
Université de Lille 2 Droit - Santé
Faculté des Sciences du Sport et de l'Education Physique
EA - 4488 "Activité Physique, Muscle, Santé"

-THESE DE DOCTORAT-

Présentée en vue de l'obtention du grade de Docteur d'Université
en Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives

Soutenue publiquement par

Aurélie BLAES

le 17 Décembre 2010

Evaluation et promotion de l'activité physique
de jeunes français issus du Nord-Pas de Calais
au moyen de l'accélérométrie :
influence de l'âge, du sexe et du milieu socio-économique.

Thèse présentée devant le jury composé de :

Pr. Jacques Prioux <i>Professeur, Ecole Normale Supérieure de Cachan, Antenne de Bretagne</i>	Rapporteur
Dr. Stéphane Nottin <i>Maître de Conférences (HDR), Université d'Avignon</i>	Rapporteur
Pr. Gareth Stratton <i>Professeur, Université John Moores de Liverpool</i>	Examineur
Pr. Emmanuel Van Praagh <i>Professeur, Université de Clermont Ferrand</i>	Examineur
Pr. Denis Theunynck <i>Professeur, Université du Littoral Côte d'Opale</i>	Examineur
Dr. Georges Baquet <i>Maître de Conférences (HDR), Université de Lille 2 Droit et Santé</i>	Directeur

- Dédicace -

Je dédie cette thèse à mes parents. Papa, maman, aucun mot ne sera jamais assez fort pour vous témoigner ce que je ressens.

Je tiens à vous exprimer ma profonde reconnaissance pour m'avoir donné la possibilité de réaliser cette thèse de doctorat. Je vous remercie pour votre aide, votre soutien, vos encouragements, votre écoute, votre disponibilité, mais aussi pour votre dynamisme, votre gentillesse et votre amour.

Nous avancerons toujours ensemble.

Je vous aime très fort.

- Remerciements -

Au terme de ce travail, je souhaite témoigner ma très grandes reconnaissances à ceux et celles qui m'ont permis de mener à bien ce projet.

Je tiens à remercier le Docteur Georges Baquet pour m'avoir fait confiance en acceptant de diriger cette thèse. Je vous remercie de votre soutien, de votre aide précieuse sur le plan scientifique et de votre disponibilité tout au long de ce travail commun commencé il y a 5 ans.

Je remercie Monsieur le Professeur Emmanuel Van Praagh pour avoir accepté de présider ce Jury. Recevez ici l'expression de ma sincère reconnaissance.

A Messieurs les membres du jury. Je vous fais part de ma gratitude pour avoir pris le temps d'évaluer ce travail de thèse. Vos remarques et suggestions constructives me permettent de m'enrichir tant sur le plan scientifique que personnel et de poursuivre l'activité de recherche dans les meilleures conditions.

A Monsieur le Professeur Serge Berthoin. Je vous remercie de m'avoir accueillie au sein de votre laboratoire et de votre équipe de recherche mais aussi pour votre disponibilité, vos conseils et votre soutien tout au long de ce travail.

A Madame le Professeur Ghislaine Lensel-Corbeil qui a contribué à la réalisation de cette thèse. Je vous fais part de mes sincères remerciements pour votre aide précieuse, votre grande disponibilité et vos bons conseils.

Aux membres du LEMH ainsi qu'à tous les enseignants de la FSSEP. Je vous remercie de m'avoir accompagnée depuis ma première année universitaire et vous fais part de toute mon amitié.

Merci également à l'ensemble du personnel de la FSSEP pour son accueil, sa gentillesse et sa disponibilité.

Aussi, je remercie l'Inspection Académique du Nord pour son approbation quant à nos interventions en milieu scolaire. Recevez ici toute ma gratitude.

Ce travail n'aurait pu aboutir sans la collaboration active de tous les Directeurs des Ecoles et de leurs équipes pédagogiques qui nous ont permis de mener nos études au sein de leurs établissements scolaires.

A tous les enfants et leurs parents pour leur participation et leur bonne humeur. Recevez ici tous mes remerciements.

Sans oublier la société Magical Markings pour sa collaboration enrichissante, son professionnalisme et son dynamisme en espérant poursuivre ce travail ensemble.

- Liste des articles -

Cette thèse est basée sur les études suivantes présentées sous forme d'articles:

Article 1: Is there any relationship between physical activity and physical fitness in children?

Blaes A, Baquet G, Fabre C, Van Praagh E, Berthoin S.

(soumis à International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity).

Article 2: Physical activity patterns in French youth - from childhood to adolescence - monitored with high frequency accelerometry

Blaes A, Baquet G, Van Praagh E, Berthoin S.

(accepté pour publication dans American Journal on Human Biology).

Article 3: Impact de l'aménagement des cours de récréation sur le niveau d'activité physique spontanée : influence du sexe et du milieu socio-économique.

Blaes A, Baquet G, Van Praagh E, Berthoin S

(soumis à Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism).

- Liste des abréviations -

AP : activité physique

API : activité physique intense

APL : activité physique légère

APM : activité physique modérée

APMI : activité physique de modérée à intense

APTI : activité physique très intense

Bout : période d'activité physique

Bpm : battements par minute

CNA : course navette 10 x 5m

Counts : unité arbitraire (accélérométrie) pour convertir les accélérations enregistrées en un signal quantifiable

CO₂ : dioxyde de carbone

CP : condition physique

Cut-offs : limites définissant les différentes intensités d'exercice

DET : dépense énergétique totale

DYM : dynamométrie manuelle

EP : éducation physique

EUROFIT : European Fitness Tests (tests européens d'aptitude physique)

FC : fréquence cardiaque

FCmax : fréquence cardiaque maximale

FLT : flexion longitudinale du tronc

²H : deutérium

MET : métabolisme de base

METs : rapport entre le coût de l'activité métabolique et le niveau métabolique de base

NAV : course navette de 20m (Léger et al. 1984)

O₂ : oxygène

¹⁸O : isotope stable de l'oxygène

RFC : réserve de fréquence cardiaque

RSA : nombre de redressements en station assise

RVO₂ : réserve d'oxygène

SLO : saut en longueur sans élan

TPA : total physical activity (activité physique totale)

VO₂ : consommation d'oxygène

VO₂max : consommation maximale aérobie

% pic VO₂ = pourcentage de la réserve de consommation d'oxygène

INTRODUCTION..... 8

PREMIERE PARTIE : REVUE DE LITTERATURE..... 13

1. L'ACTIVITE PHYSIQUE	14
1.1. Les caractéristiques de l'activité physique	14
1.2. La mesure de l'activité physique	17
1.2.1. Les méthodes critériées.....	17
1.2.2. Les méthodes objectives	20
1.2.3. Les méthodes subjectives.....	26
1.3. Les déterminants de l'activité physique.....	27
1.3.1. Effets de l'âge et du sexe	27
1.3.2. Les facteurs d'influence	32
1.4. Les patterns d'AP des enfants	44
1.5. Les recommandations internationales	46
2. LA PROMOTION DE L'ACTIVITE PHYSIQUE.....	49
2.1. Les interventions en milieu scolaire	49
2.1.1. Lors des cours d'éducation physique	49
2.1.2. Lors des temps de récréation	53
2.2. Les autres interventions (en dehors de l'école)	55
2.2.1. Les interventions en milieu familial	55
2.2.2. Les interventions dans la société civile	56
3. LA CONDITION PHYSIQUE	57
4. OBJECTIFS DE TRAVAIL.....	60

DEUXIEME PARTIE : CONTRIBUTION PERSONNELLE 62

1. PROTOCOLE GENERAL	63
1.1. La mesure de l'activité physique	63
1.1.1. Appareil de mesure.....	63
1.1.2. Procédure de mesure	64
1.1.3. Fréquence d'enregistrement	65

1.1.4. Les patterns d'activité physique	65
1.2. La mesure de la condition physique	67
1.2.1. Mesures anthropométriques.....	67
1.2.2. Mesures des aptitudes physiques.....	68
1.3. Promotion de l'activité physique.....	69
1.3.1. Aménagement de la cour de récréation	69
1.3.2. Procédure d'intervention	70
2. PRÉSENTATION DES ARTICLES	74
2.1. Première étude	
Is there any relationship between physical activity and physical fitness in children ?	74
2.2. Deuxième étude	
Physical activity patterns in French youth-from childhood to adolescence-monitored with high frequency accelerometry	102
2.3. Troisième étude	
Impact de l'aménagement des cours de récréation sur le niveau d'activité physique spontanée : Influence du sexe et du milieu socio-économique ...	129
3. CONCLUSION GENERALE	157
4. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	160
5. LISTE DES PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS	186

INDEX DES FIGURES

- Figure 1: Relations potentielles entre l'activité physique (AP) et la santé pendant l'enfance et l'adolescence et à l'âge adulte, d'après Blair et al. (1989), modifiées par Malina (2001)..... 10
- Figure 2: Temps passé chaque jour dans une activité physique de modérée à intense (APMI) chez des garçons et des filles âgés de 7, 10, 13 et 16 ans (Trost et al. 2002)..... 29
- Figure 3: Temps passé chaque jour dans une activité physique intense (API) par des garçons et des filles âgés de 7 à 16 ans (Trost et al. 2002)..... 29
- Figure 4: Temps passé dans une activité physique au moins modérée (APMI) chez des garçons et des filles âgés de 9 et 15 ans (Riddoch et al. 2004)..... 31
- Figure 5: Activité physique (AP) totale quotidienne de garçons et des filles âgés de 9 à 11 ans selon les périodes d'hiver et d'été (Rowlands et al. 2009)..... 36
- Figure 6: Pourcentages d'enfants et d'adolescents actifs et inactifs ($FC \geq 140$ bpm) pendant les jours scolaires et les jours fériés (Falgairette et al. 1996)..... 41
- Figure 7: Pourcentage de temps passé dans une activité physique de modérée à intense (APMI), avant et après intervention en termes d'aménagement spécifique de la cour de récréation (Stratton et Mullan 2005)..... 43
- Figure 8: Durée des périodes d'activité physique intense (API) chez l'enfant (Bailey et al. 1995)..... 44
- Figure 9: Changements de la nature de l'activité physique (AP) pendant l'enfance et l'adolescence (Strong et al. 2005)..... 45
- Figure 10: Pourcentages d'enfants et d'adolescents participant à une activité physique au moins modérée (APMI) selon les 3 recommandations internationales, d'après Pate et al. (2002)..... 48

Figure 11: Pourcentages d'enfants âgés de 7 à 10 ans atteignant les recommandations internationales en termes d'activité physique, d'après Pate et al. (2002)..... 48

Figure 12: Dimensions de la condition physique (CP), d'après EUROFIT (tests européens d'aptitude physique, 1988)..... 58

Figure 13: Exemple d'un aménagement de la cour de récréation réalisé suivant 3 zones spécifiques codifiées à l'aide de 3 couleurs..... 70

Figure 14: Aménagement de la cour de récréation de l'école communale maternelle et primaire d'Herlies (Nord de la France)..... 72

INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1: Classification des activités physiques chez les enfants et les adolescents suivant leur intensité, d'après Bailey et al. (1995), Stratton (1996), Freedson et al. (1998) et Ekelund et al. (2004)..... 16

Tableau 2: Pourcentages de Fréquence Cardiaque de Réserve estimés en fonction des fréquences cardiaques au repos et maximales suivant l'âge des enfants et adolescents, d'après Stratton (1996)..... 21

Tableau 3: Les limites (en counts) définissant les différentes intensités d'exercice pour les accéléromètres chez les enfants et les adolescents, d'après Freedson et al. (2005)..... 26

Tableau 4: Facteurs influençant l'activité physique habituelle et la dépense énergétique des enfants et des adolescents (Sallis et al. 2000)..... 32

Tableau 5: Pourcentages d'enfants américains âgés de 13 à 16 ans qui participaient à une activité physique intense (API) ou plus par semaine, selon le sexe et l'origine ethnique (basé sur 11 631 étudiants United States Youth Risk Behavior Survey (1990), Center for Disease Control and Prevention 1992)..... 38

Tableau 6: Présentation des divers programmes d'intervention réalisés pendant les cours d'éducation physique (EP) pour augmenter le niveau d'activité physique (AP) des enfants..... 52

Tableau 7: Présentation des tests de condition physique (CP), d'après EUROFIT (tests européens d'aptitude physique, 1988) et ordre de passage des tests..... 68

INDEX DES PHOTOGRAPHIES

Photo 1: The Actigraph, Manufacturing Technologies, Inc., model GT1M..... 63

Photo 2: Exemples de jeux proposés en zone de décompression (jaune) et en zone active (bleue), réalisés à l'école communale primaire d'Herlies (Nord de la France) 73

INDEX PREMIERE ETUDE

Table 1: Mean \pm SD for anthropometric measurements and EUROFIT performances in boys and girls..... 95

Table 2: Mean \pm SD for daily times spent at various PA intensity levels between 7 am to 9 pm and percentage of boys and girls who reached the international PA guideline (Strong et al. 2005)..... 96

Table 3: Mean \pm SD for the daily number of continuous bouts of physical activity according to their duration and intensity..... 97

Table 4: Correlations between the times spent at various intensity levels, anthropometry and EUROFIT performances for the boys and the girls..... 98

Table 5: Variables (times spent at various PA intensities) explaining the percentage of body fat in boys..... 99

Table 6: Correlations between the number of bouts according to their duration and intensity and percentage of body fat in boys..... 100

Table 7: Variables (number of bouts according to their duration and their intensity) explaining the percentage of body fat in boys..... 101

INDEX DEUXIEME ETUDE

Table 1: Mean \pm SD anthropometric measurements in Boys and Girls..... 122

Table 2: Mean values for time spent (min.day⁻¹) in the different physical activity levels according to school level, gender and type of the day..... 123

Figure 1: Time spent in light physical activity during school days (O) and free days (■) at each school level..... 125

Figure 2: Time spent in moderate physical activity during school days (O) and free days (■) at each school level..... 126

Figure 3: Time spent in vigorous physical activity during school days (O) and free days (■) at each school level..... 127

Figure 4: Time spent in very high physical activity during school days (O) and free days (■) at each school level..... 128

INDEX TROISIEME ETUDE

Tableau 1: Mesures anthropométriques (moyenne \pm écart-type) des enfants suivant le réseau d'éducation et leur groupe d'appartenance..... 153

Tableau 2: Pourcentage de temps passés dans les différents niveaux d'activité physique (moyenne \pm écart-type) par les enfants suivant le réseau d'éducation, leur sexe et leur groupe d'appartenance..... 154

Tableau 3: Pourcentage de temps passé à différents niveaux d'activité physique (moyenne \pm écart-type) suivant le réseau d'éducation et le sexe..... 155

Tableau 4: Pourcentage de temps passé à différents niveaux d'activité physique (moyenne \pm écart-type) suivant le réseau d'éducation, avant et après aménagement de la cour de récréation..... 156



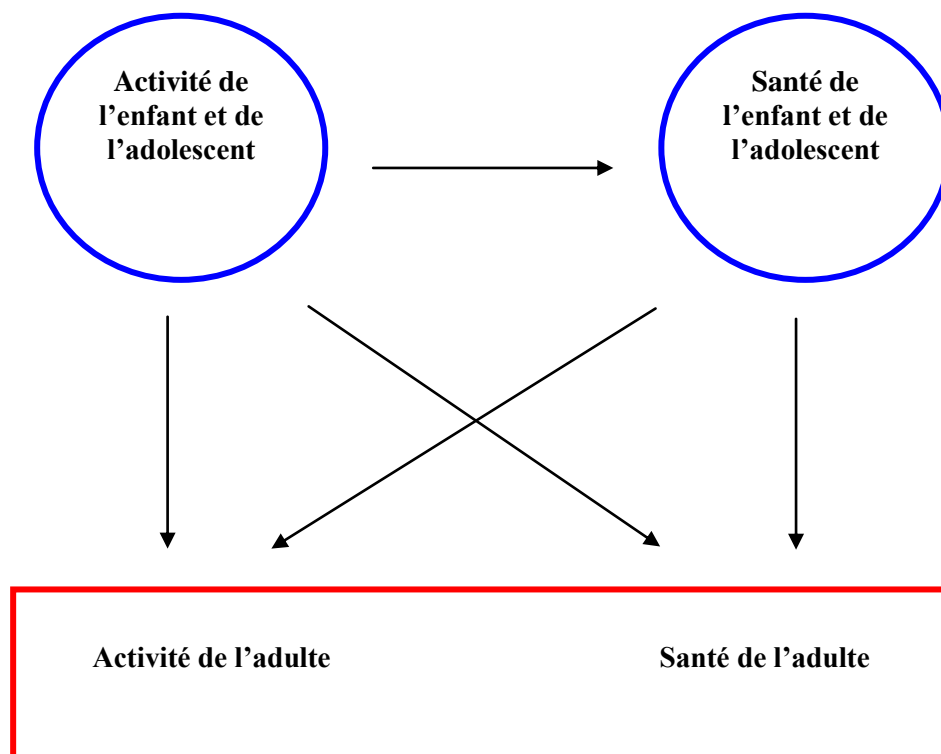
INTRODUCTION

Depuis plus de 50 ans, les modes de vie dans les pays développés ont considérablement évolué, bouleversés par les progrès de l'industrialisation, l'utilisation des moyens de locomotion mécanisés, l'accès à une offre alimentaire industrielle abondante et par l'importance des médias. Les habitudes de vie sont alors beaucoup plus sédentaires, marquées par une nette diminution de l'activité physique (AP) habituelle et de l'activité sportive. Les effets sur la santé sont désastreux (Bar-Or 1989 ; Blair et Connelly 1996) et la condition physique (CP) de manière générale diminue, plus particulièrement chez les enfants et les adolescents (Sallis et al. 1993).

La littérature a mis en évidence les bénéfices d'une vie physiquement active chez l'adulte (Blair et al. 1989 ; Blair et al. 1996 ; Riddoch et al. 2000), procurant « un état complet de bien être physique, mental et social » chez les sujets actifs (Taylor 2000) ainsi qu'une prévention des risques en matière de santé. En effet, des relations étroites entre le niveau d'AP et les maladies comme le diabète, les accidents cardiovasculaires, l'hypertension, le stress, l'anxiété, l'ostéoporose, certains cancers ou encore l'obésité ont été montrées (Blair et al. 1989 ; Blair et al. 1996 ; Riddoch et Boreham 2000 ; Taylor 2000). Cependant, la relation "dose-réponse" entre le niveau et le type d'AP et son impact sur la santé n'est pas encore clarifiée chez les enfants et les adolescents (Bar-Or 1998 ; Riddoch et al. 2000 ; Watts et al. 2004) et demande à être vérifiée. Bien que ce lien entre l'AP et les indicateurs de la santé soit faible chez les jeunes (Harro et Riddoch 2000 ; Malina 2001), des études ont montré qu'un style de vie actif pendant l'enfance et l'adolescence pouvait diminuer les risques et les problèmes en matière de santé des années plus tard ; de plus, les jeunes qui étaient les plus actifs l'étaient plus tard dans leur vie d'adulte (Sallis et al. 1994 ;

Telama et al. 1997 ; Trudeau et al. 1998 ; Epstein et al. 1999 ; Baranowski et al. 2000 ; Owens et al. 2000 ; Telama et Yang 2000 ; Trudeau et Shephard 2005). L'AP et la CP pendant l'enfance auraient des effets positifs tout au long de la vie (figure 1). Les acteurs de la santé suggèrent ainsi une AP régulière à intensité modérée pendant l'enfance afin de poursuivre des objectifs de gains en matière de santé à court et à long terme (Blair et al. 1996 ; Twisk et al. 2001).

Figure 1: Relations potentielles entre l'activité physique (AP) et la santé pendant l'enfance et l'adolescence et à l'âge adulte, d'après Blair et al. (1989), modifiées par Malina (2001).



Face à l'augmentation des comportements sédentaires, une évaluation plus précise de l'AP chez les jeunes et une détermination plus objective de leurs patterns d'AP est devenue une priorité pour les acteurs de la santé (Biddle et al. 2004 ; Troiano 2006). Les études ont montré que l'AP diminuait de l'enfance à

l'adolescence et que les garçons étaient plus actifs que les filles (Armstrong et al. 1998 ; Trost et al. 2002). Dans un souci d'amélioration de la santé publique par le biais de l'AP, l'école apparaissait comme une opportunité pour inculquer une culture sportive, d'autant qu'elle est le passage obligé de tous les enfants quel que soit leur milieu socio-économique et culturel et qu'elle occupe la majeure partie du temps au cours de la semaine (Stratton 1999). La plupart des interventions en milieu scolaire se sont avérées être positives dans l'augmentation du niveau d'AP à court et à long terme (Malina 2001). Par le biais des cours d'Education Physique (EP), Fairclough et al. (2005) ont montré que la coordination motrice pouvait être améliorée et les qualités physiques développées mais cela n'apparaît pas suffisant pour que les enfants atteignent les recommandations internationales en termes d'AP pour la santé. Lors des périodes de récréation, ils peuvent choisir de s'engager dans des activités physiques complètement libres (Sarkin et al. 1997). Stratton et al. (1999) ont montré que les heures de récréation offrent un total de temps où les enfants peuvent être physiquement actifs. D'autres études ont également montré que les enfants étaient davantage actifs les jours d'école (Falgairette et al. 1996 ; Gavarry et al. 1998 ; Stratton 2000 ; Ridgers et al. 2007) plutôt que les jours fériés pendant lesquels ils tendent à s'adonner à des activités plus sédentaires (regarder la télévision, jouer à des jeux vidéos...) (Pate et al. 1994). Pour encourager les enfants à bouger davantage et leur donner le goût de l'activité physique, les temps de récréation ont été structurés en aménageant les cours de récréation par le biais de marquages au sol (Connolly et McKenzie 1995 ; Stratton 2000 ; Stratton et Leonard 2002 ; Scruggs et al. 2003 ; Stratton et Mullan 2003 ; Ridgers et al. 2007). Cette méthode s'est d'ailleurs avérée être un

élément positif pour contribuer aux recommandations en matière d'AP chez les jeunes (Stratton et Mullan 2003).

Le but de cette thèse a donc été d'évaluer et de promouvoir l'AP de jeunes français et de la mettre en relation avec les recommandations internationales pour la santé. Ce travail a été effectué en milieu scolaire dans la région Nord-Pas de Calais avec des enfants et des adolescents âgés de 3 à 16 ans. Une revue de littérature mettra en évidence les différentes dimensions de l'AP chez les jeunes mais également l'opportunité des temps de récréation scolaire pour améliorer les niveaux d'AP des enfants et des adolescents. Une seconde partie exposera ma contribution personnelle pour mesurer l'activité physique et la condition physique de jeunes français en tenant compte de l'influence du sexe, de l'âge et du niveau socio-économique tout en proposant des solutions pour répondre aux recommandations en matière d'AP chez les jeunes. Cette thèse a été réalisée au sein de l'unité de recherche EA 4488 « Activité Physique, Muscle, Santé » de la Faculté des Sciences du Sport et de l'Éducation Physique de l'Université de Lille 2.



**PREMIERE PARTIE :
REVUE DE LITTERATURE**

1. L'activité physique

1.1. Les caractéristiques de l'activité physique

L'AP est définie comme tout mouvement corporel produit par les muscles squelettiques se traduisant par une dépense énergétique (Caspersen et al. 1985). Les différents types d'activités sont les suivants : les activités de loisir (structurées ou non), les activités domestiques, les activités de transport et les activités professionnelles (l'école ou le travail).

L'AP se caractérise par sa fréquence, sa durée et son intensité :

- la fréquence se réfère au nombre d'évènements d'AP pendant une période spécifique de temps.
- la durée se réfère au temps, secondes, minutes ou heures, passé lors d'une seule période d'AP.
- l'intensité se réfère à l'effort physiologique associé à la participation dans un type particulier d'AP (Caspersen et al. 1985).
 - L'intensité absolue représente le niveau réel de la dépense énergétique pendant une durée spécifique de temps. Elle s'exprime en $\text{lO}_2 \cdot \text{min}^{-1}$, $\text{mlO}_2 \cdot \text{min}^{-1}$, ou par multiple du métabolisme de base ($1 \text{ MET} = 3,5 \text{ mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$). Chez l'adulte, plus de 600 AP ont été classées en termes de METs (Ainsworth et al. 2000).
 - L'intensité relative représente le niveau d'intensité exprimé en relation avec la consommation maximale aérobie (VO_2max), la fréquence cardiaque maximale (FCmax), la réserve de VO_2 (RVO_2) ou la réserve de FC (RFC), pour une activité spécifique. Elle prend en compte les différences interindividuelles pour la composition corporelle, le sexe et l'aptitude aérobie.

L'intensité peut se quantifier de la manière suivante en :

- METs = le coût de l'activité métabolique divisée par le niveau métabolique de base (1 MET = $3,5 \text{ mlO}_2 \cdot \text{min}^{-1}$ ou $1 \text{ cal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ou $4,1 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)
- MET minutes = le niveau d'activité en METs * minutes d'activité
- Dépense énergétique totale (DET) ou liée à l'AP ($\text{kcal} \cdot \text{min}^{-1}$)
- Niveaux d'AP : l'AP se classe selon différentes intensités (sédentaire, légère, modérée, intense et très intense) sur la base du METs. Cette classification faite chez les adultes est généralement reprise chez les enfants et les adolescents, bien qu'elle ait certaines limitations. La dépense énergétique par unité de masse corporelle est plus élevée chez l'enfant et l'adolescent. Une classification adaptée pour les enfants et adolescents est présentée dans le Tableau 1 suivant les différentes limites présentées dans la littérature (Bailey et al. 1995 ; Stratton 1996 ; Freedson et al. 1998 ; Ekelund et al. 2004). Dans la majorité des articles, les auteurs parlent aussi d'activité physique de modérée à intense (APMI, intensité comprise entre 3 et 6 METs). Les valeurs présentées sont celles les plus utilisées dans la littérature.
- % de consommation maximale d'O₂ (VO₂max, bpm)
- % de FCmax ou % Réserve de Fréquence Cardiaque (FCmax – FCrepos, bpm)
- Temps passé dans une AP ($\text{min} \cdot \text{j}^{-1}$) à un certain niveau d'intensité
- Nombre total de "counts" = unité arbitraire utilisée en accélérométrie pour convertir les accélérations enregistrées en un signal quantifiable.

Tableau 1: Classification des activités physiques chez les enfants et les adolescents suivant leur intensité, d'après Bailey et al. (1995), Stratton (1996), Freedson et al. (1998) et Ekelund et al. (2004).

Intensité de l'activité physique (AP)	METs	FC (bpm)	"counts".min ⁻¹	%RFC	Multiple FC repos	% picVO ₂	Exemple
Sédentaire	1	80	<500				Station assise
Légère (APL)	≤3	<140	>500	<50	1,25		Stretching
Modérée (APM)	>3	>140	>1950	50	1,50	50	Marche
Intense (API)	>6	>160	>5280	60	1,75	70	Course à 5km.h ⁻¹
Très intense (APTI)	>9	>175	>9480	75			Course à 7-8km.h ⁻¹
<p>METs = rapport entre le coût de l'activité métabolique et le niveau métabolique de base ; FC = Fréquence Cardiaque. "Counts" = unité arbitraire utilisée pour l'accéléromètre dans la mesure de l'activité physique ; RFC = Réserve de Fréquence Cardiaque ; % pic VO₂ = pourcentage de la réserve de consommation d'O₂.</p>							

1.2. La mesure de l'activité physique

L'AP des enfants et adolescents, dans des conditions habituelles de vie, peut se quantifier à l'aide de diverses méthodes : les méthodes critériées (l'observation directe, l'eau doublement marquée, la calorimétrie indirecte), les méthodes objectives (l'accélérométrie, les cardiofréquencemètres) et les méthodes subjectives (les enquêtes, questionnaires auto-administrés, interviews et agendas).

1.2.1. Les méthodes critériées

- **L'observation directe**

L'observation peut être directe ou différée (vidéo). Elle permet d'apprécier les différentes dimensions de l'AP (quantification, type) en fonction de l'environnement physique ou social. Il existe plusieurs systèmes d'observation. Certains étaient destinés plutôt à l'observation pendant les cours d'éducation physique : le C.P.A.F (Children's Physical Activity Form) (O'Hara et al. 1989), le SOFIT (System for Observing Fitness Instruction Time) (McKenzie et al. 1992) ; d'autres dans différents milieux : l'APEE (Activity Patterns and Energy Expenditure) (Epstein et al. 1984), le BEACHES (Behaviors of Eating and Activity for Children's Health Evaluation System) (McKenzie et al. 1991), le C.A.R.S (Children's Activity Rating Scale) (Puhl et al. 1995), le FATS (Fargo Activity Timesampling Survey) (Bailey et al. 1995), le SOCARP (System for Observing Children's Activity and Relationships during Play) (Ridgers et al. 2010) et le SOPLAY (System for Observing Play and Leisure Activity in Youth) (Department of Education and Training WA 2006). L'observation directe ou vidéo est cependant longue et difficile à effectuer en conditions réelles de vie pour apprécier les patterns d'AP des enfants et des adolescents. Elle nécessite un

personnel entraîné pour que chaque évènement physique soit observé et quantifié minutieusement. Cette méthode apparaît plus adaptée pour une faible population.

Une des études les plus connues est celle de Bailey et al. (1995). Ils ont mesuré l'AP de 15 enfants sur une période de 12h, toutes les 3s. 14 catégories d'activités étaient déterminées, chacune avec 3 niveaux d'intensité. Les activités étaient calibrées grâce à la relation VO_2/FC et le temps passé dans chacune d'entre elles était mesuré ainsi que le temps passé aux différentes intensités. Les auteurs ont montré que 95% de l'API durait moins de 15s et que les enfants ne dépassaient pas 10 minutes d'exercice physique.

- **La méthode de l'eau doublement marquée**

La méthode de l'eau doublement marquée est la méthode la plus sophistiquée dans l'évaluation de la dépense énergétique dans des conditions et des situations de vie réelle (Ainslie et al. 2003).

Elle consiste à ingérer des isotopes stables (2H et ^{18}O) avec de l'eau. Ceux-ci se répartissent de manière égale dans l'eau contenue dans le corps humain. Le Deuterium (2H) est éliminé en eau et ^{18}O est éliminé en eau et en $C^{18}O_2$. La différence dans les taux d'élimination des isotopes fournit une mesure de production de dioxyde de carbone (CO_2) et ainsi une dépense énergétique. Cette méthode semble être précise de l'ordre de 3 à 10 % pour les mesures de dépense énergétique totale (Schoeller et al. 1988). La connaissance de l'apport alimentaire augmente cette précision. Elle permet également d'évaluer la quantité d'eau corporelle et ainsi une estimation de la masse grasse et de la masse maigre.

Utilisée chez les enfants, cette méthode permet de valider d'autres méthodes d'évaluation de l'AP telles que :

- l'enregistrement de la FC (Livingstone et al. 1992 ; Maffeis et al. 1995)
- l'accélérométrie (Ekelund et al. 2001)
- l'agenda d'AP (Bratteby et al. 1997)

Reilly et al. (2004) ont étudié les relations entre la dépense énergétique et le niveau d'AP suivant différentes intensités d'exercices. Ils ont noté que le niveau d'AP était influencé par le temps passé dans une AP sédentaire et APL.

- **La calorimétrie indirecte**

Cette analyse physiologique a pour principe de mesurer :

- la différence entre l'oxygène prélevé au niveau des poumons et l'oxygène expiré
- le volume d'air expiré.

Les variations d'O₂ et de CO₂ (%) dans l'air expiré sont censées refléter le niveau d'activité du métabolisme énergétique.

Les mesures peuvent être réalisées par la méthode des sacs de Douglas, à l'aide d'un analyseur de gaz portable (de type Cosmed K4b²) ou fixe (de type Quark b²).

La calorimétrie indirecte permet de calibrer d'autres appareils de mesure tels que :

- les accéléromètres afin de prédire la dépense énergétique des sujets (Trost et al. 1998 ; Puyau et al. 2004 ; Treuth et al. 2004 ; Harrell et al. 2005)
- les cardiofréquencemètres (Eston et al. 1998 ; Ianotti et al. 2004)
- les podomètres (Eston et al. 1998).

Dans le cadre de l'accélérométrie, elle consiste à prédire la dépense énergétique chez les enfants et les adolescents (Trost et al. 1998 ; Harrell et al. 2005) et de différencier les niveaux d'intensité (Puyau et al. 2002 ; Treuth et al. 2004 ; Sirard et al. 2005 ; Pate et al. 2006). La calorimétrie indirecte apparaît comme méthode valide chez une population jeune (Pfeiffer et al. 2001 ; Sirard et al. 2005 ; Pate et al. 2006). Par exemple, Pate et al. (2006) ont mené une étude pour valider la mesure de l'AP à l'aide de l'accélérométrie chez des enfants âgés de 3 à 5 ans (étude méthodologique) avec un analyseur de gaz portable (Cosmed K4b²). Les auteurs ont pu définir des niveaux d'AP : l'APM et l'APTI à 420 counts/15s ($VO_2=20 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) et 842 counts/15 s ($VO_2= 30 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$), respectivement.

Cependant, la calibration, généralement réalisée en laboratoire (Trost et al. 1998 ; Trost et al. 2004), ne reflète pas toujours l'AP habituelle des enfants en conditions de vie normales et ne permet pas de différencier les niveaux d'intensité. De plus, la dépense énergétique produite par les mouvements complexes n'est pas reflétée par la simple accélération du corps (exemple : la marche en montée ou en descente) mais aussi par ses décélérations.

1.2.2. Les méthodes objectives

- **La mesure de la fréquence cardiaque**

La mesure de la FC n'est pas une mesure directe de l'AP mais plutôt un marqueur d'un stress relatif sur le système cardio-pulmonaire résultant d'une augmentation de la consommation d'oxygène. Les niveaux de fréquence cardiaque absolue généralement utilisés (i.e. > 139 et > 159 bpm) pour définir les niveaux d'intensité modérée et intense ne sont pas vérifiés chez les enfants (Armstrong et al. 1990 ; Sallo et Silla 1997). Toutefois, Stratton (1996) a

proposé des niveaux d'intensité d'AP en pourcentages de réserve de fréquence cardiaque, estimés en fonction des fréquences cardiaques de repos et maximales suivant l'âge des enfants (tableau 2). L'utilisation de la FC pour estimer la dépense énergétique liée à l'AP repose sur la relation linéaire entre la fréquence cardiaque et la consommation d'oxygène pendant un travail à charge progressive avec d'importants groupes musculaires. Pour une estimation correcte de la dépense énergétique, la relation $VO_2=f(FC)$ doit être déterminée individuellement.

Tableau 2: Pourcentages de Fréquence Cardiaque de Réserve estimés en fonction des fréquences cardiaques au repos et maximales suivant l'âge des enfants et adolescents, d'après Stratton (1996).

Age	Fréquence cardiaque de repos (bpm)		Pourcentages de Réserve de Fréquence Cardiaque					
			50%		60%		75%	
	Garçons	Filles	Garçons	Filles	Garçons	Filles	Garçons	Filles
10-12	85	90	143	145	154	156	171	173
12-14	80	85	140	143	152	154	170	171
14-16	75	80	138	140	150	152	169	170

Bien que mauvaise lors d'exercices à des intensités proches de l'intensité maximale et d'intensités faibles, cette relation est bonne pour des exercices d'intensité modérée. Elle dépend de plusieurs facteurs qui peuvent altérer les données, à savoir :

- les masses musculaires mises à contribution
- le type de mouvement effectué

- la condition physique du sujet
- le niveau de récupération entre chaque exercice
- le stress
- les facteurs environnementaux (altitude, température, nicotine)
- les facteurs intrinsèques (niveau émotionnel, digestif)

La méthode dite "Flex HR" est utilisée pour limiter les effets de ces facteurs chez les enfants (Livingstone et al. 1992 ; Van den Berg-Emons et al. 1996). Elle permet de déterminer individuellement la FC et la dépense énergétique totale. Elle repose sur la relation linéaire entre ces deux paramètres au-dessus d'un niveau critique de FC (Flex HR). En dessous de ce point critique, la dépense énergétique est calculée à l'aide de trois enregistrements durant des périodes pendant lesquelles le sujet est assis, debout, allongé. La relation FC et DET est aussi déterminée à l'aide d'activités standardisées tels que la marche, la course et l'exercice sur ergocycle. Le niveau critique de FC est alors calculé à l'aide de la plus petite mesure relevée lors d'une APL et la plus haute lors des AP sédentaires. La dépense énergétique est ainsi calculée selon la FC enregistrée.

Les cardiofréquencesmètres sont utilisés dans l'évaluation de l'AP habituelle des enfants et des adolescents. L'intensité de cette AP peut s'exprimer en FC absolue (Armstrong et al. 1990 ; Gilbey et Gilbey 1995 ; Sallo et Silla 1997), en % FC de réserve (Janz et al. 1992 ; Falgairrette et al. 1996 ; Gavarry et al. 1998 ; Gavarry et al. 2003 ; Stratton et Mullan 2005 ; Ridgers et al. 2006), en fonction du pic de consommation maximale d'oxygène (Ridloch et al. 1991) ou en relation avec la FC de repos (Sleap et Tolfrey 2001). Cependant, les pertes de données sont fréquentes chez les enfants, la transmission des données entre l'émetteur et le

récepteur étant parfois difficile suite au manque d'adhérence entre la ceinture thoracique et le corps.

- **Les podomètres**

Les podomètres permettent également une mesure directe de l'AP. Ces appareils relativement simples comptent le nombre de pas et estiment la distance parcourue par un individu. Ils sont valides (Louie et al. 1998 ; Kilanowski et al. 1999) et les mesures sont reproductibles (Rowe et al. 2004) chez les enfants. TudorLocke et al. (2002) ont noté une forte corrélation entre les mesures de l'AP réalisées avec les podomètres et celles effectuées avec les accéléromètres et l'observation directe ($r=0,86$ et $r=0,82$, respectivement). Cette corrélation est moindre avec les mesures ayant utilisé les questionnaires et les différentes mesures de la dépense énergétique ($r=0,33$ et $r=0,68$, respectivement).

Des études de la littérature recommandent 12000 et 13000 pas par jour chez les filles et les garçons, respectivement. Cela représente environ 60 minutes à APM. Cependant, l'AP habituelle ne se résume pas à la marche. Ces appareils donnent une estimation satisfaisante de l'AP chez les enfants et les adolescents (Rowlands et Eston 2005 ; Jago et al. 2006) sans toutefois donner son intensité, surtout chez les jeunes (Rowlands et Eston 2005). Chez les adolescents, Jago et al. (2006) ont estimé que 8000 pas en 1h équivalaient à 60 minutes passées dans une APMI. Schofield et al. (2005) ont montré qu'un programme d'AP associé à l'utilisation de podomètres pouvait changer le comportement des adolescents sédentaires.

- **L'accélérométrie**

L'accélérométrie est actuellement la méthode la plus utilisée dans l'évaluation de l'AP habituelle des enfants et des adolescents (Troiano 2007). Elle est une méthode de mesure directe et objective de l'AP tant en termes de fréquence que d'intensité et de durée (Ekelund et al. 2001 ; Sirard et Pate 2001). L'accélérométrie permet une description détaillée des patterns d'AP des enfants et des adolescents grâce à une mesure directe du mouvement humain, sans interférer avec l'activité normale des sujets (Van Coevering et al. 2005). Cette méthode mesure les accélérations et les décélérations du corps dans une (verticale), deux (verticale+médio-latérale) ou trois directions (verticale+médio-latérale+antéro-postérieure). Elle convertit les accélérations enregistrées en un signal quantifiable en termes de période d'AP, appelée "counts", et somment ces "counts" suivant un intervalle de temps sélectionné. Les accéléromètres permettent un échantillonnage spécifique de l'enregistrement et une capacité de stockage des données à long terme. Cette méthode de mesure est valide (Janz et al. 1994 ; Eston et al. 1998 ; Ekelund et al. 2001) et reproductible chez les enfants (Brage et al. 2003 ; Welk et al. 2004).

Cependant, des études ont montré des différences significatives dans les résultats et dans les temps recueillis à différents niveaux d'AP (tableau 3), notamment pour des API et APTI. Celles-ci peuvent être expliquées par l'utilisation :

- de différents types d'accéléromètres (Rowlands et al. 2004 ; Hussey et al. 2007 ; Rowlands et al. 2007). Sirard et Pate (2001) et Rowlands et al. (2007) ont noté que les accéléromètres triaxiaux semblaient être plus appropriés pour mesurer des activités de très haute intensité, les accéléromètres uniaxiaux ayant tendance à les sous estimer.

