et des indicateurs fournis. Nous constatons que les questionnaires actuellement disponibles dans la littérature s'attachent à estimer l'activité physique sur des périodes de temps courtes (1 jour, 1 semaine...). Les indicateurs obtenus se distinguent en deux catégories. Certains questionnaires situent les individus sur une échelle de niveaux alors que d'autres calculent des indica-

TABLEAU II. — Caractérisation des questionnaires.

Auteurs	Période de rappel	Activités				Nbre items	Réponses
		T ^b	L ^c	M ^d	A ^e		
Shapiro, 1965 [11]	AH ^a	x	x	x	-	10	ordinaire (4 niveaux)
Sunnegardh, 1985 [33]	AH	-	x	-	-	-	ordinaire (3 niveaux)
Kannel, 1979 [12]	1 jour	x	x	x	x	4	ordinaire (4 niveaux)
Yasin, 1967 [34]	2 jours	-	x	x	x	10	ordinaire
Morris, 1973 [18]	2 jours	-	x	x	x	-	ordinaire (5 niveaux)
Bouchard, 1983 [32]	3 jours	x	x	x	x	-	kcal
Berthouze, 1993 [36]	1 semaine	x	x	x	x	39	kj/jour
Sallis, 1985 [22]	1 semaine	x	x	x	-	9	kcal/j/kg
Caspersen, 1991 [26]	1 semaine	-	x	x	x	17	kcal/kg/j
Haskell, 1980 [7]	1 semaine	x	x	-	-	2	ordinaire (3 niveaux)
Dipietro, 1993 [30]	1 semaine	-	x	-	-	36	h/sem ; kcal/sem
Paffenbarger, 1978, 1993 [19, 20]	1 semaine	-	x	-	-	7	kcal/sem
Godin, 1985 [35]	1 semaine	-	x	-	-	4	METs (f)
Morrison, 1984 [8]	1 semaine	-	x	-	-	1	ordinaire (3 niveaux)
Kohl, 1988 [23]	1 sem/3 mois	-	x	-	-	10	indice
Lamb, 1991 [16]	2 semaines	-	x	-	-	-	kcal/j
Hopkins, 1991 [15]	1 mois	x	x	x	-	-	METs
Verschuur, 1985 [13]	3 mois	-	x	-	-	8	METs
Parker, 1988 [14]	3 mois/1 an	-	x	-	-	47	kcal/kg/sem
Reiff, 1967 [31]	1 an	x	x	-	x	99	METs
Baecke, 1982 [21]	1 an	x	x	-	-	16	indice
Jacobs, 1986, 1989 [9, 10]	1 an	x	x	-	-	-	METs
Magnus, 1979 [6]	1 an	-	x	x	-	10	ordinaire (3 niveaux)
Voorrips, 1991 [17]	1 an	-	x	x	-	12	indice
Taylor, 1978 [28]	1 an	-	x	-	-	63	kcal/jour
Ainsworth, 1993 [27]	1 an	x	-	-	-	29	METs
Dan, 1990 [25]	vie	x	x	x	-	3	ordinaire
Kriska, 1990 [29]	vie/1 an/1 sem	x	x	x	-	8	METs/h/sem
Saltin, 1968 [5]	vie	x	x	-	-	2	ordinaire (4 niveaux)
Kriska, 1988 [24]	vie	-	x	x	-	4	kcal/sem

^a AH : activité habituelle.

^b T : activité physique au travail.

^c L : activité physique pendant les loisirs.

^d M : activité physique liée à l'entretien du lieu d'habitation et de son environnement.

^e A : autres (activités de la vie quotidienne : sommeil, toilette, télévision, lecture...).

^f METs : Metabolic equivalent.

teurs de dépense énergétique. L'utilité de chacun d'entre eux dépend des objectifs liés à chaque étude.

VALIDITÉ DES QUESTIONNAIRES

Les questionnaires d'évaluation de l'activité physique sont très largement utilisés dans les protocoles de recherche. Pour obtenir des résultats fiables, ils doivent posséder les qualités exigées de tout instrument de mesure, et notamment la validité et la reproductibilité. De même, un questionnaire traduit d'une langue étrangère doit être validé dans sa nouvelle version comme s'il s'agissait d'un nouveau questionnaire, surtout si la culture est susceptible d'influencer la compré-

hension des questions et de modifier le concept exploré [38]. Dans ce cas, un travail d'adaptation du questionnaire doit être effectué. Or, les questionnaires sont parfois traduits et utilisés sans que leur validité n'ait été vérifiée.

La validité se définit comme la capacité d'un instrument à mesurer ce qu'il est censé mesurer. Il existe plusieurs formes de validité, mais nous nous limiterons ici à rendre compte de la validité sur critère, qui consiste à explorer la validité de l'instrument en confrontant les résultats qu'il fournit à des critères rendant compte de la même dimension.

Le tableau III donne un aperçu des études de validité qui ont été envisagées pour chaque questionnaire. La validité sur critère est envisagée sous

deux formes : la validité étudiée avec des moyens directs (autres questionnaires, « agendas », mesures objectives à l'aide d'instruments de mesure de terrain) et la validité envisagée avec des moyens indirects (calories ingérées, indices de forme physique).

La reproductibilité est la qualité d'un instrument qui produit le même résultat lorsqu'il est administré à plusieurs reprises. La reproductibilité inter-juges se rencontre lorsque différents enquêteurs administrent un questionnaire à un même sujet. La reproductibilité intra-sujet consiste à administrer un questionnaire à plusieurs reprises à un même sujet. Elle est la plus fréquemment étudiée et souvent la seule envisagée (tableau IV).

Nous constatons que les études de validation des instruments de mesure ne sont pas toujours envisagées par les auteurs qui ont conçu l'outil.

Des travaux s'attachent à vérifier et à rendre compte de la validité et de la reproductibilité des questionnaires [39, 40, 47, 51, 67, 68].

CONCLUSION

Les questionnaires présentés ont, pour la plupart, la vocation d'être administrés dans le cadre d'études épidémiologiques et sont conçus pour répondre à des objectifs spécifiques (exemples : étudier la relation entre le niveau d'activité physique et les risques de maladies cardiaques, étudier la relation entre l'activité physique et la masse osseuse). Ce contexte de recherche nécessite des instruments simples qui permettent d'estimer, rapidement et globalement, un niveau d'activité. Les informations obtenues sont inévitablement succinctes et imprécises.

TABLEAU III. — Études de validité sur critère des questionnaires à l'aide de moyens directs et indirects.

Références	Moyens directs			Moyens indirects	
	Autres questionnaires [références]	Agendas [références]	Mesures objectives instrument terrain [références]	Calories ingérées [références]	Indices de forme [références]
Shapiro, 1965 [11]	[31, 27, 39]	[40]	[40]	[39]	[40, 54]
Sunnegardh, 1985 [33]	-	-	-	-	-
Kannel, 1979 [12]	-	-	-	-	-
Yasin, 1967 [34]	-	-	-	[34]	[34]
Morris, 1973 [18]	-	-	-	-	-
Bouchard, 1983 [32]	-	-	-	-	[32]
Berthouze, 1993 [36]	-	-	-	[36]	-
Sallis, 1985 [22]	[15, 27, 39, 51]	[27, 40, 48, 53]	[22, 27, 40, 47, 51]	[39, 60]	[22, 27, 40, 61]
Caspersen, 1991 [26]	-	-	-	-	-
Haskell, 1980 [7]	[27, 39]	[40]	[40, 50]	[39]	[40, 50]
Dipietro, 1993 [30]	-	-	[30]	-	[30]
Paffenbarger, 1978, 1993 [19, 20]	[27, 39, 43, 44]	[27, 40, 45]	[27, 40, 43, 46, 47]	[39, 43, 46]	[27, 40, 43-45]
Godin, 1985 [35]	[40]	[40]	[40, 47]	-	[35, 40]
Morrison, 1984 [8]	-	-	-	-	[8]
Kohl, 1988 [23]	-	-	-	-	[40]
Lamb, 1991 [16]	-	-	-	-	[16]
Hopkins, 1991 [15]	-	-	-	-	[15]
Verschuur, 1985 [13]	-	-	-	-	-
Parker, 1988 [14]	-	-	-	-	-
Reiff, 1967 [31]	[41, 42]	-	[42]	-	[54]
Baecke, 1982 [21]	[27, 39, 43, 51]	[40, 43, 52]	[40, 43, 47, 51]	[39, 43]	[21, 40]
Jacobs, 1986, 1989 [9, 10]	[27]	[40]	[40]	-	-
Magnus, 1979 [6]	-	-	-	-	-
Voorrips, 1991 [17]	-	[17]	[17]	-	[17]
Taylor, 1978 [28]	[39, 42]	[40, 48, 49]	[40, 42, 49]	[39, 49, 55]	[28, 40, 54-59]
Ainsworth, 1993 [27]	[27]	-	[27]	-	-
Dan, 1990 [25]	-	-	-	-	[25]
Kriska, 1990 [29]	-	-	[29]	-	[29]
Saltin, 1968 [5]	[42]	-	[42]	-	-
Kriska, 1988 [24]	[24]	-	[24]	-	[24]

TABLEAU IV. — Études de reproductibilité des questionnaires.

Références	Études de reproductibilité	
	Intra-sujet [références]	Inter-juges [références]
Shapiro, 1965 [11]	[34, 40]	-
Sunnegardh, 1985 [33]	-	-
Kannel, 1979 [12]	-	-
Yasin, 1967 [34]	-	-
Morris, 1973 [18]	-	/
Bouchard, 1983 [32]	[32]	/
Berthouze, 1993 [36]	[36]	-
Sallis, 1985 [22]	[22, 27, 40, 47, 48, 53, 60, 61]	[66]
Caspersen, 1991 [26]	-	/
Haskell, 1980 [7]	[27, 40, 50]	-
Dipietro, 1993 [30]	-	[30]
Paffenbarger, 1978, 1993 [19, 20]	[19, 27, 40-47]	/
Godin, 1985 [35]	[35, 40, 47]	/
Morrison, 1984 [8]	-	-
Kohl, 1988 [23]	-	/
Lamb, 1991 [16]	[16]	-
Hopkins, 1991 [15]	-	/
Verschuur, 1985 [13]	-	-
Parker, 1988 [14]	-	/
Reiff, 1967 [31]	[31]	[31]
Baecke, 1982 [21]	[21, 27, 37, 40, 47, 52]	/
Jacobs, 1986, 1989 [9, 10]	[27, 40]	/
Magnus, 1979 [6]	-	-
Voorrips, 1991 [17]	[17]	-
Taylor, 1978 [28]	[28, 40, 48-50, 55-57, 58, 59, 62-65]	-
Ainsworth, 1993 [27]	[27]	/
Dan, 1990 [25]	[25]	/
Kriska, 1990 [29]	[29]	[29]
Saltin, 1968 [5]	-	/
Kriska, 1988 [24]	[24]	/

/ : Étude de reproductibilité inter-juges inutile pour les questionnaires auto-administrés.

Les questionnaires actuellement disponibles consacrent leur évaluation à une partie courte et récente de la vie ce qui ne permet pas d'étudier l'impact à long terme de la pratique physique sur les potentialités physiques. Cet objectif requiert une évaluation complète de l'activité au cours d'une vie afin d'en vérifier son influence. De plus, le type d'activité relevé est souvent restreint et peu de questionnaires prévoient une estimation englobant l'ensemble des modes de pratique.

Cette synthèse fait apparaître le besoin de produire des outils visant à mieux appréhender l'activité physique des personnes quel que soit leur âge et sur des périodes de rappel variables, ainsi qu'à mieux en rendre compte grâce à la production

d'indicateurs plus représentatifs et plus expressifs.

De nombreuses études s'attachent à étudier la relation entre le niveau d'activité physique actuel et un état de santé. Cependant, d'autres hypothèses relatives à l'impact de l'activité physique passée sur la santé constituent un domaine intéressant à explorer, mais il ne fait aujourd'hui l'objet que de très peu d'études. C'est pourquoi il nous semble pertinent de concevoir des instruments destinés à quantifier cette activité physique passée.

Les propriétés des instruments disponibles sont peu et rarement correctement évaluées. Il y a une véritable nécessité d'évaluer la reproductibilité et la validité des instruments actuels. Ceci est difficile du fait d'un manque de mesures de référence.

RÉFÉRENCES

1. Laporte RE, Montoye HJ, Caspersen CJ. Assessment of physical activity in epidemiologic research : problems and prospects. *Public Health Rep* 1985 ; 100 : 131-46.
2. Washburn RA, Montoye HJ. The assessment of physical activity by questionnaire. *Am J Epidemiol* 1986 ; 123 : 563-76.
3. Boisvert P, Washburn RA, Montoye HJ, Leger L. Mesure et évaluation de l'activité physique par questionnaire. Questionnaires utilisés dans la littérature anglo-saxonne. *Science & Sports* 1988 ; 3 : 245-62.
4. Lamb KL, Brodie DA. The assessment of physical activity by leisure-time physical activity questionnaires. *Sports Med* 1990 ; 10 : 159-80.
5. Saltin B, Grimby G. Physiological analysis of middle-aged and old former athletes. *Circulation* 1968 ; 38 : 1104-15.
6. Magnus K, Matroos A, Strackee J. Walking, cycling, or gardening, with or without seasonal interruption, in relation to acute coronary events. *Am J Epidemiol* 1979 ; 110 : 724-33.
7. Haskell WL, Taylor HL, Wood PD, Schrott H, Heiss G. Strenuous physical activity, treadmill exercise test performance and plasma high-density lipoprotein cholesterol. *Circulation* 1980 ; 62 (Suppl. IV) : 53-61.
8. Morrison JF, Van Malsen S, Noakes TD. Leisure-time physical activity levels, cardiovascular fitness and coronary risk factors in 1015 white Zimbabweans. *South Africa Med J* 1984 ; 65 : 250-56.
9. Jacobs DR, Luepker RV, Mittelmark MB *et al.* Community-wide prevention strategies : evaluation design of the Minnesota Heart Health Program. *J Chronic Dis* 1986 ; 39 : 775-88.
10. Jacobs DR, Hahn L, Haskell WL *et al.* Validity and reliability of a short physical activity history : CARDIA and the Minnesota Heart Health Program. *J Cardiopulm Rehab* 1989 ; 9 : 448-59.
11. Shapiro S, Weinblatt E, Frank CW, Sager RV. The HIP study of incidence and prognosis of coronary heart disease. *J Chron Dis* 1965 ; 18 : 527-58.
12. Kannel WB, Sorlie P. Some health benefits of physical activity. The Framingham study. *Arch Intern Med* 1979 ; 139 : 857-61.
13. Verschuur R, Kemper H. Habitual physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 1985 ; 20 : 56-65.
14. Parker DL, Leaf DA, Mc Afee SR. Validation of a new questionnaire for the assessment of leisure-time physical activity. *Ann Sports Med* 1988 ; 4 : 72-81.
15. Hopkins WG, Wilson NC, Russell DG. Validation of the physical activity instrument for the life in New Zealand national survey. *Am J Epidemiol* 1991 ; 133 : 73-82.
16. Lamb KL, Brodie DA. Leisure-time physical activity as an estimate of physical fitness : a validation study. *J Clin Epidemiol* 1991 ; 44 : 41-52.
17. Voorrips LE, Ravelli ACJ, Dongelmans PCA, Deurenberg P, Van Staveren WA. A physical activity questionnaire for the elderly. *Med Sci Sports Exerc* 1991 ; 23 : 974-79.
18. Morris JN, Adam C, Chave SPW, Sirey C. Vigorous exercise in leisure-time and the incidence of coronary heart disease. *Lancet* 1973 ; 1 : 333-39.
19. Paffenbarger RS Jr, Wing AL, Hyde RT. Physical activity as an index of heart attack risk in college alumni. *Am J Epidemiol* 1978 ; 108 : 161-75.
20. Paffenbarger RS Jr, Blair SN, Lee IM, Hyde RT. Measurement of physical activity to assess health effects in free-living populations. *Med Sci Sports Exerc* 1993 ; 25 : 60-70.
21. 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 : 936-42.
22. Sallis JF, Haskell WL, Wood PD *et al.* Physical activity assessment methodology in the five-city project. *Am J Epidemiol* 1985 ; 121 : 91-106.
23. Kohl HW, Blair SN, Paffenbarger RS Jr, Macera CA, Kronenfeld JJ. A mail survey of physical activity habits as related to measured physical fitness. *Am J Epidemiol* 1988 ; 127 : 1228-39.
24. Kriska AM, Black-Sandler R, Cauley JA, LaPorte RE, Hom DL, Pambianco G. The assessment of historical physical activity and its relation to adult bone parameters. *Am J Epidemiol* 1988 ; 127 : 1053-63.
25. Dan AJ, Wilbur JE, Hedricks C, O'Connor E, Holm K. Lifelong physical activity and older women. *Psychol Women Quarterly* 1990 ; 14 : 531-42.
26. Caspersen CJ, Bløemberg PM, Saris WHM, Merritt RK, Kromhout D. The prevalence of selected physical activities and their relation with coronary heart disease risk factors in elderly men : the Zutphen study, 1985. *Am J Epidemiol* 1991 ; 133 : 1078-91.
27. Ainsworth BE, Jacobs DR, Leon AS, Richardson MT, Montoye HJ. Assessment of the accuracy of physical activity questionnaire occupational data. *J Occupational Med* 1993 ; 35 : 1017-27.
28. Taylor HL, Jacobs DR Jr, Schcker B, Knudsen J, Leon AS, Debacker G. A questionnaire for the assessment of leisure-time physical activities. *J Chron Dis* 1978 ; 31 : 741-55.
29. Kriska AM, Knowler WC, LaPorte RE *et al.* Development of a questionnaire to examine relationship of physical activity and diabetes in Pima Indians. *Diabetes Care* 1990 ; 13 : 401-11.
30. DiPietro L, Caspersen CJ, Ostfeld AM, Nadel ER. A survey for assessing physical activity among older adults. *Med Sci Sports Exerc* 1993 ; 25 : 628-42.
31. Reiff GG, Montoye HJ, Remington RD, Napier JA, Metzger HL, Epstein FH. Assessment of physical activity by questionnaire and interview. In : Karvonen MJ, Barry AJ eds. *Physical activity and the heart*. Springfield, Illinois, 1967 : 336-71.
32. Bouchard C, Tremblay A, Leblanc C, Lortie G, Savard R, Theriault G. A method to assess energy expenditure in children and adults. *Am J Clin Nutr* 1983 ; 37 : 461-67.
33. Sunnegardh J, Bratteby L, Sjolín S. Physical activity and sports involvement of 8- and 13-year-old children in Sweden. *Acta Paediatr Scand* 1985 ; 74 : 904-12.
34. Yasin S, Alderson MR, Marr JW, Pattison DC, Morris JN. Assessment of habitual physical activity apart from occupation. *Brit J Prev Soc Med* 1967 ; 21 : 163-69.
35. Godin G, Shephard RJ. A simple method to assess exercise behavior in the community. *Can J Appl Sport Sci* 1985 ; 10 : 141-46.

36. Berthouze SE, Minaire PM, Chatard JC, Boutet C, Castells J, Lacour JR. A new tool for evaluating energy expenditure: the « QAPSE » development and validation. *Med Sci Sports Exerc* 1993 ; 25 : 1405-14.
37. Bigard AX, Duforez F, Portero P, Guezennec CY. Détermination de l'activité physique par questionnaire: validation du questionnaire autoadministrable de Baecke. *Sciences & Sports* 1992 ; 7 : 215-21.
38. Guillemin F, Bombardier C, Beaton D. Cross-cultural adaptation of health-related quality of life measures. Literature review and proposal guidelines. *J Clin Epidemiol* 1993 ; 46 : 1417-32.
39. Albanes D, Conway JM, Taylor PR, Mø PW, Judd J. Validation and comparison of eight physical activity questionnaires. *Epidemiology* 1990 ; 1 : 65-71.
40. Jacobs DR, Ainsworth BE, Hartman TJ, Leon AS. A simultaneous evaluation of 10 commonly used physical activity questionnaires. *Med Sci Sports Exerc* 1993 ; 25 : 81-91.
41. Burskirk ER, Harris D, Mendez J *et al.* Comparison of two assessment of physical activity and a survey method for caloric intake. *Am J Clin Nutr* 1971 ; 24 : 1119-25.
42. Wilbur JE, Miller A, Dan AJ, Holm K. Measuring physical activity in midlife women. *Public Health Nursing* 1989 ; 6 : 120-28.
43. Cauley JA, LaPorte RE, Black Sandler R, Schramm MM, Kriska AM. Comparison of methods to measure physical activity in postmenopausal women. *Am J Clin Nutr* 1987 ; 45 : 14-22.
44. Siconolfi SF, Lasater TM, Snow RCK, Carleton RA. Self-reported physical activity compared with maximal oxygen uptake. *Am J Epidemiol* 1985 ; 122 : 101-5.
45. Ainsworth BE, Leon AS, Richardson MT, Jacobs DR, Paffenbarger RS. Accuracy of the college alumnus physical activity questionnaire. *J Clin Epidemiol* 1993c ; 46 : 1403-11.
46. Laporte RE, Black-Sander R, Cauley JA, Link M, Bayles C, Marks B. The assessment of physical activity in older women: analysis of the interrelationship and reliability of activity monitoring, activity surveys, and caloric intake. *J Gerontol* 1983 ; 38 : 394-97.
47. Rauh MJD, Hovell MF, Hofstetter CR, Sallis JF, Gleghorn A. Reliability and validity of self-reported physical activity in latinos. *Int J Epidemiol* 1992 ; 21 : 966-71.
48. Cartmel B, Moon TE. Comparison of two physical activity questionnaires, with a diary, for assessing physical activity in an elderly population. *J Clin Epidemiol* 1992 ; 45 : 877-83.
49. Richardson MT, Leon AS, Jacobs DR, Ainsworth BE, Serfass R. Comprehensive evaluation of the Minnesota Leisure-Time Physical Activity Questionnaire. *J Clin Epidemiol* 1994 ; 47 : 271-81.
50. Ainsworth BE, Jacobs DR Jr, Leon AS. Validity and reliability of self-reported physical activity status: the Lipid Research Clinics Questionnaire. *Med Sci Sports Exerc* 1993b ; 25 : 92-98.
51. Miller DJ, Freedson PS, Kline GM. Comparison of activity levels using the Caltrac accelerometer and five questionnaires. *Med Sci Sports Exerc* 1994 ; 26 : 376-82.
52. Pols MA, Peeters PH, Bueno de Mesquita HB *et al.* Validity and repeatability of a modified Baecke questionnaire on physical activity. *Int J Epidemiol* 1995 ; 24 : 381-88.
53. Taylor CB, Coffey T, Berra K, Iaffaldano R, Casey K, Haskell WL. Seven-day activity and self-report compared to a direct measure of physical activity. *Am J Epidemiol* 1984 ; 120 : 818-24.
54. Leon AS, Jacobs DR, DeBacker G, Taylor HL. Relationship of physical characteristics and life habits to treadmill exercise capacity. *Am J Epidemiol* 1981 ; 113 : 653-60.
55. Elosua R, Marrugat J, Molina L, Pons S, Pujol E. Validation of the Minnesota Leisure-Time Physical Activity Questionnaire in Spanish men. *Am J Epidemiol* 1994 ; 139 : 1197-209.
56. DeBacker G, Kornitzer M, Sobolski J *et al.* Physical activity and physical fitness level of Belgian males aged 40-55 years. *Cardiology* 1981 ; 67 : 110-28.
57. Folsom AR, Caspersen CJ, Taylor HL *et al.* Leisure-time physical activity and its relationship to coronary risk factors in a population-based sample. The Minnesota heart survey. *Am J Epidemiol* 1985 ; 121 : 570-9.
58. Leon AS, Connett J, Jacobs DR Jr, Rauramaa R. Leisure-time physical levels and risk of coronary heart disease and death. *JAMA* 1987 ; 258 : 2388-95.
59. Knapik J, Zoltick J, Rottner HC *et al.* Relationships between self-reported physical activity and physical fitness in active men. *Am J Prev Med* 1993 ; 9 : 203-8.
60. Blair SN, Haskell WL, Ho P *et al.* Assessment of habitual physical activity by a seven-day recall in a community survey and controlled experiments. *Am J Epidemiol* 1985 ; 122 : 794-804.
61. Dishman RK, Steinhardt M. Reliability and concurrent validity for a 7-d recall of physical activity in college students. *Med Sci Sports Exerc* 1988 ; 20 : 14-25.
62. Folsom AR, Jacobs DR, Caspersen CJ, Gomez-Marin O, Knudsen J. Test-retest reliability of the Minnesota Leisure-Time Physical Activity Questionnaire. *J Chron Dis* 1986 ; 39 : 505-11.
63. Sobolski J, Kolesar JJ, Kornitzer MD *et al.* Physical fitness does not reflect physical activity patterns in middle-aged women. *Med Sci Sports Exerc* 1988 ; 20 : 6-13.
64. Blair SN, Dowda M, Pate RR *et al.* Reliability of long-term recall of participation in physical activity by middle-aged men and women. *Am J Epidemiol* 1991 ; 133 : 266-75.
65. Garcia-Palmieri MR, Costas R, Cruz-Vidal M, Sorlie PD, Havlik RJ. Increased physical activity: a prospective factor against heart attacks in Puerto-Rico. *Am J Cardiol* 1982 ; 50 : 749-55.
66. Gross LD, Sallis JF, Buono MJ, Roby JJ. Reliability of interviewers using the seven-day physical activity recall. *Res Q Exerc Sport* 1990 ; 61 : 321-5.
67. Baranowski T. Validity and reliability of self report measures of physical activity. An information-processing perspective. *Res Q Exerc Sport* 1988 ; 59 : 314-27.
68. Baranowski T, Dworkin RJ, Cieslik CJ *et al.* Reliability and validity of self report measures of aerobic activity: family health project. *Res Q Exerc Sport* 1984 ; 55 : 309-17.

