



HAL
open science

Quantification par questionnaire de l'activité physique chez les enfants colombiens (QAPACE) : enquête chez les enfants scolarisés de Bogota

Nicolas Barbosa

► **To cite this version:**

Nicolas Barbosa. Quantification par questionnaire de l'activité physique chez les enfants colombiens (QAPACE) : enquête chez les enfants scolarisés de Bogota. Education. Université Paris Sud - Paris XI, 2015. Français. NNT : 2015PA113002 . tel-01127332

HAL Id: tel-01127332

<https://theses.hal.science/tel-01127332>

Submitted on 7 Mar 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



UNIVERSITE PARIS-SUD
ÉCOLE DOCTORALE : 456

Laboratoire de CIAMS (Complexité, Innovation et
Activités Motrices et Sportives)

DISCIPLINE

« Sciences du Sport, de la Motricité et du Mouvement Humain »

THÈSE DE DOCTORAT

Soutenue le 14 /01/2015

ANNEE 2015 No 2015 PA 113001

Présentée et soutenue publiquement

Par

Nicolas BARBOSA

**Quantification par Questionnaire de l'Activité Physique Chez les
Enfants Colombiens (QAPACE): Enquête chez les enfants scolarisés de
Bogota**

Directeurs de Thèse :

Professeur Serge LE BOZEC (Paris 11)
Professeur Jean-Christophe THALABARD (Paris 5)

COMPOSITION DU JURY

PROFESSEURS

Mme. Michèle Beaudry

Mr. Rudy Richard

Mr. Bertrand During

Mr. Jean-Michel Oppert

Mr. Serge Le Bozec

Mr. Jean-Christophe Thalabard

Mr. Michel Rieu

DIRECTEURS DE RECHERCHE :

Professeur Serge LE BOZEC
Université Paris Sud 11
Laboratoire CIAMS EA 4532
Equipe RIME Laboratoire de Psychologie des Pratiques Physiques
Serge.le.Bozec@wanadoo.fr

Professeur Jean-Christophe THALABARD
Université Paris V. UFR Necker
Unité de Recherche Clinique (URC)
149, rue de Sevres 75743 Paris Cedex 15
Tel. 01 44 49 59 52
Jean-christophe.thalabard@neck.ap-hop-paris.fr

PRESIDENT DU JURY : Professeur Bertrand During

PUBLICATIONS

Nicolas Barbosa, Carlos E. Sanchez, Jose A. Vera, Wilson Perez, Jean-Christophe Thalabard and Michel Rieu **A physical activity questionnaire: Reproducibility and validity.** *Journal of Sports Science and Medicine* (2007) 6, 505-518

Nicolas Barbosa, Carlos E. Sanchez, Efraín Patiño, Benigno Lozano, Jean-Christophe Thalabard, Serge Le Bozec and Michel Rieu. **Quantification of Physical Activity using the QAPACE Questionnaire: A Two Stage Cluster Sample Design Survey of Children and Adolescents Attending Urban School.** Accepté pour publication dans *International Journal of Sport Medicine and Fitness* (01/2015)

LIEU DE SOUTENANCE :

Laboratoire MAP5, UMR CNRS 8145
Université Paris Descartes
45, rue des Saints Pères
75006 Paris

TITRE : QUANTIFICATION PAR QUESTIONNAIRE DE L'ACTIVITE PHYSIQUE CHEZ LES ENFANTS COLOMBIENS (QAPACE): ENQUETE CHEZ LES ENFANTS SCOLARISES DE BOGOTA

RESUME :

Objectifs: L'objectif principal a été de déterminer la quantité d'activité physique chez des enfants de 8-16 ans, scolarisés dans la ville de Bogota (Colombie) vivant à l'altitude de 2640 mètres. Cette activité, mesurée pendant les périodes scolaires et de vacances et agrégée sur une année, a été exprimée en dépense d'énergie rapportée à la journée (DEJmA, $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{jour}^{-1}$). Cette activité DEJmA a été secondairement analysée en fonction de l'âge, du genre, du niveau Socioéconomique (NSE), des données anthropométriques individuelles incluant l'âge biologique (Tanner), la composition corporelle, le somatotype et la condition physique (EUROFIT).

Méthodes: Cette étude d'épidémiologie descriptive et analytique a comporté cinq phases successives : 1) Elaboration d'un questionnaire QAPACE et formation des chercheurs; 2) Test de compréhension du questionnaire QAPACE; 3) Etude de faisabilité et reproductibilité de QAPACE; 4) Etude de validation sur un échantillon (36 sujets) des mesures de DEJ par rapport à la mesure de VO_2max , selon deux méthodes directe (cycle d'ergospirométrie) et indirecte (test de Léger); 5) Analyse générale d'un échantillon représentatif de 1840 enfants selon un sondage en grappe randomisé à deux niveaux (écoles, classes). Le questionnaire étudiait 13 grandes catégories d'activités.

Les analyses des données de reproductibilité et de validation ont reposé la méthode de Bland et Altman et la mesure du CCI. La dépendance de la DEJ en fonction des données socio-économiques et des données anthropométriques a été étudiée avec des méthodes de régression linéaire uni- et multivariée (SPSS 21).

Résultats: Le questionnaire, adapté à la population d'enfants de langue hispanique a présenté une corrélation intra classe $\text{CCI}=0.96$ (CI 0.95-0.97). La validité avec la mesure de $\text{VO}_{2\text{max}}$ (direct et indirect) a été de 0.76(0.66) ($p<0.01$). La DEJ moyenne sur les 1840 enfants étaient, chez les 904 garçons, $167.98\pm 37.30 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{jour}^{-1}$ (valeur absolue : 6.83 MJ/Jour, relative : 170.41 ± 39.92) et, chez les 936 filles $165.64\pm 34.26 \text{ kJ/kg/jour}$ ($p<0.01$) (6.59 MJ/jour , $165.64 \pm 34.26 \text{ kJ/kg/j}$). La DEJ pour la période scolaire et de vacances fut 158.43 ± 42.99 et $199.44\pm 18.55 \text{ kJ/kg/jour}$ ($p<0.01$) pour les garçons et les filles respectivement. La DEJ durant le temps libre fut de 59.86 ± 44.16 chez les garçons et $53.81\pm 37.11 \text{ kJ/kg/jour}$ ($p<0.01$) pour les filles.

Conclusions : Sur la base d'une bonne reproductibilité et validité du questionnaire QAPACE, la DEJ ($\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{jour}^{-1}$) rapporté au poids corporel total ou au poids maigre a donné des résultats inférieurs à ceux d'autres études, avec notamment 51% des garçons et 61% de filles inactifs, respectivement. Les garçons furent plus actifs que les filles dans le groupe post pubères ($p<0.01$). Le temps consacré à regarder la TV était de 4.2 heures/jour. Les sports les plus pratiqués étaient le football, le cyclisme, et la marche pour les garçons et la marche, le cyclisme et le patinage pour les filles.

Mots-clés : Questionnaire, Reproductibilité, Validité, Activité Physique (AP), Enfants et Adolescents, Dépense d'Energie (DE)

TITLE: QUESTIONNAIRE BASED QUANTIFICATION OF PHYSICAL ACTIVITY IN COLOMBIAN CHILDREN (QAPACE): APPLICATION TO SCHOOLCHILDREN IN THE CITY OF BOGOTA

SUMMARY:

Objectives: The first statement was to determine the amount of physical activity expressed in expenditure weighted average day of a year (DEEmY) energy during the school year and holidays ($\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$) in terms of equivalence caloric and metabolic cost of activities most commonly performed by young people. The second statement was that of defining the relationship between the DEEmY vs age, gender, socioeconomic level (SEL), height, body weight, body surface (BS), the Body Mass Index (BMI), biological age (Tanner), body composition, somatotype and fitness (EUROFIT).

Methods: This descriptive study developed five different phases: the first phase: it was the training of researchers, the second phase: understanding and final questionnaire editing QAPACE, in the third phase: feasibility and reproducibility of QAPACE in the fourth stage: it was the validation study by direct VO_2max (36 subjects) by ergospirometry and indirect through the test Leger and the fifth phase cycle was developed in 1840 with the general study subjects. The questionnaire was developed by 13 categories. For reproducibility and validation of the test-retest method and comparison of arithmetic by the method of Bland-Altman, Pearson correlation was applied. The data is stored in Visual Fox Pro 6.0 and analyzed using SPSS 21 statistical program IBM. Means were compared using multivariate linear model applying tipe II. The values used as fixed variables: gender (male and female), age (8-16 years) and three SEL (six strata: 1-2, 3-4 and 5-6); as dependent variables were evaluated: height, weight, leisure time, expressed in hours/day and daily energy expenditure DEE ($\text{Kj}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$) during leisure time (DEE-LT) during the time school (DEE-ST) during the holidays (DEE-VT), and DEE total mean year (DEEmTY).

For a post-hoc analysis was used the minimum significant difference (MSD) with fixed factors, interaction factors descriptive statistics, tests of homogeneity with a significance level of 0.05.

Results: The questionnaire was correct understanding of the reproducibility intra-class correlation was $r = 0.96$ (CI 0.95-0.97), the validity of the direct and indirect VO_2 was 0.76 (0.66) ($p < 0.01$) and for general study quantifying the average of the DEE of 1840 subjects was 167.98 ± 37.30 ; for boys ($n = 904$), absolute value: 6.83 MJ/day, relative: 170.41 ± 39.92 and for girls ($n = 936$): 6.59 MJ/day ($p < 0.001$) 165.64 ± 34.26 ($\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$) ($p < 0.01$). The DEE to the school holiday period and was 158.43 ± 42.99 and 199.44 ± 18.55 ($\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$) ($p < 0.01$) for boys and girls respectively. The DEE during free time was of 59.86 ± 44.16 for males and 53.81 ± 37.11 ($\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$) ($p < 0.01$) for girls

Conclusions: On the basis of good reproducibility and validity of the questionnaire QAPACE applied to students in the larger study, the DEE ($\text{kJ}/\text{kg}/\text{day}$) with total body weight or lean weight was less compared to of other studies giving results for 51% of boys and 61% of inactive girls. Boys were more active than girls in the post pubertal group ($p < 0.01$). As for the time spent watching TV, it was 4.2 hours/day, and the most popular sports was soccer, cycling, and walking for boys and walking, cycling and skating for girls.

Keywords: Questionnaire, Reproducibility, Validity, Physical Activity (PA), Children and Adolescents, Energy expenditure (DE)

Auteur

Né le 30 Avril 1949 à Silvania
Nationalité : Colombienne
Adresse : Carrera 7 C No 151-65 Apt. 101
Bogotá, COLOMBIE.

J'autorise que cette Thèse de ma propriété soit mise à la disposition de L'Université Paris 11 Sud, qu'elle puisse être affichée et publiée tant à les Universités que faire partie de la banque de données Internet.

DEDICACE

A la mémoire de mon père Pablo et ma mère Maria Dolores qui auraient dû partager avec mes frères et moi-même ce moment important de ma vie. J'exprime en leurs noms le témoignage de toute ma reconnaissance et le profond amour que je leur porte.

A Monsieur les Professeurs Augusto LEIVA, Hernando MATIZ et Jorge REYNOLDS qui ont été mes guides pour m'orienter dans le développement de la spécialité en Médecine du Sport en Colombie.

REMERCIEMENTS

A Monsieur les Professeurs M. RIEU et J-C. THALABARD et Serge Le BOZEC (succédant) qui m'ont fait l'honneur de diriger cette thèse. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude pour l'aide et les précieux conseils qu'ils m'ont donnés.

Aux rapporteurs et examinateurs d'avoir accepté d'analyser la démarche et la recherche présentée dans ce travail. Je les remercie vivement d'avoir consacré leur temps au rapport de cette thèse.

A Mon jury de Thèse :

Professeur Bertrand During (Examineur) Président du Jury
Professeur Jean Michel Oppert (Examineur)
Professeur Michèle Beaudry (Rapporteur)
Professeur Rudy Richard (Rapporteur)
Professeur Michel Rieu (Invité)
Professeurs Serge LE BOZEC et Jean-Christophe THALABARD (directeurs de recherche)

L'ensemble du personnel du Laboratoire d'Explorations Fonctionnelles et de Physiopathologie de l'Exercice du Pavillon Tarnier de l'Hôpital Cochin, particulièrement aux Docteurs Jean-Pierre FOULLIOT et Alain DUVALLET pour ses enseignements et conseils amicaux.

Je remercie tout particulièrement le Professeur Carlos Efraín SANCHEZ pionnier de la médecine du Sport en Colombie pour son aide et ses conseils dans les domaines concernant l'épidémiologie et la médecine du sport. Je remercie également le Professeur Efraín PATIÑO qui a consacré une grande partie de son temps à mettre au point le logiciel permettant l'élaboration d'une base de données. Enfin je tiens à remercier personnellement le Professeur Benigno LOZANO et son orientation professionnelle dans l'analyse statistique de ma thèse.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance envers tous mes amis du Groupe QAPACE qui m'ont assisté tout au long de ce travail aussi bien pour l'élaboration du matériel nécessaire que pour la réalisation pratique des tests.

A l'Université « El Bosque » et son Conseil d'Administration pour l'aide et la confiance qu'ils m'ont prêtés pour la réussite de mon projet de doctorat en France.

A l'Institution « Aide au Développement de la Médecine du Sport » (ADMS)

A l'institution Colombienne "Secrétariat d'Education Distritale de Bogotá"

A l'Institut Colombien de la Jeunesse et des Sports (COLDEPORTES)

A toutes les écoles, professeurs d'éducation physique, aux enfants et adolescents qui ont collaborés, avec toute leur énergie et gentillesse.

ECOLES

COLEGIO LOS CERROS; COLEGIO IRAGUA; INSTITUTO DISTRITAL EDUCACION BASICA Y TECNICA AQUILEO PARRA

COLEGIO MISIÓN CARISMÁTICA; GIMNASIO MIXTO MANUEL DEL SOCORRO RODRIGUEZ

CENTRO EDUCATIVO DISTRITAL LA NUEVA GAITANA; INSTITUTO SUPERIOR COOPERATIVO; COLEGIO CAFAM

CEDID ALFONSO LOPEZ PUMAREJO; COLEGIO NUESTRA SEÑORA DE LAS NIEVES

COLEGIO EDUCATIVO DISTRITAL REPUBLICA DE FINLANDIA; COLEGIO LUTERANO; COLEGIO SAMARIO

CENTRO EDUCATIVO DISTRITAL BRAVO PAEZ; COLEGIO DISTRITAL CIUDAD DE BOGOTA; INEM SANTIAGO PEREZ

COLEGIO DISTRITAL EDUCATIVO COMPARTIR MEISSEN; COLEGIO EXTERNADO PORFIRIO BARBA JACOB

COLEGIO DISTRITAL MONTEBELLO; COLEGIO DISTRITAL REPUBLICA DEL ECUADOR

COLLABORATEURS

Médecins

Carlos Efraín Sánchez; Oded Bar-Or; Raúl Baquero; Joan Elizabeth Bohórquez; Sofía Cocunubo; José Miguel Chaar; Diana Gavassa; Germán Augusto García; Ricardo Hernández; Guillermo Ordóñez; Wilson Pérez; Judith Pinto

Moisés Salazar; Juan Manuel Sarmiento; Mauricio Serrato; José Antonio Vera

Professeurs d'Education Physique

Carlos Arboleda; María Nelsy Arboleda; Diego Luís Bayona; Mauricio Bernal; Antonio Carabalí; Miguel Cardozo

Carlos Armando Casallas; Olga Lucía Chara; Ricardo Cuellar; María Mercedes Cuevas; Gloria Díaz; Germán Escobar

Luís Gabriel Escobar; Olga Escobar; Blanca Cecilia Esquivel; Nancy Galeano; Ernesto Hernández; Mara Sulay Hinstroza; José Luís Martínez; Nelly Millán; Martha Moncada; Oswaldo Moncada; Alexandra Mora

Marco Aurelio Muñoz; Rafael Parra; Hernando Prada; Constanza Pérez; Fabio César Pineda; José Domingo Quintero

Nelson Riaño; Martha Patricia Ríos; Jenny Rojas; Ricardo Sandoval; John Umbarila; César Augusto Urrego

Ingénieurs

Efraín Patiño; Alirio Rodríguez; Anny Sonja Wendt

Statisticiens

Benigno Lozano; Jesús Reyes; Edgar Rodríguez; Laurence Joubin

Bibliothécaire

Marlén Sarmiento

Secrétaires

Nicole Boullier ; Liz Adriana Gaitán ; Colette Morel

Tables des matières

I. Chapitre 1	10
I.1. Brève présentation de l'étude	10
I.1.1. Motivation de l'étude.....	10
I.1.1. Phases de l'étude	13
I.1.1. Valorisation de l'étude	15
I.1. Etat de l'art au moment de l'étude	15
I.1.1. Avantages de l'activité physique.....	16
I.1.1. Quantification de l'activité physique.....	17
I.1. Objectifs des recherches	53
I.1.1. Exposé des motifs.....	53
I.1.1. Initiation de l'étude.....	54
I.1.1. Localisation de l'étude.....	58
I.1.1. Objectifs expérimentaux	59
I.1.1. Hypothèses.....	60
I.1.1. Paramètres estimés	60
II. Chapitre 2.....	61
I.1. Matériel et Méthodes.....	61
I.1.2. Type de recherche.....	61
I.1.3. Considérations éthiques et réglementaires.....	61
I.1.4. Phases de l'étude	61
I.1.5. Variables étudiées	69
I.1.6. Mode de recueil des données	70
I.1.7. Traitement statistique.....	74
II. Chapitre 3	76
II.1. Résultats	76
II.1.1. Phase 3 : reproductibilité	78
II.1.2. Phase 4 : validation	82
Phase 5 : l'étude générale	87
Anthropométrie	104
II.1.3. Nature des activités physiques pratiquées par les enfants de l'étude...	171
III. Chapitre 4.....	178
III.1. Discussion	178
IV. Conclusion	209
IV.1. Principaux résultats.....	210
IV.1.1. Données anthropométrique :.....	210
IV.1.2. Etude de la DEJ.....	211
IV.1.3. Actifs /inactifs	211
IV.2. Au total	212
V. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	214
V.1. ABREVIATIONS.....	241
V.2. GLOSSAIRE	242
Liste des Tableaux.....	248
Liste des Figures	254

I. Chapitre 1

I.1. Brève présentation de l'étude

I.1.1. Motivation de l'étude

Le présent travail, se centre sur la mesure des activités physiques en altitude (2660 m) chez les enfants et adolescents scolarisés à Bogotá, Colombie, durant deux périodes de l'année : la période scolaire et la période de vacances.

La quantification de l'Activité Physique en altitude chez les enfants et adolescents scolarisés (QAPACE) de Bogotá n'est pas encore bien connue pour multiples raisons, malgré l'intérêt des scientifiques et des institutions gouvernementales du pays.

L'Activité physique (AP) joue un rôle important sur la santé et sur la qualité de vie des Colombiens et devrait toujours être l'une des priorités du gouvernement. L'augmentation du niveau d'activité physique devrait non seulement améliorer la santé et le bien-être des Colombiens, mais également permettre d'épargner de considérables soins de santé.

D'après le Ministère de la santé et le département Administratif des statistiques de Colombie, les plus grands problèmes de santé dérivent de la violence et des maladies cardiovasculaires. En 1999, les taux de mortalité à Bogotá correspondant à ces deux fléaux étaient, respectivement, de $42.9/10^5$ et $116.2/10^5$ personnes/ an en comparaison de $42.9/10^5$ et $65.7/10^5$ personnes/an pour respectivement les maladies transmissibles et les maladies cancéreuses. (www.minproteccionsocial.gov.co et www.dane.gov.co)

En 2002, le taux de mortalité prématurée atteignait $28/10^5$ personnes par an, dans la fourchette d'âges comprise entre 5 et 14 ans et $158.7/10^5$ personnes par an, dans la fourchette de 15 à 45 ans. Pour ces raisons, le Ministère de la Santé et de l'Education s'est senti concerné et a décidé de s'impliquer pour remédier à cette situation.

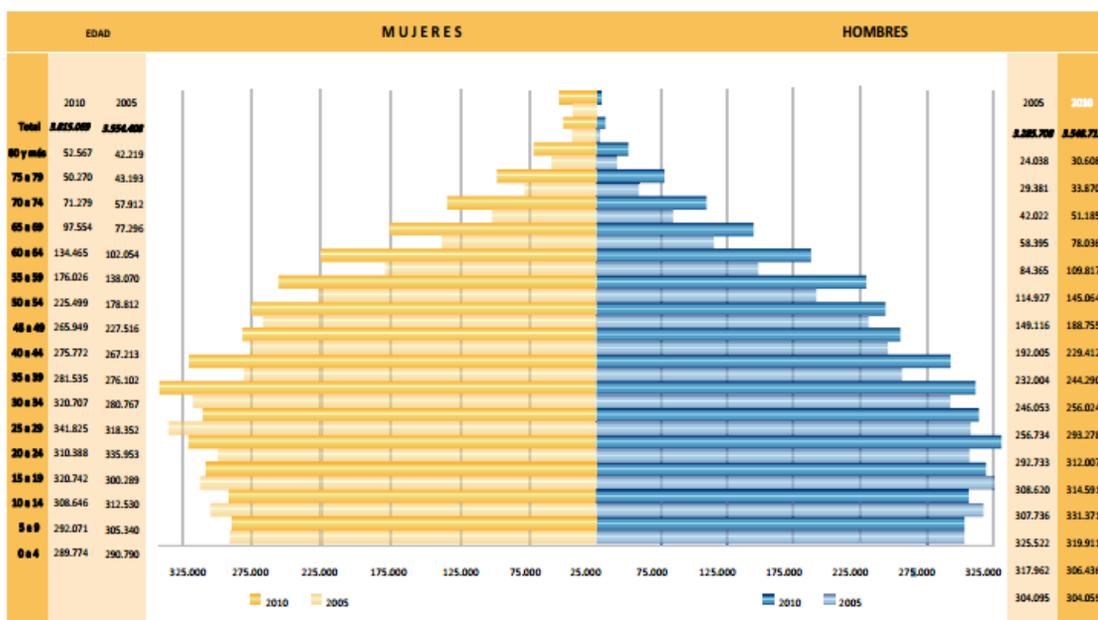


Figure 1 Pyramides des âges BOGOTA 2010

Source: DANE : Projection de Bogota Population 2000-2015. SDS: Direction de la santé publique et directrice de la planification et des systèmes

<http://www.saludcapital.gov.co/sitios/VigilanciaSaludPublica/Todo%20ASIS/Folleto%20Indicadores.pdf>

La structure de la population est homogène pour chaque groupe d'âge pour les hommes et les femmes. Particulièrement frappante est la baisse des jeunes à la base de la pyramide de la population. Depuis 2000, la population totale a augmenté de près de 6 millions d'habitants.

On observe sur la Figure 1 Pyramides des âges BOGOTA 2010), correspondant à la population de la ville de Bogota, que la fourchette d'âge 15- 60 ans représente 62,2% du total de la pyramide d'âge avec 52,1% de femmes et 47,9% d'hommes. Cela correspond à une pyramide des âges, dite de « transition », comme on l'observe dans le passage d'une situation de sous-développement à une situation de pays développée. Elle montre une population en voie de vieillissement progressif et une réduction des personnes de moins de 15 ans. Cette situation est due principalement à l'augmentation de l'espérance de vie et à la chute de la fécondité des femmes dans la société. (www.shd.gov.co)

Un des moyens permettant de contribuer à la bonne santé de la population scolaire est l'activité physique. La question était de savoir quel est le niveau de pratique de l'activité physique des écoliers de Bogotá âgés de 8 et 16 ans et à quoi correspond cette activité physique en terme de dépense d'énergie.

Devant le constat qu'il n'existait pas d'études spécifiques, concernant cette problématique chez la population scolaire, nous avons proposé de réaliser cette recherche dans le but d'apporter une solution à ces problèmes de santé préventive. En effet, on espère que l'étude pourra fournir les indicateurs nécessaires aux dirigeants politiques au sein du gouvernement, pour que les médecins et les professeurs d'éducation physique, notamment, puissent mettre en application le résultat de cette étude dans le cadre des services de planification et du suivi des programmes d'activités physiques auprès de la population scolaire vivant en altitude.

Les méthodes que l'on aurait pu mettre en application pour atteindre cet objectif sont nombreuses comportant, notamment, un questionnaire élaboré, un journal des activités quotidiennes, des enregistrements vidéos, des capteurs de mouvement, des enregistrements du rythme cardiaque, accéléromètre, mesure de VO₂ etc. Finalement, considérant la relation coût/bénéfice de cette opération, nous avons opté pour l'enquête avec supervision.

Cependant, les questionnaires étudiant l'activité physique ont été pour la plupart validés et appliqués sur des populations d'adultes mais peu l'ont été sur une population juvénile. (1. AARON DJ et al. 1993), (2. POLS MA et al. 1997), (3. POLS MA et al. 1997), (4. SALLIS JF et al. 1993) (5. RIDDOCH, C. J. et al. 2004), (6. GILLIS L. et al. 2013)

C'est pourquoi un questionnaire spécifique d'activité physique a été développé par nos soins dont nous avons étudié la reproductibilité et la validité,

Les chercheurs, médecins et autres professionnels de la santé qui se sont intéressés, à la santé publique lors de ces dernières décennies ont constaté les bienfaits de l'exercice physique dans la prévention des maladies.

Lors de la Troisième Conférence Internationale des Ministres et Hauts Fonctionnaires responsables de L'Education Physique et du Sport (MINEPS III) qui s'est tenue à

Punta del Este (Uruguay) du 30 novembre au 3 décembre 1999. Une déclaration commune a été faite dans les termes suivants:

Les ministres réaffirment l'importance de mobiliser les gouvernements, les organisations intergouvernementales et non gouvernementales pour que l'éducation physique et les sports soient partie intégrante et essentielle du processus d'éducation permanente, et du développement humain et social.

Des études de niveau international montrent qu'un investissement de un dollar dans les activités physiques peut entraîner des économies de 3.2 dollars au titre de frais médicaux.

Les ministres soulignent la nécessité de promouvoir le sport d'une manière permanente et de veiller à ce que les personnes âgées et les personnes handicapées puissent aussi avoir accès à des programmes d'activités sportives et physiques.

Les ministres soulignent les valeurs éthiques du sport et prient tous les pays, développés et en voie de développement, de s'unir pour combattre les comportements contraires à l'éthique, y compris le dopage dans le sport.

Les ministres reconnaissent le rôle important que jouent les organisations non gouvernementales dans la promotion de l'éducation physique et du sport en tant qu'instrument favorisant la cohésion sociale et la démocratie.

Les ministres réaffirment enfin leur engagement à travailler de façon unie et déterminée pour promouvoir une culture de paix à l'aide du sport. (7. MINEPS III. 1999)

Le présent travail vise à étudier l'activité physique chez les enfants et les adolescents scolarisés de Bogotá (ville située à 2640 m) âgés de 8 à 16 ans, sains, nés et résidant dans cette ville.

1.1.1. Phases de l'étude

La population cible de l'étude correspondait à 1 027 742 étudiants, répartis dans 4700 écoles. Un premier niveau d'échantillonnage a permis de sélectionner aléatoirement

460 écoles (échantillon aléatoire de 460 écoles (9.8%) correspondant à 760 000 enfants.

Le scénario du déroulement de l'enquête QAPACE s'est déroulé en cinq phases (Figure 2 *Les cinq phases de l'étude QAPACE*)

Première phase: *la formation des enquêteurs*, à l'application du questionnaire QAPACE, chez 400 étudiants randomisés appartenant à trois écoles sélectionnées par convenance

Deuxième phase: *compréhension et corrections finales* testées chez 324 étudiants randomisés appartenant à trois écoles sélectionnées par convenance.

Troisième phase : *Etude de faisabilité et reproductibilité* de QAPACE sur 121 sujets

Quatrième phase : *Étude de validation* sur 36 étudiants sélectionnés au hasard à partir des 121 sujets précédents.

Cinquième phase : *Étude générale* conduite sur 1840 étudiants comprenant la quantification des activités physiques par questionnaire dont l'intensité est estimée sur la base du "Compendium d'Activités Physiques" (8. AINSWORTH BE, et al. 2000) et exprimé en termes de dépense d'énergie journalière (DEJ) ($\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$). Il a été également pris en compte les variables suivantes : âge biologique selon l'échelle de Tanner, caractéristiques anthropométriques, indices de condition physique et données socio-économiques.

Diagramme1. *Distribution évolutive des cinq phases de l'étude QAPACE*

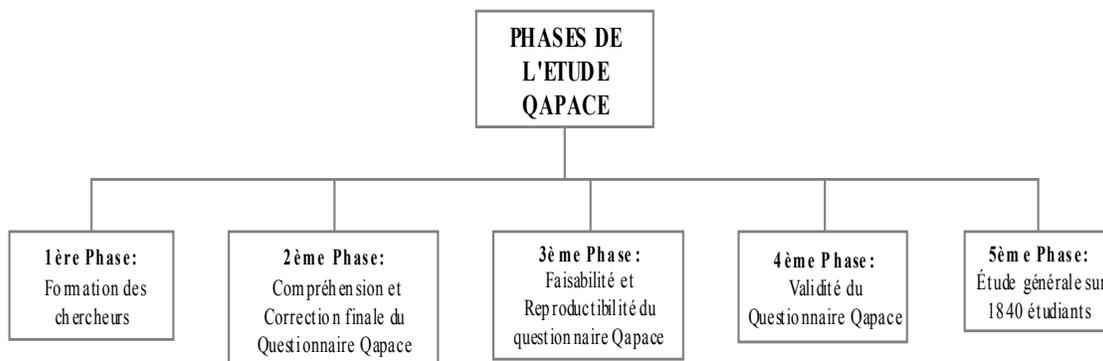


Figure 2 *Les cinq phases de l'étude QAPACE*

1.1.1. Valorisation de l'étude

L'étude a donné lieu à la rédaction de deux articles

Barbosa, N., Sanchez, C.E., Vera, J.A., Perez, W., Thalabard, J.C., Rieu, M. (2007) *A physical activity questionnaire: Reproducibility and validity*, J. Sports Science and Medicine, 6, 508-518

Cet article, qui décrit les étapes de mise au point du questionnaire QAPACE, a, depuis, été largement cité dans la littérature internationale et 17 études ont repris, validé et utilisé ce questionnaire, 3 l'ont cités et il a donné lieu à 7 mémoires de maîtrise (annexe 34).

Barbosa, N., Sanchez, C.E., Patiño, E., Lozano, B., Thalabard, Le Bozec, S., J.C., Rieu, M. (2015) *Quantification of physical activity using the QAPACE questionnaire : A two stage cluster sample design survey of children and adolescents attending urban schools. Accepté pour publication dans International J. Sport Medicine and Fitness*

I.1. Etat de l'art au moment de l'étude

Les enfants de 8 à 16 ans scolarisés à Bogotá, ville située à 2640 mètres, vivent dans des conditions d'altitude particulières. Les connaissances concernant leur quantité d'activité physique (exprimée en dépense d'énergie), la distribution de leur âge pubertaire, les profils anthropométrique et physiologique et leurs potentiels physiques restent limitées.

L'idée de conduire l'étude QAPACE a été émise pour la première fois pendant l'élaboration du cadre de la convention de coopération scientifique entre l'Université René Descartes Paris V et l'Université El Bosque de Bogotá, signée en 1997 pour développer la recherche en Médecine du Sport, [annexe 1](#) (Convention Université René Descartes, 1997) et dans le cadre de la convention de coopération entre Institut Colombien du Sport (COLDEPORTES) et l'Université El Bosque, signée en 1992, [annexe 2](#). (Convention COLDEPORTES, 2002)

Grâce à ces conventions, un accord a été mis en place pour envisager une recherche commune en Médecine du Sport visant à améliorer l'état de santé des enfants et adolescents et prévenir les différents risques : social, mental, physique, et fixer les bases de futures études concernant la « détection de talents sportifs ».

En Colombie, les recherches sur l'activité physique chez les jeunes sont très rares. Deux études, néanmoins, ont été publiées concernant la dépense d'énergie. L'une menée dans la ville de Cali (976 m), concernait une population d'enfants de 6-16 ans, réalisée par Spurr GB et al. (9. SPURR GB et al. 1988. 10. SPURR GB et al. 1989) L'autre effectuée en 1993, était une étude transversale traitant de « L'aptitude physique et des épreuves de standardisation dans la scolarité colombienne ». (11. JAUREGUI G. et al. 1993)

Nous avons pensé que pour ces raisons, une étude approfondie sur l'activité physique en altitude (2660 m) chez les enfants et adolescents scolarisés à Bogotá se justifiait amplement.

I.1.1. Avantages de l'activité physique

Au cours des dernières décennies, l'approche traditionnelle des soins de santé (qui était axée sur la prestation des soins médicaux) a été modifiée dans un nouveau cadre conceptuel : maintenir sain un individu et sa communauté à travers des habitudes de vie saine, comme l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) l'a recommandé en 1994. Les piliers fondamentaux d'une bonne santé sont l'exercice physique, une nutrition équilibrée et des habitudes de vie saine. <http://www.inserm.fr/thematiques/sante-publique/dossiers-d-information/activite-physique> (12. MAHLER H 1986, 13. OMS-CDC, 2000, 14. U.S. DEPARTMENT OF HEALTH, 1996)

Il est actuellement bien argumenté que les activités physiques et sportives bien conduites représentent d'excellents outils préventifs contre le développement des maladies cardiovasculaires. (15. AKERBLUM HK et al. 1999, 16. ANDERSEN LB et al. 1993) Ainsi, un haut niveau d'activité physique est associé à la réduction de l'incidence des maladies coronariennes, (17. ANDERSEN LB, 1996, 18. ARMSTRONG N et al. 1991) des dépressions (13. OMS-CDC, 2000, 14. U.S. DEPARTMENT OF HEALTH,

1996) et du retard de la mortalité. (19. BLAIR SN et al. 1989, 20. ANDERSEN LB et al. 2001, 21. PAFFENBARGER, RS, JR et al. 1986). *A contrario*, la persistance d'habitudes telles que le tabagisme, l'alcoolisme et l'inactivité chez les adultes représente un facteur de risque dans le développement de certaines maladies dégénératives. (22. FIELDING JE et al. 1995, 23. KSIR CH et al. 1996, 24. ROMELSJÖ A et al. 1999)

Les enfants physiquement actifs tendent à avoir des niveaux de tension artérielle plus bas et un profil lipidique sanguin plus équilibré que les enfants inactifs, (25. CRAIG SB et al, 1996, 26. FRASER GE et al. 1983, 27. HANSEN HS et al. 1991, 28. KAVEY RE et al. 2006) L'activité physique permet aux enfants sédentaires et obèses de diminuer leurs masse graisseuse. (29. BANDINI LG et al. 1990, 30. BAR-OR O et al. 1994, 31. JIMÉNEZ-PAVÓN D, 2010)

Chez les enfants, la participation aux sports et à l'exercice produit un effet positif sur le contrôle émotionnel et l'augmentation de l'autoestime en élevant les sentiments de bien-être.

Enfin, on doit souligner que la diminution des facteurs de risques pendant la période de l'enfance, par la pratique de l'activité physique concernant de nombreuses maladies chroniques, pourrait persister dans la vie adulte. (13. OMS-CDC, 2000, 32. KIELING C et al. 2011). L'activité physique (AP) et la condition physique (CP) sont importantes pour la santé. Chez les enfants et les adultes, une activité physique régulière a été associée à une diminution de l'incidence des maladies coronariennes, (33. DESPRES et al. 1990) l'hypertension (34. ANDERSEN LB 2011, 35. HAGBERG et al. 1984, 26. FRASER GE et al. 1983, 36. MAGNUSSEN CG et al. 2014) le diabète, non insulino-dépendant, la dépression (37. KRISKA et al. 1992) le cancer du colon et des organes de reproduction, et les fractures ostéoporotiques. (38. BASS et al. 1998, 39. BLIMKIE et al. 1996, 40. FAULKNER RA et al. 1993. 41. KHAN et al. 1998)

I.1.1. Quantification de l'activité physique

I.1.1.1. Précédents historiques

La mesure et/ou l'évaluation de l'activité physique chez l'homme dans ses activités quotidienne est un paramètre indispensable à toute étude se rapportant à l'énergétique,

que ce soit pour l'évaluation de la dépense énergétique ou des besoins nutritionnels, ou encore du coût des activités, ou pour l'épidémiologie de la sédentarité ou des pathologies métaboliques. (42. DUVALLET A, 1990)

Le renouvellement de l'énergie dans les fibres musculaires ne pouvant être mesuré directement, il existe de nombreuses méthodes de mesure indirectes, pour calculer la quantité d'énergie dépensée par l'organisme, au repos ou à l'exercice. Certaines de ces méthodes datent des années 1900, d'autres sont plus récentes. (43. WILMORE JH et al. 2002, 44. HALSEY LG et al. 2011, 45. SHEPHARD R, et al. 2012)

On attribue à Joseph Black la conception du premier calorimètre *en 1761*. Ce procédé consistait en un bloc de glace au contact duquel il mettait un élément de masse et de température inconnus la chaleur dégagée par ce dernier (l'énergie) étant déterminée par l'eau libérée.

Au XVIII^e siècle, Lavoisier énonçait la première loi de la thermodynamique : « l'énergie ne peut être ni créée ni détruite mais peut être modifiée d'une manière ou d'une autre ». De 1782 à 1784 Lavoisier a travaillé avec le mathématicien Laplace sur la mesure de la production de chaleur par des animaux vivants, en utilisant l'idée de Black. Plus tard ils ont mesuré le VO₂ et le VCO₂ produit chez les humains. (46. PERKINS JF, 1964).

Mayer en 1842, et Helmholtz en 1847, ont formulé le principe de la conservation de l'énergie. (47. FENN WO et al. 1964)

C'est vers la fin du XIX^e siècle que Zuntz et Hagemann ont décrit la calorimétrie directe en utilisant une chambre calorimétrique (48 ZUNTZ N et al. 1898)

De 1896 à 1903 Atwater et Benedict ont utilisé les chambres calorimétriques. (49 ATWATER WO et al. 1903).

Pearl en 1920, a tenté de mesurer l'activité physique au travail en développant une échelle d'activités et leurs besoins énergétiques correspondants *1922*, (50. PEARL R, 1924)

Bedale, fut l'un des premiers à valider les études sur l'activité physique et la demande alimentaire journalière. Celui-ci utilisait une technique devenue classique permettant le relevé de la durée de chaque activité, associée à la calorimétrie indirecte de celle-ci. Il montrait qu'en moyenne il existe une bonne relation entre ces deux méthodes, malgré de grandes variations individuelles.

1944, Wiehl; 1952 et 1953, Passmore; 1953, Lehman; 1955, 1970, Edholm ont repris et étudié les mêmes données, pour arriver à une conclusion presque identique : en moyenne les deux paramètres sont bien corrélés; mais étudiés jour par jour, il en ressort des différences significatives, qui peuvent être dues soit à des erreurs techniques (méthodes de recueil et mesures) soit à un certain «degré d'irrégularité de la dépense énergétique». (42. DUVALLET A, 1990)

Lehmann, a développé une classification reposant sur des données recueillies en laboratoire. (51. LEHMANN G, 1953). Christensen et Brouha, en 1960, sont à l'origine des premières études épidémiologiques en situation urbaine à base d'enquêtes. Celles-ci tenaient compte des activités durant les récréations scolaires et obligeaient à la quantification d'unités énergétiques comparables et à la validation des données, ce qui est obligatoire de nos jours. (52. CHRISTENSEN EH, 1960)

Edholm, en 1955 a mis en évidence l'absence de relation sur 24 heures entre le degré d'activité physique et les apports alimentaires et fait émettre la notion d'une régulation à 72 heures, démontrée par la corrélation différée existante entre les dépenses et les *ingesta* du deuxième jour suivant. (53. EDHOLM OG et al. 1955)

En 1980 Webb, a décrit un vêtement isolé, où circule de l'eau froide grâce auquel on mesure la production de chaleur, en comparant la température à l'entrée et sortie de l'eau. (54. WEBB P, 1980).

En 1980, Acheson a étudié la pertinence de l'exploitation d'un journal d'activités physiques en comparant des mesures par calorimétrie indirecte à une « table d'activités physiques ». Bien qu'intuitivement il semblerait plus fiable et plus précis de mesurer le coût énergétique des différentes activités pour chaque individu pendant le plus de temps possible, cet auteur a montré que l'utilisation des deux techniques est aussi pertinente, mais avec une tendance à sous-estimer la dépense journalière lors de l'utilisation des tables. En ce cas, la différence entre des deux méthodes est significative, alors que la corrélation de chacune de ces deux mesures avec la mesure des apports alimentaires ne l'est pas. Ainsi le questionnaire d'activité apparaît comme un outil pertinent et fiable, malgré les contraintes de son application. (55. ACHESON KJ et al. 1980).

L'analyse par calorimétrie indirecte de toutes les activités étant difficilement réalisable en routine, l'interprétation des données fournies, demande obligatoirement l'utilisation de « tables d'activités humaines ». Les plus couramment utilisés sont celles de Passmore et Durnin (1955), de Durning et Brockway (1958), Spitzer et Hettinger (1958), Morehouse et Miller (1959), Astrand (1960), Bannister et Brown (1968), d'Edholm (1955, 1970), de Garrow (1974), Scherrer et Monod (1982), McArdle et al. (1986) (42. DUVALLET A, 1990) et le Compendium d'Activités Physiques de Ainsworth et al (2000. (8. AINSWORTH BE et al. 2000)

Chez les enfants et les adolescents les études de la quantification de l'activité physique se sont développées depuis ces dernières trois décennies, stimulées par les résultats de nouvelles études concernant les effets physiologiques et épidémiologiques instantanés et à long terme de l'activité physique chez les enfants. (56. MALINA RM et al. 1991 57. BAR-OR O, 1996, 58. LONGMUIR PE et al. 2013, 59. BROOKE HL et al. 2014)

1.1.1.2. Cadre théorique

En premier lieu, il est nécessaire de définir et d'interpréter le terme "activité physique (AP). Ce dernier se définit comme une force exercée par le muscle squelettique, entraînant une dépense d'énergie. (60. CASPERSEN et al. 1985). Celle-ci, dépend de la routine journalière de chaque personne, comme : les tâches liées à l'hygiène corporelle, au transport à son lieu de travail ou d'étude (à pied, en bicyclette, etc.), aux classes d'éducation physique, au travail proprement dit, aux actions de monter et descendre les escaliers, faire les courses, aller au parc ou au gymnase, au travail domestique (jardinage, sortir le chien), aux loisirs et aux activités sportives. Si on prend au pied de la lettre la définition, toutes les expressions motrices humaines devraient être intégrées dans la mesure de l'activité physique.

Tout le monde pratique un certain niveau d'activité physique, cependant la quantité dépend en moyenne du type de travail effectué et du choix personnel (fonction de l'âge, du genre, du niveau socio-économique) qui peut varier d'une personne à une autre, suivant sa maturité au cours du temps (enfance, scolarité, adolescence, étudiant en

université, adulte et personne âgée). Tout au long de la vie, il s'effectue une activité physique et dépense de l'énergie.

L'activité physique peut s'exprimer en terme de puissance (watts), mais doit tenir compte également de sa durée (minutes, heures), d'unités de mouvements (estimation). Un tel résultat peut se quantifier à partir des réponses au questionnaire d'activités.

Finalement, l'activité physique peut se définir comme une conduite intentionnelle ouverte, c'est à dire, qu'il existe une série de liens sociaux qui déterminent le type de pratique.

L'être humain obéit aux lois de la conservation d'énergie, le combustible pour l'activité devant être extrait des aliments, de plus les mesures de l'activité physique peuvent s'exprimer en termes de dépense énergétique.

En second lieu, le terme dépense d'énergie ne définit pas à lui seul l'activité physique ou l'exercice concernés. En effet, on peut dépenser la même quantité d'énergie durant une courte activité d'exercice vigoureux tout comme dans une session de moindre intensité mais d'endurance, les deux pouvant avoir des effets physiologiques et des conséquences pour la santé différents.

L'apport calorique ou la dépense d'énergie en joules est en relation avec les dimensions corporelles. Une personne de petite taille, très active, peut dépenser une quantité identique de kiloJoules (kJ) par jour qu'une personne sédentaire de grande taille.

Le cout énergétique de l'exercice est exprimé en joules ou en calories, et la taille doit être prise en compte. La dépense d'énergie ou l'apport de calories est parfois donnée en kJ ou kilocalories (kcal) par unité de poids corporel ou de consommation d'oxygène (VO_2) en mlO_2/kg de poids corporel.

L'utilisation du MET (Metabolic Equivalent of Task) est une autre approche permettant de prendre en compte le poids corporel. Un MET représente la totalité de l'énergie dépensée par heure en kJ divisée par la dépense d'énergie au repos en kJ.

En état de métabolisme de repos (non basal), la dépense d'énergie est estimée à une valeur de :

$$1 \text{ MET} = 4,184 \text{ kJ/heure} = 1 \text{ kcal/kg/heure} = 3,5 \text{ ml}/O_2/\text{kg}/\text{min}.$$

Le Système International d'Unités (SI) établit le joule comme l'unité de mesure de travail.

La calorie est également utilisée : elle correspond à l'énergie nécessaire pour chauffer un gramme d'eau de 1° Celsius de 14 à 15°C. On a l'équivalence 1 kJ = 0,238 kcal (61. MONTOYE HJ et al. 1996).

Le meilleur indicateur d'activité physique est l'énergie dépensée durant l'activité réalisée. Cette énergie est libérée par les processus métaboliques anaérobie et aérobie dans les cellules des muscles actifs.

Le métabolisme anaérobie joue un rôle au début de toute activité et domine dans les activités de forte intensité et courte durée. Cependant, durant la période de 24 heures, le processus aérobie fournit environ 98% de toute l'énergie dépensée.

La capacité énergétique aérobie dépend en partie du niveau de pratique de l'activité physique. Cependant, la composante héréditaire est importante y compris en ce qui concerne la réponse de l'organisme à l'entraînement physique. (62. BOUCHARD C 1986, 63. BOUCHARD C et al. 1988). Par ailleurs, le genre, l'âge, le poids et les habitudes du sujet influencent les capacités énergétiques. (64. LEON AS et al. 1981). Dans les situations de la vie courante, il est possible de mesurer la composante aérobie de la dépense d'énergie. (65. VERSCHUUR R et al. 1985)

I.1.1.3. Les méthodes de quantification de l'activité physique

I.1.1.3.A. Généralités

Les principes fondamentaux physiologiques et biomécaniques du mouvement et de la dépense énergétique sont complexes, soulevant de nombreuses difficultés quand on souhaite utiliser sur le terrain des techniques d'évaluation de l'activité physique. Le plus grand obstacle de ces méthodes est l'absence d'un critère de choix unique permettant de comparer entre elles différentes techniques.

De plus, les différences entre les unités employées ne permettent pas facilement de procéder à une validation basée sur une inter-corrélation de données. Par exemple, kJ/kg n'est pas directement comparable avec les estimations enregistrées sur un compteur de mouvement. (61. MONTOYE HJ et al. 1996)

Une mesure souvent utilisée par les chercheurs est la puissance aérobie (VO_2 max), cependant celle-ci, nous venons de le voir, possède une forte composante héréditaire et dépend de l'âge, du genre, du poids relatif, des habitudes de vie et de l'état physique (63. BOUCHARD C et al. 1988). Dans ce cas, la mesure de la condition physique exprimée par la mesure de VO_2 max laisse beaucoup à désirer comme critère de validation des méthodes d'évaluation de l'activité physique. En outre le type d'exercices qui augmente la puissance aérobie ne forme pas forcément la composante la plus importante pour la santé et la prévention des maladies.

Une technique relativement nouvelle est celle de l'eau doublement marquée, qui pourrait être utilisée comme une mesure intégrée de la dépense d'énergie dans le temps. Cette technique représente une méthode potentiellement acceptable pour valider d'autres méthodes d'évaluation de la dépense d'énergie. Malheureusement, la dépense énergétique mesurée par cette technique ne permet pas d'identifier les dépenses imputables aux activités physiques effectuées sur des périodes brèves de temps car cette technique prend en considération la dépense d'énergie sur la totalité du temps établi (66. PRENTICE AM et al. 1988).

Chez les enfants et les adolescents, on dénombre de nombreuses méthodes objectives et subjectives pour évaluer l'activité physique et la dépense énergétique.

Les méthodes subjectives pour estimer l'activité physique habituellement préférées dans les études épidémiologiques sont : les questionnaires, les entrevues et la tenue d'un cahier journalier. Le Tableau 1 résume les avantages et inconvénients des méthodes les plus utilisés habituellement pour l'évaluation de l'activité physique et la dépense d'énergie (67. BAR-OR O, 1999)

Les formes les plus communes pour mesurer l'activité physique chez les enfants d'âge scolaire sont, outre les questionnaires et journal quotidien que nous verrons postérieurement.

Parmi les méthodes objectives on retrouve, comme chez l'adulte, l'observation directe, la photographie, les vidéos, les podomètres, les accéléromètres, les moniteurs cardiaques, les moniteurs de pression artérielle, l'électromyographie, l'anthropométrie, la mesure de VO₂ (en laboratoire ou appareil portable sur le terrain), la chambre respiratoire et la technique de l'eau doublement marquée. Cependant ces méthodes ne peuvent être utilisées sur de vastes échantillons de la population à cause de leurs contraintes liées au coût, au temps, à la praticabilité, tant pour le sujet que pour le chercheur. (61. MONTOYE HJ et al. 1996)

A.1.a. L'observation directe du temps et du mouvement

Par l'enregistrement des actes réalisés en termes de type, durée et intensité. On utilise fréquemment en médecine du travail, des séances d'entraînement et des cours d'éducation physique, sans prendre en compte toute la variabilité biologique individuelle et intra- individuelle des étudiants. (68. BULLEN BA et al. 1964, 69. BARANOWSKY T et al. 1984)

A.1.b. Capteurs de mouvement, qu'ils soient mécaniques ou électroniques ou mixtes

Les podomètres, compteurs de mouvements, accéléromètres, etc. apportent un complément aux données issues des questionnaires et des journaux en limitant les biais inhérents à une mauvaise mémorisation et donc amenant à une sur- ou sous-estimation des données enregistrées. Ainsi, les podomètres ont été créés pour compter les pas ; de cette manière ils donnent une estimation potentiellement utile de l'activité physique. Les capteurs électroniques de mouvements se sont développés afin de pallier au manque de standardisation et au pauvre contrôle de qualité des podomètres mécaniques. Cependant les études non pas pu établir d'association significative entre les estimations d'activités physiques par les capteurs de mouvements et les autres mesures. La cause pourrait se situer dans leur conception même car ils ne mesurent que le seul mouvement vertical. C'est pour cela que se sont développés des accéléromètres tridimensionnels qui sont supérieurs aux accéléromètres courants. (70. HASKELL WL et al. 1992, 71. LEENDERS JM et al. 2001)

A.1.c. Moniteurs de rythme cardiaque

La mesure de la fréquence cardiaque par électrocardiogramme (ECG) ou par moniteurs de rythme cardiaque s'est imposée comme un outil hospitalier, mais aussi comme un indicateur de la sévérité des stress physiques et psychologiques lors de tests. Cependant, l'interprétation de la fréquence cardiaque (FC), dans le contexte de l'activité physique est complexe. La FC non seulement reflète le métabolisme et la posture du sujet mais aussi l'état émotionnel transitoire de l'individu, les conditions climatiques dominantes et les groupes musculaires spécifiques qui sont actifs. En fait, la FC n'est pas le calcul direct de la puissance de l'activité physique considérée, mais une mesure du stress relatif imposée au système cardiovasculaire par l'activité. La relation entre la FC et l'intensité de l'exercice est plus exacte aux intensités modérées et élevées que durant les niveaux d'activités faibles. (72. ROWLANDS AV et al. 1997, 73. ARMSTRONG N, 1998, 74. SHARGAL E et al. 2011) Ainsi, pendant les états stables de l'exercice sous- maximal, la FC, se met en relation linéaire avec la VO₂, et donc avec la dépense d'énergie. L'analyse de la FC sur des périodes prolongées peut donner des informations utiles sur la part de l'activité physique dans la vie quotidienne et la dépense d'énergie qui s'y rattache. Utiliser la FC pour calculer la dépense d'énergie repose sur des études des années cinquante, qui démontrent, en laboratoire, une relation linéaire entre la FC et la consommation de VO₂ (75. MILLER WC et al. 1993, 76. ROPER JA et al. 2013) Actuellement, on utilise des moyens radio-téléométriques qui permettent l'analyse séquentielle de la FC, en temps réel.

A.1.d. Enregistrement de la pression sanguine (mode Holter)

On l'utilise pour déterminer la réponse cardiovasculaire individuelle à l'activité physique. Les résultats peuvent apporter une évaluation qualitative de l'activité physique, mais la valeur pronostique de la méthode paraît être relativement limitée (77. MACAULAY D et al. 1996, 78. SICHE JP et al. 1997).

A.1.e. La détermination de la VO₂ et le coût d'énergie

La mesure directe de VO₂ durant l'activité physique peut donner des informations sur la demande énergétique. On a démontré qu'en utilisant le sac de Douglas, on obtient une mesure valide de la VO₂ sur le terrain. Néanmoins cette méthode implique

d'utiliser des appareils volumineux et s'avère être restrictive, consommatrice de temps et sujette à des erreurs potentielles. De plus il n'est pas possible de mesurer la réponse durant les états stables de l'exercice, si on utilise le sac de Douglas. Les systèmes télémétriques, plus modernes, exacts et de moindre poids, facilitent la mesure des demandes énergétiques en lien avec l'activité physique, sans limiter substantiellement les performances de chaque sujet. (79. HAUSSWIRTH C et al. 1997 80. SCHULZ H et al. 1997, 81. MANN TN et al 2014)

A.1.f. Analyse biochimique

Elle peut déterminer aussi bien des réponses métaboliques et biochimiques immédiates – lactate, glucose, indicateurs du métabolisme lipidique -, que des réponses biochimiques tardives à l'activité physique (profils de lipides sanguins, concentration de fibrinogène, indicateurs de stress oxydatif et immune, etc.). L'évaluation de ces paramètres reste strictement individuelle et son utilité dans de grandes études épidémiologiques apparaît limitée. (77. MACAULAY D et al. 1996)

A.1.g. Les techniques de mesure électromyographiques, kinésiologiques ou biomécaniques

Elles s'utilisent pour analyser la fonction et la coordination des muscles en activité et des muscles posturaux chez les personnes saines ou handicapées, en exercice d'habileté ou durant l'entraînement, en condition de laboratoire ou durant les activités physiques journalières. (82. CLARYS JP et al. 1993). Du fait de la présence d'environ 500 muscles squelettique sur le corps humain, avec des fonctionnements irréguliers et complexes, il est impossible, actuellement, de tous les examiner durant la réalisation d'exercices d'habileté motrice compliquée. Donc les évaluations antérieures de l'activité physique représentent toujours un modèle de mouvement et posture très simples et son emploi en pratique est limité. Notons que récemment, on a noté un certain progrès dans le développement et l'interprétation d'électro-encéphalogramme acquis par télémétrie dans le champ de l'évaluation de l'activité physique. (83. ANZENEDER CP et al. 1998)

A.2. L'évaluation de la condition physique

La condition physique résulte de l'activité physique. Son évaluation s'utilise fréquemment dans les études portant sur les activités physiques parce qu'elle est relativement facile à mesurer. La condition physique se réfère aux fonctions physiologiques et non aux activités physiques par elles-mêmes. Comme celles-ci peuvent améliorer l'état physique, qui bonifie la capacité du sujet à être physiquement actif et ainsi avoir une bonne condition physique, cette dernière représente donc une mesure indirecte de l'activité physique. (84. HELLER J, 2000, 85. Van DUSEN DP et al. 2011. 86. KOKKINOS P. 2014)

A.2.a. La méthode à l'eau doublement marquée

Elle est également une mesure de calorimétrie indirecte qui permet de déterminer la dépense énergétique totale dans les conditions habituelles de vie. Elle consiste à faire ingérer au sujet un mélange d'eau marquée sur l'oxygène (^{18}O) et sur l'hydrogène (deutérium). L'oxygène est plus rapidement éliminé que le deutérium et cette différence de vitesse d'élimination dépend de la production de CO_2 . La mesure de la différence d'élimination du deutérium et de l'oxygène 18 dans les urines permet le calcul de la production de CO_2 et de la dépense énergétique. La détermination est extrêmement simple et non agressive pour le sujet étudié. Il boit de l'eau marquée par des traceurs stables (donc non radioactifs) et il se recueille un échantillon d'urine tous les jours pendant 14 jours. Cette méthode a cependant l'inconvénient de nécessiter un traceur et des méthodes d'analyse en spectrométrie de masse très onéreux. Cela limite donc son emploi à des activités de recherche sur la dépense énergétique de populations ciblées dans des conditions de vie habituelles (personnes âgées, nourrisson, etc.) ou extrêmes (sportifs, expéditions lointaines). Néanmoins cette méthode a ses limites puisqu'elle ne peut pas différencier, la durée, la fréquence ou l'intensité de chaque séance d'activité physique sur une période de temps établie. (61. MONTOYE HJ et al. 1996, 87. SARIS WHM, 1996, 88. SILVA AM et al, 2014)

A.2.b. Autres méthodes pour quantifier l'activité physique

Les techniques telles la chambre calorimétrique, la température corporelle (89. VAN MARKEN LWD et al, 2001), les tableaux METS, (90. AINSWORTH BE et al. 1993, 8. AINSWORTH BE et al. 2000), l'équation de Harris-Benedict (91. VAN DER PLOEG GE et al. 2001), les techniques cinématographiques à grande vitesse et la vidéo avec enregistrements et traitement informatique ont évolué de manière significative mais leur interprétation reste très compliquée. (92. KREIGHBAUM E et al. 1990, 93. WILLIAMS KR, 1985).

Au total, l'évaluation de l'activité physique doit être réalisée en combinant de nombreux indicateurs qui permettent de donner plus de sécurité et de validité à la quantification de l'activité physique et par conséquent de la dépense énergétique.

METHODE	MESURE	AVANTAGES	INCONVENIENTS	REMARQUES
Questionnaire	AP	Simple, bas prix; approprié pour études de grande échelle	Confiance en la mémoire; quantification difficile; basse validité	Dans la période d'avis plus court, plus validité
Entrevue	AP	Plus valide que le questionnaire	Confiance en la mémoire	L'interviewer peut corroborer l'information
Journal	AP	Temps court pour se rappeler	Interactive	Dépend de l'interprétation de l'enfant
Observation Directe	AP, DE (?)	Pas nécessaire de rappel; contexte documenté	Plus cher; dépend de l'habilité d'observateur	"gold standard" pour études de comportement
Temps Lapse/ (ou Vidéo) Photographie	AP, DE (?)	objectif, enregistrement disponible	Chez les enfants est limité à déterminées aires	Mois cher que l'observation directe
Compteur de Mouvements	AP (DE?)	Objectif; peu d'interaction; bas prix	Ne détecte pas des mouvements spécifiques	
Accéléromètres simples et complexes	AP, DE (?)	Les mêmes compteurs plus Accélération	Ne détecte pas les activités spécifiques	Quelque validité vs mesure de PE
Monitoring cardiaque	DE	Peu d'interaction; bon marché	La FC dépend de plusieurs facteurs	Calibration individuelle nécessaire : FC vs VO ₂
Ergométrie métabolique-VO2	DE	Mesures métaboliques	Activités limitées; nécessité d'un embout buccal ou masque respiratoire	Utile en l'ergométrie & VO ₂ -FC "calibration"
Appareil portatif-VO2	DE	Mesures métaboliques de terrain	grande interaction et cher	Usage de limité dans les observations de longue durée
Chambre de Respiration	DE	Mesure avec exactitude de la DE	Chambre étroite, limité et plus couteux	Valide d'autres tests; idéale TMB
Eau doublement marquée (² H ₂ ¹⁸ O)	DE	Le meilleur système pour la mesure de DEJ; pas interactive	Plus cher; au moins une semaine pour les données	"Standard d'Or" pour le mesure de la DE, pas pour profils de DEJ

Tableau 1 : Avantages et inconvénients des méthodes les plus utilisées pour l'évaluation de l'activité physique (AP) et la dépense d'énergie (DE) (67).
 BAR-OR O. 1999). FC = Fréquence Cardiaque, TMR = Taux métabolique de repos, TMB = Taux métabolique de base, AP = Activité Physique, DE = Dépense D'Énergie.