- de fréquences d'échantillonnage variées : de nombreuses études ont utilisé un intervalle de temps fixé à 1 minute (Fairweather et al. 1999 ; Trost et al. 2002 ; Mota et al. 2003 ; Santos et al. 2003 ; Riddoch et al. 2004). Une fréquence d'échantillonnage élevée apparaît indispensable pour évaluer l'AP habituelle des enfants et des adolescents (Nilsson et al. 2002 ; Eiberg et al. 2005 ; Hansen et al. 2005 ; Ridgers et al. 2005). Ainsi, en utilisant des fréquences de 2 et 5s, les patterns d'AP sont discriminés et décrits de manière plus précise et les erreurs minimisées (Baquet et al. 2007 ; McClain et al. 2008).

- d'un nombre de jours d'enregistrement différent : un enregistrement de 7 jours permettait d'estimer de manière précise l'AP des enfants en distinguant les différents jours de la semaine (Trost et al. 2000).

- des seuils d'intensité différents (Trost et al. 2000 ; Nilsson et al. 2002 ; Puyau et al. 2002 ; Sirard et al. 2005 ; Trost et al. 2008) : le tableau 3 présente les limites définissant les intensités d'exercice chez les enfants et les adolescents dans les études ayant utilisé l'accélérométrie.

Tableau 3: Les limites (en counts) définissant les différentes intensités d'exercice pour les accéléromètres chez les enfants et les adolescents, d'après Freedson et al. (2005).

Auteurs	Age	Accéléromètres	AP modérée	AP intense
McMurray et al. (2004)	8-18	Tritrac	>400	>2200
Eston et al. (1998)	8-11	Tritrac	>300	>2200
Rowlands et al. (2004)	9,5	Tritrac	>770	>1870
Rowlands et al. (2004)	9,5	RT3	>970	>2333
Treuth et al. (2004)	13-14	The Actigraph	>3000	>5200
Puyau et al. (2002)	6-16	The Actigraph	>3200	>8200
Eston et al. (1998)	8-11	The Actigraph	>500	>4000
Puyau et al. (2004)	7-18	Actical	>1500	>6500
AP = Activité Physique				

1.2.3. Les méthodes subjectives

Il existe plusieurs méthodes subjectives : les enquêtes ou les entretiens (directifs ou semi-directifs), les questionnaires auto-administrés qui reposent sur les réponses des sujets et les agendas. Plus la période de rappel des questionnaires et entretiens est courte, plus la reproductibilité de la mesure est bonne (McMurray et al. 2004). Les informations obtenues sont quantitatives et qualitatives. Ces mesures sont peu onéreuses et sont utilisables pour une large

population. Elles n'affectent pas les patterns d'AP habituelle et sont très accessibles. Ces méthodes sont reproductibles chez les adultes. Cependant, elles apparaissent difficiles à exploiter, particulièrement chez les enfants de moins de 9 ans, car ils ont des difficultés à se souvenir, à quantifier et à catégoriser l'activité physique (Trost et Pate 1999 ; Sallis et Saelens 2000). De plus, le nombre de questionnaires pour estimer l'AP n'est pas déterminé (Sirard et Pate 2005). Il est préférable d'associer ces méthodes à des mesures objectives de l'AP afin que l'endroit et le moment où les enfants sont engagés dans une AP soient signifiés de manière précise (McMurray et al. 2004 ; Treuth et al. 2005), particulièrement pour des API et APTI (Andersson et al. 2005). Toutefois, la reproductibilité chez les 15-18 ans est comparable à celle chez l'adulte.

1.3. Les déterminants de l'activité physique

Les études épidémiologiques ont noté une influence de nombreux facteurs sur les niveaux de l'AP habituelle dès le plus jeune âge.

1.3.1. Effets de l'âge et du sexe

L'ensemble des études de la littérature ont reporté un déclin de l'AP avec l'âge (Trost et al. 2002 ; Gavarry et al. 2003 ; Riddoch et al. 2004 ; Andersen et al. 2006 ; Riddoch et al. 2007 ; Rowlands et al. 2008), avec une nette diminution à l'adolescence (Santos et al. 2003) ; mais aussi que les garçons ont une AP plus élevée que celle des filles et que cette baisse de l'AP est plus importante chez ces dernières, de l'enfance à l'adolescence (Armstrong et al. 1998 ; Trost et al. 2002 ; Andersen et al. 2006 ; Riddoch et al. 2007 ; Rowlands et al. 2008) et ce, indépendamment de l'âge, du poids, et sans rapport avec l'origine ethnique et le statut socio-économique (Armstrong et al. 1999 ; Sallis et al. 2000).

L'étude Family Lifestyle, Activity, Movement, and Eating (FLAME) a montré que l'AP déclinait dès l'âge de 3 ans (Taylor et al. 2009). Ainsi, les garçons et les filles passaient de 81 à 57 minutes par jour dans des temps actifs entre 3 et 5 ans ($p < 0,05$).

Trost et al. (2002) ont montré que le temps passé chaque jour dans une APMI, chez des enfants américains, diminuait entre l'âge de 7 et 16 ans (figure 2). Ce temps était en moyenne de 110 minutes par jour chez les enfants âgés de 10 ans, de 78 minutes par jour à l'âge de 13 ans et de 52 minutes par jour à l'âge de 16 ans. Il existait une différence significative entre les garçons et les filles dès l'âge de 10 ans. Ainsi, les garçons de 10 ans passaient environ 120 minutes par jour à APMI alors que les filles du même âge passaient 100 minutes par jour ($p < 0,05$). Cette différence entre les sexes se retrouvait à l'adolescence. Les auteurs observaient que les garçons âgés de 16 ans passaient environ 55 minutes par jour à APMI alors que les filles du même âge passent environ 50 minutes par jour en AP à cette intensité. C'est à la puberté que ces auteurs notaient une inflexion pour les deux sexes. Les observations étaient les mêmes pour le temps passé dans une API (figure 3).

Figure 2: Temps passé chaque jour dans une activité physique de modérée à intense (APMI) chez des garçons et des filles âgés de 7, 10, 13 et 16 ans (Trost et al. 2002).

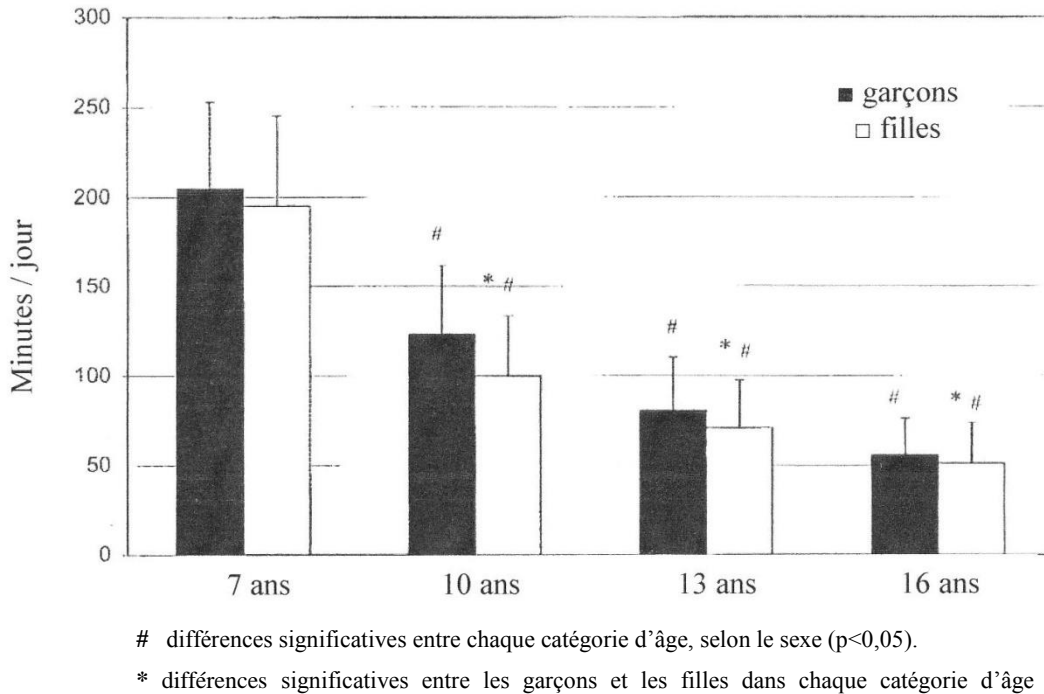
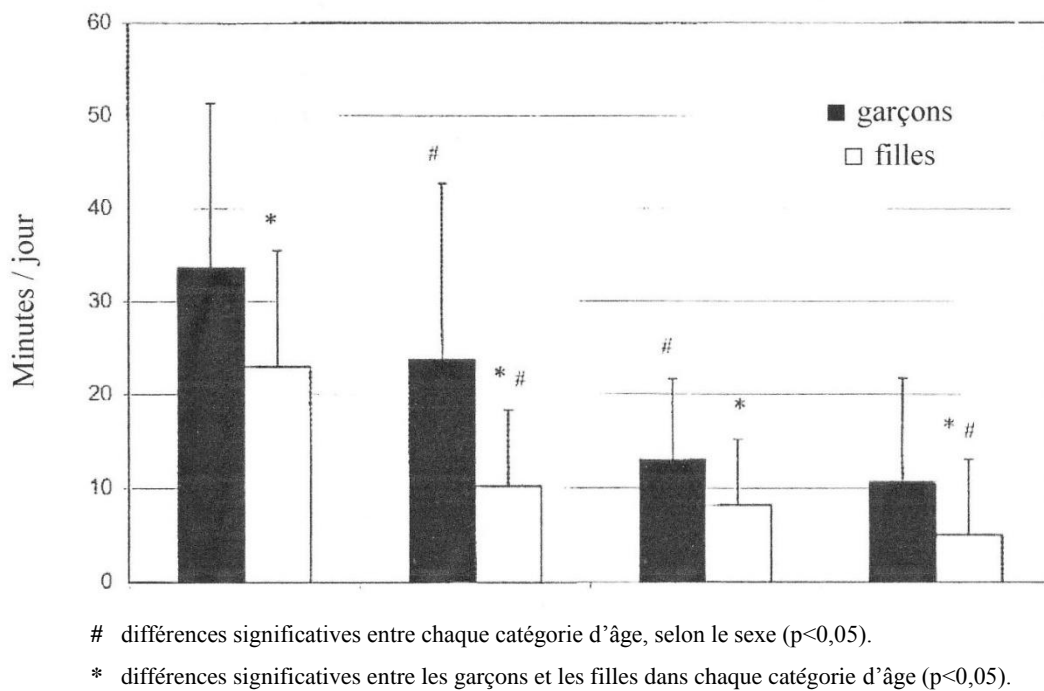
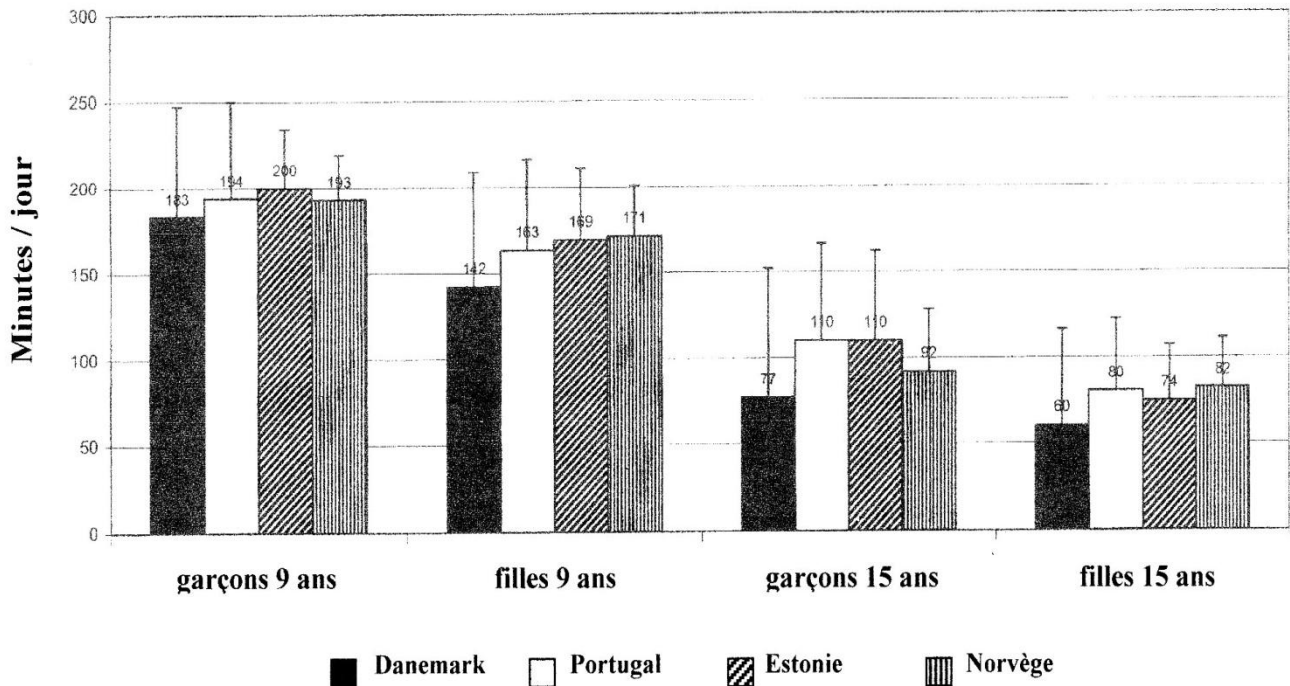


Figure 3: Temps passé chaque jour dans une activité physique intense (API) par des garçons et des filles âgés de 7 à 16 ans (Trost et al. 2002).



Les études menées en Europe ont également montré qu'il y avait une baisse significative du niveau de l'AP avec l'âge chez les garçons et les filles et que les filles étaient moins actives que les garçons (Gavarry et al. 2003 ; Riddoch et al. 2004). En effet, Gavarry et al. (2003) ont mesuré le niveau d'AP habituelle de l'école primaire au lycée (jours scolaires et jours fériés) chez 182 enfants et adolescents âgés de 6 à 20 ans. Le total d'activité physique (TPA) ainsi que les temps passés dans une APL, APM et API ont été mesurés. Pendant les jours scolaires, TPA diminuait de 69% chez les garçons ($p < 0.05$) et de 36% chez les filles entre l'école primaire et le lycée et que ces dernières passaient significativement moins de temps dans une APMI que les garçons ($p < 0.05$). Riddoch et al. (2004) ont mesuré le temps passé dans une APMI chez des garçons et des filles âgés de 9 et 15 ans dans 4 pays (Danemark, Portugal, Estonie, Norvège). Les auteurs ont noté une moyenne de 177 minutes par jour passé à une AP au moins modérée pour l'ensemble des enfants âgés de 9 ans, et une moyenne de 86 minutes par jour pour les enfants âgés de 15 ans. Cette diminution du temps passé à une activité avec l'âge se retrouve quelle que soit l'intensité. Il existe une différence significative entre le niveau d'AP des garçons et des filles. Les garçons de 9 ans passent en moyenne 192,5 minutes par jour à une APM alors que les filles y passent en moyenne 161 minutes par jour ; les garçons âgés de 15 ans passent en moyenne 97 minutes par jour à AP au moins modérée alors que les filles y consacrent en moyenne 74 minutes par jour (figure 4).

Figure 4: Temps passé dans une activité physique au moins modérée (APMI) chez des garçons et des filles âgés de 9 et 15 ans (Riddoch et al. 2004).



Santos et al. (2003) ont mesuré l'AP sur 157 enfants portugais âgés de 8 à 15 ans afin de relever les différences selon l'âge et le sexe. Les garçons se sont révélés être plus actifs que les filles, en particulier dans APMI. La différence s'avère être significative surtout pour les jeunes âgés de 11 à 13 ans et de 14 à 16 ans. Plus l'âge augmente, moins les jeunes passent du temps dans une APMI. Les garçons participent davantage à des périodes d'AP continue que les filles mais les différences ne sont pas significatives.

Les études américaines et européennes ont rapporté les mêmes résultats. Cependant, cette différence entre les garçons et les filles ne peut être totalement expliquée par le seul facteur temps. Des facteurs sociaux et biologiques pourraient être la cause de ce phénomène, particulièrement pendant la puberté.

1.3.2. Les facteurs d'influence

Une synthèse de l'ensemble des études menées chez les enfants et les adolescents entre 1970 et 1998 a révélé que les facteurs d'influence de l'AP pouvaient être d'ordre biologique, psychologique, social, culturel ou environnemental (Sallis et al. 2000) (tableau 4).

Tableau 4: Facteurs influençant l'activité physique habituelle et la dépense énergétique des enfants et des adolescents (Sallis et al. 2000).

Facteurs biologiques	Facteurs psychologiques
Hérédité	Efficacité personnelle
Adiposité et nutrition	Schéma personnel pour l'activité
État de santé	Perception et les barrières de l'activité
Maturation sexuelle	Attitudes face à l'activité
Capacités motrices	Croyances au sujet de l'activité
Condition physique	
Facteurs sociaux et culturels	L'environnement physique
Attitudes et conduites des parents	Facilités de l'activité
Attitudes et conduites des pairs	Variations des saisons
Statut socio-économique	Changements climatiques
Valeurs ethniques et culturelles	Les jours de la semaine et les vacances
Temps passé à regarder la télévision	Les considérations de sécurité
Temps passé à jouer à l'ordinateur	Entrée dans la vie active versus l'école et les études

- **Les facteurs biologiques**

Selon Bar-Or et Rowland (2004), l'hérédité apparaît comme un facteur d'influence conséquent sur les patterns d'AP des enfants. Les premières études portant sur les liens entre l'hérédité et les patterns d'activité ont été menées aux Etats-Unis (Scarr 1966 ; Willerman 1973). La première montrait une influence

significative des facteurs génétiques alors que la seconde montrait surtout l'influence de l'hérédité sur les patterns d'activité des enfants. Perusse et al. (1988) ont mené des observations au Canada et ont conclu que les variables biologiques de l'AP étaient aussi influents que les déterminants environnementaux. Les auteurs se sont penchés sur les relations entre les liens biologiques (parents vs enfants biologiques), non biologiques (les époux, l'oncle vs la nièce ou le neveu, l'adoption) et le niveau d'AP ainsi que la participation à l'exercice auprès de 375 familles. Les auteurs ont conclu que le niveau d'AP était davantage influencé par l'hérédité que par la participation à l'exercice. Rankinen et al. (2006) et Wareham et al. (2008) ont montré qu'il existait un nombre croissant de gènes ayant un rôle dans les phénotypes en relation avec la santé physique et la performance. Face à l'augmentation des maladies telles que l'obésité, le diabète de type 2, les maladies cardiovasculaires ou les autres maladies associées à l'inactivité physique, les auteurs ont conclu qu'il apparaît important d'identifier les gènes variants susceptibles d'entraîner ces maladies et pouvant réagir à l'exercice et l'activité physique.

Les changements à la puberté, plus particulièrement chez les filles, sont souvent accompagnés d'une réduction de l'AP. Les facteurs psychosociaux viennent en partie expliquer ce phénomène (le sport est associé à la masculinité, les filles se tournent vers d'autres activités de type culturel ou relationnel) (Butcher 1983), mais ces changements peuvent être également liés à d'autres changements d'ordre biologique (tableau 4).

L'état de santé, les maladies physiques ou mentales (Longmuir et Bar-Or 1994 et 2000 ; Van Den Berg-Emons et al. 1995), la sous-nutrition mais aussi l'obésité (Dencker et al. 2006 ; Mota et al. 2006 ; Torun et al. 1996) influencent également le niveau d'AP chez les jeunes. Des études portant sur les habitudes

alimentaires dès l'adolescence notaient le changement important dans la façon de manger dans les pays occidentaux, avec notamment la réduction du temps consacré au repas, la consommation accrue dans les restaurations rapides, les quantités et qualités des repas mais aussi la diminution des dîners pris en famille ou encore les repas que l'on saute (French et al. 2003 ; Niemeier et al. 2006). En accord avec le National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES 2003-2004), Ogden et al. (2006) ont noté que 17% des enfants et des adolescents âgés de 2 à 19 ans étaient en surcharge pondérale et que 16,5% présentaient des risques d'être en surpoids.

Les capacités motrices peuvent également être déterminantes des patterns d'AP (Malina 1996). En effet, les enfants et les adolescents s'investissent dans une AP selon leurs capacités et leurs habiletés motrices qui leur permettent d'être plus ou moins performants dans leur pratique.

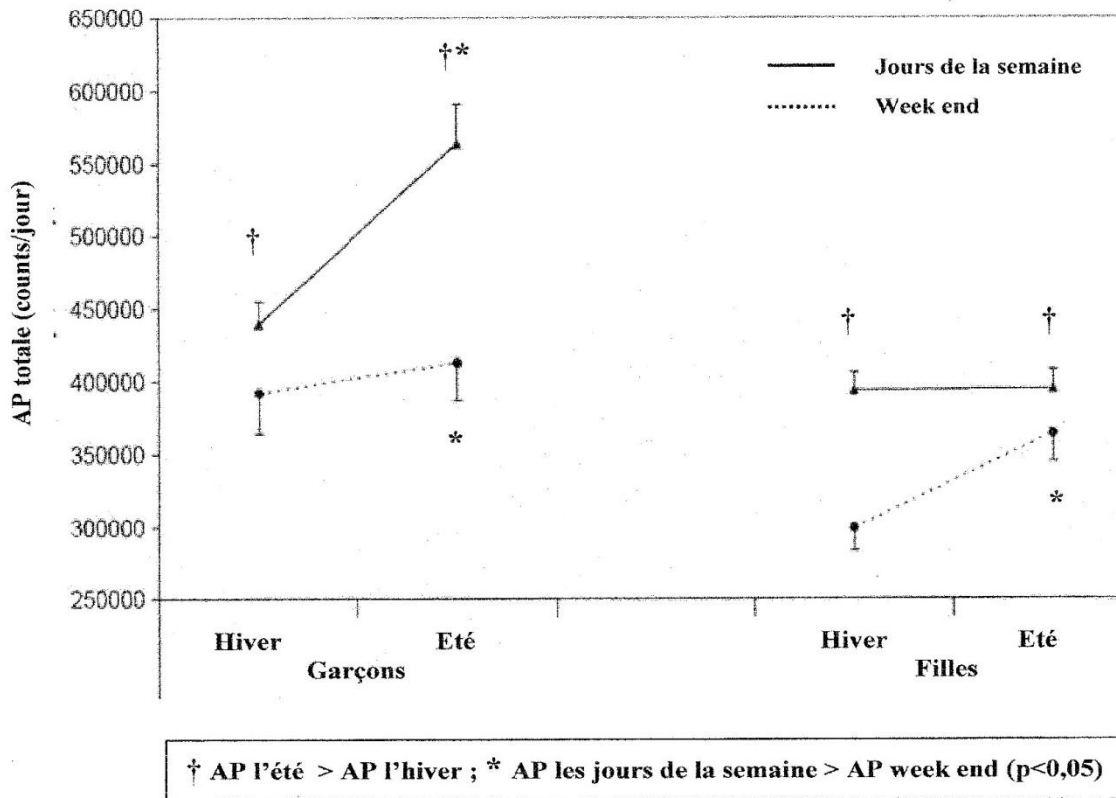
- **Les facteurs environnementaux**

Les changements d'environnement amènent le niveau des conduites sédentaires et actives à se modifier. Les comportements sédentaires ainsi que les possibilités pour la population d'augmenter le niveau d'AP sont ainsi influencés par ce type de facteur (Owen et al. 2000). La proximité du domicile d'espaces verts, d'aires et de centres de récréation sécurisés, de parcs d'attraction (Bar-Or et al. 1998 ; Loucaides et al. 2004) influence la pratique physique, les enfants et les adolescents ayant tendance à être plus actifs dans ces zones d'animation (Salmon et Timperio 2007).

Les variations climatiques et les saisons influencent également la pratique physique (Shephard et al. 1980 ; Blanchard 1987 ; Stratton 1999 ; Loucaides et al. 2004 ; Carson et al. 2010). En effet, dans les régions froides, le niveau d'AP

est souvent en augmentation les mois d'été. Ainsi, une étude américaine (Ross et al. 1985) a montré que les garçons âgés de 7 à 15 ans passaient deux fois plus de temps en activité par semaine l'après midi pendant l'été que l'hiver ; les filles étaient plus propices aux activités physiques en été. L'étude montrait que 90% des enfants avaient une AP pendant l'été, et 68% durant l'hiver, indépendamment de l'âge. Dans certains pays, les variations climatiques sont très importantes et deviennent alors des facteurs d'influence significatifs de l'AP. En effet, les journées plus courtes et froides pendant l'hiver limitent la possibilité pour les enfants de s'épanouir en milieu extérieur. Des études américaines (Klesges et al. 1990), anglaises (Stratton 1999 ; Reilly et al. 2006 ; Rowlands et Hughes 2006 ; Rowlands et al. 2009) et japonaises (Mimura et al. 1991) ont noté que les enfants étaient plus actifs pendant l'été (figure 5), et surtout pendant les périodes de vacances scolaires. Le temps libre (week-ends), qui pourrait être utilisé par les enfants pour faire de l'AP, est régi par des activités sédentaires comme regarder la télévision, jouer à des jeux vidéos ou à l'ordinateur (Pate et al. 1994). Toutefois, pendant les temps de récréations, Ridgers et al. (2006) ont noté que l'investissement dans le jeu était le même, été comme hiver. Malgré les différences significatives sur le niveau d'implication dans une AP selon les saisons, l'impact climatique n'est pas clarifié puisque certaines pays et zones géographiques (exemples, le Canada, ou les Alpes en France), permettent une AP attractive malgré le froid (luge, traîneau, ski, etc.) (Merchant et al. 2007).

Figure 5: Activité physique (AP) totale quotidienne de garçons et des filles âgés de 9 à 11 ans selon les périodes d'hiver et d'été (Rowlands et al. 2009).



- **Les facteurs sociaux et culturels**

L'environnement familial a un impact sur le niveau d'AP des enfants. Moore et al. (1991) ont mené une étude aux Etats-Unis pour déterminer le rapport entre le niveau d'AP des parents et celui de leurs enfants. L'étude a révélé que les enfants, dont la mère était active, étaient deux fois plus actifs que les enfants de mère passive ; ils étaient 3,5 fois plus actifs quand le père était actif et 5,8 fois plus actifs si les deux parents étaient actifs. Cette corrélation est liée à la représentation des parents en tant que modèle, au partage des activités entre les membres de la famille, à l'incitation des parents pour que les enfants soient

actifs, ou aussi à la prédisposition de l'enfant pour augmenter son niveau d'AP. Des études plus récentes ont mis en évidence l'influence parentale sur l'implication des enfants dans une activité (Davison et al. 2003 ; Welk et al. 2004 ; Norman et al. 2005 ; Dowda et al. 2006 ; Gustafson et al. 2006). Dans une revue de littérature portant sur 34 études réalisées en Angleterre, Gustafson et al. (2006) confirmaient qu'il existait une corrélation significative entre l'influence du milieu familial et le niveau d'AP des enfants. Van der horst et al. (2007) ont réalisé une synthèse des études menées entre 1999 et 2005. Les auteurs notaient que parmi les enfants âgés de 4 à 12 ans, le soutien parental ainsi que leur pratique physique influençaient de manière positive l'AP des enfants, surtout chez les garçons. Chez les adolescents âgés de 13 à 18 ans, en particulier les garçons, l'éducation parentale, la motivation, l'éducation physique à l'école et l'influence de l'entourage (famille, amis) avaient un impact positif sur leurs niveaux d'AP. Duncan et al. (2005) constataient aussi ces résultats.

Lindquist et al. (1999) ont mené une étude longitudinale aux Etats-Unis sur l'obésité pendant l'enfance, dans le but d'explorer les influences socioculturelles sur l'activité et la condition physique des enfants, en particulier l'impact de l'origine ethnique indépendamment de la classe sociale ou du profil familial (familles monoparentales vs familles duales). Les résultats ont montré que les enfants de familles monoparentales étaient plus actifs (30 minutes de plus par semaine) et regardaient davantage la télévision (30 minutes de plus par jour) ; les filles avaient un niveau plus bas d'AP habituelle (2 heures de moins par semaine que les garçons) ; la condition physique était meilleure chez les garçons, les blancs et les enfants de familles monoparentales. Cette étude met en évidence la nature multidimensionnelle de l'AP pendant l'enfance ainsi que l'influence des facteurs socioculturels sur les patterns d'activité des enfants.

Gordon-Larsen et al. (1999) se sont également intéressés à l'influence de l'origine ethnique sur le niveau d'AP chez des adolescents américains. Cette étude montre que les adolescents des minorités ethniques, excepté les filles d'origine asiatique, avaient un plus faible niveau d'AP. Les résultats différaient selon le sexe : les garçons étaient plus actifs que les filles ; cependant, un plus faible niveau d'AP avait été trouvé pour les noirs non-hispaniques et les filles asiatiques. Les auteurs concluaient que des efforts pour diminuer les problèmes de surpoids des adolescents pourraient augmenter les niveaux d'AP des jeunes, particulièrement les plus âgés, les filles, et la majeure partie de la population des minorités ethniques.

Le tableau 5 montre clairement que les garçons (49,6 %) sont plus actifs que les filles (24,8 %), en particulier les blancs (51,4 %) par rapport aux autres origines ethniques (29,9 % pour les noirs, et 34,5 % pour les hispaniques) (U.S. Youth Risk Behavior Survey 1990).

Tableau 5: Pourcentages d'enfants américains âgés de 13 à 16 ans qui participaient à une activité physique intense (API) ou plus par semaine, selon le sexe et l'origine ethnique (basé sur 11 631 étudiants United States Youth Risk Behavior Survey (1990), Center for Disease Control and Prevention 1992).

Catégories	Filles	Garçons	Total
Blancs	27.5	51.4	39.3
Américains africains	17.4	42.7	29.2
Hispaniques	20.9	49.9	34.5
total	24.8	49.6	37

Des auteurs se sont intéressés à l'influence du milieu socio-économique sur l'AP habituelle et les conduites sédentaires. Batty et Leon (2002) et Gordon-Larsen et al. (2006) ont montré que les facteurs tels que la cigarette, le poids (maigre ou surcharge pondérale), la taille et certains aspects nutritionnels étaient plus marqués dans un milieu socio-économique "défavorisé", en particulier chez les enfants et les jeunes adultes. Cependant, l'impact sur l'AP n'est pas déterminé. Kelly et al. (2006) ont montré qu'il n'existait aucune différence dans les temps passés dans une AP entre les enfants issus d'un milieu "favorisé" et ceux issus d'un milieu "défavorisé". Toutefois, peu d'études ont été menées pour valider cet impact socioculturel sur le niveau d'AP des enfants (Gustafson et al. 2006 ; Kelly et al. 2007).

- **Le temps libre**

Le temps libre, qui pourrait permettre aux enfants et aux adolescents de s'investir davantage dans une AP, est en fait régi par des activités sédentaires comme regarder la télévision, jouer à des jeux vidéos ou à l'ordinateur (Pate et al. 1994 ; Gordon-Larsen et al. 1999 ; Norman et al. 2005). Ces activités sont une des causes majeures du déclin de l'AP chez les jeunes (British Heart Foundation 2000).

La littérature a montré que les enfants et les adolescents consacraient 40h par semaine aux médias, soit approximativement 5h par jour, répartis entre :

- la télévision et ce, dès l'âge de 5 ans (Andersen et al. 1998 ; Gordon-Larsen et al. 1999 ; Eaton et al. 2006 ; Salmon et al. 2006)
- les films vidéos (Andersen et al. 1998 ; World Health Organization 1996 et 2000)

- les jeux vidéos (Stanger 1997 ; Stanger et Gridina 1999 ; Woodard et Gridina 2000)
- l'ordinateur (y compris internet) (Bricolo et al. 2007 ; Willoughby 2008).

Graves et al. (2007 et 2008) ont montré que la nouvelle génération de jeux vidéos (exemple, la console Wii) sollicitait une dépense énergétique supérieure à celle utilisée par les anciens types de jeux au caractère plus sédentaire. Cependant, cette énergie utilisée par les jeux « actifs » n'est pas assez élevée pour contribuer aux recommandations quotidiennes en termes d'exercice chez les enfants.

Les études de la littérature ont également montré que les déplacements actifs pour se rendre à l'école tels que la marche et le vélo sont en déclin important au profit des modes de transport motorisés (DiGiuseppi et al. 1997 ; Salmon et al. 2005 ; McDonald 2007). Les jeunes garçons qui vont à l'école parcourent aujourd'hui, à bicyclette, la moitié de la distance que leurs aînés, 20 ans auparavant. Vingt pour cent d'entre eux sont motorisés pour rentrer chez eux, notamment par les transports scolaires (DiGiuseppi et al. 1997). Selon Cooper et al. (2006), les enfants et les adolescents venant à l'école à pied ou à bicyclette apparaissaient significativement plus actifs que ceux qui profitaient des transports en commun ou de la voiture familiale.

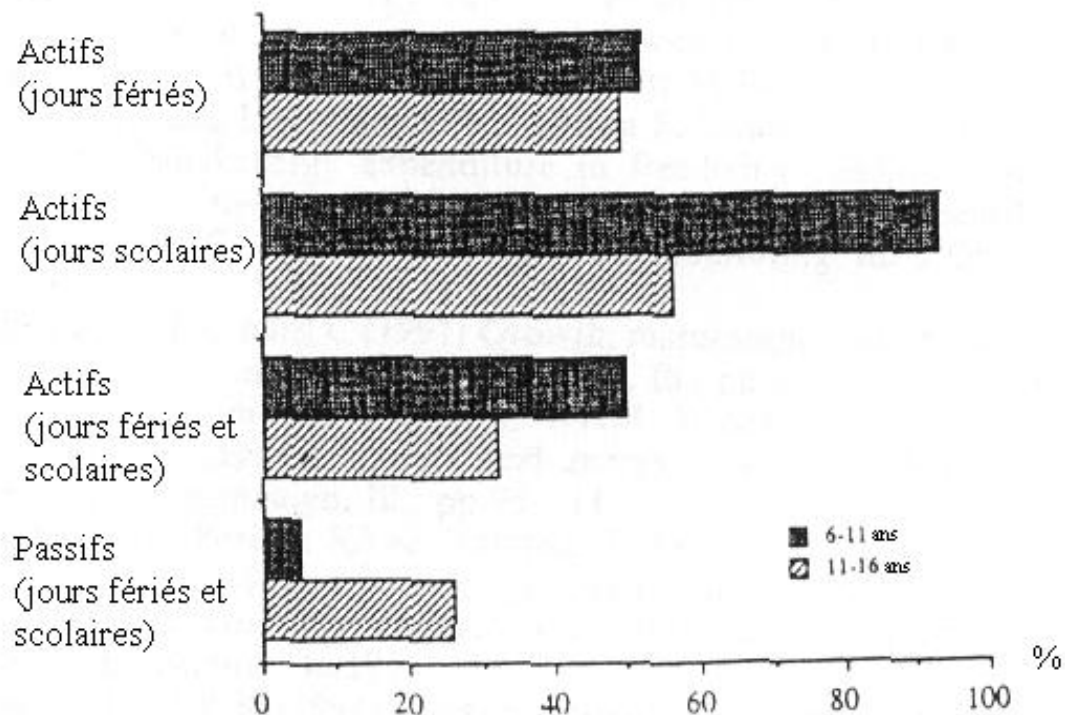
- **Le temps scolaire**

De nombreux auteurs ont montré que les enfants et les adolescents étaient plus actifs pendant les jours scolaires que les jours fériés (Falgairette et al. 1996;

Pate et al. 1995 ; Gavarry et al. 1998 ; Stratton 2000 ; Sallis et al. 2001 ; Trost et al. 2002 ; Stratton et Mullan 2005 ; Ridgers et al. 2007).

En France, Falgairette et al. (1996) ont montré que les enfants âgés de 6 à 16 ans étaient plus actifs (au moins 30 minutes par jour dans une activité à une fréquence cardiaque supérieure à 140 bpm) les jours scolaires que les jours fériés. Les enfants âgés de 6 à 11 ans étaient significativement plus actifs que les adolescents, pendant la semaine, mais surtout les jours scolaires (95% vs 57%, respectivement chez les enfants et les adolescents) (figure 6).

Figure 6: Pourcentages d'enfants et d'adolescents actifs et inactifs (FC≥140bpm) pendant les jours scolaires et les jours fériés (Falgairette et al. 1996).



Gavarry et al. (1998) confirmaient cette influence significative du milieu scolaire sur le niveau d'AP des enfants et adolescents ainsi qu'une tendance à la sédentarité et à l'inactivité les jours fériés.

La littérature a montré que l'école semblait être un moment privilégié pour que les jeunes soient actifs. En effet, 39% de l'AP pendant un jour scolaire seraient réalisés à l'école, alors que seulement 8% seraient effectués avant le début de l'école, 12% pendant l'heure du déjeuner, 32% pour d'autres activités et 9% avant le coucher (Trost et al. 2002).

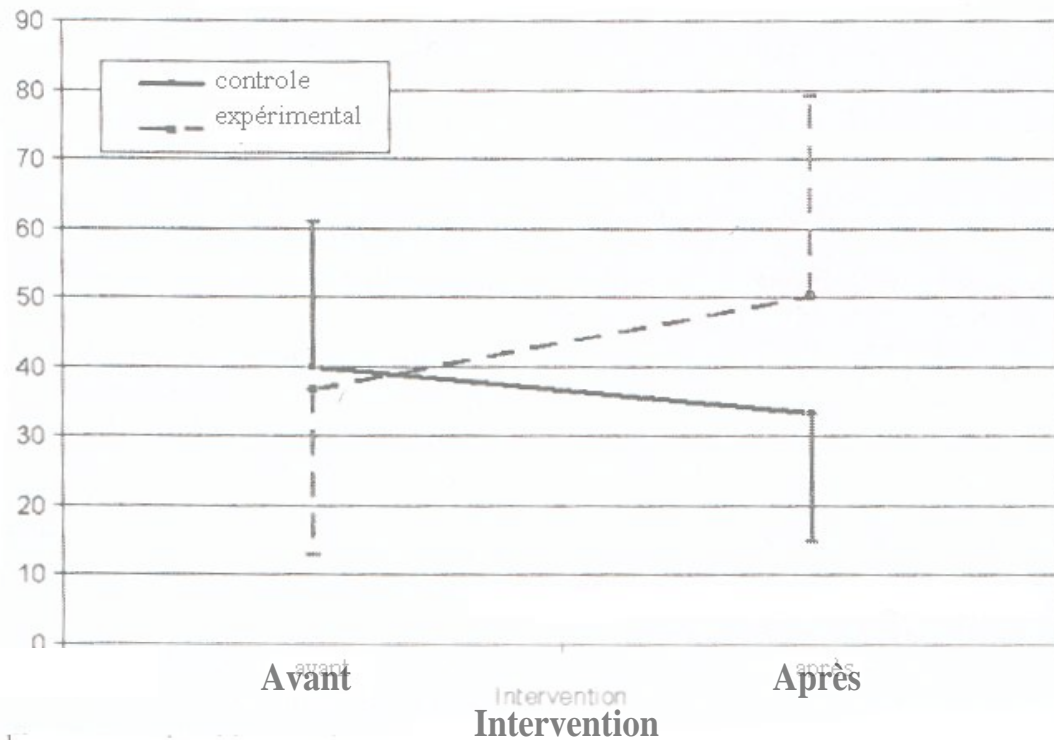
Stratton (2000) avait constaté que, sur une semaine, les enfants passaient approximativement 35h à l'école. 100 minutes seraient consacrées aux récréations scolaires pendant lesquelles les enfants se retrouvent tous pour jouer librement. En dehors de l'école, 77h seraient réparties entre le travail à la maison et le loisir (ordinateur, télévision, amis, sport). L'auteur a alors proposé un aménagement de la cour de récréation au moyen de peinture fluorescente.

Les enfants avaient augmenté significativement leur temps passé dans une APMI ($p < 0,05$). Les résultats suggéraient alors que ce type d'intervention avait un impact positif sur les niveaux d'AP des enfants mais que d'autres facteurs pouvaient avoir une influence sur les temps de jeu des enfants. Sallis et al. (2001) ont mené une étude afin de mesurer l'impact des caractéristiques de l'environnement scolaire avec l'AP des enfants. 137 zones dans 24 écoles publiques ont été mesurées selon leur taille, leur type et leurs équipements (exemple : terrains de basket). Ces caractéristiques environnementales expliqueraient 42% des différences du niveau d'activité chez les filles et 59% chez les garçons. Ainsi, des auteurs ont proposé des interventions ayant pour but l'amélioration des espaces scolaires (aménagements, matériels) associées à une supervision pour inciter les filles et les garçons à être plus actifs.

Stratton et Mullan (2005) ont réalisé un aménagement ludique de la cour de récréation au moyen de peinture de couleur et de dessins au sol, et ont mesuré

les effets sur les niveaux d'AP des enfants. APM et API ont significativement augmenté après l'aménagement (figure 7). Ridgers et al. (2007) ont confirmé que ce type d'intervention était efficace, en particulier pour les APMI. L'école est apparue comme étant un milieu propice pour améliorer l'AP, d'autant plus qu'elle s'adresse à tous les enfants (Stratton 2000 ; McKenzie et al. 2001 ; Stratton et Mullan 2005 ; Ridgers et al. 2007).