ANNEXE 2

**Self-administered questionnaire versus interview
to assess past-year physical activity**

ANNE VUILLEMIN^{1,3}, JEAN-MICHEL OPPERT², FRANCIS GUILLEMIN³, LUC
ESSERMEANT⁴, ANNE-MARIE FONTVIEILLE⁴, PILAR GALAN⁵, ANDREA M.
KRISKA⁶, SERGE HERCBERG⁵

¹ Faculté du Sport, Université Henri Poincaré, Nancy, France

² Service de Médecine et Nutrition, Hôtel-Dieu, AP-HP, Paris, France

³ Ecole de Santé Publique, UPRES EA 1124, Faculté de Médecine, Nancy, France

⁴ Sanofi Recherche, Centre de Biostatistiques, Montpellier, and Département de
Nutrition, Gentilly, France

⁵ Institut Scientifique et Technique de la Nutrition et de l'Alimentation/CNAM, Paris,
France

⁶ Graduate School of Public Health, Department of Epidemiology, University of
Pittsburgh, Pittsburgh, USA

Adress for correspondence:

Jean-Michel Oppert, MD, PhD

Service de Médecine et Nutrition

1, place du Parvis Notre-Dame

75004 Paris, France

Tel: + 33 1 42 34 84 52

Fax: + 33 1 40 51 00 54

Abbreviated title: Self-administered activity questionnaire

ABSTRACT

Purpose: The Modifiable Activity Questionnaire (MAQ) is a physical activity questionnaire shown to be valid and reliable and that was initially designed to be interviewer-administered. After translation and adaptation into French, the objective of the study was to compare past-year physical activity and inactivity data obtained by self-administration and interview when using the French version of the MAQ.

Methods: 84 subjects (22 men, 62 women, age 36-63 years) enrolled in an ongoing prospective study in France (the SUPplémentation en Vitamines et Minéraux AntioXydants or SU.VI.MAX study) were answered to both modes of the questionnaire, a few days apart, in a randomized order. Past-year leisure and occupational physical activity were expressed as hours/week and MET-hours/week of activity. Analysis of variance on ranks was used to compare variables obtained by self-administration and interview. Agreement was assessed by non parametric intraclass correlation coefficients.

Results: A significant questionnaire effect was found only for past-year leisure physical activity with lower values reported in self-administered conditions compared with interview. However, a high level of concordance between the two modes of administration was observed for all variables as shown by the intraclass correlation coefficients : 0.900 to 0.929 for leisure physical activity, 0.816 and 0.822 for occupational activity, 0.825 to 0.838 for total (leisure and occupational combined) physical activity, and 0.969 for television viewing.

Conclusions: The agreement between the two modes of administration of the questionnaire suggests that the version of the MAQ we developed is a valuable

instrument to assess past-year physical activity and inactivity in self-administered conditions. When used in large-scale population studies investigating the relationships between physical activity and health outcomes, this self-administered version of the MAQ would allow a reduction of study costs and research staff involved.

Key Words : assessment, agreement, leisure activity, occupational activity, inactivity.

INTRODUCTION

Paragraph Number 1 A sedentary lifestyle is recognized as a risk factor for the development of chronic diseases such as coronary heart disease, hypertension, obesity, type 2 diabetes, certain types of cancer, and osteoporosis (4, 23, 30). Thus, physical activity is a key variable to take into account in the framework of longitudinal studies investigating the relationships between environmental factors and disease outcomes. There are many intercorrelated dimensions of physical activity, and each may be associated with a specific aspect of health (16). Common categories, based upon the context in which physical activity occurs, are leisure time activities (including competitive sports or exercise training) and occupational and/or household activities (13). At the lower end of the activity spectrum, television watching represents a typical sedentary behavior (5). To better delineate the associations between habitual physical activity level and health outcomes, the development of methods assessing these different dimensions of physical activity appears as an important research objective.

Paragraph Number 2 Questionnaires represent the most widely used method to assess usual physical activity in population studies as they are generally well accepted by study participants and are easy to administer to a large number of subjects at a low cost (3, 13, 16, 19, 21, 30, 31). Numerous questionnaires measuring physical activity over the past 12-month period have been developed, some of which have been assessed for validity and reproducibility (14, 19, 31). However, few of these questionnaires are both sufficiently simple and comprehensive to be easily used in longitudinal studies, i.e. designed in a self-administered format that could be

administered to large number of subjects to monitor changes in physical activity patterns over time. Moreover, to the best of our knowledge, questionnaires that have been designed or translated in French for this purpose are scarce (31).

Paragraph Number 3 The "Modifiable Activity Questionnaire"(MAQ), developed by Dr Kriska, assesses current (past 12 month) physical activity during both work and leisure time, as well as some inactivity indices (10, 11, 15). Two validation studies (10, 28) and one reproducibility study (10) on the MAQ were previously published. In its original version, this questionnaire was interviewer-administered (10, 11, 15). An interesting feature of the MAQ is that it was designed after easy modification to maximize the ability to assess physical activity in a variety of populations (15). With the objective to apply this tool in a self-administered format to a large cohort of adults, a French version of the MAQ was designed after minor cultural adaptation. The aim of the present study was to compare physical activity and inactivity data obtained by self-administration and personal interview, and to determine the concordance between these two modes of administration when using the French version of the MAQ.

METHODS

Subjects

Paragraph Number 4 We recruited 165 subjects (55 men, 110 women) among the 12,535 volunteers enrolled in the SU.VI.MAX study ("SUplémentation en Vitamines et Minéraux AntioXydants") (6, 7). The SU.VI.MAX study is a randomized double-blind, placebo-controlled, prevention trial primarily designed to

test the efficacy of a daily supplementation with antioxidant vitamins and minerals, at nutritional doses, in reducing the incidence of cardiovascular diseases and cancers. Another objective of the study is to contribute to a better understanding of the relationships between nutrition and disease risk, by constituting a large database on dietary intakes, eating habits, and health events in a national French sample of adult subjects. The SU.VI.MAX study is ongoing since October 1994 with a planned follow-up of 8 years. Participants undergo a yearly visit (every other year, either clinical examination or blood sampling). All subjects gave their informed written consent to the study which was approved by the ad hoc ethical committee, i.e. "Comité Consultatif de Protection des Personnes dans la Recherche Biomédicale" (CCPPRB n° 706 Paris-Cochin, France) (7).

Paragraph Number 5 Subjects in our study were examined at the Parisian center of the SU.VI.MAX study (Hôpital St Lazare, AP-HP, Paris, France) at the time of the third yearly evaluation. Hundred and sixty-five consecutive subjects examined in May-June 1997 were asked to answer to both modes of the questionnaire, a few days apart, in a randomized order. Out of the initial sample, 132 subjects did answer to both modes of administration. Among these individuals, 16 subjects answered the same day to both modalities, and for 11 subjects the date of administration of the questionnaire was missing. Correct answers with the two methods of administration were available for 84 subjects. Characteristics of the subjects are shown in Table 1.

Questionnaire and physical activity assessment

Paragraph Number 6 The most recent published version of the MAQ was used (15). Translation into French and minor adaptations to fit in the current context in terms of usual leisure and occupational activity were performed by the authors. As the questionnaire was initially designed to be interviewer-administered, instructions appeared in an appendix. In the form we used, instructions were included in the body of the document to make it easier to understand and to fill out. The same questionnaire and format was used for the interview and self-report administration.

Paragraph Number 7 As described in details elsewhere (15), both leisure and occupational activity were measured by two categories of questions, whereas physical inactivity was assessed by specific survey questions (eg. number of hours per day spent watching television). Briefly, the assessment of leisure activity was based on a list of common leisure activities. Subjects had to identify all activities performed at least 10 times over the past 12 months. Then, detailed information was collected about the frequency and duration of each leisure activity. Hours per week for all activities performed during the past-year period were summed to obtain an indicator expressed in hours per week of leisure activity. After multiplying the number of hours per week of each leisure activity by its metabolic cost, an energy expenditure indicator was also obtained expressed in MET-hours per week of leisure activity. The average metabolic cost for each activity was drawn from lists available in the literature (1, 2, 18, 22).

Paragraph Number 8 In the original version of the MAQ, the assessment of occupational activity was based, for each job held over the past-year period, on the

number of hours that the individual participated in physically demanding activity during an average workday (15). Only hours per week for moderate and hard intensity activities averaged over the past year were taken into account and summed to obtain an indicator expressed in hours per week of occupational activity (15). After multiplying the number of hours per week of moderate and hard occupational activity by their estimated average group MET values of 4 and 7, respectively, an energy expenditure indicator was also obtained expressed in MET-hours per week of occupational activity. In the present comparison study between self- and interviewer-administered mode of the questionnaire, as only few subjects reported moderate or high occupational activity, light intensity activities were also taken into account and given an average MET value of 2. Total physical activity over the past-year period was determined as the sum of the leisure and occupational activity indicators (expressed in hours of activity per week or MET-hours per week).

Study design

Paragraph Number 9 Subjects were randomly assigned to group 1 (self-report first) or to group 2 (interview first). Subjects in group 1 received the questionnaire at home by mail; they were requested to fill it out about 10 days before their yearly scheduled visit at the clinical center and to bring it with them on this occasion. During this visit, they were asked to answer the same questionnaire during an individual meeting with the interviewer. Subjects in group 1 were not informed initially about the interview so that they would not try to memorize their original answers. Subjects in group 2 were first administered the questionnaire through a personal interview during the

yearly visit at the clinical center; after the examination, they were requested to answer the same questionnaire in the self-administered mode within 10 days after the interview, and to return it by mail in a pre-posted return envelope. Upon arrival at the clinical center, subjects in group 2 were not informed about the self-administered questionnaire they received later in the day, to minimize a learning effect. All interviews were carried out by the same interviewer, who was specially trained before the beginning of the study.

Statistical analysis

Paragraph Number 10 As the distributions of variables were neither normal nor lognormal, nonparametric statistics were used. Average amounts of activity determined by self- and interviewer-administered questionnaires were compared by analysis of variance on ranks in a random effect model. Three main effects, each with 2 levels, were considered: mode of administration, order of administration, and period (mode*order) (25, 29). Concordance (individual subject agreement) between the two modes of administration for activity variables was assessed using a nonparametric intraclass correlation coefficient (27). Since the reporting of leisure walking for exercise was previously shown to be unreliable in several populations, data were analyzed both with and without inclusion of this activity, as recommended (9, 10, 15). All statistical analyses were performed using SAS software (SAS Institute, Cary, NC). The level of significance was set at $\alpha = 0.05$.

RESULTS

Paragraph Number 11 The mean (\pm SD) delay between the two questionnaire administrations was 8.0 days (\pm 5.3) for group 1 (self-report first) and 7.8 days (\pm 6.3) for group 2 (interview first)($p = 0.86$).

Paragraph Number 12 Table 2 shows past-year leisure, occupational and total (leisure and occupational combined) activity levels, and hours of television watched per day, obtained with the self-administered and interviewer-administered mode of the questionnaire (medians, 1st and 3rd quartiles).

Paragraph Number 13 Table 3 presents the results of the comparison between self-administered and interviewer-administered mode of the questionnaire for past-year leisure, occupational and total (leisure and occupational combined) activity levels, and hours of television watched per day. Order and period effects were not significant. A significant mode effect was found only for past-year leisure physical activity. Higher levels of past-year leisure physical activity were reported with the interview compared with self-administered questionnaire (see Table 2).

Paragraph Number 14 Table 4 shows the concordance (within-subject agreement) between self-administered and interviewer-administered mode of the questionnaire for past-year leisure, occupational and total (leisure and occupational combined) activity levels, and hours of television watched per day. Intraclass correlation coefficients were highest for past-year leisure physical activity (0.900 to 0.929 with and without inclusion of walking for exercise) and television watching (0.969). For past-year occupational and total (leisure and occupational combined) physical activity, intraclass correlation coefficients ranged from 0.816 to 0.838.

DISCUSSION

Paragraph Number 15 The potential interest of collecting accurate physical activity data in large-scale population studies using a self-administered questionnaire, including a reduction of study costs and research staff involved, led to the present study. After translation and adaptation into French, we developed a self-administered version of the MAQ, a physical activity questionnaire initially designed to be interviewer-administered. A high agreement was found between self-administered and interviewer-administered mode of the questionnaire for past-year leisure, occupational and total (leisure and occupational combined) activity levels, as well as for an index of inactivity (hours of television watched per day).

Paragraph Number 16 Retrospective quantitative history, on which the MAQ is based, represents the most comprehensive form of physical activity recall survey (30). Recall surveys are generally thought to influence behavior to a lesser extent and to require less efforts by the respondents than either diaries or logs. In addition, surveys focusing on a 1-year time frame are more likely to reflect usual activity patterns than those recording activities over a few days or over the past week (13). The accuracy (i.e. both reliability and validity) of the MAQ was previously reported (10, 28). Relationships between test-and 1-3 week retest were used to assess reproducibility (10). In adults over 20 years of age, Spearman correlation coefficients were 0.88-0.92 for past-year leisure physical activity, 0.88 for past-year occupational physical activity, and 0.89 for past-year total (leisure and occupational combined)

physical activity. Validity was demonstrated through comparisons with activity monitors (10) and measurement of total energy expenditure by the doubly-labeled water method (28). Past-year leisure physical activity was shown to be significantly related to the past-week activity measured by the Caltrac monitor (Spearman $r = 0.69$, $p < 0.05$) (10). In a study by Schulz et al. (28), past-year leisure and total physical activity were significantly related to total energy expenditure assessed by doubly-labeled water (Spearman $r = 0.56$ and 0.74 , respectively, both $p < 0.05$). In the interviewer-assisted mode, the MAQ has been used in a number of studies in various populations (5, 12, 17, 20, 24, 34).

Paragraph Number 17 As shown by the intraclass correlation coefficients reported in the present study, a high level of concordance was found between self-administered and interviewer-administered mode of the questionnaire for past-year leisure, occupational and total (leisure and occupational combined) activity indicators, and for the number of hours of television watched per day. Interestingly, when physical activity values were weighted by their estimated metabolic cost and expressed as MET-hours per week of activity, the observed intraclass correlation coefficients remained of about the same order of magnitude as when expressed as hours per week of activity. Including or excluding leisure walking for exercise did not modify the level of the correlations. The high agreement between the two modes of administration of the questionnaire suggests that the version of the MAQ we developed would be a valuable instrument for assessing activity and inactivity variables in self-administered conditions for epidemiological purposes.

Paragraph Number 18 There are very few studies in the literature that could be

compared to the one we performed, that is comparing self- and interviewer-administered mode of the same physical activity questionnaire. During the initial development of the Tecumseh Occupational Physical Activity Questionnaire (26), an attempt was made to design a self-administered questionnaire and to test it versus data obtained by a personal interview (33). In that study (33), 100 men and 100 women answered and mailed a self-administered questionnaire about the type and frequency of leisure and occupational physical activities over the past year. One week after the return of the self-administered questionnaire, subjects were contacted for an interview to assess the accuracy of the original responses using a supplementary interviewer-administered physical activity questionnaire. Similar values were obtained when classifying subjects based on responses to the self-administered questionnaire or based on responses to both the self- and interviewer-administered questionnaires, indicating consistency. However, it should be noted that the validity of the data obtained by questionnaires was considered only as moderate in that study.

Paragraph Number 19 In our study a significant mode effect was found for the past-year leisure physical activity indicator. Higher levels of leisure physical activity and lower number of hours of television were reported during the interview compared with the self-administered questionnaire. Since our investigation was a study of comparability and not validity, it cannot be estimated which mode of administration was the more accurate. However, this observation stresses the impact of the interview process on the data collected. The presence of an interviewer would provide the individual with a more structured framework for his/her response and may help the

subject to give more information. It is feasible that with self-administration subjects would report more information on activities perceived as positive (engaging in active leisure time). Some studies suggest that self-reported endurance physical activities tend to be overestimated while sedentary activities tend to be underestimated when compared to simultaneous direct observation of physical activity (8). However, given the high agreement between self-administered and interviewer-administered modes of the MAQ we found, it appears unlikely that ranking individuals by their physical activity level would be affected by this phenomenon.

Paragraph Number 20 In conclusion, results of this study indicate that the self-administered French version of the Modifiable Activity Questionnaire is a useful tool for estimating physical activity and inactivity, that could be used in large-scale population studies investigating the relationships between physical activity and health outcomes.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank all the volunteers who participated in this study. We also thank Myriam Aïssa for assistance in data collection.

REFERENCES

1. Ainsworth, B.E., W.L. Haskell, A.S. Leon, et al. Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. *Med. Sci. Sports Exerc.* 25:71-80, 1993.

2. Bannister, E.W., and S.R. Brown. The relative energy requirements of physical activity. In: *Exercise Physiology*. H.B. Falls (Ed.) New York, NY: Academic Press, 1968.

3. Boisvert, P., R.A. Washburn, H.J. Montoye, and L. Leger. Mesure et évaluation de l'activité physique par questionnaire. Questionnaires utilisés dans la littérature anglo-saxonne. *Science & Sports* 3:245-262, 1988.

4. Bouchard, C., R.J. Shephard, and T. Stephens (Eds). *Physical Activity, Fitness and Health. International proceedings and consensus statement*. Champaign, IL: Human Kinetics, 1994.

5. Fitzgerald, S.J., A.M. Kriska, M.A. Pereira, and M.P. De Courten. Associations among physical activity, television watching, and obesity in adult Pima Indians. *Med. Sci. Sports Exerc.* 29:910-915, 1997.

6. Hercberg, S., P. Galan, P. Preziosi, et al. Background and rationale behind the SU.VI.MAX study, a prevention trial using nutritional doses of a combination of antioxidant vitamins and minerals to reduce cardiovascular diseases and cancers. *Int. J. Vit. Nutr. Res.* 68:3-20, 1998.

7. Hercberg, S., P. Preziosi, S. Briançon, et al. A primary prevention trial using nutritional doses of antioxidant vitamins and minerals in cardiovascular diseases and cancers in a general population: "The SU.VI.MAX Study". Design, methods and participant characteristics. *Control. Clin. Trials* 1998 (in press).

8. Klesges, R.C., L.H. Eck, M.W. Mellon, W. Fulliton, G.W. Somes, and C.L. Hanson. The accuracy of self-reports of physical activity. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22:690-697, 1990.

9. Kriska, A.M., R. Black-Sandler, J.A. Cauley, R.E. LaPorte, D.L. Hom, and G. Pambianco. The assessment of historical physical activity and its relation to adult bone parameters. *Am. J. Epidemiol.* 127:1053-1063, 1988.

10. Kriska, A.M., W.C. Knowler, R.E. LaPorte, et al. Development of questionnaire to examine relationship of physical activity and diabetes in Pima Indians. *Diabetes Care* 13:401-411, 1990.

11. Kriska, A.M., and P.H. Bennett. An epidemiologic perspective of the relationship between physical activity and NIDDM: from activity assessment to intervention. *Diabetes Metab. Rev.* 8:355-372, 1992.

12. Kriska, A.M., R.E. LaPorte, D.J. Pettitt, et al. The association of physical activity with obesity, fat distribution and glucose intolerance in Pima Indians. *Diabetologia*. 36:863-869, 1993.

13. Kriska, A.M., and C.J. Caspersen. Introduction to a collection of physical activity questionnaires. *Med. Sci. Sports Exerc.* 29 (Suppl):S5-S9, 1997.

14. Kriska, A.M., and C.J. Caspersen (Eds). A collection of physical activity questionnaires for health-related research. *Med. Sci. Sports Exerc.* 29 (Suppl), 1997.

15. Kriska, A.M. Modifiable activity questionnaire. In: A collection of physical activity questionnaires for health-related research. Kriska, A.M., and C.J. Caspersen (Eds). *Med. Sci. Sports Exerc.* 29 (Suppl):S73-S8, 1997.

16. Laporte, R.E., H.J. Montoye, and C.J. Caspersen. Assessment of physical activity in epidemiologic research: problems and prospects. *Public Health Rep.* 100:131-146, 1985.

17. Lee, E.T., T.K. Welty, R. Fabsitz, and L.D. Cowan. The Strong Heart Study: a study of cardiovascular disease in American Indians-design and methods. *Am. J. Epidemiol.* 132:1141-1155, 1990.

18. McArdle, W.D., F.I. Katch, and V.L. Katch. *Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance*. Philadelphia, PA: Lea and Febiger, 1988, pp. 642-649.
19. Montoye, H.J., H.C.G. Kemper, W.H.M. Saris, and R.A. Washburn. *Measuring physical activity and energy expenditure*. Champaign, IL: Human Kinetics, 1996.
20. Narayan, K.M., M. Hoskin, D. Kozak, et al. Randomized clinical trial of lifestyle interventions in Pima Indians: a pilot study. *Diabet. Med.* 15:66-72, 1998.
21. Paffenbarger, R.S., S.N. Blair, I-M. Lee, and R.T. Hyde. Measurement of physical activity to assess health in free-living populations. *Med. Sci. Sports Exerc.* 25:60-70, 1993.
22. Passmore, R., and J.V.G.A. Durnin. Human energy expenditure. *Physiol. Rev.* 35:801-840, 1955.
23. Pate, R.R., M. Pratt, S.N. Blair, et al. Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA* 273:402-407, 1995.

24. Pereira, M.A., A.M. Kriska, M.L. Joswiak, et al. Physical inactivity and glucose intolerance in the multi-ethnic island of Mauritius. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27:541-548, 1995.
25. Ratkowsky, D.A., M.A. Evans, and J.R. Alldredge. *Cross-over experiments*. New York, NY: Marcel Dekker, 1993, pp.86-87.
26. Reiff, G.G., H.J. Montoye, R.D. Remington, J.A. Napier, H.L. Metzner, and F.H. Epstein. Assessment of physical activity by questionnaire and interview. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 7:135-142, 1967.
27. Rothery, P. A nonparametric measure of intraclass correlation. *Biometrika* 66:629-639, 1979.
28. Schulz, L.O., I.T. Harper, C.J. Smith, A.M. Kriska, and E. Ravussin. Energy intake and physical activity in Pima Indians: comparison with energy expenditure measured by doubly-labeled water. *Obes. Res.* 2:541-548, 1994.
29. Senn, S. *Cross-over trials in clinical research*. New York, NY: John Wiley & Sons, 1993, p 63.

30. U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion. *Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General*. Atlanta, USA, 1996.
31. Vuillemin, A., G. Denis, F. Guillemin, and C. Jeandel. Revue des questionnaires d'évaluation de l'activité physique. *Rev. Epidemiol. Sante Publique*. 46:49-55, 1998.
32. Washburn, R.A., and H.J. Montoye. The assessment of physical activity by questionnaire. *Am. J. Epidemiol.* 123:563-576, 1986.
33. Wessel, J.A., H.J. Montoye, and H. Mitchell. Physical activity assessment: by recall record. *Am. J. Public Health* 55:1430-1436, 1965.
34. Yurgalevitch, S.M., A.M. Kriska, T.K. Welty, O. Go, D.C. Robbins, and B.V. Howard. Physical activity and lipids and lipoproteins in American Indians ages 45-74. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30:543-549, 1998.