I.1.1.3.B. Taxonomie des activités physiques

Les activités physiques humaines ont été regroupées arbitrairement en six familles distinctes : les activités professionnelles, les activités de la vie courante, les activités de loisirs, les activités sportives et les activités de conditionnement et de déplacement. (94. Groupe Kino-Québec, 1979)

B.1. Les activités professionnelles

Ce sont les activités réalisées au travail, dans le cadre de la pratique d'une profession, d'une technique ou d'un métier.

B.2. Les activités de la vie courante

Ce sont les activités associées aux travaux domestiques, à l'hygiène personnelle et aux travaux d'entretien.

B.3. Les activités de loisirs

Ce sont les activités effectuées dans un but récréatif.

On peut les diviser en :

B.3.a. Activités de loisirs d'intérieur : artisanat, danse et expression corporelle, jeux de société.

B.3.b. Activités de loisirs d'extérieur : Plein air, loisirs motorisés, jeux collectif, activités de jardinage.

B.3.c. Les activités sportives

Ce sont les activités qui sont régies par des règles et pratiquées selon une technique spécifique. Elles comportent souvent un système permettant de quantifier la performance.

B.3.d. Les activités de reconditionnement physique :

Le reconditionnement physique est représenté par les activités qui sont pratiquées dans le but spécifique d'améliorer un ou plusieurs des déterminants de la condition physique. On inclut dans cette famille certaines formes d'entraînement telles que le « weight training », le circuit training, la Callisthène, etc. Ces activités se subdivisent en activités à prédominance cardio-circulatoire & métabolique, et à prédominance musculaire.

B.4. Les activités de déplacement

Dans ces activités, nous entendons toute action menant au déplacement du corps dans l'espace : en voiture, autobus, en moto, à pied, en bicyclette, en patin à roulette, etc.

En 1993 Ainsworth et al., ont développé la version 1 du « Compendium d'activités physiques » dans lequel ils ont classifié le coût de l'énergie des activités humaine, en 19 types d'activités. (90. AINSWORTH BE et al. 1993) Durant l'année 2000 a été publiée la seconde version du Compendium où se sont ajoutés deux types supplémentaires d'activités donnant un résultat de 21 types. Le nombre d'activités humaines enregistrées est de 605. (8. AINSWORTH BE et al. 2000) regroupées en 21 classes d'activités physiques. Tableau 2.

01-Bicyclette	08-Pré et Jardin	15-Sports
02-Exercices de conditionnement	09-Miscellanées	16-Mode de déplacement
03-Danse	10-Jouer d'un instrument	17-Marcher
04-Pêche et chasse	11-Occupation	18-Activités aquatiques
05-Activités à la maison	12-Courir	19-Activités d'Hiver
06-Réparation à la maison	13-S'occuper de soi	20-Activités religieuses
07-Inactivité	14-Activité sexuelle	21-Activités volontaires

Tableau 2 : Les 21 types d'activités physiques répertoriées dans le Compendium

I.1.1.3.C. Les dimensions de l'activité physique

Identifier les effets de l'exercice sur l'organisme exige de pouvoir qualifier et quantifier la pratique de l'activité physique si l'on veut obtenir les résultats désirés au plan du maintien ou du développement des déterminants de la condition physique. Un régime d'activité physique peut être décrit par cinq dimensions qui sont : la nature de l'activité, la forme de l'activité, l'intensité de l'effort, la durée de la séance et la fréquence des séances. (95. BOUCHARD C et al. 1975)

C.1. La nature de l'activité physique.

La nature de l'activité physique identifie les actes moteurs choisis : marche, bicyclette, patinage, natation, etc.

C.2. La forme de l'activité physique

Spécification du patron de travail effectué. Ce patron de travail peut prendre la forme d'un effort continu prolongé ou de variations de l'effort par intervalles.

C.3. L'intensité de l'effort

Détermination de l'intensité de l'effort rattachée aux deux dimensions précédentes. Cette intensité peut être spécifiée en se référant à un point du continuum de l'intensité s'étendant du niveau de repos (0%) à l'effort maximal (100%), ou en des termes plus absolus tel que le coût énergétique.

C.4. La durée de la séance.

Spécification du temps d'exposition à une séance telle que précisée par les trois dimensions antérieures. Elle peut être déterminée en temps pour les efforts continus et les efforts par intervalles. Ces dernières peuvent toutefois, dans certains cas, être précisées en termes de nombre de répétitions d'un cycle.

C.5. La fréquence des séances

La dimension de la fréquence des séances s'exprime en nombre d'expositions à l'activité physique par jour ou par semaine.

I.1.1.4. Principales caractéristiques des questionnaires

De nos jours, le questionnaire d'évaluation de l'activité physique est l'approche la plus pratique et la plus employée pour effectuer des études épidémiologiques. (96. WASHBURN RA et al. 1986) Il est néanmoins nécessaire de revoir, en préalable, ses avantages et inconvénients dans son application chez les jeunes. Dans ce sens, un sondage par questionnaire a été initialement mené visant à enregistrer les activités les plus pratiquées par les étudiants par semaine, en retenant les activités pratiquées plus de 10 fois par an. Une telle enquête met facilement en avant les informations concernant des activités fréquentes et répétitives. Le coût d'un tel échantillonnage est raisonnable, avec, en général, une bonne participation des jeunes. Ce système a de plus la particularité d'éviter d'indisposer et de perturber le comportement de l'individu (volontaire à cet exercice). Sur le plan de sa mise en application, l'instrument peut être modelé pour qu'il puisse s'adapter à une population en particulier. Il peut enfin offrir la possibilité d'une réalisation d'étude sur toutes les dimensions de l'activité physique proprement dite. (97. KRISKA AM et al. 1997, 98. SALLIS J et al. 2000, 99. WELK G et al. 2000) En ce qui concerne la longueur des questionnaires, quelques auteurs suggèrent que la mémoire détaillée des activités physiques exige un niveau minimum d'agilité intellectuelle. Certains enfants ou adultes ont tendance à avoir une mémoire défaillante au

moment de se souvenir et de noter l'information voulue, ce qui limite l'usage d'un tel instrument dans ce type de population.

Au moment de l'utilisation des questionnaires, il est important de considérer les divers paramètres qui pourraient être ambigus dans leur nature comme c'est le cas pour la mesure de l'activité physique, de son intensité et/ ou son évaluation lors du temps libre, suivant le mode de vie de la population concernée. (100. AINSWORTH BE et al. 1994)

Chez l'adulte, les études concernant des niveaux d'activités physiques exigeants reposent sur des données auto-recueillies faisant usage d'appareils portables de mesure de l'activité cardiaque. Leur transposition chez l'enfant pourrait présenter une surestimation des niveaux d'énergie réellement dépensée. De plus, la durée et l'intensité de l'effort exigées chez les adultes dans ces études seraient incompatibles avec le métabolisme de l'enfant. (101. CRAIG S et al. 1996, 102. PATE R, 1996, 99. WELK G et al. 2000 103. GORTMAKER S et al. 1999, 104. WEISS R, et al. 2004, 105. GRAVERSEN L et al. 2014)

Les questionnaires se divisent en quatre grandes catégories: le journal, la mémorisation à court terme des activités physiques effectuées, les antécédents des activités physiques réalisées et le questionnaire d'ordre général. Chacune de ces catégories est en quelque sorte spécialisée et adaptée à la composante de l'activité physique à évaluer (dépense énergétique, niveau global d'activité, activités durant les loisirs ou au travail, activités physiques intenses ou au degré de précision recherché. (106. BOISVERT P et al. 1988)

La fonction principale du questionnaire est de recueillir auprès de sujets répondant à certaines caractéristiques, des informations concernant leurs habitudes en matière d'activités physiques ; cette information contient la mémoire d'activités physiques précises étalées sur une durée variable, ou encore l'estimation du niveau d'activité physique globale du sujet. (107. TAYLOR HL et al. 1978. 108. LUBANS DR et al, 2011. 109. HALLAL P et al 2012)

Tant les enquêtes avec ou sans supervision que les entretiens ont été souvent utilisées dans les approches de type épidémiologique. On peut les considérer très pratiques parce qu'elles sont économiques en coût et volume pour l'information détaillée qu'elles produisent. (70. HASKELL WL et al. 1992) La majeure partie des enquêtes se réfèrent à la participation aux activités physiques (profil d'activité usuelle ou spécifiques comme c'est le cas dans les écoles) leur nature et leur

fréquence, intensité et durée. Les enquêtes concernent des enregistrements sur des périodes courtes (registres journaliers) et/ou des enregistrements sur des périodes longues (semaines, mois, bimensuel, prenant en compte une périodicité académique (période scolaire ou de vacances), saisonnière (hiver, printemps, été et automne), voire annuelle ou pluri- annuelles.

Les journaux (auto-enquêtes) apportent généralement des informations très détaillées de toutes les activités réalisées mais demandent un gros effort de la part des participants et peuvent même produire des de leur comportement vis à vis de leur pratique physique (type de déviation, réactifs) durant la procédure du suivi. Le résumé des journaux permet de calculer la dépense d'énergie à partir d'une sommation des produits du temps passé dans chacune des activités par les quantités correspondantes d'énergie dépensées par unité de temps lorsque les scores de dépense énergétique par activité ont été mesurées par calorimétrie indirecte ou par la mesure des apports énergétiques (110. BERTHOUBE SE et al. 1993). Par contre les enregistrements sur de courtes durées (un à trois jours) sont peu représentatifs et leur utilisation reste limitée dans une enquête sur l'activité physique.

La compilation des données concernant l'activité physique de courte durée repose sur l'enregistrement systématique au cours du temps des types d'exercices pratiqués, par exemple par des relevés toutes les 15 minutes durant plusieurs jours. (111. BOUCHARD C et al. 1983)

Les enquêtes d'activité physique sont des questionnaires d'enregistrements de types d'activités par intervalles de temps d'une semaine, un mois, un an et, plus récemment, durant toute la vie. (112. BLAIR SN et al. 1991)

Les problèmes majeurs avec une enquête sont dus à ce que la pratique de l'activité physique est, d'une part, complexe à mesurer et, d'autre part, dépend de la coopération de ceux qui répondent aux enquêtes, problèmes qui, parfois, les rendent incomplètes et peu fiables (70. HASKELL WL et al. 1992). Malgré les difficultés décrites ci- dessus, la méthode de mesure de l'activité physique par questionnaire garde une valeur pratique lorsqu'elle doit être captée et évaluée à l'échelon d'une population (113. SHEPHARD RJ, 2003), notamment, dans les cas où une augmentation bénéfique de l'activité physique s'inscrit dans le cadre d'une politique de santé publique.

Quatre critères sont recommandés pour juger l'utilité d'un questionnaire : validité, fidélité, praticabilité (coût et temps pour le chercheur et le sujet), et étroitesse des liens avec les facteurs de risque de la maladie.

Ces différentes caractéristiques compliquent la comparaison des résultats d'une étude à une autre.

Questionnaire	Genre d'administration	Période de mémorisation	Durée d'administration	Genre d'activité	Mesure des activités de condition physique	Echelle de mesure	Niveau de Difficulté
Journal prospectif Edholm et al. (1955)	Auto-administré	2 sem.	(voir période de rappel)	Détaillé	Non	Kcal	Elevée
La Porte et al. (1979)	Auto-administré	12 h.	(voir période de rappel)	Détaillé	Non	Kcal	Elevée
Duvallet (1990)	Auto-administré	1 sem.	(voir période de rappel)	Détaillé	Non	Kcal	Elevée
Recueil rétrospectif Yassin et al. (1967)	Interview	2 j (semaine et week-end)	1 h	Loisirs	Oui	Indice d'activité quotidienne	Elevée
Bouchard et al. (1983)	Auto-administré	3 j dont 1 le week-end	(voir période de rappel)	Détaillé	Oui	Kcal	Elevée
Anciens de Harvard Paffenbarger et al. (1978)	Auto-administré	1 sem	15 min	Loisirs	Oui	Kcal/sem	Elevée
Projet Five City Sallis et al. (1985)	Interview	1 sem	20 min	Travail, Loisirs à la maison	Oui	Kcal	Moyen

Questionnaire	Genre d'administration	Période de mémorisation	Durée d'administration	Genre d'activité	Mesure des activités de condition physique	Echelle de mesure	Niveau de Difficulté
General Plan d'assurance santé. Shapiro et al.(1965)	Auto-administré ou interview	1 j (Activité habituelle)	10 min	Travail et Loisirs	Non	4 classes par genre d'activité	Faible
Framingham Kannel et al.(1979)	Interview	1 j (Activité habituelle)	10 min	Travail et Loisirs	Non	Indice d'activité quotidienne	Moyen
Baecke et al. (1982)	Auto-administré	1 année (Activité habituelle)	5 min	Travail, loisir et Sports	Oui	Indice d'activité	Moyen
Lipid Research Clinics. Haskell et al. (1980)	Interview	1 sem (Activité habituelle)	5 min	Travail, Loisirs et intense	Non	Classé à un des trois niveaux d'activité	Faible
North Karelia Salonen et al. (1982)	Auto-administré ou Interview	1 sem	Mois de 10 min	Travail et Loisirs	Non	Classé à un de quatre niveaux d'activité	Faible
Magnus et al. (1979)	Interview	Plus d'un an	5 min	Loisirs	Oui	Niveau et heures d'activité	Faible
Morrison et al. (1984)	Interview	1 sem	environ 5 min	Loisirs	Oui	8 niveaux d'activité	Faible
Sunnegardh et al. (1985)	Interview	Activité habituelle	environ 30 min	Loisirs	Oui	Indice d'activité	Elevée
Mundal et al. (1987)	Auto-administré	Activité habituelle	5 min	Loisirs	Oui	6 niveaux d'activité	Faible
Washburn et al. (1987)	Auto-administré	Activité habituelle	5min	Loisirs	Non	4 niveaux d'activité	Faible
Huet et al. (1986)	Auto-administré	Activité habituelle	5min	Loisirs et Travail	Oui	VO2 max	Faible

Tableau 3: Caractéristiques des questionnaires d'évaluation de l'activité physique dans les études épidémiologiques. (106. Boisvert P et al. 1988, 110. Berthouze SE et al. 1993)

I.1.1.5. Les composantes de la dépense énergétique

Les composants de la dépense d'énergie totale (DET) incluent le taux métabolique basal (TMB) qui englobe 50-70% de la totalité de l'énergie dépensée; l'effet thermique des aliments (ETA) entre 7-10% ; et l'activité physique proprement dite. Le Tableau 4: *Les composantes de la dépense énergétique* (114. RAVUSSIN E et al. 1992, 115. RAVUSSIN E et al. 1992) résume les composants de la dépense énergétique. (114. RAVUSSIN E et al. 1992, 115. RAVUSSIN E et al. 1992). Chez les sujets jeunes, les composants de la dépense d'énergie sont le niveau métabolique basal, le niveau métabolique au repos, l'effet thermique de la consommation des aliments, l'ajustement à la chaleur et au froid du milieu ambiant, la dépense d'énergie pour l'activité physique et les besoins énergétiques pour la croissance. (56. MALINA et al. 1991)

Facteurs intrinsèques		Facteurs extrinsèques
Métabolisme basal	Masse de tissus maigres	
	Age, sexe	
	Hormones thyroïdiennes	
	Turnover protéique	
Thermogenèse	État nutritionnel	Prise alimentaire
	Activité du système nerveux sympathique	Ingestion de substances thermogéniques, stress
	Tissu adipeux brun ?	exposition au froid
Activité physique	Masse musculaire	Durée et intensité des exercices musculaires
	Rendement des muscles	
	VO ₂ maximale	

Tableau 4: *Les composantes de la dépense énergétique* (114. RAVUSSIN E et al. 1992, 115. RAVUSSIN E et al. 1992)

I.1.1.6. Energie associée au travail physique humain

I.1.1.6.A. Le travail associé à une force

On définit le travail comme le produit de la grandeur d'une force appliquée sur un objet (F) par la distance (d) parcourue par cet objet. Dans le système international (SI), l'unité de mesure du travail est le joule ; c'est à dire le produit du nombre de newtons par la distance parcourue en mètres :

$$\text{Joule} = \text{newton} \times \text{mètre avec } 1 \text{ J} = 1 \text{ N.m}$$

Le newton est égal au poids déplacé en kg multiplié par la valeur de l'accélération terrestre ($m.s^{-2}$)

Considérons, à titre d'exemple, le cas d'un homme pesant 70 kg qui monte une échelle verticale d'une hauteur de 10 mètres.

Il effectue alors le travail suivant :

$$\text{Travail} = (70 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m.sec}^{-2}) \times 10 \text{ m}$$

$$\text{Travail} = 686 \text{ newtons} \times 10 \text{ mètres}$$

$$\text{Travail} = 6860 \text{ joules} = 6,86 \text{ kilojoules}$$

La puissance (P) est définie comme étant le taux d'exécution du travail en fonction du temps (t).

$$\text{Ainsi, } P = \text{Travail} / t$$

L'unité de mesure de cette puissance est alors le watt (w), il est bon de se souvenir que :

$$1 \text{ watt} = 1 \text{ joule/seconde} \text{ ou } 1 \text{ w} = 1 \text{ J.s}^{-1}$$

Il existe un rapport entre le travail mécanique et l'énergie potentielle de la chaleur.

C'est ainsi que l'on estime à environ 4,18 joules l'équivalent mécanique d'une calorie, celle-ci étant l'unité de chaleur qui doit être fournie à 1 gramme d'eau pour que sa température augmente de 1°C (de 14.5°C à 15.5°C). Une Kcalorie (1 Kcal = 1000 calories) étant la quantité de chaleur qui doit être fournie à 1000 grammes d'eau (1 litre) pour que sa température augmente de 1°C. (43. WILMORE J et al. 2002, 116. MONOD H et al. 1997)

1.1.1.6.B. L'énergie et la machine humaine

L'énergie nécessaire au fonctionnement du corps humain et à la vie est extraite des substances ingérées par l'organisme et traitées par les voies métaboliques des cellules vivantes. Ces transformations chimiques génèrent des molécules riches en liaisons ayant un niveau élevé d'énergie, selon les standards de la cellule vivante.

Au sein des voies métaboliques requérant de l'oxygène (aérobie) ou pouvant se priver d'oxygène (anaérobie), les transformations génèrent de l'adénosine triphosphate (ATP), un composé dont les deux dernières liaisons phosphores sont riches en énergie et facilement utilisables par la machine humaine. Outre l'ATP, lorsque les besoins en énergie de la machine sont faibles, celle-ci s'emmagasine dans la musculature sous la forme d'une autre molécule utilisable pour les besoins du travail : la phosphocréatine (PC).

Dans le cas du travail musculaire, les besoins énergétiques peuvent être très élevés dès l'initiation du travail. La machinerie musculaire humaine utilise alors d'emblée l'énergie potentielle conservée dans l'ATP et la PC des muscles sollicités par le travail. L'exploitation de ces sources immédiates d'énergie pour débiter le travail ne requiert pas la présence d'oxygène. Cependant, si la puissance de ce système énergétique (production d'ATP/unité de temps) est très grande, sa capacité totale est très faible, aussi, l'énergie dérivée des réserves d'ATP et de PC du muscle ne peut soutenir le travail que pendant quelques secondes.

Etant donné les limites des sources immédiates d'énergie, la poursuite du travail musculaire dépend donc de la production d'ATP afin de remplacer l'ATP utilisé.

La régénération de l'ATP par les voies aérobies est très efficace, mais sa lenteur d'activation est telle qu'il faut alors compter principalement sur la dégradation des glucides par un processus anaérobie (glycolyse anaérobie) au moins pendant la première minute d'un effort physique intensif. Ce processus permet de générer de l'ATP avec une puissance modérément élevée, i.e. plus grande que celle des voies aérobies, mais plus faible que celle des sources immédiates d'énergie ; la capacité de ce système est toutefois plus grande que celles de ces dernières, ce qui permet à l'organisme de soutenir un travail d'une intensité maximale pendant environ une minute.

Si le travail physique n'est pas d'une intensité maximale ou quasi-maximale, il peut être poursuivi pendant plusieurs minutes, voire durant des heures grâce au métabolisme aérobie. Dans ce cas, les voies énergétiques aérobies contribuent à générer la presque totalité de l'ATP requis et cette production d'ATP est alors équivalente à son taux d'utilisation. Au cours de ce type d'effort physique, toute la machine humaine est mise à contribution afin de soutenir le travail. Ainsi, le cœur, les poumons, le sang et les vaisseaux sanguins sont sollicités à un haut degré pour transporter l'oxygène au muscle, la machinerie musculaire est déployée afin de capter l'oxygène, générer l'ATP, maintenir les niveaux des substrats énergétiques, transformer l'énergie chimie en énergie mécanique et, pendant ce temps, d'autres systèmes et organes doivent contribuer à dissiper la chaleur, à transformer les produits dégradés du travail, à synthétiser de nouveaux substrats, bref, à maintenir la vie.

Quantitativement (capacité totale), le système aérobie de production d'énergie est le plus important, car il fait appel à des éléments relativement abondants tels que les

graisses, les glucides et l'oxygène. Contrairement à la glycolyse anaérobie qui s'accompagne d'une élévation de la concentration d'acide lactique dans le muscle et le sang généralement associée à une douleur et à des malaises, l'exploitation du système aérobie lors du travail physique ne se traduit pas par des réactions d'intolérance lorsque l'organisme est apte à travailler. Pour les experts, les bienfaits liés à la participation régulière à des activités physiques dépendent surtout de l'importance attachée à la sollicitation du système aérobie de régénération de l'ATP dans le programme de conditionnement physique d'une personne.

Pour cette raison, il est plus important de quantifier le travail physique humain en fonction du système aérobie qu'en fonction des sources immédiates d'énergie et de la régénération d'ATP par la glycolyse anaérobie. (117. RIEU M. et al. 1988)

I. 1. 1. 6. C. Les déterminants de l'activité physique

L'activité physique, part intégrale du comportement humain, inclue les déterminants biologiques, démographiques, psychosociaux, comportementaux, socio-culturels, environnementaux et les caractéristiques de l'activité physiques.

Chez les jeunes, les déterminants de l'activité physique (67. BAR-OR O, 1999, 118. SALLIS JF et al. 1992 119. SANCHEZ CE, 2003) les plus importants sont socio-économiques et culturels et dépendent de facteurs comme le type de travail, la personnalité, la composition corporelle, la condition physique, la quantité et l'emploi du temps libre, la disponibilité de moyens sportifs et récréatifs économiques et la proximité d'environnements naturels qui permettent une récréation active. Les individus ont peu de contrôle sur la majorité de ces facteurs. Cependant les nouvelles stratégies, basées sur une connaissance plus approfondies des caractéristiques personnelles, variables psychologiques et facteurs de l'environnement, paraissent utiles dans les interactions entre le médecin, le lieu de travail et la communauté (120. MARKUS BH, 1995).

Les activités physiques peuvent faire partie du travail quotidien (travail physique, études, activités domestiques) ou survenir au cours du temps libre. Elles se mesurent en dépense énergétique journalière DEJ ($\text{Kj} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$) ou en dépense calorifique ($\text{kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$). Ainsi, l'activité physique se trouve directement liée à la production d'énergie et peut entraîner une élévation de l'activité métabolique qui persiste bien après l'arrêt de l'activité. Rappelons que l'activité physique intègre

également la production d'énergie correspondant à la simple activité musculaire de maintien.

Tous les types d'activité physique impliquent la mise en jeu de l'ensemble des fonctions physiologiques de l'organisme. Aussi existe-t-il une étroite relation entre activité physique et condition physique. Cette dernière se comprend normalement comme une série d'attributs que les gens ont ou acquièrent et qui sont en relation avec leur capacité à pratiquer une activité physique (60. CASPERSEN CJ et al. 1985).

En général, la condition physique se réfère aux fonctions physiologiques et non au comportement de l'individu. Néanmoins, celui-ci peut accroître sa propre capacité à être physiquement actif. Cependant, le facteur génétique peut aussi jouer un rôle dans la variabilité de la réponse à l'exercice.

1. BIOLOGIQUES	2. DEMOGRAPHIQUES	3. PSYCHOSOCIALES	4. COMPORTEMENT & HABILITES	5. SOCIO-CULTURELES	6. ENVIRONNEMENT	7. ACTIVITE PHYSIQUE
<ul style="list-style-type: none"> -Hérédité -Adiposité & nutrition -Etat de la Santé -Croissance & Maturation -Habilité motrice -Aptitude physique 	<ul style="list-style-type: none"> -Âge -Genre -Etat Civil -Métier -Niveau socio-économique -Niveau éducatif Composition familiale 	<ul style="list-style-type: none"> -Auto-efficacité Auto-représentation de l'activité physique (AP) Perception des barrières pour l'AP Attitude au sujet de l'AP - Croyances au sujet de l'AP 	<ul style="list-style-type: none"> -Habitues d'activité physique en bas âge -Programmes d'activités physiques réalisables 	<ul style="list-style-type: none"> -Attitudes et comportements des parents. -Attitudes et comportements chez le jeune -Valeurs culturelles & ethniques. Consécration à la TV, Internet et jeu vidéo -Le sport comme valeur sociale -Stéréotype sportif -Association de groupes 	<ul style="list-style-type: none"> -Disponibilité de moyens sportifs -Saison -Changements de climat -Jour de la semaine et week-end -Sécurité -Emploi vs Education -Barrières -Prix 	<ul style="list-style-type: none"> -Type d'activité -Fréquence -durée -Intensité -Manière

Tableau 5 : Déterminants de l'activité physique chez les enfants et adolescents (67, 118, 119)

I.1.1.7. La condition physique

Les experts qui ont traité de la condition physique et de ses déterminants proposent des solutions qui sont essentiellement très proches les unes des autres. Une brève analyse des textes des auteurs permet toutefois de démontrer qu'il existe des divergences d'opinions sur la structure de la condition physique. Les déterminants de cette condition sont :

I.1.1.7.A. L'efficacité du système de transport de l'oxygène et du processus énergétique aérobie.

L'efficacité du système de transport de l'oxygène et de ses processus aérobie représente un déterminant important de la condition physique de l'humain. L'efficacité dont il est question permet de «réaliser une activité physique mettant en jeu des masses musculaires importantes pendant des périodes comprises entre quelques minutes et une ou deux heures». Elle reflète la capacité d'adaptation des mécanismes cardiaques, circulatoires, respiratoires et métaboliques.

II. Les évolutions qui surviennent au sein de ces systèmes, pendant la croissance, suggèrent que la capacité aérobie et VO_2 max augmentent parallèlement. En 1938, Robinson a mis ce phénomène en évidence, lors d'une étude transversale sur de jeunes garçons et des hommes adultes âgés de 6 à 91 ans. Il a montré que VO_2 max atteint son maximum entre 17 et 21 ans et décroît par la suite avec l'âge. Plus tard, d'autres travaux ont confirmé ces observations (121. ROBINSON S, 1938) Chez les petites filles et les femmes on obtient le même schéma général d'évolution de VO_2 max avec l'âge mais VO_2 max commence à baisser plus précocement, en général vers 12 à 15 ans. Ce phénomène est sans doute le résultat d'un mode de vie plus sédentaire. Le seuil aérobie, exprimé en pourcentage de VO_2 max, est plutôt plus élevé chez les enfants que chez l'adulte, et n'apparaît pas comme un facteur limitant. Les enfants n'atteignent pas de quotients respiratoires (QR) aussi élevés que leurs aînés lors de l'exercice maximal, ou exhaustif. Ces QR sont en général inférieurs à 1.10 et 1.15 chez les adultes. Cela indique que la production de CO_2 est inférieure chez l'enfant, pour une même consommation d'oxygène, et traduit un pouvoir tampon plus faible. (43. WILMORE JH et al. 2002)

II.1.1.1.A. La capacité anaérobie

Les enfants ont des aptitudes anaérobies limitées. Plusieurs travaux collaborent dans ce sens. A l'exercice maximal ou sous-maximal, l'enfant n'atteint pas la même

concentration de lactate que l'adulte, que ce soit dans le muscle ou dans le sang. Cela traduit une capacité glycolytique inférieure due à l'immaturation du système métabolique. Les concentrations plus faibles de lactate reflètent, entre autres, des concentrations inférieures en phospho-fructokinase. Les puissances anaérobies augmentent au cours de la croissance et du développement, même lorsque les valeurs sont exprimées par kg de poids corporel (watts/kg) (57. BAR-OR)

II.1.1.1.B. Le pourcentage de masse grasse

Le calcul de l'indice de masse corporelle (IMC), (poids en kg / taille en m²), très fréquemment utilisé, est d'une signification souvent limitée chez l'enfant sportif. Actuellement nous disposons de nombreuses autres méthodes d'évaluation des principales composantes structurales de l'organisme liées à l'activité physique : le tissu adipeux, la masse musculaire, le tissu osseux. Certaines sont longues, peu accessibles par leur sophistication, nécessitent un matériel très coûteux et des collaborateurs très qualifiés. Parmi les techniques de mesure de la composition corporelle, citons la densitométrie par la pesée hydrostatique, la spectrométrie au ⁴⁰K, l'hydrométrie de l'eau totale au Deutérium (²H¹⁸O), la conductivité électrique (impédance), la résonance magnétique nucléaire (RMN), la masse minérale osseuse totale (DEXA : dual energy x-ray absorptiometry), et des techniques plus localisées telles que des mesures radiographiques ou ultrasoniques (CAT : computer axial tomographie), l'absorption mono ou bi photonique, la spectrophotométrie à l'infrarouge (NIR : near infrared) (122. HEYTERS C, 1998).

Les techniques anthropométriques utilisant les périmètres et diamètres corporels et surtout les mesures de la graisse sous-cutanée par l'épaisseur des plis cutanés sont très employées pour évaluer la composition corporelle. Chez l'enfant, cette technique des plis cutanés est la plus utilisée.

Un pourcentage maximal de masse grasse d'environ 15% et 20% du poids corporel respectivement chez l'homme et la femme, est généralement associé à une bonne condition physique. Une augmentation anormale du taux d'adiposité est l'indice d'une mauvaise alimentation, d'un manque d'activité physique ou peut-être, de problèmes d'un autre ordre. De plus, un excédent de graisse corporelle prédispose à certaines maladies cardiovasculaires ou métaboliques pouvant devenir la cause de problèmes orthopédiques et respiratoires. En outre, ce déterminant joue un rôle prépondérant dans la détermination de l'apparence corporelle.

II.1.1.1.C. Le Somatotype

Il représente une autre manière de mettre en évidence le développement relatif des composantes morphologiques est de calculer la formule typologique grâce à la technique de Heath et Carter, inspiré de celle de Sheldon ; elle aboutit à un ensemble de 3 chiffres, qui traduisent chacun l'importance du développement des tissus provenant d'un des 3 feuillets embryonnaires : l'endoderme, le mésoderme et l'ectoderme. (124. HEATH BH et al. 1967. 125. CARTER JEL et al. 1990)

II.1.1.1.D. La force musculaire.

La force musculaire est caractérisée par la tension maximale qui est développée au niveau d'un muscle ou d'un groupe de muscles. Il est évident que dans la vie courante, il est essentiel de pouvoir compter sur un minimum de force musculaire. Celle-ci est dépendante de la masse musculaire, du nombre d'unités motrices et de la fréquence des impulsions nerveuses transmises.

II.1.1.1.E. L'endurance musculaire.

L'endurance musculaire est caractérisée par « la capacité de prolonger ou de répéter des contractions d'intensité sous maximale ». Force et endurance musculaires représentent deux composantes de la vigueur musculaire. Elle est indispensable à la réalisation de la majorité des activités physiques et une bonne vigueur musculaire constitue sans doute un facteur de sécurité grâce à son action préventive exercée au niveau de certaines articulations.

II.1.1.1.F. La flexibilité.

La flexibilité est l'amplitude dans le mouvement d'une articulation. Les principaux facteurs limitants sont l'élasticité musculaire chez les gens plus âgés et l'intégrité de l'articulation. Une insuffisance de flexibilité peut augmenter les risques de blessures, réduire la mobilité des gens et les rendre plus inactifs. Par ailleurs, une flexibilité excessive peut réduire la stabilité d'une articulation et entraîner des problèmes orthopédiques. Voir au Tableau 6, les composants de l'aptitude physique (127. PATE RR, 1983)

Aptitudes physiques	En relation avec la performance	En relation avec la santé
Agilité	*	
Equilibre	*	
Coordination	*	
Vitesse	*	
Puissance	*	
Temps de réaction	*	
Endurance cardio-respiratoire	*	*
Endurance musculaire	*	*
Force musculaire	*	*
Composition corporelle	*	*
Souplesse	*	*

Tableau 6 : dimensions de l'activité physique

Pour évaluer la condition physique, il existe de nombreuses batteries générales comme : American Association for Health, Physical Education, and Recreation. 1957 (l'AAHPER), Association Canadienne pour la Santé, l'Education Physique et la Récréation (1980), (CAHPER), Test Européen d'aptitude physique (1988) (EUROFIT). Ce dernier test a été choisi pour notre étude. (128 HEYTERS C, 1998)

II.1.1.1.G. La batterie EUROFIT

La batterie européenne de tests EUROFIT inspirée par les principes du « Sport pour Tous » du Conseil de l'Europe a pour objectif de motiver les enfants et les adultes à pratiquer régulièrement et avec plaisir des activités physiques et sportives.

Les tests décrits dans ce manuel sont simples, peu coûteux, et peuvent aisément être administrés aussi bien pendant ou en dehors des programmes scolaires, dans les clubs ou les centres de médecine sportive. EUROFIT représente une batterie simple et pratique fondée sur des tests pertinents, fiables et validés d'un excellent rapport coût-efficacité.

Le Figure 3, ci-dessous, indique neuf paramètres qui contribuent à l'aptitude physique. On peut noter que certains éléments sont communs à la fois à l'aptitude physique en relation avec la performance et à celle en relation avec la santé. De plus, les dimensions en relation avec la santé ont un intérêt supplémentaire qui est celui d'être des éléments essentiels dans l'aptitude physique en relation avec la performance. (129. EUROFIT, 1988)

Bien qu'il y ait encore des discussions sur les dimensions qui constituent l'aptitude physique, la division en relation avec la santé et la performance est généralement acceptée. Les tests EUROFIT comprennent toutes ces dimensions qui ressemblent à la Figure 3 empruntée à Pate, 1983, à l'exception de l'agilité et du temps de réaction. (127. PATTE RR, 1983) (Pour l'application de la méthode de la batterie EUROFIT, ([annexe 3](#)))

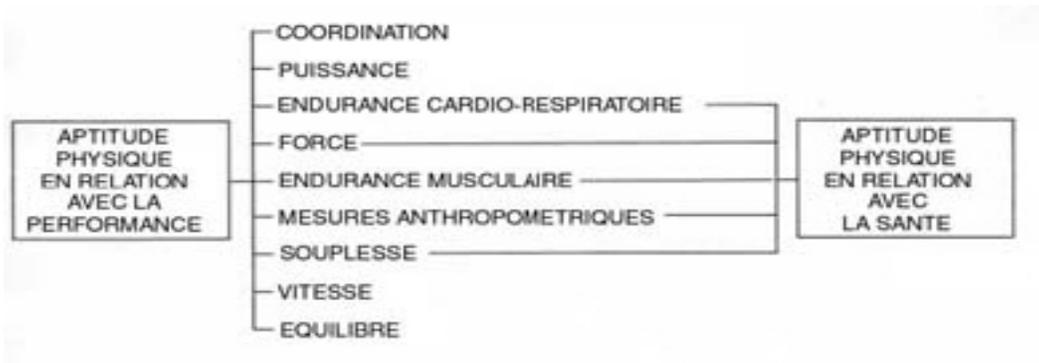


Figure 3 : diagramme des dimensions de l'aptitude physique (129)

II.1.1.2. Facteurs qui influencent la dépense d'énergie chez l'Être humain

Pour effectuer un travail physique donné, il faut une quantité d'énergie, et cette quantité est relativement constante d'un moment à autre et d'un individu à l'autre. Remarquons cependant que nous parlons d'un travail donné, mais si le travail en cause est changé, le coût énergétique le sera également. Des variations que nous qualifions de légères peuvent néanmoins exister, même dans le cas d'un travail physique donné. Les principales causes de ces variations sont :

II.1.1.2.A. L'âge de l'individu

L'âge, à l'intérieur de certaines limites i.e. à partir de la scolarisation et avant la sénescence, affecte peu la dépense énergétique pour une activité donnée lorsqu'elle est rapportée au poids corporel. Ainsi, pour une intensité donnée de marche, le coût énergétique s'accroît d'environ 5% de 25 à 75 ans. On considère généralement que cette source de variation est négligeable et ne devrait pas influencer les estimations des coûts énergétiques des activités physiques.

II.1.1.2.B. Le sexe de la personne

Les travaux de recherche disponibles sur cette question indiquent que les femmes et les hommes dépensent à peu près la même quantité d'énergie par kg de poids corporel pour effectuer un travail physique donné.

II.1.1.2.C. L'efficacité et habileté de la personne

L'impression de facilité et d'aisance gestuelles manifestée par des athlètes durant une performance sportive paraît être, dans une large mesure, le reflet de leur grande efficacité motrice. Celle-ci résulterait principalement de l'élimination des mouvements inutiles et des contractions parasitaires à la suite d'une pratique soutenue. Cette plus grande efficacité peut se traduire par une légère réduction du coût énergétique d'un travail donné. Ainsi, un marathonien d'expérience utilise environ 10% moins d'énergie pour courir à la même vitesse qu'un individu sans expérience.

II.1.1.2.D. Le type d'activité et le mode de pratique

Il est plus facile de mesurer le coût énergétique lorsque le travail est standardisé, dynamique et continu. Ainsi, le coût énergétique de la marche, de la course ou de la bicyclette, lors d'un effort constant, est relativement stable. Ce n'est toutefois pas le cas pour des activités intermittentes ayant des phases d'effort plutôt statique, tels que des exercices de lever, pousser, ou déplacement de charges importantes.

Par ailleurs, le coût énergétique des activités sportives de plein air dont l'intensité peut varier considérablement d'un moment à l'autre est plus imprécis. Tel est le cas pour des sports comme le tennis, le football, le baseball, et autres. De plus, le coût énergétique de ces activités varie également selon la position que l'on occupe et en fonction du rôle qu'on y joue. Par exemple, le gardien de but en hockey dépense généralement moins d'énergie qu'un joueur d'attaque. Dans la même ligne de pensée, les sports pratiqués en double (badminton, tennis, etc.) sont susceptibles d'être moins intensifs sur le plan énergétique que les mêmes sports pratiqués en simple. Le Tableau 7 donne les activités physiques de loisirs chez des sujets canadiens de 10 à 19 ans (130. STEPHENS T et al. 1990)

Genre et âge (ans)	Marcher	Jardinage	Nager	Monter à Bicyclette	Danseur
Garçons 10 - 14	57	34	77	90	25
Filles 10 - 14	62	26	87	86	46
Garçons 15 - 19	51	40	58	74	38
Filles 15 - 19	75	30	70	67	59

Tableau 7 : *Activités physiques de loisir chez les Canadiens de 10-19 ans. Les valeurs sont en pourcentage (%) de chaque groupe d'âge et genre de l'échantillon. (130)*

Le mode de pratique auquel on s'adonne pour une activité donnée est également à l'origine des variations dans le coût énergétique. Il est par exemple, possible de jouer au badminton dans un contexte récréatif où la performance réalisée n'aura que fort peu d'importance. *A contrario*, le badminton peut également être pratiqué dans un contexte compétitif où la performance et la préparation jouent un rôle majeur. Dans ce cas, il est évident que le l'effort sera plus intensif et que son coût énergétique plus élevé. Il existe donc des variations du coût énergétique en fonction du type d'activité et, pour une activité d'un type donné, en fonction du sexe, du mode de pratique et de l'expertise du pratiquant. C'est pourquoi on parle généralement du coût énergétique moyen d'une l'activité et du coût énergétique de pointe de cette même activité.

Les conditions environnementales

Il y a peu de différences dans la dépense énergétique pour la grande majorité des fluctuations climatiques, telles les variations de température, d'humidité et de l'altitude modérée. Ce qui change alors, est notre perception subjective de la difficulté du travail à effectuer. Cependant, la fréquence cardiaque associée à l'intensité de l'exercice augmente lorsque l'exercice est accompli dans des conditions d'humidité, de chaleur ou de grande altitude. Cette augmentation, n'a toutefois pas d'effets majeurs sur la dépense énergétique mais elle affecte la précision de l'estimation de la dépense énergétique par la mesure de la fréquence cardiaque. Néanmoins, si un facteur physique de l'environnement a pour conséquence de modifier la quantité de travail fait, il en résulte évidemment un changement dans la dépense d'énergie. La consommation maximale d'oxygène (VO_{2max}) diminue avec l'altitude et la baisse de VO_{2max} est déjà significative à 580 m (-1%) (131. RICHALET JP et al. 1999)

La maturation morphologique

Croissance, développement et maturation sont les termes utilisés pour décrire les modifications qui surviennent, dans le corps humain, lors de la conception jusqu'à l'âge adulte.

La *croissance* concerne l'évolution des dimensions corporelles. Le *développement* définit l'évolution des différentes fonctions. Enfin la *maturation* décrit les différentes étapes qui conduisent un tissu, ou un système, au stade de fonctionnement adulte. Le degré de maturation d'un enfant ou d'un adolescent est défini par : l'âge chronologique, l'âge osseux et le niveau de maturation sexuelle.

La période qui va de la naissance à l'âge adulte est divisée en trois phases : *la petite enfance* correspond à la première année de la vie, *l'enfance* est la période séparant le premier anniversaire du début de l'adolescence. On distingue, classiquement, la période préscolaire (avant le cours préparatoire) et la période scolaire ; *l'adolescence* est plus difficile à définir sur le plan chronologique, car son début comme sa fin, varient considérablement d'un sujet à l'autre, chez les filles elle se situe entre 8 et 19 ans et chez les garçons, entre 10 et 22 ans. (43. WILMORE JH et al. 2002)

La *puberté* est définie par l'apparition des caractères sexuels secondaires et la capacité à se reproduire. La fin de la puberté correspond à l'acquisition du développement et de la taille adultes.

Chaque âge, chaque stade de développement, est unique : les capacités physiologiques de la croissance de différents tissus et organes, qu'ils soient osseux, musculaires ou nerveux.

La croissance de l'enfant amène une évolution de la force, de ses aptitudes aérobies mais aussi motrices. Ses capacités physiques évoluent jusqu'à la maturité. Elles se maintiennent ensuite au même niveau, avant de décroître au fur et à mesure de l'avance en âge.

Les aptitudes motrices des garçons et des filles s'améliorent, avec l'âge, pendant les 18 premières années mais ont tendance à se stabiliser chez la fille au moment de la puberté.

La force augmente au fur et à mesure que la masse musculaire s'accroît avec l'âge. Le pic de force est atteint vers 20 ans chez les femmes et entre 20 et 30 ans chez les hommes. La force s'améliore de manière conséquente à la puberté chez les garçons, en raison des modifications hormonales qui surviennent à cette période : l'augmentation

des concentrations de testostérone. Chez les filles, l'augmentation d'œstrogènes à la puberté, facilite les dépôts de tissu adipeux.

Les principaux repères de la maturation morphologique sont :

La vitesse de croissance de la taille et principalement le pic de croissance (PHV : peak height velocity), l'âge chronologique, l'âge osseux et le niveau de maturation sexuelle ou pubertaire.

L'évaluation de la maturation pubertaire :

Le premier signe de la maturation pubertaire est une accélération de la vitesse de croissance de la taille. Cette vitesse de croissance atteint un sommet (PHV) de 10 cm/an vers 14±2 ans chez le garçon et de 9 cm/an vers 12±2 ans chez la fille. A partir de ce pic, la vitesse diminue jusqu'à l'arrêt à la taille adulte. (122. HEYTERS C, 1998)

La maturation pubertaire ou sexuelle est déterminée, chez la fille ; à partir du développement mammaire et du moment d'apparition des premières règles (Ménarche), chez le garçon à partir du développement du pénis, du scrotum et des testicules et dans les deux sexes à partir du volume et de la répartition de poils pubiens. La technique de Tanner (1962) est la plus fréquemment rencontrée pour évaluer les changements des manifestations physiques, propres des concentrations hormonales sexuelles. (Annexe 4) (132 TANNER JM, 1962, 133 MARSHALL WA, 1978). Il convient cependant de noter que l'évolution de la maturation des diverses caractéristiques retenues n'est pas nécessairement synchrone.

1.1. Objectifs des recherches

1.1.1. Exposé des motifs

L'évaluation de l'activité physique des enfants et des adolescents dans leurs activités quotidiennes est une préoccupation constante en termes de santé publique (sédentarité, pathologies métaboliques et dégénératives) et est un paramètre indispensable à toutes études se rapportant à l'énergétique, aux besoins nutritionnels, au coût des activités.

La santé est un concept largement utilisé, bien qu'il ne soit pas encore possible de la définir d'une manière parfaitement objective et universellement acceptable. On s'entend néanmoins pour reconnaître qu'une bonne santé est l'expression de deux réalités distinctes : l'absence de maladie et la possession d'un certain état de bien-être. Dans le contexte présent, il est postulé que l'amélioration de la condition physique, au même titre que les conditions psychologiques et sociales contribuent à élever la sensation de bien-être chez l'individu en lui permettant ainsi d'accéder à une santé plus florissante.

La pratique régulière d'une activité physique est une condition nécessaire pour améliorer significativement le niveau de condition physique. D'autres facteurs comme l'âge, le genre, les habitudes alimentaires et les autres habitudes de vie, exercent également une influence sur les variations que l'on observe dans la condition physique des individus.

Par ailleurs, on reconnaît généralement que le fait d'introduire la pratique régulière de l'activité physique dans son mode de vie a une valeur préventive vis-à-vis de certaines maladies trouvant un terrain d'éclosion propice dans l'hypokinétisme.

Les individus jouissant d'une bonne condition physique peuvent accéder à un style de vie et envisager des choix auxquels les individus en mauvaise condition physique ne peuvent même pas songer. Le niveau de condition physique maintenu et désiré par les individus varie selon les préférences, les besoins et les urgences rencontrés dans sa vie courante. La quantification de l'activité physique, comprise dans un sens très large, constitue une démarche utile caractérisée par diverses retombées avantageuses.

Pouvoir quantifier l'activité physique soit au regard de la demande métabolique, soit de ses exigences musculaires, présente le grand avantage d'accroître l'efficacité de la prescription des programmes de remise en CP. Sans information objective sur le coût énergétique critique ou moyen de diverses activités physiques communément pratiquées, il est difficile d'effectuer des propositions cohérentes et précises sur la nature et l'intensité des activités physiques à choisir.

Comme un certain nombre d'adultes des deux sexes possèdent une fonction cardiovasculaire diminuée avec un niveau variable de tolérance à l'effort physique, la quantification de l'activité physique comporte le grand avantage d'assurer la sécurité des programmes d'entraînement ou de reconditionnement physique. L'importance de la quantification est ici d'autant plus grande que la proportion des individus ainsi affectés s'accroît avec l'âge.

Quantifier en ce domaine est également utile à cause des conséquences pratiques au plan de la communication à tous les niveaux, i.e., entre les professionnels et les pratiquants et plus généralement avec le public. Cette dimension est particulièrement importante pour QAPACE chez les enfants et adolescents.

1.1.1. Initiation de l'étude

La Convention signée le 23 Juin, 1997 entre l'Université René Descartes Paris V-représentés par son président Pierre Villard pour le compte de la Faculté de médecine Cochin Port-Royal et l'Université "El Bosque" domiciliée à Colombie Bogota, Colombie, (pour le compte de la faculté de médecine, division des études supérieures) avait pour objet de promouvoir la coopération entre les deux Universités en développant leurs échanges dans le domaine de l'enseignement et de la Physiologie en Médecine et du Sport et en organisant les échanges d'étudiants et d'Enseignants (Annexe 1).

A l'époque j'étais le directeur de la spécialité de médecine sportive de l'Université El Bosque et c'est à ce titre que le professeur Michel Rieu m'a invité à venir visiter en octobre 1999 son *laboratoire de physiologie des adaptations* à la Faculté de Médecine Cochin-Port-Royal de L'Université René Descartes Paris.

La raison de cette visite était d'initier l'échange d'étudiants et d'enseignants des deux universités afin de former des chercheurs aux méthodes permettant d'évaluer le niveau d'activité physique réalisée notamment par les enfants et les adolescents afin de les transposer en Colombie dans le cadre de la prévention des maladies chroniques non transmissibles.

En 2000, le professeur Rieu m'a suggéré de mener une enquête de base pour connaître la quantité d'activité physique effectuée par les enfants et les adolescents de la capitale de la Colombie, Bogota (2640 m). À cette fin, le professeur m'a invité à faire un doctorat sur le sujet proposé.

Ainsi est née l'idée d'entreprendre une recherche dans le domaine des «Sciences du Sport, de la motricité et du Mouvement Humain, avec une étude intitulée « Quantification de l'Activité Physique en Altitude chez les Enfants et les Adolescents Scolarisés de Bogotá »

Cette étude de type épidémiologie descriptive a dû suivre les étapes suivantes:

En premier lieu, il fut nécessaire de présenter le projet de recherche à la Commission de la Recherche de l'Université El Bosque pour approbation. Cette démarche fut suivie d'une demande de parrainage pour bénéficier d'une année sabbatique et d'une mission pour étudier à Paris. Après étude du projet par la commission doctorale de l'Université René Descartes il m'a été possible de me préparer à cette recherche dans le Laboratoire du professeur Rieu au cours des années 2001-2003.

Simultanément, COLDEPORTES, Colombie (ministère des Sports) acceptait le parrainage potentiel du budget prévisionnel de l'étude égal à 300 millions de pesos (environ 120.000 Euros). Malheureusement COLDEPORTES fut l'objet d'un blocage administratif de ses comptes et le financement de la recherche fut annulé. L'étude a donc été entièrement financée par l'auteur du projet (Annexe 2).

Pendant mon séjour en France un état de l'art et un inventaire des outils utilisables ont été réalisés par mes soins. Puis, en me basant sur les données de la littérature scientifique internationale, j'ai été en mesure d'élaborer et de proposer un questionnaire spécifique pour les enfants et les adolescents scolarisés dans différentes institutions de Bogotá dépendant des ministères de la santé et de l'éducation, sans l'autorisation

desquels nous ne pouvions pas commencer l'étude. Cette approbation dépendait elle-même de l'avis du Comité d'Éthique et du Comité Technique-Administratif permettant d'avoir accès aux bases de données concernant les élèves autochtones des deux sexes et inscrits dans différentes écoles relevant de tous les niveaux socio-économique de la ville. Pour ce faire il a été nécessaire de créer un Comité d'Organisation de la Recherche pour finaliser le projet et le présenter aux entités ci-dessus.

En même temps, nous avons dû établir la stratégie de l'enquête, élaborer le guide du superviseur et constituer le groupe de collaborateurs composé de pédiatres, médecins du sport, médecins de famille, diplômés d'éducation physique. Ceux-ci ont reçu une formation de plusieurs mois.

Une fois reçu l'autorisation des ministères de l'éducation et de la santé, il a fallu créer la sélection de l'échantillon et envoyer une lettre aux écoles choisies au hasard pour remplir les critères d'inclusion (Annexes 21-25).

Les directeurs des écoles ont alors été invités pour être informés qu'avec l'autorisation du Maire de Bogotá leurs écoles avaient été sélectionnées pour l'enquête, l'école devant signer son consentement.

Cette lettre fut ensuite adressée au Secrétariat de l'éducation pour que soit accordé l'accès à l'école et obtenu la base de données des élèves répondant aux critères d'inclusion.

Le Comité d'Organisation dut ensuite organiser des réunions pour expliquer aux dirigeants et aux professeurs d'éducation physiques le type, les objectifs et le bien-fondé de l'étude, leur soutien étant indispensable pour réaliser, cours par cours, la sélection randomisée des élèves.

Ceci fut suivi d'une réunion d'information sur ce qui était l'étude, afin que les parents et l'enfant sélectionné signent une acceptation de l'étude et de l'enquête.

Certaines écoles des strates 5 et 6 ont refusé de mener cette étude, les écoles malgré l'accord de leurs médecins et des professeurs d'éducation physique, pour lesquels cette étude apparaissait importante et utile aussi bien pour les élèves que pour les parents. Mais le souci de sécurité contre les tentatives d'enlèvement ayant prévalu, il a donc été nécessaire de choisir d'autres écoles remplaçant celles précédemment sélectionnées.

Certains sujets n'ayant pas répondu en raison d'une maladie ou d'un retrait de l'institution il s'est révélé nécessaire de choisir à nouveau au hasard d'autres sujets pour les remplacer.

Après l'achèvement de ces lourdes démarches administratives il fut obligatoire d'établir un programme strict fixant des dates précises de passage dans chaque école pour mener tous les examens de l'étude. Le Comité de recherche a eu pour charge de suivre étape par étape le respect du programme des examens inclus dans le protocole et les essais effectués.

L'enquête s'est déroulée selon les étapes suivantes :

Phase 1. Pour la formation des chercheurs, et l'adaptation du questionnaire

Phase 2. Correction finale du questionnaire à partir des tests de compréhension

Phase 3. Analyse de la Faisabilité et de reproductibilité

Phase 4. Tests de Validation

Phase 5. Etude générale

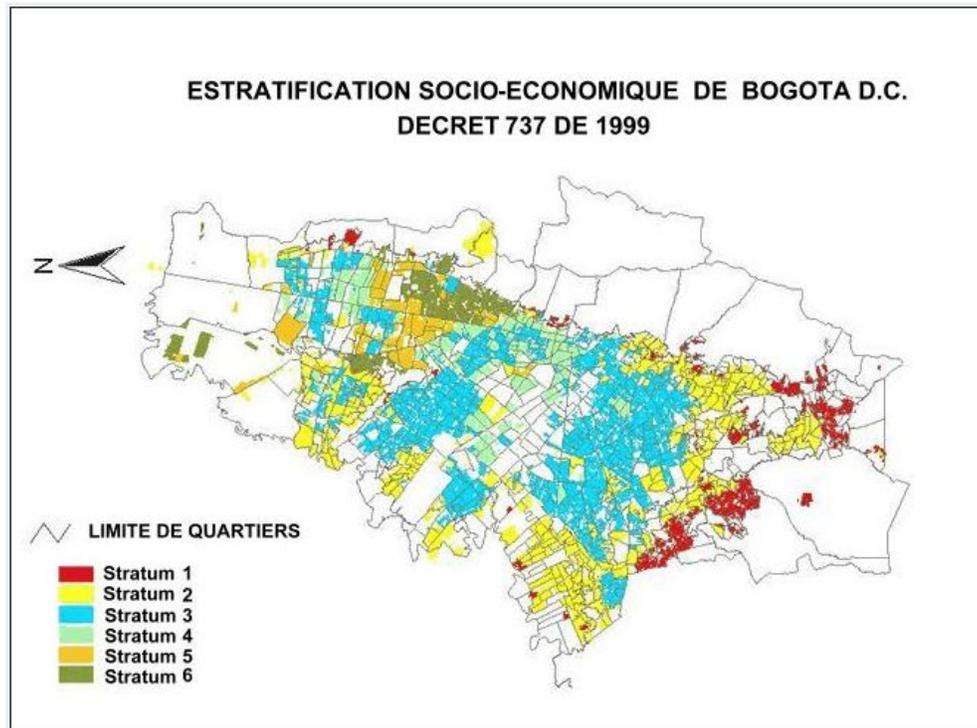
L'étude comprenait le questionnaire Enquête QAPACE, un examen médical complet pédiatrique, une détermination de la composition corporelle du somatotype, de l'âge biologique par Tanner, de la condition physique avec la batterie Eurofit. Lors des visites dans les écoles, un jour était au recueil des réponses au questionnaire effectué par groupes de 10 à 15 personnes et un autre jour à la réalisation des examens médicaux et des essais sur le terrain. Ces visites ont été très complexes à organiser, car il a fallu assurer le transport de l'équipe d'enquêteurs et de leurs outils de travail et trouver des espaces appropriés afin de respecter la vie privée des sujets. Parfois, à cause des changements climatiques, nombreux lors de la saison des pluies, nous avons dû annuler les essais jusqu'à ce que le temps se soit amélioré.

1.1.1. Localisation de l'étude

L'étude se déroule à Bogotá, centre politique, administratif, économique et culturel de la Colombie regroupant une population de 6.6 millions d'habitants. La ville est située sur un plateau de la cordillère orientale des Andes à une altitude de 2640 m au-dessus du niveau de la mer. Elle possède une surface totale de 1.732 km², une température moyenne annuelle de 14°C (57°F) et une pression barométrique égale à 560 mmHg. Sa monnaie est le peso colombien, sa langue officielle est l'espagnol. Située près de l'équateur, Bogotá ne possède pas de saisons et offre un climat agréable et homogène toute l'année.

La ville de Bogotá définit officiellement six niveaux socio-économiques (échelonnés de 1 à 6 le plus élevé) comme on peut les observer sur le plan de la cité (Figure 4 ; données 2002)

L'étude QAPACE, a été conduite sur un échantillon d'enfants d'âge scolaire dont la répartition couvre les 6 niveaux socio-économique décrit ci-dessous.



II.

Figure 4 : Stratification socio-économique par quartiers dans la ville de Bogota

Niveau Socio-économique	PEE*	Participation (%)
1 - 2	727.191	55.9
3 -4	648.823	38.0
5 - 6	190.349	6,1
TOTAL	1.572.925	100,0

Tableau 8 : Population en âge scolaire à Bogotá selon le niveau socio-économique – (2002). PEE : effectifs par niveau socio-économique de la Population d'âge Scolaire (Secrétariat d'Éducation de Bogotá D.C. Calculs Sous- direction d'Analyse Sectorielle)*

Au total cette étude a impliqué 2.160 enfants et adolescents des deux sexes, 1840 élèves ayant réalisé l'ensemble des examens.

1.1.1. Objectifs expérimentaux

1.1.1.1. Objectif général

Quantifier les diverses formes d'activité physique que pratiquent les jeunes de 8-16 ans, des deux genres, scolarisées dans la ville de Bogotá et recevant des cours d'éducation physique.

1.1.1.2. Objectifs spécifiques

Estimer par enquête la dépense d'énergie journalière moyenne annuelle des enfants et adolescents scolarisés de Bogotá selon les différents niveaux socio-économiques.

Mesurer et analyser les qualités physiques, l'âge pubertaire, le profil anthropométrique.

Mettre en rapport la dépense d'énergie liée à l'âge pubertaire, les activités physiques, et le niveau de développement anthropométrique.

Mettre en rapport la dépense d'énergie liée à l'activité physique et les niveaux socio-économiques des sujets.

1.1.1. Hypothèses

La principale question posée est celle de l'existence ou non d'un lien entre la dépense énergétique quotidienne et le niveau- socio- économique chez des enfants scolarisés vivant en altitude, en prenant en compte leur âge, leur genre et leur maturation sexuelle

1.1.1. Paramètres estimés

Moyenne arithmétique pondérée de la dépense d'énergie journalière moyenne annuelle en $\text{kJ.kg}^{-1}.\text{jour}^{-1}$.

Moyenne arithmétique pondérée de la dépense d'énergie journalière moyenne annuelle en $\text{kJ.kg}^{-1}.\text{jour}^{-1}$ en fonction de l'âge chronologique et pubertaire.

Moyenne arithmétique pondérée de la dépense d'énergie journalière moyenne annuelle en $\text{kJ.kg}^{-1}.\text{jour}^{-1}$ en fonction de la composition corporelle et le somatotype

Moyenne arithmétique pondérée de la dépense d'énergie journalière moyenne annuelle en $\text{kJ.kg}^{-1}.\text{jour}^{-1}$ en fonction de la condition physique.

Moyenne arithmétique pondérée de la dépense d'énergie journalière moyenne annuelle en $\text{kJ.kg}^{-1}.\text{jour}^{-1}$ percentiles: P3, P25, P50, P75 et P97 de la variable dépense d'énergie en $\text{kJ.kg}^{-1}.\text{jour}^{-1}$

II. Le propos de la présente étude est donc d'analyser et de quantifier l'activité physique réalisée par les enfants et adolescents scolarisés de Bogotá grâce à une enquête par questionnaire supervisé : l'étude QAPACE

II. Chapitre 2

I.1. Matériel et Méthodes

I.1.2. Type de recherche

Cette étude se présente sous forme d'une *étude épidémiologique descriptive* constituée d'une enquête transversale réalisée sur un échantillon représentatif de la population des enfants scolarisés dans les institutions scolaires de la ville de Bogotá. L'étude s'est déroulée d'août 2002 à décembre 2003.