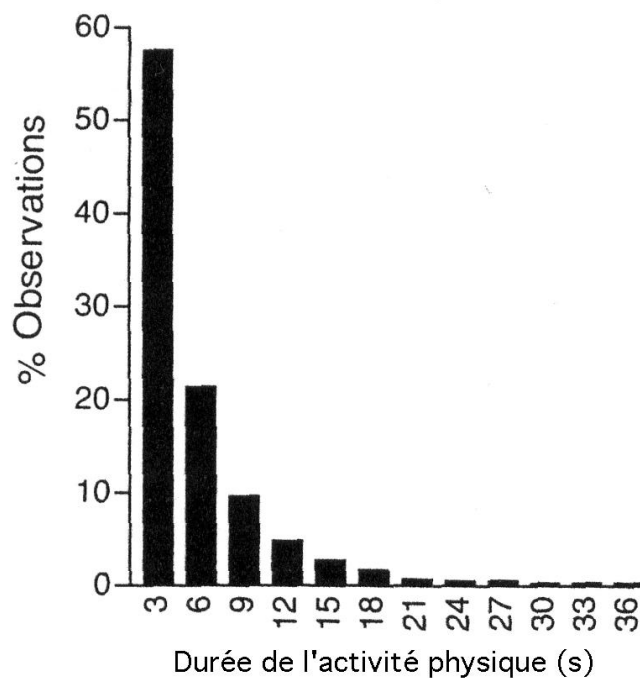
Figure 7: Pourcentage de temps passé dans une activité physique de modérée à intense (APMI), avant et après intervention en termes d'aménagement spécifique de la cour de récréation (Stratton et Mullan 2005).



1.4. Les patterns d'activité physique des enfants

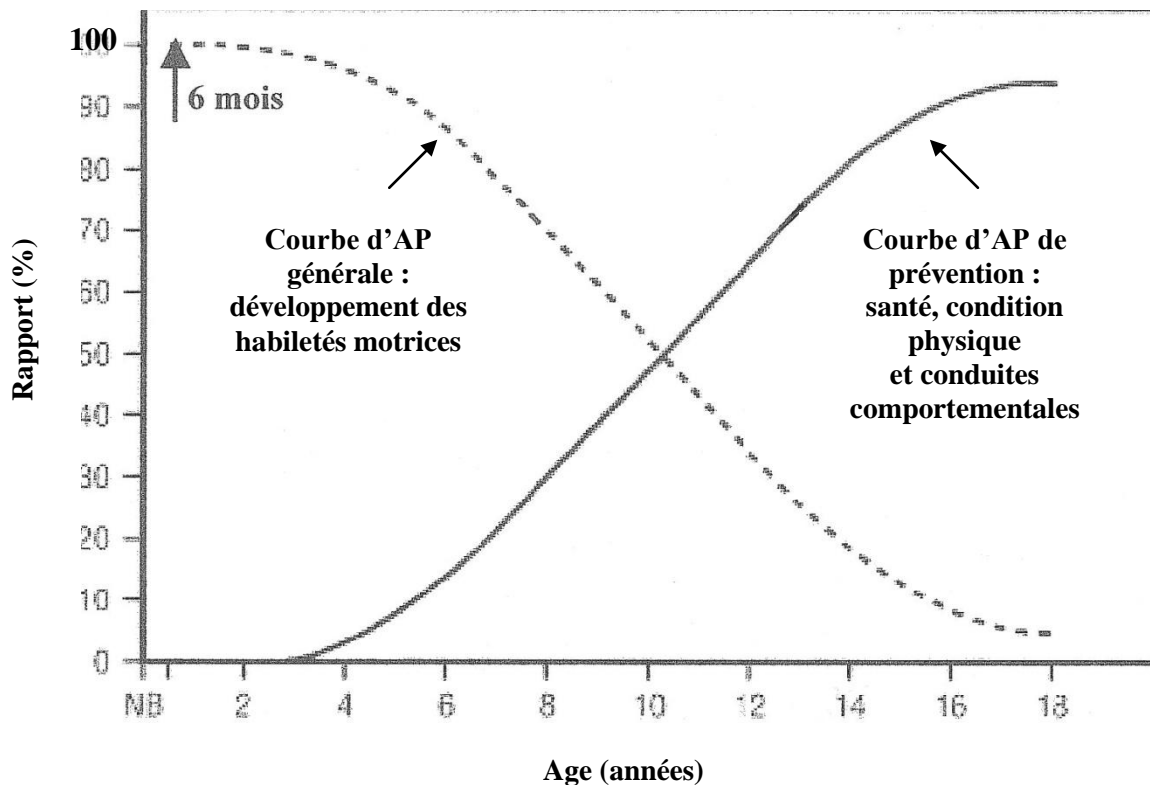
La nature de l'AP chez les enfants est intermittente et caractérisée par des brusques changements entre des périodes de repos et des périodes d'AP intenses, qui rendent d'autant plus difficiles l'observation et la quantification de l'AP en termes d'intensité et de durée. Bailey et al. (1995) ont observé que, chez les enfants pré pubères, la durée moyenne des activités physiques d'intensité légère à modérée était de 6 secondes et que 95% des activités très intenses duraient moins de 15s avec une moyenne de 3s (figure 8). Généralement, chez les enfants, aucun temps d'exercice n'excède 10 minutes et la moyenne d'un "bout" d'exercice est de moins de 20 secondes (Bailey et al. 1995 ; Berman et al. 1998). Une étude canadienne (Russel et al. 1992) précisait que la grimpe, la course, les sauts, le vélo, la nage et la glisse, ou encore la marche, les jeux, l'imaginaire ou les jeux de ballon dominant les premières années de la vie.

Figure 8: Durée des périodes d'activité physique intense (API) chez l'enfant (Bailey et al. 1995).



Cependant, la nature de l'AP change entre l'enfance et l'adolescence (Strong et al. 2005). L'AP générale de développement moteur s'oriente vers une AP pour la santé. Celle-ci devient plus complexe, spécialisée et moins spontanée. (figure 9).

Figure 9: Changements de la nature de l'activité physique (AP) pendant l'enfance et l'adolescence (Strong et al. 2005).



Baquet et al. (2007) ont utilisé une fréquence d'échantillonnage de 2s et ont montré que 36% de la quantité totale d'AP quotidienne correspondaient à une API et APTI. Rowlands et al. (2007) ont montré que l'intensité des périodes d'AP les plus fréquentes et la fréquence des périodes d'AP les plus intenses sont à l'origine des différences trouvées entre les garçons et les filles, les jours scolaires et les jours fériés. Une mesure objective de l'AP, en tenant compte des différents jours de la semaine (Stone et al. 2009), permet alors de refléter les réels

patterns d'AP des enfants (Nilsson et al. 2002 ; Baquet et al. 2007 ; Riddoch et al. 2007 ; Rowlands et al. 2008), et d'orienter les programmes d'intervention de manière plus précise pour une amélioration de la santé (Rowlands et al. 2007).

1.5. Les recommandations internationales

Dans un souci de prévention et d'amélioration de la santé, des recommandations internationales ont été établies. Un minimum de 30 minutes d'activité par jour à intensité modérée a été proposé chez l'adulte (Pate et al. 1995).

Toutefois, nous ne disposons pas de données spécifiques chez l'enfant et l'adolescent pour établir avec précision la quantité d'AP nécessaire pour des effets positifs sur la santé à court et à long terme (Lee 2007). A partir des effets de l'AP en termes d'impact sur la santé et la performance chez les adultes, les recommandations ont été proposées chez les jeunes (Corbin et al. 2004 ; Sallis et Patrick 1994). Ainsi, Healthy People 2010 (2000) et l'American College of Sport Medicine (ACSM 2002) ont suggéré 30 minutes accumulées d'AP de modérée à intense, 5 fois par semaine ou 3 plages de 20 minutes continues par semaine dans une activité intense. The United Kingdom Expert Consensus Group a recommandé 60 minutes accumulées d'AP de modérée à intense, 5 fois par semaine (Cavill et al. 2001).

Cependant, de nombreux auteurs ont souligné la divergence de ces recommandations (Bouchard 2001 ; Haskell 2001 ; Pate et al. 2002). Pate et al. (2002) ont d'ailleurs précisé qu'un temps continu n'était pas compatible avec le caractère intermittent de l'AP habituelle des enfants. Une étude réalisée auprès de 375 enfants et adolescents âgés de 7 et 15 ans a montré que 91.7% des sujets passaient au moins 30 minutes par jour dans une activité de modérée à

intense et 69,3% 60 minutes. Seulement 2,4% des sujets passaient 3 plages de 20 minutes continues dans une activité intense (figures 10 et 11). La première recommandation semblait donc être la mieux adaptée chez les enfants et les adolescents.

Malgré tout, 40 à 45% des enfants et des adolescents français n'étaient pas suffisamment actifs pour répondre aux recommandations internationales (Gavarry et Falgairette 2004) et 70% des adolescents n'atteignaient pas les recommandations de 60 minutes accumulées d'activité au moins modérée (Simon et al. 2005). Face à l'augmentation des problèmes liés à la santé, un minimum de 60 minutes d'AP quotidienne à intensité au moins modérée chez les jeunes est recommandé aujourd'hui (Corbin et al. 2004 ; Simon et al. 2004 ; Strong et al. 2005 ; Center for Disease Control and Prevention 2005). Cependant, Andersen et al. (2006) ont montré que cette recommandation pourrait être sous estimée et ont suggéré une AP de 90 minutes par jour pour prévenir les facteurs de risques de maladies cardiovasculaires chez les enfants. Un Congrès International (International Conference on Physical Activity and Obesity in Children 2007) a été organisé pour présenter l'ensemble des résultats des études scientifiques dans le but d'encourager les autorités à reformuler les recommandations en termes de politiques et de programmes de pratique efficace de l'AP pour lutter contre l'obésité chez les jeunes (Katzmarzyk et al. 2008). Un rapport international portant sur l'obésité infantile (Task Force on Community Preventive Services 2009) a montré que la prévalence du surpoids et de l'obésité infantile se situait entre 10 et 35% au sein de l'Union Européenne. Il apparaît donc indispensable de promouvoir l'AP dès l'enfance et au cours de l'adolescence pour poursuivre des objectifs de gains en matière de santé.

Figure 10: Pourcentages d'enfants et d'adolescents participant à une activité physique au moins modérée (APMI) selon les 3 recommandations internationales, d'après Pate et al. (2002).

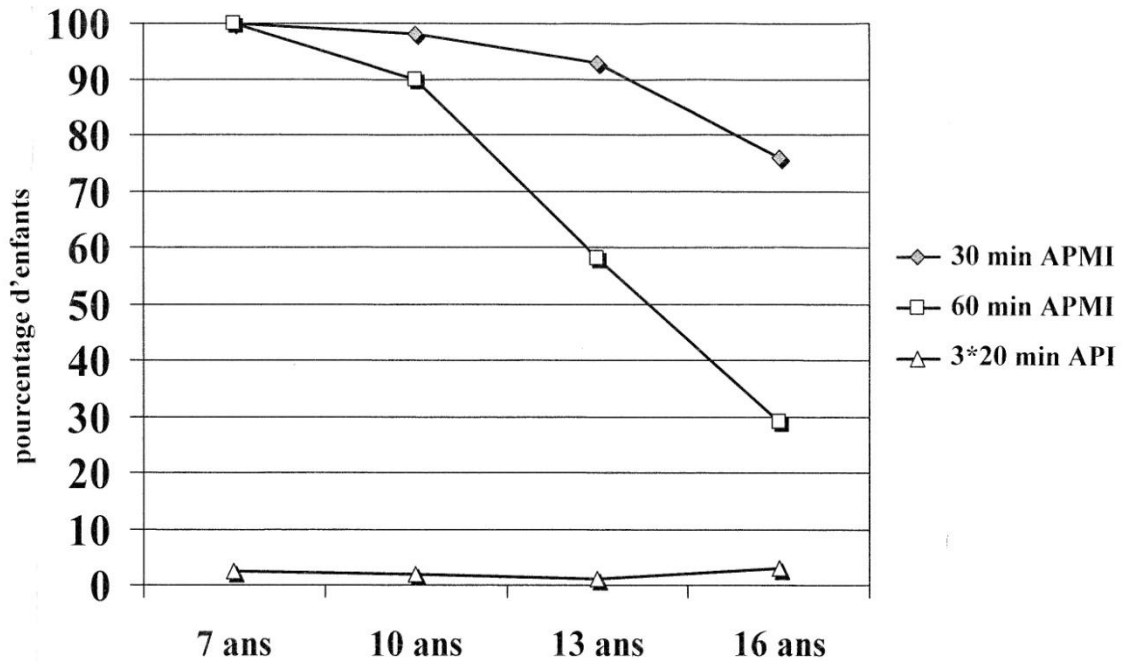
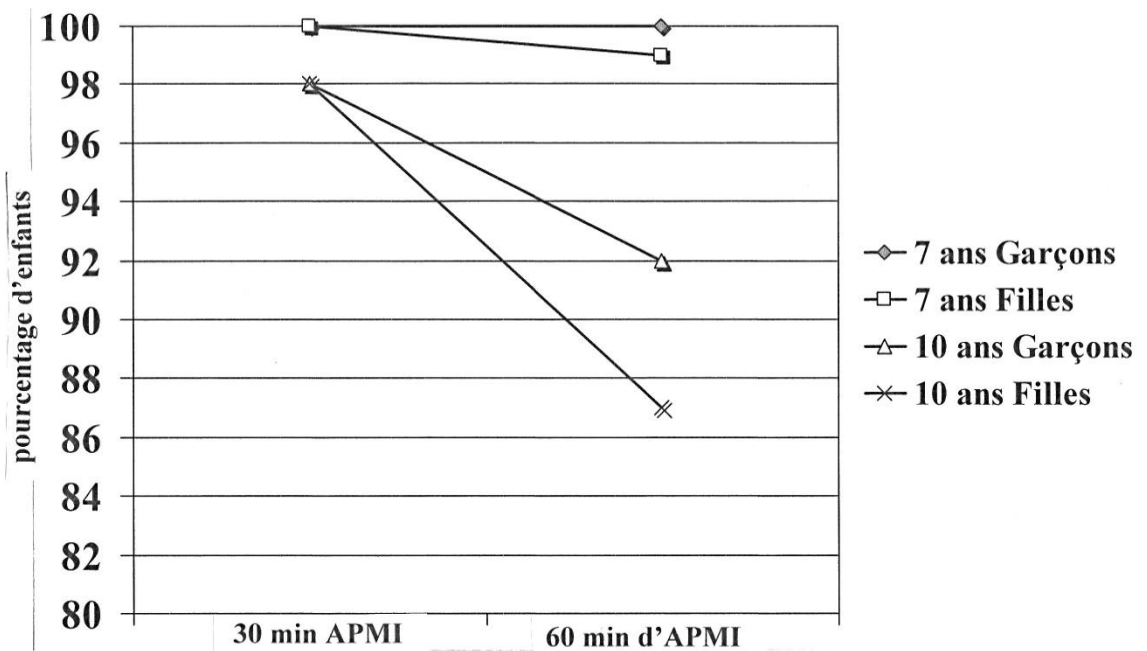


Figure 11: Pourcentages d'enfants âgés de 7 et 10 ans atteignant les recommandations internationales en termes d'activité physique, d'après Pate et al. (2002).



2. La promotion de l'activité physique

Des acteurs de la santé tentent de proposer des programmes d'intervention afin de réduire les comportements sédentaires et améliorer l'état de santé générale de la population (Malina 2001). La plupart des interventions qui ont pour but d'augmenter le niveau d'AP chez les enfants et les adolescents se sont faites en milieu scolaire. L'école a l'avantage de s'adresser à l'ensemble des enfants (Sallis et al. 1992 ; Almond et Harris 1998) et semble être un endroit opportun pour promouvoir l'AP chez les jeunes (Blatchford et al. 2003). Deux moments sont propices à l'AP des enfants dans cet environnement (Sarkin et al. 1997 ; Dale et al. 2000) : les cours d'EP et les temps de récréation (le matin, le midi, l'après midi).

Les autres interventions ont impliqué la structure familiale et la société dans son ensemble. Trost et al. (2008) ont montré que des programmes après l'école peuvent contribuer à 20 minutes d'APMI chaque jour, soit un tiers des recommandations quotidiennes en termes d'AP pour la santé chez les enfants. Les résultats de leur étude ont montré également que les niveaux d'AP étaient plus élevés pendant les périodes de jeu libres par rapport aux activités organisées ou structurées.

2.1. Les interventions en milieu scolaire

2.1.1. Lors des cours d'Education Physique

L'EP est un moment où l'AP est importante mais elle ne permet pas aux enfants et aux adolescents d'atteindre les niveaux d'AP recommandés. En effet, McKenzie et al. (2000) ont observé l'AP des enfants, le contexte des cours d'EP et la manière d'enseigner lors de 430 cours d'EP donnés par 126 professeurs, dans 24 écoles américaines. Les résultats montraient que les garçons étaient plus actifs

que les filles, particulièrement pendant les exercices d'habileté, les jeux et les jeux libres. L'activité des enfants variait selon le contexte des cours, indépendamment de la taille des classes. Il en ressort également que l'EP contribuait sur une semaine à un total de 25 minutes d'API, et à 83 minutes d'APMI, ce qui est largement inférieur aux objectifs nationaux. Les auteurs concluaient qu'il existait un certain nombre de possibilités pour améliorer l'AP des enfants d'âge moyen à l'école.

Des programmes d'intervention pendant les cours d'EP ont été mis en place pour augmenter le niveau d'AP des enfants (tableau 6). Ceux-ci se sont avérés efficaces et ont contribué à améliorer le niveau d'AP sans changer le nombre et la durée des cours d'EP (McKenzie et al. 2001). Fairclough et Stratton (2005) ont analysé 40 études dont l'AP durant les cours d'EP avait été mesurée chez des enfants et adolescents. Toutes les interventions proposaient d'augmenter le niveau d'AP durant les cours d'EP. Les enfants s'engageaient dans une APMI de 27% à 47% du temps de cours d'EP. Cette variabilité du temps passé dans APMI dépendait de la méthode d'enseignement. Les auteurs notaient que les cours d'EP pouvaient ainsi compléter les opportunités d'intervention à l'école pour contribuer à l'AP quotidienne des enfants.

L'environnement scolaire, avec une promotion active de l'AP, des interventions directes ainsi qu'un cadre stimulant pour les garçons et les filles, peut amener les enfants à être plus actifs (Sallis et al. 2001). Des facteurs propres à l'environnement scolaire, telles que la taille de la cour de récréation ou la mise à disposition de matériel (ballons, cordes à sauter, cages à poule), peuvent également influencer le niveau d'AP des enfants (Wechsler et al. 2000 ; McKenzie

et al. 2001 ; Zask et al. 2001). Cependant, d'autres études sont nécessaires pour déterminer l'impact réel des programmes d'EP sur les conduites sportives à l'âge adulte ainsi que pour évaluer les stratégies optimales à utiliser lors du temps alloué aux séances d'EP (Wechsler et al. 2000 ; Trudeau et Shephard 2005).

Tableau 6: Présentation des divers programmes d'intervention réalisés pendant les cours d'éducation physique (EP) pour augmenter le niveau d'activité physique (AP) des enfants.

Programmes d'interventions	Protocole	Résultats
<p><u>SPARK</u> (Sports, Play and Active Recreation for Kids) Sallis et al. 1997.</p>	<p>2 ans, 759 enfants, 2 groupes expérimentaux, 2 groupes contrôles. Programme : améliorer le niveau d'AP pendant les cours d'EP et en dehors de l'école.</p>	<p>Augmentation significative pendant les cours d'EP pour les groupes expérimentaux ($p < 0,001$). Niveau d'AP identique en dehors de l'école.</p>
<p><u>M-SPAN</u> (Middle-School Physical Activity and Nutrition) McKenzie et al. 2001.</p>	<p>2 ans, 25 000 élèves (dont 45% d'origine étrangère), 12 écoles expérimentales, 12 écoles contrôles, Sud de la Californie. Programme : apport de matériel, formation du personnel intervenant et suivi longitudinal. Observation des cours d'EP (SOFIT).</p>	<p>Amélioration significative du temps passé à APMI par les enfants : ≈ 3 minutes par cours d'EP, soit 18% ($p = 0,02$).</p>
<p><u>CATCH</u> (Child and Adolescent Trial for Cardiovascular Health) McKenzie et al. 2003.</p>	<p>5 ans, 1 904 cours d'EP, Etats-Unis. Programme : modifier les habitudes alimentaires des enfants à l'école, proposition de nouvelles formes d'interventions et de nouveaux contenus pendant les cours d'EP. Analyse des niveaux d'AP, du contexte des cours (SOFIT).</p>	<p>Maintien du niveau de dépense énergétique et du temps passé dans une APMI pendant les cours d'EP dans les groupes expérimentaux. Déclin dans les groupes contrôles. Amélioration des niveaux d'interventions et de l'intérêt porté aux cours d'EP.</p>
<p><u>PLAY</u> (Promoting Lifestyle Activity for Youth) Pangrazi et al. 2003.</p>	<p>606 enfants de 10 ans, 35 écoles américaines, 4 groupes de mesure (1/PLAY+EP, 2/PLAY, 3/EP, 4/ aucune intervention). Programme : effets d'une intervention spécifique en milieu scolaire sur le niveau d'AP et l'IMC.</p>	<p>Après intervention, amélioration significative du niveau d'AP des enfants, en particulier chez les filles.</p>

2.1.2. Lors des temps de récréation

Blatchford et al. (1989) avaient noté que les politiques éducatives s'étaient peu intéressées aux récréations scolaires pour la promotion de l'AP. Depuis une dizaine d'années, des interventions ont été mises en place. Stratton (1999) a mené une étude sur 600 temps de récréations (3 par jour, 5 par semaine, 39 semaines sur 1 an) et a montré que ces heures de récréations offraient un total de temps où les enfants pouvaient être physiquement actifs. Pour augmenter le niveau d'AP des enfants et s'attaquer à l'exclusion sociale, des marquages au sol dans la cour de récréation ont été utilisés et ont ainsi structuré ces temps de jeux (Connolly et McKenzie 1995 ; Stratton et Leonard 2002 ; Scruggs et al. 2003 ; Stratton et Mullan 2003). Stratton (2000) a mesuré les effets de ces marquages au sol spécifiques (dessins) sur les niveaux d'AP d'enfants anglais, âgés de 5 à 7 ans, pendant les temps de récréation (2 écoles). L'étude a révélé que ces marquages au sol avaient amélioré la totalité du temps passé dans une APM de 18 minutes par jour par rapport à celui précédent l'intervention, soit 45% du temps passé par les enfants lors des récréations. Stratton et Mullan (2005) ont mené une étude sur le même type d'intervention auprès de 240 enfants âgés de 4 à 11 ans (8 écoles). APMI passait de 36,7% à 50,3% pour le groupe expérimental (60 garçons et 60 filles), alors que celle du groupe contrôle diminuait de 39,9% à 33,4% (60 garçons et 60 filles).

Ce type d'intervention semble intéressant car il peut contribuer à ce que les enfants atteignent les recommandations internationales en termes d'AP, à savoir 60 minutes dans une APMI par jour (Ridgers et Stratton 2005 ; Ridgers et al. 2006). Le marquage au sol incite les enfants à se dépenser davantage, selon leurs envies et leurs capacités, tout en gardant la notion de jeu, et ce, quel que soit leur âge. Bien que les marquages au sol dans la cour de récréation aient

permis d'augmenter les niveaux d'AP des enfants, d'autres facteurs éventuels sembleraient être importants (temps, intervenants, matériels...). Ainsi, Ridgers et al. (2006) ont montré qu'APMI et APTI ont augmenté pour les garçons et les filles des groupes contrôles à court (post aménagement de la cour de récréation) et à long terme (6 mois après l'aménagement). Les auteurs ont noté que les effets de cette intervention étaient plus importants chez les enfants qui étaient les moins actifs au départ. Verstraete et al. (2006) ont évalué les effets de matériel de jeu et d'équipements mis à disposition pendant les récréations chez les enfants âgés de 10 ans. Pendant la période de récréation du midi, les temps passés dans APM et API augmentaient significativement (de 38% à 51% et de 10% à 11%, respectivement) pour le groupe expérimental alors que ceux-ci diminuaient pour le groupe contrôle (de 44% à 39% et de 11% à 5%, respectivement). Le matin, APM augmentait (de 41% à 45%) pour le groupe expérimental et diminuait pour le groupe contrôle (de 41% à 34%).

Aux Etats-Unis, le "fitness breaks" (Scruggs et al. 2003) a consisté à parcourir pendant 15 minutes une course d'obstacles sur 400m contenant des APM (courir, naviguer entre des objets) et des activités de type fitness (bondissements, sauts). La satisfaction des enfants sur le temps de jeu a été mesurée. Les résultats ont montré que l'AP avait augmenté pour les garçons et les filles, et cela, de manière plus importante chez les garçons. Cette intervention encourage aussi les enfants à développer leurs capacités physiques et à s'engager dans une APM à hauteur de 50% du temps de jeu. Les auteurs ont conclu que ce programme utilisé à l'école primaire pouvait substantiellement contribuer aux niveaux d'AP quotidienne des enfants. Cependant, le "fitness breaks" semblait séduire les garçons plutôt que les filles. Aussi, la taille de la course d'obstacles utilisée dans ce programme d'intervention occupait une grande partie de la cour

de récréation et pouvait alors affecter les niveaux d'AP des autres enfants. Connolly et McKenzie (1995) s'étaient intéressés à l'effet d'une intervention par le jeu grâce à des intervenants dans la cour de récréation (animateurs) sur le niveau d'AP des enfants à l'école élémentaire. Les enfants étaient plus actifs pendant les programmes de jeu que lors des temps libres habituels. Les garçons comme les filles étaient satisfaits d'une telle intervention. Cependant, ce type d'intervention nécessite un grand nombre de superviseurs au sein du personnel de l'école. De plus, de nombreuses études sont nécessaires, d'autres raisons pourraient expliquer certaines augmentations du niveau d'AP des enfants.

2.2. Les autres interventions

2.2.1. Les interventions en milieu familial

Les interventions en milieu familial ont une dimension importante, particulièrement auprès des parents, notamment dans leurs rapports sociaux avec les enfants (Sallis et al. 1998). Cependant, ces interventions sont surtout efficaces au sein d'une population spécifique comme les personnes obèses ou anorexiques. Les effets spécifiques d'une intervention basée sur la famille sont limités (Biddle et al. 2004). Par exemple, le CATCH, cité précédemment, inclut la composante familiale en complément de la composante scolaire. Nader et al. (1996) ont montré que la famille n'influçait pas le niveau d'AP des enfants même si les parents comprenaient l'importance de leur implication dans ce type de programme. Il existait également des différences selon le sexe et l'origine ethnique. Les interventions au sein du milieu familial nécessitent donc une exploration qualitative plus approfondie. Elles doivent être adaptées selon les personnes dans un environnement familial particulier.

2.2.2. Les interventions dans la société civile

Bien que la majorité des interventions ait été réalisée en milieu scolaire ou familial, l'implication de l'ensemble de la société apparaît important pour changer les comportements, en particulier chez les enfants et les adolescents (Sallis 1998 ; Pate et al. 2000). Il semble logique que les jeunes soient influencés par les messages qu'ils reçoivent comme la publicité. Toutefois, peu d'études ont analysé les interventions au sein de la société chez les jeunes. Les résultats obtenus restent équivoques (Stone et al. 1998 ; Pate et al. 2000). Par exemple, le Class of 1989 and Minnesota Heart Health Program Study, qui comprenait l'intervention en société et en milieu scolaire, a révélé que l'AP diminuait avec l'âge dans les deux cas mais que ce déclin était moins important pour le groupe expérimental (Pate et al. 2000). A l'inverse, l'Active Winners Programme (Pate et al. 2003), qui consistait à mesurer les effets d'une intervention au sein de deux communautés rurales aux Etats-Unis (Caroline du Sud), aucun changement significatif dans le niveau d'AP n'a été trouvé par rapport au groupe contrôle. Malgré ces résultats équivoques, Pate et al. (2003) ont conclu qu'il existait de nombreuses évidences pour la faisabilité des approches en communauté.

Bien qu'il y ait des exemples d'interventions chez les adultes qui ont obtenu quelques effets positifs sur l'AP (Calfas et al. 1996), les études sont rares chez les jeunes (Sallis et al. 2000). L'étude que l'on peut retenir est le PACE+ (Patient Centered Assessment and Counseling for Exercise plus Nutrition) (Patrick et al. 2001). 117 adolescents de 4 cliniques pédiatriques ont participé à ce programme. L'AP et les conduites alimentaires ont été mesurées et des conseils en matière de santé ont été donnés. Les participants ont été inclus à un des 4 groupes de contact sur les 4 mois suivants : aucun contact, des mails fréquents,

des mails irréguliers et le téléphone, ou des mails fréquents et le téléphone. Une intervention a été ensuite réalisée auprès de tous les sujets. Les résultats ont montré que les participants de ce programme ont amélioré leur temps passé dans une APM mais pas dans une API. Aucun effet sur la condition physique n'a été mesuré. Les auteurs admettaient que cette étude était limitée à cause de l'absence de groupe contrôle mais ils précisaient que ce type d'intervention permettait de changer les conduites de l'AP des enfants.

3. La condition physique

La CP est la capacité générale à réaliser une AP (Shephard et Bouchard 1994). Son évolution chez les enfants et les adolescents a toujours intéressé les spécialistes de l'exercice et de la santé. Afin d'évaluer les performances physiques des sujets en milieu médical ou en milieu scolaire, de nombreux tests de CP ont été développés. The President's Council on Physical Fitness and Sports a été créé en 1956 et, avec l'American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance (AAHPERD 1958), une batterie de tests pour les jeunes a été présentée (Seefeld et Vogel 1989). D'une CP relative à la performance, on s'est orienté vers une CP relative à la santé, incluant l'endurance cardiorespiratoire, la force musculaire, la flexibilité et la composition corporelle (AAPHERD, 1984). Une série de tests développée entre 1978 et 1986 a été proposée par le Conseil de l'Europe afin d'évaluer la condition physique relative à la santé et la performance. Les travaux de Simons et al. (1969) ont été à l'origine des tests européens d'aptitude physique (batterie EUROFIT, 1988). Ceux-ci ont été standardisés pour évaluer la santé physique chez les enfants, les adolescents, les adultes et les seniors, quel que soit leur sexe. Mahoney et Boreham (1992) ont mesuré la reproductibilité de ces tests chez des enfants

âgés de 7 à 11 ans, à 1 mois d'intervalle. Ces auteurs ont noté que toutes les mesures étaient reproductibles ($p < 0,001$), la reproductibilité étant moindre chez les enfants de moins de 8 ans. Les 9 dimensions de la CP sont présentées dans la figure 12. Certaines sont en relation à la fois avec la santé et la performance. Les tests évaluent les qualités motrices telles que la force, la vitesse, la souplesse et l'endurance cardiorespiratoire, mais aussi les mesures de composition corporelle (mesures anthropométriques, plis cutanés).

Figure 12: Dimensions de la condition physique (CP), d'après EUROFIT (tests européens d'aptitude physique, 1988).



Bien que les termes d'AP et de CP soient en relation avec la santé (William 2001), ils sont souvent confondus. Il est important de les distinguer. Un sujet peut être actif et avoir une mauvaise condition physique et inversement (Van Praagh et Duché 2000). La littérature a montré qu'une vie active pendant l'enfance et l'adolescence pouvait réduire les risques et les problèmes en matière de santé à long terme et que le niveau d'AP durant l'enfance se maintiendrait à l'âge adulte (Sallis et Patrick 1994 ; Epstein et al. 1999 ; Baranowski et al.

2000 ; Telama et Yang 2000). Des relations positives entre l'AP et la CP ont été établies chez les adultes (Blair et al. 1989) mais ne le sont pas encore chez les enfants et les adolescents (Riddoch & Boreham 2000 ; Strong et al. 2005 ; Lee 2007). Bien que certains auteurs aient noté des relations faibles à modérées entre ces deux paramètres de la santé (Malina 2001 ; Twisk 2001), un changement du niveau d'AP entre l'enfance et l'adolescence ne semblerait pas associé à des changements du niveau de CP, et augmenter le niveau d'AP n'apparaîtrait pas suffisant pour être en bonne CP, particulièrement chez les adolescents (Baquet et al. 2006). La dose-réponse entre l'AP et la CP et le domaine de la santé reste incomplète (Lee 2007) mais les résultats suggèrent que l'AP peut être bénéfique sur la CP, particulièrement en termes de contrôle du surpoids et de l'obésité (Klein-Platat et al. 2005 ; Anderson et al. 2008). En effet, des corrélations négatives ont été trouvées entre l'AP et la surcharge pondérale (Rowlands et al. 1999), particulièrement avec API et APTI (Abbott et Davies 2004 ; Dencker et al. 2006), les mesures de tour de taille (Hussey et al. 2007 ; Ness et al. 2007), et la condition aérobie (Rowlands et al. 1999 ; Dencker et Andersen 2008).

4. Objectifs de travail

Un niveau d'AP insuffisant devient un problème important des sociétés industrialisées. La tendance à la sédentarité apparaît tôt dans la vie et rend la promotion de l'AP indispensable dès l'enfance. Bien que des relations étroites entre l'AP et la santé aient été montrées chez l'adultes (Blair et al. 1989), celles-ci demandent à être vérifiées chez les jeunes (Watts et al. 2004). Afin d'augmenter la qualité de vie et de promouvoir la santé, les recommandations internationales suggèrent, chez les enfants, un minimum de 60 minutes d'AP par jour, à une intensité de modérée à intense. Cependant, l'accroissement du nombre d'enfants ne répondant pas à ces recommandations chargées de promouvoir la santé est de plus en plus perceptible et préoccupante. Les études ont montré que l'AP des enfants et des adolescents diminuait avec l'âge et ce, de manière plus importante à l'adolescence, et que les garçons étaient plus actifs que les filles. Chez les jeunes français, Gavarry et al. (2003) ont montré que 22% des enfants et 41% des adolescents ne répondaient pas à ces recommandations, et que les niveaux d'AP étaient supérieurs les jours scolaires par rapport aux jours fériés. Il apparaît nécessaire de promouvoir la santé et de donner le goût de l'exercice physique dès le plus jeune âge. Pour cela, l'école semble être un milieu propice pour amener les enfants à bouger plus puisqu'elle occupe la majeure partie du temps hebdomadaire et qu'elle est le passage obligé de tous les enfants. Il a été ainsi montré que le niveau d'AP des enfants est en partie déterminé par leur activité lors des récréations (Gavarry et al. 1997) et que des aménagements spécifiques des cours de récréation permettaient une augmentation significative de l'AP habituelle des enfants (Stratton 2000).

A notre connaissance, il n'y a pas de données chez les jeunes français portant sur l'évaluation de l'AP en relation avec la CP, et sur la promotion de l'AP en termes de santé par le biais d'un aménagement de l'environnement scolaire. La plupart des études (Falgairette et al. 1996 ; Gavarry et al. 1998 ; Gavarry et al. 2003) se sont attachées à décrire les caractéristiques de l'AP. De plus, l'AP habituelle des enfants et des adolescents n'avait jamais été mesurée durant 7 jours consécutifs, en utilisant l'accélérométrie. Avec une fréquence d'enregistrement élevée, les patterns d'AP des enfants et adolescents ont pu être identifiés selon l'âge, le sexe et selon les jours scolaires et les jours fériés.

Plus précisément, à travers 3 études, il s'agissait de :

- évaluer le niveau d'AP des enfants et des adolescents et établir les relations avec les niveaux de condition physique (étude 1).
- identifier les patterns d'AP des jeunes français en fonction de l'âge, du sexe et selon les jours scolaires et les jours fériés (étude 2).
- promouvoir l'AP des enfants en milieu scolaire par le biais d'un aménagement spécifique des cours de récréation selon l'âge, le sexe et le niveau socio-économique (étude 3).

Dans un premier temps, le protocole général est exposé. Les 3 études sont ensuite présentées successivement sous la forme des articles soumis. Pour chaque étude, le résumé est présenté en français.



DEUXIEME PARTIE :
CONTRIBUTION PERSONNELLE

1. Protocole général

1.1. La mesure de l'activité physique

1.1.1. La mesure de l'activité physique

Les enfants et les adolescents étaient équipés de manière individuelle d'un accéléromètre uni axial (The Actigraph, Manufacturing Technologies, Inc., model GT1M) (photo 1). Cet appareil de mesure est valide et les mesures sont reproductibles pour quantifier l'AP des enfants et des adolescents (De Vries et al. 2009). Il est petit (1,5*1,44*0,7cm), léger, facile d'utilisation et ne gêne pas les sujets dans leurs activités habituelles. Il permet de détecter les accélérations verticales d'une magnitude de 0,05 à 2.00 Gs avec une fréquence de 0,25-2,50 Hz (variation du centre de gravité dû au mouvement humain) (Chen et Bassett 2005). Les caractéristiques d'un tel matériel permettent d'enregistrer le mouvement humain (fréquence et intensité) au moyen d'un échantillonnage de temps spécifique (de 1s à 1 min). Le signal est digitalisé et le total des enregistrements (appelés "counts") est sommé suivant l'échantillonnage de temps choisi. A la fin de chaque durée d'échantillonnage, la somme de "counts" est enregistrée dans la mémoire de l'appareil, qui peut alors enregistrer d'autres signaux. Cet accéléromètre présente une connexion USB directe, une batterie rechargeable et une mémoire de 1 MB qui ne nécessite aucune calibration au préalable.

Photo 1: The Actigraph, Manufacturing Technologies, Inc., model GT1M.



1.1.2. Procédure de mesure

- **Les sujets**

Un consentement éclairé a été signé par les parents après accord de leurs enfants pour participer à ces études. Les parents et les enfants recevaient des informations orales et écrites quant à l'utilisation de l'accéléromètre et l'importance de ne pas l'oublier et de le porter correctement : celui-ci était placé à la taille, du côté droit, à l'aide d'une ceinture élastique ajustable et devait être retiré pour dormir, se laver ou nager. Chaque enfant s'est vu remettre un pense-bête à mettre sur sa porte de chambre lui rappelant de ne pas oublier de mettre l'accéléromètre tous les matins. Ce travail longitudinal a été réalisé selon les recommandations de la Déclaration d'Helsinki de 1975 et a reçu l'approbation du « Comité Consultatif pour la Protection de Personnes dans la Recherche Biomédicale » de la région Nord-Pas-de-Calais.

- **Les périodes de mesure**

L'AP a été mesurée suivant une période de 7 jours consécutifs (Trost et al. 2000), les jours fériés (Mercredi, Samedi et Dimanche) et les jours scolaires (Lundi, Mardi, Jeudi, Vendredi). Pour les études 1 et 2, les données étaient enregistrées entre 7h00 et 21h00. Chaque appareil était vérifié le matin à l'arrivée des enfants à l'école (mémoire, enregistrement) et était rendu avant la période de récréation du matin.

Pour l'étude 3, la mesure de l'AP était effectuée pendant les périodes de récréation fixées de 10h00 à 10h15 et de 15h00 à 15h15, et la période de midi comprise de 11h30 (fin des cours) à 13h30 (reprise des cours). Les accéléromètres étaient programmés et distribués le matin aux enfants dès leur arrivée, et étaient récupérés et vidés après la récréation de l'après-midi.

L'accéléromètre, portant un numéro de série, était attribué à un seul sujet pour l'ensemble de la période de mesure. Lorsque la mémoire d'un accéléromètre était insuffisante, un deuxième appareil était attribué au porteur.

1.1.3. Fréquence d'enregistrement

Des fréquences d'enregistrement de 5s (études 1 et 2) et de 2s (étude 3) ont été choisies. Bien que de nombreuses études aient utilisé un intervalle de temps fixé à 1 minute (Fairweather et al. 1999 ; Trost et al. 2002 ; Mota et al. 2003 ; Santos et al. 2003 ; Riddoch et al. 2004), une fréquence d'échantillonnage élevée apparaît indispensable pour évaluer l'AP habituelle des enfants et des adolescents (Nilsson et al. 2002 ; Eiberg et al. 2005 ; Hansen et al. 2005 ; Ridgers et al. 2005). Ainsi, en utilisant des fréquences de 2 et 5s, les patterns d'AP sont discriminés et décrits de manière plus précise et les erreurs minimisées (Baquet et al. 2007 ; McClain et al. 2008).