Table 1: Characteristics of the subjects [mean \pm standard deviation (min; max)]

	Men	Women	Total
n	22	62	84
Age (years)	52.1 \pm 4.1 (47; 63)	49.1 \pm 7.1 (36; 62)	49.9 \pm 6.6 (36; 63)
Height (cm)	172.6 \pm 8.1 (162; 188)	161.7 \pm 5.9 (149; 173)	164.9 \pm 8.2 (149; 188)
Weight (kg)	80.3 \pm 9.7 (63; 93)	63.5 \pm 9.7 (49; 96)	68.2 \pm 12.3 (49; 96)
BMI ^(a) (kg/m ²)	27.1 \pm 3.3 (22; 35)	24.3 \pm 3.9 (18; 36)	25.1 \pm 3.9 (18; 37)

(a) BMI = Body Mass Index (weight/height²)

Table 2: Past-year physical activity and hours of television watched (TV) according to mode of administration of the Modifiable Activity Questionnaire [median (Q1; Q3)]

	n	Self-administered	Interviewer-administered
Leisure activity			
Walking included			
(h/wk)	84	2.1 (0.5; 4.7)	2.4 (0.7; 4.5)
(MET-h/wk)	84	10.0 (2.4; 20.3)	12.0 (2.7; 22.0)
Walking excluded			
(h/wk)	84	1.2 (0.0; 2.7)	1.4 (0.3; 3.4)
(MET-h/wk)	84	6.8 (0.1; 12.2)	6.6 (1.2; 16.1)
Occupational activity			
(h/wk)	84	18.5 (7.7; 31.6)	18.1 (10.2; 27.5)
(MET-h/wk)	84	37.9 (16.8; 83.9)	41.5 (21.9; 77.8)
Total activity (leisure + occupational)			
Walking included			
(h/wk)	84	21.9 (9.7; 36.1)	20.9 (13.0; 30.1)
(MET-h/wk)	84	57.0 (27.0; 96.5)	57.5 (35.5; 91.0)
Walking excluded			
(h/wk)	84	20.5 (9.4; 35.9)	19.2 (11.9; 29.6)
(MET-h/wk)	84	48.6 (20.6; 92.9)	52.6 (30.9; 85.3)
TV (h/d)	84	2.0 (1; 2)	1.5 (1; 2)

Table 3: Comparison between self-administered and interviewer-administered mode of the Modifiable Activity Questionnaire for past-year physical activity and hours of television watched (TV)^(a) (*p*-value)

	Mode of administration	Order of administration	Period (mode*order)
Leisure activity			
Walking included			
(h/wk)	0.105	0.235	0.729
(MET-h/wk)	0.039	0.192	0.742
Walking excluded			
(h/wk)	0.023	0.131	0.598
(MET-h/wk)	0.018	0.114	0.435
Occupational activity			
(h/wk)	0.428	0.070	0.872
(MET-h/wk)	0.654	0.229	0.529
Total activity (leisure + occupational)			
Walking included			
(h/wk)	0.386	0.054	0.935
(MET-h/wk)	0.453	0.159	0.719
Walking excluded			
(h/wk)	0.429	0.051	0.987
(MET-h/wk)	0.455	0.167	0.745
TV (h/d)	0.127	0.807	0.325

^(a) Comparison between mode of administration was performed with analysis of variance (see Methods)

Table 4: Concordance between self-administered and interviewer-administered mode of the Modifiable Activity Questionnaire for past-year physical activity and hours of television watched (TV)^(a)

	n	Intraclass correlation coefficient
Leisure activity		
Walking included		
(h/wk)	84	0.901
(MET-h/wk)	84	0.900
Walking excluded		
(h/wk)	84	0.928
(MET-h/wk)	84	0.929
Occupational activity		
(h/wk)	84	0.816
(MET-h/wk)	84	0.822
Total activity (leisure + occupational)		
Walking included		
(h/wk)	84	0.825
(MET-h/wk)	84	0.838
Walking excluded		
(h/wk)	84	0.827
(MET-h/wk)	84	0.835
TV (h/d)	84	0.969

^(a)The intraclass correlation coefficient was used to assess within-subject (see Methods)

ANNEXE 3

Questionnaire d'activité physique (MAQ)

Numéro d'identification SU.VI.MAX : □□□□□□ Code: □□□□

Année naissance : □□ Date (réponse au questionnaire) : □□ □□ □□
Jour Mois Année

Ce questionnaire a pour but de quantifier votre activité physique régulière

Section loisirs

Question 1 - Parmi les activités listées ci-dessous, cochez celles que vous avez pratiquées au moins 10 fois au cours des 12 derniers mois :

Aérobic		Frisbee		Natation plaisir		Ski de fond	
Badminton		Golf		Natation compét.		Ski nautique	
Basket-ball		Gymnastique		Patinage plaisir		Squash	
Bowling		Hand-ball		Patinage compétit.		Surf	
Boxe		Hockey		Pêche		Tennis	
Canoë plaisir		Jardinage		Ping pong		Vélo plaisir	
Canoë compétition		Jogging		Plongée sous-marine		Vélo vitesse	
Chasse		Karaté judo		Randonnée		Planche à voile	
Cheval		Kayak		Roller-skate		Voile	
Course cross		Marche plaisir		Rugby		VTT	
Danse		Marche rapide		Skateboard		Autre.....	
Football		Moto cross		Ski alpin			

Reportez ces activités sur le tableau ci-dessous. Indiquez le nombre de mois et le nombre de fois/mois où vous avez effectué ces activités au cours des 12 derniers mois. Puis notez le temps passé pour chaque activité.

Activités	Nombre de mois	Nombre moyen de fois/mois	Temps moyen passé à chaque fois (en minutes)

Note : Ne comptez pas dans ce tableau le temps passé à marcher ou à faire du vélo pour vous rendre à votre travail. Il sera comptabilisé dans la section "activité professionnelle".

Question 2 - *En général, combien d'heures par jour passez-vous à regarder la télévision ?*

.....heures/jour

Question 3 - *Durant les 12 derniers mois, avez-vous passé plus d'une semaine alité ou dans un fauteuil suite à une blessure, une maladie ou une opération ?* **Oui** **Non**

Si oui, combien de semaines avez vous passé alité ou dans un fauteuil au cours des 12 derniers mois ?

.....semaines

Question 4 - *Avez-vous des difficultés pour effectuer l'une des activités suivantes ?*

- | | |
|--|---|
| <i>a. vous lever ou vous coucher de votre lit ?</i> | <i>Oui</i> <input type="checkbox"/> <i>Non</i> <input type="checkbox"/> |
| <i>b. vous asseoir ou vous lever d'une chaise ?</i> | <i>Oui</i> <input type="checkbox"/> <i>Non</i> <input type="checkbox"/> |
| <i>c. traverser une petite pièce sans vous reposer ?</i> | <i>Oui</i> <input type="checkbox"/> <i>Non</i> <input type="checkbox"/> |
| <i>d. marcher pendant 10 minutes sans vous reposer ?</i> | <i>Oui</i> <input type="checkbox"/> <i>Non</i> <input type="checkbox"/> |

Question 5 - *Avez-vous déjà pratiqué de la compétition sportive en individuel ou par équipe (en excluant les sports pratiqués à l'école ou au lycée au titre de l'Education Physique) ?*

Si oui, combien d'années avez vous pratiqué des sports de compétition ?

.....années

Section professionnelle

Question 6 - Listez dans le tableau ci-dessous toutes les activités professionnelles que vous avez exercées pendant **plus d'un mois durant les 12 derniers mois**. Si vous étiez au chômage, en invalidité, arrêt de travail, retraité, au foyer ou étudiant pendant tout ou partie de ces 12 mois, reportez de la même façon cette activité sur le tableau ci-dessous en considérant que vous travaillez 5 jours/semaine et 8 heures/jour.

ACTIVITES PROFESSIONNELLES	CODE Référez-vous au tableau "codes"	TEMPS de TRAJET marche ou vélo	TEMPS MOYEN de TRAVAIL				TRAVAIL PRATIQUE ASSIS	TRAVAIL PRATIQUE NON ASSIS		
			N°	Minutes/jour	Mois/an	Jours/sem		Heures/jour	Heures/jour	A

Codes

1. Travail dans un bureau	4. Etudiant
2. Travail à l'extérieur d'un bureau	5. Au foyer
3. Travail dans un bureau et à l'extérieur	6. Retraité
	7. Arrêt de travail, invalidité,
	8. Chômage

Catégories de travail

Catégorie A	Catégorie B	Catégorie C
Debout avec ou sans charges lourdes Ménage léger (repasser, cuisiner, laver, dépoussiérer) Marche lente avec des arrêts	Port de charges légères Marche régulière Ménage intensif (passer la serpillière, balayer, récurer, gratter) Jardinage (planter, désherber) Peinture, plâtrage, plomberie, soudure, Electricité	Port de charges moyennes à lourdes Travail en plein air (chantier, agriculture, construction, bûcheron)

Note : Si l'activité identifiée n'est pas listée dans le tableau « catégories de travail », vous devez identifier la catégorie à laquelle elle se rattache le mieux.

ANNEXE : Conseils pour remplir le questionnaire

Question 1

- Lisez d'abord la liste des activités proposées.
- Cochez à partir de la liste proposée, toutes les activités de loisirs auxquelles vous avez participé **au moins 10 fois** au cours des **12 derniers mois**.
- Lorsque toutes les activités ont été cochées, écrivez chaque activité dans la colonne « activité ». Pour chaque activité, précisez le nombre de mois où cette activité a été pratiquée au cours des 12 derniers mois. Puis, notez le nombre moyen de fois/mois et le nombre de minutes passées chaque fois que vous avez pratiqué cette activité.
- Ne comptez pas le temps passé à marcher ou à faire du vélo pour vous rendre à votre travail. Il sera comptabilisé dans la section professionnelle.

Question 6

- Ecrivez toutes les activités professionnelles que vous avez exercées pendant **plus d'un mois** au cours des **12 mois qui précèdent** dans la colonne « activités professionnelles » (en incluant les occupations telles que travailler chez soi, retraité, invalidité, arrêt de travail, étudiant ou chômeur).
- Après avoir écrit l'activité professionnelle, il faut écrire dans la colonne « code », le code qui décrit le mieux le travail effectué en vous reportant au tableau « codes ».
- Pour chaque profession identifiée, si vous effectuez le trajet pour vous rendre au travail à pied ou à vélo, précisez le temps de trajet en minutes/jour (dans la colonne « temps de trajet »). Si vous travaillez à la maison, que vous êtes retraité, chômeur, en invalidité ou en arrêt de travail, rentrez " 0 " dans cette colonne.
- Précisez le nombre de mois pendant lesquels vous avez effectué cette profession dans la colonne « temps moyen de travail ». Précisez quels sont les horaires moyens pour chaque travail en remplissant les colonnes " jours par semaine " et " heures par jour " de travail. Si vous travaillez à la maison, que vous êtes retraité ou chômeur, en invalidité ou en arrêt de travail, il faut considérer que vous travaillez 5 jours/semaine et 8 heures par jour.
- Dans le temps noté dans la colonne " heures/jour ", vous devez préciser le temps moyen passé assis dans la colonne " travail pratiqué assis ". Puis, identifiez le type d'activités effectuées habituellement lorsque vous n'êtes pas assis. Sélectionnez la catégorie (A, B ou C) qui correspond le mieux à la description qui est faite du travail en vous reportant au tableau « catégories de travail ». Si l'activité professionnelle identifiée n'est pas listée dans le tableau « catégories de travail », vous devez identifier la catégorie à laquelle elle se rattache le mieux.

ANNEXE 4

Évaluation du rôle de la proprioception dans l'équilibration selon les activités physiques et sportives

G. DENIS, A. VUILLEMIN, Ph. PERRIN

Équilibration et Performance Motrice, UFR STAPS – Faculté du Sport, Université Henri Poincaré-Nancy 1, 30, rue du Jardin Botanique, F 54600 Villers-lès-Nancy.

Parmi les afférences sensorielles de la fonction d'équilibration, la proprioception est celle qui est le plus susceptible d'acquisition ou d'éducation par la pratique d'activités physiques et sportives (APS). A partir de l'interrogatoire d'experts, il est proposé une classification des APS en fonction du développement de cette modalité sensorielle.

Si les effets de l'entraînement sportif sur les métabolismes énergétiques sont bien connus, ceux sur la coordination motrice sont plus difficiles à apprécier. L'approche « énergétique » est dotée de mesures et de classifications [1-2] et permet d'introduire une vision quantitative de l'impact des activités physiques et sportives (APS). Cependant, de plus en plus, les formateurs admettent la nécessité de recourir à une véritable éducation des capacités faisant appel à la proprioception [3-4], ceci malgré la difficulté à évaluer cette dimension par des tests simples [5-6]. Cette nouvelle exigence se retrouve notamment dans la volonté de comprendre le rôle des activités physiques dans la maturation de la fonction d'équilibration chez l'enfant et chez l'adolescent [5], et dans la prévention du vieillissement neurosensoriel et de l'appareil locomoteur [7-13].

L'équilibration requiert l'intégration d'informations fournies par les systèmes somesthésique, vestibulaire et visuel. Ces afférences sensorielles convergent vers les noyaux vestibulaires du tronc cérébral, qui les intègrent et permettent l'organi-

sation de réponses réflexes motrices se traduisant par des mouvements compensatoires des yeux (réflexe vestibulo-oculaire) et du corps (réflexe vestibulo-spinal) [14-18] (fig. 1).

Parmi les entrées, la proprioception est celle qui est le plus susceptible d'acquisition ou d'éducation par la pratique d'activités physiques [5, 19-22]. Il est proposé une classification des APS en fonction du développement de cette modalité sensorielle.

Au niveau de la somesthésie, il est classique de séparer le niveau périphérique extéroceptif (sensibilité cutanée) du niveau proprioceptif (sensibilité musculo-articulaire), ces deux niveaux étant innervés par les « afférents somatiques généraux »

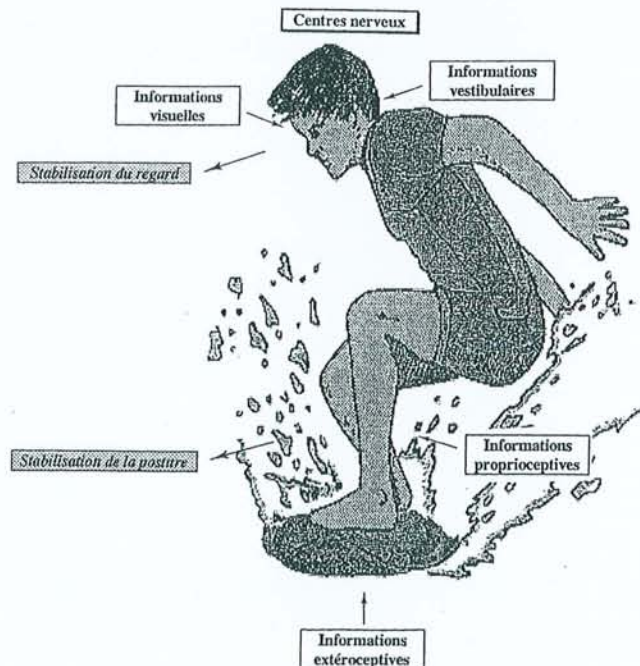


FIG. 1 – L'équilibration, une fonction plurimodale.

(Buser et Imbert) [23]. Pour Guyton [24], les sensations proprioceptives comprennent les sensations kinesthésiques, tendineuses, musculaires et de pression de la plante des pieds. Dans le cadre du mouvement, Massion [25] considère les afférences cutanées comme proprioceptives. Certains auteurs, tel Desmedt [26], définissent la somesthésie comme la sensibilité se rapportant aux sensations de toucher, de chaud, de froid et de douleur, mises en jeu par la stimulation de la peau et des muqueuses, ainsi qu'au sens des positions articulaires (kinesthésie), excluant la proprioception.

Les spécialistes en oto-neurologie, qu'ils soient ORL ou neurologues, distinguent les propriocepteurs musculo-tendineux et articulaires de la sensibilité profonde, qu'ils dénomment propriocepteurs généraux, et les récepteurs labyrinthiques qui constituent les propriocepteurs spéciaux.

Méthode

Onze experts en sport, enseignants-chercheurs ou enseignants à l'UFR en Sciences et Techniques des APS à l'Université, ont répondu à un questionnaire, côtant de 1 à 5 quarante sept disciplines proposées par ordre alphabétique, afin d'évaluer le développement de la proprioception par leur pratique. Chaque expert pouvait avoir une conception de la proprioception influencée par sa formation et par sa spécialisation dans une ou plusieurs APS. Les définitions de la proprioception n'étaient pas rappelées.

Résultats et discussion

Les moyennes obtenues (15) (tableau I) font apparaître que le trampoline, discipline classée en tête (4,4), et le cyclotourisme, discipline classée en dernier (1,4), ont l'écart type (tableau I) le plus faible (0,5), montrant un point de vue identique des experts pour déterminer, selon le critère retenu, la meilleure et la moins bonne de celles-ci.

Parmi les hauts scores proprioceptifs notés, on retrouve des sports très statiques, comme le surf ou la planche à voile ($4 \pm 0,9$), le golf ($3,8 \pm 0,9$), l'escalade ($3,8 \pm 1,1$), et d'autres dynamiques, tel le trampoline.

Il n'y a pas de corrélation avec le niveau de la fonction vestibulaire : dans les disciplines à haut

TABLEAU I. – Expertise sur l'estimation du niveau proprioceptif de 47 activités sportives.

Disciplines	Estimation des experts	
	moyenne	σ
Trampoline	4,4	0,5
Gymnastique sportive	4,1	0,8
Ski de descente	4,1	0,8
Surf, planche à voile	4,0	0,9
Golf	3,8	0,9
Escalade	3,8	1,1
Athlétisme saut ou lancer	3,7	0,8
Ski nautique	3,6	0,8
Karaté, judo, arts martiaux	3,5	1,1
Badminton	3,4	1,3
Voile	3,3	1,0
Gymnastique douce	3,3	1,2
Tennis de table	3,3	1,2
Basket	3,3	1,3
Tir à l'arc	3,2	1,3
Alpinisme	3,2	1,3
Patinage à roulettes	3,1	0,7
Aviron	3,1	1,0
Squash	3,1	1,2
Boxe	3,1	1,3
Tennis (double ou simple)	3,1	1,3
Ski nordique	3,0	0,6
Volley	3,0	1,0
Canoë-kayak	3,0	1,1
Natation	2,9	0,7
Equitation	2,9	0,9
Handball	2,9	1,0
Danse	2,9	1,1
Patinage sur glace	2,8	0,8
Football	2,8	1,0
VTT/Moto cross	2,8	1,2
Danse aérobique	2,7	0,8
Plongée subaquatique	2,6	0,7
Bowling	2,6	1,0
Athlétisme course de vitesse	2,5	0,7
Musculation, haltérophilie	2,5	1,1
Athlétisme course de 1/2 fond	2,4	0,7
Cross-country	2,4	0,8
Athlétisme course de fond	2,3	0,8
Parcours de santé	2,2	1,2
Canotage de loisir	2,0	0,9
Pétanque	1,9	0,5
Cyclisme	1,9	0,7
Marche rapide	1,7	0,9
Jogging	1,6	0,8
Marche de randonnée	1,5	0,7
Cyclotourisme	1,4	0,5

niveau proprioceptif, on retrouve à la fois le trampoline qui nécessite une excellente fonction vestibulaire [27], et le golf qui sollicite peu cette fonction.

On ne retrouve pas de corrélation entre d'une part le paramètre étudié et d'autre part la dépense énergétique, les capacités fonctionnelles cardio-

vasculaires et ventilatoires ou la puissance musculaire [28], ces dernières étant peu élevées pour le golf, le tir à l'arc ($3,2 \pm 1,3$) et l'équitation ($1,9 \pm 0,9$).

Dans les sports collectifs, alors que l'énergétique est équivalente (puissance maximale aérobie traduite par la consommation maximale d'oxygène : $VO_2\text{max} = 58 \text{ ml}\cdot\text{mn}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$) [29], on constate une hiérarchie au niveau de la proprioception : basket [30-31] ($3,3 \pm 1,3$), volley (3 ± 1), handball ($2,9 \pm 1$) et football ($2,8 \pm 1$).

Un haut niveau de proprioception n'est pas synonyme de situation où l'équilibration est la finalité de l'action. En effet, si c'est le cas pour le trampoline, cela ne l'est pas pour le golf, où l'équilibration est un moyen qui autorise la performance.

Conclusion

Notre travail vise, à terme, par l'établissement d'une classification des disciplines sportives sous l'angle du développement de la proprioception, à élaborer un outil complémentaire permettant une évaluation avec une vision multiforme des apports de ces activités physiques.

Références

- MONOD H, POTTIER M. Adaptations respiratoires et circulatoires du travail musculaire. In : Scherrer J. et al. *Précis de physiologie du travail. Notions d'ergonomie*, Masson Edit. 2^e Ed, 1981 ; 159-204.
- WILSON P, PAFFENBARGER R, MORRIS J, HAVLIK R. *Assessment methods for physical activity and physical fitness in population studies : report of a NHLBI workshop*. American Heart Journal, 1986 ; 111, 1177-92.
- KELLER J. *Activité physique et sportive et motricité de l'enfant*. Vigot Edit., 1992 ; 247 p.
- LAVISSE D, DEVITERNE D, DIVRY M, PERRIN Ph. Mental information processing in motor skill acquiring by able-bodied and motor-handicapped subjects. *J Human Movement Studies* 1995 ; 29 : 149-69.
- PERRIN Ph. Rôle des activités physiques et sportives dans la maturation de la fonction d'équilibration chez l'enfant et chez l'adolescent. In : *Vertiges*. Arnette Blackwell Edit., 1996 ; 97-109.
- PERRIN Ph, PERRIN C. Exploration des afférences sensorielles et du contrôle moteur de l'équilibration par la posturographie statique et dynamique. *Ann Oto-Laryng* 1996 ; 113 : 133-46.
- MATHIAS S, NAYAK USL, ISAACS B. Balance in elderly patients : the « get-up and go » test. *Arch Phys Rehabil* 1986 ; 67 : 387-9.
- MANCHESTER D, WOOLLACOTT MH, ZEDERBAUER-HYLTON N, MARIN O. Visual, vestibular and somatosensory contributions to balance control in the older adult. *J Gerontology : Med Sci* 1989 ; 44 : M118-27.
- LEDIN T, KRONHED AC, MOLLER C, ODKVIST LM, OLSSON B. Effects of balance training in elderly evaluated by clinical tests and dynamic posturography. *J Vestib Res* 1990 ; 91 : 129-38.
- LORD SR, WARD JA. Age-associated differences in sensorimotor function and balance in community dwelling women. *Age and Ageing* 1994 ; 23 : 452-60.
- HU MH, WOOLLACOTT MH. Multisensory training of standing balance in older adults : I. Postural stability and one-leg stance balance. *J Gerontology : Med Sci* 1994 ; 49 : M52-61.
- PERRIN Ph. Influence de l'activité physique sur la fonction d'équilibration lors du vieillissement. *Cinésiologie* 1994 ; 158 : 197-8.
- PERRIN Ph, JEANDEL C, PERRIN C, BENE MC. Influence of visual control, conduction and central integration on static and dynamic balance in healthy older adults. *Gerontology* (in press).
- PERRIN Ph. Equilibration et sport. Composantes et moyens d'étude. *Médecine du Sport* 1989 ; 63 : 290-5.
- PERRIN Ph, VITTE E, POZZO Th. Equilibration dans les sports acrobatiques. *Cinésiologie* 1991 ; 140 : 277-85.
- PERRIN Ph, PERRIN C. Protocole d'appréciation de l'équilibration selon les disciplines sportives. In : *I disturbi dell'equilibrio in medicina del lavoro e medicina sportiva*. Springer-Verlag Edit., sous la direction de Cesarani A et Alpini D. 1993 ; 153-65.
- PERRIN Ph, LESTIENNE F. *Mécanismes de l'équilibration humaine. Exploration fonctionnelle, application au sport et à la rééducation*. Monographies de Bois-Larris. Paris : Masson Edit., 1994 ; 168 p.
- VITTE E, BOREL L, POZZO Th, PERRIN Ph, FREYSS G. Explorations vestibulaires : actualités - perspectives. *Ann Radiol* 1992 ; 35 : 26-35.
- CRÉMIEUX J, PERRIN Ph, MESURE S. Posture, équilibre et activités physiques et sportives in : *Biologie et pratique sportive*. In : Lamendin H et Courteix D, Masson Edit. 1995 ; 98-113.
- MESURE S, BONNET M, CRÉMIEUX J. L'entraînement sportif peut-il influencer le contrôle postural statique ? *Science et Motricité* 1994 ; 21 : 39-47.
- MESURE S, CRÉMIEUX J, AMBLARD B. Les stratégies et performances posturales sensori-motrices : effet de l'entraînement. *Ann Kinésithér* 1995 ; 22 : 151-63.
- PERRIN Ph, PERRIN C, BOURA M, UFFHOLTZ H, CONRAUX C. Posturographie statique et dynamique. Application à une population de jeunes sportifs. *Ann Oto-Laryng* 1989 ; 106 : 463-71.
- BUSER P, IMBERT M. *Psycho-physiologie sensorielle. Neurophysiologie fonctionnelle II*. Hermann Edit. 1982 ; 410 p.
- GUYTON AC. *Neurophysiologie*. Masson Edit., 1984.
- MASSION J. Fonctions motrices. *Encycl Méd Chir Paris Neurologie*. Editions Techniques, 17-002-D-10, 1994, 21 p.
- DESMEDT JE. Physiologie et physiopathologie des sensations somatiques étudiées chez l'homme par la méthode des potentiels évoqués. *J Physiol* 1988 ; 83 : 64-135.

27. POZZO Th, STUDENY Ch. *Théorie et pratique des sports acrobatiques*. Paris : Vigot Edit., 1987 ; 200 p.
28. GOUDARD Ph, PERRIN Ph, BOURA M. Les arts du cirque : performances acrobatiques au quotidien. *Cinésiologie* 1992 ; 141 : 21-30.
29. ASTRAND PO, RODAHL K. *Précis de physiologie de l'exercice musculaire*. Masson Edit., 1994 ; 530 p.
30. PERRIN Ph, PERRIN C, COURANT Ph, BÉNÉ MC, DURUPT D. Posture of basketball players. *Acta Oto-Rhino-Laryngologica Belgica* 1991 ; 45 : 341-7.
31. PERRIN Ph, PERRIN C, BÉNÉ MC, COURANT Ph, DURUPT D. Static and dynamic posturography in basketball players related to the team's ranking over two seasons. In : *Posture and Gait : Control Mechanisms*. M. Woollacot and F. Horak, Edit., Oregon, U.S.A., Vol 1, 1992 ; 416-9.