I.1.3. Considérations éthiques et réglementaires

L'étude a suivi les recommandations de la déclaration d'Helsinki concernant les études sur l'être humain et les chartes de bonne pratique concernant le recueil de données individuelles

Un premier niveau a concerné l'approbation par l'Université Paris Descartes (Paris, France) et la Secretaría de Educación de Bogotá du protocole d'étude

Un second niveau a concerné l'autorisation par les directeurs des écoles concernées

Un troisième niveau a concerné le consentement exprès des parents à la participation de leurs enfants

I.1.4. Phases de l'étude

Cette étude s'est déroulée en cinq phases : les deux premières correspondent au développement du questionnaire QAPACE, les 2 suivantes à la reproductibilité du questionnaire et sa validation externe, la dernière à l'enquête sur échantillon représentatif de la population cible.

I.1.4.1. Phase 1

Elle s'est déroulée en deux étapes

I.1.4.1.A. Etape 1

Une première mouture d'un questionnaire en langue espagnole ayant pour objet la *Quantification de l'Activité Physique en Altitude chez les Enfants* (QAPACE) et de son guide d'emploi a été élaborée (NB) à partir des données de la littérature et testée auprès d'un groupe de médecins résidents, de médecins généralistes, de pédiatres, et de médecins du sport tous issus de l'Université El Bosque. Leur formation consista en un séminaire d'une semaine à temps complet, au cours duquel étaient décrits les objectifs de l'étude ainsi que les conditions d'applications de l'enquête, et enseignés les modes de détermination de l'évaluation anthropométrique, de l'âge biologique et de la condition physique. A titre d'exercice, chaque participant fut invité à remplir le questionnaire grâce à des proches ou des amis possédant des enfants de 8-16 ans, afin de se familiariser avec le questionnaire et à rapporter toutes les remarques concernant la compréhension des questions, la durée du questionnaires, les explications supplémentaires nécessaires. Le but de cette phase initiale était d'entraîner les enquêteurs à l'application du questionnaire d'en contrôler les incertitudes, ainsi que répondre aux doutes de la personne interrogée.

I.1.4.1.B. Etape 2

Le questionnaire QAPACE a été appliqué pour la première fois chez 400 élèves de niveaux scolaires distincts dans trois écoles choisies par convenance dans des zones de niveaux socio- économiques différents. Les mots et les questions qui n'étaient pas compris par les sujets testés étaient relevés, permettant d'améliorer l'instrument en reformulant ou supprimant des questions.

I.1.4.2. Phase 2: faisabilité

Après modification du questionnaire prenant en compte les insuffisances rencontrées, la compréhension et la faisabilité de la version actualisée du questionnaire ont été testées chez 324 jeunes scolaires randomisés, selon des strates de de niveaux d'éducation différentes et dans trois écoles sélectionnées par convenance selon des niveaux socio- économiques différentes. Les 324 sujets ont été sélectionnés en tenant compte des conditions suivantes : 6 étudiants pour chacun des 9 niveaux scolaires, pour

chacun des genres et pour chacun des trois groupes de niveaux socio-économiques définis par cette étude, c'est à dire $6 \times 9 \times 2 \times 3 = 324$ sujets.

Les corrections finales furent apportées en fonction des résultats de la consultation.

Le questionnaire QAPACE finalisé comprenait 18 questions réparties selon 13 catégories d'activités physiques quotidiennes, couvrant toute la période scolaire ou les activités réalisées au cours des vacances de l'année passée. (Tableau 10) (Annexe 5).

Catégorie	Questions	Description
1	1	Sommeil
2	2, 3	Faire sa toilette, s'habiller et se déshabiller
3	4, 5, 6	Repas
4	7, 8	Transport (à pied, à cheval en voiture, transport scolaire, le vélo, la moto, roller)
5	9, 10	Classe (assis en classe, travaux de classe à la maison, etc)
6	11	Education physique obligatoire
7	12	Autres activités à l'école: artistique (musique, danse, théâtre, arts, etc), des activités artisanales et sportives supplémentaires de loisirs.
8	13	Hors activités scolaires: sports divers et de loisirs (travail de bureau, l'observation de la télévision, les jeux vidéo, l'écoute de musique, lecture, activités sportives de loisirs, etc)
9	14	Activités religieuses
10	15	Comme item 8, mais pendant les vacances
11	16	Activités artistiques personnels non associés avec l'école
12	17	Compétition sportive et la formation
13	18	activités à la maison: balayer, essuyer, nettoyage, lavage, lessive, repassage, cuisine, garde d'enfants, jardinage, etc.

Tableau 9 : Catégories de l'activité physique avec leurs éléments correspondants dans le questionnaire QAPACE

1.1.4.3. Phase 3: Reproductibilité

L'épreuve pilote : reproductibilité et validité, a pu être initiée.

La reproductibilité des réponses apportées au questionnaire a été validée par un test-retest, les deux tests étant séparés par un intervalle de six semaines, délai habituellement reconnu comme évitant les phénomènes de mémorisation des réponses aux questions (McDowell recommande 28 - 90 jours). A partir de l'échantillon précédent des 324 jeunes scolaires, 162 sujets ont été tirés au sort incluant 3 sujets pour chaque niveau scolaire, pour chaque genre et chaque groupe socio- économique déterminés dans l'étude, c'est à dire $3 \times 9 \times 2 \times 3 = 162$ sujets. Finalement cet échantillon fut formé de 121 sujets.

En outre la dépense d'énergie journalière (DEJ, moyenne/année) a été estimée à partir des données issues du questionnaire et du « Compendium d'Activités Physiques » d'Ainsworth et al. (8. AINSWORTH BE et al 2000).

1.1.4.4. Phase 4 : Validation

Dans un quatrième temps, une mesure de la VO_{2pic} par méthode directe (test d'effort sur bicyclette ergométrique) et indirecte (test navette de Léger) a été effectuée chez 36 garçons et filles choisis parmi les 121 mentionnés ci-dessus.

Les résultats individuels des trois mesures (DEJ, VO_{2pic} par méthode directe, VO_{2pic} par méthode indirecte) ont été comparés selon la méthode statistique de Pearson.

La corrélation entre les VO_{2pic} directe et indirecte a été tracée avec la méthode de Bland Altman.

1.1.4.5. Phase 5 : Mise en œuvre du questionnaire sur un échantillon représentatif de 1840 enfants scolarisés de Bogota

1.1.4.5.A. Etendue et choix de l'échantillon

L'Échantillonnage a été calculé sur la base d'une population limitée à 457 écoles pour un total de 760.000 étudiants à partir d'une sélection aléatoire tenant compte des strates socio-économiques de la ville de Bogota et des données calculées des DEJ en

kJ/kg/jour estimées à partir du questionnaire et du « Compendium d'Activités Physiques » de Ainsworth.

Dans la population de l'étude pilote, la variance de la DEJ fut : 2521,044 avec un niveau de confiance de 95%, une erreur d'estimation de $2.43 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{jour}^{-1}$ et un écart type de $50.21 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{jour}^{-1}$

Dans ces conditions, la grandeur calculée de l'échantillon est de 1640 sujets scolarisés de 8 à 16 ans, des deux genres, nés et habitant à Bogotá.

L'étude a pris en compte le genre de l'étudiant, l'âge chronologique et biologique, le niveau socio-économique, le niveau scolaire, la composition corporelle, le somatotype et la condition physique.

Considérant les possibles abandons, refus, perdus de vue, ou réponses au questionnaire ininterprétables, l'effectif a été étendu à 2160 sujets. Pour des raisons de coûts, de temps et de facilité de déplacement du groupe d'investigateurs dans les différentes écoles, nous avons décidé de choisir de manière aléatoire 20 écoles et dans chacune d'entre elles ($2 \times 9 \times 6$) 108 sujets, également aléatoirement, afin d'obtenir une taille d'échantillon de 2160 étudiants. Finalement 1840 sujets ont rempli la totalité des épreuves établies. Ils répondent tous aux mêmes critères de répartition initiaux concernant le sexe, l'âge et le niveau socio-économique. (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia., ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

1.1.4.5.B. Critères d'inclusion et d'exclusion

- Sont inclus les étudiants nés à Bogotá et résidant de manière permanente dans cette ville, âgés entre 8 et 16 ans et scolarisés dans la zone urbaine, ayant reçu l'approbation du directeur de l'école, suivant des cours d'éducation physique.
- Sont exclus les enfants ou adolescents souffrant d'une maladie, ainsi que ceux ne pouvant réaliser des activités physiques. Les élèves enceintes.

I.1.4.5.C. Mode de calcul de la grandeur (n) de l'échantillon

$$n = \frac{Nb^2\sigma^2}{(N-1)e^2 + b^2\sigma^2}$$

$$n = \frac{760000*(1,96)^2(50,21)^2}{(759999)*(2,43)^2 + (1,96)^2*(50,21)^2} = 1640 \text{ sujets}$$

n = nombre de sujets de l'échantillon ; *e* = erreur d'estimation ; *sigma* : écart type ;

N = population totale d'enfants entre 8 et 16 ans.

Âge	Population totale	Population après correction*	Échantillon total Calculé	Échantillon total étudié	sous-échantillon calculé garçons	sous-échantillon étudié garçons	sous-échantillon calculé filles	sous-échantillon étudié filles
8	125306	87987	190	186	93	97	97	89***
9	124628	88852	192	211	94	94	98	117
10	124039	87015	188	241	92	119	96	122
11	122102	85717	185	196	91	97	94	99
12	119946	84204	182	191	89	93	93	98
13	117266	82259	177	218	87	104	90	114
14	116142	81502	176	196	86	98	90	98
15	114261	80205	173	192	85	98	88	94
16	117235	82259	177	209	87	104	90	105
Total	1.080.927	760.000	1640	1840	805	904	835	936

Tableau 10 : Population Scolaire de Bogotá entre 8-16 ans dans l'étude QAPACE : *
 Corrections : enfants non scolarisés : 53 185 (4, 9%) ; enfants non urbanisés : 267 742 (26,0%).
 Colonne 1 : les neuf groupes d'âges ; Colonne 2 : population totale en âge scolaire ; Colonne 3 : étudiants qui répondent aux critères d'inclusion ; Colonne 4 : échantillons calculés et étudiés

I.1.4.6. Diagrammes des flux à chacune des étapes de pré-sélection et sélection des écoles et des sujets participant à l'étude QAPACE

Figure 5 et la Figure 6 résument le processus de sélection en accord avec les recommandations CONSORT pour les études épidémiologiques.

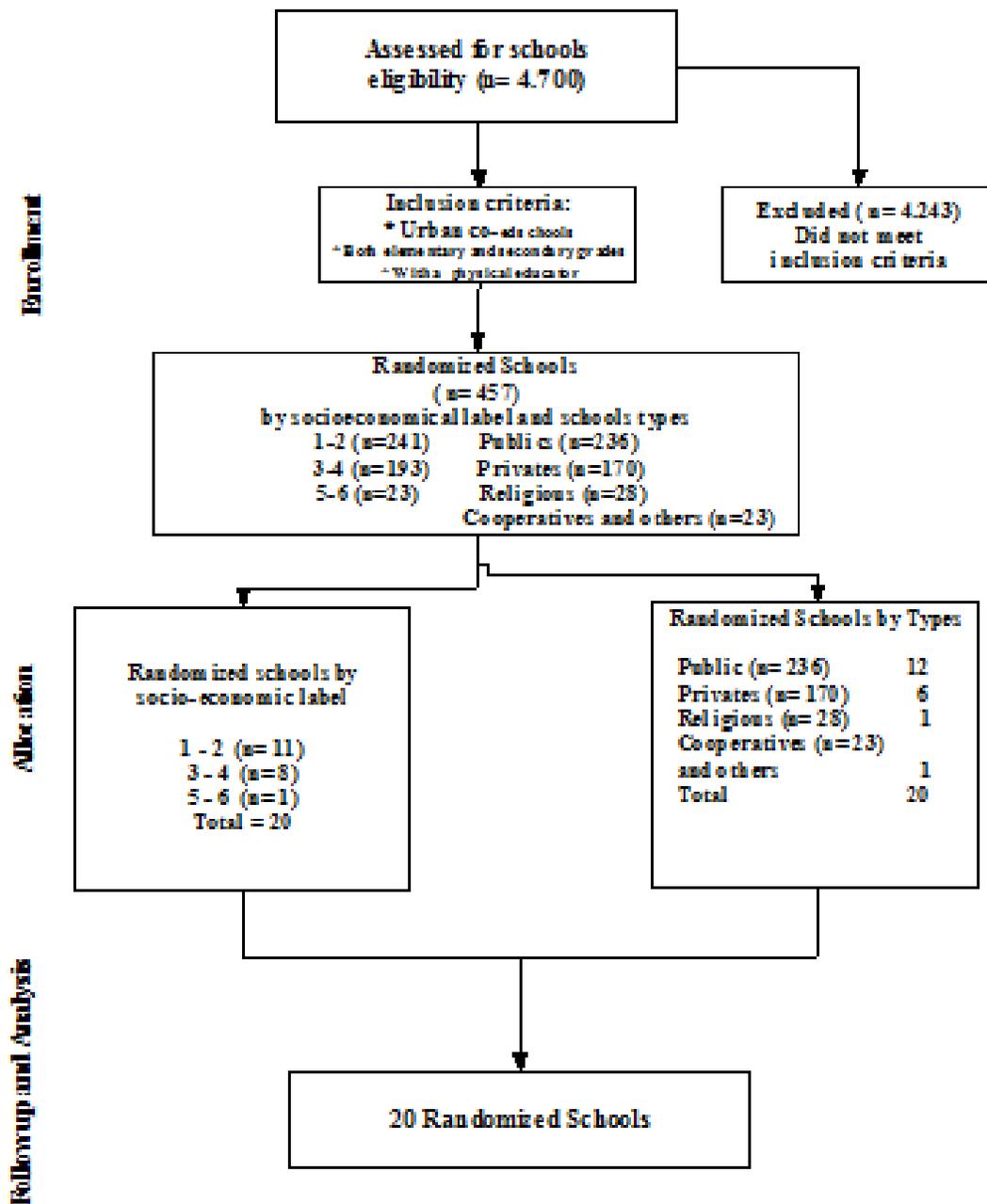


Figure 5: QAPACE Diagramme « Consort » de flux des écoles sélectionnées

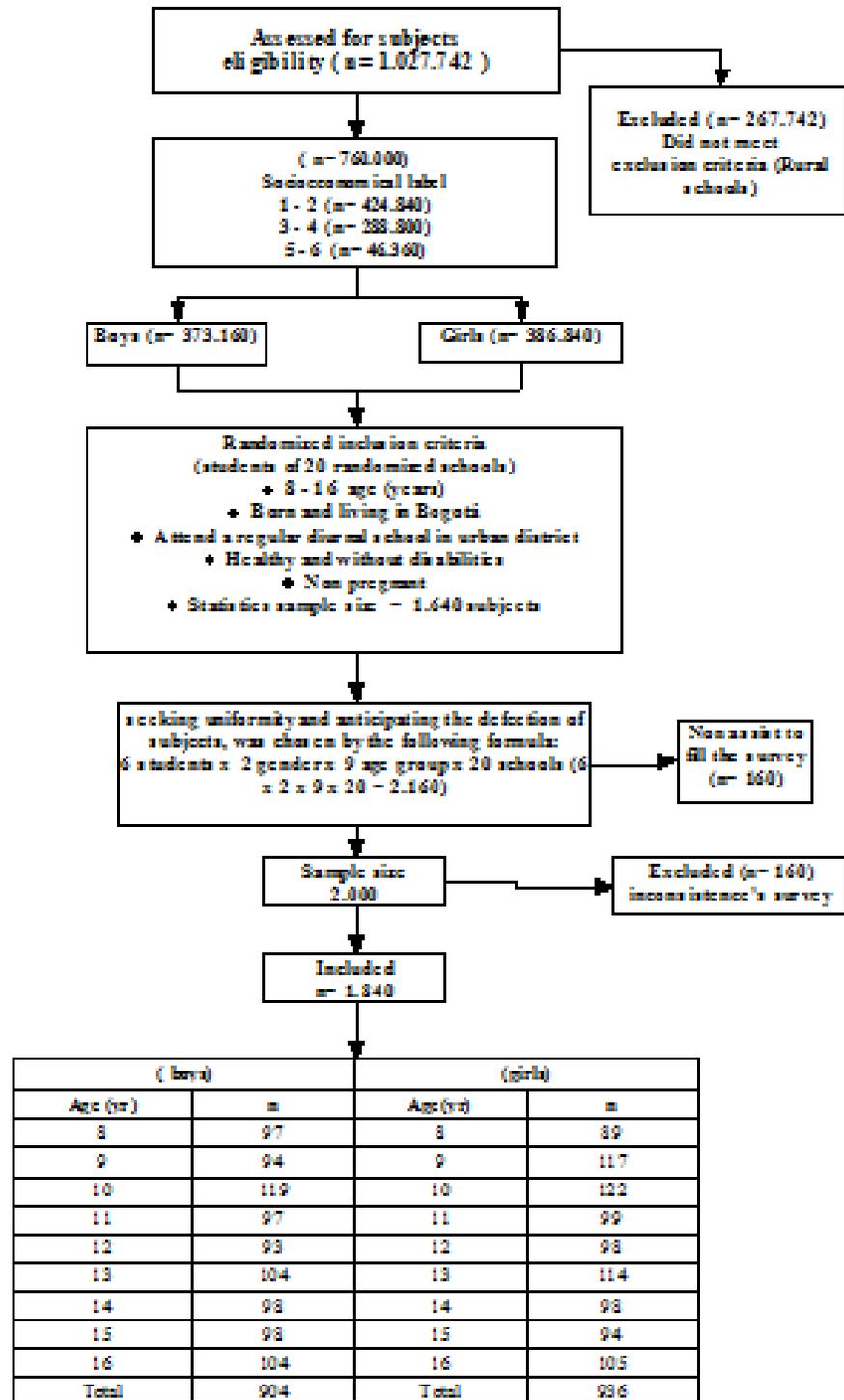


Figure 6: Diagramme « Consort » résumant la sélection des écoliers/ collégiens

I.1.5. Variables étudiées

I.1.5.1. Variable dépendante

La Dépense d'Énergie Totale journalière moyenne annuelle (DET_{ma}) en kJ/kg/jour,

I.1.5.2. Variables indépendantes

I.1.5.2.A. L'âge

L'âge chronologique de l'étudiant entre 8-16 ans.

L'âge biologique des étudiants classifié en stades de Tanner (pré-pubère), pubère et post-pubère)

I.1.5.2.B. Genre de l'étudiant

Masculin ou féminin

I.1.5.2.C. Niveau socio-économique de l'étudiant

La classification est partie des niveaux socio-économiques (NSE) en 6 strates, officiellement déterminés par le DANE (www.dane.gov.co). En les regroupant, trois niveaux ont été créés :

- NSE 1 :(Strate 1-2)
- NSE 2 :(Strate 3-4)
- NSE 3 :(Strate 5-6)

I.1.5.2.D. Niveau Scolaire

9 niveaux basés sur le niveau des classes de 3 à 11.

I.1.5.2.E. Anthropométrie

- Poids total, poids corporel maigre et poids de la graisse exprimé en kg
- Taille de l'élève exprimée en cm
- Surface corporelle = $[\text{Hauteur (cm)} \times \text{Poids (kg)} / 3600]^{0.5}$ selon la formule de Mosteller
- Plis cutanés exprimés en mm
- Diamètres corporels exprimés en cm.
- Périmètres corporels exprimés en cm

- Indice de masse corporelle selon la formule $IMC = \text{Poids (kg)} / \text{Hauteur (m}^2\text{)}$
- Composition corporelle exprimée en % masse grasse Selon l'équation de SLAUGHTER adaptée aux enfants et % masse maigre.

I.1.5.2.F. Somatotype suivant la méthode de Sheldon et de Heath & Carter.

I.1.5.2.G. Condition Physique évaluée par la batterie Eurofit.

I.1.5.2.H. Le pic de VO₂ mesuré selon deux méthodes:

- La méthode indirecte : 20-m Shuttle Run Test de LEGER
- La méthode directe : épreuve d'effort sur cyclo-ergomètre

I.1.5.2.I. L'âge biologique estimé à partir des indices de maturité sexuelle suivant la méthode de Tanner.

I.1.6. Mode de recueil des données

I.1.6.1. Bioénergétique

I.1.6.1.A. Estimation de la dépense énergétique en utilisant le questionnaire QAPACE

La Dépense d'Énergie Totale journalière moyenne annuelle (DET_{ma}) en kJ/kg/jour durant la période scolaire et la période de vacances a été estimée calculée à partir du recueil par questionnaire des activités physiques de l'étudiant, recueillies par type d'activité, durée (heures), fréquence (nombre de fois/semaine) et rapportées aux équivalences énergétiques telles qu'elles apparaissent dans le Compendium d'Ainsworth. (8. Ainsworth BE et al. 2000) et selon la formule du modèle construit pour l'enquête.

$$DEJ = (((f_{ps}(i).d_{ps}(i).280) + (f_{pv}(i).d_{pv}(i).85)) / 365) m(i)$$

La somme couvre toutes les activités possibles i ($i = 1$ à 13).

Pour chaque activité i ($i = 1$ à 13), $f(i)$ correspond à sa fréquence quotidienne, $d(i)$ à sa durée moyenne et $m(i)$ à son intensité en fonction du Compendium, ps correspond à la période scolaire et pv correspond à la période de vacances.

I.1.6.1.B. Evaluation du pic VO₂

- Méthode directe : ergospirométrie

Le protocole de Heberstreit (annexe 6) a été utilisé avec modification pour être adaptées à la population examinée (136. HEBERSTREIT H, et al. 2000) sur une bicyclette ergométrique calibré (ER900 Jaeger, Würzburg, Allemagne). L'épreuve d'effort était placée sous surveillance de la fonction cardiaque par ECG 12 dérivations et contrôle de la tension artérielle. Le rythme de travail a été initialement mis en place pour $0 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ de masse corporelle pendant 2 minutes, puis augmenté toutes les 2 min par $1 \text{ W}\cdot\text{masse kg}^{-1}$ corps. Après trois étapes de 2 min, y compris la phase initiale, le rythme de travail a été augmenté chaque min de $0,5 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ jusqu'à l'épuisement. La consommation maximale d'oxygène, exprimée en $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, a été déterminée à partir de l'analyse de l'air expiré échantillonné à intervalles de 30 secondes en utilisant un Oxycon Delta Jaeger. Simultanément ont été mesurés la fréquence cardiaque moyenne (CF battements/min) sur toute la durée de l'expérience, le quotient respiratoire (QR), le volume minute respiratoire (VMR) à la fois à la charge maximale, et le pic VO₂ (VO₂pic) dont les valeurs ont été secondairement convertis en $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ en utilisant : $1 \text{ Met} = 4.184 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1} = 1 \text{ kcal} = 0,207 \text{ L d'O}_2$ (8. AINSWORTH BE et al, 2000)

- Méthode indirecte: La capacité aérobie :

Le pic VO₂ a été évalué en utilisant le test de Léger (135. LEGER L et LAMBERT J, 1982). En conformité avec le protocole, les tours ont été comptés. Stade et du niveau ont été converties en pic VO₂ $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, en utilisant la formule suivante :

$$\text{VO}_2 \text{ max} = 31,025 - 3,238 * \text{Vitesse (km}\cdot\text{h}^{-1}) - 3,248 * \text{âge (ans)} - 0,1536 * \text{Vitesse (km}\cdot\text{h}^{-1}) * \text{âge (ans)}$$

I.1.6.2. Condition physique

Les paramètres suivants issus de la batterie Eurofit (annexe 3) ont été retenus :

- Test 1 : D'équilibre Flamingo (nombre d'essais pendant une minute)
- Test 2 : Frappe de plaques (temps en secondes et en dixièmes de seconde)
- Test 3 : Flexion du tronc en avant et en position assise (cm)
- Test 4 : Saut en longueur sans élan (cm)

- Test 5 : Dynamométrie manuelle (kg)
- Test 6 : Redressement station assise (nombre de redressements)
- Test 7 : Suspension bras fléchis (temps en dixièmes de seconde)
- Test 8 : Course navette 10 m. (temps en dixièmes de seconde)
- Test 9 : Course navette 20 m. (nombre de paliers et VO₂ en ml/kg/min)

I.1.6.3. Mesures anthropométriques

I.1.6.3.A. Variables anthropométriques courantes

- Le *poids* (Kg) des étudiants a été déterminé, les sujets portant des vêtements légers, sur une plate-forme calibrée (Seca Digital Floor Scales - Model 7700).
- La *hauteur* a été mesurée avec une précision de 0,1 cm avec la tête en position de Frankfurt et pris du sol au vertex. Toutes les données ont été stockées dans une base de données Visual FoxPro 6.0.
- Les *diamètres*, ont été mesurés avec le matériel anthropométrique type Holtain.
- Les *périmètres* ont été mesurés grâce aux bandes de Gullick.

I.1.6.3.B. Plis cutanés

Pour calculer le pourcentage de masse grasse, nous avons choisi l'équation de SLAUGHTER adaptée aux enfants à partir de la mesure de deux plis cutanés (triceps et sous-scapulaire) (123. SLAUGHTER MH et al. 1988) en utilisant un compas type Harpenden.

$$\% G = 1.33 (\text{triceps} + \text{sous-scapulaire}) - 0.013 (\text{triceps} + \text{sous-scapulaire})^2 - 2.5$$

Si la somme des deux plis est supérieure à 35 mm, il faut appliquer les équations suivantes :

Pour les garçons

$$\%G = 0.783 (\text{triceps} + \text{sous-scapulaire}) + 1.6$$

Pour les filles

$$\%G = 0.546 (\text{triceps} + \text{sous-scapulaire}) + 9.7$$

I.1.6.3.C. Somatotype

Le développement du caractère *endomorphe* est défini par l'échelle de Heath et Carter dont la valeur est obtenue à partir de la somme de 3 plis cutanés (le triceps, le sous-scapulaire et le supra-iliaque) le chiffre lu sur l'échelle devient le premier chiffre somatotype. Une valeur égale ou supérieure à 5 et écartée des 2 autres composantes de 2 unités au moins indique une dominance endomorphique.

Le caractère *mésomorphe* est défini à partir d'une confrontation de mesures de diamètres osseux (humérus et fémur) et des périmètres corrigés de leurs plis cutanés respectifs (bras et mollet avec la hauteur). On trouve ainsi le deuxième chiffre de la formule. Une dominance mésomorphique chez un sujet peut être illustrée par une formule 253.

Le caractère *ectomorphe* est représenté dans le troisième chiffre de la formule. Obtenu par le résultat du rapport $(\text{hauteur})^3 \times \sqrt{\text{poids}}$ (appelé aussi « indice de linéarité »). Un ectomorphe dominant peut avoir une formule 136.

Selon sa formule typologique, l'individu peut être situé dans un diagramme triangulaire à 3 axes. On peut ainsi trouver dans la littérature ou Internet la méthodologie d'application de la technique de Heath et Carter chez l'enfant. (126. HEBBELINCK M et al. 1973)

<http://www.somatotype.org/methodology.php>

I.1.6.4. Mesure de la force,

Effectuée grâce à l'utilisation d'un dynamomètre Grip-A TTK501 (0-100kg), Takei.

I.1.6.5. Définition de l'âge pubertaire par la technique de Tanner

Cette technique décrit 5 stades, à partir du développement de chaque caractéristique retenue : les seins, les organes génitaux, la pilosité pubienne (Annexe 4).

Chez les filles, les éléments suivants ont été recueillis : âge de la ménarche, développement mammaire (S1 à S5) et de la pilosité pubienne (P1 à P5), en lien avec l'âge chronologique et le niveau socio-économique.

Chez les garçons, les éléments suivants ont été notés : développement des organes génitaux (G1 à G5), et de la pilosité pubienne (P1 à P5) rapporté à chaque catégorie d'âge chronologique et au niveau socio- économique.

1.1.7. Traitement statistique

1.1.7.1. Analyse descriptive des données

Les quantités suivantes concernant la dépense énergétique, exprimée en kJ/kg/jour, pour les périodes scolaire et de vacances, respectivement, puis globale : moyennes arithmétiques, écarts types, percentiles (3%, 10%, 25%, 50%, 75%, 97%) en fonction des données anthropométriques (âge chronologique, poids, taille, genre), du développement pubertaire (âge biologique selon Tanner), du niveau socio-économique et de la condition physique des étudiants, les calculs concernant la dépense énergétique étant pondérés selon les durées respectives des périodes scolaires et de vacance.

Statistiques analytiques:

1. *Mesures de concordance:* Coefficient de corrélation intra-classe et Diagramme de Bland- Altman.
2. ANOVA 1 et 2 facteurs

Pour faciliter les calculs et la conversion, à partir du compendium, des activités physiques identifiées par le questionnaire en dépense d'énergie quantifiée, on a eu recours au logiciel Visuel Fox Pro 6.0, dans lequel a été intégrée la base de données QAPACE. <http://www.microsoft.com/vfoxpro>

1.1.7.2. Analyse de reproductibilité test- retest entre deux périodes

Les données résumées par leurs moyennes et écarts-types ont été comparées à l'aide de le CCI de Pearson avec son intervalle de confiance à 95 % (SPSS 21.0 du logiciel statistique, Chi, Ide IBM) ainsi que par la méthode graphique préconisée par Bland & Altman.

1.1.7.3. Etude de validation par rapport à une méthode de laboratoire de référence

Deux mesures de références ont été utilisées : 1) La concordance entre le pic de VO₂ directe et indirecte ; 2) La concordance entre VO₂ pic directe ou indirecte et la DEJ (kJ.kg⁻¹.jour⁻¹) moyenne/année

I.1.7.4. Analyse sur l'échantillon final

Les données ont été analysées avec un modèle de régression linéaire multivariée de type II. Les variables dépendantes (=à expliquer) étudiées ont été la taille, le poids, le temps de loisir exprimé en heures/ jour, la dépense énergétique quotidienne DEE (kJ/kg/jour) pendant la période scolaire (DEE-ST), pendant les temps de loisirs (DEE-LT), pendant les périodes de vacances (DEE- VT), ainsi que la dépense énergétique moyenne sur l'année (DEEm-TY). Les variables indépendantes (= explicatives) étaient le genre (garçon/ fille), l'âge (8-16 ans), la classe socio- économique SEL regroupée en 3 classes (1-2, 3-4, 5-6)

Les analyses ont été menées avec le logiciel SPSS, version 21 (IBM)

Les comparaisons post- hoc ont utilisé le test DMS incluant les termes liés aux facteurs fixes, des termes d'interaction et des tests d'homogénéité avec un seuil de significativité de

0.05. L'égalité des matrices de covariance sous l'hypothèse nulle a été vérifié par un Box test, les contrastes multivariés ont été vérifiés par les méthodes du Lambda de Wilk, les traces de Hotelling, la plus grande racine de Roy et les traces de Pillai.

II. Chapitre 3

II.1. Résultats

Phase 1 : formation des enquêteurs

La première démarche de formation des enquêteurs et de compréhension de l'instrument (QAPACE) révéla que le questionnaire devait être substantiellement réduit chaque fois que le nombre de questions était trop dense, notamment concernant les heures de repas (item 3), de transport (item 4) et de repos de l'enfant (item 8).

Les corrections nécessaires ont été réalisées avant que débute la deuxième phase.

Phase 2 : test de compréhension

Le Questionnaire QAPACE, est un questionnaire auto-administré et supervisé comprenant 18 questions réparties selon 13 catégories d'activités physiques quotidiennes, couvrant toute la période de l'école ou les activités réalisées au cours des vacances de l'année passée. (Tableau 11)

Catégorie	Questions	Description
1	1	Sommeil
2	2, 3	Faire sa toilette, s'habiller et se déshabiller
3	4, 5, 6	Repas
4	7, 8	Transport (à pied, à cheval en voiture, transport scolaire, le vélo, la moto, roller)
5	9, 10	Classe (assis en classe, travaux de classe à la maison, etc)
6	11	Education physique obligatoire
7	12	Autres activités à l'école: artistique (musique, danse, théâtre, arts, etc), des activités artisanales et sportives supplémentaires de loisirs.
8	13	Hors activités scolaires: sports divers et de loisirs (travail de bureau, l'observation de la télévision, les jeux vidéo, l'écoute de musique, lecture, activités sportives de loisirs, etc)
9	14	Activités religieuses
10	15	Comme item 8, mais pendant les vacances
11	16	Activités artistiques personnels non associés avec l'école
12	17	Compétition sportive et la formation
13	18	activités à la maison: balayer, essuyer, nettoyage, lavage, lessive, repassage, cuisine, garde d'enfants, jardinage, etc.

Tableau 11 : Catégories d'activité physique avec leurs éléments correspondants dans le questionnaire QAPACE

L'étude a été réalisée sur un échantillon aléatoire de 324 écoliers/ collégiens venant de trois écoles choisies par convenance. (Tableau 12)

Variables	Étude de compréhension		
	(8-10 ans)	(11-13 ans)	(14-16 ans)
n=324	108	108	108
Âge (ans)	9.1 (.8)	12.1 (.8)	15.0 (.8)
Taille (m)	1.36 (.08)	1.53 (.07)	1.61 (.07)
Poids (kg)	29.8 (5.1)	41.5 (7.5)	53.2 (7.6)
IMC (kg.m ⁻²)	16.2 (2.0)	17.7 (3.0)	20.4 (2.9)

Tableau 12 : *Étude de compréhension: description des variables anthropométriques, exprimés en moyenne (± écart-type), selon les différents groupes d'âge de l'échantillon de 324 enfants et adolescents*

Dans la catégorie 4 « transport », 49.6% des personnes interrogées ne connaissaient pas la distance entre leur domicile et l'école.

Dans la catégorie 12 « sport de compétition », 25% ont dit avoir exercé un sport de compétition, mais au moment d'expliquer le mot « compétition » en accord avec la définition de Malina, le nombre de participants est descendu à 4.9%. (137. MALINA RM, 1983)

Un autre point important fut l'introduction de mots ou expressions nouvelles comme par exemple : protéger les enfants, handball, instrument musical, lecture, camping et activités manuelles.

De la même manière, on a trouvé que le mot « ocio » incommodait la personne interrogée qui interprétait que le terme « ocio » était un synonyme de paresse, d'inaptitude, de négligence, pour le fait on l'a changé en « loisir ».

Généralement, les enfants sont incapables d'estimer avec précision la durée d'une activité. Pour eux, la durée d'une activité est directement liée à l'intensité du plaisir qu'ils éprouvent à sa réalisation. Pour rendre les choses plus faciles, en particulier pour les plus jeunes, différentes périodes de temps spécifiques (15 min, 30 min, 45 min 60 + min) ont été offertes, afin d'améliorer la précision tout en remplissant le questionnaire (61. MONTOYE HJ, 1996)

Un autre aspect observé dans cette phase d'application du questionnaire, fut celui du chronométrage du temps nécessaire pour le remplir, qui donna pour résultat, un temps variable selon l'âge des enfants. De 40 minutes en moyenne il était supérieur à celui rapporté dans d'autres enquêtes similaires, (15-20 minutes) (4. SALLIS JF et al. 1993, 138. KOWALSKI KC et al. 1997)

- Enfants entre 8-10 années: 45 minutes.
- Enfants entre 11-13 années: 40 minutes.
- Enfants entre 14-16 années: 35 minutes.

II.1.1. Phase 3 : reproductibilité

Chez 121 sujets issus du groupe précédent ont été calculée la variance (2521,044) et l'écart type ($\sigma = 50,21 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{jour}^{-1}$) de la dépense d'énergie estimée à partir des réponses au questionnaire et des équivalences énergétiques du Compendium (Tableau 13)

Variables	Étude		
	(8-10 ans)	Test re-test (11-13 ans)	(14-16 ans)
n=121	41	40	40
Âge (ans)	9.1 (.8)	12.1 (.8)	15.0 (.8)
hauteur (m)	1.35 (.07)	1.52 (.07)	1.61 (.08)
Poids (kg)	29.4 (4.8)	40.7 (8.0)	52.7 (7.9)
IMC ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	16.0 (2.0)	17.5 (2.8)	20.5 (2.8)

Tableau 13 : *Étude de reproductibilité : Caractéristiques des 121 enfants et adolescents étudiés dans la phase Test-retest*

Les Coefficients de Corrélation Intra-classe (CCI) des groupes triés par âge, grade, sexe sont présentés sur le Tableau 14.

Les graphiques Bland & Altman des DEJ correspondantes sont présentés sur les Figure 7 (population totale), Figure 8 (garçons) et Figure 9 (filles).

Chez la population de garçons et filles confondus (Figure 7), les limites inférieure et supérieure de deux écarts-types au-dessous et au-dessus de la différence moyenne

(8,5 kJ) étaient 515,5 et 532,5 kJ.24⁻¹ heures. La moyenne absolue était 7566 kJ. jour⁻¹ (SD 3521).

Chez les garçons (Figure 8), la différence moyenne était de 10,8 kJ avec des limites inférieures et supérieures de 546,2 et 567,8 kJ.24⁻¹ heures.

Chez les filles (Figure 9), la différence moyenne était de 4,5 kJ avec des limites inférieures et supérieures de 487,5 et 496,5.

Catégories	N	coefficient de corrélation intra-classe [95% CI]
Tous	121	.96 [.95 ; .97]
Âge (ans)		
8-10	41	.94 [.89 ; .97]
11-13	40	.98 [.96 ; .99]
14-16	40	.95 [.91 ; .98]
Sexe		
Homme	56	.98 [.96 ; .99]
Femme	65	.95 [.91 ; .97]
Grade		
école primaire	41	.98 [.97 ; .99]
École secondaire	80	.94 [.91 ; .96]
Période des activités		
Période de vacances	121	.97 [.96 ; .98]
période scolaire	121	.96 [.94 ; .97]
Niveau socioéconomique (voir la carte)		
1-2	46	.94 [.90 ; .97]
3-4	40	.98 [.96 ; .99]
5-6	35	.99 [.97 ; .99]
Activités		
1- Sommeil	121	.93 [.91 ; .95]
2- Toilette	121	.90 [.87 ; .93]
3- Repas	121	.97 [.96 ; .98]
4- Transport	121	.84 [.78 ; .89]
5- Salle de classe	121	.97 [.96 ; .98]
6- l'éducation physique obligatoire	121	.95 [.93 ; .97]
7- Autres activités à l'école	121	.94 [.92 ; .96]
8- hors activités scolaires	121	.96 [.94 ; .97]
9- Activités religieuses	121	.93 [.90 ; .95]
10- Vacances	121	.97 [.96 ; .98]
11- Activités artistiques personnels	121	.98 [.97 ; .99]
12- Compétition sportive	121	.98 [.97 ; .99]
13- activités à la maison	121	.89 [.85 ; .92]

Tableau 14 : Etude test-retest: coefficients de corrélation intra classe entre deux estimations de la dépense énergétique totale mesurée à deux moments différents à 6 semaines d'intervalle, sur une période d'un an dans l'échantillon aléatoire de 121 jeunes écoliers/ collégiens de Bogotá

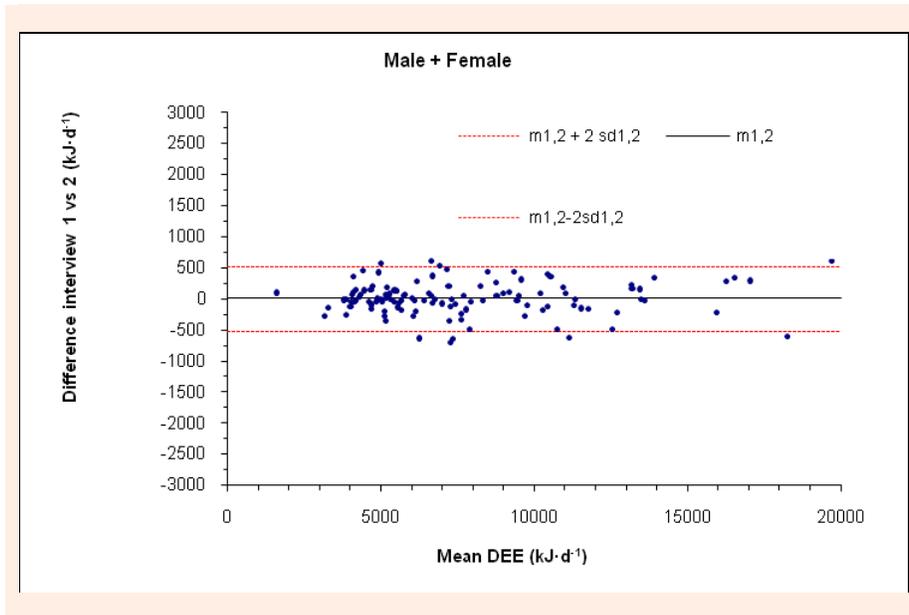


Figure 7 : Etude Test-Retest (Bland & Altman) différence des estimations quotidiennes des dépenses d'énergie entre les périodes de test-retest par rapport à leur moyenne correspondant à la totalité de l'échantillon.

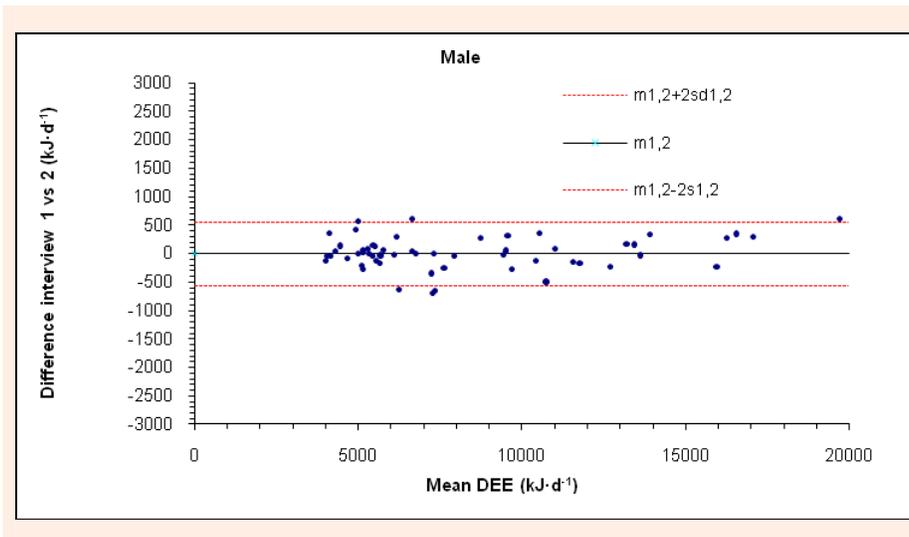


Figure 8 : Étude test-retest (Diagramme de Bland & Altman) : différence des estimations quotidiennes de dépenses d'énergie par rapport à leur moyenne correspondante de l'échantillon restreint aux garçons.

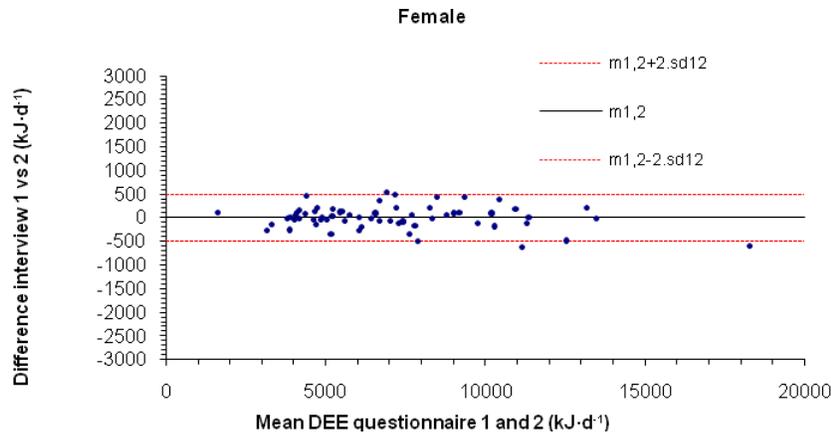


Figure 9 : Étude test-retest: (Bland & Altman) différence des estimations quotidiennes de dépenses d'énergie par rapport à leur moyenne correspondante de l'échantillon restreint aux filles

On peut noter (Tableau 14) que la corrélation la plus élevée correspond aux activités plutôt fixes (Activités 1 - 3 et 5-12), tandis que les plus basses correspondent à des activités plus variables (distance et mode de transport et activités à la maison).

Afin d'estimer la variabilité de la DEJ en fonction des activités quotidiennes enregistrées par le questionnaire, les durées moyennes de chacune des treize catégories d'activité sont indiquées sur le Tableau 15 dans lequel les catégories 1 – 3, 9, 11-13 correspondent à des activités assez stables toute l'année, alors que les catégories 4-7 et 8 correspondent à des activités stables uniquement pendant la période scolaire. Dans les 7 x 24 heures = 168 heures par semaine, une moyenne de 157 h (93,5%) en période scolaire et 145,2 h (86,4%) en vacances, correspondent à des activités fixes et régulières, ne laissant que 6,5% et 23,6%, de la variabilité de l'activité physique pendant les périodes considérées.

Catégorie	Questions	Description	Période d'école (Heures / semaine)	Période de vacances (Heures / semaine)
1	1	Sommeil	56.0 (7.0)	56.0 (7.0)
2	2, 3	Faire sa toilette, s'habiller et se déshabiller	2.7 (1.75)	2.7 (1.75)
3	4, 5, 6	Repas	7.8 (1.4)	7.8 (1.4)
4	7, 8	Transport (à pied, à cheval en voiture, transport scolaire, le vélo, la moto, roller)	4.2 (.33) 1.5 (.25) 5.8 (.37)	NA
5	9, 10	Classe (assis en classe, travaux de classe à la maison, etc)	42.5 (5.0)	NA
6	11	Education physique obligatoire	3.0 (1.0)	NA
7	12	Autres activités à l'école: artistique (musique, danse, théâtre, arts, etc), des activités artisanales et sportives supplémentaires de loisirs.	2.5 (.75)	NA
8	13	Aucun des activités scolaires: sports divers et de loisirs (travail de bureau, l'observation de la télévision, les jeux vidéo, l'écoute de musique, lecture, activités sportives de loisirs, etc)	17.5 (.5)	NA
9	14	Activités religieuses	.75 (.25)	.75 (.25)
10	15	Comme item 8, mais pendant les vacances	NA	59.5 (7.0)
11	16	Activités artistiques personnels non associés avec l'école	2.0 (.5)	2.0 (.5)
12	17	Compétition sportive et formation	9.0 (6.0)	9.0 (6.0)
13	18	Activités à la maison: balayer, essuyer, nettoyage, lavage, lessive, repassage, cuisine, garde d'enfants, jardinage, etc.	7.5 (.75)	7.5 (.75)

Tableau 15 : Moyenne (ET) des durées des différentes catégories d'activités physiques pendant une semaine durant l'année scolaire et représentant les périodes de vacances, mesurée dans l'échantillon aléatoire des 121 enfants de l'échantillon test- retest. NA: non applicable

II.1.2. Phase 4 : validation

II.1.2.1. Les méthodes de validation

Chez 36 sujets des deux sexes, choisis au hasard parmi les 121 sujets précédents, le pic de VO₂ a été mesuré selon deux méthodes directe (épreuve d'effort sur ergo-cycle) et indirecte (test navette de Léger) et la dépense d'énergie journalière moyenne (DEJ) estimée à partir des données de QAPACE rapportées au Compendium de. Les résultats ont été traités par la méthode de Bland - Altman.

Variable	Tous (N = 36)	Garçons (N = 18)	Filles (N = 18)
Âge (ans)	12.0 (2.6)	12.0 (2.7)	12.0 (2.7)
Poids (kg)	41.9 (12.4)	42.7 (16.3)	41.2 (6.9)
Hauteur (m)	1.42 (.14)	1.42 (.16)	1.42 (.12)
Mesure indirecte VO ₂ pic (ml • kg ⁻¹ • min ⁻¹)	42.7 (6.0)	46.2 (5.9)	39.1 (3.6)
Mesure directe VO ₂ max (ml • kg ⁻¹ • min ⁻¹)	44.5 (8.7)	49.9 (7.7)	39.2 (5.8)
Pic de Fréquence cardiaque (battements • min ⁻¹)	186.7 (9.9)	188.6 (8.3)	184.8 (11.1)
Quotient respiratoire	1.00 (.07)	1.02 (.08)	1.00 (.06)
Volume respiratoire minute (L • min ⁻¹)	66.7 (17.9)	73.4 (20.3)	60.0 (12.1)
Période scolaire DEJ (kJ • kg ⁻¹ • jour ⁻¹)	133.3 (26.1)	143.7 (30.0)	123.0 (16.4)
Période de vacances DEJ (kJ • kg ⁻¹ • jour ⁻¹)	100.4 (25.6)	108.4 (28.7)	92.5 (18.2)
DEJ Totale année moyen (kJ.kg ⁻¹ .jour ⁻¹)	125.7 (24.9)	135.5 (28.8)	115.9 (15.6)

Tableau 16 : échantillon de validation. Statistiques descriptives pour l'échantillon total et par sexe. Moyennes (\pm SD)

La validation a été basée sur l'étude de deux relations :

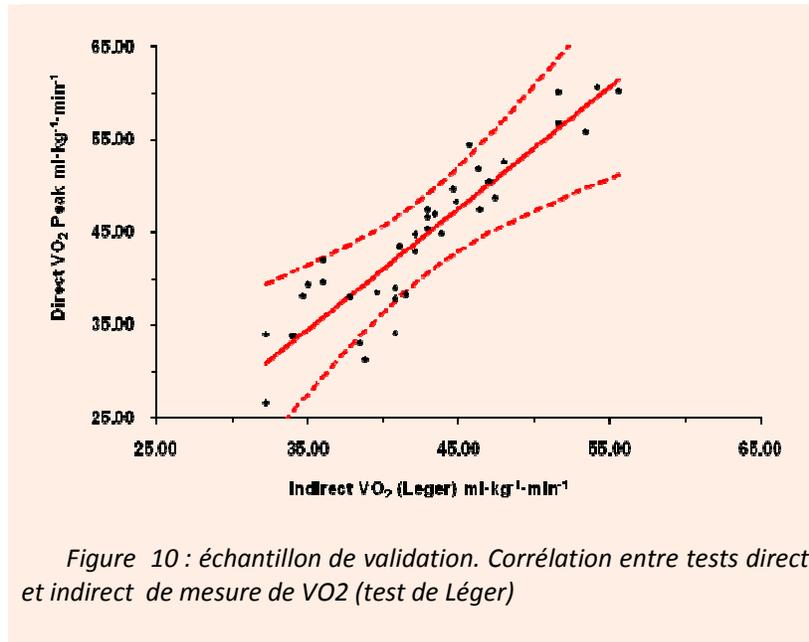
La comparaison entre les VO₂pic déterminées par méthode directe et indirecte

La corrélation entre d'une part les VO₂pic déterminées par méthode directe et indirecte et d'autre part la DEJ (kJ.kg⁻¹.jour⁻¹) moyenne totale année.

II.1.2.2. Comparaison entre les VO₂pic déterminées par méthode directe et indirecte

Les valeurs moyennes de la Fréquence cardiaque observée, le QR et le VMR suggèrent la bonne qualité de la charge atteint par les élèves au cours du test du pic de VO₂.

La relation entre les mesures directes et indirectes de la VO₂ max est représentée sur la Figure 10. L'ICC générale étant 0.91 (p <0.01), [0.96 (garçons) et 0.67 (filles)]



II.1.2.3. Comparaison entre les VO₂pic mesurées et les DEJ estimées

La moyenne de la dépense d'énergie journalière (DEJ) chez la totalité de la population étudiée (36 garçons et filles) est : 125.7 (SD 24.9) kJ•kg⁻¹•jour⁻¹ ; la DEJ pour les garçons est de 135.5 (SD 28.8) kJ•kg⁻¹ •jour⁻¹ et de 115.9 (SD 15.6) kJ•kg⁻¹•jour⁻¹ pour les filles.

Les valeurs moyennes de la DEJ sont dans tous les cas (période scolaire ou de vacances) plus élevées chez les garçons que chez les filles, qu'elles soient considérées sur une année totale ou séparément pendant la période scolaire ou celle de vacances (Tableau 16).

Le CCI (CCI) de Pearson entre la mesure indirecte de la VO₂max et la moyenne globale de la DEJ est de 0.56 (p <0,0001) est représenté dans le Tableau 17.

Le CCI de Pearson entre la mesure directe de la VO₂max et la moyenne globale de la DEJ est de 0.69 (p <0.00001).

Il reste élevé pour la période scolaire et la période de vacances. Il est plus faible dans le groupe des femmes par rapport au groupe des garçons et augmente avec la tranche d'âge.

Les graphiques de Bland et Altman entre la DEJ et le pic de VO₂ (méthode directe et indirecte) sont présentés dans les Figure 11 et Figure 12.

	VO ₂ Indirect		VO ₂ Direct	
	CCI	95% CI	CCI	95% de IC
Tous (N =36)				
Période (280 jours) (kJ·kg ⁻¹ ·jour ⁻¹)	.54 **	.26-.74	.67 **	.43-.82
Période Vacances (85 jours) (kJ·kg ⁻¹ ·jour ⁻¹)	.52 **	.23-.72	.64 **	.40-.80
période de douze mois (kJ·kg ⁻¹ ·jour ⁻¹)	.56 **	.28-.75	.69 **	.40-.80
Garçons (N =18)				
Période (280 jours) (kJ·kg ⁻¹ ·jour ⁻¹)	.43 *	-.04 -.75	.59 **	.18-.83
Période Vacances (85 jours) (kJ·kg ⁻¹ ·jour ⁻¹)	.46 *	-.01-.76	.63 **	.23-.85
période de douze mois (kJ·kg ⁻¹ ·jour ⁻¹)	.45 *	-.01-.76	.63 **	.22-.84
Filles (N =18)				
Période (280 jours) (kJ·kg ⁻¹ ·jour ⁻¹)	.34	-.15-.69	.57 **	.14-.82
Période Vacances (85 jours) (kJ·kg ⁻¹ ·jour ⁻¹)	.37	-.11-.71	.55 **	.11-.81
période de douze mois (kJ·kg ⁻¹ ·jour ⁻¹)	.37	-.12-.71	.61 **	.18-.83
(8-10 années) (N =12)				
Période (280 jours) (kJ·kg ⁻¹ ·jour ⁻¹)	.44 *	-.18-.81	.64 **	.10-.89
Période Vacances (85 jours) (kJ·kg ⁻¹ ·jour ⁻¹)	.39 **	-.23-.79	.57 *	.00-.86
période de douze mois (kJ·kg ⁻¹ ·jour ⁻¹)	.44*	-.18-.81	.64 **	.10-.89
(11-13 années) (N =12)				
Période (280 jours) (kJ·kg ⁻¹ ·jour ⁻¹)	.71 **	.23-.91	.69 **	.20-.91
Période Vacances (85 jours) (kJ·kg ⁻¹ ·jour ⁻¹)	.78 *	.36-.93	.78 **	.38-.94
période de douze mois (kJ·kg ⁻¹ ·jour ⁻¹)	.78 **	.36-.93	.76 **	.34-.93
(14-16 years) (N =12)				
Période (280 jours) (kJ·kg ⁻¹ ·jour ⁻¹)	.82 **	.46-.95	.89 **	.64-.97
Période Vacances (85 jours) (kJ·kg ⁻¹ ·jour ⁻¹)	.73 **	.28-.95	.78 **	.38-.94
période de douze mois (kJ·kg ⁻¹ ·jour ⁻¹)	.82 **	.47-.95	.89 **	.64-.97

Tableau 17 : échantillon de validation. CCI et intervalle à 95% de confiance (IC à 95%) des mesures directes et indirectes des VO_{2picr} estimées pendant la période scolaire, les vacances ou l'année entières selon le sexe et l'âge du groupe. * p < 0.05 ; ** p < 0.01

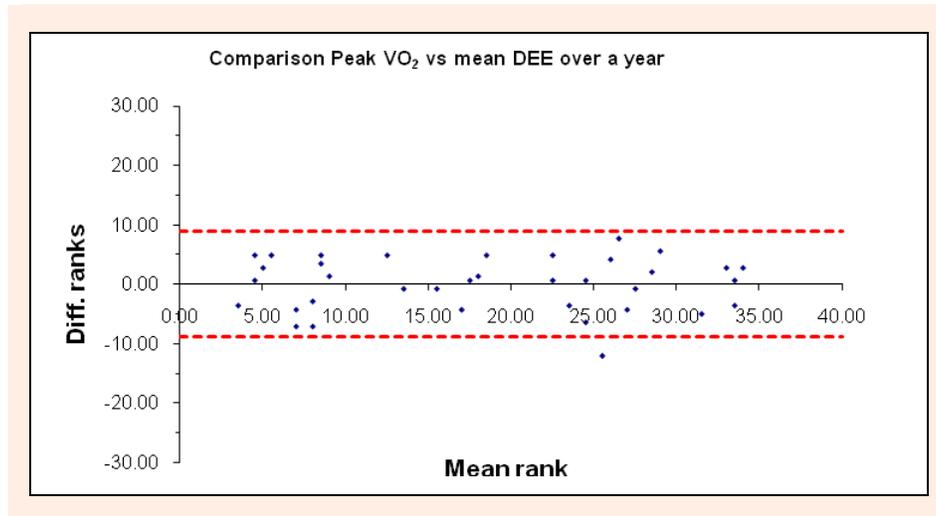


Figure 11 : Echantillon de validation. Graphique Bland-Altman montrant la relation entre la dépense énergétique quotidienne moyenne et le pic de VO₂ directe basée sur les valeurs correspondantes de la VO₂ directe et la moyenne DEJ. Les 2 grandeurs, exprimées dans des unités différentes, sont comparées à partir de leurs rangs respectifs

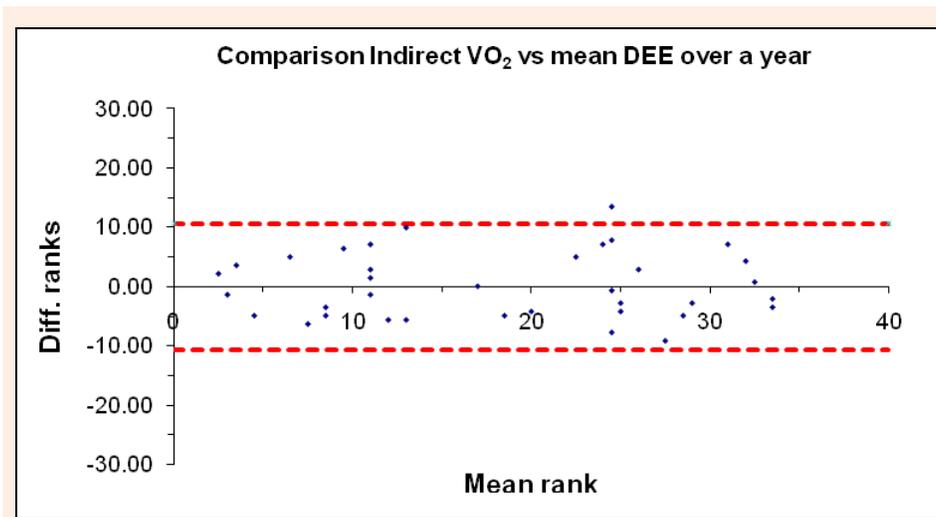


Figure 12 : Graphique Bland-Altman montrant la relation entre la dépense énergétique quotidienne moyenne et la VO₂ indirecte, basée sur les valeurs correspondantes de la VO₂ indirecte et la moyenne DEJ. Les 2 grandeurs, exprimées dans des unités différentes, sont comparées à partir de leurs rangs respectifs

Phase 5 : l'étude générale

Mesure de la dépense d'énergie suivant l'échantillon

L'estimation de la dépense d'énergie a été réalisée chez les 1840 sujets de l'échantillon ayant remplis toutes les épreuves, en tenant compte de l'âge biologique, la composition corporelle, le somatotype et la condition physique. Pour la classification nous avons aussi pris en compte, l'âge chronologique, le genre et le niveau socio-économique.

La description des caractéristiques des sujets qui ont participé à cette étude, peut s'observer dans le **Tableau 19**.

Quelques un des résultats principaux observés dans cette étude de quantification des activités physiques, ont permis de noter l'importance de l'âge, de la dépense d'énergie en période scolaire et de vacances ainsi que la dépense d'énergie moyenne pondérée.