1.1.4. Les patterns d'AP

- **Les niveaux d'AP**

Les temps passés en dessous et au-dessus des différents niveaux d'intensité d'AP, correspondant à légère ($APL < 3$ METs), modérée ($3 \leq APM < 6$ METs), intense ($6 \leq API < 9$ METs) et très intense ($APT I \geq 9$ METs), ont été calculés.

1952, 5281 et 9480 counts.min⁻¹ furent les limites fixées pour définir les intensités relatives de 3, 6 et 9 METs, respectivement (tableau 1). Cependant, ces limites furent modifiées de manière à les rendre divisibles suivant des nombres entiers (Nilsson et al. 2002). Ainsi, les limites utilisées sont 1950, 5760 et 9480 counts.min⁻¹. Comme elles étaient déterminées pour des intervalles de temps de 1 min, elles ont été divisées pour correspondre à un enregistrement

relatif à la fréquence d'échantillonnage choisie (2s et 5s). Pour les études 1 et 2, les limites étaient de 162, 480 et 790 counts par 5s ; pour l'étude 3, elles étaient de 65, 192 et 316 counts par 2s.

Le pourcentage d'enfants et d'adolescents ayant atteint les recommandations internationales en termes d'impact sur la santé (60 minutes d'AP cumulés chaque jour à une intensité au moins modérée, 5 jours par semaine) a également été mesuré (Pate et al. 2002).

- **Les périodes d'AP**

Pour analyser les patterns d'AP des enfants, le nombre quotidien de périodes d'AP a été mesuré de (5s à 15s), (16 à 30s), (31 à 60s), (61 à 180s), (181 à 300s), (301s à 600s) et (>600s) pour chaque niveau d'intensité, avec une fréquence d'enregistrement de 5s (études 1 et 2).

Si un enfant oubliait de porter son appareil à un moment de la journée (le matin, le midi ou l'après-midi), les données n'étaient pas retenues. Un ordre de 120 counts (10 minutes d'enregistrement) a été défini comme le niveau de données manquantes (Riddoch et al. 2004).

1.2. La mesure de la Condition Physique

1.2.1. Mesures anthropométriques

Pour l'ensemble des études, les données d'identification (âge, sexe) ont été relevées et les mesures anthropométriques (taille, masse, pourcentage de masse grasse) ont été effectuées.

La taille a été mesurée à 0,1 cm près à l'aide d'un stadiomètre (Vivioz medical, Paris, France) et la masse corporelle a été mesurée à 0,1 kg près avec une balance calibrée (Tanita TBF 543, Tanita Inc, Iokyo, Japan).

Le pourcentage de masse grasse a été estimé à partir de la mesure des plis cutanés (0,1 mm) à l'aide de la pince de Harpenden (Harpenden Inc.). Ceux-ci ont été mesurés à deux endroits (triceps et mollet) selon Slaughter et al. (1988). Afin d'estimer le niveau d'adiposité des enfants, les équations ci-dessous ont été évaluées :

- pour les garçons=

$$\% \text{ de masse grasse} = 0,735 (\Sigma \text{ plis cutanés}) + 1,0$$







- pour les filles=

$$\% \text{ de masse grasse} = 0,61 (\Sigma \text{ plis cutanés}) + 5,0$$

1.2.2. Mesures des aptitudes physiques

Dans l'étude 1, tous les enfants ont effectué les tests d'aptitude physique présentés et illustrés dans le tableau 7. Chaque test était séparé d'au moins 15 minutes.

Tableau 7: Présentation des tests de condition physique (CP), d'après EUROFIT (tests européens d'aptitude physique, 1988) et ordre de passage des tests.

tests	dimensions	illustration	ordre
âge, sexe	données d'identification		
pourcentage de masse grasse (plis cutanés triceps et mollet), taille (cm), masse (kg)	composition corporelle		1
la Flexion Longitudinale du Tronc (FLT)	la souplesse		2
le Saut en Longueur sans élan (SLO, en cm)	la force explosive		3
la DYNAMométrie Manuelle (DYM, en kgf)	la force statique		4
le nombre de Redressements en Station Assise en 30 s (RSA)	la puissance musculaire		5
la Course NAVette 10X5 m (CNA, en s)	la coordination/la vitesse		6
la course NAVette de 20 mètres (NAV, en km.h-1)	l'endurance cardiorespiratoire		7

1.3. Promotion de l'activité physique

La promotion de l'AP chez les enfants a été effectuée en milieu scolaire par le biais d'un aménagement spécifique de la cour de récréation (étude 3).

1.3.1. Aménagement de la cour de récréation

L'aménagement des cours de récréation dans les écoles avait deux buts:

- augmenter le niveau d'AP des enfants
- vérifier l'efficacité d'un tel procédé.

La cour de récréation a été aménagée suivant 3 zones spécifiques codées à l'aide de 3 couleurs (figure 13) :

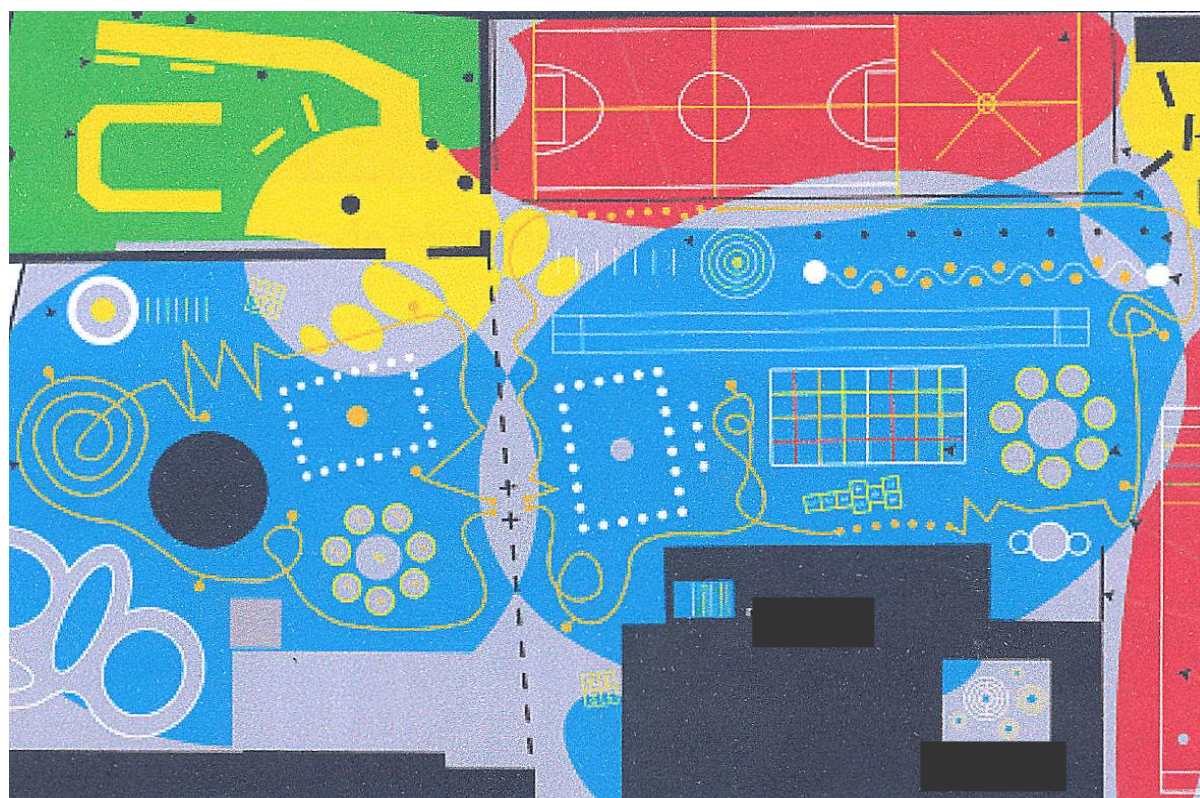
- la zone rouge (zone sportive) : les enfants sont impliqués dans des activités sportives comme le football, le basket ball, le handball, le hockey et le tennis.
- la zone bleue (zone active) : les enfants sont impliqués dans des jeux ou des activités qui développent la condition physique et les habiletés motrices.
- le jaune (zone de repos ou de décompression) : les enfants sont impliqués dans des jeux passifs comme les dames, les échecs, les jeux de mots, les jeux de société (Stratton et Ridgers 2003).

Cette codification permet à tous les enfants de s'épanouir puisque chacun peut s'adonner à une activité selon ses envies.

1.3.2. Procédure d'intervention

La mesure de l'AP habituelle des enfants et des adolescents a été effectuée au cours des 3 semaines précédents une période de vacances scolaires selon le protocole décrit précédemment. Durant les vacances scolaires, la cour de récréation a été aménagée à l'aide de marquages au sol réalisés par une société spécialisée (Magical Markings, UK) grâce à des gaines thermoplastiques. Cet aménagement a été réalisé selon divers critères comme l'espace disponible dans la cour de récréation, l'aire utilisée par les enfants, l'âge et le nombre d'enfants ainsi que le choix du directeur de l'établissement scolaire quant au nombre et type de marquages qui seraient créés en tenant compte des envies des enfants.

Figure 13: Exemple d'un aménagement de la cour de récréation réalisé suivant 3 zones spécifiques codifiées à l'aide de 3 couleurs.



- | | | | | | | | |
|---|--|---|--------------------|---|----------------------|--|-----------------|
|  | Zone de repos ou de décompression |  | Zone active |  | Zone sportive |  | Bâtiment |
|---|--|---|--------------------|---|----------------------|--|-----------------|

Des formes telles que des ronds, des lignes, des courbes, des zigzags, des carrés, des losanges ou bien des dessins comme des dragons, une horloge, un pirate, un avion ou des serpents permettent de stimuler l'esprit des enfants (Zental et al. 1985) et de maintenir la notion de plaisir lors des temps de récréation (figure 14). Ces parcours ludiques sont adaptés aux capacités et aux souhaits des enfants dans l'idée de leur donner le goût de l'exercice et l'envie de se dépenser davantage (photo 2).

A la rentrée scolaire, quinze jours ont été laissés aux enfants pour s'habituer à ce nouvel espace de jeu. A chaque récréation, les enfants se répartissaient comme ils le souhaitaient dans la cour de récréation. Une seconde mesure de l'AP à l'aide du même accéléromètre a ensuite été effectuée, suivant les mêmes procédures précédemment décrites.

Figure 14: Aménagement de la cour de récréation de l'école communale maternelle et primaire d'Herlies (Nord de la France).

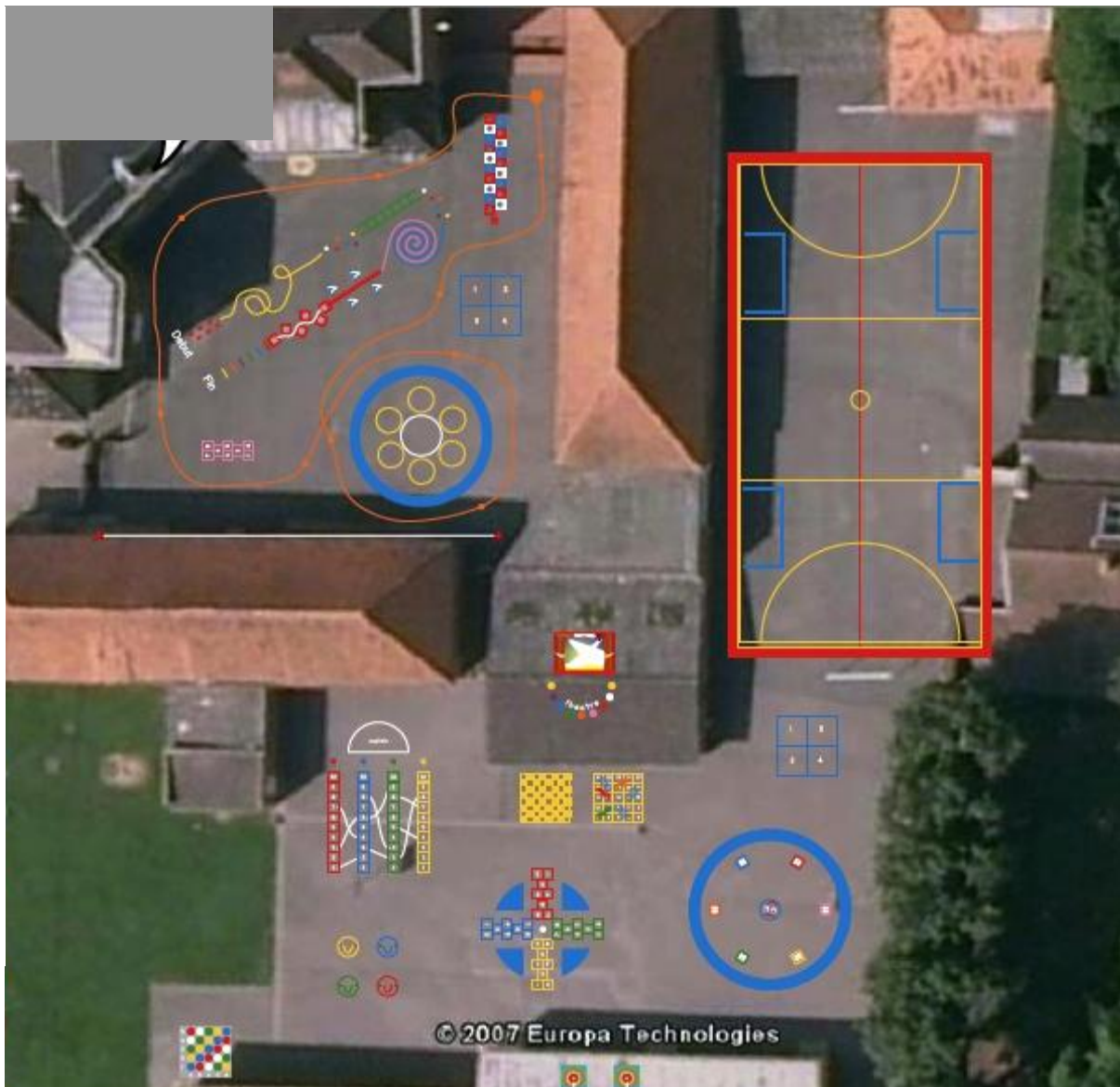


Photo 2: Exemples de jeux proposés en zone de décompression (jaune) et en zone active (bleue), réalisés à l'école communale primaire d'Herlies (Nord de la France).



Zone de décompression



Zone active

2. Présentation des articles

2.1. Première étude

Is there any relationship between physical activity level and patterns and physical fitness in children?

(Existe-t-il un lien entre les patterns et le niveau d'activité physique et la condition physique chez les enfants?).

Soumis à: International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity.

Authors: Aurélie Blaes¹, Georges Baquet¹, Claudine Fabre¹, Emmanuel Van Praagh², Serge Berthoin¹

¹*University of Lille Nord de France, UDSL, EA 4488, Physical Activity – Muscle - Health, Lille, France.*

²*Blaise Pascal University, UFR STAPS, Laboratory of Exercise Biology (BAPS), EA 3533, Clermont-Ferrand, France.*

Résumé

Le but de cette étude était d'évaluer les relations entre les patterns et les niveaux d'activité physique (AP), mesurés au moyen de l'accélérométrie avec un échantillonnage élevé, et la condition physique (CP) chez les enfants. Quarante-dix huit garçons et cent seize filles âgés de 6 à 12 ans ont participé à cette étude. L'AP a été mesurée durant 7 jours consécutifs avec une fréquence d'enregistrement de 5s. La CP a été mesurée au moyen de 7 tests de la batterie EUROFIT (mesures anthropométriques, saut en longueur sans élan, course navette 10*5m, flexion longitudinale du tronc, dynamométrie manuelle, nombre de redressements en station assise en 30s, course navette de 20m). Seul un faible taux de masse grasse était associé à des AP intense et très intense ($r=-0,38$ et $r=-0,35$, $p<0.001$, respectivement) chez les garçons, à l'inverse de l'AP légère ($r=0,28$, $p<0.01$) qui était associée à un taux de masse grasse plus élevé. Chez les enfants de cette tranche d'âge, les plus actifs n'étaient pas les plus minces. Des études longitudinales apparaissent nécessaires pour améliorer nos connaissances sur les relations entre l'activité physique et la condition physique de l'enfance à l'adolescence.

Abstract

Background: It is often assumed that physical activity (PA) and physical fitness during childhood and adolescence are beneficial for health during adulthood, but a positive relationship between PA and physical fitness has not been precisely clarified in children. The lack or the weakness of the relationships between PA and physical fitness could be due to the measure of PA. If the use of accelerometry is considered as an objective and common measure of PA, the real patterns of children's habitual PA must be reflected. The aim of this study was to investigate the relationship between the levels and patterns of PA assessed with high frequency accelerometry and physical fitness in young children.

Methods: Ninety eight boys and 116 girls aged 6-12 years participated in this study. Physical activity was measured over a 7-day period, using a 5-s epoch. Physical fitness was assessed by means of EUROFIT tests (anthropometrics, standing broad jump, the 10x5meter shuttle run, the sit-and-reach, the handgrip, the number of sit-ups in 30 seconds, the 20-meter shuttle run).

Results: No relationship was found between PA and physical fitness. In boys only, low body fatness was negatively associated with vigorous PA and very high PA ($r=-0.38$ and $r=-0.35$, $p<0.001$, respectively), in contrast to light PA ($r=0.28$, $p<0.01$), which was related to higher body fatness.

Conclusion: In 6- to- 12 year- old children, the more active children were not the fittest. Longitudinal studies from childhood to adolescence are needed to highlight more relevantly the relationships between PA and physical fitness from childhood to adolescence.

Background

It is well established that physical activity (PA) is an important health determinant in young people. Sirard and Pate (1) reported an inverse relationship between PA and chronic diseases such as obesity, cancer, ischemia and coronary disease. Active children appear to be engaged in a sufficient variety of activities that enhance multiple components of health-related fitness (2). The literature shows that a physically active lifestyle during childhood and adolescence may decrease the risk of having health problems during adulthood and that more active children tend to be more active adults (3, 4). Thus, it is often assumed that PA and physical fitness during childhood and adolescence are beneficial for health during adulthood (5), but a positive relationship between PA and physical fitness has not been precisely clarified in children (6, 7). Although Katzmarzyk et al. (8) have reported a significant relationship between PA and health-related physical fitness, they noticed that a large part of the variability (80-90%) in fitness is not accounted by PA. The dose-response relationship between physical activity and fitness and health during childhood remains incomplete and is not fully understood (9). The lack or the weakness of the relationships between PA and physical fitness could be due to the measure of PA. From a video observation, Bailey et al. (10) have provided objective evidence on the highly transitory nature of children's PA. Thus questionnaires or monitoring children's PA with a 1-min sampling do not reflect the real patterns of children's physical activity. The use of accelerometry is considered as an objective (frequency, intensity and duration) and common measure of children's habitual PA (11). Using such a device with a 2-s epoch, Baquet et al. (12) demonstrated that the mean PA bout duration lasted about 20s and that 95% of high intensity activities lasted less than 10s with a median duration of 4s. Moreover, if vigorous

and very high intensity activity bouts represented 2.4 % of the daily PA, they accounted for $36.1 \pm 5.8\%$ of the amount of the total daily PA. Thus, monitoring with a 1-min epoch do not discriminate high and very intensity PA that can be related to fitness performances.

Thus, to assess in detail the PA patterns in children, a high frequency monitoring is needed (12, 13). These studies have reported the nature of children's spontaneous activity patterns, but not their impact on health outcomes and physical fitness. In adults, Murphy et al. (14) reported that, at least for aerobic fitness, accumulated and continuous patterns of exercise training of the same total duration confer similar benefits. In boys, Stone et al. (15) showed that the frequency of short bouts of PA were similarly related with health than longer bouts and reported a significant relationship between PA patterns and peak of oxygen uptake. However, to our knowledge, it is not known if PA patterns (frequency, intensity and duration) are related to other dimensions of physical fitness in boys and in girls. Some physical fitness performances (speed, explosive strength) could be related with PA bout frequency and intensity and other (aerobic fitness) with PA bout duration. Therefore, the purpose of the present study was to investigate the relationship between PA level (time spent in different PA intensity), PA patterns (number of bouts of PA according to their duration and intensity) and physical fitness level in 6- to 12- year- old children, through high frequency accelerometry monitoring.

Methods

Participants

At the beginning, two hundred and fourteen children (98 boys and 116 girls), aged 6 to 12, participated in this study. The children were taken from 16

elementary classes in the North of France. Full advice about possible risks and discomfort with the protocol was given to the children and their parents. All children gave their assent to take part in the study and all parents signed a written informed consent. The study was designed in accordance with the ethical standards of the Helsinki Declaration of 1975, and received approval of the local "Consultative Committee for the Protection of Persons in Biomedical Research".

Anthropometry

Anthropometric measurements and evaluation of maturity were assessed first. Height was measured to the nearest 0.1 cm with a wall stadiometer (Vivioz medical, Paris, France). Body mass was measured to the nearest 0.1 kg with a calibrated beam balance (Tanita TBF 543, Tanita Inco, Iokyo, Japan). Hip and waist circumferences were measured using a non-elastic measuring tape. Percentage of body fat was estimated from skinfold (SF) thickness (0.1 mm). Measurements were assessed with a Harpenden caliper (Harpenden Inc.) at two sites (Triceps, and Calf). According to Slaughter et al. (16), the equations were: Estimated percentage of body fat = $0.735 (\Sigma SF) + 1.0$ and percentage of body fat = $0.61 (\Sigma SF) + 5.0$, for boys and girls, respectively.

Physical Fitness Assessment

Prior to participating in the study, the children were fully familiarized with the testing procedures. The children performed seven field tests from the European Physical Fitness (EUROFIT) test battery. According to EUROFIT test battery recommendations (17), anthropometrics (hip and waist circumferences, percentage of body fat, height and weight) were included into the fitness items. This battery was developed between 1976 and 1986 due to an initiative of the

European Council. The goals of this battery were to establish standardized tests in Europe to help teachers to assess the physical fitness of their pupils in schools and to help in measuring the health-related fitness of the population. To comply with EUROFIT standards, the recommendations of the Committee of Experts on Sports Research (17) were followed. Mahoney and Boreham (18) reported that the EUROFIT tests were reproducible in primary schools (113 children, 7 to 11 yrs-old, with a one month-interval assessment). The tests were the standing broad jump (SBJ, explosive strength, in cm), the 10x5 meter shuttle run (SHR, speed and agility, in s), the sit-and-reach (SAR, flexibility, in cm), the handgrip (HG, static strength, in kgf), the number of sit-ups in 30 seconds (SUP, abdominal muscular power), the 20-meter shuttle run (20-MST, maximal aerobic power, in $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$). Sixty randomly selected children (30 boys and 30 girls) performed the 20-m shuttle run test with continuous heart rate (HR) monitoring (Polar Accurex+, Finland) to assess the maximality of the test (Table 1). A HR value above 195 bpm was accepted as a maximal index, associated with visible exhaustion (19).

As recommended by the EUROFIT guidelines, the subjects performed the tests in the following order: SBJ, SHR, SAR, HG, SUP and 20-MST. Each test was separated by at least 15-min. Testing was completed by all participants over one week.

Physical Activity Assessment

Children's physical activity was assessed using an uniaxial accelerometer, over a 7-day consecutive period (The Actigraph, Manufacturing Technologies, Inc., model 7164, Fort Walton Beach, FL). This type of accelerometer facilitates the quantification of human motion (frequency and intensity) over a user-specified

time interval called an epoch. The acceleration signal is digitized and the magnitude is summed over the epoch. At the end of each epoch duration, the summed value or activity "count" is stored in memory, and the integrator is reset. For this study, the epoch duration was set at 5-s, and data between 7 am and 9 pm were retained to subsequent analysis. The Actigraph used in this study has been shown to be a valid and reliable tool for quantifying PA in children (20). To maximize the quality of the data, strategies were employed to encourage children compliance. Children received oral and written information to use the accelerometers comfortably: they wore the accelerometers on the right hip fastened with an elastic belt from waking up until bedtime. The accelerometer was removed during bathing and swimming. The investigators demonstrated to the parents and children, how to wear the device properly and reminded parents and children of the importance of not forgetting to wear it.

All the files were visually inspected to delete missing data. If the child had forgotten the device at any time of the day (morning, afternoon and evening), the file was rejected. A sequence of 120 zero counts (10 min recording) was defined as the level of missing data (21). The 5-s activity counts were uploaded to an Excel© macro to calculate the time spent below and above different PA thresholds, corresponding to light (LPA <3 METs), moderate (MPA, $3 \leq \text{MPA} < 6$ METs), vigorous (VPA, $6 \leq \text{VPA} < 9$ METs) and very high PA (VHPA ≥ 9 METs). The Actigraph outputs of 162, 440 and 790 counts per 5s were the cut-offs used to define 3, 6 and 9 METs, respectively (22). Times spent below and above the different intensity thresholds were calculated for each of the 7 days. To examine continuous PA behavior patterns, the daily number of PA bouts of various durations [from 5 to 15s], [from 16 to 30s], [31 to 60s], [61 to 180s], [181 to 300s], [301 to 600s] and [> 600 s] were calculated for each intensity level (12).

According to Strong et al. (7), the percentage of children who reached the PA international guideline (60 accumulated minutes from MPA to VHPA, each day a week) was calculated.

Statistical analysis

The normality distribution of the data was checked using the Kolmogorov-Smirnov test. The experimental values were expressed as mean \pm standard deviation (mean \pm SD). A Student *t*-test was used to identify differences between boys and girls in anthropometric data, times spent below and above the different intensity thresholds overtime (one week); number of bouts according to their duration and intensity and the EUROFIT performances.

We hypothesized that physical activity would be significantly associated with physical fitness dimensions, some physical fitness performances (speed, explosive strength) may be related with PA bout frequency and intensity and aerobic fitness with PA bout duration. Univariate analyses were conducted to examine the relationships between PA, times spent at various PA intensities, and physical fitness dimensions, using Pearson product moment correlations, adjusted for age and percentage of body fat. A multivariate stepwise regression analysis was developed a priori to account for variation for each physical fitness dimension with a correlation of $p < 0.2$. Other PA variables were added to the basic model to determine which model explained the most variance with the fewest number of covariates. When significant relationships were observed between times spent at various PA intensities level and physical fitness dimensions, relationships with the corresponding activity pattern variables were explored.

Statistical analyses were conducted with InStat 3 (GraphPad software). The

threshold for statistical significance was set at $p \leq 0.05$.

Results

Although investigators and parents reminded children of the importance of wearing their device during the experimental period and tried to complete the measurement of physical fitness variables, twenty-seven children (12 boys and 15 girls) were rejected for an incomplete PA data set or for absences in measured physical fitness variables. One hundred and eighty-seven children (101 girls and 86 boys) were finally retained for the study.

Anthropometry and fitness tests

Age, anthropometric data and fitness performances are presented in Table 1. The Student *t*-test revealed no sex difference, except for a higher percentage of body fat and a higher flexibility in girls ($p < 0.001$).

Physical activity

For boys and girls, the daily PA time spent at different intensity levels is presented in Table 2. Girls spent more time in LPA than boys (+17.4 min, $p < 0.001$), whilst the latter spent more time in MPA (+12.6 min, $p < 0.001$) and in VPA (+3.5 min, $p < 0.001$). No sex-related difference was found for time spent in VHPA. Boys (95.3%) accomplished more significantly ($p < 0.05$) than the girls (77.5%) the current PA guidelines, in accumulating at least 60 min of moderate to vigorous PA per day.

For the whole population, the mean duration of PA bouts was 95.4 ± 22.2 s for LPA, 13.6 ± 2.8 s for MPA, 8.3 ± 0.9 s for VPA and 6.9 ± 0.7 s for VHPA. Girls showed ($p < 0.001$) longer LPA bouts (100.3 ± 1.6 s) than, the boys (89.5 ± 20.8 s), while

boys showed ($p < 0.001$) longer MPA bouts ($14.8 \pm 2.6s$) than the girls ($12.7 \pm 1.6s$). No gender difference was found for VPA and VHPA mean duration bouts.

Table 3 displayed the distribution of PA bouts according to their intensity and duration. As intensity increased from LPA to VHPA, there was a steady decrease in the frequency of bouts as a function of their respective durations. Girls showed significantly more 1- to 10-min LPA bouts than the boys ($p < 0.01$). Boys presented significantly more 16-s to 3-min MPA bouts ($p < 0.001$), more VPA bouts inferior to 30-s than the girls ($p < 0.05$) and more LPA and VHPA bouts shorter than 15-s ($p < 0.001$) than the girls.

Relation between physical activity and EUROFIT tests

Relationships between physical fitness components and times spent at PA intensity levels are presented in Table 4. For girls, physical fitness was never associated with PA.

In boys, percentage of body fat was positively correlated with LPA ($r = 0.28$, $p < 0.01$) and negatively with VPA and VHPA ($r = -0.38$, $p < 0.001$ and $r = -0.35$, $p < 0.01$, respectively). Any relationship was found between time spent in MPA and the different components of physical fitness.

The multivariate stepwise regression analysis was developed to account for variation in percentage of body fat for boys, and, in SUP and 20-MST for girls. Only a significant relationship was found for body fatness in boys ($r^2 = 0.20$, $p < 0.01$). VPA makes a significant contribution to the model, while LPA and MPA provided redundant informations. LPA was not included in the model (Table 5).

Relationships between PA patterns and physical fitness performances are presented in Table 6. In boys, long bouts of LPA ($> 600s$) were positively related

to higher percentage of body fat ($r=0.34$, $p<0.01$), while negative correlations were found with short and medium bouts of LPA (5 to 180-s, from $r=-0.31$, $p<0.01$ to $r=-0.23$, $p<0.05$), VPA (5 to 60-s, from $r=-0.44$, $p<0.001$ to $r=-0.25$, $p<0.05$) and VHPA (5 to 60-s, from $r=-0.39$, $p<0.001$ to $r=-0.24$, $p<0.05$). A multivariate stepwise regression analysis was developed to account for variation in percentage of body fat for boys. A significant relationship was found for body fatness in boys ($r^2 = 0.26$, $p<0.001$). Short bouts of VPA (from 5 to 15s) make a significant contribution to the model (Table 7).

Discussion

This study investigated the relationship between physical fitness components and PA patterns in prepubertal children by means of EUROFIT tests and high frequency accelerometry measurement. The main finding is that the physical fitness performances were not related to physical activity level in 6- to 12-yr-old children. Only a moderate relationship between PA level and body fatness was observed in boys where short bouts from VPA (from 5 to 15s) were negatively associated with body fatness.

From childhood to adolescence, the literature has generally shown a weak to moderate relationship between PA and physical fitness levels (23). In adults, Ruzic et al. (24) reported that habitual activity did not show adequate intensity, volume, and duration to induce positive changes in motor and functional capacities. In the current study, only for boys, time spent in LPA was positively correlated with body fatness, whereas VPA and VHPA were negatively associated. Rowlands et al. (25) reported a negative relationship between fatness and PA in 8- to 10-yr-old boys and girls, whilst Dencker and Andersen (26) reported only low to moderate inverse relationships between moderate to vigorous PA and

body fatness with a comparable population. Using accelerometry, Abbott and Davies (27) and Dencker et al. (28) found significant relationships between VPA and VHPA and body fatness, but no relationship was reported with MPA. These findings agree with the present study, where relationships between VPA and VHPA and body fatness were also observed. Conversely, Ness et al. (29) reported higher correlations between moderate to vigorous PA and body fatness in boys of comparable ages. These differences could be explained by an acute measure of fat mass (dual x-ray emission absorptiometry) in the latter study.

Relationships between waist circumference and body composition seem to be associated with cardiovascular disease risk and suggested that PA may have a beneficial effect, notably with respect to overweight (30, 31). In the present study, no relationship was found between hip and waist circumferences and times spent from LPA to VHPA. Using both EUROFIT tests and accelerometry, Hussey et al. (32) reported a significant negative correlation between waist circumference and time spent in VPA in boys, but not in girls. Similar conclusions were drawn by Ness et al. (29).

In the literature, positive relationships between PA and aerobic fitness have generally been observed in children (25, 26). However, correlations reported in the literature are moderate, therefore Dencker et al. (26) suggested that the aerobically fitter children were not obligatorily the more active. The results found in the current study showed that aerobic fitness was not associated with overall physical activity. Differences between experimental protocols (epoch length and/or field vs laboratory tests) may explain these discrepancies.

Children's PA is characterized by rapid changes from rest to PA including vigorous intensities. Investigating PA patterns related to health gives information about how to promote PA during childhood. To the best of our knowledge, only

one study (15) has investigated the relationship between PA patterns and physical fitness. They reported that children's sporadic activity was negatively related to waist circumference and aerobic fitness. In the present study, short bouts of VPA in boys were positively related to lower body fatness, whereas LPA and sedentary long bouts were negatively associated. Our results show that PA intensity has a positive influence on the maintenance of a healthy body composition and suggest that children should be engaged in longer VPA sessions. As the majority of children's VPA and VHPA is accumulated via short intermittent bouts rather than long continuous bouts, intermittent activity seems to be efficient to promote healthy body composition and health-related fitness. However, there is an urgent need for more longitudinal studies on children in which PA, physical fitness, and health are measured repeatedly in the same individual over an extended period of time (33, 34).

More than ninety-five percent of the boys and 77.5% of the girls accumulated 60 or more minutes of moderate to very high PA per day. These results are higher than reported on UK children (15), but lower compared with some American or European studies (21, 35). However, the proportion of children reaching PA guidelines should be interpreted with caution. The use of higher accelerometer thresholds to classify intensity or the use of a smaller epoch to monitor PA might explain these discrepancies between studies.

Potential limitations may affect the current study. Times spent from MPA to VHPA were lower than reported in the literature. Girls spent more time in LPA than boys (2.1%, $p < 0.001$), whilst the latter spent more time in MPA (1.5%, $p < 0.001$) and in VPA (0.4%, $p < 0.05$). A sex-related difference was only found for 5 to 10-s VHPA bouts ($p < 0.001$). Hussey et al. (32) assessed PA during 4

days on Irish children aged 7 to 10. They observed that boys spent twice as much VPA and VHPA as girls (64.3 min vs 37 min each day, $p < 0.001$). Trost et al. (36) reported that boys spent about 120 min in MPA, whereas girls spent 100 min per day ($p < 0.05$). These differences may be explained by the use of different accelerometers (32, 37); different epochs (21,36); number of the monitoring days (38) and different cut-offs (39). In the present study a 5-s epoch was used to assess more accurately children's PA patterns in free-living conditions. Vigorous PA and VHPA are captured and not diluted in MPA or LPA. Using a 2-s epoch, Rowlands et al. (13) reported that differences in PA were largely due to the intensity of the most frequent bouts of activity and the frequency of the most intense bouts. McClain et al. (40) also reported that shorter epoch lengths should be used to minimize error among individual estimates.

Conclusion

In 6- to- 12 yr- old children, the children's PA level is poorly related to the physical fitness level. Only a relationship between vigorous physical activity and body fatness was observed. Longitudinal studies from childhood to adolescence are needed to highlight more relevantly the relationships between PA and physical fitness from childhood to adolescence.

Competing interests

There are no competing interests.

Authors' contributions

Aurélie and Georges were involved in acquisition, analysis, and interpretation of data, drafting and manuscript writing. Serge was involved in analysis and interpretation of data, drafting and critically revising the manuscript. Claudine and Emmanuel were involved in the conception and design of the paper and played a role in critically revising and editing the manuscript. All authors read and approved the final manuscript.

Acknowledgements

The authors would like to acknowledge the teachers and children from the primary schools of Illies, Herlies and Santes (North of France),

References

1. Sirard JR, Pate RR: **Physical activity assessment in children and adolescents.** *Sports Med* 2001. **31(6)**:439-454.
2. Sallis JF, McKenzie TL, Alcaraz JE: **Habitual physical activity and health-related physical fitness in fourth-grade children.** *Am J Dis Child* 1993. **147(8)**:890-896.
3. Telama R, Yang X, Laasko L, Viikari J: **Physical activity in childhood and adolescence as predictor of physical activity in young adulthood.** *Am J Prev Med* 1997. **13(4)**:317-323.
4. Trudeau F, Laurencelle L, Tremblay J, Rajie M, Shephard RJ: **A long-term follow-up of participants in the Trois Rivières semi-longitudinal study of growth and development.** *Pediatr Exerc Sci* 1998. **10(4)**:366-377.
5. Blair SN, Kohl HW, Paffenbarger RS, Clark DG, Cooper KH, Gibbons LW: **Physical fitness and all cause mortality point prospective study of healthy men and women.** *JAMA* 1999. **262(17)**:2395-2401.
6. Riddoch CJ, Boreham C. **Physical activity physical fitness and children's health: current concepts.** In: *Pediatric Exercise and Medicine*. Edited by Armstrong N and Van Mechelen W. Oxford: Oxford University Press; 2000, 243-252.
7. Strong WB, Malina RM, Blimkie CJR, Daniels SR, Dishman RK, Gutin B, Hergenroeder AC, Must A, Nixon PA, Pivarnik JM, Rowland TW, Trost SG, Trudeau F: **Evidence based physical activity for school-age youth.** *J Pediatr* 2005. **146**:732-737.
8. Katzmarzyk PT, Malina RM, Song TM, Bouchard C: **Physical activity and health-related fitness in youth: a multivariate analysis.** *Med Sci*

- Sports Exerc* 1998. **30(5)**:709-714, 1998.
9. Lee IM: **Dose-response relation between physical activity and fitness: even a little is good; more is better.** *JAMA* 2007. **297(19)**:2137-2139.
 10. Bailey RC, Olson J, Pepper SL, Porszasz J, Barstow TJ, Cooper DM: **The level and tempo of children's physical activities: an observational study.** *Med Sci Sports Exerc* 1995. **27(7)**.
 11. Troiano RP: **Large-scale applications of accelerometers: new frontiers and new questions.** *Med Sci Sports Exerc* 2007. **39(9)**:1501.
 12. Baquet G, G Stratton, Van Praagh E, Berthoin S: **Improving physical activity assessment in prepubertal children with high-frequency accelerometry monitoring: a methodological issue.** *Prev Med* 2007. **44(2)**:143-147.
 13. Rowlands AV, Pilgrim EL, Eston RG: **Patterns of habitual activity across weekdays and weekend days in 9-11-year-old children.** *Prev Med* 2008. **46(4)**:317-324.
 14. Murphy MH, Blair SN, Murtagh EM: **Accumulated versus continuous exercise for health benefit: a review of empirical studies.** *Sports Med* 2009. **39(1)**:29-43.
 15. Stone MR, Rowlands AV, Middlebrooke AR, Jawis MN, Eston RG: **The pattern of physical activity in relation to health outcomes in boys.** *Int J Pediatr Obes* 2009. **4(4)**:306-315.
 16. Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, Horswill CA, Stillman RJ, Van Loan MD, Bembien DA: **Skinfold equations for estimation on body fatness in children and youth.** *Hum Biol* 1988. **60**:709-723.

17. Committee of Experts on Sports Research: *Handbook for the EUROFIT tests of physical fitness*. Rome: Edigraf Editoriale Grafica; 1988.
18. Mahoney C, Boreham C: **Validity and reliability of fitness testing in Primary School**. In *Fitness Testing and Primary School Children Sport and Physical Activity*. Edited by TJ Williams et al. London: E and FN Spon; 1992:429-437.
19. Tolfrey K, Campbell IG, Batterham A.M: **Aerobic trainability of prepubertal boys and girls**. *Pediatr Exerc Sci* 1998. **10**:248-263.
20. De Vries S, Van Hirtum WJEM, Bekker I, Hopman-Rock M, Hirasing RA, Van Mechelen W: **Validity and Reproducibility of Motion Sensors in Youth: A Systematic Update**. *Med Sci Sports Exerc* 2009. **41(4)**: 818-827.
21. Riddoch CJ, Andersen LB, Wedderkopp N, Harro M, Klasson-Heggebo L, Sardinha L.B, Cooper AM, Ekelund U: **Physical activity levels and patterns of 9- and 15-yr-old European children**. *Med Sci Sports Exerc* 2004. **36(1)**:86-92.
22. Nilsson A, Ekelund U, Yngve A, Sjöström N: **Assessing physical activity among children with accelerometers using different time sampling intervals and placements**. *Pediatr Exerc Sci* 2002. **14**:87-96.
23. Malina RM: **Adherence to physical activity from childhood to adulthood: a perspective from tracking studies**. *Quest* 2001. **53**:346-355.
24. Ruzic L, Heimer S, Misigoj-Durakovic M, Matkovic BR. **Increased occupational physical activity does not improve physical fitness**. *Occup Environ Med* 2003. **60(12)**:983-985.