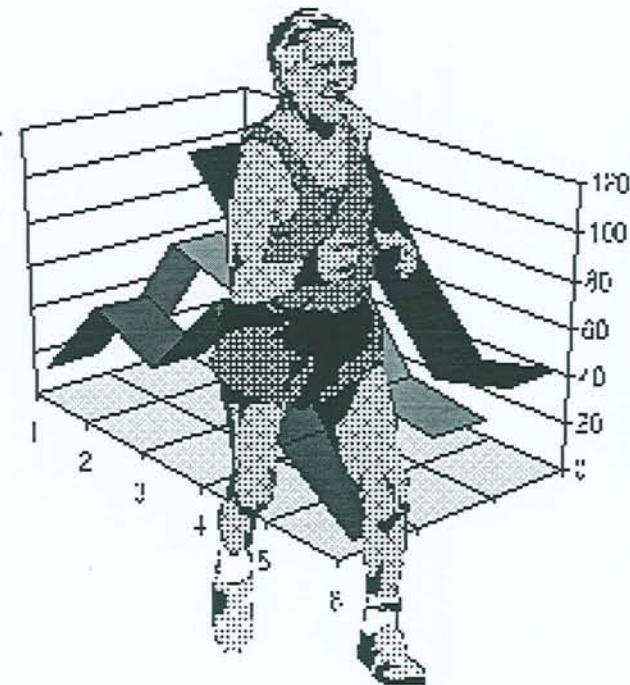
ANNEXE 5

QUANTAP (c)

Outil de quantification de l'activité physique sur la vie entière

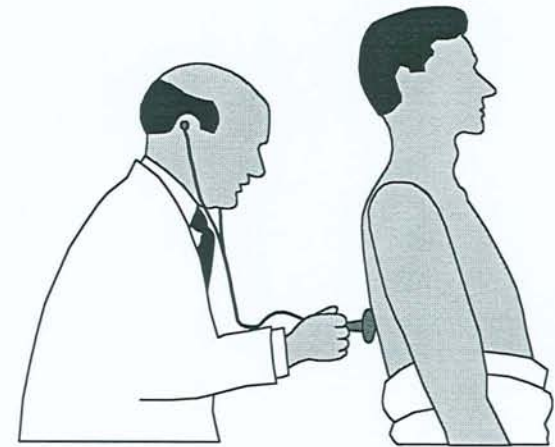
**DENIS G / VUILLEMIN A
GUILLEMIN F / JEANDEL C**

**Faculté du Sport,
Laboratoire de Santé Publique (UPRES EA 1124),
Faculté de Médecine
(Université Henri Poincaré de Nancy 1)**



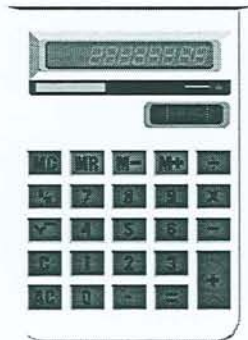
Buts de QUANTAP

QUANTAP cherche à quantifier l'activité physique (au sens large) afin de permettre à des chercheurs de mesurer son impact sur le vieillissement des grandes fonctions et à prédire le devenir des aptitudes psycho-motrices.



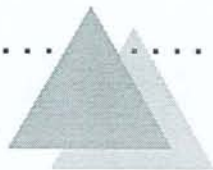
QUANTAP met en œuvre 3 processus

Un processus de recueil des données assisté par ordinateur.
Il aboutit à la construction d'une FICHE par individu.



Un processus de calcul d'indicateurs synthétisant le
rapport d'un individu à l'activité physique et son
évolution tout au long de la vie

Un processus de regroupement en vue d'un traitement
statistique sur une collection de fiches.





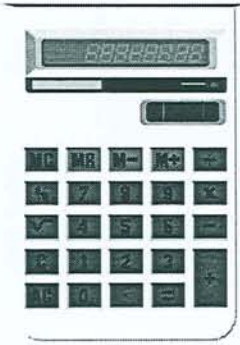
1 - Le recueil des données

Le recueil des données est assisté par ordinateur afin de guider l'évaluation, voire reconstituer le parcours de l'individu à partir de bases de données (notamment pour l'activité scolaire).



DOMAINES D'INVESTIGATION

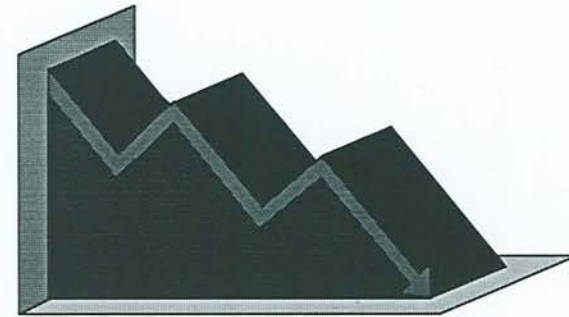
- **Caractéristiques générales (âge, sexe, poids, ...)**
- **Activités physiques à l'école**
- **Activités physiques liées aux professions exercées**
- **Activités physiques liées aux activités quotidiennes**
- **Activités sportives**



2 - Les indicateurs calculés

- ◆ Nombre d'heures de pratique
- ◆ Dépense énergétique
- ◆ Niveau proprioceptif des pratiques
- ◆ Régularité de la pratique

- Pour une période donnée
- Par an
- Par tranche d'âge
- Par domaine (scolaire, sport, act. prof, act. quotidiennes, ...)





3 - Traitement statistique

QUANTAP est avant tout un outil caractérisant le rapport à l'activité physique d'UN individu.

Il est toutefois doté d'un module permettant de regrouper les fiches d'une collection d'individu de manière à créer un fichier unique pouvant être traité par un logiciel de statistique ou un tableur.



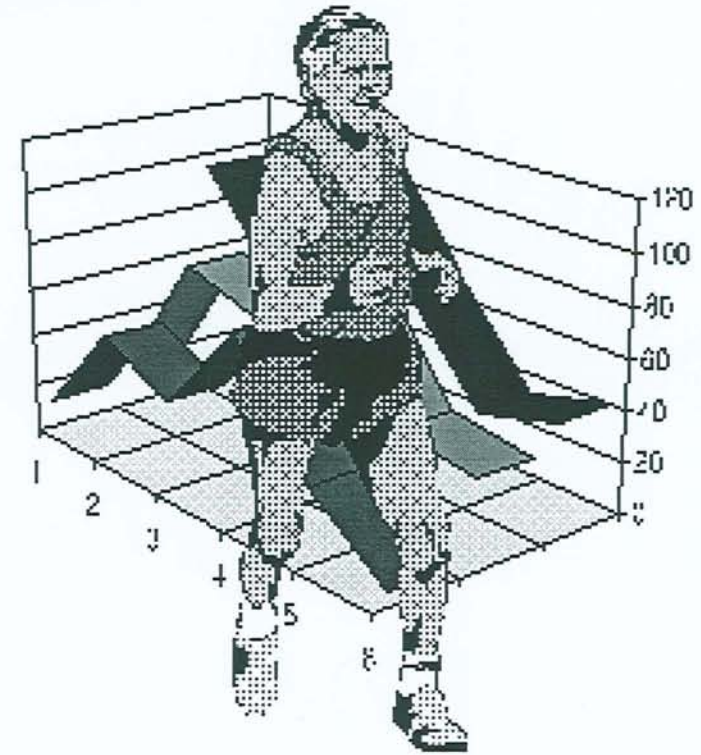
QUANTAP (c)

Outil de quantification de l'activité physique
sur la vie entière

MODULE DE RECUEIL DES DONNEES

DENIS G / VUILLEMIN A
GUILLEMIN F / JEANDEL C

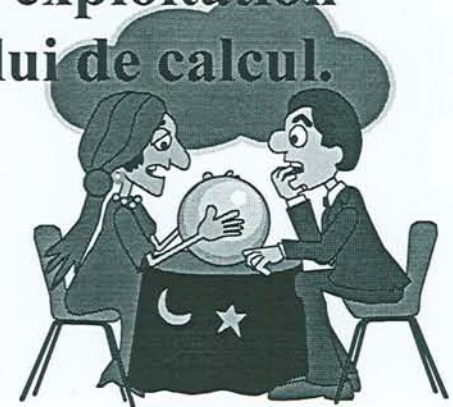
Faculté du Sport,
Laboratoire de Santé Publique (UPRES EA 1124),
Faculté de Médecine
(Université Henri Poincaré de Nancy 1)



Objet du module

Ce module crée une fiche descriptive des éléments qui permettront le calcul des indicateurs caractérisant le rapport de l'individu aux activités physiques au sens large, et son évolution dans le temps.

Une fiche n'est qu'un recueil de données. Son exploitation quantitative passe par un autre module, celui de calcul.



Les phases de la saisie

L'opérateur, en présence de l'individu, mènera une investigation comportant 7 phases :




- saisie des caractéristiques générales (âge, sexe, poids,)
- caractéristiques de l'investissement en EPS (scolaire)
- caractéristiques de l'investissement dans la période pré-professionnelle
- caractéristiques de l'investissement dans la période professionnelle
- caractéristiques de l'investissement sportif (club et loisir)
- caractéristiques de l'investissement physique quotidien
- estimation des périodes particulières d'interruption

S.C.D. - U.H.P. NANCY 1
BIBLIOTHÈQUE DES SCIENCES
Rue du Jardin Botanique
54600 VILLERS-LES-NANCY



Les caractéristiques générales

- Numéro d'identification de la fiche (ou nom de l'individu)
- Date de naissance
- Date de l'étude
- Sexe
- Poids et taille

Dates	Caractéristiques générales
Date actuelle 6 / 1998  Modifie Date	Identification 00152B Nom et Prénom <input type="text"/>
Date de l'étude 6 / 1998  Modifie Date	Mois et Année de naissance Août 1934  Modifie Date Naissance Années Comptabilisées 63 années
	Sexe <input checked="" type="radio"/> Masculin <input type="radio"/> Féminin Poids 67 kg Taille 159 cm

QUANTAP
(c) DENIS G et VUILLEMIN A (UFR STAPS NANCY)

Activité Educative (EPS)

Durée du cursus		Reconstitution du cursus scolaire				
Entrée 1er degré		Année scolaire	Méthode éducative	Semaines	Heures EPS	Dispenses
Année	Age	1940 - 1941	IO de 1938	38	3	0
1940	6	1941 - 1942	IO de 1938	40	3	0
		1942 - 1943	IO 1941	40	3	0
		1943 - 1944	IO 1941	40	3	0
		1944 - 1945	IO 1941	40	3	0
Entrée 2d degré		1945 - 1946	M. Hebert	40	5	0
Année	Age	1946 - 1947	IO 1945	40	5	0
1945	11	1947 - 1948	IO 1945	40	5	0
		1948 - 1949	IO 1945	40	5	0
		1949 - 1950	IO 1945	40	5	0
		1950 - 1951	IO 1945	40	5	0
		1951 - 1952	IO 1945	40	5	0
Sortie cursus						
Année	Age					
1952	18					

Duplique

Reconstitution à partir d'une base de données

Modifiable par l'opérateur

Activité Pré-professionnelle

ou mesure de l'investissement physique pendant la période précédant l'activité professionnelle (études universitaires, apprentissage, ...)

Historique des activités pré-professionnelles

An Début	An Fin	Invest	Durée
1953	1954	2	3

Année et âge de DEBUT Année et âge de FIN

1953 ▲ 19 1954 ▲ 20

Investissement physique

1 : Léger
 2 : Modéré
 3 : Dur
 4 : Très dur
 5 : Maximal

Estimation nbre heures

1 : de 0 à 1h/semaine
 2 : de 1 à 3h/semaine
 3 : de 3 à 5h/semaine
 4 : de 5 à 10h/semaine
 5 : plus de 10h/semaine

Activité professionnelle

Saisie des caractéristiques d'une activité professionnelle

Intitulé de l'activité professionnelle

Situation dans le temps
Nb hrs/semaine:
Année de Début: soit 22 ans
Année de Fin: soit 41 ans
Durée des Arrêts: (nb semaines)

Caractéristiques de la dépense énergétique de l'activité

Posture de travail (statique):
 Repos
 Assis
 Autant assis que debout
 Debout

Poids outil de travail (port ou manipulation):
 Aucun 'outil' porté ou manipulé
 Poids léger ou manipul. faible
 Poids ou manipulation pénible
 Poids lourd ou manip. pénible

Poids de la charge portée:
 Aucune charge portée
 Charge légère
 Charge moyenne
 Charge lourde

Déplacements actifs:
 Aucun
 Très peu
 Souvent

Estimation de la dépense: me

Pour chaque profession exercée par l'individu, l'opérateur va chercher à estimer la durée de l'activité et sa pénibilité (transformée en dépense énergétique)

Historique des activités professionnelles

Désignation	Profession	Nbr h/sem	An début	An Fin	Arrêt (sem)
Ouvrier qualifié		40	1956	1975	20
Contremaître		39	1975	1994	0

Départ à la retraite
Etes-vous à la retraite ?
 Non Oui

Contrôle des dates
Première année:
Dernière année:
Durée (ans):

Activité sportive

L'activité sportive est caractérisée par le type d'activité, sa durée et sa fréquence

Saisie des caractéristiques d'un bloc d'activité sportive

Activité

Athlé - course fond

Encadrement

Oui
 Non

Type

Scolaire
 Loisir
 Club

Période de pratique

Année de DEBUT de la pratique 1952

l'âge correspondant est donc de 18 ans

Caractéristiques des séances

Durée moyenne d'une séance 2 Hrs 0 Min

Nombre de séances par mois 11

Pour quel(s) mois de l'année ?

Tous les mois de l'année

Janv Avrill Juill Oct
 Fev Mai Aout Nov
 Mars Juin Sept Dec

Pondération du nombre de semaines par an

13 >>>> % >>>> 119
séances {10 séances

Historique des activités sportives

Activité	Type	Encad	Début	Ans	Durée/S	S/mois	Mois	%
Athlé - course fond	Club	Oui	1952	6	2h0	11	12	-10
Football (loisir)	Loisir	Oui	1964	5	1h30	4	10	0
Ski nordique	Loisir	Oui	1946	13	3h0	3	2	0
Ski nordique	Scol.	Oui	1969	15	1h0	3	1	0
Act. de remise en forme	Loisir	Non	1987	11	1h0	8	12	0

Le module de calcul traduira ces données en une dépense énergétique et en niveau proprioceptif.

Activité quotidienne

Caractériser l'activité quotidienne
consiste à estimer l'investissement
(par tranches de 10 ans) dans 6 domaines

Classes	Jardinage	Bricolage	Ménage	Déplacem	Musique	Act Manuel
1-10 ans	1	1	1	1	5	1
11-20 ans	1	4	1	3	5	1
21-30 ans	1	4	1	3	2	1
31-40 ans	1	4	1	3	1	1
41-50 ans	4	3	1	2	1	1
51-60 ans	4	3	1	2	1	1
61-70 ans	1	2	1	2	1	1
71-80 ans	1	1	1	1	1	1
81-90 ans	1	1	1	1	1	1

- Jardinage
- Bricolage
- Ménage
- Déplacements
- Musique
- Act. manuelles

5 niveaux d'investissement : léger (1) à intense (5)

**pour 6 domaines de la vie quotidienne
dans des tranches de vie de 10 ans**

Les phases d'interruption

- la gestion des phases d'interruption permet de quantifier différemment des périodes particulières de la vie (service militaire, guerre, autre). Une immobilisation longue pour raison médicale relève de cette gestion

Caractéristiques des périodes d'interruption

Service Militaire

1 : Pas de SM

2 : SM sédentaire ou peu actif

3 : SM moyennement actif

4 : SM actif ou très actif

Année de Début

1949

Durée du service

12 (Mois)

Guerre

Non

Oui

Début	Durée	Raison	Degré
1960	8	1	2

PERIODE D'INTERRUPTION

Année et âge de DEBUT

1960 26

Durée (mois)

8

Raison

1 : Médicale

2 : Autre

Degré d'inactivité

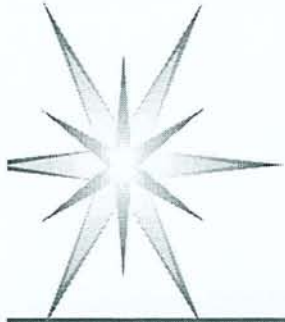
1 : Partielle

2 : Totale

Enlever ligne

QUANTAP (c)

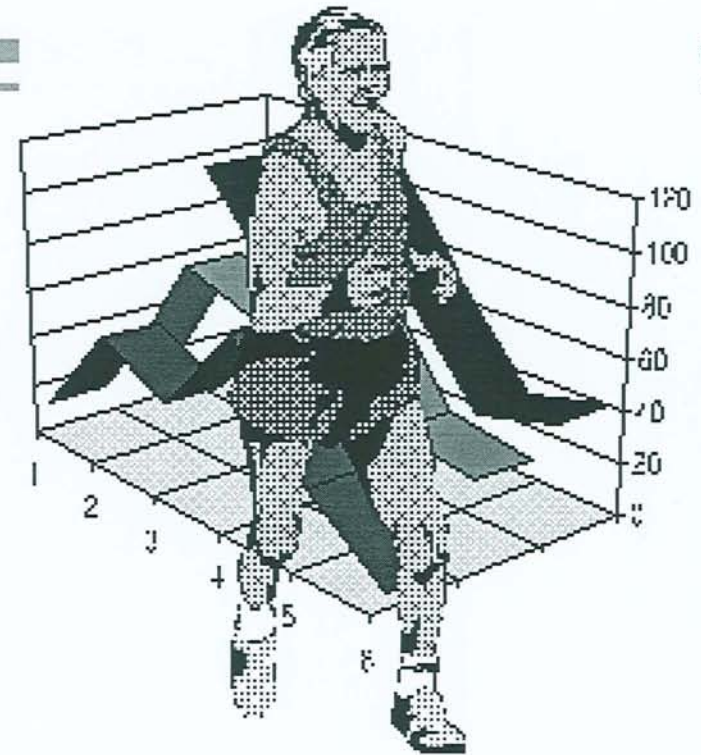
Outil de quantification de l'activité physique
sur la vie entière

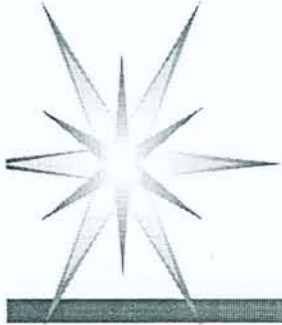


MODULE DE CALCUL

DENIS G / VUILLEMIN A
GUILLEMIN F / JEANDEL C

Faculté du Sport,
Laboratoire de Santé Publique (UPRES EA 1124),
Faculté de Médecine
(Université Henri Poincaré de Nancy 1)

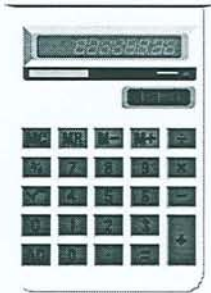




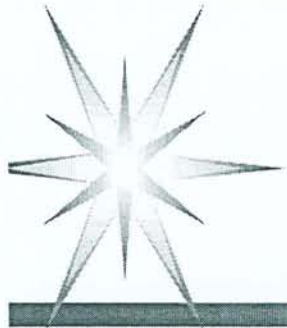
Objet du module

Le module de calcul cherche à quantifier le rapport aux activités physiques tout au long de la vie par l'intermédiaire d'indicateurs de synthèse :

- 1) indicateurs temporels estimant la durée de pratique physique pour une période donnée. Ces indicateurs peuvent être ramenés à une unité annuelle (nbre heures/an)
- 2) indicateurs énergétiques exprimant la dépense énergétique (plusieurs unités sont possibles) pour une période donnée (ou par an). Pour les activités sportives, ces indicateurs peuvent distinguer les sports de charge et les sports de décharge.
- 3) indicateurs proprioceptifs (uniquement pour l'EPS et le sport) permettant de prendre en compte la dimension non énergétique de la pratique sportive.



Ils sont exprimés dans 5 domaines : L'EPS à l'école, la pratique sportive, l'activité physique liée aux activités pré-professionnelles puis professionnelles et les activités quotidiennes.



Début de l'investigation

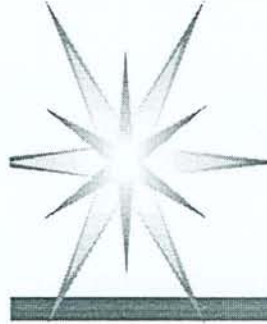
- Ouverture du fichier informatique contenant la fiche souhaitée (issue du module de recueil de données)

<i>Caractéristiques générales</i>			
Nom et Prénom	(confidentiel)		
Identification	001852B	Sexe	Masc
Année de Naissance	1932	Nb année/étude	65
Poids (kg)	66	Taille (cm)	163

<i>Caractéristiques des périodes</i>			
	>>>Durée/état<<<	>>>Début<<<	>>>Fin<<<
Période Scolaire	13 an(s)	1938	1951
Période Pré-profess	2 an(s)	1951	1954
Période Professionnelle	Non retraité	1953	1966
Période Interruption	8 mois	1960	1960
Service Militaire	Fait	1949	12 mois
Guerre	Non		
Période sportive	47 an(s)	1945	1991

QUANTAP	
<small>(c) DENIS G / VUILLEMIN A</small>	
<small>(Université Henri Poincaré de Nancy - France)</small>	
<small>Faculté du Sport</small>	

Année étude	1998
Période étude	1933 à 1997
Durée période	65 an(s)

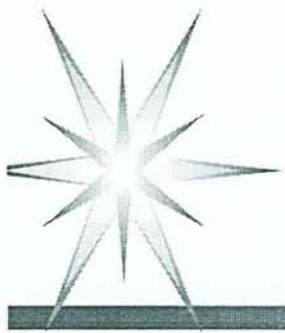


Les domaines de la quantification

QUANTAP permet d'accéder à plusieurs formes d'expression des indicateurs de synthèse :

Act. Educ/Pprof	Act. Prof/Quot.	Act. Sport.	Synthèse	Classes Âge	Profil
-----------------	-----------------	-------------	----------	-------------	--------

- **indicateurs de l'activité scolaire et pré-professionnelle**
- **indicateurs de l'activité professionnelle et quotidienne**
- **indicateurs de l'activité sportive (y compris une distinction entre les sports de charge et de décharge)**
- **synthèse des indicateurs**
- **distribution des indicateurs dans des classes d'âge d'amplitude 5 ans, 10 ans ou 20 ans (avec une chronologie ascendante ou descendante).**
- **prise en compte simultané des indicateurs quantitatifs (durée et dépense énergétique) et de leur régularité (notion de profil)**



Expression des indicateurs

Total (pour la période et le domaine) de l'indicateur

Total (par an et pour le domaine) de l'indicateur

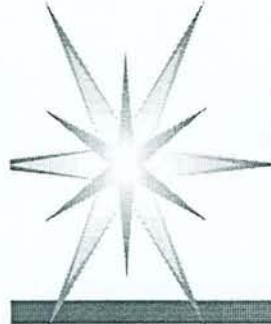
ACT. EDUCATIVE		INDICES ENERGETIQUES				INDICES PROPRIOCEPTIFS			
Durée réelle 13 an(s)	Classe	Nb Hrs	%hr	mets	%Energ	Cl	Nb Hrs	%hr	h pond
	1 Léger	1026	50 %	3950	39 %	1	1026	50 %	1026
	2 Modéré	1026	50 %	6105	61 %	2	1026	50 %	2052
	3 Dur	0	0 %	0	0 %	3	0	0 %	0
	4 T. Dur	0	0 %	0	0 %	4	0	0 %	0
	5 Maximal	0	0 %	0	0 %	5	0	0 %	0
	Total classes :	2052 h		10055 mets			3078 h pond		
	Indice / an :	158 h		773 mets			237 h pond		

Indicateurs temporels énergie niveau proprioceptif

distribution dans une échelle à 5 niveaux

Les tableaux affichent des indicateurs temporels (nombre d'heures), énergétiques (quantité) et proprioceptifs (niveau).

Il est systématiquement procédé à une répartition de l'indicateur total dans 5 classes distinguant le niveau de l'effort (léger à maximum) ou le niveau proprioceptif (1 à 5).



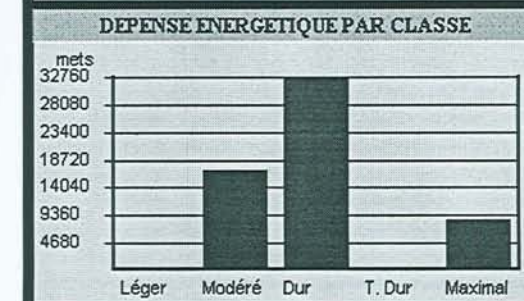
Particularité de l'activité sportive

Tous les domaines (Activités scolaires, pré-professionnelles, professionnelles et quotidiennes) génèrent les mêmes indicateurs.