Catégories	Questions	Description	Période scolaire (Heures/semaine)	Période de vacances (Heures/semaine)
1	1	Sommeil	57.73 ± 6.32	57.73 ± 6.32
2	2, 3	Toilette, se laver, s'habiller se déshabiller	2.95 ± 0.93	2.95 ± 0.93
3	4, 5, 6	Repas, petit déjeuner, déjeuner, dîner	7.97 ± 2.63	7.97 ± 2.63
4	7, 8	Mode de transport - Marcher a pied - Monter en voiture ou en bus - Autres comme bicyclette, patin à roulettes Global	4.55 ± 1.34 4.81 ± 1.24 4.17 ± 3.47	NA
5	9, 10	Travaux en salles de classe + devoirs scolaires à la maison	35.06 ± 5.29	NA
6	11	Education physique obligatoire	2.2 ± 0.51	NA
7	12	Autres activités à l'école: artistiques comme, la danse, le théâtre, activité manuelles	1.81 ± 0.80	NA
8	13	Autres activités en dehors de l'école: mélange d'activité comme regarder la télévision, jouer aux jeux vidéo, écouter de la musique, lire	18.45 ± 14.4	NA
9	14	Activités religieuses	1.76 ± 1.89	1.76 ± 1.89
10	15	Idem 8 mais durant les vacances scolaires	NA	16.1 ± 17.16
11	16	Activités personnelles artistiques non associés avec l'école	4.78 ± 3.58	4.78 ± 3.58
12	17	Sports de compétition et entraînement (rare chez nos étudiants)	6.43 ± 3.51	6.43 ± 3.51

Tableau 18: Temps moyen (heures/semaine) des catégories différentes, durant une semaine de référence, durant la période scolaire et de vacances

Tous les sujets de l'échantillon ont été classés en fonction des activités rapportées à l'âge chronologique situé entre 8 et 16 ans, la dépense d'énergie étant croisée avec le genre, la taille, le poids, la superficie corporelle, l'indice de masse corporelle, le pic de VO₂ indirect, le temps de loisir et le niveau socio-économique.

Dans cette étude la moyenne d'âge des garçons fût de 12.01 ± 2.58 ans et les filles 11.96 ± 2.56 ans.

D'autre part la DEJ a été calculée de trois manières différentes, en prenant pour pondération 280 jours par période scolaire et 85 jours pour l'époque de vacances.

Dans les autres tableaux (Tableau 19:, Tableau 20), les résultats de DEJ sont rapportés au poids des sujets.

En période scolaire, la DEJ moyenne est 161.45 ± 45.99 kJ/kg/jour chez les garçons et 155.52 ± 39.73 kJ/kg/jour chez les filles.

Pendant les vacances scolaires la DEJ moyenne est 199.91 ± 20.03 kJ/kg/jour chez les garçons et 198.99 ± 16.37 kJ/kg/jour chez les filles.

Variables	Garçons	Filles
Âge (ans)	12.01 (±2.58)	11.96 (±2.55)
Poids (kg)	39.99 (±12.47)	39.70 (±11.54)
Hauteur (cm)	147.24 (±15.86)	144.77 (±12.59)
Indice de masse Corporelle (IMC)	17.99 (±2.62)	18.52 (±3.02)
MaxVO2 indirecte (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	43.48 (±4.61)	40.51 (±4.71)
Temps de loisir (h / jour)	5.77 (±1.35)	5.98 (±1.38)
DEJ temps de loisir (kJ.kg ⁻¹ .jour ⁻¹)	59.86 (±44.19)	53.81 (±37.13)
DEJ temps scolaire (kJ.kg ⁻¹ .jour ⁻¹)	161.45 (±45.99)	155.52 (±39.73)
DEJ temps vacances (kJ.kg ⁻¹ .jour ⁻¹)	199.91 (±20.03)	198.99 (±16.37)
DEJ Totale année moyen	170.40 (±38.17)	165.65 (±32.77)

*Tableau 19: Dépense d'énergie en MJ/jour (valeurs absolues) des sujets de l'échantillon suivant le genre. Moyenne arithmétique pondérée, minimum, maximum, écart type (ET). *** p < 0.001*

Les moyennes pondérées de DEJ pour les deux périodes précédentes cumulées sont 170.40 ± 38.17 kJ/kg/jour pour les garçons et de 165.65 ± 32.77 kJ/kg/jour pour les filles, respectivement. Le calcul de la DEJ, tant en valeurs absolues qu'en valeurs relatives, montrent des différences significatives en faveur des garçons, après ajustement sur le poids total et le poids maigre.

Description Genre	n	Min (kJ/kg/jour)	Moyenne** (kJ/kg/jour)	Max (kJ/kg/jour)	ET
Masculin	904	129.70	170.40±38.17	328.74	38.17
Féminin	936	126.90	165.65±32.71	386.98	32.71

Tableau 20 : Dépense d'énergie en kJ/kg poids corporel total/ jour en fonction du genre. Moyenne arithmétique pondérée, minimum, maximum, écart-type (ET). **p <0.01

Description Genre	n	Min (kJ/kg/jour)	Moyenne ** (kJ/kg/jour)	Max (kJ/kg/jour)	ET
Masculin	904	146.62	206.55±46.93	440.75	46.93
Féminin	936	148.69	211.81±44.41	463.47	44.41

Tableau 21 : Dépense d'énergie en kJ/kg poids maigre/jour en fonction du genre. Moyenne arithmétique pondérée, minimum, maximum, écart-type (ET). ** p < 0.02.

Description Groupe d'âge	Genre	n	Min (kJ/kg/jour)	Moyenne (kJ/kg/jour)	Max (kJ/kg/jour)	Z	p-valeur
8	M	97	131.46	163.75±33.53	280.83	1.40	0.16
	F	89	130.92	157.71±25.20	249.16		
9	M	94	132.01	163.77±32.25	272.25	0.29	0.77
	F	117	131.46	162.53±29.82	265.35		
10	M	119	131.13	165.68±37.48	318.28	-0.27	0.79
	F	122	128.37	166.97±37.42	312.34		
11	M	97	132.55	173.06±35.90	276.27	-0.38	0.71
	F	99	131.25	171.00±39.09	284.18		
12	M	93	129.70	177.59±45.10	322.34	2.14	0.02*
	F	98	129.66	165.50±31.51	254.39		
13	M	104	131.96	172.53±40.01	287.65	0.96	0.35
	F	114	130.71	167.56±36.39	386.98		
14	M	98	130.37	171.30±39.28	306.48	1.32	0.19
	F	98	126.90	164.93±27.46	238.11		
15	M	98	132.01	175.31±40.65	328.74	1.69	0.09
	F	94	131.46	166.56±30.46	286.52		
16	M	104	132.88	171.51±35.09	283.72	0.95	0.34
	F	105	133.09	167.16±29.46	283.30		

Tableau 22 : Moyenne arithmétique pondérée, minimum, maximum et écart type (ET) de la dépense d'énergie en kJ/kg/jour, en fonction de l'âge et du genre.

La DEJ en kJ/kg/jour, suivant l'âge, le genre et le poids total des sujets, ne présente de différences significatives en faveur des garçons que chez les jeunes de 12 ans (Tableau 22).

AGE	n	Garçons DEJ (MJ/j)	SD	n	Filles DEJ (MJ/j)	ET	Z	P-valeurs bilatérales
8	97	4.45	1.14	89	3.95	0.81	3,47	0**
9	94	4.65	1.3	117	4.65	1.32	0,00	1.00
10	119	5.11	1.39	122	5.29	1.46	-0,98	0,32
11	97	6.09	1.58	99	6.21	1.81	-0,49	0,62
12	93	6.77	2.13	98	6.72	1.72	0,18	0,85
13	104	7.43	2.2	114	7.46	2.03	-0,10	0,92
14	98	8.27	2.54	98	8.02	1.96	0,77	0,44
15	98	9.04	2.49	94	8.44	1.94	1,87	0,06
16	104	9.72	2.47	105	8.82	2.25	2,75	0,006**

Tableau 23 : Dépense énergétique journalière (DEJ) selon l'âge et le genre en MJ/j (valeurs absolues). Moyenne arithmétique pondérée, taille (n), déviation standard (SD), p-valeurs (comparaison bilatérale). ** $p < 0.01$

Le Tableau 24 et la Figure 13 montrent une différence significative des dépenses énergétiques, exprimées en DEJ/ jour, entre les garçons et les filles à 8 et 16 ans

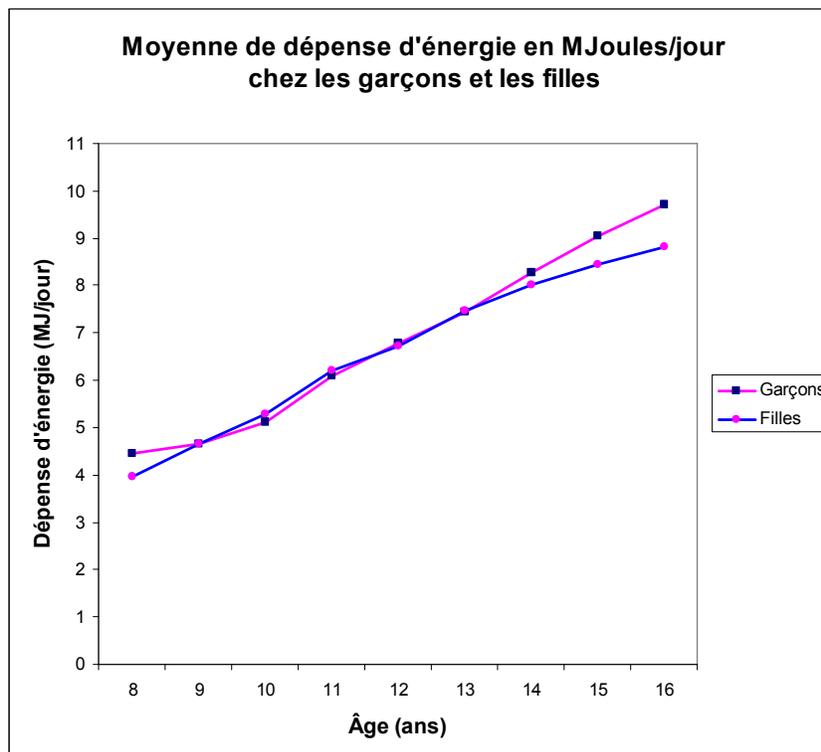


Figure 13 : Moyenne de la dépense d'énergie en valeurs absolues (MJ/jour) en fonction de l'âge selon le genre

Âge	N	Garçons DEJ (kJ/kg/j)	ET	N	Filles DEJ	ET	Z	P-valeurs bilatérales
8	97	163,75	33,53	89	157,71	25,20	1,40	0,16
9	94	163,77	32,25	117	162,53	29,82	0,29	0,77
10	119	165,68	37,48	122	166,97	37,42	-0,27	0,79
11	97	173,06	35,90	99	171,00	39,09	0,38	0,71
12	93	177,59	45,10	98	165,50	31,51	2,14	0.02*
13	104	172,53	40,01	114	167,56	36,39	0,96	0,35
14	98	171,30	39,28	98	164,93	27,46	1,32	0,19
15	98	175,31	40,65	94	166,56	30,46	1,69	0,09
16	104	171,51	35,09	105	167,16	31,12	0,95	0,34

*Tableau 24 : Comparaison des moyennes de la dépense d'énergie en kJ/kg/jour et l'ET suivant l'âge et le genre dans l'échantillon et p-valeur correspondante pour l'hypothèse nulle d'absence de différences entre moyennes. * $p < 0.05$*

Quand la DEJ est exprimé en kJ/kg/jour (Tableau 24 et Figure 14) on observe une différence significative entre les garçons et les filles à l'âge de 12 ans.

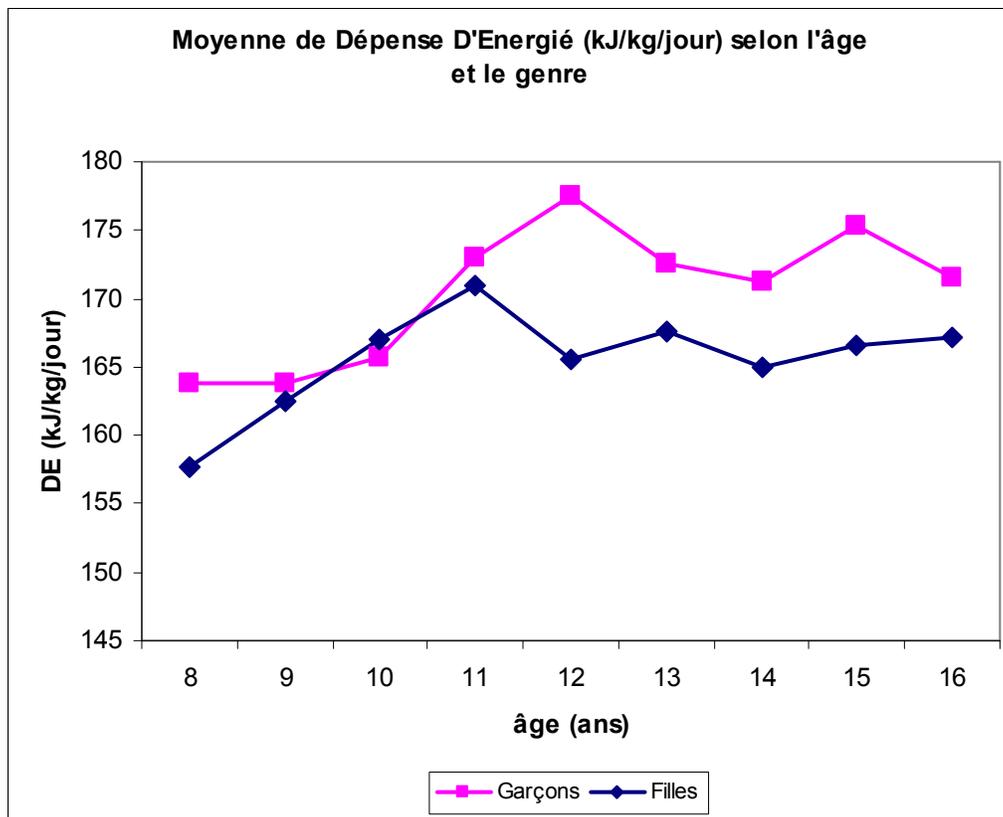


Figure 14 : Moyenne de dépense d'énergie (kJ/kg/jour) selon l'âge et le genre

NSE	Genre	n	Min	Moyenne	Max	Z	p-valeur
1 – 2	M	499	129.70	169.24±36.67	322.34	2.18	0.029*
	F	529	130.71	164.55±32.04	386.98		
3 – 4	M	352	131.04	169.14±40.57	328.74	-1.78	0.075
	F	347	126.90	161.97±30.51	286.52		
5 – 6	M	53	143.09	189.79±28.74	250.16	2.64	0.008**
	F	60	137.28	196.53±35.52	288.74		

Tableau 25 : Moyenne arithmétique pondérée, minimum, maximum et écart-type (ET) de la dépense d'énergie en kJ/kg/jour, en fonction des niveaux socio-économique (NSE) et du genre.

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

La DEJ en kJ/kg/jour, rapportée au niveau socio-économique et au genre, montre que les garçons du premier groupe (NSE 1-2 : niveau le plus élevé) et du troisième groupe (NSE 5-6) ont une dépense d'énergie significativement supérieure (respectivement : $p < 0.05$ et $p < 0,01$) à celle des filles du même groupe (Tableau 25).

On peut également observer le niveau de la dépense énergétique journalière selon les groupes d'âge, le genre et le niveau socio-économique (Tableau 26,

Tableau 28, Figure 15, Figure 16).

Variables	Garçons			Filles		
	(1-2)	(3-4)	(5-6)	(1-2)	(3-4)	(5-6)
NSE						
N	499	352	53	529	347	60
Age	12.0±2.6	12.0±2.6	12.0±2.6	12.0±2.6	12.0±2.6	12.0±2.6
Poids (kg)	38.8±11.7	41.1±12.6	43.5±16.7	39.1±11.4	40.03±11.3	43.3±13.7
Hauteur (cm)	145.9±15.6	148.5±16.0	151.1±17.0	143.9±12.5	145.4±12.4	148.9±13.4
Temps de loisir (h/jour)	6.1±1.3	5.3±1.3	6.0±1.6	6.2±1.4	5.7±1.3	6.0±1.4
DEJ Temps de loisir (kJ.kg ⁻¹ .jour ⁻¹)	61.8±42.9	55.5±46.7	70.7±35.6	55.5±38.0	47.8±33.6	74.3±40.1
DEJ Temps scolaire (kJ.kg ⁻¹ .jour ⁻¹)	160.0±44.4	160.0±48.9	184.4±34.3	154.1±39.3	151.5±37.1	191.1±41.9
DEJ Temps vacances (kJ.kg ⁻¹ .jour ⁻¹)	199.6±19.8	199.2±20.4	207.5±18.6	198.8±15.0	196.6±14.7	214.3±26.4
DEJ Totale année moyenne (kJ.kg ⁻¹ .jour ⁻¹)	169.2±36.7	169.1±40.6	189.8±29.0	164.6±32.1	162.0±30.6	196.5±35.8

Tableau 26: Dépense énergétique journalière (DEJ) selon le sexe et le niveau socio-économique

Age (yr)	8			9			10		
	1-2 (54)	3-4 (37)	5-6 (6)	1-2 (50)	3-4 (38)	5-6 (6)	1-2 (67)	3-4 (46)	5-6 (6)
NSE (n=)	1-2 (54)	3-4 (37)	5-6 (6)	1-2 (50)	3-4 (38)	5-6 (6)	1-2 (67)	3-4 (46)	5-6 (6)
Poids (kg)	26.7±4.2	27.7±4.7	28.9±2.3	27.2±3.9	29.0±4.5	32.7±6.9	30.7±5.8	31.3±5.0	31.0±6.3
Hauteur (cm)	126.7±5.0	127.4±5.6	132.7±3.2	128.0±5.6	131.0±5.7	134.8±5.5	134.9±6.8	135.2±5.0	136.5±7.8
Temps de loisir (h/jour)	5.7±1.2	5.2±1.0	5.0±0.6	5.8±1.2	5.0±1.2	4.6±1.3	5.9±1.5	5.2±1.3	5.3±1.4
DEJ Temps de loisir (kJ.kg ⁻¹ .jour ⁻¹)	56.4±40.1	48.2±40.7	56.7±25.6	53.0±35.6	47.8±38.5	53.9±43.6	54.6±37.1	60.8±59.1	37.4±13.0
DEJ Temps scolaire (kJ.kg ⁻¹ .jour ⁻¹)	155.7±42.9	149.6±42.5	166.0±20.5	151.5±36.9	154.1±43.7	179.0±36.4	152.3±36.0	161.1±59.6	154.6±20.5
DEJ Temps vacances (kJ.kg ⁻¹ .jour ⁻¹)	196.5±18.1	194.6±12.9	197.8±4.9	194.9±15.9	192.9±10.8	208.8±21.2	198.5±15.2	198.2±19.0	195.7±5.2
DEJ Totale année moyenne (kJ.kg ⁻¹ .jour ⁻¹)	165.2±34.8	160.1±34.3	173.4±16.2	161.6±30.0	163.1±34.9	186.0±32.7	163.0±30.0	169.7±48.3	164.2±16.2
Age (yr)	11	11	11	12	12	12	13	13	13
NSE (n=)	1-2 (54)	3-4 (38)	5-6 (5)	1-2 (45)	3-4 (42)	5-6 (6)	1-2 (62)	3-4 (37)	5-6 (5)
Poids (kg)	34.9±7.4	36.3±5.5	32.8±7.5	36.1±7.2	41.0±7.3	35.8±5.8	42.1±7.7	44.4±7.9	43.2±6.5
Hauteur (cm)	139.1±6.4	143.5±5.5	137.2±6.1	144.3±8.3	149.8±6.9	146.1±5.4	151.9±8.2	154.1±8.9	157.5±5.8
Temps de loisir (h/jour)	6.2±1.3	5.1±1.3	7.3±1.1	6.3±1.2	5.4±1.2	6.2±1.2	6.3±1.2	5.5±1.4	5.9±1.4
DEJ Temps de loisir (kJ.kg ⁻¹ .jour ⁻¹)	63.1±42.6	54.2±41.5	95.5±20.6	74.4±55.6	56.9±49.7	84.5±35.4	69.0±45.2	54.8±44.9	81.5±50.6
DEJ Temps scolaire (kJ.kg ⁻¹ .jour ⁻¹)	161.5±44.0	161.9±40.0	218.4±24.9	174.0±58.5	161.7±53.2	202.7±27.8	162.3±45.4	160.4±50.6	196.8±41.4
DEJ Temps vacances (kJ.kg ⁻¹ .jour ⁻¹)	198.8±18.3	202.9±25.4	209.2±6.8	200.2±22.9	199.0±19.2	231.5±31.9	204.8±23.7	198.8±20.3	211.9±22.3
DEJ Totale année moyenne (kJ.kg ⁻¹ .jour ⁻¹)	170.2±35.5	171.4±35.6	216.2±18.2	180.1±47.5	170.4±43.5	209.4±27.8	172.2±38.6	169.4±42.9	200.3±36.0
Age (yr)	14	14	14	15	15	15	16	16	16
NSE (n=)	1-2 (54)	3-4 (37)	5-6 (7)	1-2 (50)	3-4 (41)	5-6 (7)	1-2 (63)	3-4 (36)	5-6 (5)
Poids (kg)	45.6±7.4	51.0±9.6	54.4±11.6	50.7±10.1	52.0±9.0	57.4±7.3	53.9±6.6	59.3±9.2	74.9±18.3
Hauteur (cm)	156.8±7.2	163.1±7.9	165.7±8.1	163.0±7.1	164.8±7.1	170.3±7.2	166.7±6.6	170.3±6.4	176.0±3.0
Temps de loisir (h/jour)	6.1±1.2	5.4±1.4	7.2±1.4	6.2±1.2	5.7±1.3	6.4±1.3	6.0±1.4	5.6±1.5	6.4±2.4
DEJ Temps de loisir (kJ.kg ⁻¹ .jour ⁻¹)	63.4±45.0	56.6±51.6	89.9±38.8	62.9±42.9	62.8±47.1	74.5±22.0	62.3±41.2	55.3±42.2	63.5±34.9
DEJ Temps scolaire (kJ.kg ⁻¹ .jour ⁻¹)	158.9±47.4	162.0±52.1	194.3±39.3	162.2±45.8	168.1±50.3	184.4±29.1	164.6±42.2	159.9±44.0	166.7±33.1
DEJ Temps vacances (kJ.kg ⁻¹ .jour ⁻¹)	201.6±18.2	196.6±14.4	204.8±7.6	202.6±27.2	207.3±27.6	210.5±16.2	198.1±16.4	202.2±24.9	196.0±11.1
DEJ Totale année moyenne (kJ.kg ⁻¹ .jour ⁻¹)	168.8±39.0	170.1±40.8	196.8±30.4	171.6±40.3	177.3±43.7	190.5±23.8	172.4±34.3	169.7±38.6	173.5±26.9

Tableau 27 : Anthropométrie et dépense énergétique journalière (DEJ) selon l'âge et le niveau socio-économique (NSE) chez les garçons (8-16 ans)

Age	8			9			10		
	1-2 (49)	3-4 (35)	5-6 (5)	1-2 (63)	3-4 (47)	5-6 (7)	1-2 (76)	3-4 (39)	5-6 (7)
NSE (n=)									
Poids (kg)	24.6±4.2	25.6±3.8	26.6±4.6	28.6±6.7	28.2±4.1	29.9±3.9	31.7±6.7	32.6±6.0	29.6±5.4
Hauteur (cm)	123.6±5.4	125.6±4.8	127.1±4.4	129.8±6.2	131.7±6.4	131.8±4.4	136.0±7.3	138.5±5.7	136.6±7.7
Temps de loisir (h/jour)	5.9±1.1	5.2±1.2	4.9±1.7	6.0±1.3	5.4±1.2	5.9±1.2	6.1±1.3	5.5±1.2	6.0±1.1
DEJ Temps de loisir (kl.kg ⁻¹ .jour ⁻¹)	46.4±26.4	42.3±32.6	42.7±22.0	58.1±40.2	41.4±22.9	55.5±20.7	59.2±46.1	48.9±31.6	97.2±65.9
DEJ Temps scolaire (kl.kg ⁻¹ .jour ⁻¹)	147.3±28.8	144.4±35.9	155.2±26.5	156.1±42.6	144.1±29.2	171.9±25.1	157.7±47.2	148.1±34.4	210.1±67.3
DEJ Temps vacances (kl.kg ⁻¹ .jour ⁻¹)	195.1±11.5	193.4±9.9	194.0±9.4	196.7±11.5	194.6±13.3	206.8±9.1	196.3±14.1	197.7±14.2	212.4±33.3
DEJ Totale année moyenne (kl.kg ⁻¹ .jour ⁻¹)	158.4±23.6	155.8±28.5	164.2±20.4	165.6±33.4	155.8±24.4	180.0±20.1	166.7±37.8	159.7±28.2	210.7±54.9

Age	11			12			13		
	1-2 (53)	3-4 (40)	5-6 (6)	1-2 (52)	3-4 (40)	5-6 (6)	1-2 (69)	3-4 (37)	5-6 (8)
NSE (n=)									
Poids (kg)	35.8±7.2	36.9±7.1	37.8±6.0	39.5±7.5	41.8±6.1	41.4±2.3	43.1±7.3	46.3±7.2	49.0±9.8
Hauteur (cm)	141.7±7.7	143.7±7.7	147.7±9.7	146.7±6.2	148.9±7.1	153.2±3.0	152.4±6.1	154.3±6.1	156.7±4.0
Temps de loisir (h/jour)	6.0±1.3	5.4±1.3	6.2±1.9	6.0±1.3	5.9±1.5	6.8±1.6	6.4±1.4	5.8±1.4	5.4±1.1
DEJ Temps de loisir (kl.kg ⁻¹ .jour ⁻¹)	55.2±36.0	59.4±54.1	104.2±35.4	49.9±30.7	53.1±36.5	72.9±40.5	67.0±52.1	40.4±18.8	65.9±40.6
DEJ Temps scolaire (kl.kg ⁻¹ .jour ⁻¹)	154.9±36.2	161.7±55.4	227.3±40.0	148.7±31.4	157.9±41.5	193.6±46.3	163.0±52.7	143.8±18.3	181.7±46.4
DEJ Temps vacances (kl.kg ⁻¹ .jour ⁻¹)	200.5±16.0	195.9±16.8	231.9±35.9	199.4±15.4	197.8±15.0	210.6±26.9	199.4±16.9	195.5±11.5	209.2±17.7
DEJ Totale année moyenne (kl.kg ⁻¹ .jour ⁻¹)	165.5±30.5	169.7±44.4	228.42±34.5	160.5±26.4	167.2.4±34.3	197.6±40.2	171.5±42.2	155.8±16.4	188.1±38.6

Age	14			15			16		
	1-2 (51)	3-4 (40)	5-6 (7)	1-2 (59)	3-4 (29)	5-6 (6)	1-2 (57)	3-4 (40)	5-6 (8)
NSE (n=)									
Poids (kg)	48.1±7.9	47.2±5.0	58.0±9.1	50.1±8.1	51.9±6.1	51.0±4.7	51.2±7.2	53.6±7.8	58.3±12.4
Hauteur (cm)	155.1±5.3	155.5±4.6	160.3±6.0	154.6±5.1	157.1±5.1	157.9±3.2	155.6±4.8	156.6±5.9	161.5±7.4
Temps de loisir (h/jour)	6.5±1.4	5.9±1.3	5.9±1.2	6.4±1.5	6.0±1.4	7.3±0.9	6.2±1.7	6.0±1.4	5.7±1.1
DEJ Temps de loisir (kl.kg ⁻¹ .jour ⁻¹)	55.1±28.8	47.7±22.6	76.8±30.6	52.1±30.4	50.9±40.4	81.3±27.5	54.1±32.1	46.6±30.6	69.7±40.3
DEJ Temps scolaire (kl.kg ⁻¹ .jour ⁻¹)	145.7±29.7	155.9±28.1	197.8±27.7	152.0±32.3	157.8±42.6	193.7±23.9	156.1±34.6	151.0±36.5	186.5±33.6
DEJ Temps vacances (kl.kg ⁻¹ .jour ⁻¹)	199.3±13.4	199.2±14.8	240.2±32.2	200.0±14.9	196.5±12.0	215.0±29.4	203.4±18.5	198.5±21.3	206.5±11.6
DEJ Totale année moyenne (kl.kg ⁻¹ .jour ⁻¹)	158.2±25.0	166.0±24.0	207.7±28.6	163.2±27.6	166.8±34.5	198.7±24.5	167.4±29.9	162.0±32.4	191.2±26.3

Tableau 28 : Anthropométrie et dépense énergétique journalière (DEJ) selon l'âge et le niveau socio-économique (NSE) chez les filles (8-16 ans)

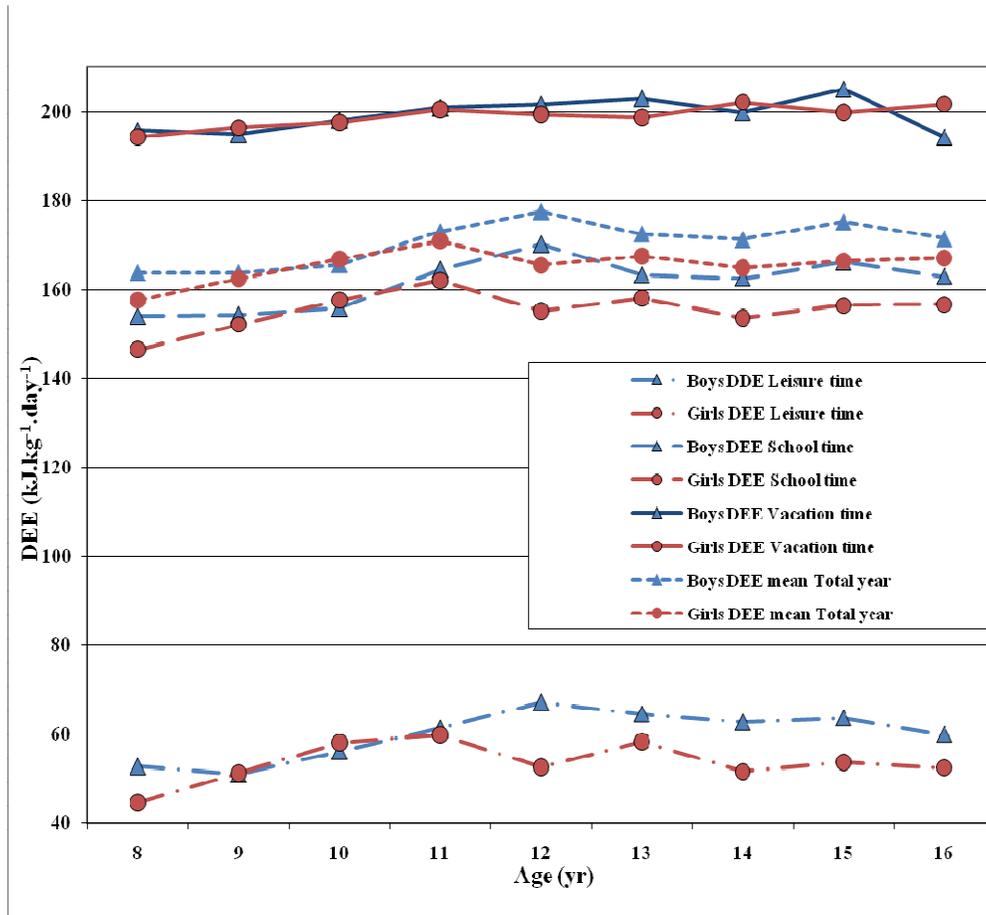


Figure 15 : Dépense énergétique journalière (DEJ) des garçons et les filles selon l'âge

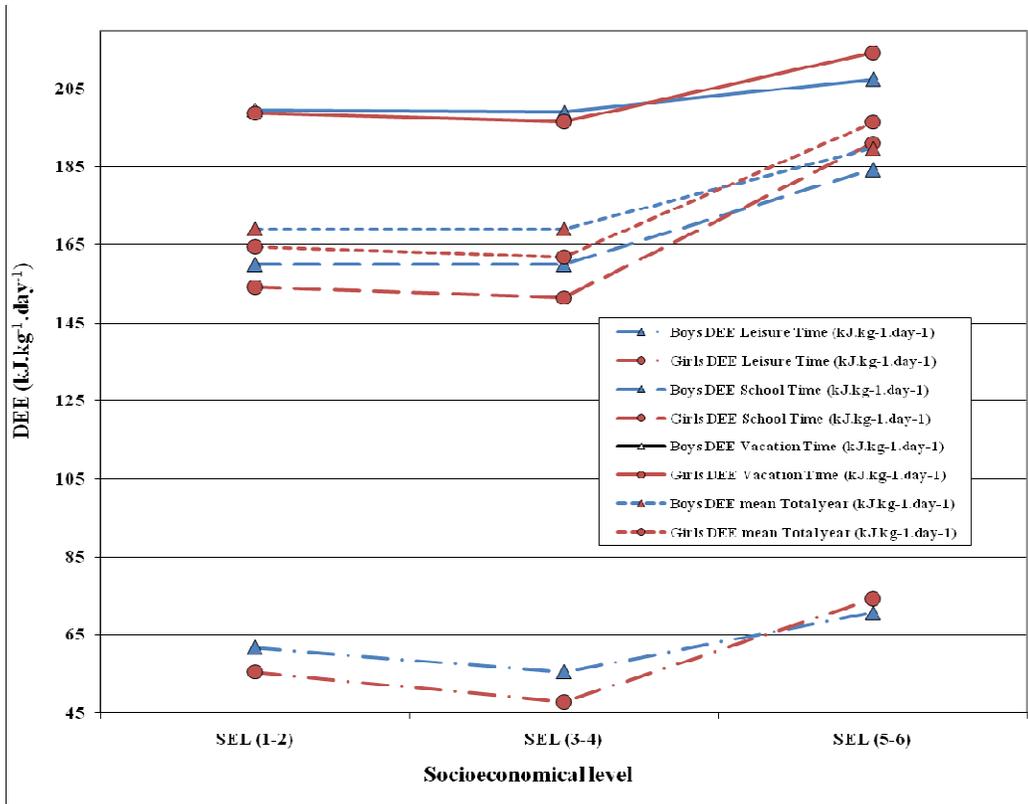


Figure 16 : Dépense d'énergie journalière (DEJ), des garçons et filles selon le Niveau Socioéconomique (SEL)

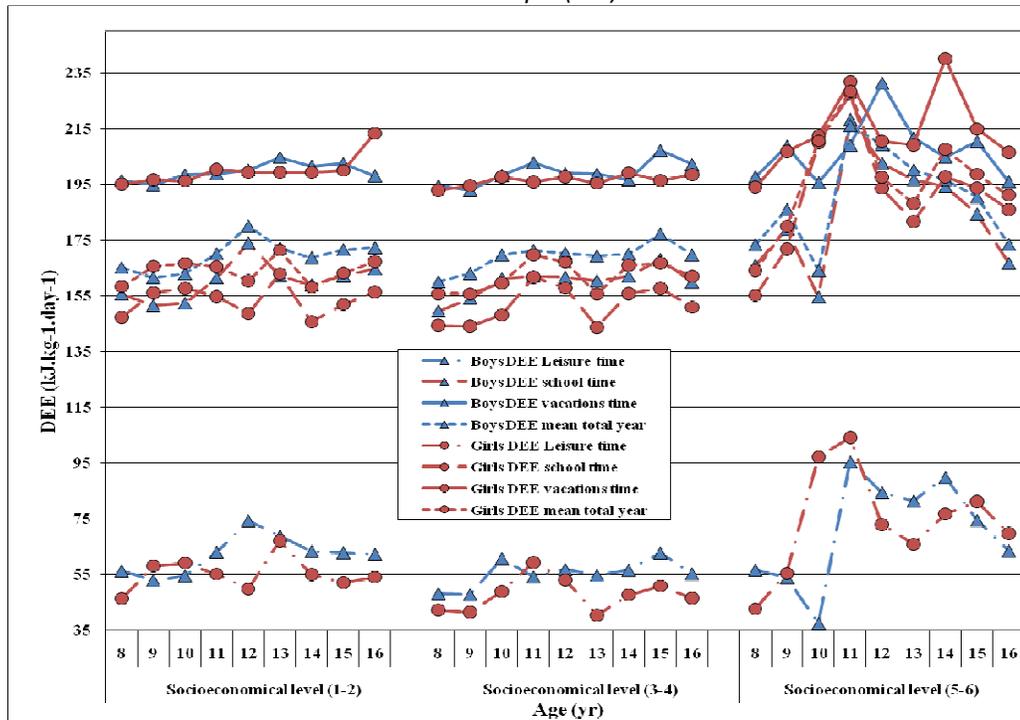


Figure 17 : énergétique journalière (DEJ) par sexe, âge et niveau socioéconomique (SEL)

Distribution en percentiles de la dépense d'énergie ($\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{jour}^{-1}$) des sujets de l'étude QAPACE

Dans l'étude QAPACE, les sujets situés avec une DEJ au-dessus de P_{50} ont, par définition, été classifiés comme *actif*.

En ce qui concerne la DEJ en $\text{kJ}/\text{kg}/\text{jour}$, comprise dans la tranche d'âge de 8 à 16 ans, on observe que la distribution de la DEJ est très similaire pour les deux genres, à l'exception de celle de la tranche d'âge entre 9 à 11 ans, où les filles actives présentent une DEJ supérieur, pendant que c'est le cas les garçons entre 11 et 13 ans.

Les enfants qualifiés d'inactifs ne présentent pas de différence notable de la DE quel que soit le groupe d'âge, tant pour les filles que les garçons, (Tableau 29, Tableau 30, Figure 18, Figure 19).

Garçons		Ages (ans)								
		8	9	10	11	12	13	14	15	16
Percentiles	3	132.3	132.5	133.1	132.7	131.0	133.0	132.6	133.3	133.5
	10	134.1	133.9	134.2	134.7	133.6	133.9	133.7	135.5	137.1
	25	139.6	139.0	137.6	146.4	138.9	138.9	139.2	146.2	145.8
	50	148.8	151.5	151.9	161.8	160.5	151.1	161.2	164.2	156.0
	75	181.4	180.0	182.9	197.0	209.8	202.6	187.2	202.1	194.5
	90	217.8	216.1	219.2	231.9	240.7	237.7	227.9	227.2	230.4
	97	255.8	248.5	267.4	261.5	285.5	269.0	277.2	273.5	260.5

Tableau 29 : Percentiles de la dépense d'énergie en $\text{kJ}/\text{kg}/\text{jour}$, chez les garçons en fonction des tranches d'âge

Filles		Ages (ans)								
		8	9	10	11	12	13	14	15	16
Percentiles	3	132.1	132.9	132.0	132.1	131.7	132.1	132.0	132.9	134.4
	10	136.1	135.6	133.6	135.3	135.4	135.6	134.8	135.5	135.8
	25	139.6	139.9	137.3	143.6	141.2	145.5	143.0	146.7	146.8
	50	149.0	150.8	151.0	152.4	152.8	159.6	156.1	156.4	154.4
	75	168.6	177.3	189.4	190.2	179.6	176.4	187.2	181.7	184.3
	90	193.7	208.1	213.4	240.1	219.7	211.3	204.6	216.8	215.1
	97	234.6	244.9	277.4	267.2	240.9	253.8	233.1	238.3	237.3

Tableau 30 : Percentiles de la dépense d'énergie en $\text{kJ}/\text{kg}/\text{jour}$, chez les filles en fonction des tranches d'âge

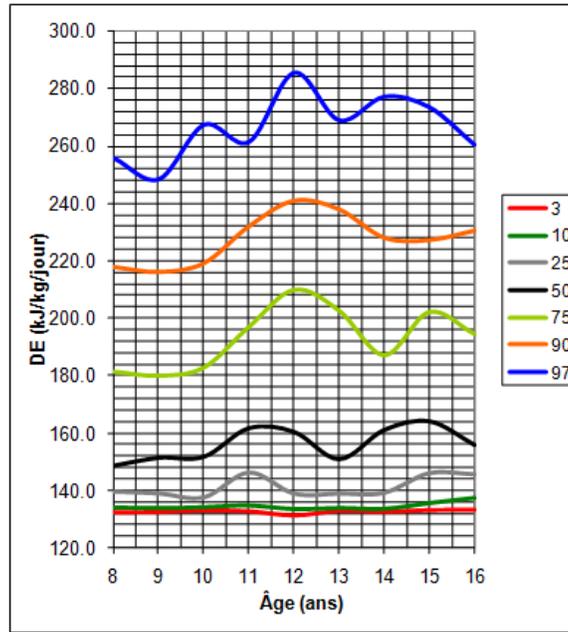


Figure 18 : Distribution en percentiles de la dépense moyenne d'énergie en kJ/kg/jour, chez les garçons en fonction des tranches d'âge

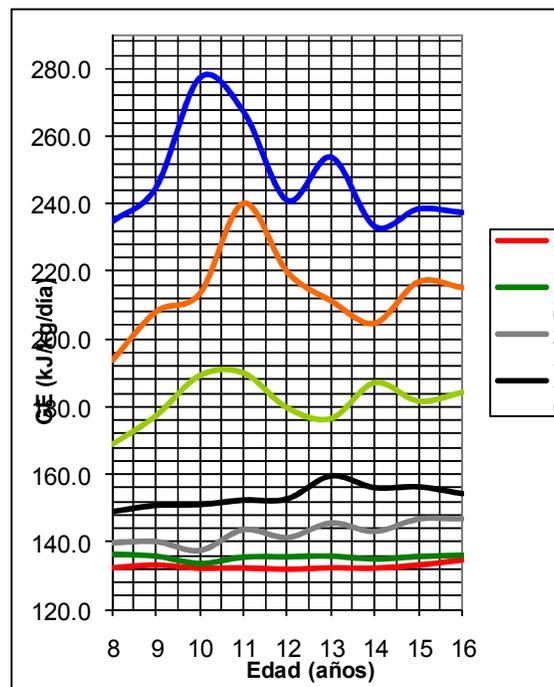


Figure 19 : Distribution en percentiles de la dépense moyenne d'énergie en kJ/kg/jour, chez les filles en fonction des tranches d'âge.

L'étude de la DEJ rapportée à la masse maigre et à l'âge, montre qu'il existe un « patron » de dépense énergétique plus élevée (P75, P90, P97) chez les garçons « actifs », aux alentours de 12 ans, par rapport aux filles : ce patron s'observe entre 9 et 11 ans, (P90 et P97), (Tableau 31, Tableau 32, Figure 20, Figure 21)

Garçons		Ages (ans)								
		8	9	10	11	12	13	14	15	16
Percentiles	3	151.0	152.0	155.8	154.0	152.9	153.1	154.1	153.5	155.6
	10	155.1	155.5	159.0	162.7	158.7	160.0	159.2	159.9	163.5
	25	165.7	169.1	171.0	184.0	174.5	169.7	170.8	171.8	173.6
	50	189.2	188.1	185.6	199.1	200.2	186.6	196.9	194.8	190.0
	75	222.8	215.2	214.5	246.4	262.2	248.7	229.2	234.8	234.1
	90	263.9	251.8	264.3	274.3	299.5	280.1	268.7	270.9	271.1
	97	312.9	327.4	321.4	314.6	349.1	332.3	322.1	332.1	307.8

Tableau 31 : Distribution en percentiles de la dépense moyenne d'énergie en kJ/kgmaigre/jour, chez les garçons en fonction des tranches d'âge.

Filles		Ages (ans)								
		8	9	10	11	12	13	14	15	16
Percentiles	3	151.5	159.3	158.2	159.9	155.8	161.4	171.0	166.6	167.8
	10	158.9	165.0	164.3	163.6	167.8	175.5	174.3	180.0	181.0
	25	168.3	173.4	173.6	176.0	178.3	186.1	184.5	190.2	194.8
	50	179.5	189.5	190.1	198.0	196.4	202.3	205.6	211.2	212.7
	75	207.6	215.7	234.6	238.5	235.5	238.9	238.8	245.1	240.1
	90	232.7	263.5	265.3	296.2	282.2	282.5	270.6	280.6	294.7
	97	275.6	298.4	340.9	356.5	309.9	344.4	308.1	307.3	341.7

Tableau 32 : Distribution en percentiles de la dépense moyenne d'énergie en kJ/kgmaigre/jour chez les filles en fonction des tranches d'âge.

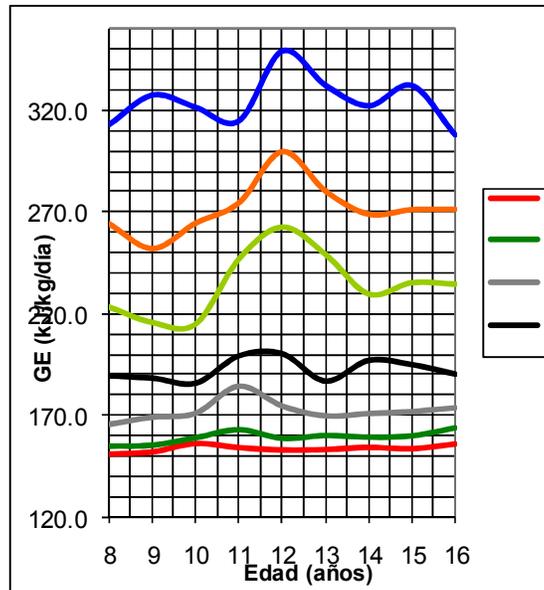


Figure 20 : Distribution en percentiles de la dépense moyenne d'énergie en kJ/kgmaigre/jour, chez les garçons en fonction des tranches d'âge.

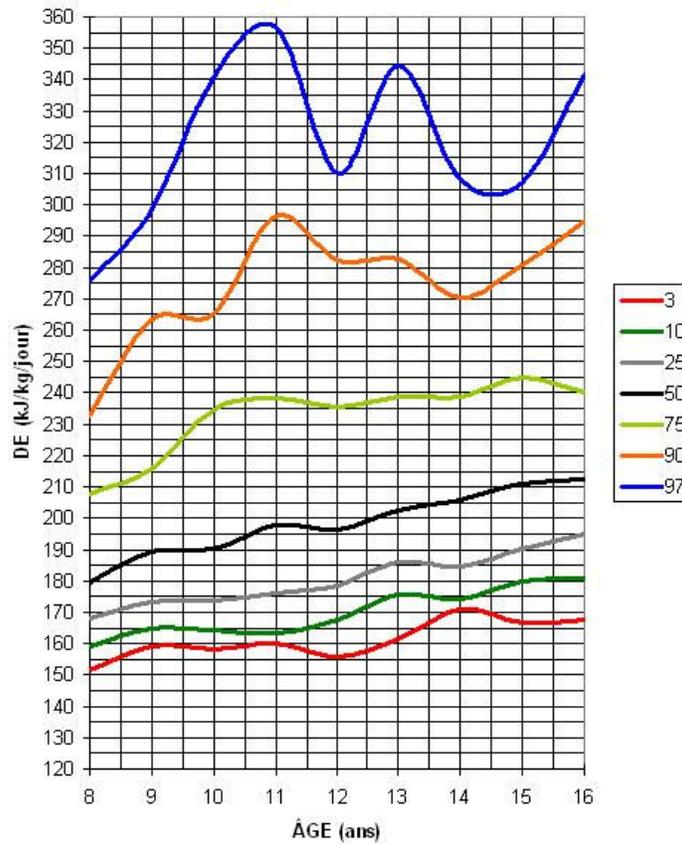


Figure 21 : Distribution en percentiles de la dépense moyenne d'énergie en kJ/kgmaigre/jour, chez les filles suivant l'âge et le poids maigre.

Categories	Questions	Description	Période scolaire (Heures/semaine)	Période de vacances (Heures/semaine)
1	1	Sommeil	57.73 ± 6.32	57.73 ± 6.32
2	2, 3	Toilette, se lever, s'habiller se déshabiller	2.95 ± 0.93	2.95 ± 0.93
3	4, 5, 6	Repas, petit déjeuner, déjeuner, dîner	7.97 ± 2.63	7.97 ± 2.63
4	7, 8	Mode de transport - Marcher à pied - Monter en voiture ou en bus - Autres comme bicyclette, patin à roulettes Global	4.55 ± 1.34 4.81 ± 1.24 4.17 ± 3.47	NA
5	9, 10	Travaux en salles de classe + devoirs scolaires à la maison	35.06 ± 5.29	NA
6	11	Education physique obligatoire	2.2 ± 0.51	NA
7	12	Autres activités à l'école : artistiques comme, la danse, le théâtre, activité manuelles	1.81 ± 0.80	NA
8	13	Autres activités en dehors de l'école: mélange d'activité comme regarder la télévision, jouer aux jeux vidéo, écouter de la musique, lire	18.45 ± 14.4	NA
9	14	Activités religieuses	1.76 ± 1.89	1.76 ± 1.89
10	15	Idem 8 mais durant les vacances scolaires	NA	16.1 ± 17.16
11	16	Activités personnelles artistiques non associés avec l'école	4.78 ± 3.58	4.78 ± 3.58
12	17	Sports de compétition et entraînement (faire chez nos étudiants)	6.43 ± 3.51	6.43 ± 3.51

Tableau 33 : Temps moyen (heures/semaine) +/- écart-type passé dans chaque catégorie d'activité, durant une semaine de référence, durant la période scolaire et de vacances (NA: ne s'applique pas)

Anthropométrie

Taille

Âge	n	Garçons (Moyenne)	ET	n	Filles (Moyenne)	ET	z	P-valeurs bilatéral
8	89	127,30	5,14	97	124,56	5,27	3,59	0**
9	117	129,65	6,17	94	130,70	5,87	-1,26	0,21
10	122	135,08	6,88	119	136,86	6,17	-2,12	0.03*
11	99	140,75	7,20	97	142,89	6,37	-2,20	0.02*
12	98	146,92	6,57	93	147,96	7,91	-0,99	0,32
13	114	152,91	6,03	104	153,30	8,40	-0,39	0,69
14	98	159,79	5,18	98	155,62	8,15	4,27	0**
15	94	164,25	5,11	98	155,60	7,23	9,60	0***
16	105	168,42	5,61	104	156,43	6,79	13,91	0***

Tableau 34 : Comparaison des moyennes de la taille en cm et l'écart type (ET), en fonction des tranches d'âge entre les garçons et les filles. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$

Garçons	Age (ans)								
	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Percentile									
3	115.9	118.8	124.3	128.7	133.7	139.3	144.4	146.8	154.9
10	120.6	122.1	128.0	133.6	136.6	141.3	149.6	154.5	158.4
25	123.6	125.2	130.2	136.7	140.2	146.1	154.3	159.1	164.3
50	127.0	129.2	134.4	140.5	147.6	153.5	159.4	165.8	168.6
75	130.8	133.8	138.7	145.2	152.2	157.5	165.4	169.0	173.0
90	133.9	138.0	143.4	149.3	157.5	163.4	170.1	172.6	176.7
97	138.0	139.9	148.5	153.0	162.8	171.6	176.4	175.2	180.8

Tableau 35 : Distribution en percentile de la taille en cm des garçons de l'échantillon en fonction des tranches d'âges

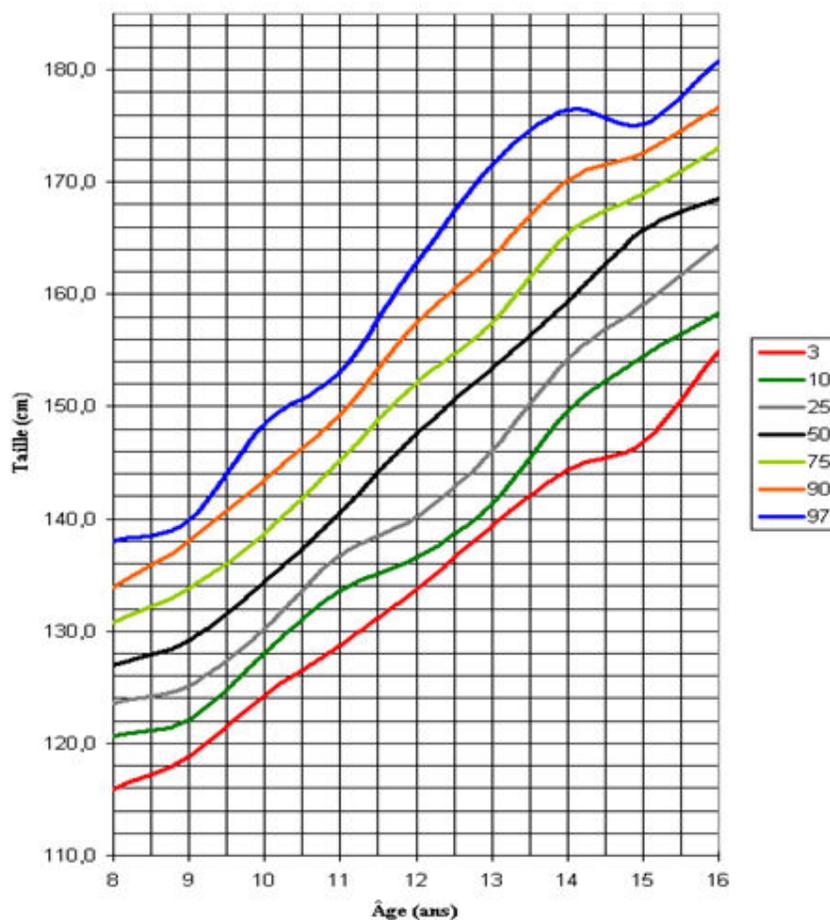


Figure 22 : Distribution en percentiles de la taille en cm des garçons de l'échantillon en fonction des tranches d'âge.

Filles	Age (ans)									
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Percentile	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
3	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
10	113,6	119,8	123,2	128,4	134,0	138,1	145,8	144,0	143,6	
25	117,0	123,2	128,3	134,0	140,2	146,3	148,7	148,0	149,4	
50	121,3	126,5	131,6	137,1	143,5	150,2	151,5	152,5	154,0	
75	124,5	130,3	137,6	141,8	147,6	153,2	155,7	155,7	156,4	
90	128,4	134,6	141,1	148,2	152,4	157,2	159,3	159,2	159,5	
97	131,5	139,6	145,6	152,3	157,0	160,8	162,1	162,8	163,1	

Tableau 36 : Distribution en percentiles de la taille en cm des filles de l'échantillon en fonction des tranches d'âge

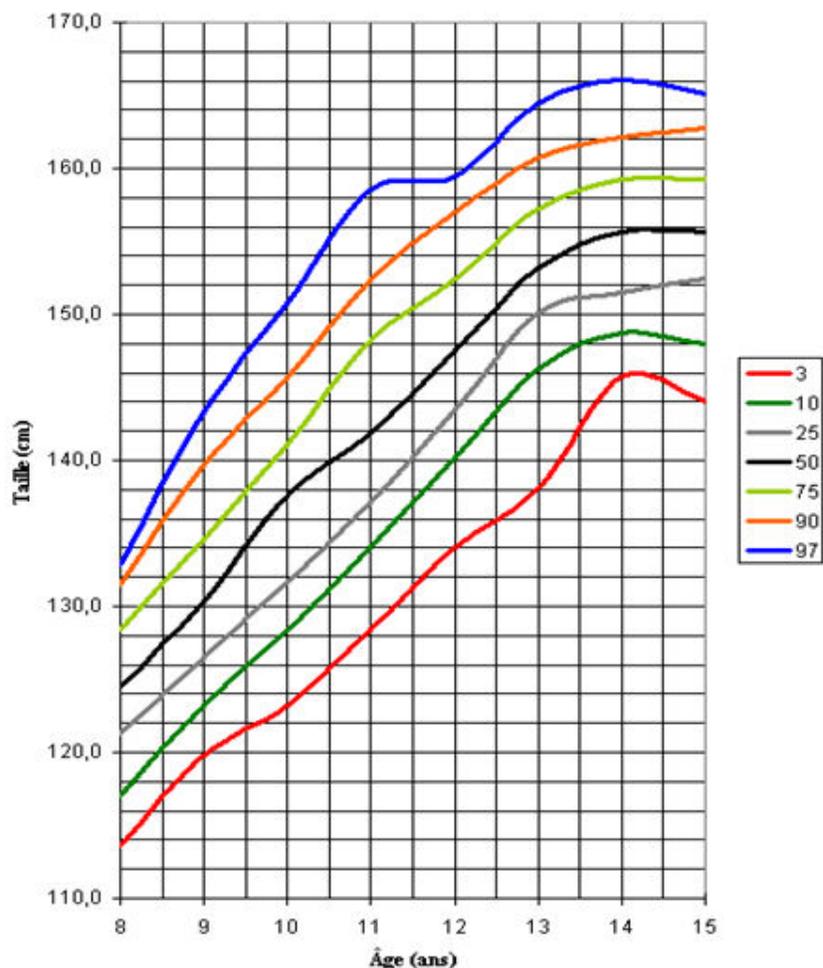


Figure 23 : Distribution en percentiles de la taille en cm des filles de l'échantillon en fonction des tranches d'âge

Les mesures de la taille moyenne (Tableau 34, Figure 22, Figure 23), reflètent des résultats identiques pour les filles et les garçons concernant les âges de 9, 12 et 13 ans. Les groupes d'âges dans lesquels nous avons observé qu'il y avait des différences significatives de tailles sont 8, 10, 11, 14, 15 et 16 ans. La plus grande différence significative ($p=0.0001$) étant pour les garçons de 16 ans avec 12 cm de plus par rapport aux filles.

Une différence de taille significative ($p=0.02$) des filles comparée avec celle de garçons se apparait à l'âge de 11 ans et donne un chiffre de 2.14 cm. La croissance de la taille corporelle totale moyenne durant l'âge scolaire pour la tranche d'âge de 8-16 ans fut de 31.9 cm pour les filles et 41.1 cm pour les garçons.

Le Poids

Les résultats concernant le poids total, pour les âges de 9, 10, 11, 13, 14, et 15 ans sont similaires chez les garçons et les filles (Tableau 37, Figure 24, Figure 25). Cependant il existe une différence significative pour les groupes d'âges 8, 12 et 16 ans. D'autre part, la plus grande différence significative ($p=0.0001$) entre les chiffres moyennes de ces groupes d'âge (8-16 ans) fût de 2.08 kg pour les garçons de 8 ans par rapport aux filles. La plus grande différence significative de poids (0.0001) entre les filles et les garçons est de 2.27 kg en faveur des premières, à l'âge de 12 ans. L'augmentation du poids corporel total moyen durant l'âge scolaire entre 8-16 ans fût 27.51 kg pour les filles et 29.56 kg pour les garçons.

Concernant le poids maigre, les groupes d'âges pour lesquels ce dernier est très significativement plus élevé chez les garçons ($p=0.0001$) sont 8, 14, 15 et 16 ans. De ces groupes se détache les âges 15 et 16 ans dans lesquels les garçons dépassent les filles de 5.31 kg et de 8.04 kg respectivement.

En conséquence, la dépense d'énergie est significativement différente, lorsqu'elle est rapportée au poids maigre et à la taille du sujet pour les âges de 15 et 16 ans, comme on l'observe dans les tableaux mentionnés ci-dessus.

La DEJ est significativement différente ($p=0.02$) pour les garçons par rapport aux filles à l'âge de 12 ans, après ajustement sur le poids total de l'individu.

Âge	n	Moyenne garçons	ET	n_	Moyenne filles	ET	z	P-valeurs bilatérales
8	97	27,21	4,31	89,00	25,13	4,03	3,40	0**
9	94	28,32	4,52	117,00	28,53	5,6	-0,30	0,76
10	119	30,96	5,47	122,00	31,88	6,4	-1,20	0,23
11	97	35,33	6,63	99,00	36,37	7,02	-1,07	0,28
12	93	38,28	7,50	98,00	40,55	6,76	-2,19	0,03*
13	104	42,98	7,67	114,00	44,56	7,6	-1,53	0,13
14	98	48,29	9,01	98,00	48,46	7,33	-0,14	0,89
15	98	51,74	9,50	94,00	50,69	7,3	0,86	0,39
16	104	56,77	9,54	105,00	52,64	8,05	3,38	0**

Tableau 37 : Comparaison des moyennes du poids corporel en kg et l'écart type (ET) en fonction des tranches d'âge entre les garçons et les filles de Bogotá. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

Garçons	Âge (ans)									
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Percentile										
3	20.4	21.1	23.3	25.2	27.4	30.7	34.1	36.6	40.5	
10	22.0	23.8	24.5	28.0	29.0	33.3	36.2	41.0	45.2	
25	24.1	25.0	26.2	30.0	31.0	36.9	41.3	45.5	51.2	
50	27.2	27.8	30.9	34.4	37.7	42.8	48.2	50.5	55.9	
75	29.2	30.8	34.0	39.5	42.5	49.0	54.3	57.4	60.2	
90	33.1	34.5	37.7	44.8	49.1	53.0	59.0	63.7	66.7	
97	38.2	40.2	43.3	49.1	55.1	58.4	69.4	76.2	79.2	

Tableau 38 : Distribution en percentiles du poids en kg des garçons de l'échantillon en fonction des tranches d'âge.