25. Rowlands AV, Roger G, David K: **Relationship between activity levels, aerobic fitness and body fat in 8- to 10-yr-old children.** *J Appl Physiol* 1999. **86(4)**:1428-1435.
26. Dencker M, Andersen LB: **Health-related aspects of objectively measured daily physical activity in children.** *Clin Physiol Funct Imaging* 2008. **28**:133-134.
27. Abbott RA, Davies PS: **Habitual physical activity and physical activity intensity: their relation to body composition in 5.0-10.5-y-old children.** *Eur J Clin Nutr* 2004. **58(2)**:285-291.
28. Dencker M, Thorsson O, Karlsson M, Lindén C, Eiberg S, Wollmer P, Andersen LB: **Daily physical activity related to body fat in children aged 8-11 years.** *J Pediatr* 2006. **149**:38-42.
29. Ness AR, Leary SD, Mattocks C, Blair SN, Reilly JJ, Wells J, Ingle S, Tilling K, Smith GD, Riddoch C: **Objectively measured physical activity and fat mass in a large cohort of children.** *PLoS Medicine* 2007. **4(3)**:e97.
30. Andersen LB, Sardinha LB, Froberg K, Riddoch CJ, Page AS, Anderssen SA: **Fitness fatness and clustering of cardiovascular risk factors in children from Denmark, Estonia and Portugal: the European Youth Heart Study.** *Int J Pediatr Obes* 2008. **1**:58-66.
31. Klein-Platat C, Oujaa M, Wagner A, Haan MC, Arveiler D, Schlienger JL, Simon C: **Physical activity is inversely related to waist circumference in 12-y-old children.** *Int J Obes* 2005. **29(1)**:9-14.
32. Hussey J, Bell C, Bennett K, O'Dwyer J, Gormley J: **Relationship between the intensity of physical activity inactivity cardiorespiratory fitness and body composition in 7 to 10-year-old Dublin children.** *Br J Sports Med* 2007. **41**:311-316.

33. Kemper HCG: **Amsterdam Growth and Health Longitudinal Study (A 23-year follow-up from teenager to adult about lifestyle and health)**. In *Medicine and Sport Science*, vol. 47. Basel: Karger; 2004.
34. Matton L, Thomis M, Wijndaele K, Duvigneaud N, Beunen G, Claessens AL, Vanreusel B, Philippaerts R, Lefevre: **Tracking of physical fitness and physical activity from youth to adulthood in females**. *Med Sci Sports Exerc* 2006. **38(6)**:1114-1120.35.
35. Pate RR, Freedson PS, Sallis JF, Taylor WC, Sirard J, Trost SG, Dowda M: **Compliance with physical activity guidelines: prevalence in a population of children and youth**. *Ann Epidemiol* 2002. **12(5)**:303-308.
36. Trost SG, R.R. Pate RR, Sallis JF, Freedson PS, Taylor WC, Dowda M, Sirard J: **Age and gender differences in objectively measured physical activity in youth**. *Med Sci Sports Exerc* 2002. **34**:350-355.
37. Rowlands AV, Thomas PW, Eston RG, Topping R: **Validation of the RT3 triaxial accelerometer for the assessment of physical activity**. *Med Sci Sports Exerc* 2004. **36(3)**:518-524.
38. Trost SG, R.R. Pate RR, Freedson PS, Sallis JF, Taylor WC: **Using objective physical activity measures with youth: How many days of monitoring are needed?** *Med Sci Sports Exerc* 2000. **32(2)**:426-431.
39. Puyau MR, Adolph AL, Vohra FA, Butte NF: **Validation and calibration of physical activity monitors in children**. *Obes Res* 2002. **10(3)**:150-157.
40. McClain JJ, Abraham TL, Brusseau TA Jr, Tudor-Locke C: **Epoch length and accelerometer outputs in children: comparison to direct observation**. *Med Sci Sports Exerc* 2008. **40(12)**:2080-2087.

Table 1: Mean \pm SD for anthropometric measurements and EUROFIT performances in boys and girls.

	Boys (n=86)	Girls (n=101)
Age (yr)	9.1 \pm 1.3	9.1 \pm 1.3
Height (cm)	135.9 \pm 9.5	135.7 \pm 10.3
Body mass (kg)	33.3 \pm 11.0	32.0 \pm 8.0
Body mass index (kg.m ⁻²)	17.6 \pm 3.4	17.1 \pm 2.5
Hip/waist circumference ratio	0.83 \pm 0.06	0.81 \pm 0.05
% BF (%)	15.1 \pm 5.5	18.2 \pm 4.1***
SBJ (cm)	129.2 \pm 22.3	128.9 \pm 23.6
SHR (s)	21.5 \pm 2.6	21.9 \pm 3.9
SAR (cm)	15.0 \pm 6.1	18.3 \pm 6.4***
HG (kgf)	15.6 \pm 4.5	15.2 \pm 4.0
SUP (n)	14.7 \pm 4.9	14.9 \pm 4.3
20-MST (km.h ⁻¹)	9.7 \pm 0.8	9.7 \pm 0.7
	Boys (n=30)	(n=30)
Maximal HR during 20-MST (bpm)	200 \pm 9	201 \pm 12

***: significantly different from the boys at p<0.001

% BF: percentage of body fat; SBJ: standing broad jump; SHR: 10x5m shuttle run; SAR: sit and reach; HG: handgrip; SUP: number of Sit-ups; MS: maximal shuttle speed. Maximal HR: maximal heart rate during the 20m shuttle run

Table 2: Mean \pm SD for daily times spent at various PA intensity levels between 7 am to 9 pm and percentage of boys and girls who reached the international PA guideline (Strong et al., 2005).

	LPA (min)	MPA (min)	VPA (min)	VHPA (min)	≥ 60 min MPA to VHPA (%)
Boys (n=86)	745.6 \pm 24.4	69.5 \pm 16.6***	16.3 \pm 6.4**	7.6 \pm 3.9	95.3
Girls (n=101)	763.0 \pm 21.1***	56.9 \pm 14.2	12.8 \pm 5.2	6.5 \pm 5.4	77.5

***: significantly different from the girls at $p < 0.001$; **: significantly different from the girls at $p < 0.01$.

LPA: light physical activity; MPA: moderate physical activity; VPA: vigorous physical activity; VHPA: very high physical activity. ≥ 60 min MPA to VHPA (%): percentage of children which accumulated more than 60 min MPA to VHPA.

Table 3: Mean \pm SD for the daily number of continuous bouts of physical activity according to their duration and intensity.

	LPA		MPA		VPA		VHPA	
	Boys	Girls	Boys	Girls	Boys	Girls	Boys	Girls
$\leq 15s$	214.4 \pm 63.9***	174.3 \pm 55.6	344.8 \pm 79.1	336.3 \pm 76.7	157.9 \pm 53.4***	125.3 \pm 48.4	59.9 \pm 25.8***	44.1 \pm 27.9
15<x \leq 30s	63.1 \pm 16.3	60.5 \pm 17.0	49.8 \pm 14.9***	38.7 \pm 12.9	9.4 \pm 5.2***	7.0 \pm 5.5	1.8 \pm 1.7	1.8 \pm 2.2
30<x \leq 60s	51.5 \pm 12.6	53.9 \pm 12.5	22.3 \pm 8.5***	14.5 \pm 6.3	1.9 \pm 1.3	1.8 \pm 1.8	0.3 \pm 0.5	0.5 \pm 0.9
60<x \leq 180s	52.1 \pm 11.5	58.9 \pm 11.0***	7.3 \pm 3.4***	4.3 \pm 2.5	0.07 \pm 0.1	0.1 \pm 0.3	0.1 \pm 0.2	0.2 \pm 0.4
180<x \leq 600s	27.6 \pm 5.8	31.2 \pm 5.1***	0.5 \pm 0.5	0.5 \pm 0.6	0.02 \pm 0.08	0.003 \pm 0.02	0.004 \pm 0.02	0.03 \pm 0.1
>600s	14.6 \pm 2.9	14.6 \pm 2.5	0.02 \pm 0.7	0.02 \pm 0.01	0.002 \pm 0.02	0.005 \pm 0.05		

LPA: light physical activity; MPA: moderate physical activity; VPA: vigorous physical activity; VHPA: very high physical activity.

***: significantly different between gender at $p < 0.001$.

Table 4: Correlations between the times spent at various intensity levels, anthropometry and EUROFIT performances for the boys and the girls.

Boys	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg.m ⁻²)	H/W	% BF	SBJ (cm)	SHR (s)	SAR (cm)	HG (kgf)	SUP (n)	20-MST (km.h ⁻¹)
LPA	-0.06	0.06	-0.11	-0.04	0.28**	-0.11	0.18	-0.07	-0.08	-0.15	-0.08
MPA	0.08	-0.02	-0.06	0.04	-0.19	0.06	-0.15	0.02	0.11	0.11	0.08
VPA	0.04	-0.09	-0.15	0.05	-0.38***	0.18	-0.18	0.12	0.03	0.20	0.08
VHPA	0.06	-0.06	-0.12	-0.02	-0.35**	0.18	-0.19	0.08	-0.004	0.21	0.06
Girls											
LPA	-0.05	-0.08	-0.08	-0.06	0.03	0.10	0.05	-0.04	-0.03	-0.12†	-0.10
MPA	0.02	0.06	0.08	0.09	-0.01	-0.15	-0.02	0.07	0.02	0.12†	0.10
VPA	0.04	0.05	0.05	0.04	-0.04	-0.08	-0.07	-0.01	-0.001	0.11	0.16†
VHPA	-0.19†	-0.18†	0.12	-0.01	-0.15†	-0.16	0.08	-0.05	-0.14	-0.08	-0.01

***: p<0.001 significance; **: p<0.01 significance; †: p<0.2.

LPA: light physical activity; MPA: moderate physical activity; VPA: vigorous physical activity; VHPA: very high physical activity. BMI: body mass index; H/W: hip:waist circumference ratio; % BF: percentage of body fat; SBJ: standing broad jump; SHR: 10x5m shuttle run; SAR: sit and reach; HG: handgrip; SUP: number of sit-ups; MS: maximal shuttle speed.

Table 5: Variables (times spent at various PA intensities) explaining the percentage of body fat in boys.

	%BF	
<i>R² (SEE)</i>	0.20 (5.09)	
	<i>Estimates</i>	<i>P values</i>
Age	0.05 (-0.02 – 0.12)	0.172
MPA	0.02 (-0.05 – 0.09)	0.547
VPA	-0.29 (-0.52 – -0.05)	0.018
VHPA	-0.27 (-0.62 – 0.08)	0.13

%BF: percentage of body fat; MPA: moderate physical activity; VPA: vigorous physical activity; VHPA: very high physical activity; SEE: standard error of the estimate. Confidence intervals: 95% of estimates are displayed in brackets

Table 6: Correlations between the number of bouts according to their duration and intensity and percentage of body fat in boys.

		% BF		% BF		% BF
≤15s	LPA	-0.31**	VPA	-0.44***	VHPA	-0.39***
15<x≤30s		-0.30*		-0.38*		-0.26*
30<x≤60s		-0.25*		-0.25*		-0.24*
60<x≤180s		-0.23*		-0.02		-0.09
180<x≤600s		-0.10		-0.02		-0.04
>600s		0.34**				

***: p<0.001 significance; **: p<0.01 significance; *: p<0.05 significance.

LPA: light physical activity; VPA: vigorous physical activity; VHPA: very high physical activity; % body fat: percentage of body fat.

Table 7: Variables (number of bouts according to their duration and their intensity) explaining the percentage of body fat in boys.

	% BF	
<i>R² (SEE)</i>	0.26 (4.91)	
	<i>Estimates</i>	<i>P values</i>
Age	0.03 (-0.05 – 0.11)	0.51
LPA ≤15s	0.02 (-0.02 – 0.05)	0.31
LPA >600s	0.42 (-0.012 – 0.96)	0.13
VPA ≤15s	-0.05 (-0.08 – -0.14)	0.006
VHPA 30<x≤60s	-1.57 (-3.84 – 0.71)	0.17

LPA: light physical activity; VPA: vigorous physical activity; VHPA: very high physical activity; %BF: percentage of body fat; SEE: standard error of the estimate. Confidence intervals: 95% of estimates are displayed in brackets

2.2. Deuxième étude

Physical activity patterns in French youth - from childhood to adolescence - monitored with high frequency accelerometry

(Les patterns d'activité physique chez les jeunes français - de l'enfance à l'adolescence- mesurés au moyen de l'accélérométrie avec une fréquence d'enregistrement élevée).

Accepté pour publication dans American Journal of Human Biology.

Authors: Aurélie Blaes^a, Georges Baquet Ph.D.^a, Emmanuel Van Praagh Ph.D.^b, Serge Berthoin Ph.D.^a

^a*University of Lille Nord de France, EA 4488, Lille, France.*

^b*Blaise Pascal Universities, EA 3533, Clermont-Ferrand, France..*

Résumé

Le but de cette étude était d'évaluer l'évolution du temps passé dans une AP légère (APL), modérée (APM), intense (API) et très intense (APTI) de l'enfance à l'adolescence, selon l'âge et le sexe. Trois cent soixante et un enfants et adolescents, âgés de 3 à 16 ans (94 enfants de maternelle (Preschoolers, Ps), 156 enfants de primaire (Primary Schools, PS) et 111 collégiens (Junior High Schools, JHS) ont participé à cette étude. L'AP a été mesurée durant 7 jours au moyen d'un accéléromètre uni axial (The Actigraph, Manufacturing Technologies, Inc., model GT1M). La fréquence d'enregistrement a été fixée à 5s et l'enregistrement des données a été effectué entre 7h et 21h. Les temps passés au-dessus et en dessous des différents seuils d'AP, de léger (<3METs) à très intense (>9METs), ont été calculés.

Pendant la semaine, les garçons passaient significativement plus de temps que les filles dans une activité physique de modérée à intense ($p < 0,001$). De Ps à PS, APL restait stable alors que API et APTI diminuaient significativement ($p < 0,05$). De PS à JHS, les temps passés dans APL, API et APTI augmentaient significativement ($p < 0,05$). A l'inverse, APM diminuait significativement ($p < 0,05$) entre Ps et PS et diminuait significativement ($p < 0,05$) de PS et JHS. De PS à JHS, le temps passé dans APL augmentait significativement plus pendant les jours fériés que les jours scolaires ($p < 0,05$) alors que API et APTI augmentaient significativement ($p < 0,05$) plus durant les jours scolaires que les jours fériés. L'AP à des niveaux de modéré à très intense diminuait de l'enfance à l'adolescence. Les changements dans les patterns d'AP étaient associés à une augmentation de APL et une diminution concomitante d'APM, et ce, de manière plus importante pendant les jours fériés que les jours scolaires.

Abstract

Objectives: To investigate changes in time spent in light (LPA), moderate (MPA), vigorous (VPA), very high physical activity (VHPA) from childhood to adolescence, according to age and sex, when measured with high frequency accelerometry.

Methods: Three hundred and sixty-one children, 94 preschoolers (Ps), 156 from primary schools (PS) and 111 from junior high schools (JHS)) were involved in this study. The children's physical activity was assessed with a uniaxial accelerometer over a 7-day period. The epoch duration was set at 5s and data collected between 7 am and 9 pm. The times spent below and above different PA thresholds, corresponding from LPA (<3 METs) to VHPA (>9METs), were calculated.

Results: During the week, the boys spent significantly more time in MPA to VHPA than the girls ($p<0.001$). From Ps to PS, LPA remained stable, while VPA and VHPA decreased significantly ($p<0.05$). From PS to JHS, time spent in LPA, VPA and VHPA increased significantly ($p<0.05$). On the contrary, MPA increased significantly ($p<0.05$) between Ps and PS and decreased significantly ($p<0.05$) from PS to JHS. From PS to JHS, time spent in LPA increased significantly more during free days than during school days ($p<0.05$) while VPA and VHPA increased significantly ($p<0.05$) more during school days than during free days.

Conclusions: Moderate to very high PA decreased from childhood to adolescence. Changes in PA patterns were associated with an increase of LPA and a concomitant decrease of MPA, while changes were more pronounced during free days than during school days.

Introduction

From preschoolers to adolescence, epidemiologic studies have reported a decrease in physical activity (PA) according to gender (Armstrong, 1998; Trost et al., 2002; Gavarry et al., 2003; Riddoch et al., 2004; Andersen et al., 2006; Rowlands et al., 2008; Taylor et al., 2009). This decrease starts early in life (Taylor et al., 2009) whilst adolescence is the period with the highest PA decline (Pratt et al., 1999; Santos et al., 2003). Boys are generally more active than girls (Armstrong, 1998; Trost et al., 2002; Riddoch et al., 2004; Santos et al., 2003; Jackson et al., 2003; Andersen et al., 2006) and the PA decrease is higher in boys than in girls. Schools provide a unique opportunity to help children and adolescents to accumulate physical activity within the school day to benefit their health (Cale and Harris, 2006). Several studies have found that children are more active during school days (Sleap and Warburton, 1996; Falgairette et al., 1996; Gavarry et al., 1998; Gavarry et al., 2003; Rowlands et al., 2008) while others reported higher PA levels during free days (Pate et al., 1994; Trost et al., 2000; Duncan et al., 2006; Gidlow et al., 2008) or no difference according to the day of the week (Gilbey and Gilbey, 1995; Salo and Silla, 1997; Taylor et al., 2009). These discrepancies may be due to differences in time spent at school or in time organization at school between countries. In relation to the educational context, the influence of the type of day (i.e. school time vs leisure-time) has not been clearly established. However, children's physical activity is highly transitory and high frequency monitoring to capture short high-intensity PA bouts has been recommended (Baquet et al., 2007). Studies using video observation (Bailey et al., 1995) or accelerometry (Baquet et al., 2007) have reported that the majority of bouts of intense activity lasted less than 10s. In the study by Baquet et al. (2007), vigorous and very high intensity activity accounted for over a third of the

total physical activity, despite accounting for less than 3% of the children's PA time. Using high frequency accelerometry monitoring, Rowlands et al. (2008) recently reported that differences in school days and free days activity may be largely due to the intensity of the most frequent bouts of activity and the frequency of the most intense bouts. This highlights the importance of capturing and quantifying short bouts of intense activity with appropriate monitoring.

As high frequency monitoring is now recommended in young people, previously reported PA trends between childhood and adolescence, according to gender, could probably have shown different outcomes if shorter epoch monitoring had been used. It is hypothesized that differences in PA patterns would be more strongly emphasized using a short epoch than the traditional 1-min epoch.

The aim of the present study was to analyze changes in habitual PA of boys and girls from preschool to junior high school and to assess differences between school days and free days with high-frequency accelerometry monitoring.

Methods

Participants

Three hundred and sixty-one children and adolescents (168 boys and 193 girls), aged 3 to 16, participated in this study. Preschoolers (Ps, n=94), primary school children (PS, n=156) and junior high school adolescents (JHS, n=111) were randomly taken from 30 nursery school or elementary classes, and 28 JHS classes. All schools were located in middle size town located in a peri-urban areas with children having almost homogeneous socio-economic origin (i.e. middle-class). Full advice about possible risks and discomfort with the protocol was given to the parents. All children gave their assent to take part in the study and their parents signed a written informed consent. The study was designed in

accordance with the ethical standards of the Helsinki Declaration of 1975, and received approval from the local “Consultative Committee for the Protection of Persons in Biomedical Research”. Height was measured to the nearest 0.1 cm with a wall stadiometer (Vivioz medical, Paris, France) and body mass was measured to the nearest 0.1 kg with a calibrated beam balance (Tanita TBF 543, Tanita Inco, Iokyo, Japan).

Physical Activity Monitoring

The subject’s physical activity was assessed with a uniaxial accelerometer (The Actigraph, Manufacturing Technologies, Inc., model GT1M), over 7 consecutive days, comprising 4 school days and 3 free days. This device facilitates the quantification of human motion (frequency and intensity) over a user-specified time epoch duration. The acceleration signal was digitized and the magnitude summed over the “epoch”. At the end of each epoch duration, the summed value or activity “count” was stored in memory, and the integrator reset. For this study, the epoch duration was set at 5-s, and data between 7 am and 9 pm were retained for subsequent analysis.

Accelerometer measurement procedures

To maximize the quality of the data, strategies were employed to encourage compliance. The children and adolescents received oral and written information on how to use the accelerometers correctly: they wore the accelerometers on the right hip fastened with an elastic belt from waking up until bedtime. The accelerometer was removed during bathing and swimming. The investigators demonstrated to the parents how to wear the device properly and reminded parents, children and adolescents of the importance of not forgetting to wear it.

Data reduction

All the files were visually inspected to delete missing data. If the child had forgotten the device at any time of the day (morning, afternoon and evening), the file was rejected. A sequence of 120 zero counts (10 min recording) was defined as the level of missing data (Riddoch et al., 2004). The 5-s activity counts were uploaded to an Excel© macro to calculate the time spent below and above different PA thresholds, corresponding to light (LPA <3 METs), moderate (MPA, $3 \leq \text{MPA} < 6$ METs), vigorous (VPA, $6 \leq \text{VPA} < 9$ METs) and very high PA (VHPA ≥ 9 METs). Actigraph outputs were derived from Nilsson et al.'s study (2002). One hundred and sixty-two, 480 and 790 counts per 5s were the cut-offs used to define 3, 6 and 9 METs, respectively. Times spent below and above the different intensity thresholds were calculated for each of the 7 days. According to Pate et al. (2002), the percentage of children who reached the PA international guideline (60 accumulated minutes from MPA to VHPA, 5 days a week) was calculated.

Statistical analysis

The observational values are expressed as mean \pm standard deviation (mean \pm SD). Data were analyzed using a three-way ANOVA (school level*gender*day of the week) with repeated measures on one factor (day of the week: school days vs free days). Newman-Keuls post hoc tests were undertaken when ANOVA revealed a significant interaction between factors. In all cases, there was no effect that could be attributed to gender by school level interaction. Therefore, the data for boys and girls were pooled and analyzed through a two-way ANOVA (school level x day of the week). Significance was accepted at $p < 0.05$. The statistical analyses were undertaken using SuperAnova software (Abacus Concepts, Inc).

Results

Age and anthropometric data are presented in Table 1. Children and adolescents wore their accelerometers for 6.5 ± 0.7 days.

Gender

For the whole sample, the boys spent significantly ($p < 0.001$) less time in LPA ($-18 \text{ min} \cdot \text{day}^{-1}$) and more time in MPA ($+11 \text{ min} \cdot \text{day}^{-1}$), VPA ($+4 \text{ min} \cdot \text{day}^{-1}$) and VHPA ($+2 \text{ min} \cdot \text{day}^{-1}$) than the girls (Table 2). Ninety-five percent of the boys and 73% of the girls in Ps reached the PA recommendations, while they were 99% and 76% in PS and 60% and 31% in JHS.

For MPA, the gender difference ($p < 0.001$) was 16.8% in Ps, 26.7% in PS, and 17.7% in JHS. The average gender difference for MPA was 15.6%. For VPA, the gender difference ($p < 0.001$) was 28.8% in Ps, 35.4% in PS, and 31.6% in JHS. The average gender difference ($p < 0.001$) for VPA was 32.8%. For VHPA, the gender difference ($p < 0.001$) was 25.5% in Ps, 37.9% in PS, and 35.5% in JHS. The average gender difference for VHPA was 32%. In addition, the average gender differences ($p < 0.001$) for VPA+VHPA and MVHPA were 31.8% and 41.7%, respectively.

School level

The school level had a significant main effect on all PA levels with no statistical interaction between gender and day of the week (Table 2). Time spent in LPA remained stable from Ps to PS, and increased significantly ($p < 0.05$) from PS to JHS ($+24 \text{ min} \cdot \text{day}^{-1}$). Time spent in MPA increased significantly ($p < 0.05$) from Ps to PS ($+15 \text{ min} \cdot \text{day}^{-1}$) then significantly ($p < 0.05$) decreased from PS to JHS ($-33 \text{ min} \cdot \text{day}^{-1}$). Primary school children spent less time ($p < 0.05$) in VPA and VHPA

than Ps (-6 min.day⁻¹ and -5 min.day⁻¹, respectively) and JHS (-6 min.day⁻¹ and -4 min.day⁻¹, respectively) whereas no difference occurred between Ps and JHS. Even though time spent in moderate to very high PA (MVHPA) remained stable from Ps to PS, a significant ($p<0.05$) decrease was observed between PS and JHS (-23 min.day⁻¹).

The day of week

Table 2 displayed significant interactions between school days and free days levels in all PA levels (i.e., LPA, MPA, VPA and VHPA). Children and adolescents spent significantly ($p<0.001$) more time from MPA to VHPA during school days than during free days (Table 2). Time spent in LPA was significantly longer ($p<0.05$) during free days than during school days (+8 min.day⁻¹). Inversely, times spent in MPA (+4 min.day⁻¹), VPA (+3 min.day⁻¹) and VHPA (+1 min.day⁻¹) were significantly ($p<0.05$) longer during school days than during free days.

Figure 1 illustrated that LPA was significantly longer during free days than during school days in Ps ($p<0.05$), PS ($p<0.05$) and JHS ($p<0.001$). The decrease in LPA between Ps and PS was similar during school days and free days. A significant higher increase ($p<0.05$) in LPA between PS and JHS was reported during free days.

Figure 2 illustrated that MPA was significantly longer during school days than free days in Ps ($p<0.05$) and JHS ($p<0.001$). The increase in MPA between Ps and PS was similar during school days and free days. A significant higher decrease ($p<0.05$) in MPA between PS and JHS was reported during free days.

Figure 3 illustrated that VPA was significantly longer during school days than during free days in PS ($p<0.01$) and JHS ($p<0.001$). The decrease in VPA between Ps and PS was similar during school days and free days. A significant

higher increase ($p < 0.05$) in VPA between PS and JHS was reported during school days.

Figure 4 illustrated that VHPA was significantly longer during school days than during free days in Ps ($p < 0.05$) and JHS ($p < 0.001$). The decrease in VHPA between Ps and PS was similar during school days and free days. A significant higher increase ($p < 0.05$) in VHPA between PS and JHS was reported during school days than during free days.

Time spent in VPA+VHPA was significantly longer during school days than free days for PS (18 ± 9 vs 16 ± 11 min, $p < 0.05$) and JHS (31 ± 17 vs 21 ± 14 min, $p < 0.001$). No difference was found for Ps (28 ± 17 vs 27 ± 17 min).

Time spent in MVHPA was significantly longer during school days than free days for Ps (80 ± 21 vs 76 ± 21 min, $p < 0.05$) and JHS (66 ± 23 vs 52 ± 24 min, $p < 0.001$). No difference was found for PS (84 ± 26 vs 80 ± 30 min).

Discussion

The purpose of this study was to investigate patterns of physical activity from childhood to adolescence over free days and school days using high-frequency accelerometry monitoring. The major findings of this study were: 1) The boys were more active than the girls whatever the age. 2) Although moderate to very high PA decreased from childhood to adolescence, changes in PA patterns were associated with an increase in LPA and a concomitant decrease in MPA. 3) In contrast to PS, Ps and JHS were more active during school days than during free days.

In the present study, with 3 to 15 year-old children, the cut-off proposed by Nilsson et al. (2002) were used to discriminate time spent in LPA to VHPA. These cut-offs were previously applied to 7.5 years old children (Nilsson et al., 2002)

that are around the mean age of our population. Although, it has been suggested that specific cut-offs should be used according to the subject's age, to our knowledge, there is currently no study that has validated specific cut-off with a same methodology according to different children age groups. Sirard et al. (2006) reported that cut-off for MPA were lower for 3 years old (615 counts/15s) than for 4 years old (812 counts/15s) or 5 years old children (691 counts/15s), with similar trends for VPA: 1231, 1235 and 1255 counts/15s for 3, 4 and 5 years old children respectively. However, Pate et al. (2005) reported different cut-offs, also with Actigraph devices, but with a different methodology (direct observation versus oxygen uptake): 420 counts/15s for MPA and 842 counts/15s for VPA. Thus, currently it remains inappropriate to apply different cut-offs to different age groups until new data are published comparing cut-offs values obtained with a similar methodology and in different age group. It could also be underlined that Reilly et al. (2010), in an observational study, recently found any difference in cut-offs for MPA in: 3-5 (662 ± 210 counts/15s) versus 5-8 (631 ± 172 counts/15s) versus 9-10 years old (672 ± 193 counts/15).

Gender

In the literature, previous studies showed age-related declines in activity and gender differences with boys being more active than girls from childhood to adolescence and young adulthood (Van Mechelen et al., 2000; Trost et al., 2002; Riddoch et al., 2004. Thompson et al., 2005; Teixeira E Seabra et al., 2008). In the present study, across all school levels, boys spent more time in MPA to VHPA than the girls. According to Trost et al. (2002), the greatest gender differences ($p < 0.001$) were found in PS for MPA (26.7%), for VPA (35.4%) and for VHPA (37.9%). The average gender difference was higher for VPA (32.8%) and VHPA

(32%), indicating that girls less participated in vigorous or very high intensity activities. With respect to gender differences, the literature presents controversies. In contrast, Sallis et al. (2000) and Telama and Yang (2000) found the highest differences in JHS. These differences between studies most likely are due to different PA monitoring and/or the samples studied and/or specific organization in school (recess time, number of physical education hours, time spent at school) according to the different countries. The high frequency monitoring (5s) used in the present study could also allow to capture more high and very high bouts of PA. The latter were not diluted in the overall activity and then gender differences could be more greatly highlighted than when using a 1-min epoch.

School level

Physical activity decline begins early in life. Taylor et al. (2009) showed that PA levels were lower in preschoolers aged 4-5 year than those of 3 year and Reilly et al. (2004) reported that inactivity began at an early age. To our knowledge no study has observed the changes in PA patterns from preschoolers to early adolescence. In the present study, across the school levels and in the context of intensity, boys' and girls' PA changes were comparable. A decline in MVHPA was observed from Ps to JHS, while time spent in VPA to VHPA remained stable. Although MPA increased from Ps to PS, VPA and VHPA decreased during the same time. In contrast to the present study, Janz et al. (2005) reported a decline between 3 and 8 year-olds in both MPA and VPA. However, irrespective of the magnitude of the epoch, the sample size or the PA monitored time, Ps data (i.e. VPA+VHPA, MVHPA) of the present study were higher than in the range of the literature, from 9 to 24 min for VPA+VHPA and 16 to 44 min for MVHPA (Finn et

al. 2002; Pate et al., 2004, Fisher et al., 2005; Taylor et al., 2009). In the present study, Ps spent 28 ± 17 min in VPA+VHPA and 78 ± 20 min in MVHPA. Those differences might be due to the higher frequency of monitoring, which allowed every bout of intense activity to be captured.

Day of the week

Our results highlight the importance of the type of day (school day vs free day) in the analysis of PA patterns. Ps and JHS were more active during school days than during free days, while no difference occurred in PS. Nevertheless, when VPA and VHPA were combined, PS spent significantly ($p < 0.05$) more time in this intensity domain. The PA difference between school days and free days was more marked in JHS than in PS. Time spent in LPA, VPA and VHPA increased significantly more during free days than school days between PS and JHS, while MPA significantly decreased. The present data differed from those reported by Gavarry et al. (2003), but were in agreement with those reported by Trost et al. (2002), Wilkin et al. (2006) and Vale et al. (2010). Gavarry et al. (2003) observed that at primary school the time engaged in MPA to VPA was longer during school days than during free days for young boys, however adolescents did not show higher levels of MPA and VPA on school days than on free days. The latter study used heart rate (HR) monitoring to assess physical activity with specific cut-off points and HR acquisition was set at 1-min. In 9- to 11- year-old children, Trost et al. (2000) reported that even if younger boys exhibited significantly higher levels of MVPA on free days, adolescent boys, in contrast to girls, exhibited significantly lower levels of MVPA on free days relative to school days. The lower day-to-day variability in young children's daily physical activity behavior compared to that of adolescents might explain this difference. In the

present study, no significant day of the week versus gender interaction was reported.

Primary school children spent longer time from VPA to VHPA in school days than in free days. This observation is comparable to the findings in Rowland's et al. (2008) study using a high frequency monitoring (2-s epoch). The latter concluded that differences were due to the intensity of the most frequent bouts and the frequency of the most intense bouts of activity. Vale et al. (2010), with a 5-s monitoring epoch reported that preschoolers were more active during school days than free days. Portuguese children showed higher scores in time spent from MPA to VHPA than young French ones (+28 min and +20 min, for school days and free days, respectively). These differences could be explained with the use of different cut-off points. In the study by Vale et al. (2010), moderate to vigorous cut-off points were fixed to 1680 counts/min while in the present study it was fixed at 2170 counts/min for a 3-5-year child. As reported by Wilkin et al. (2006), from Ps to JHS, those who were most active during the school days showed comparable behavior during free days (from $r=0.57$ to $r=0.76$, $p<0.001$).

Finally, some limitations could affect this study. Gidlow et al. (2008) reported that PA levels during the school day appeared to be lower than when out of school, especially for secondary school children, who accumulated a lower proportion of their total weekly moderate-to-vigorous physical activity at school than younger children. In our study, the in- and out- of school PA levels were not separated. No seasonal PA approach was defined in this study. As measurements lasted 3 months from October to December, day-to-day weather variation might affect data.

Conclusion

From childhood to adolescence, the significant decrease in PA begins at preschool age and is observed during both school and free days. Moreover, this decrease was greater in free days than in school days. The percentage of the youth that did not achieve the recommended amount of physical activity increased from Ps to JHS, particularly among the girls. The latter were less active than boys. Moreover, both sexes were less active during free days than during school days. School settings influenced the PA of children and adolescents. During growth, to prevent the development of an inactive lifestyle, there is a need to promote physical activity during school days, with after school programs (Troost et al., 2008) and on free days during leisure time.

References

- Andersen LB, Harro M, Sardinha LB, Froberg K, Ekelund U, Brage S. 2006. Physical activity and clustered cardiovascular risk in children: a cross-sectional study (The European Youth Heart Study). *Lancet* 368:299-304.
- Armstrong N. 1998. Young people's physical activity patterns as assessed by heart rate monitoring. *J Sports Sci* 16:S9-S16.
- Bailey RC, Olson J, Pepper SL, Porszasz J, Barstow TJ, Cooper DM. 1995. The level and tempo of children's physical activities: an observational study. *Med Sci Sports Exerc* 27:1033-41.
- Baquet G, Stratton G, Van Praagh E, Berthoin S. 2007. Improving physical activity assessment in prepubertal children with high-frequency accelerometry monitoring: an observational issue. *Prev Med* 44:143-7.
- Cale L, Harris J. 2006. Interventions to promote young people's physical activity: Issues, implications and recommendations for practice. *Health Education Journal* 65:320-37.
- Duncan JS, Schofield G, Duncan EK. 2006. Pedometer-determined physical activity and body composition in New Zealand children. *Med Sci Sports Exerc* 38(8):1402-9.
- Falgairette G, Gavarry O, Bernard T, Hebbelinck M. 1996. Evaluation of habitual physical activity from a week's heart rate monitoring in French school children. Eur J Appl Physiol* 74:153-61.
- Finn K, Johannsen N, Specker B. 2002. Factors associated with physical activity in preschool children. *J Pediatr* 140:81-5.
- Fisher A, Reilly JJ, Kelly LA, Montgomery C, Williamson A, Paton JY, Grant S. 2005. Fundamental movement skills and habitual physical activity in young children. *Med Sci Sports Exerc* 37:684-8.

Gavarry O, Bernard T, Giacomoni M, Seymat M, Euzet JP, Falgairette G. 1998. Continuous heart rate monitoring over 1 week in teenagers aged 11-16 years. *Eur J Appl Physiol* 77:125-32.

Gavarry O, Giacomoni M, Bernard T, Seymat M, Falgairette G. 2003. Habitual physical activity in children and adolescents during school and free days. *Med Sci Sports Exerc* 35:525-31.

Gilbey H, Gilbey M. 1995. The physical activity of Singapore primary school children as estimated by heart rate monitoring. *Pediatr Exerc Sci* 7:26-35.

Gidlow CJ, Cochrane T, Davey R, Smith H. 2008. In-school and out-of-school physical activity in primary and secondary school children. *J Sports Sci* 26: 1411-9.

Jackson DM, Reilly JJ, Kelly LA, Montgomery C, Grant S, Paton JY. 2003. Objectively measured physical activity in a representative sample of 3- to 4-year-old children. *Obes Res* 11:420-5.

Janz KF, Burns TL, Levy SM. 2005. Tracking of activity and sedentary behaviors in childhood: The Iowa Bone Development Study. Am J Prev Med 29:171-8.

Nilsson A, Ekelund U, Yngve A, Sjostrom M. 2002. Assessing physical activity among children with accelerometers using different time sampling intervals and placements. Pediatr Exerc Sci 14:87-96.

Pate RR, Long BJ, Heath G. 1996. Descriptive epidemiology of physical activity in adolescents. *Pediatr Exerc Sci* 6:434-47.

Pate RR, Freedson PS, Sallis JF, Taylor WC, Sirard J, Trost SG, Dowda M. 2002. Compliance with physical activity guidelines: prevalence in a population of children and youth. *Ann Epidemiol* 12:303-8.

Pate RP, Pfeiffer KA, Trost SG, Ziegler P, Dowda M. 2004. Physical activity among children attending school. *Pediatrics* 114: 1258-63.

Pate RP, Almeida MJ, McIver KL, Pfeiffer KA, Dowda M. 2006. Validation and calibration of an accelerometer in preschool children. *Obesity* 14:2000-6.

Pratt M, Macera CA, Blanton C. 1999. Levels of physical activity and inactivity in children and adults in the United States: current evidence and research issues. *Med Sci Sports Exerc* 31:S526S-33.

Reilly JJ, Jackson DM, Montgomery C, Kelly LA, Slater C, Grant S, Paton JY. 2004. Total energy expenditure and physical activity in young Scottish children: mixed longitudinal study. *Lancet* 363: 211-2.

Riddoch CJ, Andersen LB, Wedderkopp N, Harro M, Klasson-Heggebø L, Sardinha LB, Cooper AR, Ekelund U. 2004. Physical activity levels and patterns of 9- and 15-yr-old European children. *Med Sci Sports Exerc* 36:86-92.

Reilly JJ, Penpraze V, Hislop J, Davies G, Grant S, Paton JH. 2010. Objective measurement of physical activity and sedentary behaviour: review with new data. *Arch Dis Child* 93:614-9.

Rowlands AV, Pilgrim EL, Eston RG. 2008. Patterns of habitual activity across weekdays and weekend days in 9-11-year-old children. *Prev Med* 46:317-24.

Sallis JF. 2000. Age-related decline in physical activity: a synthesis of human and animal studies. *Med Sci Sports Exerc* 32:1598-600.

Sallo M, Silla R. 1997. Physical activity with moderate to vigorous intensity in preschool and first-grade schoolchildren. *Pediatr Exerc Sci* 9:44-54.

Santos P, Guerra S, Riberio JC, Duarte JA, Mota J. 2003. Age and gender-related physical activity. A descriptive study in children using accelerometry. *J Sports Med Phys Fitness* 43:85-9.

Sirard JR, Trost SG, Pfeiffer KA, Dowda M, Pate RR. 2005. Calibration and evaluation of an objective measure of physical activity in preschool children. *J Phys Act Health* 3:345-57.

Sleap M, Warburton P. 1996. Physical activity level of 5–11 year-old children in England : cumulative evidence from three direct observation studies. *Int J Sports Med* 17:248-53.

Taylor RW, Murdoch L, Carter P, Gerrard DF, Williams SM, Taylor BJ. 2009. Longitudinal study of physical activity and inactivity in preschoolers: The FLAME study. *Med Sci Sports Exerc* 41:96-102.

Teixeira E Seabra AF, Maia JAR, Mendonça DM, Thomis M, Caspersen CJ, Fulton JE. 2008. Age and sex differences in physical activity of Portuguese adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 40:65-70.

Telama R, Yang X. 2000. Decline of physical activity from youth to young adulthood in Finland. *Med Sci Sports Exerc* 32:1617-22.

Thompson AM, Campagna PD, Rehman RA, Murphy RJL, Rasmussen RL, Ness GW. 2005. Physical activity and body mass index in grade 3, 7, and 11 Nova Scotia students. *Med Sci Sports Exerc* 37:1902-8.

Trost SG, Pate RR, Sallis JF, Freedson PS, Taylor WC. 2000. Using objective physical activity measures with youth: how many days of monitoring are needed? *Med Sci Sports Exerc* 32:426-31.

Trost SG, Pate RR, Sallis JF, Freedson PS, Taylor WC, Dowda M, Sirard J. 2002. Age and gender differences in objectively measured physical activity in youth. *Med Sci Sports Exerc* 34:350-5.

Trost SG, Rosenkranz RR, Dzewaltowski D. 2008. Physical activity levels among children attending after-school programs. *Med Sci Sports Exerc* 40:622-9.

Vale R, Santos R, Soares-Miranda L, Mota J. 2010. The relationship of cardiorespiratory fitness, birth weight and parental BMI on adolescents' obesity status. *Eur J Clin Nutr* 64:622-7.