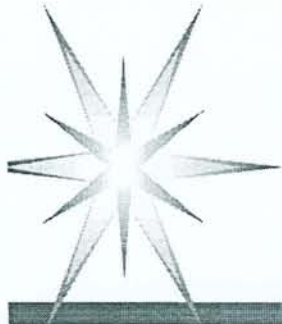
L'activité sportive dispose, en supplément, d'un tableau distinguant les sports de charge et les sports de décharge)

ACT. SPORTIVE		INDICES ENERGETIQUES				INDICES PROPRIOCEPTIFS			
Durée réelle	Classe	Nb Hrs	%hr	mets	%Energ	Cl	Nb Hrs	%hr	h pond
43 an(s)	1 Léger	0	0 %	0	0 %	1	0	0 %	0
	2 Modéré	2753	39 %	16895	29 %	2	3240	46 %	6480
	3 Dur	3600	51 %	32760	56 %	3	3833	54 %	11499
	4 T. Dur	0	0 %	0	0 %	4	0	0 %	0
	5 Maximal	720	10 %	8640	15 %	5	0	0 %	0
Total classes :		7073 h		58295 mets			17979 h pond		
Indice / an :		164 h		1356 mets			418 h pond		

ACT. CHARGE/DECHARGE		NOMBRE D'HEURES				DEPENSE ENERGETIQUE			
Classe	Charge alt	Charge con	Charge Tot	Decharge	Charge alt	Charge cont	Charge Tot	Decharge	
1 Léger	0	0	0	0	0	0	0	0	
2 Modéré	2697	56	2753	0	16503	392	16895	0	
3 Dur	360	3240	3600	0	3240	29520	32760	0	
4 T. Dur	0	0	0	0	0	0	0	0	
5 Maximal	0	0	0	720	0	0	0	8640	
Total classes :	3057 h	3296 h	6353 h	720 h	19743	29912	49655	8640	
Indice / an :	71 h	77 h	148 h	17 h	459	696	1155	201	



Représentation graphique



Distribution en classes d'âge

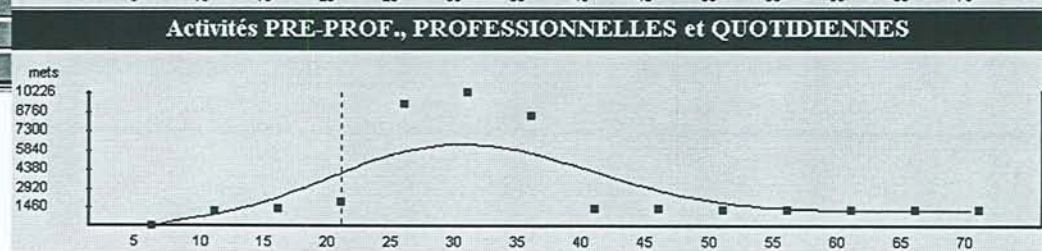
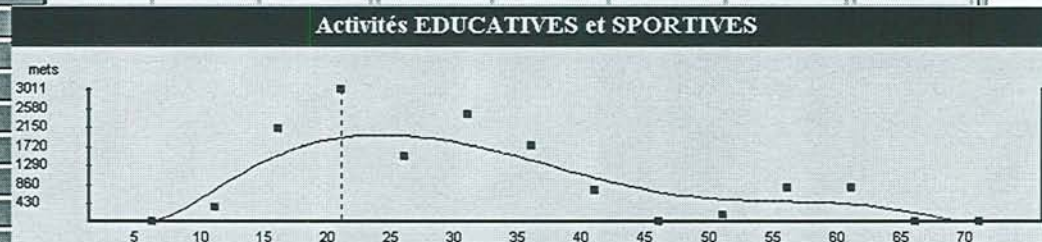
DISTRIBUTION DES INDICATEURS QUANTITATIFS PAR CLASSES

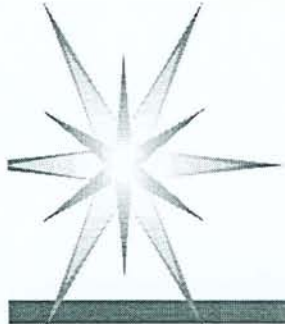
Unité	Période	Educ	Sport	Total1	PréProf	Prof	Quot.	Total2	TOTAL
Total heures	0-4ans	0	0	0	0	0	0	0	0
	5-9ans	352	0	352	0	0	3397	3397	3749
Indicateurs	10-14ans	900	638	1538	0	0	4246	4246	5784
	15-19ans	800	1272	2072	208	0	4246	4454	6526
	20-24ans	0	859	859	416	9000	4246	12882	12521
	25-29ans	0	1320	1320					
	30-34ans	0	976	976					
Temporalité	35-39ans	0	404	404					
	40-44ans	0	20	20					
	45-49ans	0	144	144					
	50-54ans	0	720	720					
	55-59ans	0	720	720					
Amplitude	60-64ans	0	0	0					
	65-69ans	0	0	0					

Unité	Période	Educ	Sport	Total1	PréProf	Prof	Quot.	Total2	TOTAL
mets/an	65-58ans	0	317	317	0	0	1283	1283	1600
	55-46ans	0	554	554	0	0	1283	1283	1937
Indicateurs	45-36ans	0	198	198	0	0	1389	1389	1587
	35-26ans	0	2030	2030	0	7020	1389	8409	10439
	25-16ans	294	1790	2084	371	4478	1699	6548	8632
	15-6ans	711	940	1651	0	0	1416	1416	3067
	5-1ans	0	0	0	0	0	0	0	0

Formes d'expression de la distribution des indicateurs

- temporel/énergie
- période totale/par an
- amplitude (5 ans, 10 ans, 20 ans)
- chronologie ascendante ou descendante





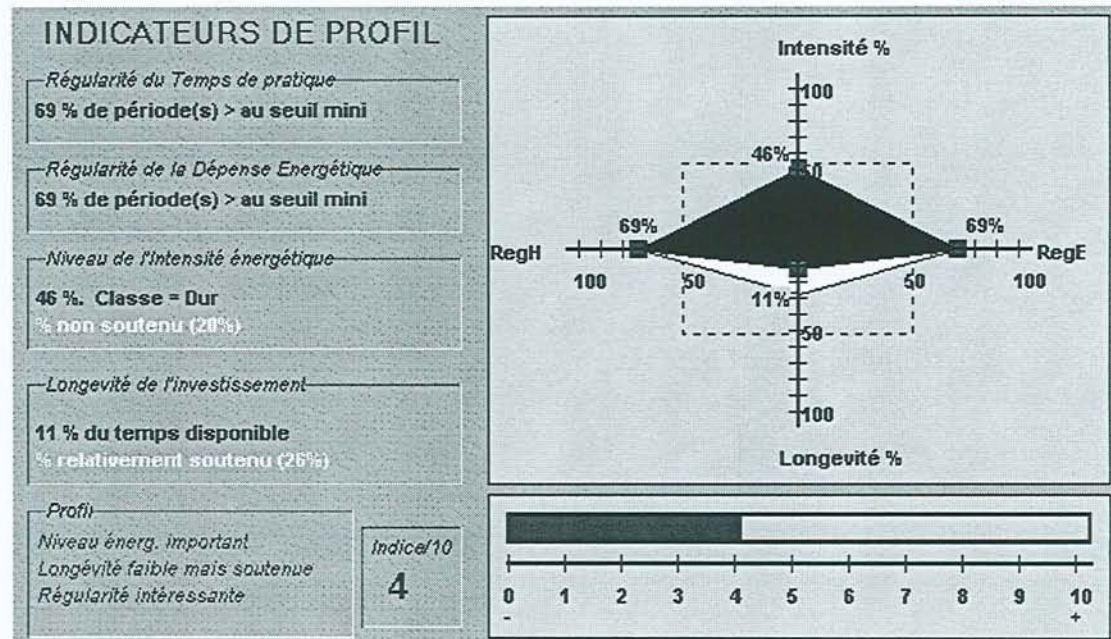
Notion de Profil

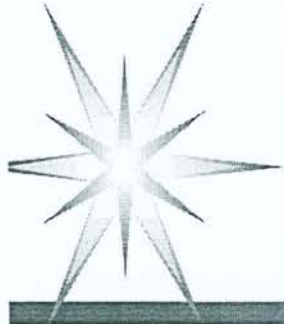
Un profil est le résultat combiné de plusieurs indices :

- la régularité du temps de pratique
- la régularité de la dépense énergétique
- le niveau moyen de l'investissement physique
- la longévité de l'investissement

En intégrant la régularité de la pratique (au niveau temporel et énergétique), le profil donne une lecture différente des autres indicateurs qui fonctionnent suivant une logique de cumul.




Remarque : l'outil «Profil» est expérimental. Il ne fait pas partie des indicateurs évalués par la thèse de Mlle VUILLEMIN





Configurer l'investigation

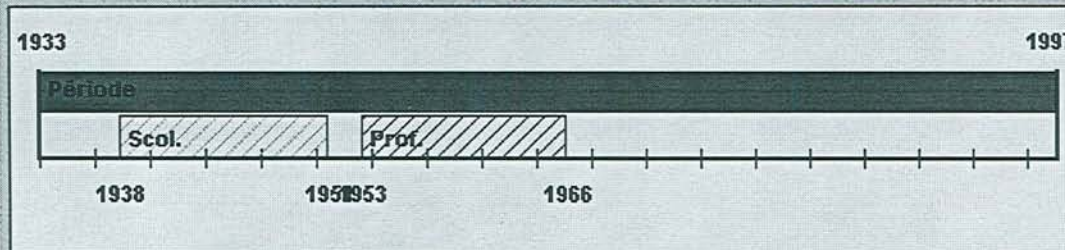
Le chercheur peut modifier la période de l'étude, exprimer les indicateurs énergétiques dans une autre unité (le «met» par défaut), ou encore étudier les indicateurs en excluant des niveaux d'effort.

Période de l'étude	Unité Energétique	Sélect. classes énerg.
1933 à 1997 	met 	Ttes classes 

Définition de la période d'étude

1933 1997





Période



1938 1953 1966

1933 1997

Début de la période Fin de la période

Annuler OK

Remet période totale
Enlève période 0 - 5 ans
Enlève jusque période scol
Enlève jusque période prof
Enlève période retraite


Unité Energétique


met 

met
kcal/kg
kcal
kJ/kg
kJ

Sélect. classes énerg.

Ttes classes 

Ttes classes 

Classe 1
Classe 2
Classe 3
Classe 4
Classe 5
Sauf cl 1
Sauf cl 1-2
Sauf cl 1-3 

QUANTAP (c)

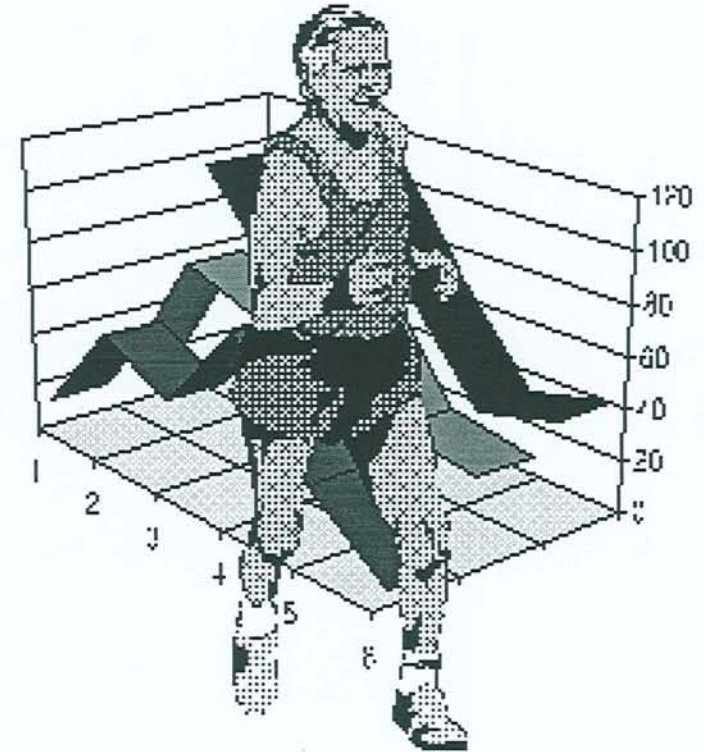
Outil de quantification de l'activité physique
sur la vie entière

MODULE DE TRANSFERT



DENIS G / VUILLEMIN A
GUILLEMIN F / JEANDEL C

Faculté du Sport,
Laboratoire de Santé Publique (UPRES EA 1124),
Faculté de Médecine
(Université Henri Poincaré de Nancy 1)

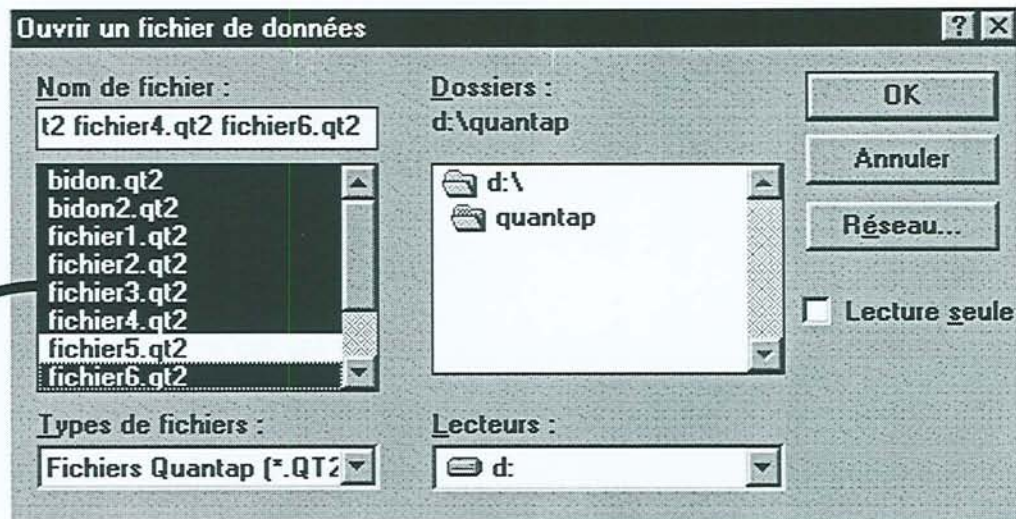


Objet du module

L'objet de ce module est de transférer les indicateurs (calculés par QUANTAP) d'une collection de fiches au sein d'un fichier unique pouvant être traité par un logiciel de statistiques ou un tableur.



Les fichiers (issus du module de recueil de données) sont sélectionnés.



Nombre de fichiers à traiter		Nombre de fichier(s) transféré(s)	
7		0	
Fichiers sources	Résultat transfert		
D:\QUANTAP\BIDON.QT2			
D:\QUANTAP\BIDON2.QT2			
D:\QUANTAP\FICHER1.QT2			
D:\QUANTAP\FICHER2.QT2			
D:\QUANTAP\FICHER3.QT2			
D:\QUANTAP\FICHER4.QT2			
D:\QUANTAP\FICHER6.QT2			

La sélection des fiches



Les fichiers ne sont pas transférés tels quels. Il appartient au chercheur de définir des paramètres utiles à son étude.

- ✦ sélection des indicateurs souhaités parmi les 200 indicateurs possibles (tous, énergétiques, temporels, pour la période totale, par an,)
- ✦ sélection de l'unité sous laquelle doivent être exprimés les indicateurs énergétiques (mets, kcal/kg, kcal, ...)
- ✦ sélection de la période d'étude (x 1ères années ou x dernières années)
- ✦ sélection des caractéristiques de la distribution des indicateurs dans les classes d'âge (amplitude, sens de la chronologie)

Le PARAMETRAGE



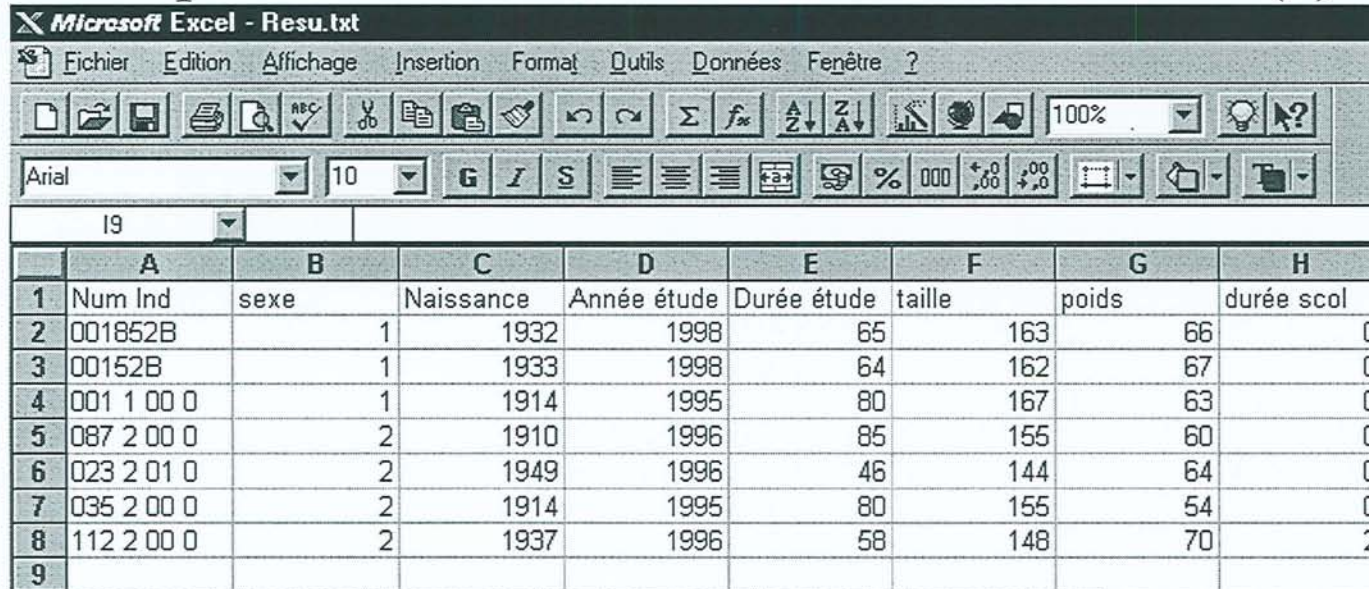
Structure fichier <input checked="" type="radio"/> Avec Entête <input type="radio"/> Sans Entête		Choix des rubriques <input checked="" type="checkbox"/> Toutes les rubriques <input type="checkbox"/> Distribution classes d'âge		<input type="checkbox"/> Ind. act. éduc. <input type="checkbox"/> Ind. act. pré-prof <input type="checkbox"/> Ind. act. quot. <input type="checkbox"/> Ind. act. prof. <input type="checkbox"/> Ind. act. sportive <input type="checkbox"/> Charge/Décharge sport	
Première colonne <input type="radio"/> Nom et prénom <input checked="" type="radio"/> Numéro quantap <input type="radio"/> Numéro automatique		Choix des indicateurs <input type="radio"/> Heures <input checked="" type="radio"/> Dép. énergétique <input type="radio"/> Ind. proprioceptifs <input type="radio"/> Tous		Temporalité <input type="radio"/> Total période <input checked="" type="radio"/> Indice par an (durée réelle/domaine) <input type="radio"/> Indice par an (durée totale étude)	
Période étude <input type="radio"/> Période totale <input checked="" type="radio"/> Période limitée aux		20 <input type="text"/> <input type="text"/> dernière(s) année(s)		Unité énergétique <input type="radio"/> Mets <input checked="" type="radio"/> kcal/kg <input type="radio"/> kcal <input type="radio"/> kJ/kg <input type="radio"/> kJ	
Choix des classes Toutes les classes (1 à 5)		Classes âge <input type="radio"/> 5 ans <input checked="" type="radio"/> 10 ans <input type="radio"/> 20 ans		Sens <input checked="" type="radio"/> Positif <input type="radio"/> Négatif	



aperçu du tableau des paramètres

L'ordre de transfert crée un fichier pouvant être lu par un logiciel de statistiques ou par un tableur

Exemple d'un fichier lu avec le tableur EXCEL (*)



The screenshot shows the Microsoft Excel interface with a menu bar (Fichier, Edition, Affichage, Insertion, Format, Outils, Données, Fenêtre, ?) and a toolbar. The spreadsheet contains the following data:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Num Ind	sexe	Naissance	Année étude	Durée étude	taille	poids	durée scol
2	001852B	1	1932	1998	65	163	66	0
3	00152B	1	1933	1998	64	162	67	0
4	001 1 00 0	1	1914	1995	80	167	63	0
5	087 2 00 0	2	1910	1996	85	155	60	0
6	023 2 01 0	2	1949	1996	46	144	64	0
7	035 2 00 0	2	1914	1995	80	155	54	0
8	112 2 00 0	2	1937	1996	58	148	70	2
9								

(*) Marque déposée - MicroSoft

RESULTAT



ANNEXE 6

QUANTAP: computer-assisted assessment of lifetime physical activity

Anne Vuillemin^{1,2}, Francis Guillemin², Gil Denis¹, Jean Huot¹, Claude Jeandel³

¹ Faculty of Sport, Nancy

² School of Public Health, UPRES EA 1124, Faculty of Medicine, Nancy

³ Department of Medicine B, CHU Nancy-Brabois

Anne Vuillemin

Faculté du Sport

30, rue du Jardin Botanique

54600 Villers-les-Nancy, FRANCE

Telephone: + 33 3 83 90 56 00

Fax: + 33 3 83 90 28 42

E-mail: Anne.Vuillemin@staps.u-nancy.fr

Lifetime physical activity questionnaire

Abstract (187 words)

This study investigated the properties of the QUANTAP interview-administered questionnaire, a new computer-assisted tool designed to determine physical activity over a lifetime. The technique was used to assess lifetime exercise habits in four dimensions (sport at school, leisure sport, occupation, daily activities) in 419 men and women aged 13-90 years. Physical activity indicators (time spent and energy expenditure) were calculated for 20-year periods. The inter-observer and intra-observer reliability of the questionnaire was studied in two subgroups of 30 subjects. Energy expenditure was not statistically significantly different from recommended nutritional intake in either males or females. Percent body fat at the time of the survey correlated with most physical activity indicators (particularly sport at school and leisure sport); age-adjusted correlation coefficients varied from 0.22 to 0.45 among males, and from 0.19 to 0.48 among females. Intra-class correlation coefficients for inter-observer and intra-observer reliability varied from 0.42 to 0.99 according to the dimensions and indicators considered. These results indicate that QUANTAP has the qualities required to assess lifetime physical activity. It therefore provides a tool with which the long-term effects of physical activity on current health may be studied.

Keywords: computer-aided design, questionnaires, sports, reproducibility

Text : 2559 words

Assessment of physical activity has become an essential element of the investigation of health. Various measuring techniques, both direct (questionnaires, diaries, observational measures) and indirect (caloric intake, physical fitness), have been described (1-3). The amount of physical activity people undertake is usually determined by questionnaire, most commonly looking at relatively short periods of time immediately prior to the survey - such as the preceding day, week or year. Other techniques are available but may not be acceptable for use in epidemiological studies, particularly those which are instrumental and require heavy devices.

A growing number of studies report a relationship between physical activity in the recent past (≤ 1 year) and current health (1, 2, 4); however, few investigators have looked at the relationship between current health and physical activity in the more distant past (more than 1 year ago) (5-7). In order to explore this area, it is necessary to develop accurate, precise and reproducible measures of exercise habits. Indeed, there is a need for instruments that will provide information about physical activity over a subject's whole lifetime.

QUANTAP is a new computer-assisted questionnaire designed to assess lifetime physical activity. The objective of the present study is to investigate its characteristics and properties, including how well its findings correlate with nutritional intake (as reflected in recommended figures) and percent body fat.

MATERIALS AND METHODS

Subjects

The study took place in a hospital (CHU Nancy-Brabois) and was approved by the ethics committee of Lorraine county. The sample consisted of 419 men and women aged 13-90 years recruited from four different sources: members of cultural associations; subjects attending a preventive medicine center for health screening; patients registered in the list of an ambulatory care general practitioner; and individuals hospitalized in a rehabilitation center following a rehabilitation program.

Measuring physical activity: QUANTAP

The QUANTAP system is a new standardized and structured computer-assisted (PC, Windows 3.11 or 95, Delphi language) interview tool designed to assess lifetime physical activity. The questionnaire is administered by a trained interviewer and takes about 30 minutes to complete, during which time the subject is asked to recall his or her physical activity habits over a whole lifetime. QUANTAP includes modules for data collection, computation of indicators, and data transfer to statistical software or a spreadsheet.

Information is recorded on four dimensions: sport at school, leisure sport (recreational or competitive), occupational activity, and daily activities (gardening, odd-jobs, housework, travel on foot or by bicycle, and musical and artistic activities). Data gathered for each type of activity include the number of years for which it has been performed, how many months per year, how many sessions per month, and the average duration of each session.

On-screen computer assistance is provided during the interview to aid recall and data collection, and to minimize inaccuracy.

The theoretical basis of the technique has been described in detail elsewhere (8). Briefly, all sporting activities conducted in French schools since 1900 have been included on a database. Activities included in the leisure sport dimension are selected from a list. Aids are also provided to the assessment of occupational activity and to the physical aspects of various daily life activities. Time spent on daily activities that are more complex to assess is set at a fixed amount according to age.

The data gathered on physical activity can be presented in a number of ways, for example in periods of years prior to the interview, or according to age group (Figure 1). In the present paper, results are presented for 20-year periods working backwards from the time of the assessment and forward by age.

The computation module of QUANTAP provides several quantitative indicators for each period defined. In each of the four dimensions, an indicator is obtained by multiplying the duration of each practice by its frequency; the sum of time for each

year is averaged over the period and expressed in hours per year. Each activity has an intensity (9), expressed in METs (Metabolic Equivalents), based on the estimated energy expenditure. Hours per year are multiplied by the corresponding intensity to obtain an indicator expressed in METs per year.

Daily energy expenditure

It is to be expected that calculated daily energy expenditure will be consistent with recommended nutritional intake. The results provided by QUANTAP were compared with the recommended nutritional intake reported in the literature, as defined for the French population according to age and sex (10). The total daily energy expenditure of each subject was determined, taking account of data collected by means of the questionnaire and individual basal metabolism calculated according to age and sex (11). Energy expenditure was calculated for the year preceding the study and then divided by 365 to give an indicator expressed in kcal per day.

In the literature, recommended nutritional intakes are given separately for adolescents (≤ 19 years) and adults (≥ 20 years) and for males and females (10). However, because only 24 adolescents were included in this study, this analysis was restricted to individuals over the age of 19 years.

Percent body fat

Percent body fat is known to correlate with physical activity (12-15), and would be expected to correlate with indicators of sporting activity, particularly those covering the year preceding the study. Two hundred and ninety-four subjects from the study sample who participated in a separate research protocol (designed to study genetic and environmental factors influencing bone composition) were investigated for percent body fat using dual energy x-ray absorptiometry (Lunar[®]). The results were then compared to physical activity scores obtained by QUANTAP.

Reliability

Reliability is the ability of a measurement method to produce repeatedly consistent findings. A test-retest technique was used to determine the intra- and inter-observer reliability of the indicators provided by QUANTAP. Two subgroups each of 30 subjects were administered the questionnaire twice within 2 weeks either by two different interviewers (to determine inter-observer reliability) or by the same interviewer (for intra-observer reliability). Mean ages of the subgroups were 66.4 ± 8.2 years and 72.9 ± 7.8 years, respectively. The results were interpreted according to Fleiss (16).

Statistical analysis

Data were analysed using the statistical program BMDP (BMDP[®] Statistical Software).

Descriptive statistics (means and standard deviations) were calculated separately for men and women and included physical characteristics (age, height, body weight and Body Mass Index [BMI]), indicators in each physical activity dimension, global physical activity, and daily energy expenditure.

Student's t-test was used to determine if there were any significant differences between men and women with regard to physical activity, and between recommended nutritional intake and the questionnaire-derived measure of mean daily energy expenditure (both expressed in kcal per day).

The relationship between percent body fat and physical activity indicators was investigated using age-adjusted linear regression analysis.

In order to assess the concordance between the two administrations (intra- and inter-observer reliability), the intra-class correlation coefficient was derived from a two-way analysis of variance in a random effect model.