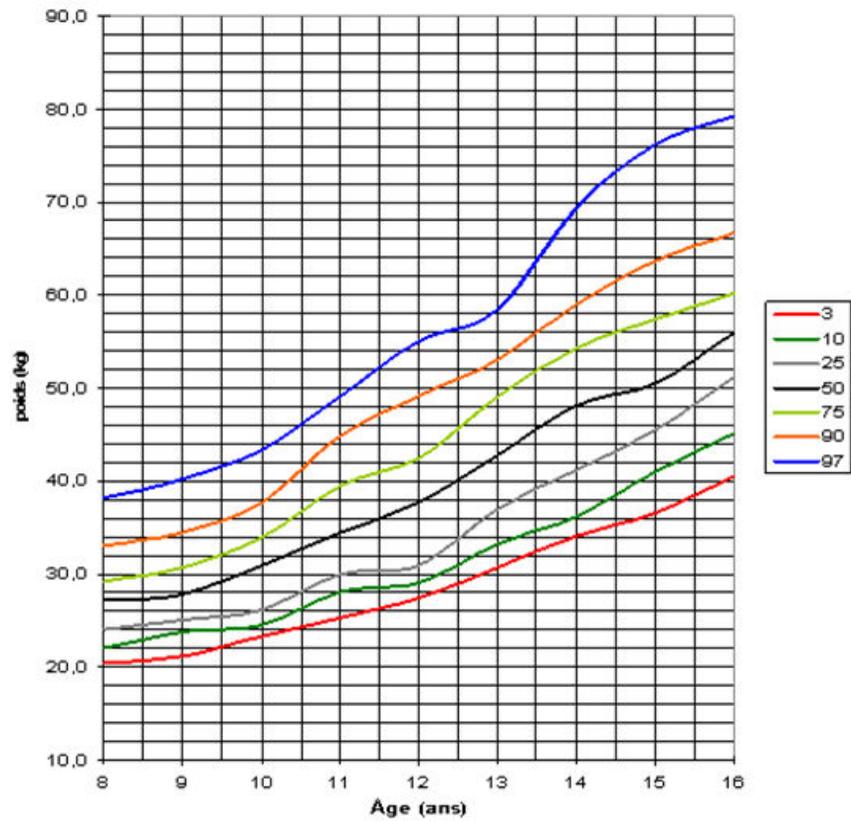


Figure 24 : Distribution en percentiles du poids en kg des garçons de l'échantillon.

Filles	Âge (ans)									
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
3	19.85	20.77	22.35	25.40	27.99	32.04	37.81	33.66	36.41	
10	21.10	22.78	24.43	29.00	32.50	33.50	40.98	42.30	44.20	
25	22.00	24.80	27.20	31.60	36.40	40.08	43.90	46.40	46.90	
50	24.30	27.70	31.05	35.00	39.75	44.00	47.40	50.85	51.40	
75	27.65	31.00	35.55	39.90	44.00	49.03	52.50	54.00	57.40	
90	29.90	34.68	41.61	46.50	50.02	55.25	59.27	59.85	62.10	
97	34.67	44.07	46.04	54.40	56.88	61.67	66.61	69.03	72.48	

Tableau 39 : Distribution en percentiles du poids en kg des filles de l'échantillon en fonction des tranches d'âge

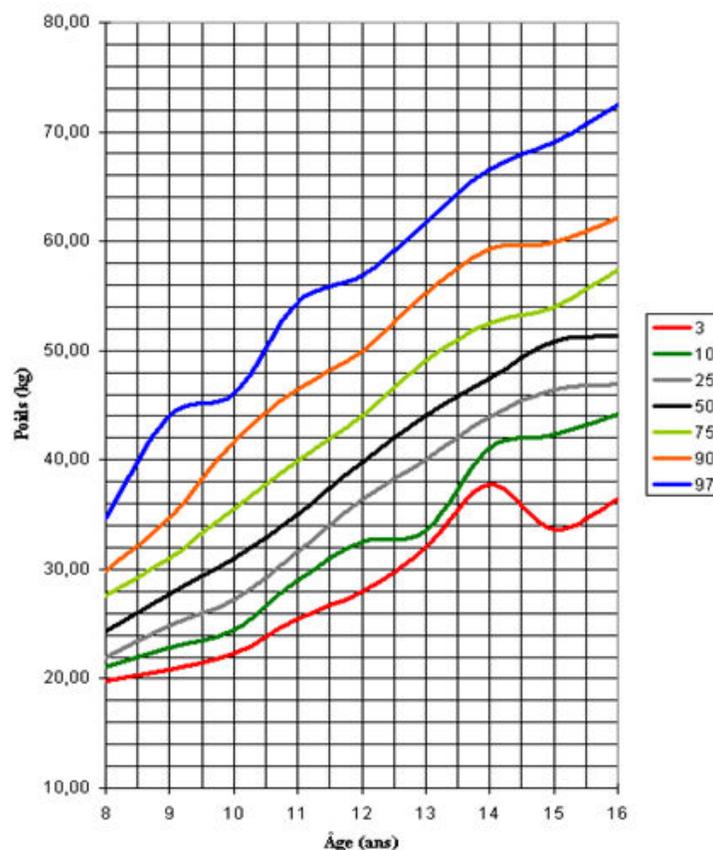


Figure 25 : Distribution en percentiles du poids en kg des filles de l'échantillon, en fonction des tranches d'âge.

Âge	n	Garçons Moyenne	ET	n	Filles Moyenne	ET	z	p-valeurs bilatérales
8	89	22,38	2,98	97,00	20,75	2,75	3,87	0**
9	117	23,26	3,82	94,00	22,93	2,68	0,74	0,46
10	122	25,34	4,32	119,00	25,47	3,51	-0,26	0,79
11	99	28,64	4,70	97,00	28,82	3,89	-0,29	0,77
12	98	31,04	4,41	93,00	31,92	5,19	-1,26	0,21
13	114	35,27	4,82	104,00	34,3	5,82	1,33	0,18
14	98	39,87	4,51	98,00	36,91	6,81	3,59	0**
15	94	43,28	4,60	98,00	37,97	6,62	6,48	0***
16	105	47,04	4,91	104,00	39	6,15	10,44	0***

Tableau 40 : Comparaison des moyennes du poids maigre en kg et l'ET, entre les garçons et les filles en fonction des tranches d'âge. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$

Pour les garçons de 8-16 ans, la taille se situe entre 115.9 – 180.8 cm, et le poids entre 20.4 – 79.2 kg. Pour les filles ont des tailles situées entre 113.6 – 169.1 cm et des poids entre 19.8 – 72.5 kg.

La Surface Corporelle

Le métabolisme corporel, la ventilation, les nécessités des fluides, la circulation extracorporelle et la dose de médicaments, se réfèrent souvent, dans leur expression, à la surface corporelle (SC). Dans l'étude QAPACE, le calcul de la SC, a été réalisé à partir de la formule de Mosteller. (Tableau 41, Tableau 42 et Figure 26, Figure 27).

	Âge (ans)								
Percentile	8	9	10	11	12	13	14	15	16
3	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3
10	0,9	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,5
25	0,9	0,9	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
50	1,0	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,5	1,5	1,6
75	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3	1,5	1,6	1,6	1,7
90	1,1	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8
97	1,2	1,2	1,3	1,4	1,6	1,6	1,8	1,9	2,1

Tableau 41 : Surface corporelle (m^2) des garçons en fonction des tranches d'âge

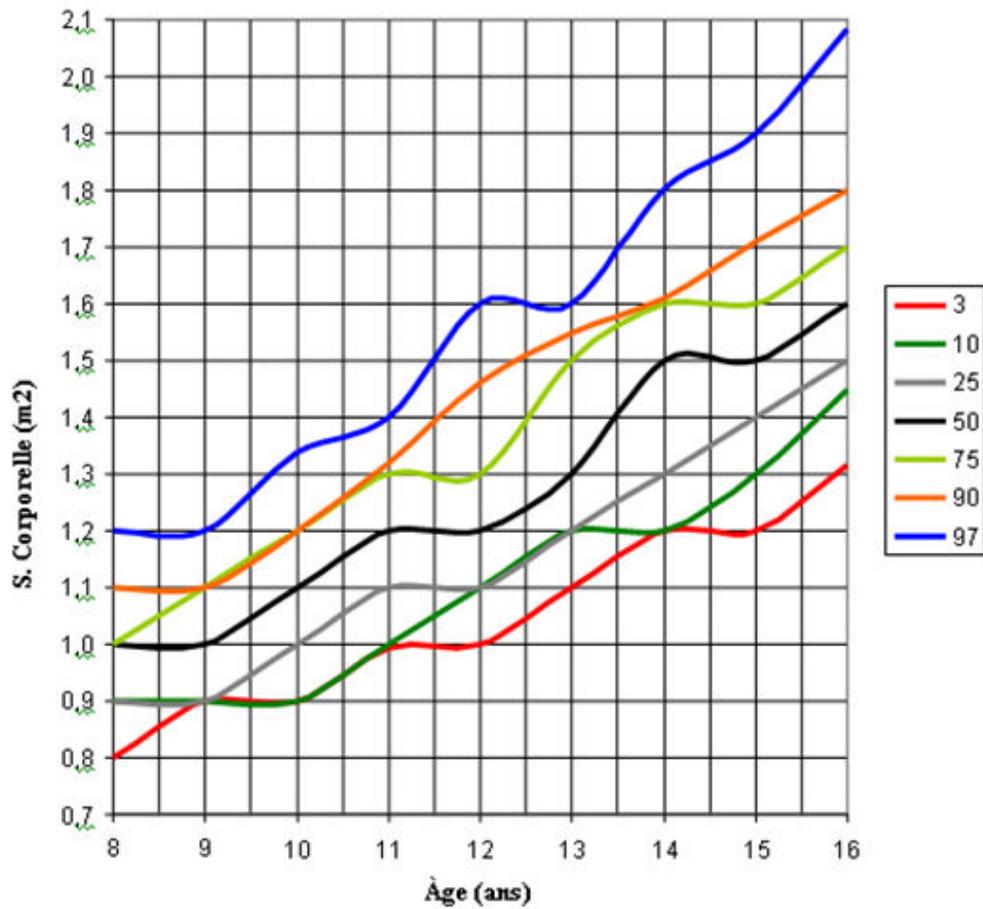


Figure 26 : Distribution en percentiles de la surface corporelle (m^2) chez les garçons de l'échantillon en fonction des tranches d'âge.

Percentile	Âge (ans)								
	8	9	10	11	12	13	14	15	16
3	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2	1.2	1.2
10	0.8	0.9	0.9	1.0	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4
25	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.4
50	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5
75	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6
90	1.0	1.1	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7
97	1.1	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8	1.8

Tableau 42 : Surface corporelle (m^2) des filles en fonction des tranches d'âge

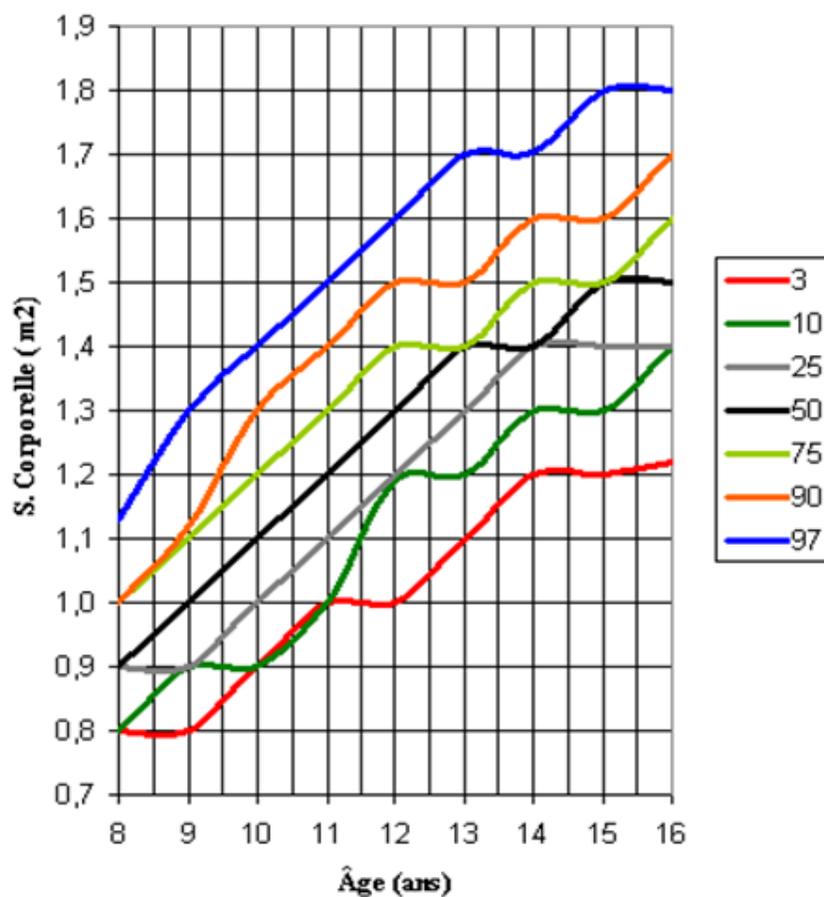


Figure 27 : Distribution en percentiles de la surface corporelle (m^2), des filles de l'échantillon en fonction des tranches d'âge

Âge	Garçons			Filles			Z	P-valeurs
	N	Moyenne	ET	N	Moyenne	ET		
8	97	0,98	0,09	89	0,92	0,09	4,54	0***
9	94	1,01	0,10	117	1,02	0,11	-0,69	0,488
10	119	1,08	0,12	122	1,10	0,13	-1,24	0,215
11	97	1,17	0,13	99	1,20	0,14	-1,55	0,121
12	93	1,24	0,15	98	1,29	0,13	-2,46	0,014**
13	104	1,35	0,15	114	1,37	0,14	-1,01	0,312
14	98	1,46	0,17	98	1,44	0,13	0,93	0,352
15	98	1,53	0,17	94	1,47	0,12	2,83	0,004***
16	104	1,63	0,16	105	1,51	0,13	5,95	0***

Tableau 43 : Comparaison des moyennes de Surface Corporelle (m^2) entre les garçons et les filles, N, Z et p-valeurs avec $\alpha = 0.05$ en fonction des tranches d'âge. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$

Dans le Tableau 43, la surface corporelle des garçons est significativement supérieure ($p < 0.01$) à celle des filles aux âges de 8, 15 et 16 ans. A l'inverse les filles ont une superficie corporelle significativement supérieure ($p < 0.01$) à celle des garçons âgés de 12 ans. La plus grande différence significative de SC en faveur des garçons en comparaison des filles est de 0.12 m^2 à l'âge de 15 ans. Pour leur part les filles présentent à l'âge de 12 ans une différence significative de leur SC par rapport aux garçons de 0.05 m^2 .

La variation de la SC entre 8 et 16 ans fut de 0.65 m^2 pour les garçons et de 0.59 m^2 pour les filles.

Composition Corporelle

L'Indice de Masse Corporelle

Cet indice se calcule en divisant le poids du sujet en kg, par le mètre carré de sa hauteur en $(\text{kg})/(\text{m})^2$. (168. QUETELET LAJ, 1869)

Garçons	Âge (ans)								
	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Percentile									
3	13.7	13.2	13.4	13.8	13.1	14.1	15.1	15.5	16.4
10	14.4	14.5	14.2	14.9	14.9	15.9	16.0	16.6	16.9
25	15.6	15.4	15.4	15.9	15.9	16.6	17.0	17.4	18.3
50	16.4	16.5	16.7	17.3	17.4	18.0	18.3	18.5	19.6
75	17.7	18.2	18.0	19.4	19.0	19.8	20.7	20.4	21.1
90	19.3	20.0	19.1	21.9	21.3	21.4	22.4	22.4	22.6
97	22.3	21.9	23.5	24.3	22.6	23.1	24.0	26.3	26.8

Tableau 44 : *Distribution en percentiles des indices de masse corporelle des garçons en fonction des tranches d'âge*

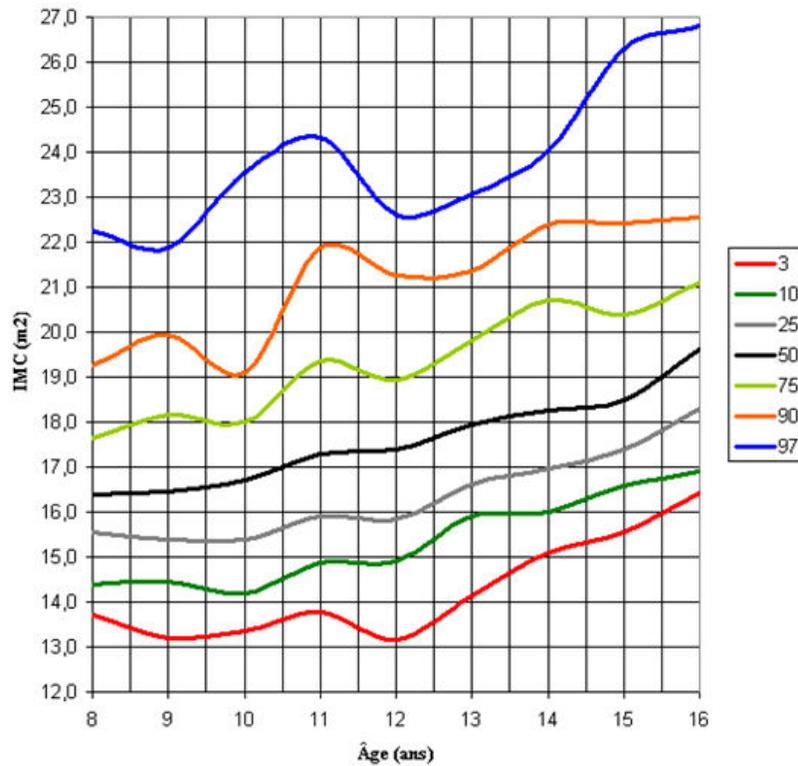


Figure 28 : Distribution en percentiles des indices de Masse Corporelle des garçons de l'échantillon en fonction des tranches d'âge

Filles	Âge (ans)									
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
3	13.3	13.0	12.9	14.5	14.7	14.8	15.8	14.2	16.1	
10	14.1	14.2	14.2	15.5	15.6	15.9	17.2	17.7	18.2	
25	14.8	15.1	15.2	16.1	16.7	17.1	18.3	19.2	19.6	
50	15.8	16.2	16.7	17.3	18.1	18.6	19.6	21.0	21.2	
75	17.1	17.7	18.2	18.5	19.6	20.2	21.3	22.5	23.3	
90	19.2	19.2	20.5	21.4	22.0	22.1	23.1	23.8	24.6	
97	20.6	22.2	22.7	23.5	23.8	24.6	25.9	26.5	27.8	

Tableau 45 : Distribution en percentiles des indices de Masse Corporelle des filles en fonction des tranches d'âge

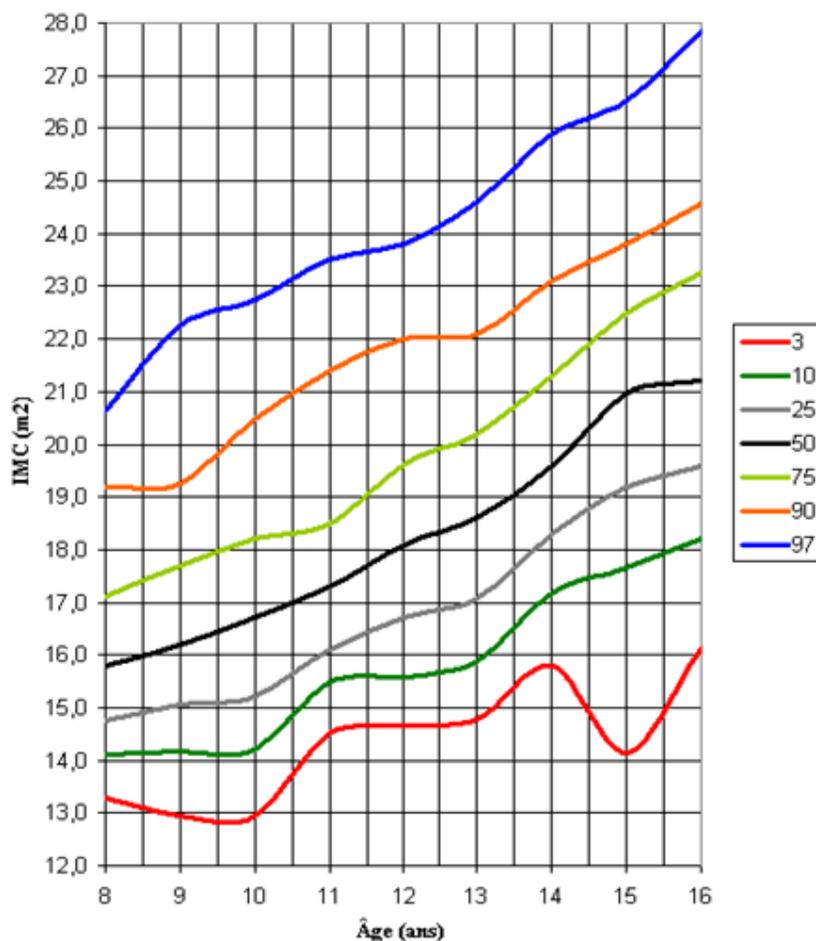


Figure 29 : Distribution en percentiles des indices de Masse Corporelle des filles de l'échantillon en fonction des tranches d'âge.

L'IMC dépend de l'âge (Tableau 46, Figure 28, Figure 29). Les P50 tant pour les garçons que les filles, montrent des valeurs similaires jusqu'à l'âge de 11 ans, mais à partir de 12 ans les valeurs pour les filles se font croissante par rapport à celle des garçons concernant les 13 à 16 ans.

Dans le Tableau 46, on observe que l'IMC des garçons est significativement supérieure ($p < 0.05$) à celui des filles uniquement à l'âge de 8 ans, avec une différence significative de 0.58 kg/m^2 . Les filles ont un IMC significativement supérieur ($p < 0.01$) à celui des garçons aux âges de 12, 14, 15 et 16 ans, la différence la plus grande se situant à l'âge de 15 ans, avec 1.83 kg/m^2 .

La variation de l'IMC entre 8 et 16 ans fut de 3.21 kg/m² pour les garçons et de 5.31 kg/m² pour les filles.

Âge	Garçons			Filles			Z	p-valeurs
	N	Moyenne	ET	N	Moyenne	ET		
8	97	16,73	2,01	89	16,15	1,98	1,98	0,047*
9	94	16,81	2,10	117	16,62	2,52	0,60	0,548
10	119	16,89	2,27	122	16,91	2,37	-0,07	0,944
11	97	17,78	2,81	99	17,69	2,28	0,25	0,802
12	93	17,61	2,35	98	18,47	2,42	-2,49	0,003***
13	104	18,28	2,25	114	18,87	2,41	-1,87	0,061
14	98	18,80	2,46	98	19,96	2,48	-3,29	0***
15	98	19,08	2,61	94	20,91	2,63	-4,84	0***
16	104	19,94	2,55	105	21,46	2,68	-4,20	0***

Tableau 46 : Comparaison des moyennes des IMC (kg/m²) des garçons et filles, ET, N, Z et p-valeurs avec $\alpha = 0.05$. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$

Pourcentage de masse grasse (%G)

Dans l'étude QAPACE, le pourcentage de graisse des sujets a été calculé suivant la formule de Slaughter (123. SLAUGHTER NH 1988)

Percentile	Âge (ans)								
	8	9	10	11	12	13	14	15	16
3	9.6	8.7	10.5	9.9	11.1	10.9	10.0	10.1	10.5
10	12.0	10.2	12.0	11.7	12.1	13.0	11.6	11.4	12.4
25	13.6	13.4	13.6	12.7	14.5	14.2	13.6	12.8	13.9
50	16.7	16.0	16.5	16.9	17.1	16.4	15.5	15.3	16.0
75	20.8	20.9	20.9	21.6	22.2	20.6	19.4	18.1	18.7
90	24.5	25.6	24.3	27.7	26.3	24.4	25.1	21.2	21.5
97	27.0	28.0	29.4	30.4	31.0	27.8	29.4	24.8	26.0

Tableau 47 : Distribution en percentiles du pourcentage de masse grasse des garçons en fonction des tranches d'âge

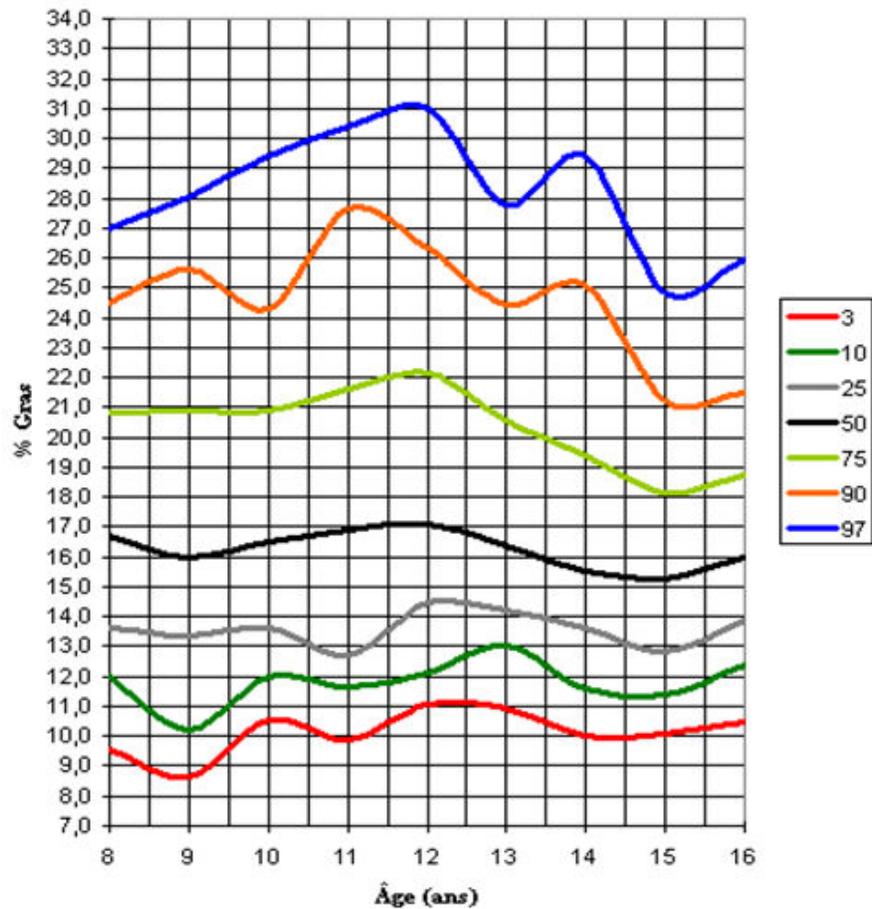


Figure 30 : Distribution en percentiles du pourcentage de graisse des garçons en fonction des tranches d'âge

Concernant le pourcentage de masse grasse, le profil général de la distribution des garçons apparaît décroissant à partir de 12 ans, avec une valeur maximale de 31% à 12 ans et une valeur minimale de 10.5% à 16 ans. Dans cette même distribution, 50% des garçons possèdent moins de 17.1% de graisse. (Tableau 49, Figure 30).

Age (ans)	8	9	10	11	12	13	14	15	16
3	11.5	12.0	11.6	13.0	13.0	13.9	15.5	17.6	16.3
10	12.4	13.9	13.2	14.5	15.3	15.8	17.2	18.8	18.5
25	13.5	16.1	15.7	16.4	17.6	18.7	19.9	21.1	22.1
50	16.1	18.7	19.2	19.7	20.3	22.7	23.5	25.2	26.1
75	19.4	21.5	23.4	23.3	23.7	26.9	27.4	28.1	29.5
90	24.4	25.1	26.1	28.0	26.8	29.5	29.7	30.6	31.3
97	26.6	29.6	29.2	31.4	30.7	31.3	30.9	31.5	31.5

Tableau 48 : Distribution en percentiles du pourcentage de graisse des filles en fonction des tranches d'âge.

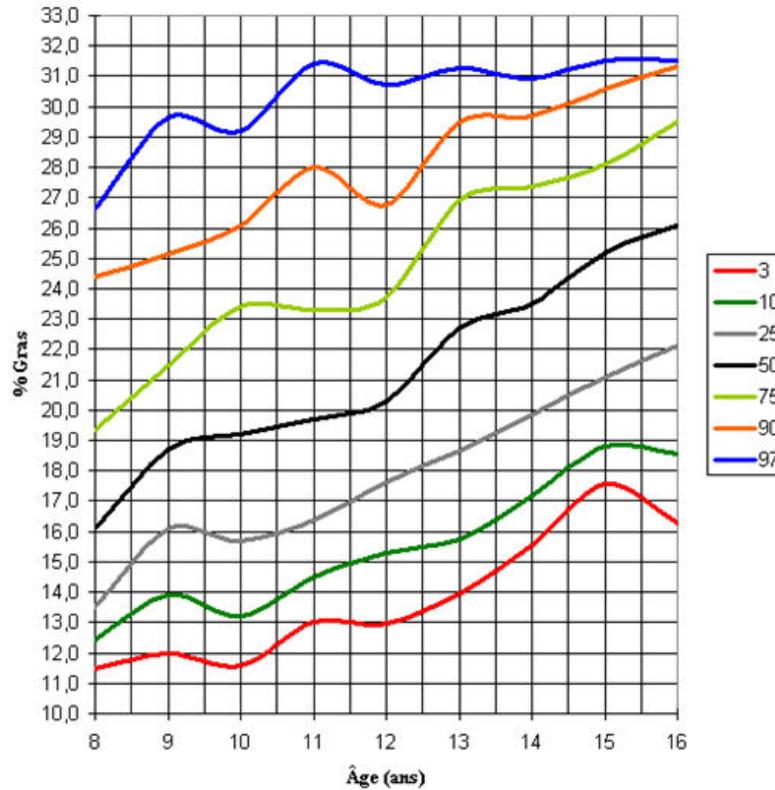


Figure 31 : Distribution en percentiles du pourcentage de graisse des filles en fonction des tranches d'âge

Chez les filles, le profil percentilaire montre une tendance croissante et progressive du % de masse grasse depuis l'âge de 8 ans jusqu'à 16 ans avec un rang de 11.5 à 26.5 % pour l'âge de 8 ans et un rang de 16.3 à 31.5 % de grasse à l'âge de 16 ans.

Chez les filles on décrit une distribution relativement symétrique du pourcentage de graisse aux alentours du P50, c'est à dire qu'en fonction de l'âge, 50% des filles ont un pourcentage de graisse qui oscille entre 11.5 et 26.5%, et 50% entre 16 à 31%, (Tableau 48, Figure 31).

Âge	Garçons			Filles			Z	P-valeurs
	N	Moyenne	ET	N	Moyenne	ET		
8	97	17,23	4,70	89	17,10	4,41	0,19	0,859
9	94	17,24	5,38	117	19,15	4,32	-2,79	0***
10	119	17,58	4,86	122	19,56	4,82	-3,17	0***
11	97	18,10	5,94	99	20,27	4,81	-2,81	0,005***
12	93	18,33	5,26	98	20,86	4,50	-3,56	0***
13	104	17,61	4,55	114	22,50	5,03	-7,54	0***
14	98	17,06	5,00	98	23,41	4,63	-9,22	0***
15	98	15,88	3,79	94	24,77	4,16	-15,46	0***
16	104	16,67	3,96	105	25,49	4,60	-14,86	0***

Tableau 49 : Comparaison des moyennes du pourcentage de graisse (%G) entre les garçons et les filles, ET, N, Z et p-valeurs avec $\alpha = 0.05$. *** $p < 0.001$

Dans le Tableau 49, le pourcentage de graisse est significativement supérieur ($p < 0.01$) chez les filles comparées les garçons pour les âges de 9-16 ans. La plus grande différence significative est de 8.9% à l'âge de 15 ans. La variation du % de masse grasse entre les âges de 8 à 16 ans est de 2.5% chez les garçons et de 8.4% chez les filles.

Pourcentage de masse maigre

Le poids maigre d'un individu est le poids de la masse corporelle active, c'est-à-dire, le poids total sans la graisse. Dans cette étude la distribution en percentile de la masse maigre des garçons montre évidemment, une image en miroir de celle de la masse grasse, par exemple si un garçon a 80% de masse maigre maximale, le pourcentage de sa masse grasse est égal à 20% maximum. Dans l'étude QAPACE, la distribution en percentile montre que, tous âges confondus, 50% des garçons ont un % de masse maigre qui oscille entre 83 et 91%, tandis que pour les autres 50% il oscille entre 69 et 84%, (Tableau 52, Figure 32).

Contrairement aux garçons, la distribution percentilaire du pourcentage de masse maigre, a chez les filles un comportement décroissant, avec, à l'âge de 8 ans, un maximum de 88.5% et une minimum de 73.5%, et à l'âge de 16 ans, un maximum de 73.5% et une minimum de 68.5%. Tous âges confondus, 50% situés au-dessus de P50 oscillent entre 74 et 88.5% de pourcentage maigre (variation de 14.5%), pendant que 50% situés au-dessous de P50, oscillent entre 68.5 et 84%, (variation de 15.5%) (Tableau 51, Figure 33).

Percentiles	Âge (ans)								
	8	9	10	11	12	13	14	15	16
3	73.0	72.0	70.6	69.6	69.0	72.2	70.6	75.2	74.0
10	75.5	74.4	75.7	72.3	73.7	75.6	74.9	78.8	78.5
50	83.3	84.0	83.5	83.1	82.9	83.6	84.5	84.8	84.0
25	79.2	79.1	79.1	78.4	77.9	79.4	80.6	81.9	81.3
75	86.4	86.6	86.4	87.3	85.5	85.8	86.4	87.2	86.1
90	88.0	89.8	88.0	88.3	87.9	87.0	88.4	88.6	87.6
97	90.4	91.4	89.5	90.1	88.9	89.1	90.0	89.9	89.5

Tableau 50 : Distribution en percentiles du pourcentage maigre des garçons en fonction des tranches d'âge

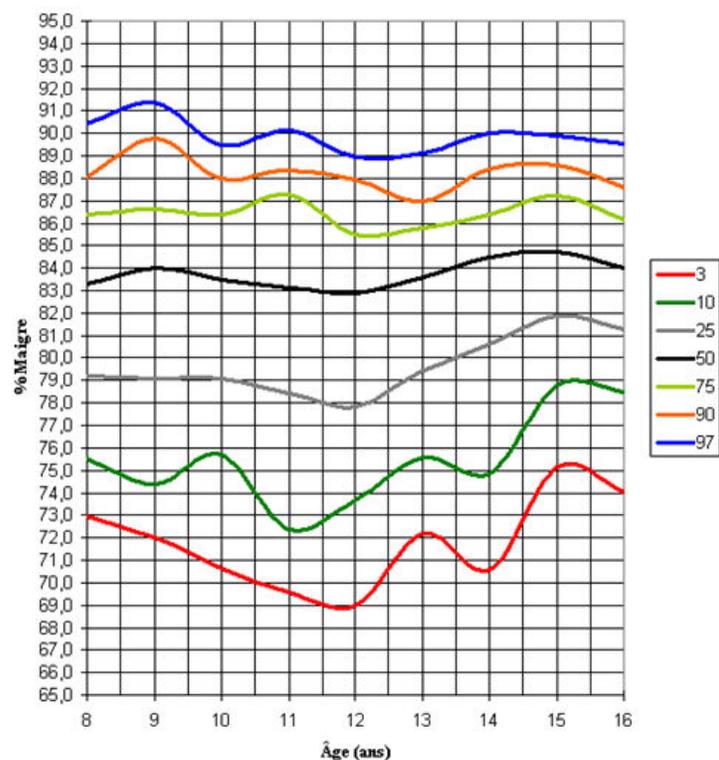


Figure 32 : Distribution en percentiles du pourcentage de masse maigre des garçons en fonction des tranches d'âge

Filles	Age (ans)									
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
3	73.4	70.4	70.8	68.6	69.3	68.7	69.1	68.5	68.5	
10	75.6	74.9	73.9	72.0	73.2	70.5	70.3	69.4	68.7	
25	80.7	78.5	76.6	76.7	76.3	73.1	72.7	71.9	70.5	
50	83.9	81.3	80.8	80.3	79.7	77.3	76.5	74.8	73.9	
75	86.5	83.9	84.3	83.6	82.4	81.3	80.2	78.9	77.9	
90	87.6	86.1	86.8	85.5	84.7	84.3	82.8	81.2	81.5	
97	88.5	88.0	88.4	87.0	87.0	86.1	84.5	82.4	83.7	

Tableau 51 : Distribution en percentiles du pourcentage de masse maigre des filles en fonction des tranches d'âge

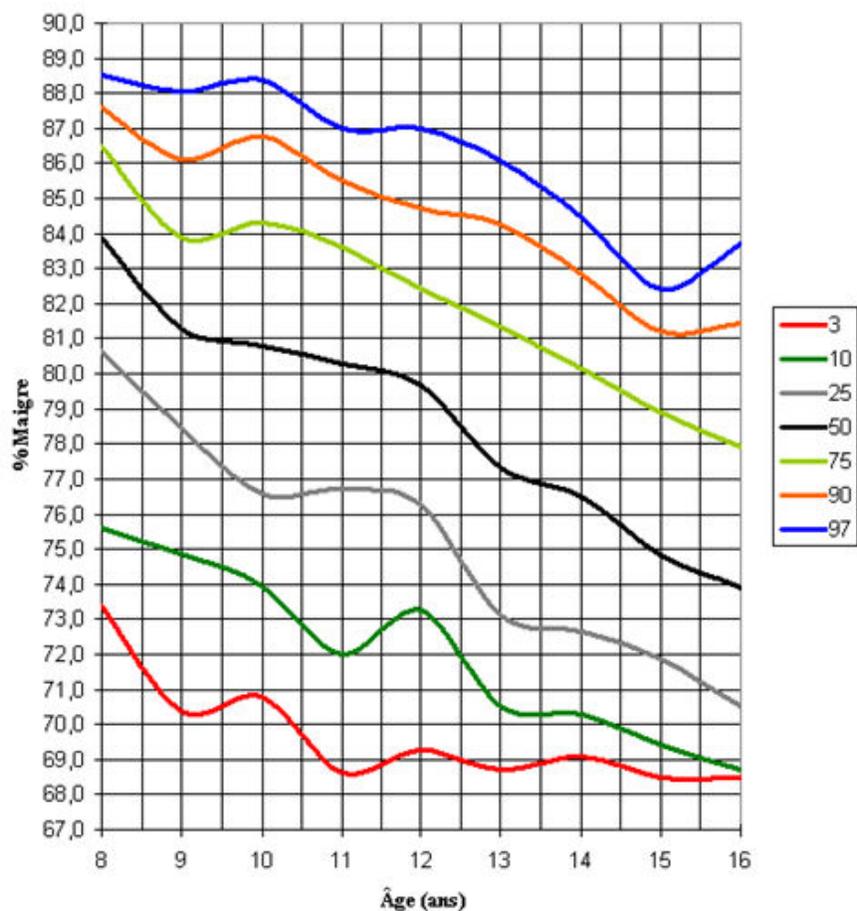


Figure 33 : Distribution en percentiles du pourcentage de masse maigre des filles en fonction des tranches d'âge

Âge	Garçons			Filles			Z	P-valeurs
	N	Moyenne	ET	N	Moyenne	ET		
8	97	82,77	4,70	89	82,90	4,41	-0,19	0,859
9	94	82,76	5,38	117	80,85	4,32	2,79	0**
10	119	82,42	4,86	122	80,44	4,82	3,17	0**
11	97	81,90	5,94	99	79,73	4,81	2,81	0,005**
12	93	81,67	5,26	98	79,14	4,50	3,56	0**
13	104	82,39	4,55	114	77,50	5,03	7,54	0***
14	98	82,94	5,00	98	76,59	4,63	9,22	0***
15	98	84,12	3,79	94	75,23	4,16	15,46	0***
16	104	83,33	3,96	105	74,51	4,60	14,86	0***

Tableau 52 : Comparaison des moyennes du pourcentage de masse maigre (%Maigre) entre les garçons et les filles, ET, N, Z et p-valeurs avec $\alpha = 0.05$. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$

Dans le Tableau 52, on observe que le pourcentage de masse maigre est significativement supérieur ($p < 0.01$) chez les garçons aux âges de 9-16 ans, la plus importante différence significative étant 8.9% à l'âge de 15 ans. La variation entre 8 et 16 ans du % masse maigre est, pour les garçons, de 2.5% et, pour les filles, de 8.4%.

Somatotype

Les différents composants du somatotype s'effectuent à travers une représentation graphique bidimensionnelle appelée somatogramme.

Dans notre étude, la Figure 34 décrit la distribution du somatotype chez les garçons et les filles de la manière suivante :

L'endomorphisme est progressivement prédominant chez les filles et significativement supérieur ($p < 0.001$) à celui des garçons dès l'âge de 9 ans. A l'âge de 13 ans, ces différences sont bien définies avec pour valeurs 0.97 pour 13 ans et 1.79 pour 16 ans (Tableau 53).

Le mésomorphisme à l'inverse des résultats observés en faveur des filles dans le composant endomorphe, se révèle significativement plus important ($p < 0.01$) chez les garçons pour les âges de 9, 10, 11, 13 et 14 ans, mais progressivement décroissant à partir de 9 ans. A 15 ans les chiffres s'inversent significativement ($p < 0.05$) en faveur des filles, Cependant à l'âge de 16 ans cette différence n'est pas significative ($p = 0.11$) (Tableau 54).

L'ectomorphisme ou le composant de longilignité, montre des différences significatives en faveur des garçons à l'âge de 12 ans ($p < 0.05$), et à 14, 15 et 16 ans ($p < 0.01$). Dans les autres groupes d'âge, les différences ne sont pas significatives. A l'âge de 16 ans, bien que le composant ectomorphe des garçons soit toujours significativement supérieur à celui des filles, ses valeurs sont moindres (Tableau 55).

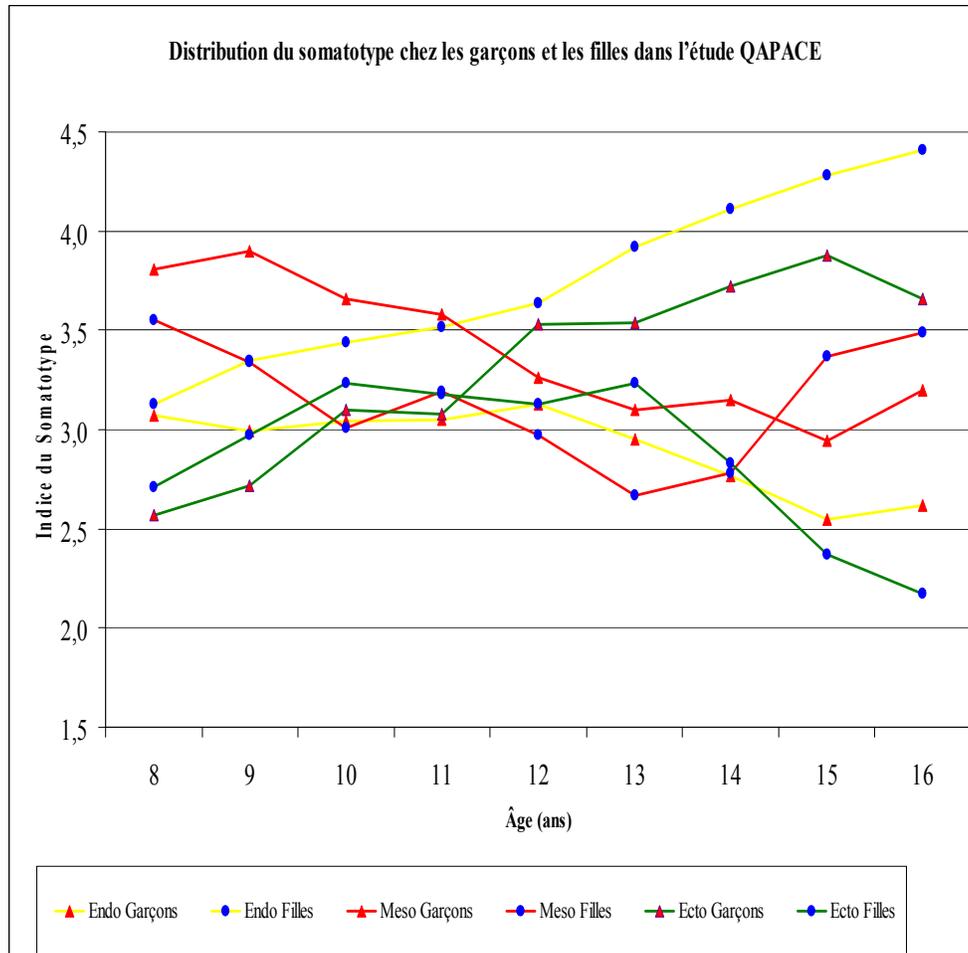


Figure 34 : Distribution du somatotype chez les garçons et les filles dans l'étude QAPACE en fonction des tranches d'âge

Âge	N	Garçons	ET	N	Filles	ET	Z	P valeurs
8	97	3,07	0,8	89	3,13	0,75	-0,53	0,59
9	94	2,99	0,89	117	3,35	0,68	-3,24	0**
10	119	3,04	0,85	122	3,44	0,81	-3,74	0**
11	97	3,05	1,02	99	3,52	0,86	-3,48	0**
12	93	3,13	1,01	98	3,64	0,81	-3,84	0**
13	104	2,95	0,94	114	3,92	0,93	-7,65	0***
14	98	2,77	0,96	98	4,11	0,83	-10,45	0***
15	98	2,55	0,74	94	4,28	0,74	-16,19	0***
16	104	2,62	0,86	105	4,41	0,84	-15,22	0***

Tableau 53 : Endomorphisme : comparaison entre les garçons et les filles en fonction des tranches d'âges. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$

Âge	N	Garçons	ET	N	Filles	ET	Z	P valeurs
8	97	3,81	1,24	89	3,55	1,12	1,50	0,1336
9	94	3,9	1,27	117	3,34	1,11	3,37	0**
10	119	3,66	1,22	122	3,01	1,2	4,17	0**
11	97	3,58	1,28	99	3,19	1,24	2,17	0,03*
12	93	3,26	1,32	98	2,97	1,17	1,60	0,109
13	104	3,1	1,4	114	2,67	1,28	2,36	0,018*
14	98	3,15	1,33	98	2,78	0,96	2,23	0,025*
15	98	2,94	1,17	94	3,37	1,22	-2,49	0,012*
16	104	3,2	1,39	105	3,49	1,24	-1,59	0,109

Tableau 54 : Mésomorphisme ; comparaison entre les garçons et les filles en fonction des tranches d'âge. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$

Âge	N	Garçons	ET	N	Filles	ET	Z	P valeurs
8	97	2,57	1,07	89	2,71	1,17	-0,85	0,39
9	94	2,72	1,28	117	2,97	1,32	-1,39	0,16
10	119	3,1	1,25	122	3,23	1,36	-0,77	0,44
11	97	3,08	1,55	99	3,18	1,23	-0,50	0,61
12	93	3,53	1,4	98	3,13	1,35	2,01	0,04*
13	104	3,54	1,33	114	3,23	1,21	1,79	0,07
14	98	3,72	1,31	98	2,83	1,19	4,98	0**
15	98	3,88	1,32	94	2,37	1,35	7,83	0***
16	104	3,66	1,22	105	2,17	1,21	8,86	0***

Tableau 55 : Ectomorphisme : comparaison entre les garçons et les filles en fonction des tranches d'âge. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$

II.1.2.4. Age biologique

II.1.2.4.A. Apparition de la ménarche

L'étude QAPACE pour la ville de Bogotá, a révélé un âge moyen d'apparition de la ménarche de 11.8 ans. L'analyse en percentile montre que le P10 de la distribution est 9.5 ans, le P25 10.4 ans, le P50 11.3 ans, le P 75 12 ans et le P 90 12.8 ans.

En comparant la dépense d'énergie et l'âge de la ménarche, on observe qu'à 10 ans se produit un pic de DEJ, avec une valeur de 273,93 kJ/kg/jour au niveau du percentile P97. Après cet âge il se produit une diminution progressive de DEJ qui, à l'âge de 16 ans, s'abaisse à 150.37 kJ/kg/jour (Tableau 57).

Âge	Nombre	Nombre cumulé	%
8	1	1	0.04
9	1	2	0.28
10	129	131	18.34
11	145	276	38.36
12	256	532	73.95
13	139	671	93.27
14	41	712	98.97
15	5	717	99.96
16	1	718	100

Tableau 56 : *Apparition de la ménarche chez les filles scolarisées de Bogotá en fonction des tranches d'âge*

Âge	n	P3	P10	P25	P50	P75	P97
8	1	193.89	193.89	193.89	193.89	193.89	193.89
9	1	146.44	146.44	146.44	146.44	146.44	146.44
10	129	132.08	133.85	138.21	152.93	191.60	273.93
11	145	131.42	136.34	145.71	155.10	194.85	272.67
12	256	132.60	135.25	143.52	155.10	179.75	240.19
13	139	133.13	135.44	146.61	152.13	173.38	233.86
14	41	133.11	134.75	140.08	152.51	179.85	206.55
15	5	147.49	147.49	150.92	184.64	212.52	237.90
16	1	150.37	150.37	150.37	150.37	150.37	150.37

Tableau 57 : *Distribution en percentiles de la dépense d'énergie en (kJ/kg/jour), en fonction de l'âge de l'apparition de la ménarche.*

En comparant la dépense d'énergie rapportée au poids maigre et l'âge de la ménarche, on observe que c'est à 11 ans que se produit le pic de DEJ, avec une valeur de 358.47 kJ/kg/jour correspondant au percentile P97 puis, après cet âge, il se produit une baisse progressive qui atteint 207.14 kJ/kg/jour à l'âge de 16 ans (Tableau 58).

Âge	n	P3	P10	P25	P50	P75	P97
8	1	229,69	229,69	229,69	229,69	229,69	229,69
9	1	206,52	206,52	206,52	206,52	206,52	206,52
10	129	158,53	164,76	174,08	193,59	236,90	334,52
11	145	160,32	169,13	180,62	208,30	251,66	358,47
12	256	161,94	173,03	182,73	203,61	237,66	312,63
13	139	163,88	177,23	189,67	203,66	236,37	338,98
14	41	162,73	168,23	183,87	209,38	234,98	278,68
15	5	212,12	212,12	218,70	246,98	295,76	322,70
16	1	207,14	207,14	207,14	207,14	207,14	207,14

Tableau 58 : *Distribution en percentiles de la dépense d'énergie rapportée à la masse maigre (kJ/kgmaigre/jour) en fonction de l'âge de l'apparition de la ménarche*

Le Tableau 61 permet de comparer, par groupe d'âges, la DEJ des filles qui ne présentaient pas encore leur ménarche et les filles ayant eu leur ménarche. Dans ce cas, on constate un pic de DEJ à 9 ans, avec une valeur maximale de 244.87 kJ/kg/jour qui correspond au P 97. Après cet âge, il se produit une baisse variable qui atteint 135.31 kJ/kg/jour, à l'âge de 15 ans. La valeur minimale de la DEJ se situe à 8 ans avec 132.13 kJ/kg/jour, au niveau du percentile P3.

Âge	n	P3	P10	P25	P50	P75	P97
8	89	132.13	136.06	139.58	148.99	168.63	234.57
9	117	132.90	135.57	139.93	150.79	177.32	244.87
11	1	137.11	137.11	137.11	137.11	137.11	137.11
12	5	133.64	133.64	135.92	157.95	219.28	243.55
13	5	140.21	140.21	145.96	174.97	191.92	202.42
15	1	135.31	135.31	135.31	135.31	135.31	135.31

Tableau 59 : Distribution en percentiles de la dépense d'énergie en (kJ/kg/jour), en fonction de l'âge chez les jeunes filles non réglées.

Âge	n	P3	P10	P25	P50	P75	P97
8	89	151.49	159.08	168.31	179.59	207.62	275.58
9	117	159.16	165.50	173.45	189.39	215.60	299.09
11	1	163.50	163.50	163.50	163.50	163.50	163.50
12	5	178.44	178.44	179.78	204.73	274.67	308.79
13	5	189.10	189.10	198.38	223.29	272.42	295.25
15	1	179.36	179.36	179.36	179.36	179.36	179.36

Tableau 60 : Distribution en percentiles de la dépense d'énergie rapportée au poids maigre (kJ/kgmaigre/jour), en fonction de l'âge chez les jeunes filles non réglées

	Apparition	DEJ	ET	Non apparition	DEJ	ET	Z	p- valeurs
Âge	n = 718	kJ/kg/jour		n = 218	kJ/kg/jour			bilatéral
8	1	193.89	-	89	157.72	25.20	-	-
9	1	146.44	-	117	162.53	29.82	-	-
10	129	167.76	36.72	0	-	-	-	-
11	145	173.43	39.00	1	137.11	-	-	-
12	256	165.96	32.75	5	173.67	41.10	-	0.68
13	139	163.64	28.87	5	170.15	22.00	-	0.55
14	41	160.48	22.22	0	-	-	-	-
15	5	182.31	31.98	1	135.31	-	-	-
16	1	150.37	-	0	-	-	-	-

Tableau 61 : Comparaison de la dépense d'énergie en kJ/kg/jour et l'écart type (ET) entre les groupes « apparition » et « non apparition de la ménarche » pour une tranche d'âge donnée.

	Apparition	DEJ	Ecart	Non apparition	DEJ	Ecart	Z	p- valeurs
AGE	n = 718	kJ/kg/jour	Type	n = 218	kJ/kg/jour	Type		bilatéral
8	1	229.69	-	89	190.81	31.9	-	-
9	1	206.52	-	117	201.53	38.18	-	-
10	129	209.5	47.04	0	-	-	-	-
11	145	223.27	54.13	1	163.5	-	-	-
12	256	214.93	43.62	5	222.73	41.46	- 0.42	0.67
13	139	216.97	40.81	5	232.98	36.92	- 0.95	0.34
14	41	209.59	29.67	0	-	-	-	-
15	5	255.18	38.88	1	179.36	-	-	-
16	1	207.14	-	0	-	-	-	-

Tableau 62 : Comparaison de la dépense d'énergie en kJ/kg_{maigre}/jour et l'écart type (ET) entre les groupes « apparition » et « non apparition de la ménarche » pour une tranche d'âge donnée.

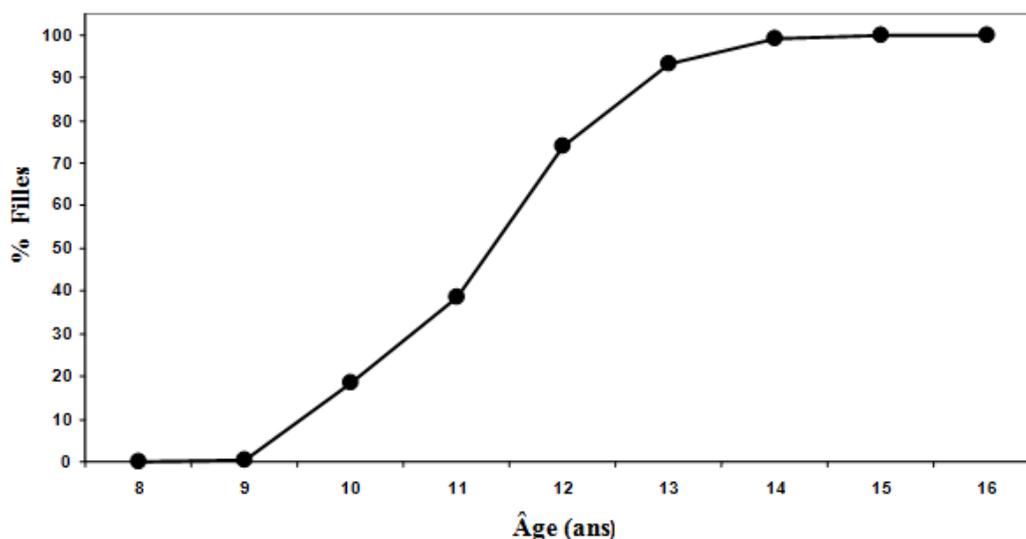


Figure 35 : Pourcentages cumulés du nombre de jeunes filles ayant présenté leur ménarche dans l'étude QAPACE pour chaque groupe d'âge chronologique.

Par ailleurs, le pic de la DEJ rapportée au poids maigre des filles qui ne présentèrent pas la ménarche parmi les autres filles appartenant à leur groupe respectif d'âge, est à 9 ans, de 244.87 kJ/kg/jour correspondant au percentile P97 et à 12 ans de 308.79 kJ/kg/jour, correspondant au P97, suivi d'une baisse progressive de cette dépense jusqu'à 179.36 kJ/kg/jour, à l'âge de 15 ans. La valeur minimale observée fut de 151.49 kJ/kg/tour à l'âge de 8 ans, représentée par le P3 de la distribution des filles.

Age biologique selon la méthode de Tanner

L'observation des garçons de l'étude, a permis de distinguer trois groupes correspondant au développement de la verge (G1, G2, G4) et quatre groupes correspondant au développement de la pilosité pubienne (P1, P2, P3, P4) ; la fusion de ces deux critères a donné naissance à cinq catégories : G1P1, G2P2, G2P3, G4P3 et G4P4 (Tableau 63, Tableau 64).

L'observation des filles de l'étude, a permis de distinguer cinq groupes de développement mammaire (S1, S2, S3, S4 et S5) et cinq groupes de pilosités (P1, P2, P3, P4, P5) ; la fusion de ces deux critères a donné naissance à 20 catégories S1P1, qui peuvent s'observer dans le Tableau 65 et le Tableau 66.

Chaque stade mammaire donne lieu à de nombreuses combinaisons avec les groupes de pilosité, produisant un large spectre de classification du développement de la maturité, a la différence des cinq combinaisons observés chez les garçons. Ceci traduit la plus grande complexité du développement sexuel féminin.

Dépense d'énergie suivant les stades de Tanner

Chez les garçons, cette classification nous a ainsi permis d'observer un pic de la DEJ d'une valeur de 277.15 kJ/kg/jour apparaissant au stade G4P3, à l'âge moyen de 14 ans, correspondant au percentile P97. La valeur minimale étant 132.36 kJ/kg/jour, correspondant au percentile P3, au stade G2P2 à l'âge moyen de 12.5 ans (Tableau 63).