Van Mechelen W, Twisk JWR, Post GB, Snel J, Kemper HCG. 2000. Physical

activity of young people: the Amsterdam longitudinal growth and health study. *Med Sci Sports Exerc* 32:1610–6.

Wilkin TJ, Mallam KM, Metcalf BS, Jeffery AN, Voss LD. 2006. Variation in physical activity lies with the child, not his environment: evidence for an « activitystat » in young children (EarlyBird16). *Int J Obes* 30:1050–5.

Table 1: Mean \pm SD anthropometric measurements in Boys and Girls.

School Level	Preschoolers (n=94)		Primary school (n=156)		Junior High School (n=111)	
	Boys (n=44)	Girls (n=50)	Boys (n=74)	Girls (n=82)	Boys (n=50)	Girls (n=61)
Age (yr)	4.5 \pm 0.8	4.3 \pm 0.8	9.2 \pm 1.4	9.1 \pm 1.3	12.6 \pm 1.2	12.3 \pm 1.9
Height (cm)	109 \pm 6	106 \pm 7	136 \pm 10	136 \pm 11	155 \pm 12	154 \pm 10
Body mass (kg)	18 \pm 2	17 \pm 3	33 \pm 12	32 \pm 8	46 \pm 16	47 \pm 13

Table 2: Mean values for time spent (min.day-1) in the different physical activity levels according to school level, gender and type of the day.

	School Level			Gender		Type of the day		
	Ps	PS	JHS	Boys	Girls	School days	Free days	Interactions
LPA	764±19*	757±24*	780±21*	757±25***	774±20	762±25***	770±29	DW*SL (p<0.001)
MPA	46±17*	62±17*	30±17*	54±23***	43±19	50±22***	46±25	DW*SL (p<0.05)
VPA	20±11	14±6*	19±10	19±10***	15±8	19±10***	16±10	DW*SL (p<0.001)
VHPA	10±11	6±4*	11±6	10±6**	8±5	9±6***	8±6	DW*SL (p<0.001)
VPA+VHPA	30±18	20±9*	30 ±16	29±16***	23±13	28±16***	24±16	DW*SL (p<0.001)
MVHPA	76±19	82±24	60±21*	83±24***	66±20	78±25***	70±29	DW*SL (p<0.001)

Ps: preschoolers; PS: primary school; JHS: junior high school; SL: school level; DW: day of week;

LPA: light physical activity; MPA: moderate physical activity; VPA: vigorous physical activity; VHPA: very high physical activity; MVHPA: moderate to very high physical activity.

* significantly different from other school levels at p<0.05 ; ** significantly different between gender and type of the day at p<0.05;

*** significantly different between gender and type of the day at p<0.001.

Legend

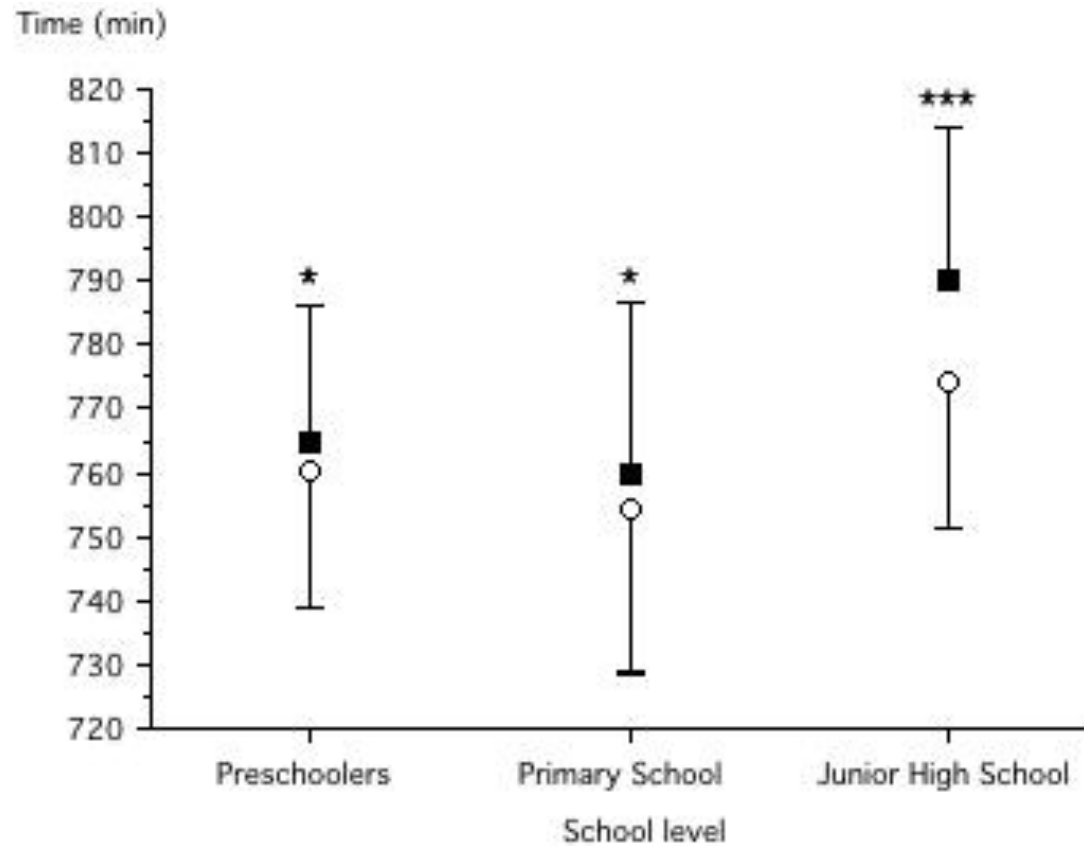
Figure 1: Time spent in light physical activity during school days (O) and free days (■) at each school level.

Figure 2: Time spent in moderate physical activity during school days (O) and free days (■) at each school level.

Figure 3: Time spent in vigorous physical activity during school days (O) and free days (■) at each school level.

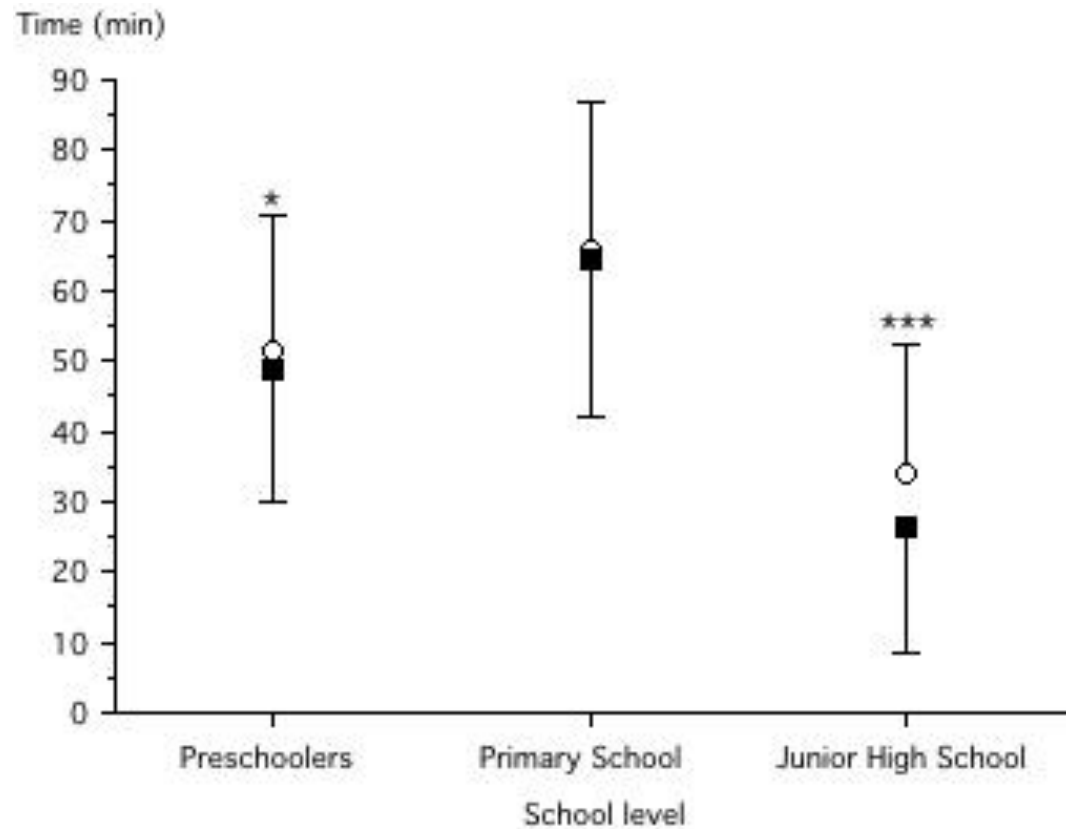
Figure 4: Time spent in very high physical activity during school days (O) and free days (■) at each school level.

Figure 1: Time spent in light physical activity during school days (O) and free days (■) at each school level.



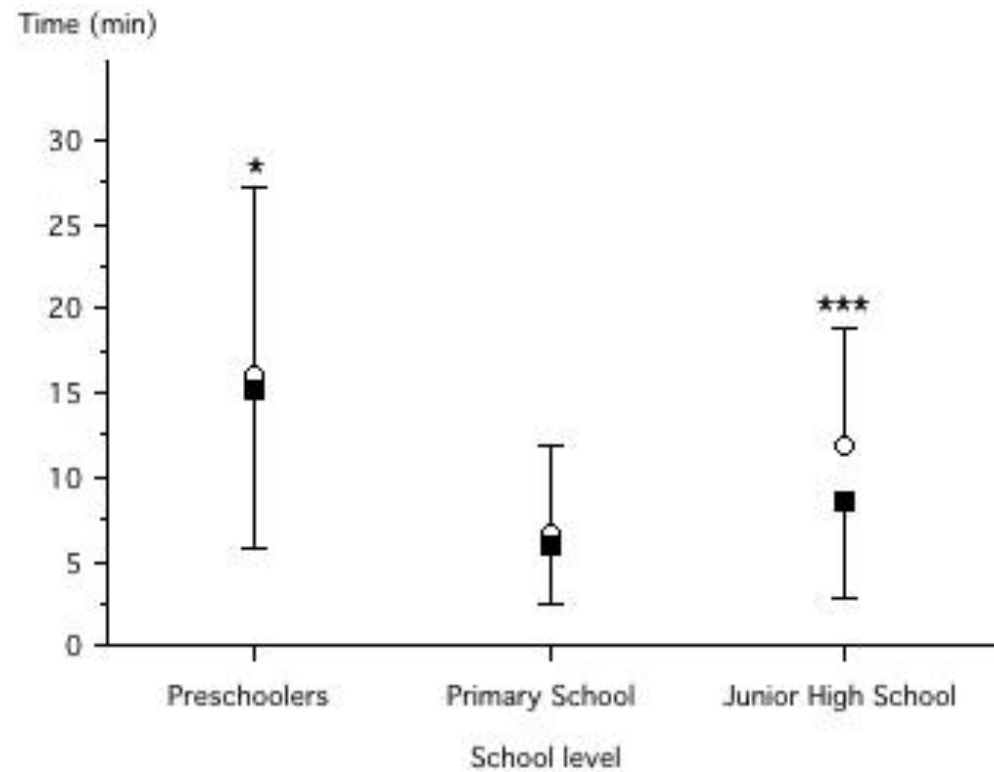
*: significantly different between day of the week, $p < 0.05$; ***: significantly different between day of the week, $p < 0.001$.

Figure 2: Time spent in moderate physical activity during school days (O) and free days (■) at each school level.



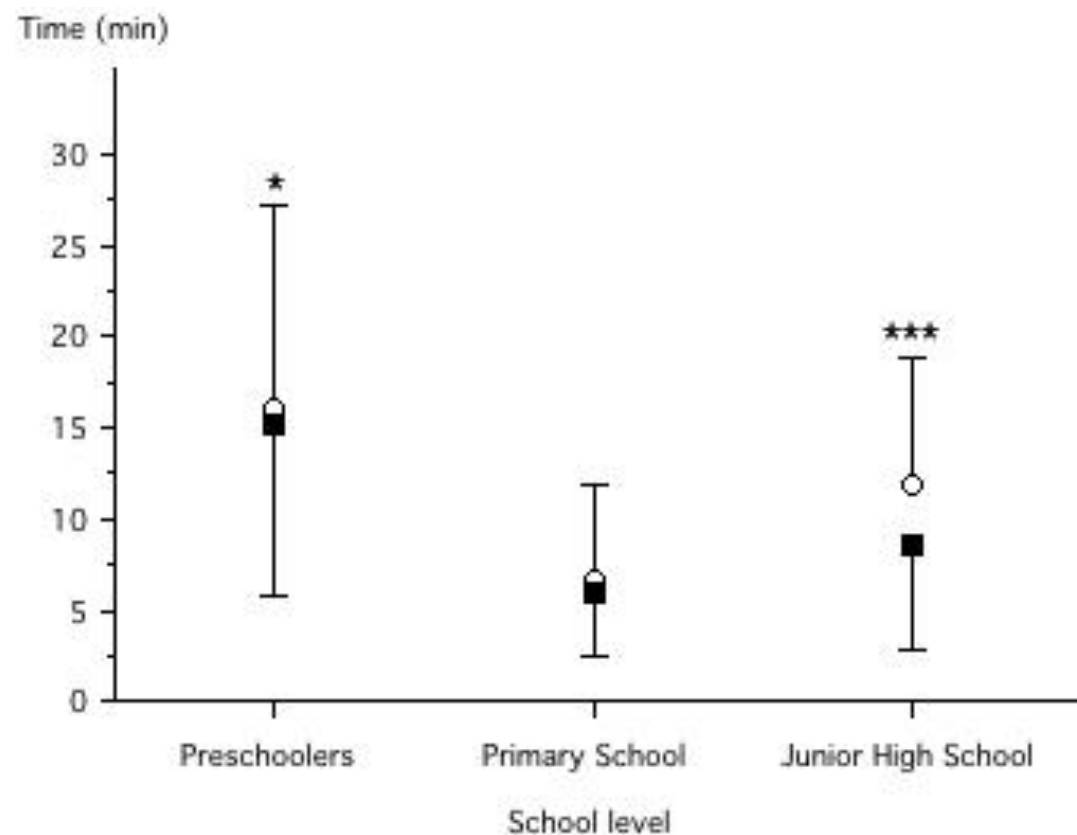
*: significantly different between day of the week, $p < 0.05$; ***: significantly different between day of the week, $p < 0.001$.

Figure 3: Time spent in vigorous physical activity during school days (O) and free days (■) at each school level.



** : significantly different between day of the week, $p < 0.01$; *** : significantly different between day of the week, $p < 0.001$.

Figure 4: Time spent in very high physical activity during school days (O) and free days (■) at each school level.



*: significantly different between day of the week, $p < 0.05$; ***: significantly different between day of the week, $p < 0.001$.

2.3. Troisième étude

Impact de l'aménagement des cours de récréation sur le niveau d'activité physique spontanée : Influence du sexe et du milieu socio-économique.

Soumis à : *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*.

Auteurs : Aurélie Blaes¹⁻², Georges Baquet¹⁻², Emmanuel Van Praagh³, Serge Berthoin¹⁻².

¹ *Université de Lille Nord de France*

² *UDSL, EA 4488, France*

³ *Laboratoire de Biologie des Activités Physiques et Sportives, EA 3533, Université d'Auvergne Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, France.*

Résumé

Le but de cette étude était de mesurer l'impact d'un aménagement des cours de récréation sur le niveau d'activité physique (AP) des enfants selon leur sexe et leur milieu socio-économique d'origine. 332 enfants (6-11 ans) scolarisés dans 4 écoles situées en réseau d'éducation prioritaire (REP, c-à-d., milieu socio-économique défavorisé) ou classique (REC) ont participé à cette étude. Deux écoles ont bénéficié d'un aménagement des cours de récréation, une en REP (REPexp) et une en REC (RECexp), deux autres constituant les groupes contrôles (REPcon et RECcon). L'AP des enfants a été mesurée à l'aide d'un accéléromètre uni-axial pendant une semaine durant les temps de récréation. Les temps passés au-dessus et en dessous des seuils d'AP, correspondant à légère (APL, <3 METs), modérée (APM <6 METs), intense (API, > 6 METs) ou très intense (APTI, >9METs) ont été calculés avant et après l'aménagement. Les effets de l'aménagement étaient indépendants du sexe. Le niveau d'AP en REP était plus élevé ($p < 0,05$) qu'en REC. Après aménagement, les enfants en RECexp passaient plus de temps dans APM ($p < 0,01$) et API ($p < 0,05$) alors que le niveau d'AP en REPexp ne changeait pas. Le niveau d'AP en REPcon baissait significativement ($p < 0,05$) mais restait stable en RECcon. Les enfants les moins actifs en REPexp et en RECexp augmentaient davantage leur temps passé dans une AP de modérée à très intense ($p < 0,001$). L'aménagement des cours de récréation a un effet positif sur le niveau des AP des enfants indépendamment de leur milieu socio-économique d'origine et de leur sexe.

Abstract

The aim of this study was to investigate the impact of a playground intervention on children's physical activity (PA) during recess according to sex and socio-economic status (SES). Three hundred and forty-two children (6- to -11 years old) were randomly selected from 4 primary schools located in classic (SESc) and deprived (SESd) socio-economic area. In each area, one experimental school (SESc_Exp and SESd_Exp) received a recess-based intervention, the other one (SESc_Con and SESd_Con) served as control group. Children's PA was measured with an uniaxial accelerometer twice a day (morning and afternoon recess) during a 4-days schoolweek. Times spent below and above different PA levels, corresponding from light PA (LPA, <3 METs), moderate PA (MPA<6METs, vigorous PA (>6METs) to very high PA (VHPA, >9METs), were calculated before and after intervention. Physical activity level in SESd was significantly ($p<0.05$) higher compared to SESc. The effects of intervention were regardless of sex. After intervention, children from SESc_Exp spent significantly longer time in MPA ($p<0.01$) and VPA ($p<0.05$) while PA level in SESc_Con remained stable. For SESd, children's PA level in SESd_Exp remained stable while time spent from moderate to very high PA decreased significantly ($p<0,05$) in SESd_Con. The less active children in SESc-Exp and SESd_Exp increased significantly more their time spent from moderate to very high PA ($r=-0.55$ and $r=-0.32$, $p<0.001$). Independently of their SES and their sex, the present playground intervention had a positive effect on recess physical activity levels.

Introduction

Face à l'augmentation de l'obésité infantile, une activité physique (AP) régulière dès l'enfance apparaît nécessaire pour poursuivre des objectifs de gains en matière de santé à court et à long terme (Twisk et al. 2001). Les recommandations internationales suggèrent que les enfants doivent être physiquement actifs au moins 1h chaque jour de la semaine « en pratiquant des activités variées qui s'intègrent à leurs habitudes de vie » (Strong et al. 2005). Des politiques de promotion de l'AP ont été mises en place pour encourager la pratique des activités physiques et sportives dans la vie quotidienne, que ce soit sur le plan des transports actifs (Cooper et al. 2006), des structures de proximité ou des campagnes de communication (Kahn et al. 2002).

L'école apparaît comme un lieu indispensable pour développer et promouvoir l'AP et favoriser ainsi un comportement actif de l'enfant (Trost et al. 2002). Elle a l'avantage de s'adresser à tous les enfants (Sallis et al. 1992 ; Almond et Harris 1998) quelque soit leur milieu socio-économique et culturel d'origine. Par ailleurs, l'école occupe la majeure partie du temps hebdomadaire des enfants. Diverses modalités d'intervention ont été proposées au sein des établissements scolaires mais aussi en dehors de l'école visant à une augmentation du niveau d'AP à court et à long terme (Mc Kenzie et al. 2001 ; Mc Kenzie et al. 2003 ; Trost et al. 2008). Dans la majorité des interventions, les séances d'éducation physique ont permis d'améliorer la coordination motrice et de développer certaines qualités physiques, mais elles ne paraissent pas suffisantes pour compenser la diminution de l'AP quotidienne et d'atteindre ainsi, en termes d'AP pour la santé, les recommandations internationales (Fairclough et Stratton 2005). Cependant, organiser les temps de récréation, où les enfants sont réellement actifs, offre une opportunité à ceux ci d'être physiquement plus actifs

et donc de leur donner, ainsi, le goût de l'AP (Stratton 1999). Des aménagements des cours de récréation par le biais de marquages au sol (Stratton 2000 ; Stratton et Leonard 2002 ; Stratton et Mullan 2005 ; Ridgers et al. 2007), ou en mettant à disposition du matériel (Verstraete et al. 2006) pour structurer les temps de récréation ont été proposés. Ces interventions pendant les temps de récréation ont été positives, dans la mesure où elles ont permis une augmentation significative du niveau moyen d'AP (Stratton et Mullan. 2005 ; Verstraete et al. 2006 ; Ridgers et al. 2007 ; Ridgers et al. 2010).

L'environnement socio-économique et culturel dont sont originaires les enfants semblent également jouer un rôle non négligeable dans les différences observées au niveau de leur AP. Ainsi, le niveau d'AP serait plus faible chez les enfants issus de milieux moins favorisés, en particulier pour les filles (Batty et Leon 2002 ; Kelly et al. 2006). Si des aménagements spécifiques des cours de récréation, proposant des espaces différents et clairement identifiés suivant le type d'activité qui s'y déroule (jeux, sport, détente), permettent d'augmenter le niveau d'AP des enfants, ces aménagements doivent avoir un impact tout particulier sur les enfants dont les niveaux d'activité physique sont les plus faibles que ce soit en raison de leur sexe ou de leur milieu socio-économique d'origine.

Les buts de cette étude étaient d'une part d'évaluer les niveaux d'activité physique des enfants selon le sexe et le milieu socio-économique et d'autre part d'évaluer l'impact d'un aménagement spécifique du milieu scolaire sur les niveaux d'AP des enfants.

Méthodes

Participants

Trois cent quarante-deux enfants (171 garçons et 171 filles), âgés de 6 à 11 ans, ont été recrutés au sein de 4 écoles primaires de la région Nord-Pas de Calais, France, pour participer à cette étude. Deux écoles se situaient en réseau d'éducation prioritaire (REP, c-à-d., un milieu socio-économique défavorisé) et deux autres en réseau d'éducation classique (REC). Ces réseaux d'éducation se différencient par l'origine sociale de recrutement des enfants qui y sont scolarisés. En REP, le groupe expérimental (REPexp) comprenait 73 enfants (33 garçons et 40 filles), et le groupe contrôle (REPcon) comprenait 105 enfants (62 garçons et 43 filles). En REC, 97 enfants (41 garçons et 56 filles) constituaient le groupe expérimental (RECexp), et 67 enfants (35 garçons et 32 filles), le groupe contrôle (RECcon). Un consentement éclairé a été signé par les parents après accord de leur(s) enfant(s) pour participer à cette étude. Elle a été réalisée selon les recommandations de la Déclaration d'Helsinki de 1975 et a reçu l'approbation du « Comité Consultatif pour la Protection de Personnes dans la Recherche Biomédicale » de la région Nord-Pas de Calais, France.

Mesures anthropométriques

La taille a été mesurée à 0,1 cm près à l'aide d'un stadiomètre (Vivioz medical, Paris, France) et la masse corporelle a été mesurée à 0,1 kg près avec une balance calibrée (Tanita TBF 543, Tanita Inc, Iokyo, Japan). L'Indice de Masse Corporelle (IMC) a été calculé selon l'équation suivante : $IMC = \text{masse (kg)} / \text{taille}^2 \text{ (m)}$.

Mesure de l'activité physique

L'activité physique des enfants a été mesurée à l'aide d'un accéléromètre uni-axial (The Actigraph®, Manufacturing Technologies, Inc., model GT1M) pendant les périodes de récréation du matin et de l'après-midi au cours d'une semaine normale de cours. La durée des récréations du matin et de l'après-midi était de 15 min pour les écoles de REP. Pour RECexp la durée de la récréation était de 15 min le matin et de 17 min l'après midi. Pour RECcon, la durée de la récréation était de 17 min le matin et de 16 min l'après midi. La semaine scolaire des enfants comprenant 4 jours (lundi, mardi, jeudi et vendredi), 8 enregistrements ont été réalisés pour chaque enfant. L'accéléromètre permet d'évaluer le mouvement humain (fréquence et intensité) au moyen d'un échantillonnage de temps spécifique. Le signal est digitalisé et le total des enregistrements (appelés "counts") est sommé suivant l'échantillonnage de temps choisi. A la fin de chaque durée d'échantillonnage, la somme de "counts" est enregistrée dans la mémoire de l'appareil, qui peut alors enregistrer d'autres signaux. Pour cette étude, la fréquence d'échantillonnage a été fixée à 2s. Les accéléromètres étaient distribués le matin aux enfants dès leur arrivée à l'école et étaient récupérés après la récréation de l'après-midi. Les données enregistrées étaient ensuite téléchargées sur un ordinateur pour l'analyse. Les accéléromètres devaient être portés à la hanche du côté droit et étaient maintenus à l'aide d'une ceinture élastique.

La mesure de l'activité physique habituelle des enfants a été effectuée au cours des 3 semaines précédant une période de vacances scolaires (15 jours). Durant les vacances scolaires, la cour de récréation de chaque école expérimentale a été aménagée en tenant compte de son espace disponible, des envies des enfants quant au nombre et type de marquages au sol et du choix du directeur de

l'école. A la rentrée scolaire, 2 semaines étaient laissées aux enfants pour s'habituer à ce nouvel espace sans que des consignes particulières ne leurs soient données. Après ces 2 semaines de familiarisation, l'activité physique a été de nouveau mesurée dans les mêmes conditions que précédemment. De nouveau, aucune consigne particulière n'était donnée aux enfants qui se répartissaient comme ils le souhaitaient dans la cour de récréation.

Aménagements

Les 2 écoles expérimentales ont bénéficié d'un aménagement spécifique de leur cour de récréation à l'aide de marquages au sol réalisés par une société spécialisée (Magical Markings, UK) grâce à des gaines thermoplastiques. L'aménagement était effectué suivant 3 zones de jeux spécifiques (Ridgers et al. 2007) et codées à l'aide de 3 couleurs: une zone jaune d'activités de repos ou de décompression avec des jeux non actifs (exemples : les dames, les échecs), une zone bleue de jeux actifs visant à l'amélioration de la condition physique et les habiletés motrices, et une zone rouge sportive (exemples : football, basket-ball). Des formes, telles que des ronds, des lignes, des courbes, des zigzags, des carrés, des losanges ou bien des dessins de dragons, une horloge, un pirate, un avion ou des serpents étaient utilisés pour structurer ces espaces de jeux. Du matériel (exemples : raquettes, ballons, dés et jeux de dames géants) était également mis à disposition des enfants à chaque récréation (Verstraete et al. 2006). Les deux écoles contrôles ne bénéficiaient ni d'aménagement ni de matériel de jeu.

Analyse des données

Chaque fichier a été inspecté visuellement afin de vérifier la qualité des données recueillies. Les temps passés en dessous et au-dessus des différents niveaux d'AP, correspondant à légère (APL <3 METs), modérée (APM, $3 \leq \text{APM} < 6$ METs), intense (API, $6 \leq \text{API} < 9$ METs), très intense (APTI ≥ 9 METs) et de modérée à très intense (APMTI, ≥ 3 METs) ont été calculés. Les intensités relatives de 3, 6 et 9 METs ont été définies suivant les limites fixées dans l'étude de Nilsson et al. (2002), et ont été divisées pour correspondre à un enregistrement relatif à la durée d'échantillonnage choisie. Pour un échantillonnage des accéléromètres fixé à 2s, les seuils étaient alors fixés à 65 (3 METs), 192 (6 METs) et 316 (9 METs) counts par 2s. Afin de comparer les temps passés pendant les récréations, dans les différents niveaux d'AP entre les groupes et avec les données présentées dans la littérature, les durées d'AP ont été reportées en pourcentage des temps totaux de récréation.

Analyses Statistiques

Les données expérimentales sont présentées sous la forme de moyenne \pm écart-type. Une ANOVA à 1 facteur a été effectuée afin d'observer s'il y avait des différences pour les données anthropométriques entre les garçons et les filles ou entre les groupes de chaque réseau d'éducation avant la phase d'aménagement des cours de récréation. Les données, avant et après aménagement, ont été analysées à l'aide d'une ANOVA à 3 voies (sexe*réseau d'éducation*aménagement) avec une mesure répétée à un facteur (aménagement : avant et après). Des post hoc tests de Newman-Keuls ont été utilisés lorsque l'ANOVA révélait une différence significative ou des interactions entre les facteurs. Dans tous les cas, il n'y avait aucun effet pouvant être

attribué à une interaction sexe*aménagement. Ainsi, pour mesurer les effets de l'aménagement scolaire, les données pour les garçons et les filles, dans chaque groupe de mesure, ont été regroupées et analysées à l'aide d'une ANOVA à 2 voies (groupe*aménagement). Des corrélations de Pearson ont été calculées pour établir d'éventuelles relations entre le niveau d'activité physique initial des enfants, l'impact de l'aménagement des cours de récréation et l'indice de masse corporelle. La significativité était acceptée à $p < 0,05$. Les analyses statistiques ont été effectuées en utilisant le logiciel Statistica 6 (StatSoft Inc, Paris, France).

Résultats

L'âge et les données anthropométriques des enfants sont présentés dans le tableau 1. Il n'y avait pas de différences entre les garçons et les filles pour l'âge, la taille, la masse corporelle et l'indice de masse corporelle (IMC). Avant l'expérimentation, la taille et la masse corporelle des enfants de RECcon étaient significativement supérieures (respectivement, $p < 0,001$ et $p < 0,05$) à celles des autres groupes.

Effet du sexe

Un effet du sexe a été observé indépendamment du groupe et du réseau d'éducation (Tableau 2). Les garçons passaient significativement ($p < 0,001$) plus de temps que les filles dans APM (+3,1%), API (+1,3%) et APTI (+3,1%), alors que les filles passaient significativement plus de temps dans APL (+8,4%).

Effet du milieu socio-économique

Pour chaque niveau d'activité physique, un effet du réseau d'éducation a été observé indépendamment du sexe (Tableau 2). Les enfants en REC passaient

significativement plus de temps que les enfants en REP dans APL (+2,6%, $p < 0,05$), APM (+2,1%, $p < 0,001$) et API (+1,3%, $p < 0,001$) alors que ces derniers passaient significativement plus de temps dans APTI (+5,9 %, $p < 0,001$), API+APTI (+4,6%, $p < 0,001$) et APMTI (+2,3%, $p < 0,05$).

Effet du groupe

Avant l'expérimentation, il existait une différence significative ($p < 0,001$) entre le groupe contrôle et le groupe expérimental en REC et en REP à chaque niveau d'intensité, à l'exception du temps passé dans API entre les enfants de RECexp et ceux de RECcon (Tableau 2). Les enfants de REPcon passaient significativement plus de temps dans APM (+1,8%, $p < 0,001$), API (+1,4%, $p < 0,001$) et APTI (+2,1%, $p < 0,01$) que ceux de REPexp. Ces derniers passaient significativement plus de temps dans APL (+5,4%, $p < 0,001$). Les enfants de RECexp passait significativement ($p < 0,001$) plus de temps dans APTI (+8,6%), API+APTI (+8,7%) et APMTI (+5,9%) que ceux de RECcon. Ces derniers passaient significativement ($p < 0,001$) plus de temps dans APL (+6,1%) et APM (+2,8%). Pour l'ensemble des enfants, il n'existait aucune relation entre l'IMC et le pourcentage du temps passé au cours d'une activité physique modérée à très intense.

Interactions

Il n'existait aucune interaction sexe*groupe. Ainsi, les garçons étaient significativement plus actifs que les filles, quelque soit le groupe étudié et ce, dans chaque réseau d'éducation (Tableau 3). Une interaction sexe*réseau d'éducation existait pour APL, APM et API.

Le tableau 3 montrait qu'en REC, les garçons passaient significativement ($p < 0,001$) plus de temps dans APM à APTI que les filles. En REP, seul le temps passé dans APTI était significativement ($p < 0,001$) plus long chez les garçons, comparé à celui des filles.

Les filles en REC passaient significativement plus de temps dans APL que les filles en REP (+3,6%, $p < 0,01$). A l'inverse, les filles de REP passaient significativement ($p < 0,001$) plus de temps dans APTI et APMTI que celles de REC (+4,7% et +3,6%, respectivement). Les garçons en REC passaient significativement ($p < 0,001$) plus de temps dans APM (+4,2%) et API (+2,1%) alors que ceux de REP passaient davantage de temps dans APTI (+6,6%, $p < 0,001$).

Effet de l'aménagement

Le tableau 4 montrait que l'aménagement de la cour de récréation a permis aux enfants de RECexp d'augmenter significativement les temps passés dans APM (+2%, $p < 0,01$), API (+0,7%, $p < 0,05$) et APMTI (+2,6%, $p < 0,05$). Après l'intervention, les niveaux d'activité physique de RECcon et de REPexp (c-à-d., APL, APM, API et APTI) n'étaient pas significativement modifiés. En revanche, les enfants de REPcon passaient significativement plus de temps dans APL (+2,6%, $p < 0,05$) et significativement moins de temps dans API (-6,9%, $p < 0,01$), API+APTI (-2,1%, $p < 0,01$) et APMTI (-2,5%, $p < 0,05$).

Après l'aménagement scolaire, les enfants les moins actifs (REPexp et RECexp) ont davantage augmenté leur temps passé dans API+APTI ($r = -0,32$, $p < 0,01$ et $-0,55$, $p < 0,001$, respectivement), et dans APMTI ($r = -0,40$ et $-0,65$, respectivement, $p < 0,001$). A l'inverse, les enfants les plus actifs en REPcon et RECcon ont davantage diminué leur temps passé dans API+APTI ($r = -0,54$ et -

0,70, respectivement, $p < 0,001$) et APMTI ($r = -0,55$ et $-0,65$, respectivement, $p < 0,01$).

Il existait une différence significative entre le temps passé dans APM de RECexp et celui de REPexp suite à l'aménagement de la cour de récréation.

Discussion

Le but de cette étude était d'évaluer l'activité physique des enfants selon le sexe et le milieu socio-économique d'origine, ainsi que l'impact d'un aménagement de la cour de récréation sur les niveaux d'activité physique des enfants. Les principaux résultats de cette étude révèlent que 1) les garçons étaient significativement plus actifs que les filles quelle que soit leur origine sociale 2) les niveaux d'activité physique des enfants de REP étaient significativement ($p < 0,05$) supérieurs à ceux de REC 3) l'aménagement de la cour de récréation avait une influence significative ($p < 0,05$) sur le niveau d'AP des enfants issus du REC et de REP.

En accord avec la littérature, les garçons étaient significativement plus actifs que les filles pendant les temps de récréation (Stratton 1999 ; McKenzie et al. 2000 ; Zask et al. 2001 ; Ridgers et al. 2006). En effet, ils passaient significativement ($p < 0,001$) plus de temps dans APM, API et APTI, indépendamment du réseau d'éducation d'appartenance. En utilisant une fréquence d'enregistrement de 2s, les garçons et les filles passaient respectivement 29,6% et 21,2% du temps de récréation dans APMTI avant l'intervention. Cependant, ces pourcentages étaient inférieurs à ceux trouvés par Ridgers et al. (2005) alors que ces auteurs avaient utilisé une fréquence d'échantillonnage proche de celle de notre étude (5s). Ainsi, les garçons et les filles passaient 3,3% et 1,8% de moins dans une APMTI. Stratton (1999) a montré que les garçons et les filles de cette tranche d'âge

passaient entre 15 et 30 % du temps de récréation à une intensité de modérée à très intense. Ces différences peuvent être expliquées par le mode de mesure utilisé. En effet, la mesure de la fréquence cardiaque, utilisée par Stratton (1999), n'est pas une mesure directe de l'AP mais plutôt un marqueur d'un stress relatif sur le système cardio-pulmonaire résultant d'une augmentation de la consommation d'oxygène. De plus, avec les cardiofréquencemètres, les pertes de données sont fréquentes chez les enfants, la transmission des données entre l'émetteur et le récepteur étant parfois difficile (Janz, 2002). L'accélérométrie est une méthode plus simple d'utilisation et ne gêne pas les enfants dans leurs mouvements. Elle permet de détecter les patterns d'activité physique des enfants de manière plus précise (Welk, 2002), plus particulièrement lorsque la fréquence d'échantillonnage choisie est élevée (Baquet et al. 2007).

Dans la littérature, peu d'études ont été menées pour valider l'effet de l'origine socio-économique sur les niveaux d'activité physique des enfants (Sallis et al. 2000 ; Batty et al. 2002 ; Gustafson et al. 2006 ; Kelly et al. 2006 ; Fairclough et al. 2009 ; Drenowatz et al. 2010). Fairclough et al. (2009) et Drenowatz et al. (2010) ont montré que les enfants issus d'un milieu socio-économique défavorisé avaient une tendance à des niveaux d'activité physique plus bas et passaient davantage de temps dans des conduites sédentaires. La présente étude montre que les niveaux d'activité physique des enfants de REP sont significativement ($p < 0,05$) supérieurs à ceux de REC. Les enfants de REP passaient significativement ($p < 0,001$) plus de temps dans APTI que les enfants de REC, alors que ces derniers passaient significativement plus de temps dans APF ($p < 0,05$), APM et API ($p < 0,001$). Gordon-Larsen et al. (2006) ont montré que les enfants issus d'un milieu socio-économique défavorisé avaient moins de facilité d'accès aux jeux en dehors de l'école que ceux issus d'un milieu socio-

économique plus élevé. Les auteurs précisait que cette plus faible accessibilité récréationnelle était associée à des problèmes de surcharge pondérale et une tendance plus importante à la sédentarité. Si Fairclough et al. (2009) précisait que les problèmes de surcharge pondérale n'étaient pas systématiquement associés aux comportements sédentaires, Drenowatz et al. (2010) montraient que les différences observées à propos de l'activité physique étaient liées à l'influence de l'IMC et concluaient que les enfants issus d'un milieu socio-économique défavorisé avaient plus de risque d'avoir des problèmes en matière de santé. A l'inverse, Kelly et al. (2006) ne rapportaient aucun lien entre une origine sociale défavorisée et un niveau plus bas d'AP ou une sédentarité accrue. Ils n'observaient aucune différence entre les temps passés dans une activité physique de modérée à intense entre un groupe d'enfants issus d'un milieu "favorisé" et ceux issus d'un milieu "défavorisé". Dans le contexte de l'école pour tous, la possibilité d'avoir une AP pendant les temps de récréation permet de niveler les différences liées au statut socio-économique d'origine et rencontrées en dehors du temps scolaire. Cependant, si certains paramètres tels que le fait de fumer, la masse corporelle (maigreur ou surcharge pondérale), la taille ou encore certains aspects nutritionnels étaient plus marqués dans un milieu "défavorisé", il n'a pas été clairement démontré s'il existait des différences dans le temps passé au cours d'une AP ou les conduites sédentaires avec un milieu économiquement plus favorisé (Batty et al. 2002). Dans cette présente étude, l'IMC des enfants n'était pas différent quelque soit le réseau d'éducation et il n'existait pas de relation significative entre l'IMC et le pourcentage du temps passé dans une APMTI.

Notre étude a révélé des différences en termes d'impact de l'aménagement de la cour de récréation sur les niveaux d'activité physique des enfants selon leur

origine sociale. En REC, ce type d'intervention a permis d'augmenter l'activité physique des enfants. En effet, RECexp passait de 26,5% à 29,1% dans APMTI avec l'aménagement spécifique de la cour de récréation, soit une augmentation significative de 2,6% ($p < 0,01$). A l'inverse, APMTI restait stable pour REPexp. Toutefois, le temps passé à cette même intensité diminuait significativement pour REPcon (-2,5%, $p < 0,05$). Cette différence peut s'expliquer par une organisation scolaire différente et un climat moins favorable lors de l'expérimentation. Néanmoins, nos résultats sont en accord avec ceux de la littérature (Sarkin et al. 1997 ; Stratton 2000 ; Stratton et Leonard 2002 ; Stratton et Mullan 2005 ; Verstraete et al. 2006). Ainsi, Stratton et Mullan (2005) ont montré que le temps passé dans APMTI passaient de 36,7% à 50,3% (+13,6%) pour le groupe expérimental alors qu'il passait de 39,9% à 33,4% (-6,5%) pour le groupe contrôle. Verstraete et al. (2006) rapportaient une augmentation significative ($p < 0,01$) de 12,8% du temps passé à APMTI le midi pour le groupe expérimental alors qu'il y avait une diminution significative ($p < 0,01$) pour le groupe contrôle (-10,2%) ; le matin, APM augmentait de 4% ($p < 0,01$) pour le groupe expérimental et diminuait significativement ($p < 0,01$) de 7% pour le groupe contrôle. Toutefois, les études menées avec ce type d'intervention n'ont pas tenu compte du milieu socio-économique dans lequel évoluaient les enfants.