RESULTS

Subjects

The 419 subjects comprised 273 women (mean age: 54.3 ± 19.8 years) and 146 men (52.3 ± 19.8 years). Their baseline physical characteristics were as shown in Table 1. Means and standard deviations of scores obtained in each physical activity dimension are presented in Table 2 for males and Table 3 for females. Men were generally more active than women. Overall, 82.2% of the males participated in sport at school (26 subjects never participated); 87% participated in leisure sport (19 never did); and 86.3% were occupationally active (20 subjects were not). For women, the figures were 78.4% (59), 75.8% (66), and 83.5% (45), respectively. The mean time in hours spent on physical activity, whatever the dimension, was significantly higher among men than among women. Consequently, the mean energy expenditure of men was higher. Indicators had the same evolution in both males and females. More time was spent in leisure sport after the age of 60 years: 148 hours per year (2.6 hours per week) and 84.8 hours per year (1.6 hours per week), for males and females respectively.

Daily energy expenditure

Recommended nutritional intakes for adults are 2700 kcal/day for men and 2000 kcal/day for women. Means and standard deviations were calculated for 137 men and 255 women. The questionnaire-derived measures of energy were 2640 kcal/day ($SD \pm 1043$ kcal/day) for males and 1935 kcal/day (± 645 kcal/day) for females. No statistically significant difference was observed between the questionnaire-derived measure and recommended nutritional intake for either males ($t = -0.67$, $p = 0.51$) or females ($t = -1.58$, $p = 0.12$).

Percent body fat

Tables 4-6 show the relationship between percent body fat and various physical activity indicators. With regard to indicators calculated according to age, percent

body fat was significantly correlated with sport at school (in the period 1-19 years), leisure sport (40-59 years, 60-79 years) and occupational activity (20-39 years, 40-59 years) in males. Among females, percent body fat was significantly correlated only with leisure sport (40-59 years, 60-79 years).

For indicators calculated according to periods preceding the survey, percent body fat in males was significantly correlated with sport at school (past 20 years), leisure sport (past 20 years, past year) and with occupational activity (past 20 years, and past 21-40 years). In females, percent body fat was significantly correlated with the same dimensions, but not always the same time periods, i.e: sport at school (past 20 years, past year), leisure sport (past 20 years, past 61-80 years, past year), and occupational activity (past 20 years, past 21-40 years). In females, the daily activities dimension correlated with percent body fat only for the past year (hours per year).

Reliability

In both reliability studies, the indicators calculated were higher at the first assessment than the second (after a 2-week interval). When intra-class correlation coefficients were calculated, both intra- and inter-observer reliability were found to be good overall. Concordance between the two administrations of the questionnaire was as shown in Table 7 for indicators calculated according to age and by years prior to the survey. In the inter-observer reliability study, intra-class correlation coefficients ranged from 0.42 to 0.99. In the intra-observer reliability study, they ranged from 0.45 to 0.96.

DISCUSSION

There are two important aspects to the elaboration of QUANTAP. The first is time, specifically period of life, duration and regularity. The impact of physical activity on health probably depends on its regularity over time, as well as on whether it occurs at an optimal time for the development of physiological functions. Moreover, interruption of training may decrease this effect (17-19). Thus, activities with a

cumulative effect should be weighted according to how regularly they are practised. The second thing to point out is that there is a multiplicity of physical activity beyond participation in sports - occupational and other daily physical activities should also be considered.

A study by Lissner et al. (20) underlines the importance of including longitudinal measurements of physical activity in future prospective studies. With QUANTAP, it is possible during one interview to gather data that provide information about the physical activity of an individual either during his or her whole life or during a specified time period. Although the objective when administering the questionnaire may be to study a precise period or activity dimension, the recordings allow for more complete analysis at a later date if required.

However, it should be noted that the two modes of analysis (by age and by period preceding the assessment) provide different information. Indicators calculated according to periods of age in years are subject to memory bias because the period to be recalled varies according to age. Clearly, for example, a 25-year-old is likely to find it much easier than someone aged 80 years to recall what happened between the ages of 1 and 19. When indicators are calculated according to years prior to the assessment, memory is less subject to age variation. All subjects are required to cast their minds back by the same amount (say the last 20 years), whatever their age. However, age may have an influence due to the decline in memory accuracy that may occur as people grow older.

The quantification of physical activity is a research area in which it is difficult to validate new tools because of the lack of a gold standard. In the present study, total daily energy expenditure (basal metabolism plus physical activity) was compared with recommended nutritional intake. Components of total daily energy expenditure are described in the literature (21, 22). The comparison between total energy expenditure and recommended nutritional intake suggests that QUANTAP provides a reasonable estimation of the former. Recommended nutritional intakes do not necessarily reflect behavior. These values allow to show consistency between actual

and recommended quantity. The correlation of percent body fat to each physical activity dimension was also calculated. A recent study has shown that over 65% of variance in fat mass is genetic, with only 35% due to environmental factors (23). Thus, only moderate correlation with physical activity is to be expected.

The present study demonstrates that QUANTAP helps provide reliable information about the lifetime physical activity of subjects. The results are verifiable whether the questionnaire is administered on two occasions by the same interviewer or two different ones. That subjects in the sample assessed for intra-observer reliability were older than those in the inter-observer reliability sample may explain the lower agreement in the former.

A previous study showed that data concerning historical physical activity obtained by questionnaire had acceptable reliability, for a group of elderly women, when kappa statistics and Spearman correlation were used (24). In another study, recall of long-term physical activity appeared to be reliable despite an interval of up to 10 years; recall of vigorous activity was more accurate, when using Pearson and Spearman correlation (25). A lifetime total physical activity questionnaire was developed and found to be highly reliable, using Pearson correlation (26).

The present sample consisted of elderly people who had not practised much sport because of the conditions under which their generation lived when young. More recent generations tend to have been more active during their leisure time than elderly people. Elderly individuals were chosen because of the longer periods of assessment their lifetimes represented. However, further study is necessary to fully document the reliability of QUANTAP in younger subjects.

Physical activity is difficult to measure for a number of reasons, not least because the diversity of its forms, definitions, conditions of practice, and impact make it hard to draw conclusions over long periods of time. Indicators of energy expenditure are not an accurate measure of physical activity, being highly dependent on factors such as age, sex, weather, and level of practice. It is therefore necessary to produce new

indicators, particularly taking into account the regularity of physical activity over time.

QUANTAP is a new standardized tool developed to test the hypothesis that past physical activity predicts current physical characteristics. Computer assistance is an important aid to data collection, as well as to the rapid computation of indicators. QUANTAP can be adapted for use in other countries by integrating alternative parameters into the on-screen assistance facility. QUANTAP can be administered to children as well as to elderly people and other adults in order to explore the influence of past physical activity on current health. It is a promising tool with which to investigate exercise habits over long historical periods, taking account of a variety of physical activities. Those properties are necessary for the conduct of studies exploring the impact of lifelong physical activity on current health.

Acknowledgments

We are very grateful to the staff of the GENAPPA, to Dr. C. Aubry (Center of Preventive Medicine, Vandoeuvre-les-Nancy, France), and to S. Hercberg (CNAM, Paris, France). Special thanks are also extended to Prof. S. Briançon.

REFERENCES

1. Kriska AM, Caspersen CJ. A collection of physical activity questionnaires for health-related research. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29 (Suppl.).
2. Montoye HJ, Kemper HCG, Saris WHM, et al. Measuring physical activity and energy expenditure. Champaign, IL: Human Kinetics, 1996.
3. Vuillemin A, Denis G, Guillemin F, et al. Revue des questionnaires d'évaluation de l'activité physique. *Rev Epidemiol Sante Publique* 1998;46:49-55.
4. Paffenbarger RS, Jr., Blair SN, Lee IM, et al. Measurement of physical activity to assess health in free-living populations. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25:60-70.
5. Shinton R, Sager G. Lifelong exercise and stroke. *Br Med J* 1993;307:231-34.

6. Frändin K, Mellström D, Sundh V, et al. A life span perspective on patterns of physical activity and functional performance at the age of 76. *Gerontology* 1995;41:109-20.
7. Greendale GA, Barrett-Connor E, Edelstein S, et al. Lifetime leisure exercise and osteoporosis. The Rancho Bernardo study. *Am J Epidemiol* 1995;141:951-59.
8. Vuillemin A, Denis G, Guillemin F, et al. Quantap : fondements d'un systeme de quantification de l'activite physique passee. *Annee Gerontol* (in press) (French).
9. Ainsworth BE, Haskell WL, Leon AS, et al. Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25:71-80.
10. Dupin H, Abraham J, Giachetti I. Apports nutritionnels conseillés pour la population française. Paris: TEC & DOC, Lavoisier, 1992.
11. FAO/OMS/UNU. Besoins énergétiques et besoins en protéines. Genève: OMS, Série de Rapports techniques, 724, 1986.
12. Campbell WW, Crim MC, Young VR, et al. Increased energy requirements and changes in body composition with resistance training in older adults. *Am J Clin Nutr* 1994;60:167-75.
13. Dengel DR, Hagberg JM, Coon PJ, et al. Comparable effects of diet and exercise on body composition and lipoproteins in older men. *Med Sci Sports Exerc* 1994; 26:1307-15.
14. Miller WC, Koceja DM., Hamilton EJ. A meta-analysis of the past 25 years of weight loss research using diet, exercise or diet plus exercise intervention. *Int J Obes* 1997;21:941-47.
15. Westerterp KR, Goran MI. Relationship between physical activity related energy expenditure and body composition: a gender difference. *Int J Obes* 1997;21:184-88.
16. Fleiss JL. Reliability of measurement. In: Fleiss JL eds. *The design and analysis of clinical experiments*. John Wiley & sons, 1986.
17. Green JS, Crouse SF. Endurance training, cardiovascular function and the aged. *Sports Med* 1993;16:331-41.

18. Sforzo GA, McManis BG, Black D, et al. Resilience to exercise detraining in healthy older adults. *J Am Geriatr Soc* 1995;43:209-15.
19. Staron RS, Leonardi MJ, Karapondo DL, et al. Strength and skeletal muscle adaptations in heavy-resistance-trained women after detraining and retraining. *J Appl Physiol* 1991;70:631-40.
20. Lissner L, Bengtsson C, Björkelund C, et al. Physical activity levels and changes in relation to longevity. *Am J Epidemiol* 1996;143:54-62.
21. DeLany JP, Lovejoy JC. Energy expenditure. *Endocrinol Metab Clin North Am* 1996;25:831-46.
22. Swinburn BA, Ravussin E. Energy and macronutrient metabolism. *Baillieres Clin Endocrinol Metab* 1994;8:527-48.
23. Nguyen TV, Howard GM, Kelly PJ, Eisman JA. Bone mass, lean mass, and fat mass: same genes or same environments ? *Am J Epidemiol* 1998;147:3-16.
24. Kriska AM, Black-Sandler R, Cauley JA, et al. The assessment of historical physical activity and its relation to adult bone parameters. *Am J Epidemiol* 1988;127:1053-63.
25. Blair SN, Dowda M, Pate RR, et al. Reliability of long-term recall of participation in physical activity by middle-aged men and women. *Am J Epidemiol* 1991;133:266-75.
26. Friedenreich CM, Courneya KS, Bryant HE. The lifetime total physical activity questionnaire: development and reliability. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:266-74.

TABLE 1. Physical characteristics of subjects, mean (SD)

	Males	Females	Total
n	146	273	419
Age (years)	52.3 ± 19.8	54.3 ± 19.8	53.6 ± 19.8
Height (cm)	173.3 ± 6.5	161.8 ± 6.3	165.9 ± 8.6
Weight (kg)	75.7 ± 12.2	61.8 ± 11.3	66.7 ± 13.3
BMI (kg/m ²)	25.1 ± 4.1	23.7 ± 4.5	24.2 ± 4.4

TABLE 2. Physical activity among males according to age and to period in years prior to assessment in each dimension, mean (SD)

	Males							
	n(†)	By age		n(†)	By years prior to assessment			
		Hours per year	METs per year		Hours per year	METs per year		
Sport at school (17,8 % never participated)	146	1-19 years	41.7 ± 32.2**	205 ± 158**	146	past 20 years	12.5 ± 24.9**	61 ± 122**
					133	21-40 years previously	13.5 ± 25.5	66 ± 125
					105	41-60 years previously	21.6 ± 29.8***	106 ± 146***
					61	61-80 years previously	10.6 ± 16.4	52 ± 81
Leisure sport (13 % never participated)	146	1-19 years	51.2 ± 80.4****	394 ± 699****	146	past 20 years	103.9 ± 141.4****	631 ± 809****
	133	20-39 years	69.5 ± 120.2****	470 ± 741****	133	21-40 years previously	47.7 ± 83.7**	332 ± 659***
	107	40-59 years	81.3 ± 134.0****	470 ± 745****	105	41-60 years previously	39.1 ± 76.1****	291 ± 617****
	65	60-79 years	148.0 ± 208.1**	742 ± 1151****	61	61-80 years previously	10.9 ± 32.7****	69 ± 200****
Occupation (13.7 % never participated)	146	1-19 years	296.8 ± 357.4***	1607 ± 2356****	146	past 20 years	1155.7 ± 863.2*	4866 ± 4751****
	133	20-39 years	1825.6 ± 728.0*	8117 ± 5572****	133	21-40 years previously	1454.3 ± 1076.7****	6601 ± 6316****
	107	40-59 years	1984.0 ± 674.0****	8341 ± 5409****	105	41-60 years previously	802.9 ± 804.0****	4027 ± 4743****
	65	60-79 years	182.8 ± 337.3	844 ± 1834	61	61-80 years previously	114.1 ± 361.9	465 ± 1713
Daily activities	146	1-19 years	621.7 ± 16.5	907 ± 271	146	past 20 years	680.9 ± 88.6	1265 ± 405
	133	20-39 years	722.7 ± 44.3	1312 ± 414	133	21-40 years previously	605.2 ± 214.6**	1137 ± 411
	107	40-59 years	641.0 ± 47.6	1291 ± 338	105	41-60 years previously	669.2 ± 173.5	1099 ± 440
	65	60-79 years	662.7 ± 54.1*	1373 ± 309	61	61-80 years previously	446.6 ± 187.9	587 ± 335
Total	146	1-19 years	970.7 ± 369.2	3062 ± 2377****	146	past 20 years	1907.6 ± 852.8*	6742 ± 4794****
	133	20-39 years	2566.6 ± 735.2	9812 ± 5659****	133	21-40 years previously	2071.3 ± 1177.9****	7977 ± 6588****
	107	40-59 years	2646.4 ± 721.2****	9981 ± 5571****	105	41-60 years previously	1387.6 ± 1011.7****	5291 ± 5150****
	65	60-79 years	911.9 ± 418.3	2788 ± 2102	61	61-80 years previously	421.7 ± 519.5	963 ± 1964

significant difference between sex: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$; **** $p < 0.0001$

(†) number of subjects differs between the two indicators because those contributing for activities at the age of 0-1 year are excluded from the class

TABLE 3. Physical activity among females according to age and to period in years prior to assessment in each dimension, mean (SD)

		Females					
		By age			By years prior to assessment		
	n	Hours per year	METs per year	n	Hours per year	METs per year	
Sport at school (21.6 % never participated)	273 1-19 years	32.5 ± 28.9	160 ± 142	273 past 20 years	9.5 ± 20.3	46 ± 99	
				250 21-40 years previously	12.0 ± 24.2	59 ± 118	
				199 41-60 years previously	14.3 ± 23.4	70 ± 115	
				116 61-80 years previously	11.3 ± 15.1	56 ± 74	
Leisure sport (24.2 % never participated)	273 1-19 years	19.8 ± 49.3	117 ± 258	273 past 20 years	57.3 ± 85.8	274 ± 404	
	252 20-39 years	31.0 ± 69.6	165 ± 416	250 21-40 years previously	23.7 ± 86.4	136 ± 523	
	201 40-59 years	40.9 ± 75.2	194 ± 425	199 41-60 years previously	11.7 ± 34.8	59 ± 170	
	122 60-79 years	84.8 ± 138.7	354 ± 583	116 61-80 years previously	2.6 ± 8.9	12 ± 37	
Occupation (16.5 % never participated)	273 1-19 years	215.0 ± 307.6	842 ± 1474	273 past 20 years	631.5 ± 709.6	2310 ± 2958	
	252 20-39 years	961.1 ± 757.9	3281 ± 3184	250 21-40 years previously	693.7 ± 824.2	2363 ± 3117	
	201 40-59 years	984.8 ± 889.0	3583 ± 3816	199 41-60 years previously	450.3 ± 610.6	1638 ± 2635	
	122 60-79 years	173.9 ± 489.0	612 ± 1786	116 61-80 years previously	167.8 ± 448.2	635 ± 1770	
Daily activities	273 1-19 years	622.0 ± 16.4	945 ± 250	273 past 20 years	683.5 ± 96.3	1303 ± 407	
	252 20-39 years	719.0 ± 39.9	1398 ± 369	250 21-40 years previously	641.1 ± 165.5	1223 ± 437	
	201 40-59 years	641.0 ± 50.8	1382 ± 389	199 41-60 years previously	633.9 ± 192.2	1090 ± 468	
	122 60-79 years	673.8 ± 61.3	1348 ± 414	116 61-80 years previously	520.9 ± 168.6	732 ± 306	
Total	273 1-19 years	822.6 ± 368.1	1967 ± 1499	273 past 20 years	1308.2 ± 736.6	3802 ± 2985	
	252 20-39 years	1628.8 ± 782.7	4692 ± 3264	250 21-40 years previously	1279.0 ± 890.3	3588 ± 3256	
	201 40-59 years	1574.1 ± 917.3	4961 ± 3853	199 41-60 years previously	977.3 ± 755.3	2627 ± 2888	
	122 60-79 years	800.0 ± 582.9	2049 ± 1925	116 61-80 years previously	523.3 ± 632.1	1184 ± 2004	

TABLE 4. Age-adjusted correlation between physical activity and percent body fat in males expressed as a partial correlation coefficient

		Males			By years prior to assessment			
		By age						
	n	Hours per year	METs per year	n	Hours per year	METs per year		
Sport at school	87	1-19 years	- 0.22*	- 0.22*	87	past 20 years	- 0.41***	- 0.41***
				83	21-40 years previously	- 0.05	- 0.16	
				62	41-60 years previously	- 0.19	- 0.19	
				40	61-80 years previously	- 0.01	- 0.01	
Leisure sport	87	1-19 years	- 0.00	0.09	87	past 20 years	- 0.26*	- 0.26*
	83	20-39 years	- 0.18	- 0.16	83	21-40 years previously	- 0.05	- 0.02
	63	40-59 years	- 0.27*	- 0.30*	62	41-60 years previously	- 0.03	- 0.04
	42	60-79 years	- 0.36*	- 0.45**	40	61-80 years previously	- 0.26	- 0.17
Occupation	87	1-19 years	0.12	0.14	87	past 20 years	0.25*	0.25*
	83	20-39 years	0.35***	0.34**	83	21-40 years previously	0.40***	0.37**
	63	40-59 years	0.29*	0.27*	62	41-60 years previously	0.23	0.25*
	42	60-79 years	0.07	0.09	40	61-80 years previously	- 0.12	- 0.10
Daily activities	87	1-19 years	0.02	- 0.03	87	past 20 years	- 0.02	- 0.05
	83	20-39 years	0.00	- 0.06	83	21-40 years previously	0.06	0.05
	63	40-59 years	0.00	0.05	62	41-60 years previously	0.17	0.15
	42	60-79 years	0.12	0.18	40	61-80 years previously	0.11	0.10
Total	87	1-19 years	0.11	0.13	87	past 20 years	0.19	0.19
	83	20-39 years	0.27*	0.29**	83	21-40 years previously	0.39***	0.37***
	63	40-59 years	0.19	0.22	62	41-60 years previously	0.24	0.25*
	42	60-79 years	0.02	- 0.06	40	61-80 years previously	- 0.05	- 0.09

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

TABLE 5. Age-adjusted correlation between physical activity and percent body fat in females expressed as a partial correlation coefficient

	Females							
	By age			By years prior to assessment				
	n	Hours per year	METs per year	n	Hours per year	METs per year		
Sport at school	207	1-19 years	0.04	0.04	207	past 20 years	- 0.48***	- 0.48***
	190	20-39 years	- 0.06	- 0.06	190	21-40 years previously	- 0.06	- 0.06
	148	40-59 years	0.10	0.10	148	41-60 years previously	0.10	0.10
	89	60-79 years	0.06	0.06	89	61-80 years previously	0.06	0.06
Leisure sport	207	1-19 years	- 0.01	- 0.02	207	past 20 years	- 0.31***	- 0.29***
	192	20-39 years	- 0.14	- 0.08	190	21-40 years previously	0.00	0.00
	150	40-59 years	- 0.22**	- 0.19*	148	41-60 years previously	- 0.07	- 0.08
	95	60-79 years	- 0.29**	- 0.31**	89	61-80 years previously	- 0.32**	- 0.30**
Occupation	207	1-19 years	0.07	0.08	207	past 20 years	0.21**	0.16*
	192	20-39 years	0.06	0.04	190	21-40 years previously	0.19**	0.14
	150	40-59 years	0.11	0.07	148	41-60 years previously	0.03	0.06
	95	60-79 years	- 0.01	- 0.01	89	61-80 years previously	0.00	0.08
Daily activities	207	1-19 years	- 0.05	0.08	207	past 20 years	- 0.09	0.01
	192	20-39 years	- 0.08	- 0.00	190	21-40 years previously	0.03	0.06
	150	40-59 years	- 0.09	- 0.08	148	41-60 years previously	0.05	0.08
	95	60-79 years	0.07	- 0.01	89	61-80 years previously	0.08	0.11
Total	207	0-19 years	0.03	0.10	207	past 20 years	0.13	0.11
	192	20-39 years	0.02	0.02	190	21-40 years previously	0.18*	0.14*
	150	40-59 years	0.06	0.03	148	41-60 years previously	0.05	0.08
	95	60-79 years	- 0.06	- 0.12	89	61-80 years previously	0.03	0.10

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

TABLE 6. Age-adjusted correlation between physical activity in the previous year and percent body fat expressed as a partial correlation coefficient

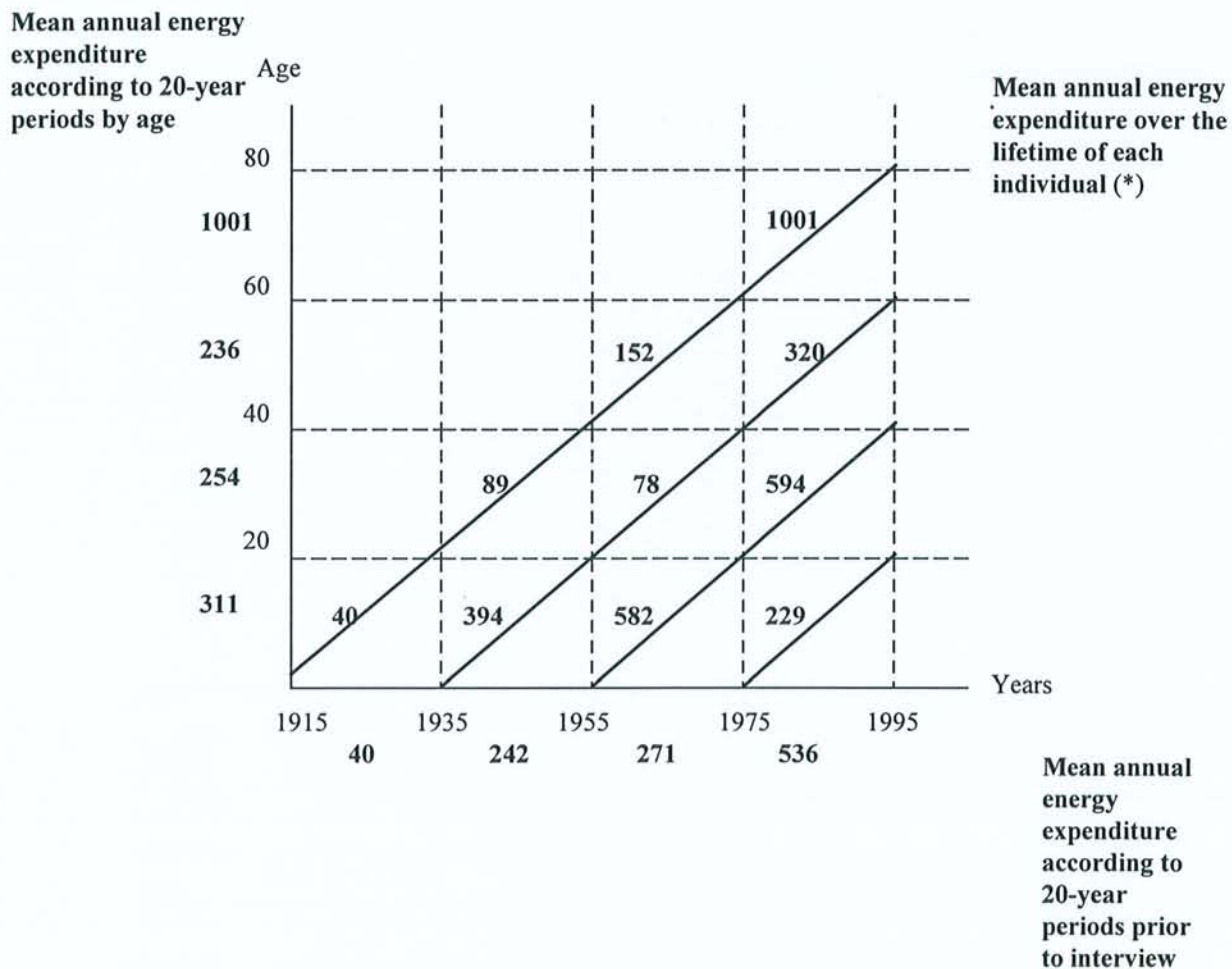
	Males (n = 87)		Females (n = 207)	
	Hours per year	METs per year	Hours per year	METs per year
Sport at school	- 0.14	- 0.14	- 0.18*	- 0.18*
Leisure Sport	- 0.19	- 0.23*	- 0.21**	- 0.21**
Occupation	0.11	0.07	0.00	- 0.01
Daily activities	- 0.09	- 0.08	- 0.14*	- 0.07
Total	0.04	0.00	- 0.10	- 0.07

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

TABLE 7. Concordance between the two administrations (rho=intra-class correlation coefficient)

	By age	Reliability								
		Inter-observer		Intra-observer		By years prior to assessment		Inter-observer		Intra-observer
		n	rho	n	rho		n	rho	n	rho
Sport at school	1-19 years	30	0.94	30	0.59	41-60 years previously	30	0.96	30	0.67
						61-80 years previously	20	0.89	28	0.64
Leisure sport	1-19 years	30	0.85	30	0.96	past 20 years	30	0.70	30	0.78
	20-39 years	30	0.88	30	0.78	21-40 years previously	30	0.85	30	0.56
	40-59 years	30	0.61	30	0.77	41-60 years previously	30	0.85	30	0.95
	60-79 years	21	0.86	29	0.91	61-80 years previously	20	0.42	28	0.83
Occupation	1-19 years	30	0.92	30	0.72	past 20 years	30	0.95	30	0.77
	20-39 years	30	0.91	30	0.70	21-40 years previously	30	0.90	30	0.79
	40-59 years	30	0.89	30	0.75	41-60 years previously	30	0.87	30	0.64
	60-79 years	21	0.97	29	0.64	61-80 years previously	20	0.99	28	0.85
Daily activities	1-19 years	30	0.47	30	0.45	past 20 years	30	0.64	30	0.71
	20-39 years	30	0.83	30	0.75	21-40 years previously	30	0.77	30	0.77
	40-59 years	30	0.67	30	0.70	41-60 years previously	30	0.80	30	0.78
	60-79 years	21	0.65	29	0.68	61-80 years previously	20	0.93	28	0.81
Total	1-19 years	30	0.91	30	0.70	past 20 years	30	0.95	30	0.82
	20-39 years	30	0.92	30	0.70	21-40 years previously	30	0.91	30	0.80
	40-59 years	30	0.90	30	0.78	41-60 years previously	30	0.87	30	0.64
	60-79 years	21	0.85	29	0.72	61-80 years previously	20	0.98	28	0.83

FIGURE 1. Leisure sport data gathered using QUANTAP in four individuals interviewed in 1995, expressed in METs per year for 20-year periods by age (row) and by years prior to assessment (column)



(*) Each diagonal line represents the lifetime leisure sport activity of one of four individuals born in 1915, 1935, 1955 or 1975, expressed in mean energy expenditure per year over each 20-year period.