Si la DEJ est rapportée au poids maigre, le pic apparait au stade G2P2, à l'âge moyen de 12 ans avec une valeur de 349.15 kJ/kgmaigre/jour correspondant au percentile P97. La valeur minimale fut de 152.43 kJ/ kgmaigre /jour, correspondant au percentile P3, au stade G1P1 avec un âge moyen de 9.5 ans. (Tableau 64)

Stades	n	Âge	P3	P10	P25	P50	P75	P97
G1P1	407	9,5	132,59	134,19	140,25	152,05	185,02	259,04
G2P2	93	12,5	132,36	133,85	138,99	153,31	205,07	273,00
G2P3	104	13,0	132,96	133,93	138,92	151,06	202,56	268,95
G4P3	98	14,0	132,55	133,67	139,23	161,19	187,13	277,15
G4P4	202	15,5	133,46	136,51	145,90	156,86	197,30	268,13

Tableau 63 : *Distribution en percentiles de la dépense d'énergie en (kJ/kg/jour), en fonction des stades de Tanner chez les garçons de 8 à 16 ans.*

Stades	n	Âge	P3	P10	P25	P50	P75	P97
G1P1	407	9,5	152,43	158,28	170,24	190,42	222,88	315,11
G2P2	93	12,0	152,95	158,61	174,30	200,17	262,16	349,15
G2P3	104	13,0	153,48	160,03	170,04	186,61	248,70	332,21
G4P3	98	14,0	154,11	159,18	170,84	196,81	229,14	322,22
G4P4	202	15,5	154,30	162,13	172,57	192,67	234,46	324,96

Tableau 64 : *Distribution en percentiles de la dépense d'énergie en (kJ/kgmaigre/jour), en fonction des stades de Tanner chez les garçons de 8 à 16 ans.*

Stades	n	âge	P3	P10	P25	P50	P75	P97
S1P1	285	9,2	132,48	135,75	139,87	152,26	179,53	255,49
S1P2	9	10,6	134,35	134,35	142,67	148,87	188,09	261,08
S1P3	1	12,0	138,20	138,20	138,20	138,20	138,20	138,20
S2P1	98	10,5	132,65	134,75	140,01	151,46	187,28	258,75
S2P2	60	11,6	132,16	134,21	140,22	150,81	181,08	255,39
S2P3	40	12,3	131,02	135,34	145,31	150,41	171,71	355,31
S2P4	2	14,5	148,49	149,49	148,49	177,55	206,61	206,61
S3P1	5	10,6	165,56	165,56	166,60	178,95	202,33	214,51
S3P2	29	12,1	133,09	134,64	145,60	153,68	192,25	240,79
S3P3	68	13,1	130,95	134,71	143,70	154,72	188,43	243,67
S3P4	30	13,7	134,81	137,31	147,48	155,03	182,41	234,43
S3P5	1	16,0	187,57	187,57	187,57	187,57	187,57	187,57
S4P1	1	13,0	151,96	151,96	151,96	151,96	151,96	151,96
S4P2	7	13,2	130,96	130,96	133,09	146,82	153,89	220,62
S4P3	58	13,8	131,41	133,79	136,51	148,24	168,37	225,53
S4P4	170	14,7	133,48	135,67	146,48	156,96	187,78	240,13
S4P5	14	15,0	133,09	133,99	162,34	176,08	191,11	286,52
S5P3	3	15,2	147,49	147,49	147,49	153,22	191,29	191,29
S5P4	36	15,6	129,98	134,58	146,10	151,71	173,97	229,95
S5P5	19	15,8	134,14	135,35	139,16	155,52	177,86	263,88

Tableau 65 : *Distribution en percentiles de la dépense d'énergie en (kJ/kg/jour), en fonction des stades de Tanner chez les filles de 8 à 16 ans.*

Stades	n	âge	P3	P10	P25	P50	P75	P97
S1P1	285	9,2	156,93	163,05	172,21	188,10	221,92	327,80
S1P2	9	10,6	164,88	164,88	175,11	186,44	243,34	296,23
S1P3	1	12,0	178,44	178,44	178,44	178,44	178,44	178,44
S2P1	98	10,5	163,45	170,93	179,02	194,72	228,55	344,59
S2P2	60	11,6	155,93	162,82	173,06	185,97	229,26	325,51
S2P3	40	12,3	157,89	171,18	177,61	195,94	213,79	435,34
S2P4	2	14,5	178,82	178,82	178,82	222,19	265,56	265,56
S3P1	5	10,6	196,15	196,15	202,90	222,27	247,95	263,64
S3P2	29	12,1	158,12	172,10	179,41	198,17	244,13	291,56
S3P3	68	13,1	165,63	172,98	183,41	201,08	242,50	332,08
S3P4	30	13,7	159,72	174,01	188,90	206,46	252,20	341,92
S3P5	1	16,0	239,47	239,47	239,47	239,47	239,47	239,47
S4P1	1	13,0	183,92	183,92	183,92	183,92	183,92	183,92
S4P2	7	13,2	153,39	153,39	165,06	183,08	203,52	277,19
S4P3	58	13,8	160,92	169,40	182,64	198,21	219,29	285,01
S4P4	170	14,7	166,70	179,39	191,40	212,91	245,04	322,86
S4P5	14	15,0	181,69	184,78	191,07	231,68	250,16	402,26
S5P3	3	15,2	212,12	212,12	212,12	222,03	237,16	237,16
S5P4	36	15,6	176,58	180,54	187,36	212,30	234,54	328,14
S5P5	19	15,8	166,52	181,82	187,78	206,52	244,39	369,14

Tableau 66 : Distribution en percentiles de la dépense d'énergie en (kJ/kg_{maigre}/jour), en fonction des stades de Tanner chez les filles de 8 à 16 ans.

Le Tableau 65 décrit la DEJ chez les filles, rapportée au poids corporel total :

La combinaison prédominante sous S1, fut S1P1, comprenant 285 filles avec une DEJ maximale de 255.49 kJ/kg/jour, correspondant au percentile P97 et minimale de 132.48 kJ/kg/jour correspondant au percentile P3

La combinaison prédominante sous S2, fut S2P1, comprenant 98 filles avec une DEJ maximale de 258.75 kJ/kg/jour, correspondant au P97 et minimale de 132.65 kJ/kg/jour, correspondant au percentile P3

La combinaison prédominante sous S4, fut S4P4, comprenant 170 filles avec une DEJ maximale de 240.13 kJ/kg/jour, au percentile P97 et minimale de 133.48 kJ/kg/jour, correspondant au percentile P3.

La combinaison prédominante sous S5, fut S5P4, comprenant 36 filles avec une DEJ maximale de 229.95 kJ/kg/jour, au percentile P97 et minimale de 129.98 kJ/kg/jour, correspondant au percentile P3.

La DEJ rapportée à la masse maigre des filles, est donnée dans le Tableau 66 :

La combinaison prédominante sous S1, fut S1P1 comprenant 285 filles avec une DEJ maximale de 327.8 kJ/kgmaigre/jour correspondant au percentile P97 et minimale de 156.93 kJ/kg/jour, correspondant au percentile P3.

La combinaison prédominante sous S2, fut S2P2 comprenant 98 filles avec une DEJ maximale de 344.59 kJ/kgmaigre/jour, correspondant au percentile P97 et minimale de 163.45 kJ/kg/jour, correspondant au percentile P3.

La combinaison prédominante sous S4, fut S4P4 comprenant 170 filles avec une DEJ maximale de 322.86 kJ/kgmaigre/jour, correspondant au percentile P97 et minimale de 166.70 kJ/kg/jour, correspondant au percentile P3.

La combinaison prédominante sous S5, fut S5P5 comprenant 36 filles avec une DEJ maximale de 328.14 kJ/kgmaigre/jour, correspondant au percentile P97 et minimale de 176.58 kJ/kg/jour, correspondant au percentile P3.

Cependant, la fréquence de l'apparition des combinaisons représentatives du développement sexuel ne coïncide pas toujours avec la DEJ maximale. Par exemple, pour les combinaisons dans lesquels domine S2, la DEJ la plus élevée apparaît au stade S2P3 avec un âge moyen de 12.3 ans et 435.34 kJ/kgmaigre/jour. Pour les combinaisons où domine S3, la DEJ la plus élevée apparaît au stade S3P4 avec un âge moyen de 13.7 ans et 341.92 kJ/kgmaigre/jour. Pour les combinaisons où domine S4, la DEJ la plus élevée apparaît au stade S4P5 avec un âge moyen de 15 ans et 402.26 kJ/kgmaigre/jour. Enfin pour les combinaisons où domine S5, la majeure DEJ la plus élevée apparaît au stade S5P5 avec un âge moyen de 15.8 ans et 369.14 kJ/kgmaigre/jour (Tableau 66).

II.1.2.4.B. Age biologique et variables anthropométriques

B.1. Garçons

VARIABLES	PREPUBERE				PUBERE				POSTPUBERE			
	Min	Moyenne	ET	Max	Min	Moyenne	ET	Max	Min	Moyenne	ET	Max
Âge	8.0	9.5	1.1	11.0	12.0	12.5	0.5	13.0	14.0	15.0	0.8	16.0
Hauteur	112.8	133.3	7.9	155.0	132.1	150.1	8.7	181.0	134.8	164.2	8.2	188.2
Poids total	19.4	30.5	6.2	59.1	24.4	40.8	8	65.2	32.6	52.4	10	102.0
Poids gras	1.7	5.6	2.7	18.5	3.0	7.5	3.1	16.5	3.2	8.9	3.8	32.1
% gras	7.5	17.5	3.3	31.5	9.7	17.9	4.9	31.5	9.5	16.5	4.3	31.5
Poids maigre	16.6	24.9	4.1	40.6	21.4	33.3	5.9	50.5	28.0	43.5	7.2	69.9
% maigre	68.5	82.5	5.4	92.5	68.5	82.0	4.9	90.3	68.5	83.5	4.3	90.5
IMC	10.4	17.0	2.3	26.4	12.4	18.0	2.3	24.2	12.7	19.3	2.6	31.8
SPC	0.8	1.1	0.13	1.6	1.0	1.3	0.16	1.6	1.1	1.5	0.18	2.3
DEJ (PT)	131.1	166.5	36.48	318.3	129.7	174.9	42.72	322.3	130.4	172.7	38.46	328.7
DEJ (PM)	146.6	202.6	43.97	410.9	149.8	213.9	53.83	440.7	148.1	207.2	46.30	408.4

Tableau 67 : Variables anthropométriques et Dépense énergétique journalière (DEJ) selon poids total (PT) ou poids maigre (PM) selon l'âge biologique de 8 à 16 ans. Valeurs minimale (Min), Moyenne +/- écart-type (ET), maximale (Max)

VARIABLES	PREPUBERES VS PUBERES				PUBERES VS POSTPUBERES				PREPUBERES VS POSTPUBERES						
	N	Moyenne	ET	Z	p-valeurs	N	Moyenne	ET	Z	p-valeurs	N	Moyenne	ET	Z	p-valeurs
Poids gras	407	5,6	2,7	-7,4	0**	197,0	7,5	3,1	-4,5	0**	300	8,9	3,8	-12,8	0**
% gras	407	17,5	5,3	-0,9	0,37	197,0	17,9	4,9	3,3	0**	300	16,5	4,3	2,8	0,005**
Poids maigre	407	24,9	4,1	-18,0	0**	197,0	33,3	5,9	-17,3	0**	300	43,5	7,2	-40,2	0**
% maigre	407	82,5	5,4	1,1	0,27	197,0	82	4,9	-3,5	0**	300	83,5	4,3	-2,7	0,007**
DEJ (Total)	407	166,5	36,48	-2,4	0,01*	197,0	174,9	42,72	0,6	0,55	300	172,7	38,46	-2,2	0,027*
DEJ (Maigre)	407	202,6	43,97	-2,6	0,009**	197,0	213,9	53,83	1,4	0,16	300	207,2	46,3	-1,3	0,19

Tableau 68 : Comparaison des moyennes entre les garçons prépubères et pubères, pubères vs postpubères et prépubères vs postpubères en fonction de l'âge biologique

Variables	r	t	P valeurs
Âge Biologique vs Hauteur	0.64	16.76	0**
Âge Biologique vs poids maigre	0.56	13.60	0**
Âge Biologique vs SPC	0.54	12.91	0**
Âge Biologique vs Poids Total	0.48	11.01	0**
Âge Biologique vs Poids gras	0.25	5.20	0**
DEJ poids maigre vs poids gras	0.23	4.76	0**
DEJ poids maigre vs % gras	0.22	4.54	0**
DEJ poids maigre vs SPC	0.21	4.32	0**
DEJ poids maigre vs poids total	0.20	4.11	0**
DEJ poids maigre vs IMC	0.17	3.47	0**
DEJ poids maigre vs poids maigre	0.16	3.26	0**
Âge Biologique vs IMC	0.15	3.05	0**
DEJ poids maigre vs Hauteur	0.14	2.85	0.004**
Âge Biologique vs DEJ Maigre	0.10	2.02	0.04*
Âge Biologique vs DEJ Total	0.09	1.82	NS
DEJ poids total vs % maigre	0.09	1.82	NS
Âge Biologique vs %Gras	0.06	1.21	NS
DEJ poids total vs Hauteur	0.06	1.21	NS
DEJ poids total vs Poids gras	0.06	1.21	NS
DEJ poids total vs IMC	0.05	1.01	NS
DEJ poids total vs Poids maigre	0.04	0.81	NS
DEJ poids total vs SPC	0.03	0.60	NS
DEJ poids total vs Poids total	0.00	0.00	NS
Âge Biologique vs % maigre	-0.06	-1.21	NS
DEJ poids total vs % gras	-0.09	-1.82	NS
DEJ poids maigre vs % maigre	-0.22	4.54	0**

Tableau 69 : Coefficients de corrélation entre les différentes paires de variables et l'âge biologique des garçons prépubères (Tanner G1P1). ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$

Variables	r	t	P valeurs
Âge Biologique vs poids maigre	0.35	5.22	0**
Âge Biologique vs Hauteur	0.34	5.05	0**
Âge Biologique vs SPC	0.32	4.72	0**
Âge Biologique vs Poids Total	0.29	4.23	0**
DEJ poids maigre vs % gras	0.23	3.30	0**
DEJ poids maigre vs poids gras	0.22	3.15	0**
DEJ poids maigre vs IMC	0.18	2.56	0.010*
Âge Biologique vs IMC	0.14	1.97	0.04*
DEJ poids total vs Hauteur	0.09	1.26	NS
DEJ poids maigre vs poids total	0.09	1.26	NS
Âge Biologique vs % maigre	0.08	1.12	NS
Âge Biologique vs DEJ Maigre	0.07	0.98	NS
Âge Biologique vs Poids gras	0.07	0.98	NS
DEJ poids total vs SPC	0.07	0.98	NS
DEJ poids maigre vs Hauteur	0.07	0.98	NS
Âge Biologique vs DEJ Total	0.05	0.70	NS
DEJ poids total vs Poids total	0.03	0.42	NS
DEJ poids total vs Poids maigre	0.03	0.42	NS
DEJ poids total vs % maigre	0.02	0.28	NS
DEJ poids total vs Poids gras	0.02	0.28	NS
DEJ poids total vs % gras	-0.09	-1.26	NS
DEJ poids maigre vs % maigre	-0.23	-3.30	0**

Tableau 70 : Coefficients de corrélation entre les différentes paires de variables et l'âge biologique des garçons pubères (Tanner G2P2 et G2P3). ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$

Variables	r	t	P valeurs
Âge Biologique vs Hauteur	0.44	8.46	0**
Âge Biologique vs poids maigre	0.42	7.99	0**
Âge Biologique vs SPC	0.40	7.53	0**
Âge Biologique vs Poids Total	0.36	6.66	0**
Âge Biologique vs Poids gras	0.19	3.34	0**
DEJ poids maigre vs poids gras	0.15	2.62	0.008**
DEJ poids maigre vs % gras	0.14	2.44	0.014*
DEJ poids maigre vs SPC	0.13	2.26	0.023*
DEJ poids maigre vs poids total	0.13	2.26	0.023*
DEJ poids maigre vs IMC	0.10	1.73	NS
DEJ poids maigre vs poids maigre	0.08	1.39	NS
Âge Biologique vs IMC	0.06	1.04	NS
DEJ poids maigre vs Hauteur	0.05	0.96	NS
Âge Biologique vs DEJ Maigre	0.03	0.52	NS
Âge Biologique vs DEJ Total	0.00	0.00	NS
DEJ poids total vs % maigre	0.00	0.00	NS
Âge Biologique vs %Gras	-0.01	-0.17	NS
DEJ poids total vs Hauteur	-0.01	-0.17	NS
DEJ poids total vs Poids gras	-0.03	-0.52	NS
DEJ poids total vs IMC	-0.03	-0.52	NS
DEJ poids total vs Poids maigre	-0.03	-0.52	NS
DEJ poids total vs SPC	-0.04	-0.69	NS
DEJ poids total vs Poids total	-0.05	-0.86	NS
Âge Biologique vs % maigre	-0.08	-1.39	NS
DEJ poids total vs % gras	-0.10	-1.73	NS
DEJ poids maigre vs % maigre	-0.14	-2.44	0.014*

Tableau 71 : Coefficients de corrélation entre les différentes paires de variables et l'âge biologique des garçons postpubères (Tanner G4P3 et G4P4). ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$

VARIABLES	PREPUBERE					PUBERE					POSTPUBERE				
	Min	Moyenne	ET	Max	N	Min	Moyenne	ET	Max	N	Min	Moyenne	ET	Max	N
Âge	8.0	9.3	1.1	13.0	8.0	11.9	1.66	16.0	10.0.0	14.6	1.37	16			
Hauteur	112.5	131.4	8.3	155.2	117.2	147.2	9.45	169.8	129.2	155.0	6.07	171.5			
Poids total	18.6	28.7	5.95	55.5	21.2	40.1	8.85	68.5	25.0	49.8	8.12	82.3			
Poids gras	2.0	5.4	2.27	15.5	2.2	8.8	3.6	21.0	3.7	12.4	3.84	25.9			
% gras	9.5	18.4	4.72	31.4	9.9	21.3	5.54	31.5	10.8	24.4	5.75	31.5			
Poids maigre	15.1	23.2	4.15	42.6	16.6	31.3	5.95	49.2	21.0	37.4	5.03	56.4			
% maigre	68.6	81.6	4.49	90.5	68.5	78.7	4.94	90.1	68.5	75.6	4.63	89.2			
IMC	11.4	16.5	2.2	30.4	10.9	18.3	2.59	26.7	12.7	20.7	2.66	29.4			
SPC	0.8	1.0	0.13	1.5	0.9	1.3	0.17	1.8	0.9	1.5	0.14	2.0			
DEJ (PT)	130.9	164.6	33.67	312.3	128.4	166.7	34.25	387.0	126.9	165.5	30.23	286.5			
DEJ PM	148.7	202.5	43.3	387.5	150.0	212.8	45.84	463.5	153.4	219.8	42.35	402.3			

Tableau 72 : Différentes caractéristiques **des filles** selon l'âge biologique de 8 à 16 ans
(Valeurs minimales, moyennes, maximales)

VARIABLES	PREPUBERES VS PUBERES					PUBERES VS POSTPUBERES					PREPUBERES VS POSTPUBERES				
	N	Moyenne	ET	Z	p-valeurs	N	Moyenne	ET	Z	p-valeurs	N	Moyenne	ET	Z	p-valeurs
Poids gras	295	5,4	2,3	-14,3	0**	333	8,8	3,6	17,4	0**	308	3,7	3,8	6,7	0**
% gras	295	18,4	4,5	-7,7	0**	333	21,3	4,9	-8,3	0**	308	24,4	4,6	-16,2	0**
Poids maigre	295	23,2	4,1	-20,2	0**	333	31,3	5,9	-14,2	0**	308	37,4	5	-38,2	0**
% maigre	295	81,6	4,5	7,7	0**	333	78,7	4,9	8,3	0**	308	75,6	4,6	16,2	0**
DEJ (Total)	295	164,6	33,67	-0,8	0,42	333	166,7	34,25	0,5	0,62	308	165,5	30,23	-0,3	0,76
DEJ (Maigre)	295	202,5	43,33	-2,9	0,003**	333	212,8	45,84	-2,0	0,04*	308	219,8	42,35	-5,0	0**

Tableau 73 : Comparaison des moyennes de plusieurs variables entre **les filles** prépubères vs pubères, pubères vs postpubères et prépubères vs postpubères en fonction de l'âge biologique. ** p < 0.01

Variables	r	t	P valeurs
Âge Biologique vs Hauteur	0.72	17.51	0**
Âge Biologique vs SPC	0.60	12.67	0**
Âge Biologique vs poids maigre	0.52	10.48	0**
Âge Biologique vs Poids Total	0.51	10.15	0**
Âge Biologique vs Poids gras	0.38	7.12	0**
DEJ poids maigre vs % gras	0.28	4.97	0**
DEJ poids maigre vs poids gras	0.28	4.92	0**
Âge Biologique vs %Gras	0.22	3.79	0**
Âge Biologique vs DEJ Maigre	0.22	3.77	0**
DEJ poids maigre vs SPC	0.19	3.33	0**
DEJ poids maigre vs poids total	0.19	3.26	0**
Âge Biologique vs DEJ Total	0.17	2.86	0.004**
DEJ poids maigre vs Hauteur	0.14	2.47	0.012*
DEJ poids maigre vs IMC	0.14	2.42	0.014*
DEJ poids maigre vs poids maigre	0.12	2.02	0.04*
Âge Biologique vs IMC	0.10	1.76	NS
DEJ poids total vs Hauteur	0.06	1.03	NS
DEJ poids total vs SPC	0.06	0.94	NS
DEJ poids total vs Poids total	0.03	0.57	NS
DEJ poids total vs Poids gras	0.03	0.55	NS
DEJ poids total vs Poids maigre	0.03	0.51	NS
DEJ poids total vs IMC	0.01	0.22	NS
DEJ poids total vs % gras	0.01	0.15	NS
DEJ poids total vs % maigre	-0.01	-0.15	NS
Âge Biologique vs % maigre	-0.22	-3.79	0**
DEJ poids maigre vs % maigre	-0.28	-4.97	0**

Tableau 74 : Coefficients de corrélation entre les différentes paires de variables et l'âge biologique des filles prépubères (Tanner S1P1, S1P2 et S1P3). *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$

Variables	r	t	P valeurs
Âge Biologique vs Hauteur	0.70	17.83	0**
Âge Biologique vs SPC	0.63	14.76	0**
Âge Biologique vs poids maigre	0.614	14.15	0**
Âge Biologique vs Poids Total	0.59	13.29	0**
Âge Biologique vs Poids gras	0.43	8.67	0**
DEJ poids maigre vs % gras	0.31	5.93	0**
Âge Biologique vs IMC	0.3	5.72	0**
DEJ poids maigre vs poids gras	0.29	5.51	0**
DEJ poids maigre vs IMC	0.22	4.10	0**
DEJ poids maigre vs poids total	0.21	3.91	0**
Âge Biologique vs %Gras	0.19	3.52	0**
DEJ poids maigre vs SPC	0.18	3.33	0**
DEJ poids maigre vs poids maigre	0.13	2.3	0.021*
DEJ poids maigre vs Hauteur	0.11	2.01	0.04*
Âge Biologique vs DEJ Maigre	0.101	1.85	NS
Âge Biologique vs DEJ Total	0.046	0.84	NS
DEJ poids total vs Poids maigre	0.046	0.84	NS
DEJ poids total vs Hauteur	0.045	0.82	NS
DEJ poids total vs Poids total	0.042	0.76	NS
DEJ poids total vs SPC	0.04	0.73	NS
DEJ poids total vs Poids gras	0.029	0.53	NS
DEJ poids total vs IMC	0.027	0.49	NS
DEJ poids total vs % gras	0.009	0.16	NS
DEJ poids total vs % maigre	-0.009	-0.16	NS
Âge Biologique vs % maigre	-0.19	-3.52	0**
DEJ poids maigre vs % maigre	-0.31	-5.93	0**

Tableau 75 : Coefficients de corrélation entre les différentes paires de variables et l'âge biologique des filles pubères (Tanner S2P1. S2P2 et S2P3. S2P4. S3P1. S3P2. S3P3. S3P4 et S3P5). *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$

Variables	r	t	P valeurs
Âge Biologique vs SPC	0.42	8.42	0**
Âge Biologique vs Poids Total	0.4	7.94	0**
Âge Biologique vs poids maigre	0.39	7.71	0**
Âge Biologique vs taille	0.35	6.80	0**
Âge Biologique vs Poids gras	0.34	6.58	0**
Âge Biologique vs IMC	0.32	6.15	0**
DEJ poids maigre vs % gras	0.3	5.72	0**
DEJ poids maigre vs poids gras	0.3	5.72	0**
DEJ poids maigre vs IMC	0.26	4.90	0**
DEJ poids maigre vs SPC	0.25	4.70	0**
Âge Biologique vs %Gras	0.24	4.50	0**
DEJ poids maigre vs poids total	0.24	4.50	0**
DEJ poids maigre vs poids maigre	0.17	3.14	0**
Âge Biologique vs DEJ Maigre	0.12	2.20	0.027*
DEJ poids maigre vs Hauteur	0.1	1.83	NS
DEJ poids total vs SPC	0.087	1.59	NS
DEJ poids total vs Poids maigre	0.08	1.46	NS
DEJ poids total vs Poids total	0.059	1.08	NS
DEJ poids total vs IMC	0.053	0.97	NS
DEJ poids total vs Hauteur	0.051	0.93	NS
Âge Biologique vs DEJ Total	0.05	0.91	NS
DEJ poids total vs Poids gras	0.019	0.35	NS
DEJ poids total vs % gras	0.009	0.16	NS
DEJ poids total vs % maigre	-0.009	-0.16	NS
Âge Biologique vs % maigre	-0.24	-4.50	0**
DEJ poids maigre vs % maigre	-0.3	-5.72	0**

Tableau 76 : Coefficients de corrélation entre les différentes paires de variables et l'âge biologique des filles postpubères (Tanner S4P1. S4P2 S4P3. S4P4 et S4P5. S5P3. S5P4, S5P5. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$)

Evolution de la taille et du poids en fonction de l'âge

La Taille

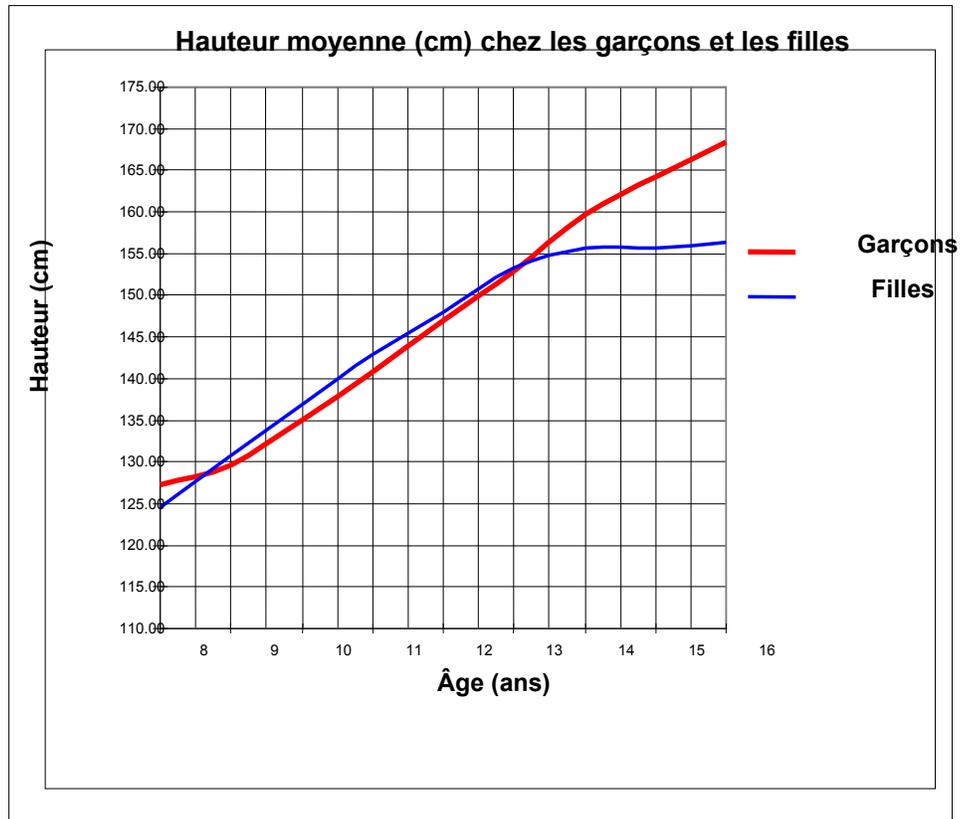


Figure 36 : Comparaison des moyennes des tailles entre les garçons et les filles en fonction des tranches d'âges

Âge	n	Garçons (cm)	ET	n	Filles (cm)	ET	z	p valeurs bilatérales
8	89	127.30	5.14	97	124.56	5.27	3.59	0***
9	117	129.65	6.17	94	130.70	5.87	-1.26	0.21
10	122	135.08	6.88	119	136.86	6.17	-2.12	0.03*
11	99	140.75	7.20	97	142.89	6.37	-2.20	0.02*
12	98	146.92	6.57	93	147.96	7.91	-0.99	0.32
13	114	152.91	6.03	104	153.30	8.40	-0.39	0.69
14	98	159.79	5.18	98	155.62	8.15	4.27	0***
15	94	164.25	5.11	98	155.60	7.23	9.60	0***
16	105	168.42	5.61	104	156.43	6.79	13.91	0***

Tableau 77 : Comparaison des moyennes des tailles (cm) (ET : écart type) entre les garçons et les filles en fonction de la tranche d'âges

La Figure 37, calculée à partir du Tableau 77, décrit la progression de la taille des sujets de l'étude. Les pics de croissance surviennent à l'âge de 13.9 ans pour les garçons et de 12.8 ans pour les filles.

Variation avec l'âge du gain de Hauteur (cm)

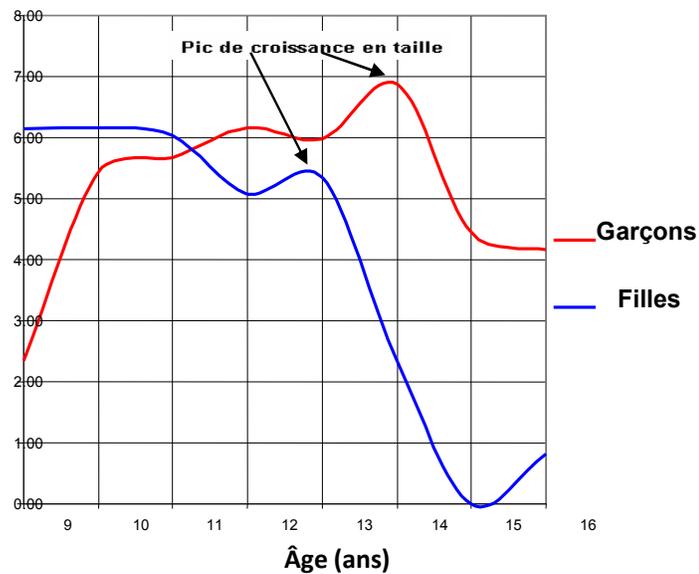


Figure 37 : Variation avec l'âge du gain de hauteur (cm) chez les garçons et les filles

II.1.2.4.C. Le poids

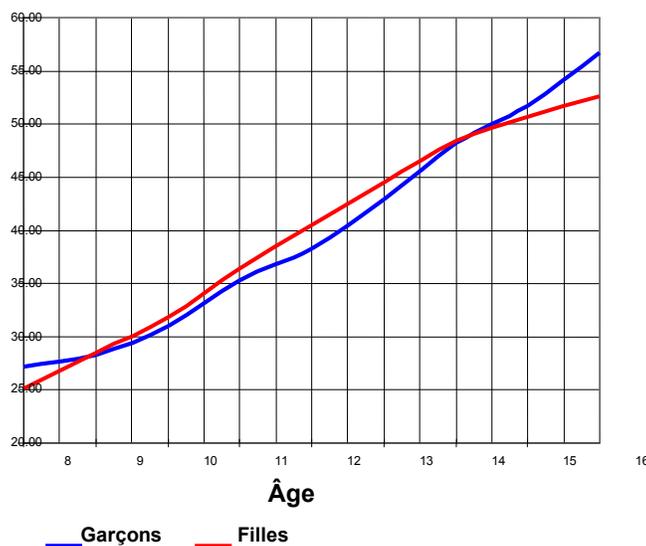


Figure 38 : Comparaison entre les garçons et les filles, du poids (kg) en fonction de la tranche d'âge.

Âge	n_	Garçons (kg)	ET	n_	Filles (kg)	ET	z	p-valeurs bilatérales
8	97	27.21	4.31	89.00	25.13	4.03	3.40	0***
9	94	28.32	4.52	117.00	28.53	5.6	-0.30	0.76
10	119	30.96	5.47	122.00	31.88	6.4	-1.20	0.23
11	97	35.33	6.63	99.00	36.37	7.02	-1.07	0.28
12	93	38.28	7.50	98.00	40.55	6.76	-2.19	0.03*
13	104	42.98	7.67	114.00	44.56	7.6	-1.53	0.13
14	98	48.29	9.01	98.00	48.46	7.33	-0.14	0.89
15	98	51.74	9.50	94.00	50.69	7.3	0.86	0.39
16	104	56.77	9.54	105.00	52.64	8.05	3.38	0***

Tableau 78 : Comparaison des moyennes et écart type (ET) du poids (kg) selon l'âge et le genre entre les garçons et les filles.



Figure 39: Variation avec l'âge du gain de poids (kg) chez les garçons et les filles

La Figure 39, calculée à partir du Tableau 78, décrit la progression du poids des sujets de l'étude. Les pics de prise de poids surviennent à l'âge de 11 puis 13.9 ans pour les garçons et de 11 ans pour les filles.

II.1.2.5. Dépense d'énergie et variables anthropométriques

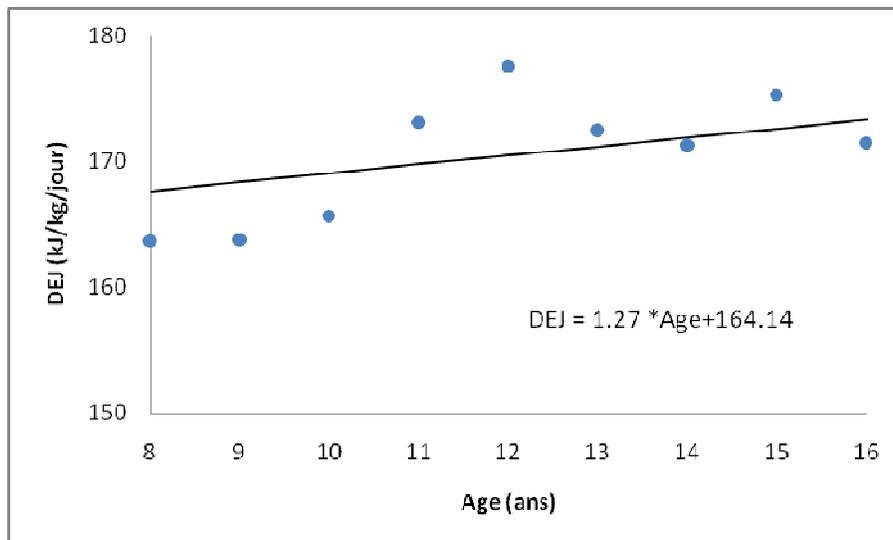


Figure 40: Relation entre la dépense d'énergie journalière (kJ/kg/jour) et l'âge chez les garçons

La relation linéaire entre la DEJ, et l'âge de l'enfant, donne des valeurs directement proportionnelle, avec un $r = 0.697$ ($p = 0.78$). Il en va de même avec la tendance de la DEJ, pour les filles avec un $r = 0.52$ ($p = 0.87$) (figures 34 et 35). Ces résultats suggèrent que l'augmentation de la DEJ ne dépend pas du poids de l'enfant.

Figure 41 : Relation entre la dépense d'énergie (kJ/kg/jour) et l'âge des garçons

ÂGE	N	DEJ Maigre (kJ/kgmaigre/jour)	ET	Taille (cm)	ET	r	t	P valeurs
8	97	198,58	31,90	127,30	5,14	0,094	0,92	NS
9	94	198,70	38,18	129,65	6,17	0,265	2,64	0.008**
10	119	201,34	47,69	135,08	6,88	0,019	0,21	NS
11	97	211,76	52,14	140,75	7,20	0,032	0,31	NS
12	93	218,21	41,65	146,92	6,57	-0,101	-0,97	NS
13	104	210,07	48,02	152,91	6,03	0,000	0,00	NS
14	98	206,92	38,54	159,79	5,18	0,021	0,21	NS
15	98	208,72	41,19	164,25	5,11	-0,130	-1,28	NS
16	104	206,10	44,93	168,42	5,61	0,090	0,91	NS

Tableau 79 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kgmaigre /jour) et de la taille (cm) chez les garçons en fonction de la tranche d'âge. * $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$**

ÂGE	N	DEJ Maigre (kJ/kgmaigre/jour)	ET	Poids (kg)	ET	r	t	P valeurs
8	97	198,58	31,90	27,21	4,31	0,170	1,68	NS
9	94	198,70	38,18	28,32	4,52	0,352	3,61	0**
10	119	201,34	47,69	30,96	5,47	0,076	0,82	NS
11	97	211,76	52,14	35,33	6,63	0,164	1,62	NS
12	93	218,21	41,65	38,28	7,5	0,078	0,75	NS
13	104	210,07	48,02	42,98	7,67	0,135	1,38	NS
14	98	206,92	38,54	48,29	9,01	0,110	1,08	NS
15	98	208,72	41,19	51,74	9,5	0,045	0,44	NS
16	104	206,10	44,93	56,77	9,54	0,139	1,42	NS

Tableau 80 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kg maigre /jour) et du poids total (kg) chez les garçons.

ÂGE	N	DEJ Maigre (kJ/kgmaigre/jour)	ET	SPC (m ²)	ET	r	t	P valeurs
8	97	198,58	31,90	0,98	0,09	0,153	1,51	NS
9	94	198,70	38,18	1,01	0,1	0,342	3,49	0**
10	119	201,34	47,69	1,08	0,12	0,109	1,19	NS
11	97	211,76	52,14	1,17	0,13	0,144	1,42	NS
12	93	218,21	41,65	1,24	0,15	0,021	0,20	NS
13	104	210,07	48,02	1,35	0,15	0,070	0,71	NS
14	98	206,92	38,54	1,46	0,17	0,105	1,03	NS
15	98	208,72	41,19	1,53	0,17	-0,015	-0,15	NS
16	104	206,10	44,93	1,63	0,16	0,118	1,20	NS

Tableau 81 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kg maigre /jour) et de la SPC (m²) chez les garçons en fonction de la tranche d'âge.

ÂGE	N	DEJ Maigre (kJ/kgmaigre/jour)	ET	IMC (kg/m ²)	ET	r	t	P valeurs
8	97	198,58	31,90	16,73	2,01	0,152	1,50	NS
9	94	198,70	38,18	16,81	2,1	0,238	2,35	0.019*
10	119	201,34	47,69	16,89	2,27	0,083	0,90	NS
11	97	211,76	52,14	17,78	2,81	0,165	1,63	NS
12	93	218,21	41,65	17,61	2,35	0,186	1,81	NS
13	104	210,07	48,02	18,28	2,25	0,193	1,99	0.046*
14	98	206,92	38,54	18,8	2,46	0,122	1,20	NS
15	98	208,72	41,19	19,08	2,61	0,167	1,66	NS
16	104	206,10	44,93	19,94	2,55	0,126	1,28	NS

Tableau 82 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kg maigre /jour) et de l'IMC (kg/m²) chez les garçons en fonction de la tranche d'âge. *** p < 0.001 ; ** p < 0.01 ; * p < 0.05

ÂGE	N	DEJ Maigre (kJ/kgmaigre/jour)	ET	Hauteur (cm)	ET	r	t	P valeurs
8	89	190,81	42,24	124,56	5,27	-0,053	-0,50	NS
9	117	201,53	41,57	130,70	5,87	0,189	2,06	0.039*
10	122	208,15	45,60	136,86	6,17	-0,036	-0,39	NS
11	99	215,48	42,31	142,89	6,37	-0,074	-0,73	NS
12	98	209,81	57,13	147,96	7,91	0,021	0,21	NS
13	114	217,00	49,96	153,30	8,40	0,119	1,27	NS
14	98	216,09	47,39	155,62	8,15	0,048	0,47	NS
15	94	221,87	48,92	155,60	7,23	0,059	0,57	NS
16	105	225,29	42,20	156,43	6,79	0,054	0,55	NS

Tableau 83 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kg maigre /jour) et la taille (cm) chez les filles en fonction de la tranche d'âge.

ÂGE	N	DEJ Maigre (kJ/kgmaigre/jour)	ET	Poids (kg)	ET	r	t	P valeurs
8	89	190,81	42,24	25,13	4,03	0,055	0,51	NS
9	117	201,53	41,57	28,53	5,6	0,232	2,56	0.01*
10	122	208,15	45,60	31,88	6,4	0,018	0,20	NS
11	99	215,48	42,31	36,37	7,02	0,113	1,12	NS
12	98	209,81	57,13	40,55	6,76	0,196	1,96	NS
13	114	217,00	49,96	44,56	7,6	0,165	1,77	NS
14	98	216,09	47,39	48,46	7,33	0,322	3,33	0**
15	94	221,87	48,92	50,69	7,3	0,145	1,41	NS
16	105	225,29	42,20	52,64	8,05	0,236	2,46	0.012*

Tableau 84 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kg maigre /jour) et du poids (kg) chez les filles en fonction de la tranche d'âge.

ÂGE	N	DEJ Maigre (kJ/kgmaigre/jour)	ET	SPC (m ²)	ET	r	t	P valeurs
8	89	190,81	42,24	0,92	0,09	0,077	0,72	NS
9	117	201,53	41,57	1,02	0,11	0,269	3,0	0**
10	122	208,15	45,60	1,1	0,13	0,011	0,12	NS
11	99	215,48	42,31	1,2	0,14	0,073	0,72	NS
12	98	209,81	57,13	1,29	0,13	0,146	1,45	NS
13	114	217,00	49,96	1,37	0,14	0,138	1,47	NS
14	98	216,09	47,39	1,44	0,13	0,324	3,36	0**
15	94	221,87	48,92	1,47	0,12	0,159	1,54	NS
16	105	225,29	42,20	1,51	0,13	0,220	2,29	0.02*

Tableau 85 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kg maigre /jour) et de la SPC (m²) chez les filles en fonction de la tranche d'âge.

ÂGE	N	DEJ Maigre (kJ/kgmaigre/jour)	ET	IMC (kg/m ²)	ET	r	t	P valeurs
8	89	190,81	42,24	16,15	1,98	0,100	1,01	NS
9	117	201,53	41,57	16,62	2,52	0,162	1,76	NS
10	122	208,15	45,60	16,91	2,37	0,047	0,52	NS
11	99	215,48	42,31	17,69	2,28	0,224	2,26	0.02*
12	98	209,81	57,13	18,47	2,42	0,228	2,29	0.02*
13	114	217,00	49,96	18,87	2,41	0,159	1,70	NS
14	98	216,09	47,39	19,96	2,48	0,375	3,96	0**
15	94	221,87	48,92	20,91	2,63	0,135	1,31	NS
16	105	225,29	42,20	21,46	2,68	0,252	2,64	0.008**

Tableau 86 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kgmaigre /jour) et de l'IMC (kg/m²) chez les filles en fonction de la tranche d'âge.

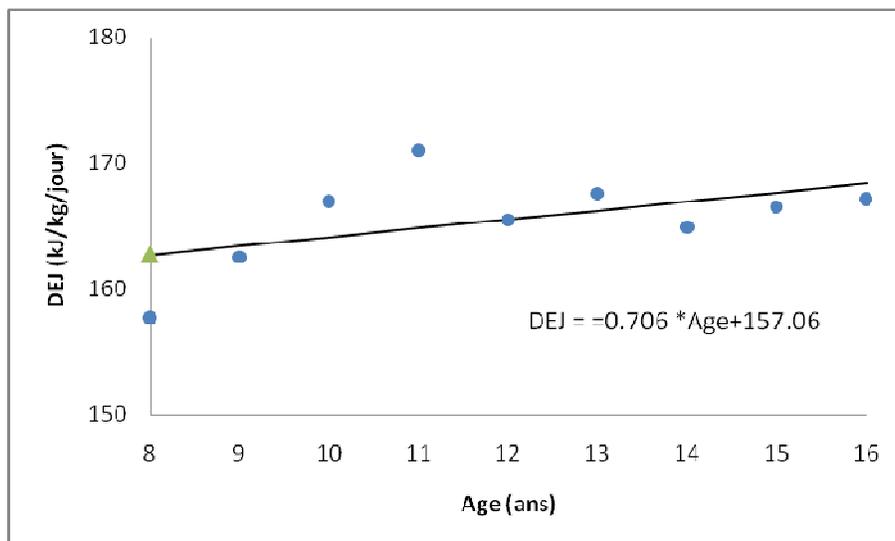


Figure 42: Relation entre la dépense d'énergie (kJ/kg/jour) et l'âge des filles

II.1.2.6. La dépense d'énergie en fonction de la composition corporelle

Âge	n	Garçons (kg)	ET	n	Filles (kg)	ET	z	P valeurs
8	89	22.38	2.98	97	20.75	2.75	3.87	0***
9	117	23.26	3.82	94	22.93	2.68	0.74	0.46
10	122	25.34	4.32	119	25.47	3.51	-0.26	0.79
11	99	28.64	4.70	97	28.82	3.89	-0.29	0.77
12	98	31.04	4.41	93	31.92	5.19	-1.26	0.21
13	114	35.27	4.82	104	34.30	5.82	1.33	0.18
14	98	39.87	4.51	98	36.91	6.81	3.59	0***
15	94	43.28	4.60	98	37.97	6.62	6.48	0***
16	105	47.04	4.91	104	39.00	6.15	10.44	0***

Tableau 87 : Comparaison des moyennes (kg) de masse maigre entre les garçons et les filles en fonction de la tranche d'âge. *** $p < 0.001$

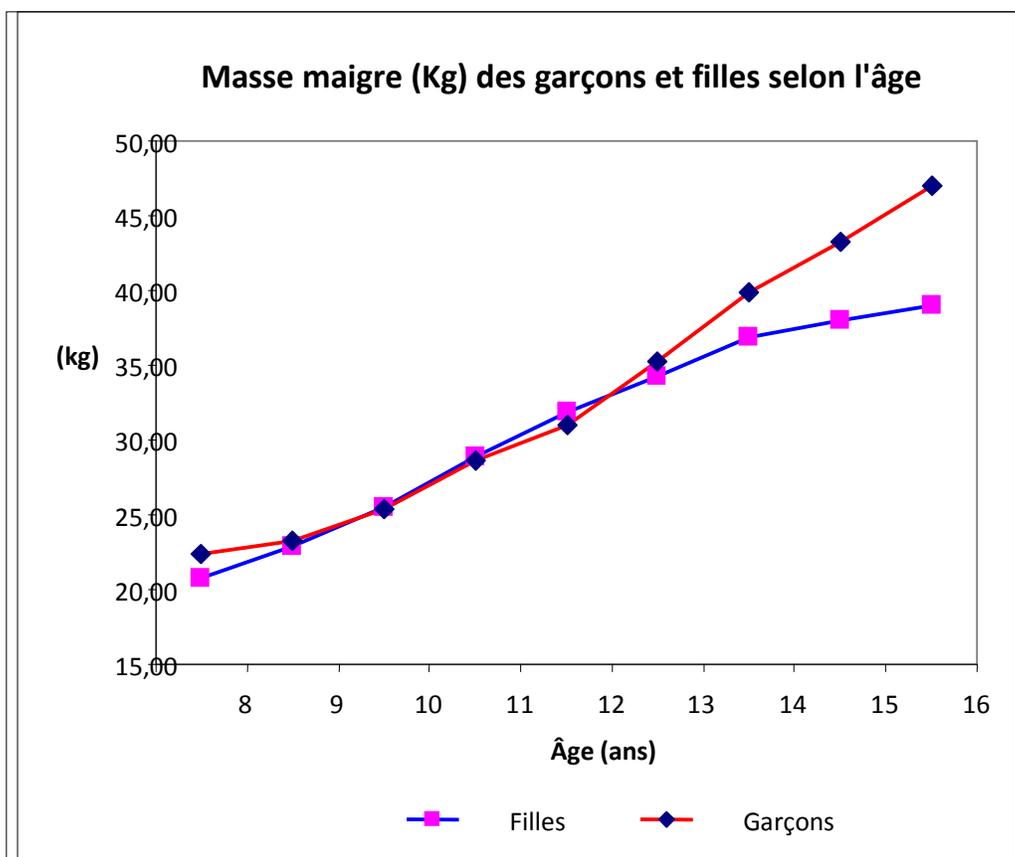


Figure 43 : Evolution de la masse maigre en fonction de l'âge selon le genre

ÂGE	N	DEJ (kJ/kg/jour)	ET	% Maigre	ET	r	t	P valeurs
8	97	163,75	33,53	82,77	4,7	-0,033	-0,32	NS
9	94	163,77	32,25	82,76	5,38	0,023	0,22	NS
10	119	165,68	37,48	82,42	4,86	0,135	1,47	NS
11	97	173,06	35,90	81,9	5,94	0,217	2,16	0.03*
12	93	177,59	45,10	81,67	5,26	0,055	0,53	NS
13	104	172,53	40,01	82,39	4,55	0,005	0,05	NS
14	98	171,30	39,28	82,94	5	0,132	1,30	NS
15	98	175,31	40,65	84,12	3,79	0,045	0,44	NS
16	104	171,51	35,09	83,33	3,96	0,093	0,94	NS

Tableau 88 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kg/jour) et le pourcentage de masse maigre chez les garçons en fonction de la tranche d'âge.

ÂGE	N	DEJ (kJ/kg/jour)	ET	% Gras	ET	r	t	P valeurs
8	97	163,75	33,53	17,23	4,7	0,032	0,31	NS
9	94	163,77	32,25	17,24	5,38	-0,027	-0,26	NS
10	119	165,68	37,48	17,58	4,86	-0,144	-1,57	NS
11	97	173,06	35,90	18,1	5,94	-0,222	-2,22	0.026*
12	93	177,59	45,10	18,33	5,26	-0,061	-0,58	NS
13	104	172,53	40,01	17,61	4,55	-0,001	-0,01	NS
14	98	171,30	39,28	17,06	5	-0,151	-1,50	NS
15	98	175,31	40,65	15,88	3,79	-0,047	-0,46	NS
16	104	171,51	35,09	16,67	3,96	-0,069	-0,70	NS

Tableau 89 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kg/jour) et le pourcentage de masse grasse chez les garçons en fonction de la tranche d'âge.

ÂGE	N	DEJ (kJ/kgmaigre /jour)	ET	Poids Maigre (kg)	ET	r	t	P valeurs
8	97	198,58	31,90	22,38	2,98	0,064	0,63	NS
9	94	198,70	38,18	23,26	3,82	0,275	2,74	0.006**
10	119	201,34	47,69	25,34	4,32	0,039	0,42	NS
11	97	211,76	52,14	28,64	4,7	0,135	1,33	NS
12	93	218,21	41,65	31,04	4,41	-0,007	-0,07	NS
13	104	210,07	48,02	35,27	4,82	0,055	0,56	NS
14	98	206,92	38,54	39,87	4,51	0,067	0,66	NS
15	98	208,72	41,19	43,28	4,6	0,018	0,18	NS
16	104	206,10	44,93	47,04	4,91	0,105	1,07	NS

Tableau 90 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kgmaigre /jour) et la masse maigre chez les garçons en fonction de la tranche d'âge.

ÂGE	N	DEJ Maigre (kJ/kgmaigre /jour)	ET	Poids gras (kg)	ET	r	t	P valeurs
8	97	198,58	31,90	4,83	2,01	0,277	2,81	0.004**
9	94	198,70	38,18	5,06	2,33	0,368	3,8	0**
10	119	201,34	47,69	5,62	2,49	0,112	1,22	NS
11	97	211,76	52,14	6,69	3,39	0,167	1,65	NS
12	93	218,21	41,65	7,24	3,25	0,192	1,87	NS
13	104	210,07	48,02	7,71	2,93	0,247	2,57	0.01*
14	98	206,92	38,54	8,42	3,5	0,154	1,53	NS
15	98	208,72	41,19	8,46	3,48	0,088	0,87	NS
16	104	206,10	44,93	9,27	4,11	0,166	1,70	NS

Tableau 91 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kgmaigre /jour) et la masse grasse chez les garçons en fonction de la tranche d'âge.

ÂGE	N	DEJ maigre (kJ/kgmaigre /jour)	ET	% Maigre	ET	r	t	P valeurs
8	97	198,58	31,90	82,77	4,7	-0.305	-3.12	0**
9	94	198,70	38,18	82,76	5,38	-0.314	-3.17	0**
10	119	201,34	47,69	82,42	4,86	-0.127	-1.38	NS
11	97	211,76	52,14	81,9	5,94	-0.151	-1.49	NS
12	93	218,21	41,65	81,67	5,26	-0.209	-2.044	0.04*
13	104	210,07	48,02	82,39	4,55	-0.239	-2.49	0.007**
14	98	206,92	38,54	82,94	5	0.135	-1.33	NS
15	98	208,72	41,19	84,12	3,79	-0.144	-1.43	NS
16	104	206,10	44,93	83,33	3,96	-0.153	-1.56	NS

Tableau 92 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kgmaigre /jour) et le pourcentage de masse maigre chez les garçons en fonction de la tranche d'âge.

ÂGE	N	DEJ maigre (kJ/kgmaigre /jour)	ET	% Gras	ET	r	t	P valeurs
8	97	198,58	31,90	17,23	4,7	0.305	3.12	0**
9	94	198,70	38,18	17,24	5,38	0.310	3.13	0**
10	119	201,34	47,69	17,58	4,86	0.111	1.12	NS
11	97	211,76	52,14	18,1	5,94	0.137	1.35	NS
12	93	218,21	41,65	18,33	5,26	0.197	1.92	NS
13	104	210,07	48,02	17,61	4,55	0.243	2.53	0.01*
14	98	206,92	38,54	17,06	5	0.101	0.99	NS
15	98	208,72	41,19	15,88	3,79	0.142	1.41	NS
16	104	206,10	44,93	16,67	3,96	0.179	1.84	NS

Tableau 93 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kgmaigre /jour) et le pourcentage de masse grasse chez les garçons en fonction de la tranche d'âge

ÂGE	N	DEJ (kJ/kgmaigre /jour)	ET	Poids maigre (kg)	ET	r	t	P valeurs
8	89	190,81	42,24	20,75	2,75	-0,066	-0,62	NS
9	117	201,53	41,57	22,93	2,68	0,178	1,94	NS
10	122	208,15	45,60	25,47	3,51	-0,058	-0,64	NS
11	99	215,48	42,31	28,82	3,89	0,005	0,05	NS
12	98	209,81	57,13	31,92	5,19	0,113	1,11	NS
13	114	217,00	49,96	34,3	5,82	0,082	0,87	NS
14	98	216,09	47,39	36,91	6,81	0,243	2,45	0.014*
15	94	221,87	48,92	37,97	6,62	0,074	0,71	NS
16	105	225,29	42,20	39	6,15	0,133	1,36	NS

Tableau 94 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kg maigre /jour) et la masse maigre chez les filles en fonction de la tranche d'âge

ÂGE	N	DEJ (kJ/kgmaigre /jour)	ET	Poids gras (kg)	ET	r	t	P valeurs
8	89	190,81	42,24	4,38	1,65	0,255	2,46	0.014*
9	117	201,53	41,57	5,6	2,22	0,281	3,14	0**
10	122	208,15	45,60	6,41	2,63	0,140	1,55	NS
11	99	215,48	42,31	7,56	3,05	0,254	2,59	0.01*
12	98	209,81	57,13	8,64	3,1	0,269	2,74	0.06*
13	114	217,00	49,96	10,25	3,6	0,240	2,62	0.01*
14	98	216,09	47,39	11,55	3,6	0,353	3,7	0**
15	94	221,87	48,92	12,72	3,51	0,207	2,03	0.044*
16	105	225,29	42,20	13,63	3,99	0,313	2,34	0.018*

Tableau 95 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kg maigre /jour) et la masse grasse chez les filles en fonction de la tranche d'âge

ÂGE	N	DEJ (kJ/kgmaigre /jour)	ET	% maigre	ET	r	t	P valeurs
8	89	190,81	42,24	82,9	4,41	-0,324	-3,19	0**
9	117	201,53	41,57	80,85	4,32	-0,240	-2,65	0.008**
10	122	208,15	45,60	80,44	4,82	-0,200	-2,24	0.026*
11	99	215,48	42,31	79,73	4,81	-0,327	-3,41	0**
12	98	209,81	57,13	79,14	4,5	-0,302	-3,1	0**
13	114	217,00	49,96	77,5	5,03	-0,259	-2,84	0.006**
14	98	216,09	47,39	76,59	4,63	-0,321	-3,32	0**
15	94	221,87	48,92	75,23	4,16	-0,212	-2,08	0.038*
16	105	225,29	42,20	74,51	4,6	-0,325	-3,49	0**

Tableau 96 : et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kgmaigre /jour) et le pourcentage de masse maigre chez les filles en fonction de la tranche d'âge

ÂGE	N	DEJ (kJ/kgmaigre /jour)	ET	% gras	ET	r	t	P valeurs
8	89	190,81	42,24	17,1	4,41	0,323	3,18	0**
9	117	201,53	41,57	19,15	4,32	0,255	2,83	0.006**
10	122	208,15	45,60	19,56	4,82	0,203	2,27	0.024*
11	99	215,48	42,31	20,27	4,81	0,314	3,26	0**
12	98	209,81	57,13	20,86	4,5	0,287	2,94	0.002**
13	114	217,00	49,96	22,5	5,03	0,274	3,02	0**
14	98	216,09	47,39	23,41	4,63	0,322	3,33	0**
15	94	221,87	48,92	24,77	4,16	0,236	2,33	0.018*
16	105	225,29	42,20	25,49	4,6	0,336	3,62	0**

Tableau 97 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kgmaigre /jour) et le pourcentage de masse grasse chez les filles en fonction de la tranche d'âge.

II.1.2.7. La dépense d'énergie en fonction du somatotype

Âge	N	ENDOMORPHIE		MESOMORPHIE		ECTOMORPHIE		X	Y	DEJ (kJ/kg/jour) Poids Total	DEJ (kJ/kgmaigre/jour) Poids Maigre
		Moyenne	ET	Moyenne	ET	Moyenne	ET				
8	97	3.07	0.80	3.81	1.24	2.57	1.07	-0.50	1.98	163.75	198.58
9	94	2.99	0.89	3.90	1.27	2.72	1.28	-0.27	2.09	163.77	198.70
10	119	3.04	0.85	3.66	1.22	3.10	1.25	0.06	1.18	165.68	201.34
11	97	3.05	1.02	3.58	1.28	3.08	1.55	0.03	1.03	173.06	211.76
12	93	3.13	1.01	3.26	1.32	3.53	1.40	0.40	-0.14	177.59	218.21
13	104	2.95	0.94	3.10	1.40	3.54	1.33	0.59	-0.29	172.53	210.07
14	98	2.77	0.96	3.15	1.33	3.72	1.31	0.95	-0.19	171.30	206.92
15	98	2.55	0.74	2.94	1.17	3.88	1.32	1.33	-0.55	175.31	208.72
16	104	2.62	0.86	3.20	1.39	3.66	1.22	1.04	0.12	171.51	206.10

Tableau 98 : Moyenne et l'ET du somatotype chez les garçons, en fonction de la tranche d'âge et de la DEJ rapporté au poids total et au poids maigre.

Âge	N	ENDOMORPHIE		MESOMORPHIE		ECTOMORPHIE		X	Y	DEJ (kJ/kg/jour) Poids Total	DEJ (kJ/kg/jour) Poids Maigre
		Moyenne	ET	Moyenne	ET	Moyenne	ET				
8	89	3.13	0.75	3.55	1.12	2.71	1.17	-0.42	1.26	157.71	190.81
9	117	3.35	0.68	3.34	1.11	2.97	1.32	-0.38	0.36	162.53	201.53
10	122	3.44	0.81	3.01	1.20	3.23	1.36	-0.21	-0.65	166.97	208.15
11	99	3.52	0.86	3.19	1.24	3.18	1.23	-0.34	-0.32	171.00	215.48
12	98	3.64	0.81	2.97	1.17	3.13	1.35	-0.51	-0.83	165.50	209.81
13	114	3.92	0.93	2.67	1.28	3.23	1.21	-0.69	-1.81	167.56	217.00
14	98	4.11	0.83	2.78	0.96	2.83	1.19	-1.28	-1.38	164.93	216.09
15	94	4.28	0.74	3.37	1.22	2.37	1.35	-1.91	0.09	166.56	221.87
16	105	4.41	0.84	3.49	1.24	2.17	1.21	-2.24	0.40	167.16	225.29

Tableau 99 : Moyenne et écart-type (ET) du somatotype chez les filles, en fonction de la tranche d'âge et de la DEJ rapporté au poids total et au poids maigre.