Dans notre étude, avant l'aménagement de la cour d'école les enfants de REPexp et de RECexp passaient respectivement 23,5% et 26,5% du temps de récréation dans une activité physique au moins modérée. Les études menées précédemment montraient des niveaux d'activité physique plus élevés. En effet, Stratton (2000), Stratton et Mullan (2005) et Ridgers et al. (2006) ont observé que les enfants s'engageaient dans une APMI à hauteur de 35%, 37% et 32%,

respectivement. Stratton et Mullan (2005) ont montré que les enfants pouvaient s'engager dans une activité physique au moins modérée à hauteur de 50% du temps de récréation après l'aménagement. Bien que le seuil de 50% dans une activité physique au moins modérée pendant les cours d'éducation physique soit recommandé pour poursuivre des objectifs en termes de santé à l'école (Centers for Disease Control and Prevention, 1997), peu d'enfants l'atteignait pendant les temps de récréation. Dans une étude similaire, Ridgers et al. (2006) ont rapporté que 14,9% des garçons et 4,3% des filles passaient 40% du temps de récréation dans une activité au moins modérée. Selon les auteurs, ce seuil semblerait plus pertinent pour promouvoir la santé à l'école pendant les temps de jeu. Dans cette présente étude, après l'aménagement de la cour de récréation, REPexp et RECexp s'engageaient à hauteur de 24% et 29,1%, dans APMTI, respectivement. Ces temps passés à APMTI semblent modestes par rapport à ceux de la littérature. Cependant, le temps de récréation apparaît comme une opportunité pour que les enfants s'engagent davantage dans une APMTI. En effet, nos résultats montrent que les enfants les moins actifs en REPexp et RECexp ont davantage ($p < 0,01$ et $p < 0,001$, respectivement) augmenté leur temps passé dans une activité physique de modérée à très intense grâce à l'aménagement spécifique de la cour de récréation.

L'augmentation des niveaux d'activité physique des enfants obtenus dans notre étude peut être attribuée à un effet de « nouveauté ». L'aspect ludique des marquages au sol suscite la curiosité et l'engouement des enfants qui s'investissent davantage dans une activité physique. Cet effet peut être néanmoins pondéré, les enfants ayant pu jouer pendant deux semaines dans cette nouvelle cour de récréation avant que leur AP soit de nouveau mesurée. Il serait intéressant d'évaluer l'impact d'un tel aménagement de la cour de

récréation à long terme, l'effet de nouveauté pouvant diminuer avec le temps. Des stratégies, comme introduire des éducateurs sportifs qui proposeraient des règles de jeu structurées, pourraient peut-être également stimuler les enfants, en particulier en REP, en leur donnant le goût de l'exercice physique et en améliorant la cohésion sociale. Ridgers et al. (2007) ont pu démontrer que les marquages au sol accompagnés de structures sportives et de matériel permettaient d'augmenter au bout de 6 semaines le temps passés à une APMTI, et de maintenir ces niveaux d'activité physique après 6 mois. Cela suggère que l'aménagement de la cour de récréation, au moyen de marquages au sol structurés et l'apport de matériel de jeu, incite les enfants à s'investir dans une activité physique au moins modérée. Elle apparaît comme une stratégie intéressante pour promouvoir l'activité physique chez les jeunes (Pangrazi et al. 2003 ; Verstraete et al. 2006) et pourrait contribuer à atteindre les recommandations suggérées par Ridgers et Stratton (2005) en termes de temps passé dans APMI.

Conclusion

Cette étude avait pour but de mesurer l'impact d'un aménagement des cours de récréation sur le niveau d'activité physique des enfants selon leur sexe et leur milieu socio-économique d'origine. Il s'agit de la première étude menée en France. Cette intervention a permis d'augmenter ou maintenir le temps passé au cours d'une activité physique de modérée à très intense, pour des enfants issus de milieux socio-économiques différents. Ceux qui étaient les moins actifs se sont investis davantage dans une activité physique, quelque soit leur sexe et leur milieu socio-économique. L'impact de l'aménagement scolaire étant différent suivant le réseau socio-économique des enfants, d'autres facteurs comme la

taille de la cour de récréation, le type de marquages au sol ou encore le temps pourraient avoir une influence sur le degré d'implication des enfants dans une activité physique. D'autres études apparaissent nécessaires pour d'étudier l'impact d'un aménagement de la cour de récréation sur le niveau d'activité physique des enfants issus de milieux socio-économiques différents.

Remerciements : Ce travail a été réalisé grâce à la collaboration de la société Magical Markings et de l'école communale d'Herlies, l'école Jean Monnet située à Illies (Nord, France) ainsi que des écoles Georges Brassens et Pierre Brossolette situées à Oignies (Nord-Pas de Calais, France).

Références

Almond, L., et Harris J. 1998. Interventions to promote health-related physical education. *Dans* Young and Active? Young People and Health-enhancing Physical Activity: Evidence and Implications. Sous la direction de S.J.H. Biddle, N. Cavill et J.F. Sallis. London: Health Education Authority, p. 133-49.

Baquet, G., Stratton, G., Van Praagh, E. et Berthoin, S. 2007. Improving physical activity assessment in prepubertal children with high-frequency accelerometry monitoring: a methodological issue. *Prev. Med.* **44**(2): 143-7.

Batty, G., et Leon, D. 2002. Socio-economic position and coronary heart disease risk factors in children and young people. Evidence from UK epidemiological studies. *Eur. J. Public Health* **12**(4): 263-72.

Centers for Disease Control and Prevention. 1997. Guidelines for school and community programs to promote lifelong physical activity among young people. *Morb. Mort. Wkly. Rep.* **46**(RR-6): 1-36.

Cooper, A., Wedderkopp, N., Wang, H., Andersen, L., Froberg, K., et Page, A. 2006. Active Travel to School and Cardiovascular Fitness in Danish Children and Adolescents. *Med. Sci. Sports Exerc.* **38**(10): 1724-1731.

Drenowatz, C., Eisenmann, J., Pfeiffer, K.A., Welk, G., Heelan, K., Gentile, D., et Walsh D. 2010. Influence of socio-economic status on habitual physical activity and sedentary behaviour in 8- to 11-year old children. *BMC Public Health.* **10**: 214.

Fairclough, S.J., et Stratton, G. 2005. Physical activity levels in middle and high school physical education: a review. *Pediatr. Exerc. Sci.* **17**: 217-36.

Fairclough, S.J., Boddy, L.M., Hackett, A.F., et Stratton, G. 2009. Associations

between children's socioeconomic status, weight status, and sex, with screen-based sedentary behaviours and sport participation. *Int. J. of Ped. Obes.* **4(4)**: 299-305.

Gordon-Larsen, P., Nelson, M.C., Page, P., et Popkin, B.M. 2006. Inequality in the built environment underlies key health disparities in physical activity and obesity. *Pediatrics* **117** (2): 417-24.

Gustafson, S.L., et Rhodes, R. 2006. Parental correlates of physical activity in children and early adolescents. *Sports Med.* **36**(1): 79-97.

Janz, K. 2002. Use of heart rate monitors to assess physical activity. *Dans Physical activity assessments for health-related research. Sous la direction de G. Welk.* Champaign (IL), Human Kinetics, p.143-161.

Kahn, E.B., Ramsey, L.T., Brownson, R.C., Heath, G.W., Howze, E.H., Powell, K.E., Stone, E.J., Rajab, M.W., et Corso, P. 2002. The effectiveness of interventions to increase physical activity. A systematic review. *Am. J. Prev. Med.* **22**(S4): 73-107.

Kelly, L.A., Reilly, J.J., Fisher, A., Montgomery, C., Williamson, A., McColl, J.H., Paton, J.Y., et Grant, S. 2006. Effect of socioeconomic status on objectively measured physical activity. *Arch. Dis. Child.* **91**(1): 35-8.

McKenzie, T.L., Marshall, S.J., Sallis J.F., et Conway, T.L. 2000. Student activity levels lesson context and teacher behavior during middle school physical education. *Res. Q. Exerc. Sport* **71**(3): 249-59.

McKenzie TL, Sallis JF, Prochaska JL, Conway TL, Marshall SJ, Rosengard P. 2001. Evaluation of a two year middle school physical education intervention: M-SPAN. *Med. Sci. Sport Exerc.* **36**(8): 1382-8.

McKenzie T, Li D, Derby C, Webber L, Luepker R et Cribb P. 2003. Maintenance of effects of the CATCH physical education program: results from the CATCH-ON study. *Health Educ. Behav.* **30**(4): 447-62.

Pangrazi, R.P., Beighle, A., Vehige, T., et Vack, C.2003. Impact of Promoting Lifestyle Activity for Youth (PLAY) on children's physical activity. *J. Sch. Health.* **73**(8): 317-21.

Ridgers, N.D., Stratton, G., et Fairclough, S.J. 2005. Assessing physical activity during recess using accelerometry. *Prev. Med.* **41**(1): 102-7.

Ridgers, N.D., Stratton, G., et Fairclough, S.J. 2006. Physical activity levels of children during school playtime. *Sports Med.* **36**(4): 359-71.

Ridgers, N.D., Stratton, G., Fairclough, S.J., et Twisk, J.W. 2007. Long-term effects of a playground markings and physical structures on children's recess physical activity levels. *Prev. Med.* **44**(5): 393-7.

Ridgers, N.D., Fairclough, S.J., et Stratton, G. 2010. Twelve-month effects of a playground intervention on children's morning and lunchtime recess physical activity levels. *J Phys. Act. Health.* **7**(2): 167-75.

Sallis, J.F., Simons-Morton, B.G., Stone, E.J., Corbin, C.B., Epstein, L.H., Faucette, N., Iannotti, R.J., Killen, J.D., Klesges, R.C., Petray, C.K., Rowland, T.W., et Taylor, W.C. 1992. Determinants of physical activity and interventions in youth. *Med. Sci. Sports Exerc.* **24**(6Suppl): S248-57.

Sallis, J.F., et Saelens, B. 2000. Assessment of physical activity by self-report. Status, limitations, and future directions. *Res. Q. Exerc. Sport.* **71**(S2): 1-14.

Sarkin, J.A., McKenzie, T.L., et Sallis, J.F. 1997. Gender differences in physical activity during fifth-grade physical education and recess periods. *J. Teach. Phys.*

Educ. **17**: 99-106.

Stratton, G. 1999. A preliminary study of children's physical activity in one urban primary school playground: differences by sex and season. *J. Sport Pediatr.* **2**(1): 71-81.

Stratton, G. 2000. Promoting children's physical activity in primary school: an intervention study using playground markings. *Ergonomics* **43**(10): 1538-46.

Stratton, G., et Leonard, J. 2002. The effects of playground markings on the energy expenditure of 5-7-year-old school children. *Pediatr. Exerc. Sci.* **14**(2): 170-80.

Stratton, G., et Mullan, E. 2005. The effect of multicolor playground markings on children's physical activity level during recess. *Prev. Med.* **41**(5-6): 828-33.

Strong, W.B., Malina, R.M., Blimkie, C.J., Daniels, S.R., Dishman, R.K., Gutin, B., Hergenroeder, A.C., Must, A., Nixon, P.A., Pivernik, J.M., Rowland, T., Trost, S. et Trudeau, F. 2005. Evidence based physical activity for school-age youth. *J. Pediatr.* **146**(6): 732-7.

Trost, S.G., Pate, R.R., Sallis, J.F., Freedson, P.S., Taylor, W.C., Dowda, M., et Sirard J. 2002. Age and gender differences in objectively measured physical activity in youth. *Med. Sci. Sports Exerc.* **34**(2): 350-5.

Trost, S.G., Rosenkranz, R.R., et Dzewaltowski, D. 2008. Physical activity levels among children attending after-school programs. *Med. Sci. Sports Exerc.* **40**(4): 622-9.

Twisk, J.W., Kemper, H.C., Van Mechelen, W., et Post, G.B. 2001. Clustering of risk factors for coronary heart disease. the longitudinal relationship with lifestyle. *Ann. Epidemiol.* **11**(3): 157-65.

Verstraete, S.J., Cardon, G.M., De Clercq, D.L., et De Bourdeaudhuij, I.M. 2006. A comprehensive physical activity promotion programme at elementary school: the effects on physical activity, physical fitness and psychosocial correlates of physical activity. *Public Health Nutr.* **10**(5): 477-84.

Welk, G.J. 2002. Use of accelerometry-based activity monitors to assess physical activity. *Dans Physical activity assessments for health-related research. Sous la direction de G.J. Welk.* Champaign (IL): Human Kinetics, p. 125-241.

Zask, A., Van Beurden, E., Barnett, L., Brooks, L.O., et Dietrich, U.C. 2001. Active school playgrounds: myth or reality? Results of the "Move it Grove it" project. *Prev. Med.* **33**(5): 402-8.

Tableau 1: Mesures anthropométriques (moyenne ± écart-type) des enfants suivant le réseau d'éducation et leur groupe d'appartenance.

Réseau d'éducation	REP		REC	
	REPexp (n=73)	REPcon (n=105)	RECexp (n=97)	RECcon (n=67)
Age (années)	8,9±1,4	8,7±1,4	8,4±1,6	9,1±1,9
Taille (cm)	133,0±9,8	133,1±9,3	130,2±9,3	136,1±8,7*
Masse corporelle (kg)	31,3±8,4	31,5±8,6	28,6±6,1	33,1±8,4***
IMC (kg.m ⁻²)	17,4±2,7	17,5±3,0	16,7±1,8	17,6±2,8

REP : réseau d'éducation prioritaire; REC : réseau d'éducation classique; REPexp : groupe expérimental du REP; REPcon : groupe contrôle du REP; RECexp : groupe expérimental du REC; RECcon : groupe contrôle du REC; IMC : indice de masse corporelle.

*: significativement différent des autres groupes à $p < 0,05$; ***: à $p < 0,001$.

Tableau 2: Pourcentage de temps passés dans les différents niveaux d'activité physique (moyenne \pm écart-type) par les enfants suivant le réseau d'éducation, leur sexe et leur groupe d'appartenance.

	Réseau d'éducation		Sexe		Groupe				Interactions
	REP (n=178)	REC (n=164)	Garçons (n=171)	Filles (n=171)	REPexp (n=73)	REPcon (n=105)	RECexp (n=97)	RECcon (n=67)	
APL	73,1 \pm 7,9*	75,7 \pm 10,1	70,2 \pm 9,7 ^{BBB}	78,5 \pm 8,3	76,3 \pm 7,8 ^{†††}	70,9 \pm 8,3	73,2 \pm 9,3 ^{†††}	79,3 \pm 12,8	Sexe*RE
APM	10,4 \pm 3,0***	12,4 \pm 5,7	12,9 \pm 4,9 ^{BBB}	9,8 \pm 3,8	9,3 \pm 2,6 ^{†††}	11,1 \pm 3,3	11,3 \pm 4,3 ^{†††}	14,1 \pm 8,2	Sexe*RE
API	3,5 \pm 2,1***	4,8 \pm 3,3	4,8 \pm 2,8 ^{BBB}	3,4 \pm 2,5	2,7 \pm 1,1 ^{†††}	4,1 \pm 2,4	4,8 \pm 2,9	4,7 \pm 4,2	Sexe*RE
APTI	12,8 \pm 4,9***	6,9 \pm 7,3	11,9 \pm 6,9 ^{BBB}	8,0 \pm 5,4	11,5 \pm 4,9 ^{††}	13,6 \pm 5,6	10,4 \pm 7,8 ^{†††}	1,8 \pm 2,1	
API+APTI	16,3 \pm 7,0***	11,7 \pm 10,6	16,7 \pm 9,7 ^{BBB}	11,4 \pm 7,9	14,2 \pm 6,0 ^{†††}	17,7 \pm 8,0	15,2 \pm 10,7 ^{†††}	6,5 \pm 6,3	Sexe*RE
APMTI	26,7 \pm 10,0*	24,1 \pm 16,3	29,6 \pm 14,6 ^{BBB}	21,2 \pm 11,7	23,5 \pm 7,8 ^{†††}	28,8 \pm 11,3	26,5 \pm 15,0 ^{†††}	20,6 \pm 14,5	Sexe*RE

RE : réseau d'éducation; REP : réseau d'éducation prioritaire; REC : réseau d'éducation classique; REPexp : groupe expérimental du REP; REPcon : groupe contrôle du REP; RECexp : groupe expérimental du REC; RECcon : groupe contrôle du REC; APL : activité physique légère; APM : activité physique modérée; API : activité physique intense; APTI : activité physique très intense; APMTI : activité physique de modérée à très intense.

* : significativement différent entre REP et REC à $p < 0,05$; *** : à $p < 0,001$. ^{BBB}: significativement différent entre garçons et filles à $p < 0,001$.

^{††} : significativement différent entre REPexp et REPcon, et, entre RECexp et RECcon à $p < 0,01$; ^{†††}: à $p < 0,001$.

Tableau 3: Pourcentage de temps passé à différents niveaux d'activité physique (moyenne \pm écart-type) suivant le réseau d'éducation et le sexe.

Réseau d'éducation Sexe	REP		REC	
	Filles (n=83)	Garçons (n=95)	Filles (n=88)	Garçons (n=76)
APL	76,7 \pm 8,2 ^{>>}	70,0 \pm 7,6 ^{***}	80,3 \pm 8,4 ^{**}	70,4 \pm 11,8
APM	9,6 \pm 3,0	11,0 \pm 3,1	10,0 \pm 4,6 ^{***}	15,3 \pm 6,8 ^{††}
API	3,1 \pm 2,5	3,8 \pm 1,6	3,8 \pm 2,5 ^{***}	5,9 \pm 4,1 ^{††}
APTI	10,4 \pm 4,8 ^{†††}	14,8 \pm 5,1 ^{***}	5,7 \pm 6,0 ^{***}	8,2 \pm 8,7 ^{†††}
API+APTI	13,5 \pm 7,3 ^{†††}	18,6 \pm 6,7 ^{***}	9,5 \pm 6,9 ^{***}	14,1 \pm 12,8 ^{†††}
APMTI	23,1 \pm 10,3 ^{†††}	29,6 \pm 9,8 ^{***}	19,5 \pm 13,1 ^{***}	29,4 \pm 19,6

REP : réseau d'éducation prioritaire; REC : réseau d'éducation classique; APL : activité physique légère; APM : activité physique modérée; API : activité physique intense; APTI : activité physique très intense; APMTI : activité physique de modérée à très intense.

* : significativement différent entre les garçons et les filles selon le réseau d'éducation à $p < 0,01$; *** : à $p < 0,001$.

†† : significativement différent entre REP et REC selon le sexe à $p < 0,01$; ††† : à $p < 0,001$.

Tableau 4: Pourcentage de temps passé à différents niveaux d'activité physique (moyenne \pm écart-type) suivant le réseau d'éducation, avant et après aménagement de la cour de récréation.

Réseau d'éducation	REP				REC			
	REPexp		REPcon		RECexp		RECcon	
	(n=73)		(n=105)		(n=97)		(n=67)	
Aménagement	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
APL	76,3 \pm 7,8	75,7 \pm 9,4	70,9 \pm 8,3	73,4 \pm 8,0*	73,2 \pm 9,3	71,0 \pm 9,7*	79,3 \pm 12,8	79,6 \pm 9,8
APM	9,3 \pm 2,6	8,8 \pm 2,5	11,1 \pm 3,3	10,7 \pm 4,2	11,3 \pm 4,3	13,3 \pm 5,5**††	14,1 \pm 8,2	13,7 \pm 8,0
API	2,7 \pm 1,1	2,8 \pm 1,3	4,1 \pm 2,4	3,2 \pm 1,5**	4,8 \pm 2,9	5,6 \pm 3,5*	4,7 \pm 4,2	4,2 \pm 2,4
APTI	11,5 \pm 4,9	12,4 \pm 6,0	13,6 \pm 5,6	12,4 \pm 5,6	10,4 \pm 7,8	10,2 \pm 6,8	1,8 \pm 2,1	2,4 \pm 2,2
API+APTI	14,2 \pm 6,0	15,2 \pm 7,3	17,7 \pm 8,0	15,6 \pm 7,1**	15,2 \pm 10,7	15,8 \pm 10,3	6,5 \pm 6,3	6,6 \pm 4,6
APMTI	23,5 \pm 8,6	24,0 \pm 9,8	28,8 \pm 11,3	26,3 \pm 11,3*	26,5 \pm 15,0	29,1 \pm 15,8*	20,6 \pm 14,5	20,3 \pm 12,6

REP : réseau d'éducation prioritaire ; REC : réseau d'éducation classique ; REPexp : groupe expérimental du REP ; REPcon : groupe contrôle du REP ; RECexp : groupe expérimental du REC ; RECcon : groupe contrôle du REC ; APL : activité physique légère ; APM : activité physique modérée ; API : activité physique intense ; APTI : activité physique très intense.

* : significativement différent entre après aménagement à $p < 0,05$; ** : à $p < 0,01$.

†† : significativement entre REPexp et RECexp selon le groupe après aménagement à $p < 0,01$.

Conclusion générale

Les études présentées dans cette thèse avaient pour but : 1/ évaluer le niveau d'activité physique (AP) des enfants et des adolescents et établir les relations avec les niveaux de condition physique ; 2/ identifier les patterns d'AP de jeunes français en fonction de l'âge, du sexe et selon les jours scolaires et les jours fériés ; 3 / promouvoir l'AP des enfants en milieu scolaire par le biais d'un aménagement spécifique des cours de récréation selon l'âge, le sexe et le niveau socio-économique. Ces différentes études devaient permettre d'identifier de manière précise et objective les patterns d'AP des jeunes français âgés de 3 à 16 ans et d'évaluer les effets d'un aménagement spécifique des cours de récréation en termes d'augmentation de l'AP pour la santé. Les expérimentations se sont déroulées uniquement en milieu scolaire dans des conditions réelles de pratique. Notre première étude a montré que l'intensité de l'AP semblait être en relation avec un faible pourcentage de masse grasse. Chez les 6-12 ans, le niveau d'AP était faiblement corrélé avec le niveau de condition physique. Seul le pourcentage de masse grasse était inversement corrélé au temps passé dans une activité intense chez les garçons. L'AP intense semble être un indicateur de l'adiposité chez les jeunes. Afin d'augmenter la qualité de vie et de promouvoir la santé, les recommandations internationales en termes d'AP suggèrent, chez les enfants, un minimum de 60 minutes d'AP par jour, à une intensité de modérée à intense. Cependant, l'accroissement du nombre d'enfants ne répondant pas à ces recommandations chargées de promouvoir la santé est de plus en plus perceptible et préoccupante. Dans un souci d'une meilleure compréhension de cette évolution, une évaluation plus précise des patterns d'AP de l'enfance à l'adolescence est indispensable.

La seconde étude présentée a consisté à mesurer l'AP des enfants suivant le sexe, l'âge et les jours de la semaine. Il est apparu que les garçons étaient plus actifs que les filles et que les enfants étaient plus actifs pendant les jours scolaires que les jours fériés. Si l'AP à des niveaux de modéré à très intense diminuait de l'enfance à l'adolescence, les changements dans les patterns d'AP étaient associés à une augmentation du temps passé dans une activité légère avec une diminution concomitante de l'AP modérée. Par contre, les AP intense et très intense restaient stables, les adolescents étant significativement plus actifs durant les jours scolaires que les jours fériés. Ces résultats montrent que l'école est un milieu propice à l'AP et apparaît comme une opportunité pour promouvoir l'AP.

La troisième étude nous a permis de mesurer les effets d'un aménagement spécifique de la cour de récréation sur les niveaux d'AP des enfants issus d'un milieu socio-économique et culturel différent. Les écoles en réseau d'éducation prioritaire sont touchées par une sédentarité et une obésité plus importante que les écoles en réseau d'éducation classique, mais aussi par l'exclusion sociale et la violence. En structurant les temps de récréation par le biais de marquages au sol, les temps passés dans une AP de modérée à intense ont été augmentés de manière significative dans le réseau d'éducation classique et maintenus dans le réseau d'éducation prioritaire. Ce type d'intervention a permis également de réduire le nombre d'enfants ne répondant pas aux critères internationaux en termes d'AP pour la santé. Ainsi, ceux qui étaient les moins actifs ont augmenté significativement leur niveau d'AP.

Nos différentes études montrent ainsi que l'accélérométrie avec une fréquence d'échantillonnage élevée permet de mesurer de manière précise les niveaux d'AP des enfants. En tenant compte de l'âge, du sexe et du milieu socio-économique,

les réels patterns d'AP des enfants sont identifiés permettant d'orienter les politiques d'intervention pour répondre aux recommandations internationales en termes d'augmentation de l'AP pour la santé dès le plus jeune âge.



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

AAPHERD. *Technical manual, health related physical fitness*. Reston, VA: American Association for Health, Physical Education, Recreation and Dance, 1984.

Abbott R et Davies P. Habitual physical activity and physical activity intensity: their relation to body composition in 5.0-10.5-y-old children. *Eur. J. of Clin. Nutr.* 58(2):285-91, 2004.

American College of Sports Medicine; American Heart Association. American College of Sports Medicine and American Heart Association joint position statement: automated external defibrillators in health/fitness facilities. *Med. Sci. Sports Exerc.* 34(3):561-4, 2002.

Ainslie P, Reilly T et Westerterp K. Estimating human energy expenditure a review of techniques with particular reference to doubly labelled water. *Sports Med.* 33(9):683-698, 2003.

Ainsworth B, Bassett B, Strath S, Swartz A et al. Comparison of free

methods for measuring the time spent in physical activity. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32(9):S457-64, 2000.

Almond L et Harris J. Interventions to promote health-related physical education. In: *Young and Active? Young People and Health-enhancing Physical Activity: Evidence and Implications* (SJH Biddle, N Cavill and JF Sallis, editors), 133-149. London: Health Education Authority, 1998.

American College of Sports Medicine. Guidelines for exercise testing and prescription. Philadelphia: Lea and Febiger, 101-7, 1991.

Andersen R, Crespo C, Bartlett S, Cheskin L et Pratt M. Relationship of physical activity and television watching with body weight and level of fatness among children: results from the Third National Nutrition Examination Survey. *J. Am. Med. Association.* 279(12):938-42, 1998.

Andersen L, Harro M, Sardinha L, Froberg K et al. Physical activity and clustered cardiovascular risk in children: a cross sectional study (The European Youth Heart Study). *Lancet.* 368(9532):299-304, 2006.

Andersen, L, Sardinha, L., Froberg K, Riddoch C, Page S et Anderssen S. Fitness fatness and clustering of cardiovascular risk factors in children from Denmark Estonia and Portugal: the European Youth Heart Study. *Intern. J. Pediat. Obes.* 1(3Suppl):58-66, 2008.

Andersson C, Hagstromer M et Yngve A. Validation of the PDPAR as the adolescent diary: effect of accelerometer cut points. *Med. Sci. Sports Exerc.* 37(7):1224-30, 2005.

Armstrong N et Van Mechelen W. Are young people fit and active? In: *Young and Active? Young people and Health-enhancing Physical Activity: Evidence and Implications* (SJH Biddle, N Cavill and JF Sallis, editors), 69-97. London: Health Education Authority, 1998.

Armstrong N, Balding P, Gentle P et Kirby B. Patterns of physical activity among 11- to 16-year-old British children. *Br. Med. J.* 301(6745):203-5, 1990.

Armstrong N, Welsman J, Nevill A et Kirby B. Modeling growth and maturation changes in peak oxygen-uptake in 11-13 year old. Children's Health and Exercise Research Centre,

University of Exeter, United Kingdom, *J. Appl. Physiol.* 87(6):2230-6, 1999.

B

Bailey R, Olson J, Pepper S, Porszaesz J, Barstow T et Cooper D. The level and tempo of children's physical activities: an observational study. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27(7):1033-41, 1995.

Baquet G, Twisk J, Kemper H, Van Praagh E et Berthoin S. Longitudinal follow-up of fitness during childhood: interaction with physical activity. *Am. J. Hum. Biol.* 18(1):51-8, 2006.

Baquet, G, Stratton, G, Van Praagh, E et Berthoin S. Improving physical activity assessment in prepubertal children with high-frequency accelerometry monitoring: a methodological issue. *Prev. Med.* 44(2):143-7, 2007.

Baranowski T et de Moor C. How many days was that? Intra-individual variability and physical activity assessment. *Res. Q. Exerc. Sport.* 71(2Suppl):74-8, 2000.

Bar-Or O. Trainability of the pre-pubescent child. *Phys. Sportsmed.* 17:65-6, 1989.

Bar-Or O. Effects of age and gender on sweating pattern during exercise. *Int. J. Sports Med.* 19(2):S106-7, 1998.

Bar-Or O, Foreyt J, Bouchard C, Brownell K et al. Physical activity, genetic, and nutritional considerations in childhood weight management. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30(1):2-10, 1998.

Bar-Or O et Rowland T. Pediatric exercise medicine, from physiologic principles to health care application, 2004.

Batty G et Leon D. Socio-economic position and coronary heart disease risk factors in children and young people. Evidence from UK epidemiological studies. *Eur. J. Public Health.* 12(4):263-72, 2002.

Berman N, Bailey R, Barstow T et Cooper D. Spectral and bout detection analysis of physical activity patterns in healthy prepubertal boys and girls. *Am. J. Human Biol.* 10:289-97, 1998.

Biddle S, Gorely T et Stensel D. Health-enhancing physical activity and sedentary behaviour in children and adolescents. *J. Sports Sci.* 22(8):679-701, 2004.

Blair S, Kohl H, Paffenbarger R, Clark D, Cooper K et Gibbons L. Physical fitness and all cause mortality point prospective study of healthy men and women. *J. Am. Med. Association.* 262(17):2395-401, 1989.

Blair S et Connelly J. How much physical activity should we do? The case for moderate amounts and intensities of physical activity. *Res. Q. Exerc. Sport.* 67(2):193-205, 1996.

Blanchard S. Effects of ambient temperature and relative humidity on 8- and 10-year-old children involved in endurance activities working at 60% of maximal oxygen consumption. Dissertation. University of Maryland, 1987.

Blatchford P, Baines E et Pellegrini A. The social context of school playground games: sex and ethnic differences, and changes over time after entry to junior school. *Brit. J. Dev. Psychol.* 21:481-505, 2003.

Blatchford P, Burke J, Farquhar C, Plewis I et Tizard B. Teacher expectations in infant school: associations with attainment and progress, curriculum coverage and classroom interaction. *Brit. J. Ed. Psychol.* 59(1):19-30, 1989.

Borg G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand. J. Rehabil. Med.* 2(2):92-8, 1970.

Bouchard C. Physical activity and health: introduction of the dose-response symposium. *Med. Sci. Sport Exerc.* 33(6):S347-50, 2001.

Brage S, Brage N, Wedderkopp N et Roberg K. Reliability and validity of the computer science and applications accelerometer in a mechanical setting. *Med. Sci. Sport Exerc.* 7:101-1119, 2003.

Bratteby L, Sandhagen B, Lotbourn M et Samuelson G. Daily energy expenditure and physical activity assessed by an activity diary in 374 randomly selected 15-year-old adolescents. *Eur. J. Clin. Nutr.* 51:592-600, 1997.

Bricolo F, Gentile D, Smelser R et Serpelloni G. Use of the computer and Internet among Italian families:

first national study. *Cyberpsychol. Behav.* 10(6):789-97, 2007.

British Heart Foundation. *Couch Kids: The Growing Epidemic*. London: British Heart Foundation, 2000.

Burgeson C, Wechsler H, Brener ND, Young J et Spain C. Physical education and activity: results from the School Health Policies and Programs Study 2000. *J. Sch. Health.* 71(7):279-93, 2001.

Butcher J. Socialization of adolescent girls into physical activity. *Adolescence.* 1(72):130-43, 1983.

C

Calfas K, Long B, Sallis J, Wooten W, Pratt M et Patrick K. A controlled trial of physician counseling to promote the adoption of physical activity. *Prev. Med.* 25(3):225-33, 1996.

Carson V et Spence J. Seasonal variation in physical activity among children and adolescents: a review. *Pediatr. Exerc. Sci.* 22(1):81-92, 2010.

Caspersen C, Powell K et Christenson G. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public. Health. Rep.* 100:126-131, 1985.

Cavill N, Biddle S et Sallis J. Health enhancing physical activity for young people: Statement of the United Kingdom Expert Consensus Conference. *Pediatr. Exerc. Sci.* 13:12-25, 2001.

Centers for Disease Control and Prevention. Participation in school physical education and selected dietary patterns among high school students-United States, 1991. *Morb. Mortal. Wkly. Rep.* 41:698-703, 1999.

Center for Disease Control and Prevention. Youth Risk Behavior Survey-United States, 2005 *Morb. Mortal. Wkly. Rep.* 55(SS-5):23-6, 2005.

Chen K et Bassett J. The Technology of Accelerometry-Based Activity Monitors: Current and Future. *Med. Sci. Sports Exerc.* 37(11):S490-S500, 2005.

Connolly P et McKenzie TL. Effects of a games intervention on the physical activity levels of children at recess. *Res. Q. Exerc. Sport.* 665(SupplA60), 1995.

Cooper AR, Andersen L, Wedderkopp N, Page A et Froberg K. Physical activity levels of children who walk, cycle or are driven to school. *Am. J. Prev. Med.* 29(3):179-84, 2005.

Cooper A, Wedderkopp N, Wang H, Andersen L, Froberg K et Page A. Active Travel to School and Cardiovascular Fitness in Danish Children and Adolescents. *Med. Sci. Sports Exerc.* 38(10):1724-31, 2006.

Corbin C, Pangrazzi R et Welk G. Toward an understanding of appropriate physical activity levels for youth. President's Council on Physical Activity and Sport. *Phys. Activ. Fitness Res. Digest* 1:1-8, 1994.

D

Dale D, Corbin B et Dale K. Restricting opportunities to be active during school recess: do children

compensate by increasing physical activity levels after school?. *Res. Q. Exerc. Sport.* 71(3):240-8, 2000.

Davison K, Cutting T et Birch L. Parents' activity-related parenting practices predict girls' physical activity. *Med. Sci. Sports Exerc.* 35(9):1589-95, 2003.

Dencker M et Andersen L. Health-related aspects of objectively measured daily physical activity in children. *Clin. Physiol. Funct. Imaging.* 28(3):133-134, 2008.

Dencker M, Thorsson O, Karlsson M, Lindén C et al. Daily physical activity related to body fat in children aged 8-11 years. *J. Pediatr.* 149(1):38-42, 2006.

Department of Education and Training WA. *Outdoor education and recreation activities policy.* Retrieved October 23, from Department of Health and Ageing 2004. Canberra, ACT: Australian's Physical Activity Recommendations for Children and Youth, Australian Government Publishing Service, 2006.

DiGiuseppi C, Roberts I et Li L. Influence of changing travel patterns on child death rates from injury:

trend analysis. *Brit. Med. J.* 314(7082):710-3, 1997.

Dowda M, Dishman R, Pfeiffer K et Pate R. Family support for physical activity in girls from 8th to 12th grade in South Carolina. *Prev. Med.* 44(2):153-9, 2007.

Duncan S, Duncan T et Strycker L. Sources and types of social support in youth physical activity. *Health Psychol.* 24(1):3-10, 2005.

E

Eaton D, Kann L, Kinchen S, Ross J et al. Youth risk behavior surveillance- United States 2005. *Morb. Mortal. Wkly. Rep.* SS55:1-108, 2006.

Eiberg S, Hasselstrom H, Gronseltd V, Froberg K, Cooper A et Andersen L. Physical fitness as a predictor of cardiovascular disease risk factors in 6 to 7 year-old Danish children: the Copenhagen school-child intervention study. *Pediatr. Exerc. Sci.* 17(2):161-70, 2005.

Ekelund U, Sjostrom M, Yngve A, Poortvliet E, Nilsson A, Froberg K et

al. Physical activity assessed by activity monitor and doubly labelled water in children. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33(2):275-281, 2001.

Ekelund U, Sardinha L, Anderssen S, Harro M, Franks P et al. Associations between objectively assessed physical activity and indicators of body fatness in 9- to 10-y-old European children: a population-based study from 4 distinct regions in Europe (the European Youth Heart Study). *Am. J. Clin. Nutr.* 80(3):584-90, 2004.

Epstein L, Mc Gowan C et Woodall K. A behavioral observation system for free play activity in young overweight female children. *Res. Q. Exerc. Sport.* 55(2):180-3, 1984.

Epstein L et Goldfield G. Physical activity in the treatment of childhood overweight and obesity: current evidence and research issues. *Med. Sci. Sports Exerc.* 31(11):553-9, 1999.

Epstein L et Roemmich J. Reducing sedentary behavior: role in modifying physical activity. *Exerc. Sport Sci. Review.* 29(3):103-8, 2001.

Eston R, Rowlands A et Ingledeew D. Validity of heart rate, pedometry, and accelerometry for predicting the energy cost of children's activity. *J. Appl. Physiol.* 84(1):362-71, 1998.

F

Fairclough S et Stratton G. Physical activity levels in middle and high school physical education: a review. *Pediatr. Exerc. Sci.* 17:217-36, 2005.

Fairweather S, Reilly J, Grant S, Whittaker A et Paton J. Using the Computer Science and Applications (CSA) activity monitor in preschool children. *Pediatr. Exerc. Sci.* 11:413-20, 1999.

Falgairrette G, Gavarry O, Bernard T et Hebbelinck M. Evaluation of habitual physical activity from a week's heart rate monitoring in French school children. *Eur. J. Appl. Physiol.* 74(1-2):153-61, 1996.

Freedson P, Sirard J, Debold E, Pate R, Dowda M, Trost S et Sallis J. Calibration of the Computer Science and Applications, Inc. (CSA) accelerometer. *Med. Sci. Sports Exerc.* 29(Suppl):45, 1997.

Freedson P, Melanson E et Sirard J. Calibration of the Computer Science and Applications, Inc. Accelerometer. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30(4):777-81, 1998.

French S, Lin B et Guthrie J. National trends in soft drink consumption among children and adolescents age 6 to 17 years: prevalence, amounts, and sources, 1977/1978 to 1994/1998? *J. Am. Diet. Assoc.* 103:1326-31, 2003.

G

Gavarry O, Bernard T, Giacomoni M, Seymat M, Euzet J et Falgairette G. Continuous heart rate monitoring over 1 week in teenagers aged 11-16 years. *Eur. J. Appl. Physiol.* 77(1-2):125-32, 1998.

Gavarry O et Falgairette G. Habitual physical activity during growth. *Can. J. Appl. Physiol.* 29(2):201-20, 2004.

Gavarry O, Giacomoni M, Bernard T, Seymat M et Falgairette G. Habitual physical activity in children and adolescents during school and free

days. *Med. Sci. Sports Exerc.* 35(3):525-31, 2003.

Gilbey H et Gilbey M. The physical activity of Singapore primary school children as estimated by heart rate monitoring. *Pediatr. Exerc. Sci.* 7:26-35, 1995.

Gordon-Larsen P, McMurray R et Popkin B. Adolescent physical activity and inactivity vary by ethnicity: The National Longitudinal Study of Adolescent Health. *J. Pediatr.* 135(3):301-6, 1999.

Gordon-Larsen P, Nelson M et Popkin B. Longitudinal physical activity and sedentary behavior trends: adolescence to adulthood. *Am. J. Prev. Med.* 27(4):277-83, 2004.

Gordon-Larsen P, Nelson M, Page P et Popkin B. Inequality in the built environment underlies key health disparities in physical activity and obesity. *Pediatrics.* 117(2):417-424, 2006.

Graves L, Stratton G, Ridgers N et Cable N. Comparison of energy expenditure in adolescents when playing new generation and sedentary computer games: cross

sectional study. *BMJ*. 335(7633):1282-4, 2007.

Graves L, Stratton G, Ridgers N et Cable N. Energy expenditure in adolescents playing new generation computer games. *Br. J. Sports Med.* 42(7):592-4, 2008.

Gustafson S et Rhodes R. Parental correlates of physical activity in children and early adolescents. *Sports Med.* 36(1):79-97, 2006.

H

Hansen S, Hasselstrom H, Gronfeldt V, Froberg K et Andersen L. Cardiovascular disease risk factors in 6-7-year-old Danish children: the Copenhagen School Child Intervention Study. *Prev. Med.* 40(6):740-6, 2005.

Harrell J, McMurray R, Baggett C, Pennell M, Pearce P et Bangdiwala S. Energy costs of physical activities in children and adolescents. *Med. Sci. Sports Exerc.* 37(2):329-36, 2005.

Harro M et Riddoch C. Physical activity. In: Armstrong N, Van Mechelen W, editors. *Ped. Exerc. Sci.*

Med. Oxford: Oxford University, 2000.

Haskell W. What to look for in assessing responsiveness to exercise in a health context. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33(6Suppl): S454-8, discussion S493-4, 2001.