ANNEXE 7

Influence of lifetime physical activity on bone mineral density

Vuillemin A, Guillemin F, Jouanny P, Denis G, Jeandel C

Abstract (248 words)

Genetic factors play an important role in determining bone mineral density (BMD) but physical activity may partly contribute to optimize peak bone mass during youth and maintain or even reduce bone loss during life. The study investigate the relationship between BMD measured at various site and lifetime physical activity in 285 men and women aged 18 years and older. Total body, femoral neck and lumbar spine BMD were measured by dual energy x-ray absorptiometry. Physical activity was assessed using the QUANTAP system for specific periods of life (by age or by years prior to assessment) and over lifetime. Linear regression models controlling for sex, age, height, body weight, smoking habits and lean mass for males and females combined, and for number of pregnancy, pill and menopausal treatment for females. No association between specific periods of life or lifetime physical activity and total body BMD was found. A higher level of sport activities during childhood-teenage years is link with a higher BMD at lumbar spine ($p < 0.001$) whereas a higher level of other activities during late adulthood is link with a lower BMD at femoral neck ($p < 0.01$). A higher level of BMD at femoral neck was found in subjects reporting a higher level of sport activities during past 20 years ($p < 0.05$). The results indicate that sport activities practice during the crucial years of peak bone mass development is important for lumbar spine BMD and more recent sport activities appear important for femoral neck BMD.

Keywords: bone mass - exercise - dual energy x-ray absorptiometry - retrospective studies - questionnaire

INTRODUCTION

Bone mineral density (BMD) is under the influence of genetic and environmental factors (Kahn et al. 1994, Jouanny et al. 1995, Ward et al. 1995, Lonzer et al. 1996, Salamone et al. 1996, Nguyen et al. 1998). Among these environmental factors, physical activity is considered a good mean to prevent bone loss (Snow-Harter et al. 1991, Bouxsein and Marcus 1994, Chilibeck et al. 1995) and perceived as therapy for osteoporosis (Prior et al. 1996). Consequences of low bone mineral density, such as osteoporosis, is well documented and represent a major problem of public health (Center and Eisman 1997, Cumming et al. 1997). In studies designed to investigate the relationship between BMD and physical activity two approaches may be underlined. Interventional studies examine the effects of a training program on BMD (Dalsky et al. 1988, Menkes et al. 1993, Bravo et al. 1996, Heinonen et al. 1998, Ryan et al. 1998). Observational studies compare the BMD of athletes (former athletes or regular exercisers) and sedentary controls (or minimal training) (Karlsson et al. 1995, Etherington et al. 1996, Good paster et al. 1996, Dook et al. 1997) or investigate the relationship between physical activity level and BMD in the general population. A growing number of studies are interested in the role of physical activity practice over life or during specific periods on BMD (Kriska et al. 1988, Greendale et al. 1995, Jaglal et al. 1995, Ulrich et al. 1996, Bidoli et al. 1998, Brahm et al. 1998). This approach allow to show the interest of physical activity practice during different periods of life and contribute to determine which periods are more important. The aim of the study was to assess the relationship between bone mineral density measured at various sites and physical activity over lifetime as well as during defined periods of life.

MATERIALS AND METHODS

Subjects

The study was conducted at Nancy-Brabois University Hospital (France) and was approved by the ethics committee of Lorraine county. The sample was constituted of 285 men and women volunteer to participate. Inclusion criteria were Caucasian individuals in apparent good health aged 18 years and older. All the subjects were

community-based and recruited from cultural associations. They were included in the study after signing an informed consent.

Bone Mineral Density Measurements

Bone Mineral Density (BMD) was assessed by dual-energy x-ray absorptiometry (DEXA) (Lunar®, Wisconsin, USA) (Sievänen et al. 1992) which also provides body composition (fat mass and lean mass). BMD at the lumbar spine (L2-L4) and the femoral neck as well as of the total body was measured and expressed in g/cm². The advantage of dual-energy x-ray absorptiometry is that requires only 10 or 20 minutes, involves a minimal radiation dose and provides precise composition analysis (Mazess et al. 1990).

Physical activity assessment

Physical activity was assessed using QUANTAP system, a standardized and structured computer-assisted interview tool designed to assess lifetime physical activity (Vuillemin et al.). Informations were recorded on four dimensions: sport at school, leisure sport (recreational or competitive), occupational activity, and daily activities (gardening, odd-jobs, housework, travel on foot or by bicycle, and musical and artistic activities). Data collection was performed by a trained interviewer. Indicators of energy expenditure are calculated for each dimension and expressed in METs-hour per year. Sport at school and leisure sport were summed to provide an indicator of sport activities, and occupational and daily activities were summed to provide an indicator of other activities. Only these two latter indicators (sport and other activities) were used in the study. Each indicator was calculated over whole lifetime, for 20-year periods characterized by age (1-19 years, 20-39 years, 40-59 years, 60-79 years) and by 20 years prior to interview (past 20 years, 21-40 years previously, 41-60 years previously, 61-80 years previously).

Other variables

The body mass index (BMI) was expressed as weight (in kg) per square height (in m). The lean mass was measured during absorptiometry and expressed in kilogram (kg). Dietary calcium intake was estimated from a food-frequency self-administered

questionnaire (Fardellone et al. 1991) adapted from Cummings et al. (1987), involving 20 common foods rich in calcium. The mean values were expressed in milligrams (mg) of calcium per day. Smoking and alcohol consumption, as well as informations about the number of pregnancy, menopausal treatment and pill were collected during an interview conducted by a medical doctor. Smoking was recorded in two categories: ever smoked (current and past) and never smoked. Alcohol consumption was separated in two categories: light drinkers (daily consumption less than one-quarter liter of wine or beer, or less than one drink of liquor) and heavy drinkers (daily consumption more than one-quarter liter of wine or beer, or more than one drink of liquor). Females were asked if they ever took pill (during one year or more) (yes/no), how many pregnancy they have had (number of pregnancy) and if they have received a menopausal replacement therapy (yes/no).

Statistical Analysis

Data were analysed using the BMDP statistical package (BMDP[®] Statistical Software). Descriptive statistics (mean \pm standard deviation) were calculated to present the characteristics of the sample. The relationship between BMD and physical characteristics on one hand and physical activity indicators on the other hand was estimated by Pearson's correlation coefficient. Differences between groups were tested using a t-test. Variables that were associated with BMD in univariate analysis ($p < 0.20$) were examined by a stepwise multiple linear regression. Three models were fitted according to physical activity indicators calculated by age of practice, by years of practice prior to assessment, or over lifetime. Final models retained variables at $p < 0.05$. Two major variables (sex and age) were forced in each model performed. The validity of the models retained was assessed with multiple R^2 which represent the part of BMD variance explained by the covariates.

RESULTS

The study involved 285 subjects: 87 males and 198 females aged 18 to 90 years (55.3 ± 18.7 years). Characteristics of the subjects are presented in Table 1. BMD values, smoking habits and alcohol consumption were significantly higher in males compared to females ($p < 0.0001$).

Significant correlation coefficients were found between BMD and physical characteristics (age, height, weight, BMI, lean mass). BMD decrease significantly with increasing age whereas a higher height, weight, BMI or lean mass was associated with a higher value of BMD at the three sites of measurement. Mean values of total body, femoral neck and lumbar spine BMD were significantly higher in smokers or former smokers ($n = 84$) compared to non smokers ($n = 196$) but these relation are not significant after adjustment on sex. Calcium intake was correlated with total body BMD at $p < 0.20$ and no significant difference was found in BMD between light ($n = 168$) and heavy drinkers ($n = 112$). In females, a higher number of pregnancy was associated with lower BMDs and higher values of BMD were found in females who ever took pill ($n = 45$) or received a menopausal replacement therapy ($n = 42$). These results are presented in Table 2 and Table 3.

The results of the univariate analysis are shown in Table 4. For indicators calculated by age of practice, higher BMDs (total body, femoral neck, lumbar spine) was found in subjects reporting higher sport activities level during childhood-teenage years (1-19 years) and early adulthood (20-39 years), and during early adulthood (20-39 years) and reporting higher amount of other activities during midadulthood (40-59 years). Additionally, femoral neck BMD was higher when increasing sport activities practice during midadulthood (40-59 years) and lower when increasing other activities during childhood-teenage years (1-19 years) and late adulthood (60-79 years). For indicators calculated by years of practice prior to assessment, higher total body BMD was associated with sport activities 41-60 years previously, higher femoral neck BMD was associated with sport activities during past 20 years, 21-40 years previously and 41-60 years previously, and higher lumbar spine BMD with sport activities during past 20 years, 41-60 years previously and 61-80 years previously. Considering other activities, higher BMD was related to past 20 years for total body and lumbar spine. The 21-40 years previously were associated with higher total body BMD but lower femoral neck BMD. Either total body and femoral neck BMD were inversely correlated with 61-80 years previously. Lifetime sport activities was correlated with total body, femoral neck and lumbar spine BMD whereas other activities were only correlated with total body BMD.

Tables 5-10 present multiple linear regression models fitted to data for total body, femoral neck and lumbar spine BMD. Intermediary models were fitted with each physical activity indicators before performing the three one shown. Tables 5-7 show the results obtained with males and females combined whereas Tables 8-10 present the results for females only, integrating additional variables (number of pregnancy, pill and menopausal treatment).

Considering the models integrating physical activity indicators calculated by age of practice, total body BMD appeared to depend on 3 variables: sex, age and body weight ($R^2 = 0.616$). Femoral neck BMD was explained by 4 variables: sex, age, body weight and interaction between age and other activities during late adulthood ($R^2 = 0.474$). For lumbar spine, 5 variables were identified as significant and independent predictors of BMD: sex, age, body weight, smoking and sport activities during childhood-teenage years ($R^2 = 0.398$). In females only, total body BMD was explained by 3 variables: age, body weight and menopausal treatment ($R^2 = 0.516$), femoral neck BMD was also explained by 4 variables: age, lean mass, other activities during late adulthood and body weight ($R^2 = 0.508$), and lumbar spine BMD was explained by 4 variables: age, body weight, menopausal treatment and sport activities during childhood-teenage years ($R^2 = 0.389$).

Considering the models integrating physical activity indicators calculated by years of practice prior to assessment, total body BMD appeared to depend on 3 variables: sex, age and body weight ($R^2 = 0.620$). Femoral neck BMD was explained by 5 variables: sex, age, body weight, past 20 years other activities and past 20 years sport activities ($R^2 = 0.497$). For lumbar spine, 4 variables were identified as significant and independent predictors of BMD: sex, age, body weight and sport activities 61-80 years previously ($R^2 = 0.383$). In females only, total body BMD was explained by 4 variables : age, body weight, lean mass and height ($R^2 = 0.547$), femoral neck BMD was explained by 4 variables: age, lean mass, height and past 20 years other activities ($R^2 = 0.535$), and lumbar spine BMD was explained by 3 variables: age, body weight and menopausal treatment ($R^2 = 0.338$).

Considering lifetime physical activity, total body and femoral neck BMD were explained by 5 variables: sex, age, interaction between sex and age, body weight and interaction between sex and lean mass, $R^2 = 0.594$ and 0.558 respectively. The same

variables plus lean mass were explained lumbar spine BMD ($R^2 = 0.348$). In females, total body BMD appeared to depend on 4 variables: age, body weight, menopausal treatment and lean mass ($R^2 = 0.576$), femoral neck BMD on 3 variables: age, body weight and lean mass ($R^2 = 0.491$) and lumbar spine BMD on 3 variables: age, body weight and menopausal treatment ($R^2 = 0.365$).

DISCUSSION

Two major periods of life appear important to optimize and maintain BMD. Sport activities during youth (1-19 years or 61-80 years previously) is a good predictor of BMD at lumbar spine, but not for total body and femoral neck BMD. However, past 20 sport activities is a good predictor of BMD at femoral neck. When physical activity is considered by periods of 20 years, analyses involved subjects aged 60 years and older, because they had activity in each period determined. We can note that when analysis is performed with each physical activity indicators, and then with all subjects in the considered period, give similar results (data not shown).

In our study, measures of bone mineral density are strongly associated with current body weight as shown in most studies as well as with lean mass as shown by Nguyen et al. (1998). The results of the univariate analysis are in line with previous studies examining the effect of lifetime or defined periods of practice on bone density (Kriska et al. 1988, Greendale et al. 1995, Jaglal et al. 1995, Ulrich et al. 1996, Bidoli et al. 1998, Brahm et al. 1998). When physical activity is considered by age of practice, increasing sport activities during childhood-teenage years and early adulthood was significantly associated with higher BMDs. Previous studies have demonstrated that physical activity around 16 years is important (Kriska et al. 1988, Bidoli et al. 1998). The lack of significant association among BMDs and sport activities after 60 years old may be due to narrower distribution of practice, with too few individuals sedentary during this period of life as shown in Table 1 in which we observe a significant increase of sport activities after 60 years ($p < 0.0001$). For other activities the coefficients appeared significant during the most active period of life (20-39 years, 40-59 years).

Interaction terms (sex by age and sex by lean mass) were introduced in multiple linear regression after viewing the results of the univariate analysis. These

interactions were only significant when physical activity indicators are calculated over whole life, suggesting that sex and age and sex and lean mass show a dependent effect on BMD. BMDs appear to decrease more rapidly in females and to be higher in females with a higher lean mass. Multiple linear regression indicate that sport activities during 1-19 years independently explain lumbar spine bone mineral density, whereas femoral neck is partly explained by past 20 years sport activities. We can underline that BMD of femoral neck is also explain by interaction between age and other activities indicating a lower relation between these two factors with age. Whatever the model considered, total body BMD is only explained by physical characteristics. The part of lumbar spine BMD variance is always lower than one of total body and femoral neck BMD indicating a higher influence of genetic factors or environmental factors not considered. A study on twins have shown that the estimated heritability of BMD for lumbar spine, femoral neck, and total body BMD were 78%, 76% and 79% respectively with only 22%, 14% and 21% due to other factors (Nguyen et al. 1998).

It should be noted that the two types of indicators calculated by QUANTAP (by age of practice and by years of practice prior to assessment) have a respective interest. Indicators calculated according to periods of age in years allow to define important periods of practice in life. When indicators are calculated according to years prior to the assessment all subjects are required to cast their minds back by the same amount (say the last 20 years), whatever their age. So, it is possible to determine the number of years during which physical activity have an optimal effect. These two modes of computation allow us to show that femoral neck BMD is explain in part by past 20 years of sport activities whereas lumbar spine BMD is explain in part by sport activities during 1-19 years.

Physical activity in youth appears to be important during bone mass acquisition and essential in maintenance of bone mass during life. A recent study have demonstrated no major effects of lifetime physical activity (occupational, sport) on bone mineral density (Brahm et al. 1998). However, a study by Greendale et al. (1995) have found a protective effect of current and lifelong exercise on hip BMD but not on osteoporotic fracture. Jaglal et al. (1993) have shown an independant protective effect of current and past physical activity on the risk of hip fracture. In a mother-

daughter pairs study, lifetime weight-bearing exercise was not significantly correlated with total and peripheral BMD among mothers but positively correlated among daughter (Ulrich et al. 1996). Studies have found higher association between lifetime physical activity and bone area compared with bone density (Kriska et al. 1988, Brahm et al. 1998). The results of studies investigating the effects of current and/or past physical activity on bone mineral density remain inconsistent.

Studies involving subjects in training program provide various results. A meta-analysis by Bérard et al. (1997) shown that a moderate intensity program in postmenopausal women did not appear effective for preventing forearm and femoral bone loss but had a beneficial effect on lumbar spine bone mineral density. Some studies have shown that an exercise training may increase lumbar spine bone mass in females aged 55 to 70 years (Dalsky et al. 1988) and femoral neck BMD in males aged 50 to 70 years (Menkes et al. 1993). However, the majority of intervention studies have shown a positive effect of physical activity in maintaining or even reducing bone loss in both males and females (Bravo et al. 1996, McCartney et al. 1996, Heinonen et al. 1998, Ryan et al. 1998).

The results of studies involving athletes or former athletes are also unclear. A study by Karlsson et al. (1995) have found no difference between total body and spine BMD of former weight lifters and of controls after 65 years whereas BMDs at age 50-64 were significantly higher in ex-weight lifters. Goodpaster et al. (1996) have demonstrated that former competitive distance runners who have sustained running training have no significantly different lumbar vertebrae or hip region BMD compared to individuals who run less or not at all. However, cross-sectional studies comparing the bone mass of athletes or regular exercisers with controls have shown higher level of bone mineral density in more active subjects (Lane et al. 1990, Michel et al. 1992, Dook et al. 1997, Taaffe et al. 1997). Etherington et al. (1996) have found a beneficial effect of exercise even after cessation of sporting activity in female elite athletes.

Studies suggest that individuals are able to increase their lumbar spine bone density by exercising, but BMD decrease if the activity is stopped or interrupted (Dalsky et al. 1988, Lane et al. 1990, Michel et al. 1992). The type of physical activity

performed have also a significant influence on bone density (Taaffe et al. 1997, Nordstrom et al. 1998).

Our findings and findings of previous studies tend to confirm that investigating relationship between physical activity and bone mineral density is complex, partly due to the difficulty to assess lifetime physical activity and to provide indicators accounting for its different dimensions. The determination of type, frequency and intensity of physical activity to optimize bone mass acquisition during youth and maintain or increase bone mineral density during life need further investigation in various age population, particularly in elderly because of the longer periods of assessment their lifetimes represent.

REFERENCES

- Bérard A, Bravo G, Gauthier P 1997 Meta-analysis of the effectiveness of physical activity for the prevention of bone loss in postmenopausal women. *Osteoporos Int* 7:331-337.
- Bidoli E, Schinella D, Franceschi S 1998 Physical activity and bone mineral density in Italian middle-aged women. *Eur J Epidemiol* 14:153-157.
- Brahm H, Mallmin H, Michaëlsson K, Ström H, Ljunghall S 1998 Relationships between bone mass measurements and lifetime physical activity in a Swedish population. *Calcif Tissue Int* 62:400-412.
- Bouxsein ML, Marcus R 1994 Overview of exercise and bone mass. *Rheum Dis Clin North Am* 20:787-802.
- Bravo G, Gauthier P, Roy PM, Payette H, Gaulin P, Harvey M, Péloquin L, Dubois MF 1996 Impact of a 12-month exercise program on the physical and psychological health of osteopenic women. *J Am Geriatr Soc* 44:756-762.
- Center J, Eisman J 1997 The epidemiology and pathogenesis of osteoporosis. *Baill Clin Endocrinol Metab* 11:23-62.
- Chilibeck PD, Sale DG, Webber CE 1995 Exercise and bone mineral density. *Sports Med* 19:103-122.
- Cumming RG, Nevitt MC, Cummings SR 1997 Epidemiology of hip fractures. *Epidemiol Rev* 19:244-257.

- Cummings SR, Block G, McHenry K, Baron RB 1987 Evaluation of two food frequency methods of measuring dietary calcium intake. *Am J Epidemiol* 126:796-802.
- Dalsky GP, Stocke KS, Ehsani AA, Slatopolsky E, Lee WC, Birge SJ 1988 Weight-bearing exercise training and lumbar bone mineral content in postmenopausal women. *Ann Int Med* 108:824-828.
- Dook JE, James C, Henderson NK, Price RI 1997 Exercise and bone mineral density in mature female athletes. *Med Sci Sports Exerc* 29:291-296.
- Etherington J, Harris PA, Nandra D, Hart DJ, Wolman RL, Doyle DV, Spector TD 1996 The effect of weight-bearing exercise on bone mineral density: a study of female ex-elite athletes and the general population. *J Bone Miner Res* 11:1333-1338.
- Fardellone P, Sebert JL, Bouraya M, Bonidan O, Leclercq G, Doutrelot C, Bellony R, Dubreuil A 1991 Evaluation de la teneur en calcium du régime alimentaire par autoquestionnaire fréquentiel. *Rev Rhum Mal Osteoartic* 58:99-103.
- Goodpaster BH, Costill DL, Trappe SW, Hughes GM 1996 The relationship of sustained exercise training and bone mineral density in aging male runners. *Scand J Med Sci Sports* 6:216-221.
- Greendale GA, Barret-Connor E, Edelstein S, Ingles S, Haile R 1995 Lifetime leisure exercise and osteoporosis. The Rancho Bernardo Study. *Am J Epidemiol* 141:951-959.
- Heinonen , Oja P, Sievanen H, Pasanen M, Vuori I 1998 Effect of two training regimens on bone mineral density in healthy perimenopausal women: a randomized controlled trial. *J Bone Miner Res* 13:483-490.
- Jaglal SB, Kreiger N, Darlington G 1993 Past and recent physical activity and risk of hip fracture. *Am J Epidemiol* 138:107-118.
- Jouanny P, Guillemin F, Kuntz C, Jeandel C, Poure J 1995 Environmental and genetic factors affecting bone mass. *Arthritis Rheum* 38:61-67.
- Kahn SA, Pace JE, Cox ML, Gau DW, Cox SAL, Hodkinson HM 1994 Osteoporosis and genetic influence: a three-generation study. *Postgrad Med J* 70:798-800.
- Karlsson MK, Johnell O, Obrant KJ 1995 Is bone mineral density advantage maintained long-term in previous weight lifters ? *Calcif Tissue Int* 57:325-328.

- Kriska AM, Black Sandler R, Cauley JA, LaPorte RE, Hom DL, Pambianco G 1988 The assessment of historical physical activity and its relation to adult bone parameters. *Am J Epidemiol* 127:1053-1063.
- Lane NE, Bloch DA, Hubert HB, Jones H, Simpson U, Fries J 1990 Running, osteoarthritis, and bone density: initial 2-year longitudinal study. *Am J Med* 88:452-459.
- Lonzer MD, Imrie R, Rogers D, Worley D, Licata A, Secic M 1996 Effects of heredity, age, weight, puberty, activity, and calcium intake on bone mineral density in children. *Clin Pediatr* 35:185-189.
- Mazess RB, Barden HS, Bisek JP, Hanson J 1990 Dual energy x-ray absorptiometry for total-body and regional bone-mineral and soft-tissue composition. *Am J Clin Nutr* 51:1106-1112.
- McCartney N, Hicks AL, Martin J, Webber CE 1996 A longitudinal trial of weight training in the elderly: continued improvements in year 2. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 51:B425-B433.
- Menkes A, Mazel S, Redmond RA, Koffler K, Libanati CR, Gundberg CM, Zizic TM, Hagberg JM, Pratley RE, Hurley BF 1993 Strength training increases regional bone mineral density and bone remodeling in middle-aged and older men. *J Appl Physiol* 74:2478-2484.
- Michel BA, Lane NE, Björkengren A, Bloch DA, Fries JF 1992 Impact of running on lumbar bone density: a 5-year longitudinal study. *J Rheumatol* 19:1759-1763.
- Nguyen TV, Howard GM, Kelly PJ, Eisman JA 1998 Bone mass, lean mass, and fat mass: same genes or same environments ? *Am J Epidemiol* 147:3-16.
- Nordstrom P, Pettersson U, Lorentzon R 1998 Type of physical activity, muscle strength, and pubertal stage as determinants of bone mineral density and bone area in adolescent boys. *J Bone Miner Res* 13:1141-1148.
- Prior JC, Barr SI, Chow R, Faulkner RA 1996 Prevention and management of osteoporosis: consensus statements from the Scientific Advisory Board of the Osteoporosis Society of Canada. 5. Physical activity as therapy for osteoporosis. *Can Med Assoc J* 155:940-944.
- Ryan AS, Treuth MS, Hunter GR, Elahi D 1998 Resistive training maintains bone mineral density in postmenopausal women. *Calcif Tissue Int* 62:295-299.