VARIABLES	r	t	P valeurs
GARÇONS			
Endomorphie vs DEJ poids maigre	-0.038	-1.14	NS
Mesomorphie vs DEJ poids maigre	-0.020	-0.60	NS
Ectomorphie vs DEJ poids maigre	0.024	0.72	NS
Endomorphie vs DEJ poids total	-0.080	-2.41	0**
Mesomorphie vs DEJ poids total	0.003	0.09	NS
Ectomorphie vs DEJ poids total	-0.053	-1.59	NS
FILLES			
Endomorphie vs DEJ poids maigre	0.152	4.70	0**
Mesomorphie vs DEJ poids maigre	0.030	0.92	NS
Ectomorphie vs DEJ poids maigre	-0.112	-3.44	0**
Endomorphie vs DEJ poids total	0.010	0.31	NS
Mesomorphie vs DEJ poids total	0.120	3.69	0**
Ectomorphie vs DEJ poids total	-0.390	-12.94	0**

Tableau 100 : Coefficients de corrélation entre le poids maigre ou le poids total et les différents composants du somatotype chez les garçons et les filles

II.1.2.8. La dépense d'énergie en fonction de la condition physique

Âge	DEJ total	DEJ maigre	1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	163,75	198,58	20,66	17,72	13,37	121,26	14,49	17,59	5,01	22,34	46,62
9	163,77	198,70	18,78	15,85	14,79	127,07	15,47	18,90	7,93	21,61	46,09
10	165,68	201,34	16,88	14,65	16,75	143,13	17,79	20,21	9,11	19,90	45,17
11	173,06	211,76	17,57	13,81	16,58	146,73	19,03	20,97	8,26	19,71	42,85
12	177,59	218,21	15,85	12,81	17,83	149,99	20,98	22,55	6,99	19,91	43,62
13	172,53	210,07	17,82	11,97	17,95	164,04	25,44	22,85	11,82	18,95	41,78
14	171,30	206,92	16,32	11,28	18,56	176,37	29,14	22,68	15,10	19,41	42,19
15	175,31	208,72	15,11	11,02	18,12	184,06	32,26	23,06	20,76	18,30	41,58
16	171,51	206,10	14,23	11,22	20,37	197,16	38,21	23,08	24,35	17,83	41,46

Tableau 101 : de l'aptitude physique selon les tests EUROFIT en fonction des tranches d'âge des garçons

Âge	DEJ total	DEJ maigre	1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	157,71	190,81	20,90	18,04	13,87	112,40	13,25	15,74	5,44	23,13	45,14
9	162,53	201,53	19,72	15,44	16,16	115,45	14,80	17,38	5,74	22,78	44,91
10	166,97	208,15	18,30	15,48	16,43	133,94	17,30	18,18	5,14	21,07	43,24
11	171,00	215,48	19,41	14,12	17,51	138,32	19,44	17,83	6,47	21,40	41,83
12	165,50	209,81	18,65	13,40	18,91	135,26	21,21	19,98	6,14	20,67	41,59
13	167,56	217,00	16,19	13,22	19,25	137,17	22,85	18,10	5,36	20,55	39,75
14	164,93	216,09	17,55	12,39	20,19	141,49	24,85	19,05	4,70	20,97	37,62
15	166,56	221,87	16,66	11,98	20,83	143,95	27,29	18,05	5,77	20,33	35,72
16	167,16	225,29	16,12	11,67	21,67	147,85	26,92	18,89	5,87	20,23	34,11

Tableau 102 : Dimensions de l'aptitude physique selon les tests EUROFIT en fonction des tranches d'âge des filles

II.1.2.8.A. Note: La classification se réfère aux 9 tests de la batterie EUROFIT (annexe 26):

1. Equilibre général (EFL) Test d'équilibre Flamingo (nombre d'essais par minute).
2. Vitesse des membres (FP) : Frappe de plaques (temps en sec) enregistré pour toucher chaque disque 25 fois..
3. Souplesse (FLT) : Flexion de tronc avant en position assise (nombre de cm atteints sur l'échelle tracée).
4. Force explosive (SLO) : Saut en longueur sans élan (enregistré en cm).
5. Force statique (DYM) : Dynamométrie manuelle (kg).
6. Force du tronc (RSA): Redressement station assise (nombre de redressement en 30 sec).
7. Force fonctionnelle (SBF): Suspension bras fléchis (enregistré en sec et dixième de sec).
8. Vitesse-coordination (CNA) : Course navette (10x5) de 10 m x 5 cycles (enregistré en sec et dixième de sec).
9. Endurance cardio-respiratoire (CNE) : Course Navette d'endurance (Test Léger Lambert) (nombre de paliers ou VO2max. (ml/kg/min)

Chez les filles comme chez les garçons, la relation entre le résultat à l'un de tests décrits ci-dessus et le niveau de capacité physique peut être directe ou inverse. Une relation positive directe correspond à une situation où la capacité du sujet est d'autant plus grande que le résultat chiffré du test considéré est élevé ; c'est le cas des tests FLT, SLO, DYM, RSA, SBF, SNE.

Une relation inverse correspond à une situation où la capacité du sujet est d'autant plus élevée que le résultat chiffré du test considéré est faible ; c'est le cas des tests EFL, FP, et CNA

Globalement, il existe une prédominance masculine dans toutes les épreuves à l'exception de FLT, cette dernière valorisant la flexibilité du tronc.

Dans le test de Flamingo (EFL), les garçons de 11, 12 et 16 ans sont apparus significativement plus habiles ($p < 0.05$), avec des valeurs moyennes respectives de 17.57, 15.85 et 14.23 de nombre d'essais en une minute. Les autres groupes d'âge ont donné des résultats non significatifs.

Dans le test de Frappes de plaques (FP), les garçons de 13, 14 et 15 ans, ont été significativement plus habiles ($p < 0.01$) avec des temps moyens respectifs de 11.97, 11.28 et 11.02 sec. Les autres groupes d'âge ont donné des résultats non significatifs.

Dans le test de Flexion de tronc avant (FLT), les filles de 9, 14 et 15 ans, ont été significativement plus souples ($p < 0.05$) avec des distances moyennes respectives de 14.79, 18.56 et 18.12 cm. Les autres groupes d'âge ont donné des résultats non significatifs.

Dans le test de saut en longueur (SLO), les garçons de tous les âges, ont été significativement plus habiles ($p < 0.01$) avec une échelle de distances moyenne entre 121.26 et 197.16 cm.

Dans le test de Dynamométrie manuelle (DYM), les garçons de 8, 13, 14, 15 et 16 ans, ont été significativement plus forts ($p < 0.01$) avec des valeurs moyennes respectives de 14.49, 25.44, 29.14, 32.26 et 38.21 kg. Les autres groupes d'âges ont donné des résultats non significatifs.

Dans le test de Redressement station assise (RSA), les garçons de tous les âges, ont été significativement plus performants ($p < 0.01$) avec une échelle qui varie en moyenne entre 17.59 et 23.08 redressements.

Dans le test de Suspension bras fléchis (SBF), les garçons de 9, 10, 13, 14, 15 et 16 ans, les garçons ont été significativement plus résistants ($p < 0.01$) avec des temps moyens respectifs de 7.93, 9.11, 11.82, 15.10, 20.76 et 24.35 sec. Les autres groupes d'âge ont donné des résultats non significatifs.

Dans le test de Course Navette (CNA) x 10, les garçons de tous les âges, ont été significativement plus rapides ($p < 0.01$) avec des rangs de temps moyen qui varie entre 17.83 et 22.34 sec.

Dans le test de Course Navette Endurance (CNE), les garçons de tous les âges, ont été significativement plus endurants ($p < 0.01$) avec un rang de VO2 qui varie de 41.46 à 46.62 ml/kg/min.

Âge	Garçons			Filles			z	p-valeurs
	n	EFL	ET	n	EFL	ET		
8	97	20,66	6,09	89	20,90	5,70	-0,28	0.779
9	94	18,78	6,23	117	19,72	5,39	-1,16	0.246
10	119	16,88	6,15	122	18,30	6,01	-1,81	0.070
11	97	17,57	6,25	99	19,41	5,89	-2,12	0.034*
12	93	15,85	6,36	98	18,65	5,89	-3,15	0.000**
13	104	17,82	6,24	114	16,19	7,13	1,80	0.072
14	98	16,32	7,22	98	17,55	5,99	-1,30	0.190
15	98	15,11	5,94	94	16,66	5,59	-1,86	0.060
16	104	14,23	5,62	105	16,12	6,45	-2,26	0.020*

Tableau 103 : Comparaison des résultats au Test d'équilibre Flamingo (EFL) (nombre d'essais par minute) entre les garçons et les filles en fonction des tranches d'âges. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$

Âge	Garçons			Filles			z	p-valeurs
	n	FP	ET	n	FP	ET		
8	97	17,72	2,50	89	18,04	3,28	-0,74	0.459
9	94	15,85	2,36	117	15,44	2,00	1,34	0.180
10	119	14,65	1,98	122	15,48	5,47	-1,57	0.116
11	97	13,81	2,33	99	14,12	2,29	-0,94	0.347
12	93	12,81	1,60	98	13,40	2,85	-1,78	0.075
13	104	11,97	1,51	114	13,22	1,62	-5,90	0.0**
14	98	11,28	1,64	98	12,39	1,37	-5,14	0.0**
15	98	11,02	1,20	94	11,98	1,28	-5,36	0.0**
16	104	11,22	2,28	105	11,67	1,54	-1,67	0.095

Tableau 104 : Comparaison des résultats au Test de Frappe de plaques (FP) (temps (sec) enregistré pour toucher chaque disque 25 fois) entre les garçons et les filles en fonction des tranches d'âges. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$

Âge	Garçons			Filles			z	p-valeurs
	n	FLT	ET	n	FLT	ET		
8	97	13,37	3,32	89	13,87	3,28	-1,03	0.303
9	94	14,79	3,98	117	16,16	4,00	-2,48	0.013*
10	119	16,75	3,96	122	16,43	4,53	0,58	0.562
11	97	16,58	4,12	99	17,51	5,38	-1,36	0.174
12	93	17,83	4,62	98	18,91	6,27	-1,36	0.174
13	104	17,95	5,42	114	19,25	5,22	-1,80	0.072
14	98	18,56	5,46	98	20,19	5,48	-2,09	0.036*
15	98	18,12	4,67	94	20,83	5,80	-3,56	0.0**
16	104	20,37	5,57	105	21,67	5,78	-1,66	0.097

Tableau 105 : Comparaison des résultats au Test de Flexion de tronc avant en position assise (FLT) (nombre de cm atteints sur l'échelle tracée entre les garçons et les filles en fonction des tranches d'âges. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$

Âge	Garçons			Filles			z	p-valeurs
	n	SLO	ET	n	SLO	ET		
8	97	121,26	17,45	89	112,40	17,61	3,44	0.0**
9	94	127,07	17,62	117	115,45	17,44	4,78	0.0**
10	119	143,13	16,67	122	133,94	19,56	3,93	0.0**
11	97	146,73	19,10	99	138,32	20,34	2,98	0.003**
12	93	149,99	22,73	98	135,26	22,77	4,47	0.0**
13	104	164,04	24,36	114	137,17	21,55	8,59	0.0***
14	98	176,37	29,80	98	141,49	18,72	9,81	0.0***
15	98	184,06	25,48	94	143,95	19,02	12,39	0.0***
16	104	197,16	21,04	105	147,85	25,14	15,38	0.0***

Tableau 106 : Comparaison des résultats au Test de Saut en longueur sans élan (SLO) (enregistré en cm) entre les garçons et les filles en fonction des tranches d'âges. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$

Âge	Garçons			Filles			z	p-valeurs
	n	DYM	ET	n	DYM	ET		
8	97	14,49	2,01	89	13,25	1,94	4,28	0.0**
9	94	15,47	2,84	117	14,80	2,73	1,73	0.083
10	119	17,79	2,96	122	17,30	3,28	1,22	0.222
11	97	19,03	3,28	99	19,44	3,54	-0,84	0.401
12	93	20,98	4,03	98	21,21	3,82	-0,40	0.689
13	104	25,44	5,97	114	22,85	3,65	3,82	0.0**
14	98	29,14	6,86	98	24,85	4,16	5,29	0.0**
15	98	32,26	6,98	94	27,29	4,50	5,89	0.0**
16	104	38,21	6,48	105	26,92	4,80	14,30	0.0***

Tableau 107 : Comparaison des résultats au Test de Dynamométrie manuelle (DYM) (Kg) entre les garçons et les filles en fonction des tranches d'âges. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$

Âge	Garçons			Filles			z	p-valeurs
	n	RSA	ET	n	RSA	ET		
8	97	17,59	5,04	89	15,74	4,75	2,58	0.009**
9	94	18,90	4,47	117	17,38	5,37	2,24	0.025*
10	119	20,21	5,34	122	18,18	5,00	3,04	0.002**
11	97	20,97	5,33	99	17,83	4,28	4,54	0.0**
12	93	22,55	5,49	98	19,98	6,13	3,06	0.002**
13	104	22,85	4,97	114	18,10	3,94	7,77	0.0***
14	98	22,68	3,75	98	19,05	4,47	6,16	0.0***
15	98	23,06	4,37	94	18,05	4,30	8,01	0.0***
16	104	23,08	4,17	105	18,89	5,05	6,54	0.0***

Tableau 108 : Comparaison des résultats au Test de Redressement station assise (RSA) (Nombre de redressement en 30 sec) entre les garçons et les filles en fonction des tranches d'âge. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$

Âge	Garçons			Filles			z	p-valeurs
	n	SBF	ET	n	SBF	ET		
8	97	5,01	4,71	89	5,44	6,06	-0,54	0.589
9	94	7,93	7,62	117	5,74	6,30	2,24	0.025*
10	119	9,11	8,86	122	5,14	4,51	4,37	0.0**
11	97	8,26	6,86	99	6,47	6,82	1,83	0.067
12	93	6,99	7,75	98	6,14	6,85	0,80	0.424
13	104	11,82	10,01	114	5,36	5,70	5,78	0.0**
14	98	15,10	13,04	98	4,70	5,25	7,32	0.0***
15	98	20,76	14,20	94	5,77	7,13	9,30	0.0***
16	104	24,35	12,84	105	5,87	14,41	9,79	0.0***

Tableau 109 : Comparaison des résultats au Test de Suspension bras fléchis (SBF) (enregistré en sec et dixième de sec) entre les garçons et les filles en fonction des tranches d'âges. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$

Âge	Garçons			Filles			z	p-valeurs
	n	CNA	ET	n	CNA	ET		
8	97	22,34	2,91	89	23,13	2,10	-2,14	0.032*
9	94	21,61	2,35	117	22,78	2,85	-3,27	0.0**
10	119	19,90	2,31	122	21,07	2,07	-4,14	0.0**
11	97	19,71	1,73	99	21,40	2,85	-5,03	0.0**
12	93	19,91	2,07	98	20,67	1,50	-2,89	0.004**
13	104	18,95	1,86	114	20,55	1,82	-6,41	0.0***
14	98	19,41	3,54	98	20,97	3,50	-3,10	0.0**
15	98	18,30	2,59	94	20,33	2,83	-5,18	0.0**
16	104	17,83	1,57	105	20,23	1,70	-10,60	0.0***

Tableau 110 : Comparaison des résultats au Test de Course navette (10x5) de 10 m x 5 cycles (CNA) (enregistré en sec et dixième de sec) entre les garçons et les filles en fonction des tranches d'âges. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$

Âge	Garçons			Filles			z	p-valeurs
	n	VO2	ET	n	VO2	ET		
8	97	46,62	3,28	89	45,14	3,08	3,17	0.0**
9	94	46,09	2,72	117	44,91	2,69	3,15	0.0**
10	119	45,17	3,55	122	43,24	2,57	4,82	0.0**
11	97	42,85	3,61	99	41,83	2,73	2,23	0.026*
12	93	43,62	4,40	98	41,59	3,49	3,52	0.0**
13	104	41,78	4,75	114	39,75	2,97	3,74	0.0**
14	98	42,19	4,86	98	37,62	2,97	7,94	0.0***
15	98	41,58	4,66	94	35,72	2,91	10,50	0.0***
16	104	41,46	5,31	105	34,11	3,03	12,27	0.0***

Tableau 111 : Comparaison des résultats au Test de Course Navette d'endurance (Test Léger Lambert) (nombre de paliers ou VO2 max. (ml/kg/min) (CNE) entre les garçons et les filles en fonction des tranches d'âges. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$

Âge	Garçons			Filles			Z	p-valeurs
	n	VO2 (L/min)	ET	n	VO2 (L/min)	ET		
8	97	1,27	0,21	89	1,13	0,20	4,66	0**
9	94	1,31	0,22	117	1,28	0,26	0,91	0,36
10	119	1,40	0,26	122	1,38	0,28	0,57	0,57
11	97	1,51	0,26	99	1,52	0,30	-0,25	0,8
12	93	1,66	0,34	98	1,68	0,28	-0,44	0,66
13	104	1,80	0,42	114	1,77	0,31	0,60	0,55
14	98	2,04	0,46	98	1,82	0,27	4,08	0**
15	98	2,15	0,43	94	1,81	0,28	6,52	0***
16	104	2,35	0,47	105	1,79	0,29	10,35	0***

Tableau 112 : Comparaison des résultats (VO₂max en L/min) au Test de Course Navette d'endurance (Test Léger-Lambert) chez les garçons et les filles de 8- 16 ans. *** p < 0.001 ; ** p < 0.01 ; * p < 0.05

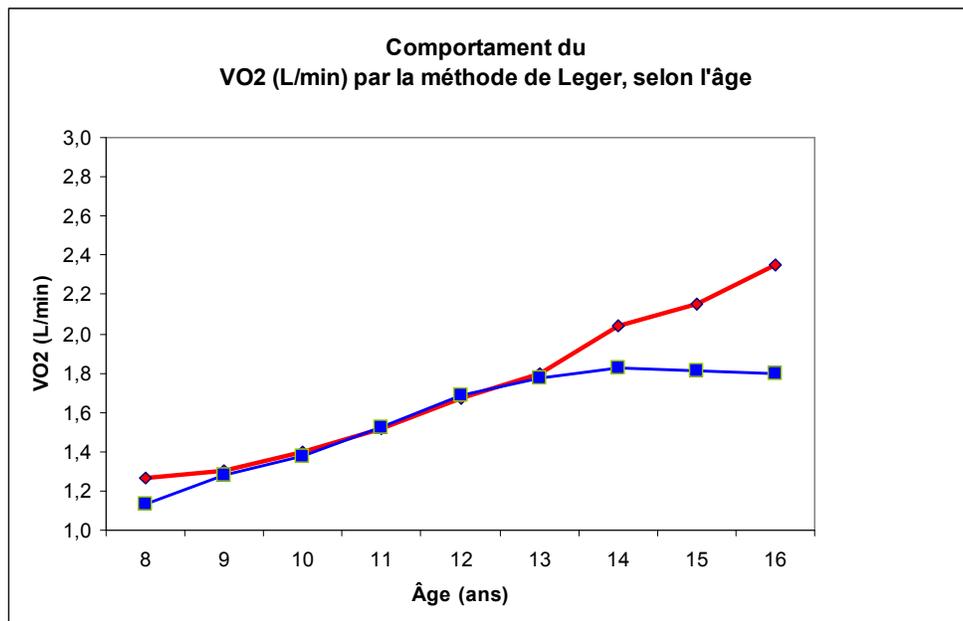


Figure 44 : Mesure du VO₂max (L/min) non ajusté chez les garçons et les filles de 8- 16 ans par la méthode indirecte (Test de Léger)

Le VO₂ max exprimé en L/min, présente des différences hautement significatives, (p<0.01) en faveur des garçons de 8, 14, 15 et 16 ans. La différence la plus élevée se note à l'âge de 16 ans avec une valeur de 0.56 L/min.

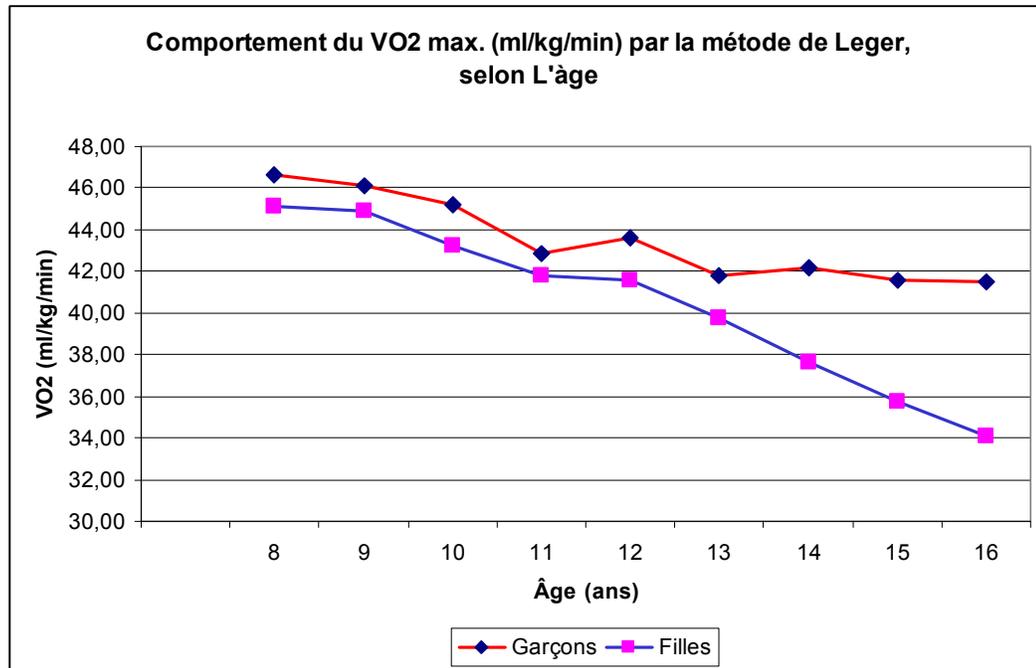


Figure 45 : Mesure du VO₂ max rapporté au poids (ml/kg/min) chez les garçons et les filles de 8- 16 ans par la méthode indirecte (Test de Léger).

En général, le VO₂ max (ml/kg/min) commence à décroître de manière précoce chez les filles vers l'âge de 12 ans et de façon moindre pour les garçons aux alentours de l'âge de 13 ans. Ce phénomène est sans doute le résultat d'un mode de vie plus sédentaire.

II.1.3. Nature des activités physiques pratiquées par les enfants de l'étude

II.1.3.1. Activités pratiquées au sein de l'établissement scolaire en dehors des heures de classe.

ACTIVITES	%
Guitar	0,1
Jeu de Frisbee	0,5
Regarder la TV	0,5
Volley-ball	0,8
Soft Ball	0,9
Travaux manuels	1,1
Orchestre d'école	1,2
Lire	1,5
Jeux d'enfants	1,5
Marcher	1,7
Aérobics	1,9
Ecouter de la musique	1,9
Gymnastique	2,3
Basket-ball	2,9
Majorettes	2,9
Courir	4,1
Arts plastiques	4,8
Autres activités	6,0
Football	6,1
Danser	9,3
Ne pratique pas d'autres activités	48,0
TOTAL	100

Tableau 113 : *Pourcentage cumulé des activités pratiquées par les écoliers/ collégiens au sein de l'établissement scolaire en dehors des heures de classe.*

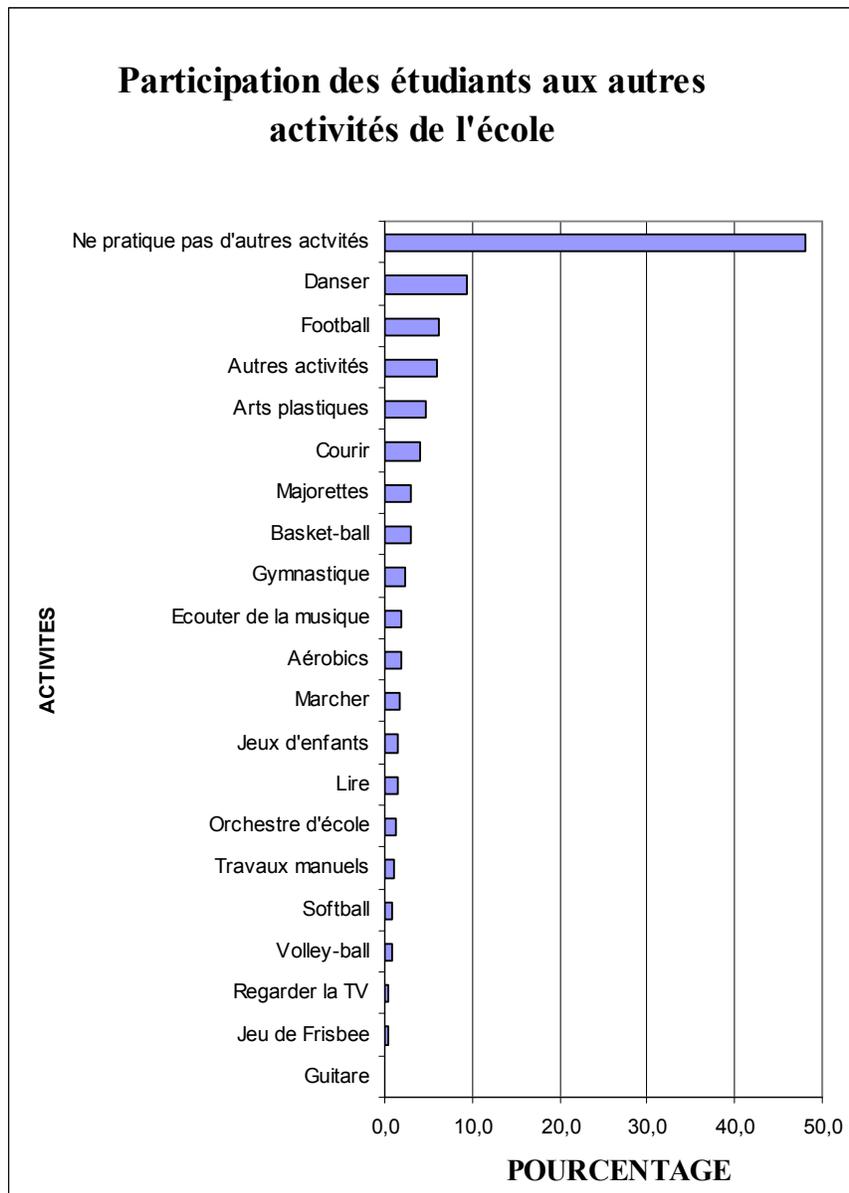


Figure 46 : *Pourcentage des activités pratiquées par les écoliers/ collégiens au sein de l'établissement scolaire en dehors des heures de classe*

II.1.3.2. Activités pratiquées hors l'établissement scolaire

II.1.3.2.A. Activité musicale

ACTIVITES	Heures/jour
Trombone	0,24
Violoncelle	0,41
Violon	0,62
Piano et/ou orgue	0,65
Trompette	0,65
Batterie	0,67
Accordéon	1,22
Flûte	1,34
Guitare	1,46
Autres activités	2.55

Tableau 114 : Activités artistiques ou musicales personnels parmi les écoliers/ collégiens pratiquant la musique

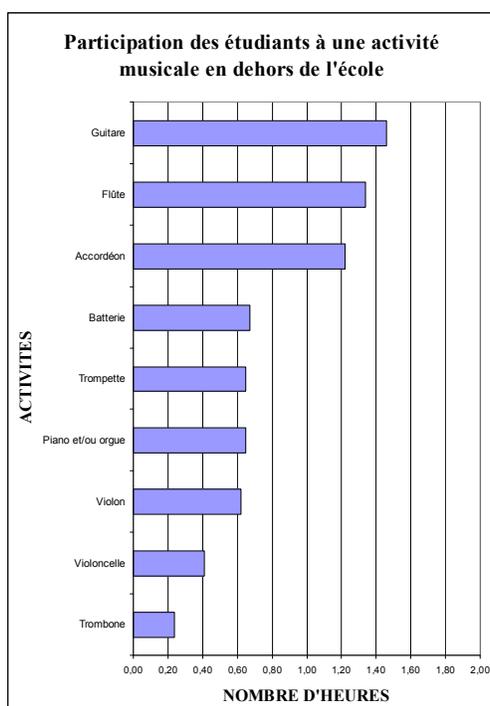


Figure 47 : Participation des écoliers/ collégiens à une activité artistique ou musicale en dehors de l'école

II.1.3.2.B. Activités sportives ou de loisir

ACTIVITES	Heures/jour
Bowling	0,7
Autres activités	0,8
Equitation	0,9
Patin à roulette	1,1
Volley-ball	1,1
Tennis de table	1,2
Tennis	1,2
Sports de combat	1,3
Billard	1,4
Gymnastique	1,4
Squash	1,4
Courir	1,4
Basket-ball	1,4
Patiner en ligne	1,4
Travaux manuels	1,4
Jouer de la guitare	1,5
Jeux d'enfants	1,8
Ecouter de la musique	1,9
Nager	2,2
Danser	2,5
Lire	2,6
Marcher	2,8
Cyclisme	2,8
Football	3,3
Regarder la télévision	4,2

Tableau 115 : *Activités les plus fréquemment pratiquées par les écoliers/ collégiens en dehors de l'école par heures/jour*

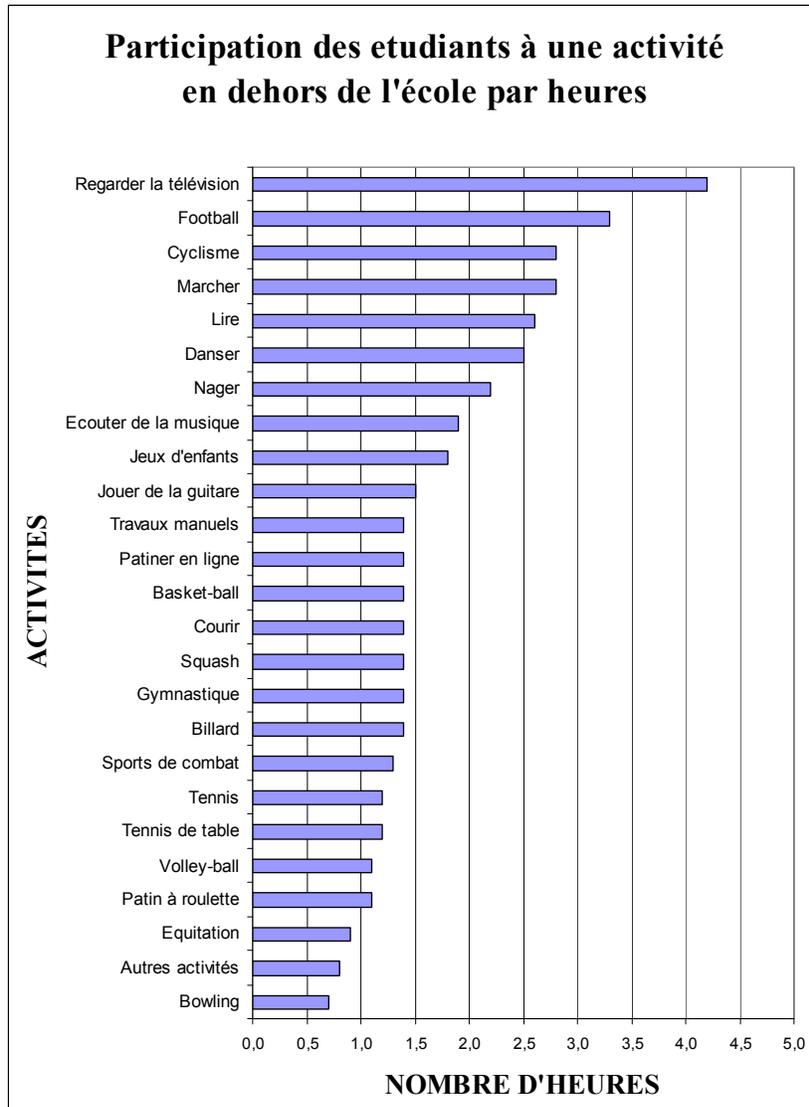


Figure 48 : Activités les plus fréquemment pratiquées par les écoliers/ collégiens en dehors de l'école, exprimées en heures/jour

II.1.3.2.C. Activités domestiques

ACTIVITES	Heures/jour
Balayer	0,4
Repasser	0,4
Passer la serpillière	0,4
Passer l'aspirateur	0,4
Menuiserie	0,6
Laver la voiture	1,0
Faire la vaisselle	1,0
Jardinage	1,1
Cuisiner	1,6
Travaux multiples à la maison	1,7
Autres	2,0
Garder les enfants	3,1

Tableau 116 : Activités les plus fréquemment pratiquées par les écoliers/ collégiens chez eux

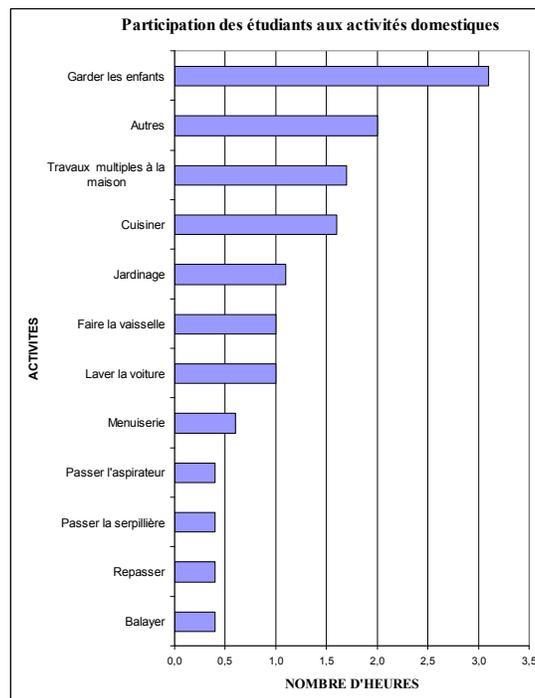


Figure 49 : Activités les plus fréquemment pratiquées par les écoliers/ collégiens chez eux

III. Chapitre 4

III.1. Discussion

Rappel des objectifs

Le but de cette étude est d'apporter des indices de pratique de l'activité physique contribuant au développement de stratégies aidant les organismes de santé et d'éducation du gouvernement Colombien à établir une politique de prévention des maladies chroniques non transmissibles en favorisant la culture de l'activité physique comme un facteur de santé corporelle, mental et social de notre communauté. Or, à notre connaissance, aucune étude n'a directement abordé la question de l'estimation quantifiée de l'activité physique journalière moyenne annuelle des jeunes scolaires résidents en altitude comprenant la période de l'école et celle des vacances.

Notre démarche a consisté à quantifier l'activité physique exprimée en dépense d'énergie à travers les différentes activités régulières en période scolaire et de vacances d'élèves de la ville de Bogotá, âgés de 8-16 ans, Pour ce faire, nous avons élaboré et utilisé après validation le Questionnaire QAPACE est afin d'évaluer l'activité physique des enfants et des adolescents inclus dans un échantillon représentatif.

L'étape préliminaire de cette étude à grande échelle a été d'évaluer la reproductibilité et la validité du questionnaire de QAPACE (Annexe n° 14 et 15) dans un échantillon randomisé d'enfants scolarisés dans la ville de Bogotá.

Dans un deuxième temps il a été procédé au recueil de données anthropométriques qui ont permis de dresser la typologie de cette cohorte spécifique et de les associer :

- aux dépenses énergétiques journalières moyennes évaluées en fonction des tranches d'âge (8 à 16 ans) qui couvrent la totalité de la période de croissance, et des périodes considérées de scolarité ou de vacances.
- aux conditions socio-économiques de cette même population.

Mode de Sélection de l'échantillon

La capacité d'extrapoler les résultats de l'étude de reproductibilité à une vaste enquête s'appuie sur les modalités de sélection de l'échantillon d'enfants scolarisés.

Nous avons choisi de sélectionner des jeunes issus du milieu scolaire car ils représentent une population captive en ce qui concerne, notamment, la pratique des activités physiques, situation qui favorise la reproductibilité et la validité de cette étude.

Les sujets de l'échantillon ont été choisis suivants le sexe, l'âge, les niveaux scolaires (de 1 à 9) et les strates socio-économiques (de 1 à 6, regroupées deux par deux : 1 et 2 ; 3 et 4 ; 5 et 6) en respectant toujours, pour chacun de ces paramètres, les pourcentages de répartition de la population tels qu'ils nous ont été fournis par les autorités publiques Colombiennes.

Le choix de l'âge de 8 à 16 ans, obéit au fait que c'est dans cette période que s'effectuent les principaux changements morpho-fonctionnels qui accompagnent le passage de l'enfant à l'adulte : croissance, puberté et variation de la masse et de la composition corporelle, période durant laquelle devraient se situer les pics de dépenses énergétiques contemporains de ces transformations.

Dans les premières phases d'étude de faisabilité et de validation du questionnaire, les écoles ont été choisies « par convenance » en fonction des facilités offertes, les classes et les enfants étant tirés au sort. Dans l'étude générale le choix des écoles et des élèves fut randomisé en tenant compte des facteurs de répartition cités ci-dessus (Diagrammes 2 et 3).

Enfin, et cela demanda du temps, il fut aussi nécessaire d'obtenir toutes les autorisations de la part du ministère de l'Education, des directeurs des écoles concernées et des parents des élèves. (Annexes n° 21-24)

Etude de la reproductibilité et de la validité du questionnaire QAPACE

La reproductibilité

La durée moyenne de 30-40 minutes nécessaire pour remplir le questionnaire ne dépasse pas la capacité de concentration mentale des jeunes et a montré une

reproductibilité élevée, bien que les sujets les plus jeunes aient employé plus de temps pour remplir le questionnaire. Les tests de compréhension préalables répétés et vérifiés, la présence d'un superviseur et la dimension limitée du groupe avec la possibilité de répondre aux questions pourraient expliquer la forte reproductibilité. Cependant le délai de six semaines entre les deux sessions de test-retest pourrait être éventuellement trop court pour détecter des changements dans les activités pratiquées. En effet, cet intervalle que nous avons choisi entre le test-retest, semble représenter le temps minimal pour qu'un sujet oublie les réponses précédentes (139. McDOWELL I, 1987). Les délais dans les études rapportées dans la littérature sont variables ; ils peuvent être de dix jours (140. VUILLEMIN A et al. 2000), 15 jours (141. BOOTH MI et al. 2002), un mois (1. AARON DJ et al. 1993), trois mois (142. AARON DJ et al. 1995), (110. BERTHOUBE SE et al, 1993), six mois (2. POLS MA et al, 1997) ou une année (142. AARON DJ et al, 1995)

Par ailleurs, il a été rapporté que les enquêtes portant sur une période d'une année sont plus susceptibles de refléter les activités routinières que les enregistrements séparés seulement de quelques jours ou d'une semaine (97. KRISKA AM, 1997) alors que les délais sont plus courts pour les activités domestiques ou de transport qui correspondent à des activités obligatoires ou inconfortables.

Peu d'études ont examiné chez les enfants, la reproductibilité et la validité d'un questionnaire sur l'Activité Physique annuelle en utilisant une modalité auto-administré mais surveillée. Ainsi, les comparaisons directes avec d'autres études, différentes en ce qui concerne la méthode de test, la population et le calendrier, doivent rester prudentes. Néanmoins, les coefficients de reproductibilité sont comparables à celles se rapportant aux différents intervalles de temps séparant le test-retest. Les études chez les enfants montrent un coefficient de corrélation interclasse entre 0.66 et 0.98 avec des intervalles de temps variant de six jours à une année (142. AARON DJ et al, 1995, 143. BAECKE JA et al, 1982); (110. BERTHOUBE SE et al, 1993, 111. BOUCHARD C et al, 1983, (144. GARCIA AW et al, 1997, 138. KOWLSKI KC et al, 1997; POLS MA et al, 1997, 4. SALLIS JF et al, 1993, 107. TAYLOR HL et al, 1978, 145. WESTON AT et al, 1997)

Chez les adultes, les CCI suivants ont été rapportés comme: 0.91 (intervalle = 6-10 jours) (BOUCHARD et al, 1983), 0.89 (un mois) et 0.69 (une année) (TAYLOR HL et

al, 1978), 0.89 (1 mois) et 0.79 (11 mois) (143. BAECKE JA et al. 1982), 0,997 (sept jours) (110. BERTHOUBE SE et al. 1993) 0.83 (IC 95% de 0.66 à 0.99) (dix jours) (146. VUILLEMIN A et al. 2000). Dans un questionnaire auto-administré, utilisant un jour d'intervalle, concernant 90 adolescents américains des grades scolaire 7^{ème} à la 8^{ème} (âge moyen de 14 ans), le CCI a été dans la gamme 0.98 au 0.99 selon la méthode de la fréquence cardiaque, Caltrac et mesures de podomètre le CCI était respectivement de 0.43, 0.77 et 0.88 (145. WESTON AT et al. 1997)

Le questionnaire CAINM a été appliqué à une population hispanophone issue des écoles de la ville de Mexico (147. HERNANDEZ B et al. 2000). Les élèves, d'une part et leurs mères, d'autre part, ont été testés à six mois d'intervalle sur les activités des enfants et les résultats ont été comparés. Les coefficients de corrélation, ajusté sur l'âge, le sexe et le niveau socio-économique, se situaient entre 0.09 et 0.55. Cette étude portait principalement sur une population de faible niveau socio-économique.

La validité

Corrélation avec les mesures du pic de VO₂

L'existence d'une corrélation significative entre les mesures indirectes (test Léger) et directes (épreuve d'effort sur ergocycle) du pic de VO₂ a été confirmée. L'ICC générale est de 0.91 (p <0.01), [0.96 (garçons) et 0.67 (filles)] (Figure 5 ; Tableau 15). Ces corrélations entre les mesures directes et indirectes de la VO₂ max sont similaires aux valeurs rapportées par McNaughton (r = 0.87) (156. McNAUGHTON D et al. 1996) ou Van Mechelen (r = 0,76) (157. VAN MECHELEN W et al. 1986)

Le CCI inférieure observée chez les filles pourrait être lié à une composition corporelle différente entre les filles et les garçons avec une masse grasse plus élevée chez les premières et une masse maigre supérieure chez les seconds. Cette différence suggère que les sujets avec une masse maigre importante présentent une plus grande capacité à l'effort exprimé en pic de VO₂ et de force (1. AARON DJ et al. 1993, 148. COOPER DM, 1996) Les différences précédemment rapportés dans la littérature révèlent en effet que les mesures de VO₂ max étaient, comparées aux garçons, plus faibles chez les filles, de 23% dans les mesures directes et 17 % dans les mesures indirectes, (149. FLANDROIS R et al. 1982, 150. McMURRAY R et al, 1998; 151.

TURLEY K et al. 1997) avec une faible motivation pour l'activité physique chez les adolescentes.

Corrélation DEJ/ VO2

La comparaison entre les VO₂pic mesurées et les DEJ estimées donne des résultats satisfaisants qui confirment la cohérence entre les réponses aux questionnaires concernant la quantité d'activité physique pratiquée par les sujets et leur capacité aérobie à l'effort :

Le CCI (CCI) de Pearson entre la mesure indirecte du pic VO₂ et la moyenne globale DEJ est de 0.56 (p <0,0001).

Ces résultats sont comparables aux valeurs du CCI rapportées dans d'autres études corrélant les résultats d'un questionnaire d'activités physique versus un paramètre physiologique.

CCI du Questionnaire de Bouchard de Trois Jours avec PWC-150 ou PWC-50/kg respectivement 0.70 et 0.27 (111. BOUCHARD C. 1983) pour une période de mémorisation couvrant les derniers six à dix jours;

CCI = 0.47 0.82 pour un questionnaire couvrant une période de mémorisation de sept jours vs le rythme cardiaque comme mesure biologique (4. SALLIS JF et al. 1993);

CCI = 0.40 chez des enfants 4 - 8 ans d'âge, avec le Questionnaire Estonien des Parents et de leurs Enfants vs la fréquence cardiaque (152. HARRO M, 1997) ;

CCI = 0.38 pour des gymnastes de 7-9 ans ; 0.42 pour les loisirs chez les filles prépubères avec un Questionnaire de rappel mémorisé de 7 Jours vs l'accéléromètre Caltrac. (153. SCERPELLA T et al. 2002),

CCI était de 0.67 avec un questionnaire de rappel mémorisé de 7 Jours adapté aux enfants vs VO₂ comme mesure biologique dans Schmucker la (154. SCHMUCKER B et al, 1985);

CCI = 0.40 pour les garçons et 0.23 pour les filles en utilisant un rappel mémorisé de 7 Jours appel questionnaire de sept jours adaptée aux enfants vs les VO₂ sous-

maximales sur bicyclette ergométrique en tant que mesure biologique (155. SUTER E. Et al. (1993).

Données anthropométriques

Chez les enfants et les adolescents, les mesures anthropométriques permettent d'objectiver le stade et la vitesse de la croissance :

Les mesures du poids, de la taille et leur interprétation à l'aide des courbes « normales » de référence éditées par l'Institut Colombien pour le Bien-être Familial (ICBF : Instituto Colombiano de bienestar familiar ; Annexe n° 13 et 30) sont incontournables.

L'interprétation de la masse corporelle en fonction de la taille par l'indice de masse corporelle (IMC) est très fréquemment utilisée, et mais insuffisante pour apprécier la croissance chez les enfants actifs. (<http://www.icbf.gov.co>). Dans l'étude QAPACE, le recueil de l'IMC chez les garçons et les filles, a été proposée comme le début d'un suivi de la corpulence de la population scolaire de Bogotá.

Simultanément, nous avons étudié la composition corporelle, en termes de pourcentage de la masse grasse et de poids maigre.

Un autre aspect de cette étude a été l'analyse du développement respectif des divers composants morphologiques grâce à l'utilisation de la formule du somatotype de Heath-Carter.

Taille et poids

Le processus de croissance est associé à un changement important de la taille corporelle et se situe dans la tranche d'âge de 8-16 ans variable d'un individu à l'autre. La croissance est un indicateur sensible de la santé des adolescents, tant physique que mentale. En effet, l'association de la puberté et de l'accélération de la croissance se manifeste par de multiples phénomènes notamment endocriniens. En conséquence, pour évaluer avec exactitude la croissance, on doit régulièrement mesurer, à des périodes bien définies et répétitives, la taille des enfants et en donner une représentation graphique sous la forme d'une courbe de croissance. Lors de la croissance, l'augmentation de la masse corporelle serait d'approximativement 160% chez les

garçons et de 125% chez les filles, quant à la taille, elle augmenterait de, respectivement, 40% et 30%. (172. ROWLAND TW, 1996). Considérant que la taille répond à une distribution normale, il est facile de donner une définition statistique de la « taille normale » comme étant celle correspondant à deux écarts types (2ET) au-dessus et au-dessous de la moyenne pour chaque groupe d'âge. Cette définition exclus environ 4% de la population. (165. COHEN P et al. 1994).

Notons cependant l'opinion de Tanner (1987) qui signale que si le poids est une mesure facile à déterminer, son importance comme paramètre permettant de suivre la croissance est sans doute exagérée. En effet, le poids représente la somme de nombreuses masses tissulaires, ce qui rend difficile son interprétation d'un point de vue clinique. (166. TANNER JM, 1990).

La distribution en percentiles de la taille et du poids dans l'étude QAPACE, a révélé des valeurs inférieures aux résultats des tables de l'Institut Colombien pour le Bien-être Familial (ICBF) (annexes 13 et 30) les garçons et les filles étant respectivement 12.7% et 13.4 % inférieurs en poids et 6.4% et 9.2% inférieurs en taille aux normes décrites. Ces résultats s'approchent des différences déjà rapportées dans les études réalisées en altitude élevée or l'étude QAPACE a été entreprise à Bogota, ville située à 2660 m d'altitude. En effet, les travaux concernant la condition physique en altitude, répertorient trois types d'altitudes en relation avec les effets physiologiques : altitude élevée de 2440 – 4270 m; *altitude très élevée* de 4270 – 5490 m et *altitude extrême*, 5490 – 8848 m. (167. HALTGREN HN et al. 1990).

Composition corporelle

L'estimation de la composition corporelle chez les enfants est difficile à établir à cause des transformations qui se produisent durant la croissance. En effet, les changements de composition corporelle liés au phénomène propre de la croissance peuvent se confondre avec des modifications des apports caloriques alimentaires, de la pratique d'activités physiques ou tout autre facteur. D'une façon générale, la graisse corporelle se développe chez les enfants et adolescents parallèlement à une baisse de la pratique de l'activité physique avec comme conséquence une diminution de l'endurance aérobie et de la VO₂ max. En fait, l'augmentation de la technologie tendant à améliorer et faciliter les moyens de transport, poussent les individus à se sédentariser augmentant

ainsi l'obésité, les facteurs de risques coronariennes et l'hypertension, etc. (173. ROWLAND, 2002)

L'Indice de masse corporelle

L'Indice de masse corporelle (IMC), ou Indice de Quételet, qui détermine le poids en relation avec la taille d'une personne, est une méthode de routine dans l'étude du développement et L'IMC est particulièrement utile pour identifier les facteurs de risques cardiovasculaires dus au surpoids dès la croissance. Chez les enfants et les adolescents il existe une corrélation entre l'IMC et la quantité de graisse corporelle et les enfants possédant un IMC élevé ont de forte chance de souffrir de problèmes de poids avec l'âge.

L'IMC dépend de l'âge : La distribution en percentiles révèle que les P50 tant pour les garçons que pour les filles, montrent des valeurs similaires jusqu'à l'âge de 11 ans, mais à partir de 12 ans jusqu'à 16 ans les valeurs des filles s'accroissent par rapport à celle des garçons ce qui coïncide avec la différence de contenu en graisse corporelle suivant le sexe. Ces résultats sont similaires à l'étude de Cronck, bien que cet auteur stipule que la situation se manifeste de manière ultérieure les valeurs d'IMC restant supérieurs chez les garçons jusqu'à 18 ans bien qu'ils aient moins de graisse corporelle (169. CRONCK ET AL. 1982). Le poids corporel étant la somme des contenus maigre et adipeux, l'interprétation individuelle de l'indice de Quételet ou bien de l'IMC, comme indicateur d'obésité, n'est pas si simple et informatif qu'il y paraît. C'est pour cela, qu'il faut l'étudier de manière longitudinale et l'interpréter aussi comme une mesure de la taille et des changements qui surviennent dans les structures et les composants corporels. (170. ROSS WD et al. 1988). En effet l'IMC, dépend pour une part de la taille ce qui signifie que les individus les plus grands peuvent avoir des valeurs d'IMC plus élevées, sans pour autant impliquer un pourcentage supérieur de graisse corporelle. (171. ORTIZ LO, 2002)

Finalement, l'IMC est un indicateur qui sert à diagnostiquer la dénutrition ou l'obésité mais qui présente quelques limitations dérivées des propriétés mêmes de l'indice et des caractéristiques de la population adolescente d'Amérique Latine.

Somatotype

Le somatotype est une description morphologique d'un sujet. Pendant le développement de l'enfant et de l'adolescent, la morphologie du corps peut varier et se stabiliser à l'âge adulte.

Chaque somatotype comprend 3 composantes : l'endomorphisme, le mésomorphisme et l'ectomorphisme.

Le caractère endomorphe représente le niveau d'adiposité et définit le caractère gras de l'individu.

Le caractère mésomorphe symbolise le degré de développement musculo-squelettique. Le sujet ayant tendance à présenter une forme carrée avec une musculature lourde.

Le caractère ectomorphe figure la linéarité. Le sujet est mince, longiligne, fragile, sans relief musculaire.

Dans notre étude, les composants du somatotype furent analysés de manières séparées.

Le caractère endomorphe est significativement ($p < 0.01$) plus accentué chez les filles pour tous les groupes d'âges de 8 à 16 ans.

Au contraire, le caractère mésomorphe est significativement ($p < 0.01$) en faveur des garçons pour tous les groupes d'âges, à l'exception aux âges de 15 et 16 ans, où les filles deviennent plus mésomorphes que les garçons.

L'étude du caractère ectomorphe a montré que les filles sont plus sveltes que les garçons jusqu'à l'âge de 11 ans, mais à l'âge de 12 à 16 ans les garçons sont plus longilignes qu'elles ($p < 0.01$).

Au total, la détermination du somatotype des sujets de l'étude QAPACE, indique que ce groupe est constitué de jeunes dont les morphotypes sont bien distincts, malgré des valeurs qui restent peu dispersées et positionnées autour du centre de la somatochart, (2.9, 3.4, 3.3) pour les garçons et (3.8, 3.1, 2.9) pour les filles. Ceci indique que, dans les deux groupes, les sujets sont peu longilignes, peu musclés et peu

sujet à l'obésité, bien que les filles soit légèrement endomorphes comme on peut l'observer dans la figure 30. La distribution du somatotype chez les filles et les garçons de l'étude QAPACE illustre les caractéristiques d'une population de jeunes scolaires résidant à une altitude supérieure à 2640 m.

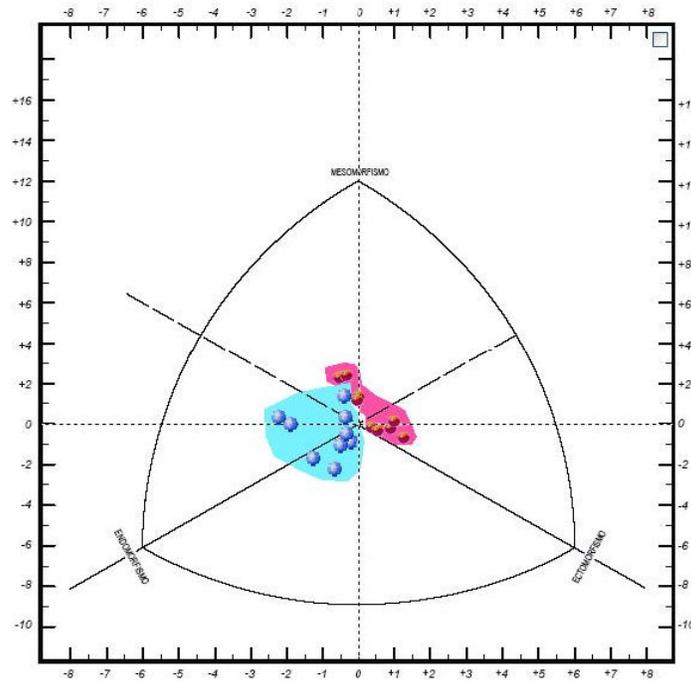


Figure 50 : Distribution de la moyenne du Somatotype, selon âge chez les garçons (nuage rouge) et les filles (nuage bleu) dans l'étude QAPACE.

III.1.1.1. Âge biologique selon la méthode de Tanner

L'âge biologique correspond à l'âge calculé au cours du développement en tenant compte des changements physiques et biologiques qui se produisent dans les structures cellulaires, les tissus, les organes et les systèmes.

La détermination de l'âge biologique, permet d'évaluer de manière précise la maturité d'un individu. Bien qu'il soit fréquent que les âges chronologique et biologique soient identiques chez la majorité des enfants, on ne peut pas assumer cette relation *à priori*.

L'âge biologique d'un jeune sujet se détermine à travers l'analyse d'un ou plusieurs des critères suivant :

- Maturité squelettique ou âge osseux

- Maturité de la dentition ou âge dental

- L'indice de maturité pubertaire décrit par Tanner et Marshall

La description des stades pubertaires est basée sur l'apparition des caractères sexuels secondaires. La méthode couramment employée a été décrite par Tanner et Marshall, qui analyse les changements mammaires chez les filles, et chez les garçons les modifications génitales (verge et testicules), ainsi que la distribution du poil pubien chez les deux sexes (Annexe n° 9).

Il apparut quelques difficultés chez les garçons dans l'utilisation de la classification de Tanner, dans sa totalité. En effet, seule l'observation du pénis fut possible, la détermination du volume testiculaire ayant connu de fortes réticences d'origine socioculturelles.

Ce ne fut pas le cas pour les filles en ce qui concerne l'observation du sein et du téton comme ligne de référence. En outre, il fut plus facile d'observer la pilosité pubienne chez les filles que chez les garçons.

Ceci peut expliquer le faible nombre de niveaux de développement génital répertoriés chez les garçons (cinq), à la différence des filles qui se distribuent à travers 20 sous-types.

Il est important de signaler que bien qu'il existe des variations interindividuelles dans l'âge d'apparition des manifestations pubertaires, une fois le stade 2 commencé, la séquence va avoir la même durée pour toutes les ethnies, la ménarche ou la sperménarchie se présentant à la fin du stade 3 ou au début du stade 4. La classification a cette limite importante de ne pouvoir définir les degrés de maturité durant les étapes pré-pubertaires. (174. CALZADO R, 1998).

Stades pubertaires

Ces changements pubertaires sont continus et progressifs, cependant pour une meilleure compréhension ils sont classifiés en 5 stades tant pour les filles que pour les garçons.

Dans l'étude QAPACE, l'âge biologique des garçons (de G1P1 à G4P4) couvre les âges de 8 à 16 ans.

Le stade G1P1 correspond à la pré-puberté, dont la moyenne d'âge est 9.5 ans avec un intervalle de 8 à 11 ans.

Les stades G2P2 et G2P3, correspondent à la puberté dont la moyenne d'âge est 12.5 ans avec un intervalle de 12 à 13 ans.

Les stades G4P3 et G4P4 correspondent à la post-puberté dont la moyenne d'âge est 15 ans avec un intervalle de 14 à 16 ans.

Chez les garçons, Grumbach et al. signalent que, la puberté démarre en moyenne à 11.2 ans (de 9.2 à 14.2 ans) avec une durée variant entre 3 et 5 ans. (204. GRUMBACH MM et al. 2003) Pour Rowland la puberté débute entre 11 et 12.5 ans et s'étale sur 4 années. (172. ROWLAND TW. 1996) Dans notre étude QAPACE Le rang de la puberté pour les garçons fut de 4 ans.

L'âge biologique des filles de l'étude QAPACE, a montré un développement d'une plus grande complexité:

Le stade S1 avec ses variantes (P1, P2 et P3), correspond à la pré-puberté dont la moyenne d'âge est 9,3 ans avec un intervalle de 8 à 13 ans.

Les stades S2 et S3 avec ses variantes (P1, P2, P3, P4 et P5), correspondent à l'étape pubertaire dont la moyenne d'âge est 11,9 ans avec un intervalle de 8 à 16 ans.

Les stades S4 et S5 avec ses variantes (P1, P2, P3, P4 et P5), correspondent à l'étape post pubère dont la moyenne d'âge est 14,6 ans avec un intervalle de 10 à 16 ans

Chez les filles, Grumbach et al. signalent que la puberté démarre en moyenne à 10.9 ans (de 8.5 à 13.3 ans) avec une durée de la puberté variant de 2 à 3 ans. (204. GRUMBACH MM et al. 2003) Pour Rowland la puberté débute entre 10.5 et 11 ans et s'étale sur 1 à 2 ans. (172. ROWLAND TW. 1996)

Age d'apparition de la ménarche (cf. Figure 35)

La ménarche ou apparition de la première menstruation, bien qu'après elle reste encore irrégulière, est une référence biologique reconnue. Elle survient après le pic de croissance et définit la future taille adulte (170. ROSS WD et al.1988)

Aux Etats- Unis la ménarche apparaît à un âge moyen de 12.8 ans pour les filles blanches et de 12.2 ans pour les afro-américaines (175. MANSFIELD MJ, 1994)

L'étude de croissance de Leuven, réalisée par Wellens et al. 1990 chez d'un échantillon national des filles de Flemish, (176. WELLENS R et al. 1990), a montré que pour les mêmes percentiles de notre étude, les âges de la ménarche furent 11.5, 12.4, 13.2, 14 et 15 ans.

Dans l'étude QAPACE l'apparition de la est survenue pour 75% des filles avant l'âge de 13 ans, avec une différence d'environ deux ans d'avance, pour chacun des groupes d'âges considérés, par rapport aux sujets de l'étude de Wallens précitée.

Le retard d'apparition de la ménarche à 10, 14 et 16 ans pourrait s'expliquer par des déterminants génétiques, nutritionnels, sanitaires ou environnementaux (niveau de stress). (204. GRUMBACH MM et al. 2003)

III.1.1.2. La condition physique

La condition physique reflète le niveau de capacité fonctionnelle d'un individu. Couramment ce terme s'emploie et se comprend de manière intuitive comme « être en forme ». Il est possible de la mesurer au travers d'épreuves qui évaluent le niveau de capacité physique. Dans l'étude QAPACE, nous avons utilisé la batterie de tests EUROFIT, (Annexe n°3).

Il y a débat concernant l'importance que l'on doit porter à l'évaluation de la condition physique dans les programmes d'éducation physique. Elle se détermine par les résultats qui s'obtiennent dans les épreuves qui mettent en jeu les qualités suivantes : puissance aérobie, coordination motrice, flexibilité des articulations, force et résistance des muscles squelettiques, et autres... Conserver une bonne condition physique tout au long de la vie est important afin de développer et maintenir la capacité fonctionnelle nécessaire pour satisfaire les besoins vitaux et promouvoir une santé optimale (177. ACSM, 1988)

Globalement, il existe une prédominance masculine dans toutes les épreuves à l'exception du test de flexion du tronc vers l'avant (FLT), dans lequel les filles de 9, 14 et 15 ans, se sont révélées significativement plus souple ($p < 0.05$)

Activité physique chez les élèves de l'étude

Enfant physiquement actif vs inactif

Les bénéfices de l'activité physique sur la santé sont bien argumentés notamment dans des situations aussi diverses que les cardiopathies, la santé mentale et l'indépendance des personnes âgées et plus la population mondiale est en phase de vieillissement, plus ce rôle bénéfique va être important. En outre, il convient de signaler que ces bénéfices s'obtiennent même à partir de niveaux modérés d'activité physique qui peuvent être atteints dans la vie quotidienne : marcher à pied, monter et descendre les escaliers, danser, pratiquer des activités récréatives durant le temps libre. (13. OMS CDC, 2000). De plus en plus, de données scientifiques montrent que la pratique d'activités physiques, même avec des niveaux d'intensité modérée, depuis l'enfance jusqu'à la vie adulte, réduit les risques de maladies chroniques non transmissibles. C'est pourquoi on se doit d'apporter aux enfants des espaces de vie leur permettant de prendre conscience de leurs capacités motrices favorisant ainsi leur adhésion à la pratique de l'activité physique (158. SALLIS JF et al. 1990).