Howley E. Type of activity: resistance, aerobic and leisure versus occupational physical activity. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33(6Suppl):S364-9; 2001.

Hussey J, Bell C, Bennett K, O'Dwyer J et Gormley J. Relationship between the intensity of physical activity inactivity cardiorespiratory fitness and body composition in 7 10-year-old Dublin children. *Br. J. Sports Med.* 41(5):311-6, 2007.

I

Ianotti R, Claytor R, Horn T et Chen R. Heart rate monitoring as a measure of physical activity in children. *Med. Sci. Sports Exerc.* 36(11):1964-71, 2004.

J

Jago R, Baranowski T et Baranowski J. Observed, GIS, and self-reported environmental features and adolescent physical activity. *Am. J. Health Promot.* 20 (6):422-8, 2006.

Janz KF, Golden JC, Hansen JR and Mahoney LT. Heart rate monitoring of physical activity in children and adolescents: the Muscatine Study. *Pediatrics.* 89(2):256-61, 1992.

Janz K. Validation of the CSA accelerometer for assessing children's physical activity. *Med. Sci. Sports Exerc.* 26(3):369-75, 1994.

Janz K, Broffitt B et Levy S. Validation evidence for the Netherlands physical activity questionnaire for young children: the IOWA done development study. *Res. Q. Exerc. Sport.* 76(3):363-9, 2005.

K

Katzmarzyk P, Baur L, Blair S, Lambert E, Oppert JM et Riddoch C. International conference on physical activity and obesity in children:

summary statement and recommendations. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 33(2):371-88, 2008.

Kelly L, Reilly J, Fisher A, Montgomery C, Williamson A et al. Effect of socioeconomic status on objectively measured physical activity. *Arch. Dis. Child.* 91:35-8, 2006.

Kilanowski C, Consalvi A et Epstein L. Validation of an electronic pedometer for measurement of physical activity in children. *Pediatr. Exerc. Sci.* 11(1):103-68, 1999.

Kimm S, Obarzanek E, Barton B, Aston C, Similo S et al. Race, socioeconomic status, and obesity in 9- to 10-year-old girls: the NHLBI Growth and Health Study. *Ann. Epidemiol.* 6(4):266-75, 1996.

Klein-Platat C, Oujaa M, Wagner A, Haan M et al. Physical activity is inversely related to waist circumference in 12-y-old children. *Int. J. Obes.* 29(1), 9-14,2005.

Klesges R, Eck L, Hanson C, Haddock C et Klesges L. Effects of obesity, social interactions, and physical environment on physical activity in

preschoolers. *Health Psychol.* 9(4):435-49, 1990.

L

Lee I. Dose-response relation between physical activity and fitness: even a little is good; more is better. *JAMA.* 297(19):2081-91, 2007.

Lindquist C, Reynolds K et Goran M. Sociocultural determinants of physical activity among children. *Prev. Med.* 29(4):305-12, 1999.

Livingstone M, Coward W, Prentice A, Davies P et al. Daily energy expenditure in free-living children: comparison of heart-rate monitoring with the doubly labeled water ($^2\text{H}_2^{18}\text{O}$) method. *Am. J. Clin. Nutr.* 56(2):343-52, 1992.

Longmuir P et Bar-Or O. Physical activity of children and adolescents with a disability: methodology and effects of age and gender. *Pediatr. Exerc. Sci.* 6:168-177, 1994.

Longmuir P et Bar-Or O. Factors influencing the physical activity levels of youths with physical and

sensory disabilities. *Adapted Phys. Act. Q.* 17:40-53, 2000.

Loucaides C, Chedzoy S, Bennett N et Walshe K. Correlates of physical activity in a Cypriot sample of sixth-grades children. *Pediatr. Exerc. Sci.* 16:25-36, 2004.

Louie L, Eston R, Rowlands A, Tony K, Ingledew D et Fu F. Validity of heart rate, pedometry, and accelerometry for estimating the energy cost of activity in Hong Kong Chinese boys. *Pediatr. Exerc. Sci.* 11(3):229-39, 1999.

M

Maffeis C, Pinelli L, Zaffanello M, Schena F, Iacumin P et Schutz Y. Daily energy expenditure in free living conditions in obese and non obese children: comparison with doubly-labelled water ($^2\text{H}_2^{18}\text{O}$) method and heart rate monitoring. *Int. J. Obes.* 19(9):671-7, 1995.

Mahoney C et Boreham C. Validity and reliability of fitness testing in primary school. In : *Williams, T.J. et al. (Eds).* Fitness Testing and Primary

School Children, Sport and Physical Activity. London. 429-37, 1992.

Malina R. Tracking of physical activity and physical fitness across the lifespan. *Res. Q. Exerc. Sport* 67(3Suppl):48-57, 1996.

Malina R. Physical activity and fitness: pathways from childhood to adulthood. *Am. J. Hum. Biol.* 13(2):162-72, 2001.

Mattocks C, Ness A, Laery S et al. Predicting oxygen uptake from accelerometer counts during free-living activities in children. *Med. Sci. Sports Exerc.* 37(Suppl):S63, 2005.

McClain J, Abraham T, Brusseau T et Tudor-Locke C. Epoch length and accelerometer outputs in children: comparison to direct observation. *Med. Sci. Sports Exerc.* 40(12):2080-7, 2008.

McDonald R. The evening dinner meetings. *Fam. Med.* 39(10):694-5, 2007.

McKenzie T, Sallis J, Nader P, Patterson T, Elder J et Berry C. Beaches: an observational system, for assessing children's eating and physical activity behaviors and

associated events. *J. Appl. Behav. Anal.* 24(1):141-51, 1991.

McKenzie T, Sallis J, Nader P, Broyles S et Nelson J. Anglo- and Mexican-American preschoolers at home and at recess: activity patterns and environmental influences. *J. Dev. Behav. Pediatr.* 13(3):173-80, 1992.

McKenzie T, Marshall S, Sallis J et Conway T. Student activity levels lesson context and teacher behavior during middle school physical education. *Res. Q. Exerc. Sport* 71(3):249-59, 2000.

McKenzie TL, Sallis JF, Prochaska JL, Conway TL, Marshall SJ, Rosengard P. Evaluation of a two year middle school physical education intervention: M-SPAN. *Med. Sci. Sport Exerc.* 36(8):1382-8, 2001.

McKenzie T, Li D, Derby C, Webber L, Luepker R et Cribb P. Maintenance of effects of the CATCH physical education program: results from the CATCH-ON study. *Health Educ. Behav.* 30(4):447-62, 2003.

McMurray R, Ring K, Treuth M, Welk G et al. Comparison of two approaches to structured physical activity surveys for adolescents. *Med.*

Sci. Sports Exerc. 36(12):2135-43, 2004.

Merchant A, Dehghan M et Akhtar-Danesh N. Seasonal variation in leisure-time physical activity among Canadians. *Can. J. Public Health.* 98(3):203-8, 2007.

Mimura K, Hebestreit H, Bar-Or O. Activity and heart rate in preschool children of low and high motor ability: 24-hour profiles. *Med. Sci. Sports Exerc.* 23:S12, 1991.

Moore L, Lombardi D, White M, Campbell J, Oliveria S et Ellison R. Influence of parental's physical activity levels on activity levels of young children. *J. Pediatr.* 118(2):215-9, 1991.

Mota J, Santos P, Guerra S, Ribeiro J et Duarte J. Patterns of daily activity during school days in children and adolescents. *Am. J. Human Biol.* 15(4):547-53, 2003.

Mota J, Ribeiro J, Santos M et Gomes H. Obesity, physical activity, computer use, and TV viewing in Portuguese adolescents. *Pediatr. Exerc. Sci.* 17:113-21. 2006.

N

Nader P, Sellers D, Johnson C et al. The effect of adult participation in a school-based family intervention to improve children's diet and physical activity: the Child and Adolescent Trial for Cardiovascular Health. *Prev. Med.* 25(4):455-64, 1996.

Narring F et Michaud T. Methodological issues in adolescent health surveys: the case of the Swiss multicenter-adolescent Survey on Health. *Soz. Praventivmed.* 40(3):172-82, 1995.

Ness A, Leary S, Mattocks C, Blair S et al. Objectively measured physical activity and fat mass in a large cohort of children. *PloS. Med.* 4(3):e97, 2007.

Niemeier H, Raynor H, Lloyd-Richardson E, Rogers M et Wing R. fast food consumption and break-fast skipping: predictors of weight gain from adolescence to adulthood in a nationally representative sample. *J. Adolesc. Health.* 39: 842-9, 2006.

Nilsson A, Ekelund U, Yngve A et Sjostrom M. Assessing physical

activity among children with accelerometers using different time templing intervals and placements. *Pediatr. Exerc. Sci.* 14(1):87-96, 2002.

Norman G, Schmid B, Sallis J, Calfas K et Patrick K. Psychosocial and environmental correlates of adolescent sedentary behaviors. *Pediatrics.* 116(4):908-16, 2005.

O

O'Hara N, Baranowski T, Simons-Morton B, Wilson B et Parcel G. Validity of the observation of children's physical activity. *Res. Q. Exerc. Sport.* 60(1):42-7, 1989.

Ogden C, Carroll M, Curtin L, McDowell M, Tabak C et Flegal K. Prevalence of overweight and obesity in the United States, 1999-2004. *JAMA,* 295(13):1549-55, 2006.

Owen N, Leslie E, Salmon J and Fotheringham M. Environmental determinants of physical activity and sedentary behavior. *Exerc. Sport Sci. Review.* 28(4):153-8, 2000.

P

Pangrazi R, Beighle A, Vehige T et Vack C. Impact of Promoting Lifestyle Activity for Youth (PLAY) on children's physical activity. *J. Sch. Health.* 73(8):317-21, 2003.

Pate R, Long B et Health G. Descriptive epidemiology of physical activity in adolescents. *Pediatr. Exerc. Sci.* 6:434-47, 1994.

Pate R, Pratt M, Blair S, Haskell W 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(5):402-7, 1995.

Pate R, Trost S, Levin S, Dowda M. Sports participation and health related behaviors among US youth. *Arch. of Pediatr. Adolesc. Med.* 154(9):904-11, 2000.

Pate R, Freedson P, Sallis J, Taylor W, Sirard J, Trost S and Dowda M. Compliance with physical activity guidelines : prevalence in a population of children and youth. *Ann. Epidemiol.* 12:303-8, 2002.

Pate R, Saunders R, Ward D, Felton G, Trost S, Dowda M. Evaluation of a community-based intervention to promote physical activity in youth: lessons from Active-Winners. *Am. J. Health Prom.* 17(3):171-82, 2003.

Pate R, Almeida M, McIver K, Pfeiffer K et Dowda M. Validation and calibration of an accelerometer in preschool children. *Obesity (Silver Spring)*. 14(11):2000-6, 2006.

Patrick K, Sallis J, Prochaska J et al. A multi-component program for nutrition and physical activity change in primary care: PACE+ for adolescents. *Arch. Pediatr. Adol. Med.* 155(8):940-6, 2001.

Perusse L, Leblanc C et Bouchard C. Familial resemblance in lifestyle components: results from the Canada Fitness Survey. *Can. J. Pub. Health.* 79(3):201-5, 1988.

Pfeiffer K, Schmitz K, McMurray R, Treuth M, Murray D et Pate R. Physical activities in adolescents girls: variability in energy expenditure. *Am. J. Prev. Med.* 31(4):328-31, 2006.

Powell K et Dysinger W. Childhood participation in organized school sports and physical education as precursors of adult physical activity. *Am. J. Prev. Med.* 3(5):276-81, 1987.

Puhl J, Greaves K, Hoyt M et Baranowski T. Children's Activity Rating Scale (CARS): description and calibration. *Res. Q. Exerc. Sport.* 61(1):26-36, 1990.

Puyau M, Adolph A, Vohra F et Butte N. Validation and calibration of physical activity monitors in children. *Obes. Res.* 10(3):150-7, 2002.

Puyau M, Adolph A, Vohra F, Zakeri I et Butte N. Prediction of activity energy expenditure using accelerometers in children. *Med. Sci. Sports Exerc.* 36(9):1625-31, 2004.

R

Rankinen T, Bray S, Hagberg J, Perusse L, Roth S, Wolfarth B et Bouchard C. The human gene map for performance and health-related fitness phenotypes: The 2005 Update. *Med. Sci. Sports Exerc.* 38(11):1863-88, 2006.

Reilly J, Jackson D, Montgomery C, Kelly L, Slater C, Grant S et Paton J. Total energy expenditure and physical activity in young Scottish children: mixed longitudinal study. *Lancet* 363 (17):211-2, 2004.

Reilly J et Peiser B. Seasonal variations in health-related human physical activity. *Sports Med.* 36(6): 473-85, 2006.

Riddoch C, Mahoney C, Murphy N, Boreham C et Cran G. The physical activity patterns of Northern Irish schoolchildren ages 11-16 years. *Pediatr. Exerc. Sci.* 3:300-9, 1991.

Riddoch C et Boreham C. Physical activity, physical fitness and children's health :current concepts. In: *Pediatric Exercise and Medicine*, N. Armstrong and W. Van Mechelen (editors). Oxford University Press, pp 243-52, 2000.

Riddoch C, Andersen L, Wedderkopp N, Harro M, Klasson-Heggebo L, Sardinha LB, Cooper A et Ekelund U. Physical activity levels and patterns of 9- and 15-year-old european children. *Med. Sci. Sports Exerc.* 36(1):86-92, 2004.

Riddoch C, Mattocks C, Deere K, Saunders J et al. Objective measurement of levels and patterns of physical activity. *Arch. Dis. Child.* 92(11): 963-9, 2007.

Ridgers N, Stratton G et Fairclough S. Assessing physical activity during recess using accelerometry. *Prev. Med.* 41(1):102-7, 2005.

Ridgers N, Stratton G, Clark E, Fairclough S et Richardson D. Day-to-day and seasonal variability of physical activity during school recess. *Prev Med.* 42(5):372-4, 2006.

Ridgers N, Stratton G, Fairclough S et Twisk J. Long-term effects of a playground markings and physical structures on children's recess physical activity levels. *Prev. Med.* 44(5):393-7, 2007.

Ridgers N, Stratton G et McKenzie T. Reliability and validity of the System for Observing Children's Activity and Relationships during Play (SOCARP). *Phys. Act. Health.* 7(1):17-25, 2010.

Roberts D, Foehr U, Rideout V et Brodie M. *Kids and Media @ the New Millenium*. Menlo Park, CA: The

Henry J. Keiser Family Foundation, 1999.

Robinson T and Killen J. Ethnic and gender differences in the relationships between television viewing and obesity, physical activity, and dietary fat intake. *J. Health Education*. 26 (suppl.2):S91-S8, 1995.

Ross J, Dotson C, Gilbert G et Katz S. What are kids doing in school physical education? The National Children and Youth Fitness Study. *JOPERD*. 73:31-4, 1985.

Rowe D, Mahar M, Raedeke T, Lore J, Morgan DW et Sutika K. Measuring physical activity in children with pedometers : reliability, reactivity, and replacement of missing data. *Pediatr. Exerc. Sci.* 16(4):343-54, 2004

Rowlands A, Eston R et Ingledew D. Relationship between activity levels, aerobic fitness, and body fat in 8- to 10-yr-old children. *J. Appl. Physiol.* 86(4): 1428-35, 1999.

Rowlands A, Thomas P, Eston R et Topping R. Validation of the RT3 triaxial accelerometer for the assessment of physical activity. *Med.*

Sci. Sports Exerc. 36(3):518-24, 2004.

Rowlands A et Eston R. Comparison of accelerometer and pedometer measures of physical activity in boys and girls, ages 8-10 years. *Res. Q. Exerc. Sport.* 76:251-7, 2005.

Rowlands A et Hughes D. Variability of physical activity patterns by type of day and season in 8-10-year-old boys. *Res. Q. Exerc. Sport.* 77(3):391-5, 2006.

Rowlands A, Stone M et Eston R. Influence of speed and step frequency during walking and running on motion sensor output. *Med. Sci. Sports Exerc.* 39(4):716-27, 2007.

Rowlands A, Pilgrim E et Eston R. Patterns of habitual activity across weekdays and weekend days in 9-11-year-old children. *Prev. Med.* 46(4):317-24, 2008.

Rowlands A, Pilgrim E et Eston R. Seasonal changes in children's physical activity: an examination of group changes, intra-individual variability and consistency in activity pattern across season. *Ann. Hum. Biol.* 36(4):363-78, 2009.

Russel S, Hyndford C et Beaulieu A. *Active living for Canadian children and youth: a statistical profile*. Ottawa: Canadian Fitness and Lifestyle Research Institute, 1992.

S

Sallis J, Simons-Morton E, Stone J et al. Determinants of physical activity and interventions in youth. *Med. Sci. Sports Exerc.* 24(6Suppl):S248-57, 1992.

Sallis J, Condon S, Goggin K, Roby J, Kolody B et Alcaez J. The development of self-administred physical activity surveys for 4th grades students. *Res. Q. Exerc. Sport.* 64(1):25-31, 1993.

Sallis J et Patrick K. Physical activity guidelines for adolescents: Consensus statement. *Pediatr. Exerc. Sci.* 6:302-4, 1994.

Sallis J, McKenzie T, Alcaraz J, Kolody B, Faucette N et Hovell M. The effects of a 2-year physical education program (SPARK) on physical activity and fitness in elementary school students. *Sports, Play and Active Recreation for Kids*.

Am. J. Public Health. 87(7):1328-34, 1997.

Sallis J. Family and community interventions to promote physical activity in young people. In *Young and Active? Young People and Health-enhancing Physical Activity: Evidence and Implications* (S Biddle, N Cavill et JF Sallis, editors), 50-61. London: Health Education Authority, 1998.

Sallis J et Saelens B. Assessment of physical activity by self-report. Status, limitations, and future directions. *Res. Q. Exerc. Sport.* 71(2Suppl):S1-14, 2000.

Sallis J, Conway T, Prochaska J, McKenzie T, Marshall S et Brown M. The association of school environments with youth physical activity. Department of Psychology, San Diego State University. *Am. J. Public. Health.* 91(4):618-10, 2001.

Sallo M et Silla R. Physical activity with moderate to vigorous intensity in preschool and first-grade schoolchildren. *Pediatr. Exerc. Sci.* 9:44-54, 1997.

Salmon J, Timperio A, Cleland V, Venn A. Trends in children's physical

activity and weight status in high and low socio-economic status areas of Melbourne, Victoria, 1985-2001. *Aust N Z J Public Health*. 29(4):337-42. 2005.

Salmon J, Hume C, Balk K, Booth M et Crawford D. Individual, social and home environment determinants of change in children's television viewing: the Switch-Play intervention. *J. Sci. Med. Sport*. 9(5):378-87, 2006.

Salmon J et Timperio A. Prevalence, trends and environmental influences on child and youth physical activity. *Med. Sport. Sci*. 50:183-99, 2007.

Santos P, Guerra S, Riberio J, Duarte J et Mota J. Age and gender related physical activity. A descriptive study in children using accelerometry. *J. Sports Med. Phys. Fitness*. 43(1):85-9, 2003.

Sarkin JA, McKenzie TL and Sallis JF. Gender differences in physical activity during fifth-grade physical education and recess periods. *J. Teach. Phys. Educ*. 17, 1997.

Scarr S. Genetic factors in activity motivation. *Child. Devel*. 37:663-71, 1966.

Schoeller DA. Measurement of energy expenditure in free-living humans by using doubly labeled water. *J. Nutr*. 118(11):1278-89; 1988.

Schofield L, Mummery W et Schofield G. Effects of a controlled pedometer-intervention trial for low-active adolescent girls. *Med. Sci. Sports Exerc*. 37(8):1414-20; 2005.

Scruggs P, Beveridge S et Watson D. Increasing children's school time physical activity using structured fitness breaks. *Pediatr. Exerc. Sci*. 15(2):156-69; 2003.

Seefeld V et Vogel P. Physical fitness testing of children: a 30-year history of misguided efforts ? *Ped. Exerc. Sci*. 1:295-302, 1989.

Shephard R, Jequier J, Lavallee H, La Barre R et Rajic M. Habitual physical activity: effects of sex, milieu, season and required activity. *J. Sports Med*. 20(1):55-66, 1980.

Shephard R et Bouchard C. Principal components of fitness: relationship to physical activity and lifestyle. 19(2):200-14, 1994.

Simon C, Wagner A, DiVita C, Rauscher E et al. Intervention centred on adolescents' physical activity and sedentary behaviour (ICAPS): concept and 6-month results. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.* 28(3Suppl):S96-103, 2004.

Simon C, Wagner A, Klein C, Oujaa M, Arveiler D, Schweitzer B et Tribey E. Prevention of overweight: 2-year results of ICAPS (Intervention Centered on Adolescents' Physical Activity and Sedentary Behaviour). *Obes. Rev.* 6(1Suppl):10, 2005.

Simons J, Beunen G, Ostyn M, Renson R, Swalus P, Van Gerven D et Willems E. Construction d'une batterie de tests d'aptitude motrice pour des garçons de 12 à 19 ans, par la méthode de l'analyse Kinanthropologie. 1:323-62, 1969.

Sirard J et Pate R. Physical activity assessment in children and adolescents. *Sports Med.* 31(6):439-54, 2001.

Sirard J, Riner W, McIver K et Pate R. Physical Activity and Active Commuting to Elementary School. *Med. Sci. Sports Exerc.* 37(12):2062-9, 2005.

Sleap M et Warburton P. Physical activity levels of 5-11 year-old children in England, as determined by continuous observation. *Res. Q. Exerc. Sport* 63(3):238-45, 1992.

Stanger J. *Television in the Home: The 1997 Survey of Parents and Children.* Philadelphia, PA: The Annenberg Public Policy Center of the University of Pennsylvania, 1997.

Stanger J. *Media in the Home 1998: The Third Annual Survey of Parents and Children.* Philadelphia, PA: The Annenberg Public Policy Center of the University of Pennsylvania, 1998.

Stanger J et Gridina N. *Media in the Home 1999: The Fourth Annual Survey of Parents and Children.* Philadelphia, PA: The Annenberg Public Policy Center of the University of Pennsylvania, 1999.

Sleap M et Tolfrey K. Do 9- to 12 yr-old children meet existing physical activity recommendations for health?. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33(4):591-6, 2001.

Stone E, McKenzie T, Welk G et Booth M. Effects of physical activity interventions in youth: review and

synthesis. *Am. J. Prev. Med.* 15:298-315, 1998.

Stone M, Rowlands A et Eston R. Characteristics of the activity pattern in normal weight and overweight boys. *Prev. Med.* 49:205-8, 2009.

Stratton G. Children's heart rates during physical education lessons: a review. *Pediatr. Exerc. Sci.* 8:215-33, 1996.

Stratton G. A preliminary study of children's physical activity in one urban primary school playground: differences by sex and season. *J. Sport Pediatr.* 2(1):71-81, 1999.

Stratton G. Promoting children's physical activity in primary school: an intervention study using playground markings. *Ergonomics* 43(10):1538-46, 2000.

Stratton G et Leonard J. The metabolism of the elementary school playground: the effects of an intervention study on children's energy expenditure. *Pediatr. Exerc. Sci.* 14(2):170-80, 2002.

Stratton G et Mullan E. The effects on playground markings on children's

physical level. *Revista Portuguesa Ciências do Desporto.* 3:S137, 2003.

Stratton G et Mullan E. The effect of multicolor playground markings on children's physical activity level during recess, *Prev. Med.* 41(5-6):828-33, 2005.

Strong W, Malina R, Blimkie C, Daniels S, Dishman, R, Gutin B et al. Evidence based physical activity for school-age youth. *J. Pediatr.* 146(6):732-7, 2005.

T

Tanner, J. Growth at adolescence (2nd Ed). Oxford UK: Blackwell, 325, 1962.

Task Force on Community Preventive Services. A Recommendation to Improve Employee Weight Status Through Worksite Health Promotion Programs Targeting Nutrition, Physical Activity, or Both. *Am. J. Prev. Med.* 37(4):358-9, 2009.

Taylor A. Physical activity, anxiety and stress. In: *Biddle SJH, Fox KR, Boutcher SH, editors.* Physical

activity and psychological well-being. London: Routledge, 10-45, 2000.

Taylor R, Murdoch L, Carter P, Gerrard D, Williams S et Taylor B. Longitudinal Study of Physical Activity and Inactivity in Preschoolers: The FLAME Study. *Med. Sci. Sports Exerc.* 41(1):96-102, 2009.

Telama R, Yang X, Laasko L et Viikari J. Physical activity in childhood and adolescence as predictor of physical activity in young adulthood. *Am. J. Prev. Med.* 1997.

Telama R et Yang X. Decline of physical activity from youth to young adulthood in Finland. Med. Sci. Sports Exerc. 32(9):1617-22, 2000.

Torun B, Davies P, Livingstone M, Paolisso M, Sackett R et Spurr G. Energy requirements and dietary energy recommendations for children and adolescents 1 to 18 years old. *Eur. J. Clin. Nutr.* 50(Suppl1):S37-80, 1996.

Treuth M, Schmitz K, Cattelier D et al. Defining accelerometer thresholds for activity intensity in adolescent

girls. *Med Sci Sports Exerc.* 36(7):1259-66, 2004.

Treuth M, Hou N, Young D et Maynard N. Validity and reliability of the self physical activity questionnaire for children. *Med. Sci. Sports Exerc.* 37(3):488-9, 2005.

Troiano R. Translating accelerometer counts into energy expenditure: advancing the quest. *J. Appl. Physiol.* 100(4):1107-8, 2006.

Troiano R. Large-scale applications of accelerometers: new frontiers and new questions. *Medicine Science in Sports and Exercise.* 39(9):1501, 2007.

Trost S, Ward D, Moorehead S, Watson P, Riner W et Burke J. Validity of the Computer Science and Applications (CSA) activity monitor in children. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30(4):629-33, 1998.

Trost S et Pate R. Physical activity in children and youth. In *Lifestyle Medicine*, JM Rippe (editors). Malden, MA: Blackwell Science, 663-73, 1999.

Trost S, Pate R, Freedson P, Sallis J et Taylor W. Using objective physical

activity measures with youth: How many days of monitoring are needed?. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32(2):426-31, 2000.

Trost S, Pate R, Sallis J, Freedson P, Taylor W, Dowda M, et Sirard J. Age and gender differences in objectively measured physical activity in youth. *Med. Sci. Sports Exerc.* 34:350-5, 2002.

Trost S, Way R et Okely A. Predictive validity of accelerometer prediction equations for energy expenditure (EE) during overland walking and running in children and adolescents. *Med. Sci. Sports Exerc.* 36:S197, 2004.

Trost S, Rosebkrantz R et Dziewaltowski D. Physical Activity Levels among Children Attending After-School Programs. *Med. Sci. Sports Exerc.* 40(4):622-9, 2008.

Trudeau S, Laurencelle L, Tremblay J, Rajie M et Shephard R. A long-term follow-up of participants in the Trois Rivières semi-longitudinal study of growth and development. *Pediatr. Exerc. Sci.* 10(4):366-77, 1998.

Trudeau F et Shephard R. Contribution of school programmes

to physical activity levels and attitudes in children and adults. *Sports Med.* 35(2):89-105, 2005.

Tudor-Locke C, Williams J, Reis J et Pluto D. Utility of pedometers for assessing physical activity: convergent validity. *Sports Med.* 32(12):795-808, 2002.

Twisk J, Kemper H, Van Mechelen W et Post G. Clustering of risk factors for coronary heart disease. the longitudinal relationship with lifestyle. *Ann. Epidemiol.* 11(3):157-65, 2001.

U

US Department of Health and Human Services. Healthy People 2010. Washington, DC: US Government Printing Office; 2000.

V

Van Coevering P, Harnack L, Schmitz K, Fulton JE, Galuska DA et Gao S. Feasibility of using accelerometers to measure physical activity in young adolescents. *Med. Sci. Sports Exerc.*

37(5):867-71, 2005.

Van Den Berg-Emons H, Saris W, de Barbanson D, Westerterp K, Huson A et Van Baak M. Daily physical activity of schoolchildren with spastic diplegia and of healthy control subjects. *J. Pediatr.* 127(4):578-84, 1995.

Van den Berg-Emons R, Saris W, Westerterp K et VAN BAAK M. Heart rate monitoring to assess energy expenditure in children with reduced physical activity. *Med. Sci. Sports Exerc.* 28:496-501, 1996.

Van der horst K, Paw M, Twisk J et Van Mechelen. A brief review on correlates of physical activity and sedentariness in youth. *Med Scien Sports Exer.* 39(8):1241-50, 2007.

Van Mechelen W., Van Lier W.H., Hlobil H., Crolla I., Kemper C.G. Handleiding met referentiesscalen voor 12-tot en met 16-jarige jongens en meisjes in Nederland. Uitgeverij de vrieseborch - Haarlem, 1991.

Van Praagh E et Duché P. L'enfant et l'adolescent. In : Manidi MJ, Dafflon-Arvanitou I. (Eds). *Activité physique et santé. Apports des recherches épidémiologiques.* Masson : Paris. 101-6, 2000.

Verstraete S, Cardon G, De Clercq D et De Bourdeaudhuij I. A comprehensive physical activity promotion programme at elementary school: the effects on physical activity, physical fitness and psychosocial correlates of physical activity. *Public Health Nutrition.* 10(5):477-84, 2006.

W

Wareham N, Young E et Loos R. Epidemiological Study Designs to investigate Gene-Behavior Interactions in the Context of Human Obesity. *Obesity.* 16(3), 2008.

Watts K, Timothy W, Elizabeth A et Daniel G. Exercise Training in Obese Children and Adolescents Current Concepts. *Sports Med.* 35(5):375-92, 2005.

Wechsler H, Devereaux R, Davis M et Collins J. Using the School Environment to Promote Physical Activity and Healthy Eating. *Prev. Med.* 31:S121-37, 2000.

Welk G, Shelley M et Shaben J. Physical activity and physical fitness in children schooled at home and

children attending public schools. *Pediatr. Exerc. Sci.* 16(4):310-23, 2004.

Welsman J et Armstrong N. Physical activity pattern of 5 to 11 year-old children. In: *Armstrong N, Kirby B, Welsman J (Editors), Children and exercise XIX: promoting health and well being*, 139-44, 1997.

Willerman L. Activity level and hyperactivity in twins. *Child Devel.* 44:288-93, 1973.

Williams P. Physical fitness and activity as separate heart disease risk factors: a meta-analysis. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33(5):754-61, 2001.

Willoughby T. A short-term longitudinal study of Internet and computer game use by adolescent boys and girls: prevalence, frequency of use, and psychosocial predictors. *Dev. Psychol.* 44(1):195-204, 2008.

Woodard E et Gridina N. *Media in the Home 2000: The Fifth Annual Survey of Parents and Children*. Philadelphia, PA: The Annenberg Public Policy Center of the University of Pennsylvania, 2000.

World Health Organization. *Health Behaviour in School-age Children: A World Health Organization Cross-national Study*. Geneva: WHO, 1996.

World Health Organization. *Health and Health Behaviour Among Young People: WHO Policy Series*. Policy for Children and Adolescents, Issue 1. Geneva: WHO, 2000.

Z

Zask A, Van Beurden E, Barnett L et al. Active school playgrounds: myth or reality? Results of the "Move it Grove it" project. *Prev. Med.* 33(5):402-8, 2001.



**LISTE DES PUBLICATIONS
ET COMMUNICATIONS**

1. Publications dans des revues à comité de lecture

Blaes A, Baquet G, Fabre C, Van Praagh E, Berthoin S. Is there any relationship between physical activity and physical fitness in children? (*soumis à International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*).

Blaes A, Baquet G, Van Praagh E, Berthoin S. Physical activity patterns in French youth - from childhood to adolescence - monitored with high frequency accelerometry (*American Journal on Human Biology, accepté pour publication*).

Blaes A, Baquet G, Van Praagh E, Berthoin S. Impact de l'aménagement des cours de récréation sur le niveau d'activité physique spontanée : influence du sexe et du milieu socio-économique (*soumis à Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*).

2. Communications dans les Congrès avec Comité de Lecture. Actes courts publiés

Blaes A, Baquet G, Van Praagh E, Berthoin S, Lensele-Corbeil G. Patterns of physical activity in 3-5 years old. 24th Pediatric Work Physiology Meeting, Tallinn, 5-9 septembre 2007. Children and Exercise XXIV: The Proceedings of the 24th Pediatric Work Physiology Meeting. Toivo Jurimae, Neil Armstrong, Jaak Jurimae (éditeurs), parution en Août 2008.

3. Ouvrage Scientifique, Chapitre d'ouvrage

Baquet G, **Blaes A**, Berthoin S. L'activité physique chez l'enfant et l'adolescent. In : Physiologie du Sport. Enfant et adolescent, Van Praagh E (éditeur). Editions De Boeck Université, Bruxelles 2007, pp 17-47.

4. Communications orales ou affichées

Baquet G, Gamelin F.X, **Blaes A**, Borel B, Thevenet D, Van Praagh E, Berthoin S (2009). Characterization of short running intermittent exercises at maximal and supramaximal velocities and continuous running exercises at moderate velocities in children. 25th Pediatric Work Physiology Meeting, Le Touquet, France.

Blaes A, Van Praagh E, Berthoin S, Baquet G (2010). Is there any relationship between physical activity and physical fitness in children? 6th European Youth Heart Study symposium, Bath, United Kingdom, 12-14 Septembre.

Baquet G, **Blaes A**, Van Praagh E, Berthoin S (2010). Measuring physical activity following two different epochs in 3 - 5 years old. Physical activity & health among 0-6 years old children, Epinal, 28-29 Mai.

Blaes A, Baquet G, Van Praagh E, Berthoin S, Lensele-Corbeil G (2008). Mesure de l'activité physique chez des enfants d'âge préscolaire à l'aide d'un accéléromètre avec une fréquence d'échantillonnage élevée. 8^{ème} Journée André VERBERT, Lille, 18 Septembre.

Blaes A, Baquet G, Van Praagh E, Berthoin S, Lensele-Corbeil G (2007). Patterns of physical activity in 3-5 years old. 24th *Pediatric Work Physiology Meeting* (PWP), 06-09 Septembre 2007, Tallinn, Estonie.

Baquet G, **Blaes A**, Van Praagh E, Berthoin S, Lensele-Corbeil G (2007). Physical activity assessment in 3-5 years old with high frequency accelerometry monitoring. International conference on physical activity and obesity in children, 24-27 juin, Toronto.

Blaes A, Baquet G, Berthoin S (2007). La promotion de l'activité physique à l'école : « la récréation active ». 3^{ème} Séminaire CNAPS-ULB, L'exercice contre les maladies liées à la sédentarité, 8-10 Février, Bruxelles.

Baquet G, **Blaes A**, Fabre C, Lensele-Corbeil G, Van Praagh E, Berthoin S (2006). Activité physique habituelle et niveau de condition physique chez des enfants âgés de 6 à 11 ans. 4^{ème} Congrès de Physiologie de l'Exercice chez l'Enfant, 12-14 septembre, Clermont-Ferrand.

The purpose of this study was 1) to evaluate the physical activity (PA) level of children and adolescents and to investigate the relationship with physical fitness level 2/ to identify PA patterns of young french according to age, gender and type of the day 3/ to promote children PA in school environment with playground intervention according to age, gender and socioeconomic status. These different studies allowed to identify accurately and objectively PA patterns of young french aged 3-to-16 years old and to assess the effects of a specific environment of school playground in terms of increase of PA for health. Experimentations took place only in school context in real conditions of practice. **First study** showed that PA intensity seemed to be related with a low percentage of body fat. In 6-to-12 years old, PA level was slightly correlated with physical fitness level. The percentage of body fat was inversely correlated to time spent in a vigorous PA in boys only. Vigorous PA seems to be an indicator of adiposity in young people. In order to increase healthy lifestyle, international PA guidelines recommend children to be engaged in 60 min of moderate-to-vigorous PA a day. However the increase of children who do not meet these recommendations for health increase is more and more perceptible and worrying. For a better understanding of its evolution, an accurate evaluation of PA patterns from childhood to adulthood is necessary. The **second study** consisted to assess children PA according to gender, age and day of the week. Boys were more active than girls and children were more active during school days than free days. If PA in moderate-to-very high levels decreased from childhood to adolescence, changes in PA patterns were associated to an increase of light PA with a concomitant decrease of moderate PA. However, vigorous and very high PA remained stable and adolescents were significantly more active during school days than free days. These results showed that school appears as an appropriate context for PA and an opportunity to promote PA. The **third study** allowed investigating the effect of a playground intervention on PA levels of children from different socioeconomic and cultural status. "Deprived" schools are more concerned by highest sedentary behaviours and obesity than "classic schools", and also by social exclusion and violence. With multicolor playground markings, time spent in moderate-to-vigorous PA increased significantly in affluent environment, and remained stable in deprived environment. Moreover, recess intervention allowed to decrease number of children who do not engaged in enough PA according to PA guidelines for health and the less active increased significantly their PA levels. Our work shows that accelerometry with a high frequency monitoring allow to identify more accurately children's PA levels. Taking into account age, gender and socioeconomic status, the real PA patterns of children are identified and allowed to organize the policies of intervention to answer international guidelines in terms of increase of PA for health from younger.

Les études présentées dans cette thèse avaient pour but : 1) évaluer le niveau d'activité physique (AP) des enfants et des adolescents et établir les relations avec les niveaux de condition physique 2) identifier les patterns d'AP des jeunes français en fonction de l'âge, du sexe et selon les jours scolaires et les jours fériés 3) promouvoir l'AP des enfants en milieu scolaire par le biais d'un aménagement spécifique des cours de récréation selon l'âge, le sexe et le niveau socio-économique. Ces différentes études devaient permettre d'identifier de manière précise et objective les patterns d'AP des jeunes français âgés de 3 à 16 ans et d'évaluer les effets d'un aménagement spécifique des cours de récréation en termes d'augmentation de l'AP pour la santé. Les expérimentations se sont déroulées uniquement en milieu scolaire dans des conditions réelles de pratique. Notre **première étude** a montré que l'intensité de l'AP semblait être en relation avec un faible pourcentage de masse grasse. Chez les 6-12 ans, le niveau d'AP était faiblement corrélé avec le niveau de condition physique. Seul le pourcentage de masse grasse était inversement corrélé au temps passé dans une activité intense chez les garçons. L'AP intense semble être un indicateur de l'adiposité chez les jeunes. Afin d'augmenter la qualité de vie et de promouvoir la santé, les recommandations internationales en termes d'AP suggèrent, chez les enfants, un minimum de 60 minutes d'AP par jour, à une intensité de modérée à intense. Cependant, l'accroissement du nombre d'enfants ne répondant pas à ces recommandations chargées de promouvoir la santé est de plus en plus perceptible et préoccupante. Dans un souci d'une meilleure compréhension de cette évolution, une évaluation plus précise des patterns d'AP de l'enfance à l'adolescence est indispensable. La **seconde étude** présentée a consisté à mesurer l'AP des enfants suivant le sexe, l'âge et les jours de la semaine. Il est apparu que les garçons étaient plus actifs que les filles et que les enfants étaient plus actifs pendant les jours scolaires que les jours fériés. Si l'AP à des niveaux de modéré à très intense diminuait de l'enfance à l'adolescence, les changements dans les patterns d'AP étaient associés à une augmentation du temps passé dans une activité légère avec une diminution concomitante de l'AP modérée. Par contre, les AP intense et très intense restaient stables, les adolescents étant significativement plus actifs durant les jours scolaires que les jours fériés. Ces résultats montrent que l'école est un milieu propice à l'AP et apparaît comme une opportunité pour promouvoir l'AP. La **troisième étude** nous a permis de mesurer les effets d'un aménagement spécifique de la cour de récréation sur les niveaux d'AP des enfants issus d'un milieu socio-économique différent. Les écoles situées en réseau d'éducation prioritaire (REP, c-à-d, en milieu socio-économique défavorisé) sont touchées par une sédentarité et une obésité plus importante que les écoles qui se trouvent en réseau d'éducation classique (REC), mais aussi par l'exclusion sociale et la violence. En structurant les temps de récréation par le biais de marquages au sol, les temps passés dans une AP de modérée à intense ont été augmentés de manière significative en milieu « classique » et maintenus en milieu « défavorisé ». Ce type d'intervention a permis également de réduire le nombre d'enfants ne répondant pas aux critères internationaux en termes d'AP pour la santé. Ainsi, ceux qui étaient les moins actifs ont augmenté significativement leur niveau d'AP. Nos différentes études montrent ainsi que l'accélérométrie avec une fréquence d'échantillonnage élevée permet de mesurer de manière précise les niveaux d'AP des enfants. En tenant compte de l'âge, du sexe et du milieu socio-économique, les réels patterns d'AP des enfants sont identifiés permettant d'orienter les politiques d'intervention pour répondre aux recommandations internationales en termes d'augmentation de l'AP pour la santé dès le plus jeune âge.