- Salamone LM, Glynn NW, Black DM, Ferrell RE, Palermo L, Epstein RS, Kuller LH, Cauley JA 1996 Determinants of premenopausal bone mineral density: the interplay of genetic and lifestyle factors. *J Bone Miner Res* 11:1557-1565.
- Sievänen H, Oja P, Vuori I 1992 Precision of dual-energy X-ray absorptiometry in determining bone mineral density and content of various skeletal sites. *J Nucl Med* 33:1137-1142.
- Snow-Harter C, Marcus R 1991 Exercise, bone mineral density, and osteoporosis. *Exerc Sports Sci Rev* 19:351-388.
- Taaffe DR, Robinson TL, Snow CM, Marcus R 1997 High-impact exercise promotes bone gain in well-trained female athletes. *J Bone Miner Res* 12:255-260.
- Ulrich CM, Georgiou CC, Snow-Harter CM, Gillis DE 1996 Bone mineral density in mother-daughter pairs: relations to lifetime exercise, lifetime milk consumption, and calcium supplements. *Am J Clin Nutr* 63:72-79.
- Vuillemin A, Guillemin F, Denis G, Huot J, Jeandel C QUANTAP: computer-assisted assessment of lifetime physical activity (submitted).
- Ward JA, Lord SR, Williams P, Anstey K, Zivanovic E 1995 Physiologic, health and lifestyle factors associated with femoral neck bone density in older women. *Bone* 16:373S-378S.

TABLE 1. Characteristics of the subjects, mean (SD)

	Males	Females	Total
n	87	198	285
Age (years)	54.1 ± 19.7	55.9 ± 18.4	55.3 ± 18.7
Height (cm)	174.0 ± 7.2	161.4 ± 6.3	165.3 ± 8.8
Weight (kg)	75.8 ± 12.7	61.6 ± 11.0	65.9 ± 13.3
BMI (kg/m ²)	25.1 ± 4.1	23.7 ± 4.5	24.1 ± 4.5
Lean mass (kg)	53.9 ± 7.0	35.9 ± 49.3	41.4 ± 10.0
Calcium intake (mg/day)	961.3 ± 320.6	932.9 ± 381.5	941.7 ± 363.4
% ever smoked	60	19	31
% heavy drinkers	57	24	41
Number of pregnancy	-	2.3 ± 1.9	-
% ever took pill	-	24	-
% menopausal treatment	-	21	-
BMD (g/cm ²)			
Total body	1.067 ± 0.109	0.951 ± 0.120	0.986 ± 0.128
Femoral neck	0.899 ± 0.153	0.807 ± 0.155	0.835 ± 0.160
Lumbar spine	1.022 ± 0.171	0.951 ± 0.180	0.973 ± 0.180
Physical activity by periods of practice (Mets-h/year)			
Sport activities by age			
1-19 years	520 ± 428	260 ± 308	339 ± 367
20-39 years	493 ± 778	197 ± 466	287 ± 593
40-59 years	487 ± 742	206 ± 464	289 ± 573
60-79 years	666 ± 898	427 ± 630	501 ± 728
Other activities by age			
1-19 years	2227 ± 2522	1590 ± 1608	1785 ± 1951
20-39 years	8338 ± 5157	4396 ± 3129	5586 ± 4251
40-59 years	9581 ± 5325	4586 ± 3743	6063 ± 4833
60-79 years	2144 ± 1909	1642 ± 1886	1796 ± 1900
Sport activities by years prior to assessment			
past 20 years	721 ± 807	348 ± 457	462 ± 610
21-40 years previously	332 ± 465	202 ± 594	241 ± 560
41-60 years previously	356 ± 558	147 ± 226	208 ± 369
61-80 years previously	147 ± 251	64 ± 80	89 ± 158
Other activities by years prior to assessment			
past 20 years	5610 ± 4158	3458 ± 2914	4115 ± 3480
21-40 years previously	6998 ± 6331	3320 ± 3261	4439 ± 4727
41-60 years previously	5155 ± 5448	2457 ± 2841	3254 ± 3983
61-80 years previously	938 ± 2153	1015 ± 2135	991 ± 2132
Lifetime sport activities	558 ± 504	272 ± 346	359 ± 421
Lifetime other activities	5388 ± 3689	3062 ± 2123	3772 ± 2898

BMI: Body Mass Index ; BMD: Bone Mineral Density

TABLE 2. Correlation between characteristics and bone mineral density (BMD)

	Total body BMD n = 285	Femoral neck BMD n = 281	Lumbar spine BMD n = 284
Age	-0.40†	-0.62†	-0.35†
Height	0.42†	0.41†	0.29†
Weight	0.59†	0.35†	0.30†
BMI	0.40†	0.17***	0.18***
Lean mass	0.62†	0.45†	0.33†
Number of pregnancy	-0.32†	-0.33†	-0.28†
Calcium intake	0.09*	0.03	0.07

* $p < 0.20$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$, † $p < 0.001$

TABLE 3. Difference of bone mineral density (BMD) values according to physical characteristics

			Total body BMD	Femoral neck BMD	Lumbar spine BMD
		n	<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>
Sex	Males	87	1.067***	0.898***	1.022*
	Females	198	0.951	0.807	0.951
Pill	Ever took	45	0.995**	0.896***	1.031***
	Never took	145	0.936	0.771	0.922
Menopausal treatment(*)	Yes	42	0.975***	0.794**	0.961**
	No	83	0.883	0.710	0.851
Smoking	Ever smoked	84	1.045***	0.885**	1.015*
	Never smoked	196	0.916	0.813	0.954
Alcohol	Light drinkers	168	0.982	0.841	0.966
	Heavy drinkers	112	0.992	0.825	0.983

* $p < 0.01$, ** $p < 0.001$, *** $p < 0.0001$

(*) in postmenopausal women

TABLE 4. Correlation between physical activity by periods of practice and bone mineral density (BMD)

		Total body BMD		Femoral neck BMD		Lumbar spine BMD	
By age		n		n		n	
Sport activities	1-19 years	285	0.34†	281	0.38†	284	0.31†
	20-39 years	275	0.12**	271	0.19***	274	0.12**
	40-59 years	213	0.02	209	0.12*	212	0.03
	60-79 years	137	-0.04	134	0.10	136	0.04
Other activities	1-19 years	285	0.05	281	-0.08*	284	-0.07
	20-39 years	275	0.24†	271	0.09*	274	0.14**
	40-59 years	213	0.31†	209	0.21***	212	0.21***
	60-79 years	137	0.00	134	-0.13*	136	0.07
By years prior to assessment							
Sport activities	past 20 years	285	0.04	281	0.15***	284	0.08*
	21-40 years previously	273	0.07	269	0.09*	272	0.05
	41-60 years previously	210	0.11*	206	0.14**	209	0.10*
	61-80 years previously	129	0.08	126	0.04	128	0.30†
Other activities	past 20 years	285	0.23†	281	0.06	284	0.14**
	21-40 years previously	273	0.14**	269	-0.09*	272	0.04
	41-60 years previously	210	0.06	206	-0.03	209	-0.01
	61-80 years previously	129	-0.20**	126	-0.18**	128	-0.09
Lifetime							
Sport activities	-	285	0.18***	281	0.29†	284	0.18***
Other activities	-	285	0.18***	281	-0.04	284	0.07

* $p < 0.20$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$, † $p < 0.001$

TABLE 5. Variables identified as significant and independent predictors of BMD by multiple regression analysis considering physical activity by age of practice in both sex combined.

	Total body BMD n = 136			Femoral neck BMD n = 133			Lumbar spine BMD n = 135		
	standardized β	change in R^2	F	standardized β	change in R^2	F	standardized β	change in R^2	F
Sex	-0.336	0.323	64.09	-0.235	0.174	27.70	-0.187	0.171	27.44
Age	-0.164	0.104	24.07	-0.195	0.125	23.28	0.039	0.014	2.25
Sex*age	-	-	2.52	-	-	3.44	-	-	10.21
Height	-	-	1.67	-	-	0.00	-	-	0.24
Body weight	0.515	0.189	65.03	0.459	0.151	36.84	0.467	0.114	21.26
Lean mass	-	-	0.49	-	-	1.01	-	-	0.05
Sex*lean mass	-	-	2.40	-	-	3.66	-	-	1.03
Smoking	-	-	0.45	-	-	3.16	-0.193	0.021	4.51
Sport activities									
1-19 years	-	-	2.42	-	-	1.30	0.319	0.078	16.29
20-39 years	-	-	1.72	-	-	0.89	-	-	0.97
40-59 years	-	-	0.55	-	-	0.47	-	-	0.19
60-79 years	-	-	0.93	-	-	2.34	-	-	0.12
Other activities									
1-19 years	-	-	0.95	-	-	0.50	-	-	0.06
20-39 years	-	-	0.00	-	-	0.03	-	-	0.07
40-59 years	-	-	0.05	-	-	0.00	-	-	0.00
60-79 years	-	-	1.41	-	-	0.15	-	-	0.09
age*60-79 years	-	-	-	-0.169	0.023	4.30	-	-	-
Total R^2	-	0.616	-	-	0.473	-	-	0.398	-

S.C.D. - U.H.P. NANCY 1
BIBLIOTHÈQUE DES SCIENCES
Rue du Jardin Botanique
54600 VILLERS-LES-NANCY

TABLE 6. Variables identified as significant and independent predictors of BMD by multiple regression analysis considering physical activity by years of practice prior to assessment in both sex combined.

	Total body BMD n = 128			Femoral neck BMD n = 125			Lumbar spine BMD n = 127		
	standardized β	change in R^2	F	standardized β	change in R^2	F	standardized β	change in R^2	F
Sex	-0.342	0.326	60.93	-0.262	0.184	27.79	-0.171	0.184	28.13
Age	-0.164	0.107	23.73	-0.289	0.134	24.02	-0.072	0.007	1.17
Sex*age	-	-	2.11	-	-	0.69	-	-	3.44
Height	-	-	2.15	-	-	0.51	-	-	0.86
Body weight	0.513	0.187	61.06	0.482	0.148	34.18	0.419	0.116	20.61
Lean mass	-	-	0.69	-	-	0.55	-	-	0.01
Sex*lean mass	-	-	3.04	-	-	2.38	-	-	1.36
Smoking	-	-	0.39	-	-	2.92	-	-	3.45
Sport activities									
past 20 years	-	-	0.01	0.136	0.017	3.98	-	-	0.12
21-40 years previously	-	-	0.27	-	-	0.02	-	-	0.04
41-60 years previously	-	-	0.42	-	-	0.40	-	-	0.00
61-80 years previously	-	-	3.02	-	-	1.10	0.309	0.076	14.94
Other activities									
past 20 years	-	-	0.22	-	-	0.00	-	-	0.42
21-40 years previously	-	-	0.01	-	-	1.27	-	-	0.18
41-60 years previously	-	-	0.00	-	-	1.65	-	-	0.30
61-80 years previously	-	-	0.19	-	-	1.01	-	-	0.21
Total R^2	-	0.620	-	-	0.497	-	-	0.383	-

TABLE 7. Variables identified as significant and independent predictors of BMD by multiple regression analysis considering lifetime physical activity in both sex combined.

	Total body BMD n = 280			Femoral neck BMD n = 276			Lumbar spine BMD n = 279		
	standardized β	change in R^2	F	standardized β	change in R^2	F	standardized β	change in R^2	F
Sex	0.330	0.170	56.99	-0.052	0.061	29.99	-0.612	0.028	8.86
Age	0.430	0.143	57.79	-0.201	0.380	168.08	0.611	0.116	36.26
Sex*age	-1.072	0.56	37.03	-0.505	0.009	5.47	-1.250	0.079	32.15
Height	-	-	1.62	-	-	0.36	-	-	1.21
Body weight	0.424	0.216	126.57	0.163	0.008	4.94	0.220	0.012	5.16
Lean mass	-	-	0.50	-	-	2.38	-0.876	0.011	4.41
Sex*lean mass	0.200	0.009	5.73	0.284	0.100	58.60	0.866	0.102	37.16
Smoking	-	-	0.09	-	-	0.39	-	-	0.05
Lifetime sport activities	-	-	1.00	-	-	0.98	-	-	1.25
Lifetime other activities	-	-	0.91	-	-	0.23	-	-	0.11
Total R^2	-	0.594	-	-	0.558	-	-	0.348	-

TABLE 8. Variables identified as significant and independent predictors of BMD by multiple regression analysis considering physical activity by age of practice in females.

	Total body BMD n = 124			Femoral neck BMD n = 91			Lumbar spine BMD n = 123		
	standardized β	change in R^2	F	standardized β	change in R^2	F	standardized β	change in R^2	F
Age	-0.146	0.163	17.75	-0.315	0.206	23.16	0.021	0.087	8.53
Height	-	-	2.45	-	-	2.48	-	-	0.06
Body weight	0.606	0.317	54.82	0.276	0.028	4.88	0.556	0.224	28.99
Lean mass	-	-	3.60	0.290	0.243	40.62	-	-	2.11
Smoking	-	-	0.39	-	-	0.02	-	-	0.20
Number of pregnancy	-	-	1.44	-	-	0.49	-	-	0.26
Pill	-	-	0.00	-	-	0.00	-	-	0.00
Menopausal treatment	0.210	0.036	6.56	-	-	0.41	0.231	0.044	5.95
Sport activities									
1-19 years	-	-	0.04	-	-	0.49	0.197	0.034	4.85
20-39 years	-	-	0.21	-	-	2.11	-	-	0.21
40-59 years	-	-	0.00	-	-	0.03	-	-	0.07
60-79 years	-	-	0.30	-	-	0.71	-	-	0.04
Other activities									
1-19 years	-	-	0.03	-	-	2.02	-	-	0.11
20-39 years	-	-	0.01	-	-	1.73	-	-	1.47
40-59 years	-	-	1.11	-	-	0.02	-	-	0.05
60-79 years	-	-	1.96	-	-	0.21	-	-	0.01
Total R^2	-	0.516	-	-	0.507	-	-	0.389	-

TABLE 9. Variables identified as significant and independent predictors of BMD by multiple regression analysis considering physical activity by years of practice prior to assessment in females.

	Total body BMD n = 87			Femoral neck BMD n = 85			Lumbar spine BMD n = 86		
	standardized β	change in R^2	F	standardized β	change in R^2	F	standardized β	change in R^2	F
Age	-0.278	0.169	17.29	-0.451	0.221	23.57	-0.013	0.064	5.70
Height	-0.177	0.028	5.01	-0.211	0.040	6.96	-	-	0.06
Body weight	0.356	0.325	54.05	-	-	2.65	0.526	0.236	28.04
Lean mass	0.328	0.025	4.31	0.566	0.252	40.42	-	-	1.86
Smoking	-	-	0.38	-	-	0.00	-	-	0.09
Number of pregnancy	-	-	0.92	-	-	0.21	-	-	0.57
Pill	-	-	0.00	-	-	0.00	-	-	0.00
Menopausal treatment	-	-	3.86	-	-	0.41	0.210	0.038	4.71
Sport activities								-	
past 20 years	-	-	0.52	-	-	0.37	-	-	0.10
21-40 years previously	-	-	0.32	-	-	1.21	-	-	0.01
41-60 years previously	-	-	0.16	-	-	0.35	-	-	1.34
61-80 years previously	-	-	1.31	-	-	0.11	-	-	0.70
Other activities									
past 20 years	-	-	2.47	-	-	0.12	-	-	0.02
21-40 years previously	-	-	0.48	-	-	1.56	-	-	0.23
41-60 years previously	-	-	0.52	-	-	1.36	-	-	0.22
61-80 years previously	-	-	1.30	-	-	2.30	-	-	0.46
Total R^2	-	0.547	-	-	0.536	-	-	0.338	-

TABLE 10. Variables identified as significant and independent predictors of BMD by multiple regression analysis considering lifetime physical activity in females.

	Total body BMD n = 124			Femoral neck BMD n = 122			Lumbar spine BMD n = 123		
	standardized β	change in R^2	F	standardized β	change in R^2	F	standardized β	change in R^2	F
Age	-0.299	0.235	37.49	-0.450	0.256	41.33	-0.144	0.107	14.56
Height	-	-	3.54	-	-	3.59	-	-	0.00
Body weight	0.384	0.293	75.12	0.286	0.212	47.49	0.491	0.225	40.33
Lean mass	0.227	0.022	5.98	0.235	0.023	5.39	-	-	2.37
Smoking	-	-	0.31	-	-	0.02	-	-	0.03
Number of pregnancy	-	-	2.61	-	-	1.70	-	-	0.30
Pill	-	-	1.08	-	-	2.73	-	-	0.01
Menopausal treatment	0.205	0.026	7.07	-	-	1.15	0.219	0.033	6.11
Lifetime sport activities	-	-	0.02	-	-	0.16	-	-	0.09
Lifetime other activities	-	-	0.03	-	-	0.03	-	-	0.99
Total R^2	-	0.576	-	-	0.491	-	-	0.365	-

TABLE DES MATIERES

VOLUME 1

Sommaire.....	p 7
INTRODUCTION.....	p 9
Chapitre préliminaire.	
Revue des questionnaires d'évaluation de l'activité physique.....	p 13
1. Méthodes.....	p 13
2. Résultats.....	p 14
2.1. Présentation des questionnaires.....	p 14
2.2. Caractérisation des questionnaires.....	p 15
2.3. Validité des questionnaires.....	p 15
3. Discussion.....	p 16
3.1. Période de rappel.....	p 16
3.2. Dimensions de l'activité physique.....	p 16
3.2.1. Définition de l'activité physique.....	p 16
3.2.2. Repérer l'activité physique dans des dimensions.....	p 16
3.3. Indicateurs d'activité physique.....	p 17
3.3.1. Paramètres de quantification de l'activité physique.....	p 17
3.3.2. Types d'indicateurs.....	p 18
3.4. Validité des questionnaires.....	p 18
3.5. Critères de choix d'un questionnaire.....	p 19
3.5.1. Critères liés à l'étude.....	p 19
3.5.2. Critères liés au questionnaire.....	p 19
3.6. Contraintes d'utilisation d'un questionnaire conçu dans une langue étrangère.....	p 20
4. Conclusion.....	p 20

5. Description des questionnaires évaluant l'activité physique sur la vie entière.....	p 26
5.1. « Swedish Questionnaire ».....	p 26
5.2. « Historical Leisure Activity Questionnaire ».....	p 26
5.3. « Levels of Lifelong Physical Activity Questionnaire ».....	p 27
5.4. « Lifetime Total Physical Activity Questionnaire ».....	p 28

PARTIE 1 : ASPECTS METHODOLOGIQUES

DE LA MESURE DE L'ACTIVITE PHYSIQUE

PAR QUESTIONNAIRES.....	p 29
-------------------------	------

Chapitre 1. Une mesure de l'activité physique sur une courte période.....	p 30
---	------

Introduction.....	p 31
-------------------	------

1. Méthodes.....	p 32
------------------	------

1.1. Sujets.....	p 32
------------------	------

1.2. Questionnaire.....	p 33
-------------------------	------

1.3. Procédure.....	p 35
---------------------	------

1.4. Analyse statistique.....	p 36
-------------------------------	------

2. Résultats.....	p 36
-------------------	------

3. Discussion.....	p 37
--------------------	------

Chapitre 2. Une mesure de l'activité physique sur une longue période.....	p 44
---	------

I. Fondements et fonctionnement du système QUANTAP.....	p 44
---	------

1. Objectifs.....	p 44
-------------------	------

2. Présentation du système QUANTAP.....	p 45
2.1. Module de saisie : QUANTAP.....	p 45
2.2. Module de calcul : CALQUANT.....	p 46
2.3. Module de transfert : TRANSF.....	p 46
2.4. Conditions d'administration.....	p 46
3. Principes de conception du système.....	p 47
4. Structure générale du système.....	p 48
5. Repérage des données dans les dimensions et indicateurs obtenus.....	p 53
5. 1. Dimension éducative.....	p 53
5.1.1. Repérage des données.....	p 53
5.1.2. Indicateurs obtenus.....	p 54
5.2. Dimension culturelle.....	p 56
5.2.1. Repérage des données.....	p 56
5.2.2. Indicateurs obtenus.....	p 57
5.3. Dimension pré-professionnelle.....	p 59
5.3.1. Repérage des données.....	p 59
5.3.2. Indicateurs obtenus.....	p 59
5.4. Dimension professionnelle.....	p 60
5.4.1. Repérage des données.....	p 60
5.4.2. Indicateurs obtenus.....	p 61
5.5. Dimension quotidienne.....	p 63
5.5.1. Repérage des données.....	p 63
5.5.2. Indicateurs obtenus.....	p 63
5.6. Interruption.....	p 65
6. Profil physique.....	p 65
7. Conclusion.....	p 71

II. Tentative de validation du système QUANTAP.....	p 73
1. Méthodes.....	p 73
1.1. Sujets.....	p 73
1.2. Mesure de l'activité physique : QUANTAP.....	p 73
1.3. Dépense énergétique quotidienne.....	p 74
1.4. Pourcentage de masse grasse.....	p 74
1.5. Reproductibilité.....	p 75
1.6. Analyse statistique.....	p 75
2. Résultats.....	p 76
2.1. Sujets.....	p 76
2.2. Dépense énergétique quotidienne.....	p 76
2.3. Pourcentage de masse grasse.....	p 77
2.4. Reproductibilité.....	p 77
3. Discussion.....	p 78
4. Conclusion.....	p 80

PARTIE 2 : APPLICATION PRELIMINAIRE

DU SYSTEME QUANTAP

DANS LE DOMAINE MUSCULO-SQUELETTIQUE.....p 89

Chapitre 1. Rôle prédictif de l'activité physique sur la masse osseuse..... p 90

1. Introduction.....	p 90
2. Méthodes.....	p 91
2.1. Sujets.....	p 91
2.2. Mesure de la densité minérale osseuse.....	p 91
2.3. Mesure de l'activité physique.....	p 92

2.4. Autres variables mesurées.....	p 92
2.5. Procédure.....	p 93
2.6. Analyse statistique.....	p 93
3. Résultats.....	p 94
4. Discussion.....	p 97
Chapitre 2. Rôle prédictif de l'activité physique sur la force musculaire.....	p 111
1. Introduction.....	p 111
2. Méthodes.....	p 112
2.1. Sujets.....	p 112
2.2. Evaluation de la force musculaire isocinétique.....	p 112
2.3. Evaluation de l'activité physique.....	p 114
2.4. Analyse statistique.....	p 114
3. Résultats.....	p 115
4. Discussion.....	p 117
CONCLUSION.....	p 151

VOLUME 2

BIBLIOGRAPHIE GENERALE.....	p 158
BIBLIOGRAPHIE SPECIALISEE.....	p 182
ANNEXES.....	p 189

Nom : VUILLEMIN

Prénom : Anne

DOCTORAT DE L'UNIVERSITE DE NANCY I

en Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives

VU, APPROUVÉ ET PERMIS D'IMPRIMER

Nancy, le 23 novembre 1998 n° 115

Le Président de l'Université



RESUME

La quantification de l'activité physique contribue à mettre en évidence le rôle déterminant des activités physiques et de leurs conditions de pratique dans le processus du vieillissement humain. Une revue de la littérature révèle d'une part, l'existence de nombreux questionnaires d'évaluation de l'activité physique sur des périodes de temps courtes, mais pour la plupart élaborés en langue anglaise, et d'autre part, le manque d'instruments visant à évaluer l'activité physique sur des périodes de temps longues. Ce constat nous a conduit à adapter un questionnaire anglo-saxon destiné à apprécier l'activité physique des 12 derniers mois et à concevoir un système de quantification de l'activité physique sur la vie entière assisté par ordinateur (*Quantap*). L'application du système *Quantap* dans le domaine de la santé, notamment la masse osseuse et la force musculaire, permet d'étudier le rôle pronostique de l'activité physique. La pratique d'une activité sportive au cours de la jeunesse est associée à une densité minérale osseuse de la colonne lombaire élevée alors que la densité osseuse du col fémoral semble être influencée par une pratique sportive plus récente. La conservation d'une force musculaire élevée est associée à une pratique sportive au cours de la vie entière.

Mots-clés : activité physique - questionnaire - évaluation - masse osseuse - force

ABSTRACT

Physical activity assessment is essential to study the role of physical activity and its conditions of practice in the human aging process. A review of the literature shows that most of the questionnaires available are elaborated in english. Numerous questionnaires are designed to assess physical activity during short period of time but fewer are conceived to assess lifetime physical activity. Then, we have adapted to french an american questionnaire designed to assess habitual physical activity during the last 12 months. We have also developed a new computer-assisted tool to assess physical activity over the whole life (*Quantap*). Application of the *Quantap* system to health, particularly bone mass and muscle strength, allow to study the prognosis role of physical activity. Sport practice during youth is associated with higher bone mineral density at lumbar spine whereas femoral neck bone density seems to be influenced by sport during recent period. A higher muscle strength is observed in subjects reporting lifetime sport activity.

Keywords : physical activity - questionnaire - assessment - bone mass - strength