Pour identifier le niveau d'activité physique des enfants, plusieurs critères sont proposés : durées en heures/jour ou heures/semaine (159. ROSS JG, et al. 1985, 160. PATE RR et al., 1994) ; dépenses caloriques en kcal/kg/heure ou kJ/kg/heure ou en METs. Selon certaines études (161. CANADA FITNESS SURVEY, 1983), un jeune se considère « actif » lorsque durant son temps libre il consacre à des activités physiques vigoureuses trois heures ou plus par semaine. Pour sa part Stephens (130. STEPHENS T et al. 1988) considère qu'un sujet devient « actif » lorsque sa dépense énergétique journalière (DEJ) dépasse trois ou plus kcal/kg/heure (soit 12,6 kJ/kg/heure ou 3-4 METs); de la même manière l'Institut Canadien de la Recherche sur la Condition Physique et le Mode de Vie (ICRCP), classe un sujet comme vigoureusement « actif » lorsqu'il dépense une quantité d'énergie correspondant au moins à 8 kcal/ kg/heure (33.5 kJ/ kg/heure ou 8 METs) (www.cflri.ca/icrcp/icrcp.html).

En 1993, la Conférence Internationale de Consensus sur les Guides d'Activités Physiques chez les Adolescents donnait pour conclusion les points suivants basés sur la littérature scientifique (162. SALLIS JF et al. 1994):

Tous les adolescents devraient être physiquement actifs tous les jours de la semaine grâce à des jeux sportifs, aux modes de transport, à l'éducation physique, aux exercices planifiés dans un contexte familial ou communal.

Les adolescents doivent participer à trois ou plus séances d'activités physiques par semaine, d'une durée d'au moins 20 minutes, avec des niveaux d'intensité variant de modérés à vigoureux (comme marcher rapidement) (162. SALLIS JF et al. 1994)

Lors de la Conférence de Consensus de l'Institut National de la Santé des Etats Unis, il a été recommandé que les enfants comme les adultes, réalisent au moins 30 minutes cumulées d'exercice physique d'intensité modérée (5-6 METs), préférablement tous les jours de la semaine. (163. NIH, 1996)

Cependant, certaines études ayant mesuré par enregistrement continu des séances d'activité physique, ont constaté que la durée de 20 minutes conseillées d'activité physique de niveaux modérés à vigoureux est rarement respectée par les enfants et les adolescents. Même les périodes de 10 minutes d'exercice modéré, sont rarement effectuées par les jeunes.

La grande partie des articles parus dans la littérature classe les sujets en actifs et inactifs, selon la description faite précédemment. Or, quel est le niveau de l'activité physique réalisé par les enfants et adolescents de Bogotá âgés de 8 à 16 ans ? Et selon quel niveau peut-on considérer ceux-ci comme actifs ou inactifs ? Cette question constitue la pierre angulaire de la présente étude.

En fait, le classement des jeunes comme actif ou inactif, dépend du critère qui s'applique pour mesurer l'activité physique. Dans l'étude QAPACE, le critère que nous avons retenu pour mesurer le niveau d'activité physique chez les enfants et adolescents découle de l'utilisation de la distribution en percentile de la dépense d'énergie en kJ/kg/jour, par adaptation de la méthode Lefèvre 1990. (164. LEFEVRE J, 1990).

Pour chaque tranche d'âge comprise entre 8-16 ans, les DEJ sont classés par rapport à la médiane ce qui nous a conduit à définir qu'une DEJ située au-dessus du P50, se

réfère à des sujets actifs à l'inverse de ceux dont la DEJ se situe au-dessous du P50 (Tableau 117).

L'évaluation de l'activité physique a été classée en deux grandes catégories: les inactifs et les actifs. Compte tenu des références précédentes (130. STEPHENS T et al.1988) les inactifs ont été divisés entre très inactifs (avec une dépense d'énergie au-dessous du percentile 25) et modérément inactifs (avec une dépense d'énergie entre le percentile 25 et le percentile 50).

Les actifs ont été, de même, divisés, entre légèrement actifs (avec une dépense d'énergie entre le percentile 50 et le percentile 75), actifs (avec une dépense d'énergie entre le percentile 75 et le percentile 90) et très actifs (avec une dépense d'énergie au-dessus du percentile 90).

Percentiles	Évaluation ou catégorie
$\leq P_3$	INACTIF < 3 MET
$P_3 - P_{10}$	
$P_{10} - P_{25}$	
$P_{25} - P_{50}$	
P_{50}	MEDIANE
$P_{50} - P_{75}$	ACTIF ≥ 4 MET
$P_{75} - P_{90}$	
$P_{90} - P_{97}$	
$> P_{97}$	

Tableau 117 : Modèle de catégories des niveaux d'activités physiques, exprimés en dépense d'énergie (kJ/kg/jour) pour l'âge biologique, la condition physique et l'étude anthropométrique chez les sujets.

III.1.1.3. Quantification de l'activité physique pratiquée par les jeunes

scolarisés de la ville de Bogota

La quantification de l'activité physique exprimée en dépense d'énergie journalière (DEJ), a été évaluée soit (valeur absolue) en Mégajoules/jour, soit (valeur relative) en kilojoules rapporté au poids corporel total (kJ/kg/jour) ou au poids corporel maigre (kJ/kgmaigre/jour) ces valeurs s'analysant suivant le genre, l'âge chronologique et biologique, et le niveau socio-économique.

Valeurs absolues

La dépense d'énergie journalière moyenne (DEJ) estimée en valeur absolue (MJ/24h) est fonction de l'âge chronologique. Elle est significativement supérieure ($p = 0.000$) chez les garçons âgés de 8 ans avec une moyenne de 4.45 MJ/jour (écart type : $ET = 1.14$) versus 3.95 MJ/jour ($ET = 0.81$) chez les filles. Il en est de même à l'âge de 16 ans ($p = 0.006$) avec une moyenne de 9.72 MJ/jour ($ET = 2.47$) contre 8.82 MJ/jour ($ET = 2.25$) chez les filles. Ces résultats sont similaires à ceux de l'étude de Verschuur et al., menée sur des jeunes de 12.5 à 17.5 ans dans laquelle la DEJ chez les filles est restée sensiblement constante pour tous les groupes d'âges de 9.6 à 10.4 MJ/jour, alors que les garçons depuis 12-13 ans augmentèrent leur DEJ de 9.1 MJ/jour à 12.2 MJ/jour à 17.5 ans (196. VERSCHUUR R et al. 1985). Par ailleurs, SARIS et al. a trouvé dans un groupe d'enfants de 10 ans, une moyenne de DEJ de 9.4 MJ/jour estimée par l'enregistrement de la fréquence cardiaque (200. SARIS WHM et al. 1982, 201. BITAR A, et al. 1999). Il convient cependant de noter une exception entre 9.5 et 10.5 ans où la DEJ des filles tendent à dépasser celle des garçons. Ceci concorde avec les évidences établies par Goran, qui décrit un dimorphisme sexuel dans les changements de la DEJ avant la période de l'adolescence, dû à une économie de l'énergie chez les filles, conséquence d'une réduction marquée de la pratique de l'activité physique à partir de la puberté (194. GORAN MI et al. 1998).

Cependant, durant la croissance les filles et les garçons changent de taille, de poids et de morphologie, aussi la DEJ exprimée en fonction du poids corporel (DEJ/PC) est un bien meilleur indicateur du niveau de dépense énergétique que les valeurs absolues (196. VERSCHUUR R et al. 1985). En conséquence les unités de DEJ seront, à partir de maintenant, toujours exprimées en valeurs relatives, c'est à dire en kJ/kg/jour.

Valeurs relatives

Dans l'étude QAPACE la DEJ moyenne tous âges confondus a été 170.41 ± 39.92 (kJ/kg/jour) pour les garçons et 165.64 ± 34.26 (kJ/kg/jour) pour les filles. (Tableau 18).

Pendant la période scolaire, $DEJ = 161.45 \pm 45.96$ (kJ/kg/jour) chez les garçons et 155.52 ± 39.70 (kJ/kg/jour) pour les filles.

Durant la période de vacances, la DEJ = 199.91 ± 20.02 pour les garçons et 198.99 ± 16.36 pour les filles.

Statistiquement, la dépense d'énergie chez les garçons et les filles n'a pas présenté de différences significatives, à l'exception de l'âge de 12 ans où les garçons montrent une dépense moyenne d'énergie significativement supérieure ($p= 0.021$) à celle des filles, (respectivement : 177.59 kJ/kg/jour [ET = 40.01] vs 165.50 kJ/kg/jour [ET = 31.51]) (Tableau 22); graphiquement, on observe des différences mais non significatives en faveur des garçons. Ces résultats coïncident avec ceux de l'étude de Verschur 1985. (196. VERSCHUR et al., 1985) dans laquelle l'évolution de la moyenne de la dépense énergétique des filles et des garçons âgés de 12.5 à 17.5 ans, suit approximativement le même profil que celui observé dans notre étude, à la différence que dans cette population la dépense d'énergie des garçons dépasse celle des filles à partir de l'âge de 13 ans. (196. VERSCHUUR R et al. 1985)

La DEJ, rapportée à la masse maigre des sujets, exprime des différences significatives ($p<0.05$) seulement pour les âges de 15 et 16 ans, et ce en faveur des garçons. La DEJ (kJ/kgmaigre/jour) augmente chez les garçons jusqu'à l'âge de 16 ans alors que chez les filles, cette augmentation progressive devient négative à partir de 12 ans. Cette situation s'explique par une taille significativement supérieure ($p<0.01$) chez les garçons à partir de 14 ans, il en est de même en ce qui concerne la masse maigre, ($p<0.01$) en faveur des garçons à partir de l'âge de 14 ans. De plus les filles, après l'étape de la puberté, augmentent leur masse grasse au fur et à mesure que croît leur âge.

On observe que la DEJ moyenne commence à progressivement s'abaisser chez les filles à partir de 11 ans pour représenter à 16 ans une diminution de 2.3%. Pour les garçons cette baisse ne débute qu'à partir de l'âge de 12 ans, jusqu'à l'âge de 16 ans cette réduction de la dépense d'énergie représentant environ 3.4%. Ces valeurs concordent avec les études Amsterdam Growth Study chez les adolescents de Van Mechelen et al. en 1995 et celle de Sallis et al., en 1993, qui signalent qu'après l'âge de 11 ans la dépense d'énergie commence à diminuer. (195. VAN MECHELEN W et al. 1995, 4 SALLIS JF et al. 1993. Ces résultats sont révélateurs de l'abandon graduel de l'activité physique de la part des jeunes, spécialement après l'âge de 13 ans pour les filles et de 16 ans pour les garçons comme le démontre des études similaires menées par l'Institut canadien de la recherche sur la condition physique et le mode de vie (193.

ICRCP 2000). Les filles abandonnent plus tôt que les garçons la pratique de l'activité physique, sûrement à cause de leur participation à des activités sociales et domestiques de faible intensité physique.

D'autres études ayant évalué la DEJ de l'activité physique en fonction de l'âge lors de l'enfance et l'adolescence (197. COOKE CB et al. 1991, 202. DANIELS J et al. 1978, 203. ROWLAND T et al. 1997) afin d'analyser les différences entre enfants et adolescents et adultes, ont montré que :

Entre 7 et 12 ans, il n'y a pas de différence de coût énergétique entre les filles et les garçons.

Entre 12 et 14 ans, les filles peuvent déjà atteindre une réponse similaire à celle des adultes.

Les garçons ne parviennent pas à avoir une réponse similaire à celle des adultes avant d'être proche de la fin de l'adolescence.

Cependant, ces résultats ont été obtenus grâce à des mesures de la DEJ effectuées durant des activités de durées limitées telles le cyclisme, la marche, la course, sans que soient prises en compte, au contraire de l'étude QAPACE, les autres activités régulièrement pratiquées par les enfants pendant leur période scolaire ou de vacances.

En résumé, la comparaison de la DEJ entre les filles et les garçons a montré des valeurs significativement supérieures chez les garçons ($p < 0.05$) seulement à l'âge de 12 ans. Cependant les valeurs de la DEJ rapportées à la masse maigre sont significativement plus importante chez les garçons ($p < 0.05$ y $p < 0.01$) pour les âges de 15 et 16 ans alors que pour les autres groupes d'âges il n'y a pas de différences significatives.

La différence de DEJ entre garçons et filles s'explique par la poussée de la croissance qui se reflète dans l'augmentation de taille pour lesquels aux âges de 8, 14, 15, et 16 ans, les garçons sont significativement plus grands ($p < 0.01$) que les filles. Par ailleurs, les garçons sont plus lourds que les filles ($p < 0.01$) aux âges de 8 et 16 ans, la masse maigre des garçons étant toujours supérieure à celle des filles ($p < 0.01$). Ceci est lié au fait, qu'ils ont une quantité plus importante de masse musculaire et osseuse aux

âges de 8, 14, 15 et 16 ans. Le résultat est, qu'une fois terminée la phase pubertaire, les garçons sont plus maigres que les filles en raison de l'effet androgyne.

La dépense d'énergie vs l'âge biologique

Notre population de jeunes scolaires âgés de 8 à 16 ans n'est pas homogène car elle contient des tranches d'âges où se produisent les changements biologiques liés à la pré-puberté (8-10), la puberté (11-13) et la post-puberté (14-16 ans). C'est pourquoi il nous a paru pertinent de relier les variations de la DEJ à l'âge biologique en respectant les stades du développement sexuel tel qu'ils ont été décrit par Tanner (132. TANNER JM, 1962)

DEJ chez les garçons

La DEJ des garçons tous âges confondus, s'étale globalement d'une valeur minimale de 132.36 kJ/kg/jour à une maximale de 277.15 kJ/kg/jour. Cet intervalle témoigne d'une grande disparité interindividuelle.

Dans le groupe de garçons pré-pubères l'intervalle des DEJ, va de 132.59 kJ/kg/jour à 259.04 kJ/kg/jour, tandis que l'intervalle des dépenses d'énergie rapportées au poids maigre va de 152.43 kJ/kgmaigre/jour à 315.11 kJ/kgmaigre/jour,

Dans le groupe de garçons en phase pubertaire l'intervalle des DEJ, va de 132.36 à 273.00 kJ/kg/jour, et les DEJ rapportées à la masse maigre vont de 152.95 kJ/kgmaigre/jour à 349.15 kJ/kgmaigre/jour,

Dans le groupe de garçons en phase post-pubertaire l'intervalle des DEJ, va de 132.55 kJ/kg/jour à 277.15 kJ/kg/jour, et les DEJ rapportées au poids maigre vont de 154.11 kJ/kgmaigre/jour à 324,96 kJ/kgmaigre/jour.

Au total la comparaison des moyennes de DEJ montrent que :

La DEJ à l'âge pré-pubère (166.5 kJ/kg/jour, ET 36.48) est significativement inférieure ($p < 0.05$) à la DEJ des garçons à l'âge pubère (174,9 kJ/kg/jour, ET 42.72) cette dernière n'étant pas significativement différente ($p = 0.55$) de la DEJ des garçons à l'âge post-pubertaire (172.7 kJ/kg/jour, ET 38.46).

La DEJ, rapportée à la masse maigre des garçons, à l'âge pré-pubère (202.6 kJ/kgmaigre/jour, ET 43.97) est significativement inférieure ($p < 0.01$) à celle des garçons à l'âge de la puberté (213.9 kJ/kgmaigre/jour, ET 53.83), qui elle-même n'est pas significativement différente ($p = 0.19$) de celle des garçons à l'âge post-pubère (207.2 kJ/kgmaigre/jour, ET 46.3).

La DEJ des filles tous âges confondus, s'étale globalement d'une valeur minimale de 129.98 kJ/kg/jour à une maximale de 355.31 kJ/kg/jour. Cet intervalle témoigne là encore d'une grande disparité interindividuelle.

Dans le groupe des filles pré-pubères l'intervalle des DEJ va de 132.48 kJ/kg/jour à 261.08 kJ/kg/jour. Dans ce même groupe l'intervalle des dépenses d'énergie rapportées au poids maigre va de 156.93 kJ/kgmaigre/jour à 327.80 kJ/kgmaigre/jour.

Dans le groupe des filles en phase pubertaire, l'intervalle des DEJ va de 130.95 à 355.31 kJ/kg/jour. Dans ce même groupe l'intervalle des dépenses d'énergie rapportées au poids maigre va de 155.93 kJ/kgmaigre/jour à 435.34 kJ/kgmaigre/jour.

Dans le groupe des filles en phase post pubère l'intervalle des DEJ va de 129.98 kJ/kg/jour à 286.52 kJ/kg/jour. Dans ce même groupe l'intervalle des dépenses d'énergie rapportées au poids maigre va de de 153.39 kJ/kgmaigre/jour à 402.26 kJ/kgmaigre/jour.

Au total la comparaison des moyennes de DEJ montrent que :

La DEJ des filles pré-pubères (164.6 kJ/kg/jour, ET 33.67) n'est pas significativement différente ($p = 0.42$) de la DEJ des filles en phase pubertaire (166.7 kJ/kg/jour, ET 34.25) ni ($p = 0.76$) de celle des filles en phase post-pubertaire (165.5 kJ/kg/jour, ET 30.23).

La DEJ, rapportée à la masse maigre, des filles pré-pubère (202.5 kJ/kgmaigre/jour, ET 43.33) est significativement inférieure ($p < 0.01$) à celle des filles en phase pubertaire (212.8 kJ/kgmaigre/jour, ET 45.84) mais aussi significativement moindre ($p < 0.01$) que la DEJ des filles en phase post-pubertaire (219.8 kJ/kgmaigre/jour, ET 42.35).

À l'exception de l'étude d'Harrel et al. il n'existe pas, à notre connaissance, d'articles scientifiques qui mettent en relation la dépense d'énergie et l'âge biologique. Dans ce papier il ressort que la VO₂ et la DEJ des sujets au repos étaient supérieurs chez les garçons les plus jeunes, et diminuait, dans les deux sexes, avec l'âge et les stades pubertaires. (206. HARREL JS et al. 2005)

La dépense d'énergie vs l'âge de la ménarche

La comparaison des DEJ (DEJ rapportée au poids total et DEJ rapportée à la masse maigre), pour chaque groupe d'âge, entre les filles chez lesquelles la ménarche avait eu lieu et celles chez lesquelles la ménarche n'était pas apparue n'a pas montré de différences significatives.

Dépense d'énergie vs les variables anthropométriques

La taille, la SPC et l'IMC

Garçons

L'étude d'une éventuelle corrélation de la DEJ avec la taille, le poids, la SPC et l'IMC n'a pas montré de résultats significatifs alors que la DEJ rapportée à la masse maigre montre des corrélations significatives avec la taille à l'âge de 9 ans ($r=0.265$) et ($p<0.05$); avec la superficie corporelle à l'âge de 9 ans ($r=0.342$) et ($p<0.05$); avec l'IMC à l'âge de 9 ans ($r=0.238$) ($p<0.05$), tout comme à l'âge de 13 ans ($r=0.193$) ($p<0.05$).

Filles

Cette même analyse de la DEJ avec la taille, le poids corporel, la SPC et l'IMC n'a pas montré de résultats significatifs alors que la DEJ rapportée à la masse maigre montre des corrélations significatives : avec la taille à l'âge de 9 ans ($r=0.189$) et ($p<0.05$); avec le poids total à 9 ans ($r=0.232$) et ($p<0.05$), à 14 ans ($r=0.322$) et ($p<0.05$) et à 16 ans ($r=0.236$) et ($p<0.05$); avec la SCP à l'âge de 9 ans ($r=0.269$) et ($p<0.05$), à 14 ans ($r=0.324$) et ($p<0.05$) et à 16 ans ($r=0.220$) et ($p<0.05$); avec l'IMC à l'âge de 11 ans ($r=0.224$) et ($p<0.05$), à 14 ans ($r=0.375$) et ($p<0.05$) et à 16 ans ($r=0.252$) et ($p<0.05$)

En résumé, à l'âge de 12 ans, la DEJ des garçons est plus importante que celle des filles ($p < 0.05$), valeur qui coïncide avec la taille plus importante des garçons.

La croissance des garçons est progressive jusqu'à l'âge de 16 ans. Cette croissance progressive est directement liée à la DEJ particulièrement aux âges de 15 et 16 ans.

À partir de 13 ans, on observe chez les filles une fin de la croissance qui coïncide avec la diminution de la DEJ à cet âge.

Dépense d'énergie vs la composition corporelle

Garçons

L'étude d'une éventuelle corrélation de la DEJ avec la masse maigre, la masse grasse, le pourcentage de masse maigre et le pourcentage de masse grasse a révélé une corrélation positive significative ($p < 0.05$) uniquement à l'âge de 11 ans avec le pourcentage de masse maigre ($r = 0.217$) et une corrélation négative significative ($p < 0.05$) avec le pourcentage de masse grasse ($r = -0.222$).

la DEJ rapportée à la masse maigre a montré une corrélation positive hautement significative ($p < 0.01$), avec la masse maigre à l'âge de 9 ans ($r = 0.275$), avec la masse grasse ($p < 0.01$), à l'âge de 8 ans ($r = 0.277$), de 9 ans ($r = 0.368$) et de 13 ans ($p < 0.05$) ($r = 0.247$); avec le % de masse grasse ($p < 0.01$) à l'âge de 8 ans ($r = 0.305$) de 9 ans ($r = 0.310$) et de 13 ans ($p < 0.05$) ($r = 0.243$). Avec le % de masse maigre il est apparu une corrélation négative à l'âge de 8 ans ($r = -0.305$) et ($p < 0.01$), à de 9 ans ($r = -0.314$) ($p < 0.01$), de 12 ans ($r = -0.209$) ($p < 0.05$) et de 13 ans ($r = -0.239$) ($p < 0.05$);

Filles

L'étude d'une éventuelle corrélation de la DEJ, avec la masse maigre, la masse grasse, le pourcentage de masse maigre et le pourcentage de masse grasse n'a montré aucuns résultats significatifs.

la DEJ rapportée à la masse maigre a montré une corrélation positive significative ($p < 0.05$) avec la masse maigre à l'âge de 14 ans ($r = 0.243$), une corrélation positive hautement significative ($p < 0.01$) avec la masse grasse à l'âge de 8 ans ($r = 0.255$), de 11 ans ($r = 0.254$), de 12 ans ($r = 0.269$), de 13 ans ($r = 0.240$), de 15 ans ($r = 0.207$) et de 16

ans ($r=0.313$); avec le % de masse grasse, ($p<0.01$) à tous les âges. Une corrélation négative hautement significative est apparue avec le pourcentage de masse maigre ($p<0.01$), à l'âge de 8 ans ($r= - 0.324$), de 9 ans ($r=0.24$), 11 ($r= - 0.327$), de 12 ans ($r= - 0.302$), à de 13 ans ($r= - 0.259$), de 14 ans ($r= - 0.321$), et de 16 ans ($r= - 0.325$) et une corrélation significative ($p<0.05$) à l'âge de 10 ans ($r= - 0.20$) et à l'âge de 15 ans ($r= - 0.212$).

En résumé le poids maigre des sujets de l'étude comparé entre les filles et les garçons, a donné des différences hautement significative ($p<0.01$) en faveur des garçons aux âges de 8, 14, 15 et 16 ans. La DEJ rapportée à la masse maigre, montre chez les garçons des valeurs significativement supérieures à celles des filles aux âges de 15 et 16 ans ($p<0.01$), indiquant une relation directe de la DEJ avec la masse maigre.

Dépense d'énergie vs le somatotype

L'analyse des corrélations entre le somatotype et la dépense d'énergie, tant pour les garçons que pour les filles, ont montré les associations suivantes:

Le caractère endomorphe des garçons fut significativement inversement corrélé ($p<0.01$) avec la DEJ. Les autres composants du somatotype des garçons n'ont pas présenté de corrélations significatives avec la DEJ.

Chez les filles, la DEJ rapportée à la masse maigre montre une corrélation ($p<0.01$) avec le caractère endomorphe et une corrélation inverse avec le composant ectomorphe ($p<0.01$). D'autre part il existe une corrélation positive entre la DEJ et le caractère mésomorphe ($p<0.01$) et une corrélation inverse avec le caractère ectomorphe ($p<0.01$).

N3. Dépense d'énergie vs condition physique

L'analyse de la corrélation (Pearson) de la DEJ, en relation avec la condition physique des étudiants de Bogotá, s'est effectuée appliquant chaque un des tests de la batterie EUROFIT (Annexe n°3)

Garçons

Le test **d'équilibre Flamingo (EFL) vs la DEJ** présente une corrélation négative significative ($p < 0.05$) aux âges de 10 et 16 ans et avec la DEJ rapportée à la masse maigre la corrélation donne une valeur négative significative ($p < 0.05$) à l'âge de 10 ans.

Le test **de Frappes de plaques (FP) vs la DEJ**, présente une corrélation négative significative ($p < 0.05$) à l'âge de 14 ans, et avec la DEJ rapportée à la masse maigre, la corrélation donne une valeur négative (-0.205) significative ($p < 0.05$) à l'âge de 14 ans.

Le test **de Flexion du tronc en avant (FLT) vs la DEJ**, présente des corrélations positives hautement significatives ($p < 0.01$) pour l'âge de 14 et 16 ans et avec la DEJ rapportée à la masse maigre, la corrélation donne une valeur positive significative ($p < 0.05$) à l'âge de 14 ans et une valeur positive hautement significative ($p < 0.01$) à l'âge de 16 ans.

Le test de **saut en longueur (SLO) vs la DEJ**, en tenant compte du poids corporel total n'a présenté aucune corrélation. Au contraire, avec la DEJ rapportée à la masse maigre il y a une corrélation négative significative ($p < 0.05$) seulement à l'âge de 12 ans.

Le test de **Dynamométrie manuelle (DYM) vs la DEJ**, présente une corrélation négative hautement significative ($p < 0.01$) à l'âge de 15 ans et avec la DEJ rapportée à la masse maigre la corrélation a donné une valeur négative significative ($p < 0.05$) au même âge.

Le test de **Redressement station assise (RSA) vs les DEJ** total et maigre, n'ont pas révélé de corrélation.

Le test de **Suspension bras fléchis (SBF) vs la DEJ**, il n'y a pas de corrélation, mais avec la DEJ rapportée à la masse maigre, la corrélation donne une valeur négative significative ($p < 0.05$) à l'âge de 10 ans.

Le test de **Course Navette (CNA) vs la DEJ**, il n'y a aucune corrélation.

Le test de **Course Navette Endurance (CNE) vs la DEJ** présente une corrélation positive hautement significative ($p < 0.01$) aux âges de 10 et 11 ans, et avec la DEJ

rapportée à la masse maigre, la corrélation donne une valeur positive hautement significative ($p < 0.01$) à l'âge de 10 ans.

Filles

Le test **d'équilibre Flamingo (EFL) vs la DEJ** présente des corrélations négatives significatives ($p < 0.05$) aux âges de 13 et 14 ans

Le test de **Frappes de plaques (FP) vs la DEJ**, il n'y a aucune corrélation.

Le test de **Flexion de tronc avant (FLT) vs la DEJ** présente une corrélation positive significative ($p < 0.05$) aux âges de 10 et 16 ans et hautement significative ($p < 0.01$) à 14 ans et avec la DEJ rapportée à la masse maigre la corrélation est significative ($p < 0.05$) à l'âge de 10 et 14 ans.

Le test de **saut en longueur (SLO) vs la DEJ**, en tenant compte du poids corporel total a présente une corrélation positive significative ($p < 0.05$) à l'âge de 16 ans. Au contraire, avec le poids maigre il n'y a aucune corrélation.

Le test de **Dynamométrie manuelle (DYM) vs la DEJ** présente une corrélation négative significative ($p < 0.05$) à l'âge de 10 ans, et une autre positive significative ($p < 0.05$) à 14 ans.

Le test de **Redressement station assise (RSA) vs la DEJ**, présente une corrélation négative hautement significative ($p < 0.01$) aux âges de 11 et 14 ans, et avec la DEJ rapportée à la masse la corrélation est significativement négative ($p < 0.01$) à l'âge de 14 ans.

Le test de **Suspension bras fléchis (SBF) vs la DEJ**, présente une corrélation positive significative ($p < 0.05$) à l'âge de 8 ans, et avec la DEJ rapportée à la masse maigre, la corrélation donne une valeur significative négative ($p < 0.05$) à l'âge de 14 ans.

Le test de **Course Navette (CNA) vs la DEJ**, en tenant compte du poids corporel total a présenté une corrélation négative hautement significative ($p < 0.01$) aux âges de 14 et 16 ans, et avec la DEJ rapportée à la masse maigre la corrélation donne une valeur négative hautement significative ($p < 0.01$) à l'âge de 14 ans, et à 16 ans.

Le test de **Course Navette Endurance (CNE) vs la DEJ** ne présente pas de corrélation significative.

En résumé il existe une association entre la dépense d'énergie quotidienne et des capacités motrices telles que l'habileté, la coordination motrice, la rapidité et l'endurance aérobie.

Aspects sociologiques

Analyse des activités physiques les plus pratiquées par les élèves de l'étude.

La quantification de l'activité physique en heures dans l'étude QAPACE, selon les 13 catégories décrites dans le Tableau 11 montre que la part du sommeil représente 57.73 ± 6.32 heures/semaine.

Par ailleurs, 2.95 ± 0.93 heures/semaine sont consacrées à la toilette 7.97 ± 2.63 heures/semaine aux repas ; 4.55 ± 1.34 heures/semaine à la marche ; 4.81 ± 1.24 heures/semaine à l'utilisation des moyens de transport (voiture ou bus) comme l'aller et/ou le retour de l'école ; 35.06 ± 5.29 heures/semaine au travail de classe ; 2.2 ± 0.51 heures/semaine à la classe de gymnastique ; 1.81 ± 0.80 heures/semaine à autres activités scolaires ; 18.45 ± 14.4 heures/semaine à des activités extrascolaires ; 1.76 ± 1.89 heures/jour à des activités religieuses ; 4.78 ± 3.58 heures/semaine à des activités artistiques personnelles extrascolaires ; 6.43 ± 3.51 heures/semaine à la pratique d'un sport de compétition ; 3.44 ± 3.06 heures/semaine à des activités domestiques.

Pour plus de précision concernant différentes activités au sein des catégories, on peut se référer à :

Catégorie 7, « autres activités à l'école » (Figure 46). On note que 52% des étudiants pratiquent une activité hors programme scolaire, les plus fréquentes étaient la danse folklorique, le football, les arts plastiques, courir, faire partie des majorettes, regarder la TV, jouer de la guitare, chanter, faire partie d'un groupe de théâtre, travailler à l'ordinateur ou l'Internet etc.

Catégorie 11, « activités artistiques personnelles extrascolaires », (Figure 47) les préférées par les élèves sont : la guitare, la flûte, l'accordéon, la batterie, la trompette, le

piano et /ou orgue, le violon, le violoncelle, le trombone, et autres activités comme chanter, faire du théâtre, jouer du tambour, arts plastiques, etc.

Catégorie 12, « sports de compétition » les sports les plus pratiqués tant à l'entraînement qu'en compétition furent : le football, courir, le cyclisme, etc,

Catégorie 8, « activités en dehors de l'école » (Figure 48) : jouer au football, monter en bicyclette, marcher, lire, danser, nager, écouter de la musique, faire des travaux manuels, patiner en ligne, basket-ball, courir, squash, gymnastique, billard, sports de combat, tennis, tennis de table, le théâtre, etc. Il faut souligner que les enfants consacrent 4,2 heures par jour à regarder la TV.

En consultant la littérature internationale se référant aux activités favorites des enfants et adolescents, il apparaît que dans la première décennie de la vie (6-10 ans), les activités physiques sont plutôt spontanées et non organisées. Pour les plus jeunes, ces activités sont de courte durée mais de fortes intensités. Au contraire, les enfants un peu plus grands et les adolescents s'orientent vers des activités mieux organisés et des mouvements naturels plus prolongés, la majorité des activités de très haute intensité ne durant pas plus de 3 secondes. (209. BAYLEY RC et al. 1995)

Dans la deuxième décennie (10 à 14 ans), les activités les plus fréquentes pour les jeunes canadiens ont été le cyclisme pour les garçons et la natation pour les filles ; pour la tranche d'âge de 15-19 ans le cyclisme était le plus populaire parmi les garçons et la marche à pied pour les filles. (130. STEPHENS et al. 1990). Les activités spontanés, les plus fréquemment pratiqués par les enfants canadiens en dehors des devoirs scolaires étaient: escalader, sauter, nager, patiner, courir et faire du vélo. Quant aux activités dirigées, elles incluaient, la marche à pied, les jeux d'enfants, jeux de ballon et la randonnée à bicyclette. (207. RUSSEL SJ et al. 1992)

En France, les jeunes de 15 à 24 ans pratiquent en moyenne quatre sports par personne ; les sports les plus pratiqués par les garçons sont dans l'ordre : le football, la natation, le vélo puis le footing et enfin le tennis. Pour les filles, les pratiques sont concentrées dans cinq disciplines : la natation, la marche, le vélo, le footing et enfin la gymnastique. (208. Ministère des Sports et INSEP, 2002)

Il convient d'insister sur l'influence de l'environnement, sur les modes de pratique des activités physiques des enfants et adolescents de Bogotá. En effet à l'altitude de cette ville il n'existe que deux saisons comprenant deux périodes de pluies et deux d'ensoleillement, ce qui facilite la pratique des activités de plein air. En outre, les températures moyennes se maintiennent entre 10 et 22 degrés Celsius durant toute l'année malgré l'altitude de 2660 m. A l'inverse dans les pays où existent quatre saisons, à l'occasion desquelles, lors de l'hiver, le temps de lumière diminue et les températures peuvent descendre en dessous de 0 degrés Celsius rendant un certain nombre installations sportives impraticables. (210. SHEPHARD RJ et al. 1980, 211. BLANCHARD S, 1987)

Enfants actifs vs inactifs

En assumant que le Compendium d'activités physiques de Ainsworth et al est un instrument fiable pour estimer la DEJ chez les enfants et adolescents entre 8 et 18 ans (206. HARREL JS et al. 2005) et d'après le même paramètre, « suffisamment actif » décrit antérieurement, les résultats de l'étude QAPACE a donné des valeurs d'inactivité physique pour les enfants de 8-16 ans (51% pour les garçons et 61% pour les filles). Ces résultats sont proches de ceux du « sondage indicateur de l'activité physique en 2000 » effectué par l'institut Canadien de la Recherche (ICRCP) révélant que plus de la moitié des enfants et des jeunes canadiens de 7 à 17 ans ne pratiquaient pas suffisamment d'activité physique (garçons 52% et filles 62%) permettant d'obtenir une croissance et un développement optimales. Dans le cadre de cette étude, « réaliser suffisamment d'activité physique » signifiait dépenser une quantité d'énergie correspondant au moins à huit kilocalories par kilogramme de poids corporel par jour (8kJ/kg/jour) ou 33.5 kJ/kg/jour (193. ICRCP, 2000). Cette différence entre les sexes se manifestait chez les enfants de 5 à 12 ans, mais aussi chez les adolescents.

Pour les enfants de 5 à 12 ans, 53% des garçons et 44% des filles étaient considérés suffisamment actifs et en ce qui concerne les adolescents de 13 à 17 ans, seuls 40% des garçons et 30% des filles l'étaient.

Pratique des activités physiques et niveau socio-économique

Le niveau socio-économique a été introduit dans l'étude QAPACE comme facteur déterminant de la pratique de l'activité physique au moment où des articles de la

littérature internationale suggèrent que les jeunes de bas niveaux socioéconomiques subissent un désavantage lorsqu'il s'agit de participer aux programmes d'activité physiques. (1. AARON DJ et al. 1993, 199. CASPERSEN CJ et al. 1998)

Rappelons que la ville de Bogota est découpée en 6 zones (strates) officielles, géographiquement définies en fonction du niveau social des habitants en allant des plus démunis (niveau 1) aux plus riches (niveau 6), comme représenté dans la Figure 4. Le niveau de l'habitat, le prix des loyers et des services (transports, téléphone, gaz et électricité ...) varient parallèlement ainsi que leur qualité. Pour simplifier trois niveaux ont été définis regroupant les zones deux par deux (le niveau 1 regroupant les zones 1 & 2 etc ...). Le niveau socio-économique a ainsi servi à décrire les modalités de la dépense d'énergie dans les 13 catégories d'activité physiques du questionnaire QAPACE, en relation avec l'âge et le sexe des élèves.

Ainsi, a-t-il été constaté que la moyenne de la dépense d'énergie chez les sujets des niveaux 1 et 2 est similaire (166.83 kJ/kg/jour y 165.58 kJ/kg/jour respectivement) alors que celle de ceux appartenant au niveau socio- économique 3 est largement supérieure (193.37 kJ/kg/jour). (Tableaux 27 - 30 ; Figure 11, Figure 12).

Ces résultats s'expliquent par le fait que dans les écoles de niveau socioéconomique élevé, les horaires de présence dans les institutions sont plus élevés que dans les écoles de niveau plus faibles, par conséquent ils disposent de plus d'heures de cours d'éducation physique, de formation aux sports, d'entraînement sportif et autres activités culturelles.

Nous avons aussi constaté que chez la plupart des filles les changements pubertaires s'accompagnent d'une réduction de l'activité physique et, en conséquence, de leur condition physique. Cette situation peut être la conséquence de changements biologiques comme par exemple, l'augmentation de l'adiposité, l'élargissement du bassin, une sensation d'inconfort avant et après la menstruation tout comme une diminution de l'hémoglobine (67. BAR-OR O, 1999). Elle peut aussi trouver son origine dans des facteurs psychosociaux, la maturité, faisant que les filles deviennent plus réceptives aux choses extérieures qu'à la pratique d'une activité sportive, avec, en plus, une tendance à croire que « le succès sportif nécessite la masculinité » (205. BUTCHER J 1983).

En outre, les élèves de Bogotá à la sortie des écoles, en plus de leurs devoirs de classe, doivent aider aux activités domestiques (Catégorie 13, « activités domestiques » : 3.1 heures par jour) comme garder les enfants, effectuer de multiples travaux à la maison, cuisiner, jardiner, faire la vaisselle, laver la voiture, passer l'aspirateur, passer la serpillière, repasser, balayer, laver le chien parfois même se transformer en vendeur ambulancier, etc ... Evidemment, ces contraintes sont d'autant plus fortes que le niveau social est bas et amputent largement le temps disponible pour la pratique d'activités physiques autres que celles que réclament les travaux domestiques.

IV. Conclusion

L'étude « *Quantification de l'activité physique en altitude chez les enfants et adolescents scolarisés de Bogota (QAPACE)* » correspond à une enquête épidémiologique descriptive.

La démarche avait pour objectif d'identifier la part de la dépense énergétique liée à l'activité physique d'enfants et adolescents scolarisés résidents dans la ville de Bogota située en Colombie sur un plateau situé à 2640 m d'altitude. Cette cité possède la particularité d'être stratifiée en six zones géographiquement déterminée et classées de 1 à 6 en fonction du statut socio-économique des résidents, allant du plus pauvre au plus riche.

La population d'étude était constituée d'un échantillon comprenant plus de 2160 jeunes élèves âgés de 8 à 16 ans des deux sexes issus d'écoles situées dans les différentes zones précitées.

Le nombre d'écoles de même que celui des filles et des garçons composant l'échantillon respecte proportionnellement la densité respective de la population de chacun des niveaux scolaires classés de 1 à 9 et de chacune des six zones socio-économique.

Il s'agit d'un échantillonnage en grappes randomisées à deux niveaux, les établissements scolaires puis les classes à l'intérieur des établissements sélectionnés, ayant été sélectionnés par tirage au sort informatisé. Cette approche donne une très bonne représentativité des résultats obtenus.

La démarche a consisté en la mise au point d'un questionnaire analytique (QAPACE) permettant de quantifier le temps occupé par les diverses activités de la vie quotidienne des sujets et prenant en compte les périodes scolaires et de vacances. Les réponses sont apportées par les élèves pendant les heures de classe et sous le contrôle d'un superviseur.

Ce questionnaire faisant appel aux capacités de mémorisation des individus, sa reproductibilité, sa compréhension et sa pertinence ont été correctement validées à partir d'études pilotes préalables à l'étude générale.

La mise en œuvre de l'enquête a aussi nécessité la formation des nombreux personnels d'encadrement participant à cette étude ainsi que l'élaboration d'un guide destiné à les aider dans leur tâche.

Dans un deuxième temps, le coût énergétique des activités ainsi identifiées a été évalué en se rapportant à la table d'équivalence établie par Ainsworth BE (*Compendium of physical Activities: an update of activity codes and MET intensities. Med. Sci. Sports Exerc., vol. 32, No. 9, Suppl. pp. S498-s516, 2000*). La quantification de la dépense d'énergie étant exprimée en kilojoule (kJ).

Les résultats ont été reliés à l'âge chronologique et biologique des sujets, à leurs caractéristiques anthropométriques, à leurs capacités physiques et à leurs niveaux socio-économiques.

En effet, outre les réponses au questionnaire, de nombreux autres paramètres ont été collectés : de type anthropométrique (poids, taille, plis cutanés, diamètres corporels débouchant sur la détermination de l'IMC, de la composition corporelle en masse maigre et masse grasse, des caractères somatomorphes), cliniques (examen médical, évaluation des stades pubertaires par la méthode de Tanner) ou encore physiologiques (mesure indirecte de la VO₂max ; estimation de la condition physique par la batterie EUROFIT) permettant de tenir compte des âges et des processus de croissance.

IV.1. Principaux résultats

IV.1.1. Données anthropométrique :

La taille varie avec l'âge, le pic de croissance se produisant à 14 ans chez les garçons et à 12,5 ans chez les filles. Dans les deux cas la distribution en percentile montre des valeurs inférieures à celles rapportée dans les tables de l'*Institut colombien pour le bien-être familial* (ICBF).

Concernant le poids et la composition corporelle, on observe au cours de la croissance, chez les filles, une augmentation du pourcentage de la masse grasse contrairement aux garçons qui, la puberté terminée, présentent un pourcentage de masse maigre supérieure à celui des filles. Ce constat se retrouve dans les valeurs de l'IMC et

dans les caractères du somatotype le premier indice étant plus élevé chez les filles dont le caractère endomorphe est plus prononcé que chez les garçons.

Le début de la puberté dans les deux sexes est d'apparition précoce respectivement 11 ans chez les garçons et 9,5 ans chez les filles la ménarche étant survenue chez 75% des filles avant l'âge de 13 ans.

IV.1.2. Etude de la DEJ

La Dépense d'énergie journalière (DEJ) moyenne, tous âges confondus, a été 170.41 ± 39.92 (kJ/kg/jour) pour les garçons et 165.64 ± 34.26 (kJ/kg/jour) pour les filles. (Tableau 18).

la DEJ est nettement plus élevée durant la période de vacances, (199.91 kJ/kg/jour ± 20.02 pour les garçons et 198.99 kJ/kg/jour ± 16.36 pour les filles.) que pendant la période scolaire, DEJ = (161.45 kJ/kg/jour ± 45.96 chez les garçons et 155.52 kJ/kg/jour ± 39.70 pour les filles). Statistiquement, la dépense d'énergie chez les garçons et les filles n'a pas présenté de différences significatives

On observe que la DEJ moyenne commence à progressivement s'abaisser chez les filles à partir de 11 ans pour représenter à 16 ans une diminution de 2.3%. Pour les garçons cette baisse ne débute qu'à partir de l'âge de 12 ans, jusqu'à l'âge de 16 ans cette réduction de la dépense d'énergie représentant environ 3.43%.coïncident avec la baisse des capacités aérobie (VO₂pic).

Cependant, rapportée à la masse maigre la DEJ (kJ/kgmaigre/jour) continue d'augmenter chez les garçons jusqu'à l'âge de 16 ans alors que chez les filles, l'évolution devient négative à partir de 12 ans, la différence devenant significative aux âges de 15 et 16 ans.

IV.1.3. Actifs /inactifs

L'étude met en évidence que 51% des garçons et 61% des filles sont physiquement inactifs selon la définition donnée par l'auteur.

L'étude de validation a confirmé la bonne corrélation existant, en situation d'altitude élevée, entre les mesures de la capacité aérobie (VO₂pic) réalisées selon une méthode

directe au cours d'une épreuve d'effort sur cyclo- ergomètre et une méthode indirecte (test de Léger) sur le terrain.

Les résultats des tests EUROFIT montre qu'il existe une association entre la capacité aérobie et la dépense journalière d'énergie liée à l'activité physique. La même association existe avec les qualités de vitesse et de coordination motrice sans que l'on puisse déterminer où est la cause et où est l'effet.

Analyse des activités

Les réponses au questionnaire QAPACE révèle qu'en moyenne, les 168 heures de la semaine sont occupées pour près de 36% par le sommeil, 22% étant consacré au travail de classe, 22% à des activités scolaires et extrascolaires dont certaines sportives dans une proportion très variable, 4% à des travaux domestiques, 13% à des activités diverses (toilette, repas, transport) et 3% à regarder la télévision.

Cependant il existe une grande variabilité interindividuelle qui répond pour une part aux différences socio-économiques et culturelles. Ainsi, quel que soit l'âge, la dépense énergétique journalière des jeunes fréquentant les écoles situées dans les zones les plus riches de Bogota est constamment plus élevée, que la DEJ de ceux vivant dans les quartiers moins privilégiés. En effet, les élèves issus des établissements richement dotés ont à leur disposition, aussi bien dans leur établissement scolaire que dans leur proche environnement au sein de club privés, du temps et des installations qui leur permettent de pratiquer de nombreuses activités physique et sportives. Quant aux filles elles sont certainement peu concernées par les contraintes domestiques qui occupent leurs congénères issus des milieux pauvres.

IV.2. Au total

Cette recherche a abouti à la mise au point d'un questionnaire, dont la valeur est maintenant reconnue au plan international, permettant d'évaluer le niveau moyen de dépense énergétique quotidienne de jeunes enfants et adolescents, dont une part est liée à l'activité physique.

Elle a aussi débouché sur une analyse descriptive de ces mêmes activités en tenant compte du sexe, des modifications anthropométriques et physiologiques liées à la

croissance ainsi que des différences de niveaux socio-économiques des sujets ayant participé à l'étude.

Enfin, l'ensemble représente un fond considérable de données qui forment une source exploitable et disponible pour un traitement statistique puissant de type multifactoriel permettant d'analyser de façon optimale l'influence des facteurs socioéconomiques sur l'ensemble des paramètres recueillis dans cette étude.

V. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. AARON DJ, KRISKA AM, DEARWATER SR, ANDERSON RL, OLSEN TL, CAULEY JA, et al. The epidemiology of leisure physical activity in an adolescent population. *Med Sci Sports Exerc* 1993; 25(7):847-853.
2. POLS MA, PEETERS PH, OCKE MC, BUENO-DE-MESQUITA HB, SLIMANI N, KEMPER HC, et al. Relative validity and repeatability of a new questionnaire on physical activity. *Prev Med* 1997; 26(1):37-43
3. POLS MA, PEETERS PH, OCKE MC, SLIMANI N, BUENO-DE-MESQUITA HB, COLLETTE HJ. Estimation of reproducibility and relative validity of the questions included in the EPIC Physical Activity Questionnaire. *Int J Epidemiol* 1997;26(1):S181-189
4. SALLIS JF, BUONO MJ, ROBY JJ, MICALÉ FG, NELSON JA. Seven-day recall and other physical activity self-reports in children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 1993; 25(1):99-108
5. RIDDOCH, C. J., et al., Physical Activity Levels and Patterns of 9- and 15-yr-Old European Children. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 36, No. 1, pp. 86–92, 2004.
6. GILLIS L. et al., Research priorities for child and adolescent physical activity and sedentary behaviours: an international perspective using a twin-panel Delphi procedure. Gillis et al. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 2013, 10:112)
7. MINEPS III. Rapport Final. Troisième Conférence internationale des ministres et hautes fonctionnaires responsables de l'éducation physique et du sport. *UNESCO*, Punta del Este, Uruguay 1999.

8. AINSWORTH BE, HASKELL WL, MC WHITT, ML IRWIN, AM SWARTZ, SJ STRATH, WL O'BRIEN, DR BASSET, JR, KH SCHMITZ, PO EMLAINCOURT, DR JACOBS, JR, AND AS LEON. Compendium of physical Activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med. Sci. Sports Exerc.*, vol. 32, No. 9, Suppl. pp. S498-s516, 2000.
9. SPURR GB & PRENTICE AM, MURGATROYD PR, GOLDBERG GR, REINA JC & CHRISTMAN NT. Energy expenditure from minute-by-minute heart rate recording: comparison with indirect calorimetry. *Am. J. Clin. Nutr.* (1988) 48, 552-559.
10. SPURR GB & JC REINA. Energy expenditure/basal metabolic rate ratios in normal and marginally undernourished Colombian children 6-16 years of age. *European Journal of Clinical Nutrition* (1989) 43, 515-527.
11. JAUREGUI G, ORDOÑEZ N. (1993) Aptitud Física, Pruebas estandarizadas en Colombia: Perfil morfológico, funcional y motor del escolar colombiano. Coldeportes, Bogotá.
12. MAHLER H, Vida Sana: Todo Mundo Gana. *Boletín OMS*. Ginebra, Enero-Febrero 1986.
13. OMS. CDC. Centro Colaborador de la Actividad Física y la Promoción de la Salud. "Promoción de la Actividad Física: la mejor inversión en Salud Pública. 2000.
14. U.S. Department of Health and Human Services. 1996. Physical Activity and Health: A report of the Surgeon General. Atlanta, GA: U.S. *Department of Health and Human Services*, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion.

15. AKERBLOM HK, VIKARI J, RAITAKARI OT, UHARI M (1999) Cardiovascular risk in Young, Finns Study: general outline and recent developments. *Ann. Med.* 31 (suppl 1) : 45-54.
16. ANDERSEN LB, HARALDSDOTTIR J (1993) Tracking of Cardiovascular disease risk factors including maximal oxygen uptake and physical activity from late teenage to adulthood. An 8-year follow-up study. *J. Int. Med.* 234: 309-315.
17. ANDERSEN LB (1996) Tracking of risk factors for coronary heart disease from adolescence to young adulthood with special emphasis on physical activity and fitness. A longitudinal study. *Dan. Med. Bull.* 43:407-412.
18. ARMSTRONG N, WILLIAMS J, BALDING J, GENTLE P, KIRBY B. (1991) Cardiopulmonary fitness, physical activity patterns, and selected coronary risk factor variables in 11 to 16 years old. *Pediatr. Exerc. Sci.*3: 219-228.
19. BLAIR SN, KOHL HW, PAFFENBARGER RSJR, CLARK DG, COOPER KH, (1989) Physical fitness and all-cause mortality: a prospective study of healthy men and women. *J. Am. Med. Assoc.* 262: 2395-2401
20. ANDERSEN LB, SCHNOHR P, SCHROLL M, et al. (2001) Physical Activity and Mortality: between Men and Women. *Clin.J.Sport Med.* Vol.1 No.2 pp128.
21. PAFFENBARGER R.S, JR, HYDE RT, WING AL, HSIEH C (1986) Physical activity, all cause mortality, and longevity of college alumni. *New Eng J. Med.* 314:605-613.
22. FIELDING JE (1995), Smoking: Health effects and control, *The New Eng J. Med.* , 313 (8):.

23. KSIR CH, SHANK M, KRAEMER W, NOBLE B, Effects of chewing tobacco on heart rate and blood pressure during exercise. *J. Sport Med.* 26, 1996.
24. ROMELSJÖ A, LEIFMAN A. Association between alcohol consumption and mortality, myocardial infarction and stroke in 25 year follow up of 49.618 young Swedish men. *B.M.J.* Vol. 319, 25, Sept. 1999.
25. CRAIG SB, BANDINI LG, LICHTENSTEIN AH, SCHAEFER EJ, DIETZ WH (1996) The impact of physical activity on lipids, lipoproteins, and blood pressure in preadolescent girls. *Pediatrics* 98:389-395.
26. FRASER GE, PHILLIPS RL, HARRIS R (1983) Physical fitness and blood pressure in school children. *Circulation* 67(2): 405-412.
27. HANSEN HS, FROBERG K, HYLDEBRANDT N, NIELSEN JR (1991b) A controlled study of eight months of physical training and reduction of blood pressure in children. The Odense Schoolchild study. *Brit. Med. J.* 303:682-685
28. KAVEY RE et al. Cardiovascular Risk Reduction in High-Risk Pediatric Patients. *Circulation.* 2006;114:2710-2738.
29. BANDINI LG, SCHOLLER DA, DIETZ WH (1990) Energy expenditure in obese and nonobese adolescents. *Pediatr.Res.* 27:198-203.
30. BAR-OR O, BARANOWSKI T (1994) Physical activity, adiposity and obesity among adolescents. *Pediatr. Exerc Sci* 6:348-360.
31. JIMÉNEZ-PAVÓN D, ELLY J, and. REILLY J J Associations between objectively measured habitual physical activity and adiposity in children and adolescents: Systematic

review. *International Journal of Pediatric Obesity*. Volume 5, Issue 1, pages 3–18, January 2010.

32. KIELING C, BAKER-HENNINGHAM H, BELFER M, CONTI G, ERTEM I, OMIGBODUN O, ROHDE LA, SRINATH S, ULKUER N, RAHMAN A. Child and adolescent mental health worldwide: evidence for action. Volume 378, Issue 9801, 22–28 October 2011, Pages 1515–1525
33. DESPRES JP, BOUCHARD C, MALINA MR, (1990) Physical activity and coronary heart disease risk factors during childhood and adolescence. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 18 :243- 261. 34)
34. ANDERSEN LB, RIDDOCH C, KRIEMLER S, HILLS A. Physical activity and cardiovascular risk factors in children. *Br J Sports Med* 2011 ;**45**:871-876.
35. HAGBERG JM, EHSANI AA, GOLDRING D, HERNANDEZ A, SINACORE DR, HOLLOSZY JO (1984) Effect of weigh training on blood pressure and hemodynamics in hypertensive adolescents. *J.Pediatr.*104 :147-151.
36. MAGNUSEN CG, SMITH KJ, JUONALA M. What the Long Term Cohort Studies that Began in Childhood Have Taught Us about the Origins of Coronary Heart Disease. *Current Cardiovascular Risk Reports* January 2014, 8:373
37. KRISKA A.M, BENNET PH, (1992). An epidemiological perspective of the relationship between physical activity and NIDDM: from activity assessment to intervention. *Diabetes metab. Rev.* 8:355-372.
38. BASS S. PEARCE G, BRADNEY M, HENDRICH E, DELMAS PD, HARDING A, SEEMAN E. (1998) Exercise before puberty may Confer residual benefits in bone density

- in adulthood: Studies in active prepubertal and retired female gymnast. *J Bone and Miner. Res.* 13:500-507.
39. BLIMKIE CJR, CHILIBECK PD, DAVISON KS (1996) Bone mineralization patterns: reproductive endocrine, calcium, and physical activity influences during the life span. In: Bar Or O, Lamb DR, Clarson PM (eds) *Exercise and the Female – A Life Span Approach*. Cooper, Carmel, IN, pp 73–145.
40. FAULKNER RA, HOUSTON CS, BAILEY DA, DRINKWATER DT, MCKAY HA, WILKINSON AA (1993) Comparison of bone mineral content and bone mineral density between dominant and nondominant limbs in children 8-16 years of age. *Am.J.Hum.Biol.* 5:491-499.
41. KHAN KM, HOPPER JL, FLICKER L, NOWSON CA, SHERWIN AJ, CRICHTON KJ, HARCOURT PR, WARK JD (1998) Self-reported mineral density in later life. *Osteoporos. Int.* 8 :165-173.
42. DUVALLET A. Utilisation de grilles d'activités : méthode, indications et limites. Simulation en laboratoire de séquences d'activités physiques. In : Nutrition et sport, H. Monod (Ed.) Paris : Masson, 1990 pp 9-17
43. WILMORE JH, & DL COSTILL. Physiology du Sport et de L'Exercice. (Eds.) DeBoeck Université, pp. 736 Paris, 2002
44. HALSEY LG, SHEPARD E, WILSON RP. Assessing the development and application of the accelerometry technique for estimating energy expenditure. *Comparative Biochemistry and Physiology*. Volume 158, Issue 3, March 2011, Pages 305–314.

45. SHEPHARD R, AOYAGI Y. Measurement of human energy expenditure, with particular reference to field studies: an historical perspective. *European Journal of Applied Physiology*. August 2012, Volume 112, Issue 8, pp 2785-2815
46. PERKINS JF. (1964) Historical development of respiratory physiology . In WO Fenn and H Rahn (Eds.) *Handbook of physiology : Sect. 3. Respiration : Vol. 1*. Washington, DC : American Physiological Society.
47. FENN WO, AND RAHN H. (Eds) 1964. *Handbook of physiology : Sect. 3. Respiration : Vol. 1*. Washington, DC : American Physiological Society.
48. ZUNTZ N. & HAGEMANN O. (1898) *Unters chungen ber den Stroffwechsel des Peferdes bei Rube und Arbeit* (p. 438), Berlin : Parey.
49. ATWATER WO AND BENEDICT FG. 1903. *Experiments on the metabolism of matter and energy in the human body, 1900-1902*. U.S. Department of Agriculture Office of Experiment Stations : Bulletin 136). Washington, D.C : U.S. Government Printing Office.
50. PEARL R. *Studies in human biology*. Baltimore : Williams & Wikins, Chap 11. 1924
51. LEHMANN G. *Praktische Arbeitsphysiologie*. Stuttgart : Thieme, 1953.
52. CHRISTENSEN EH, *Symposium on Fatigue*. London : Lewis, 1953. Brouha L. *Physiology in Industry* . London. Pergamon, 1960
53. EDHOLM OG, FLETCHER JG, WIDDOWSON EM AND MCCANCE RA. The energy expenditure and food intake of individual men: *Brit. J. Nutr.*, 9, 1955, 286-300.
54. WEB P. 1980. The measurement of energy exchange in man : An analysis. *American Journal of Clinical Nutrition*, 33, 1299-1310.

55. ACHESON KJ, CAMPBELL IT, EDHOLM OG, LILLER DS, STOCJ MJ. The measurement of daily energy expenditure. A evaluation of some techniques. *Am. J. Clin. Nutr.*, 33, 1980, 1155-1164.
56. MALINA RM & C. BOUCHARD. Growth maturation and physical activity. Ed. Human Kinetics books, Champaign, pp 501, 1991. Bar-Or O. The Child and Adolescent Athlete. Vol. VI of the Enciclopaedia of Sports Medicine. Ed. Blackwell Science, Oxford, pp 691, 1996.
57. BAR-OR O. The Child and Adolescent Athlete. Vol. VI of the Enciclopaedia of Sports Medicine. Ed. Blackwell Science, Oxford, pp 691, 1996.
58. LONGMUIR PE, BROTHERS JA, de FERRANTI SD, HAYMAN LL, George F. Van HARE GF, MATHERNE GP, DAVIS CK, JOY EA and BMcCRINDLE BW. Promotion of Physical Activity for Children and Adults With Congenital Heart Disease: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*. 2013;127:2147-2159.
59. BROOKE HL, CORDER K, GRIFFIN SJ, VAN SLUIJS EMF. Physical Activity Maintenance in the Transition to Adolescence: A Longitudinal Study of the Roles of Sport and Lifestyle Activities in British Youth. *PLOS ONE*, February 2014, Volume 9, Issue 2.
60. CASPERSEN CJ, KE POWEL and GM CRISTIANSEN. Physical Activity, exercise and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep*. 126-131, 1985
61. MONTOYE HJ, HCG KEMPER, WHM SARIS and RA WASHBURN. Measuring physical Activity and energy expenditure. Champaign. E. Human Kinetics, 1996, p 191.

62. BOUCHARD, C. Genetics of aerobic power and capacity. In RM Malina & C. Bouchard (Eds.) *Sports and human genetics* (pp. 59-88) : Champaign, IL : Human Kinetics, 1986.
63. BOUCHARD C, BOULAY MR, SIMONEAU JA, LORTIE G & PERUSSE L, Heredity and trainability of aerobic and anaerobic performance : An update. *Sports Medicine*, 5, 69-73, 1988.
64. LEON AS, JACOBS DR JR., DEBACKER G, & TAYLOR HL : Relationship of physical characteristics and life habits to treadmill exercise capacity. *American Journal of Epidemiology*, 113, 653-660, 1981.
65. VERSCHUUR R, and HCG KEMPER. Habitual physical activity. *Med. Sport Sci.*, vol. 20, pp. 56-65. E. Karger, Basel, 1985.
66. PRENTICE A.M., LUCAS A., DAVIES P.S.W., WHITEHEAD R.G. (1988). Are current guidelines for young children a prescription for overfeeding? *Lancet* **ii**, 1067-1069
67. BAR-OR, O. (1999) Physical Activity and Health In Children and Adolescents, McMaster University. Prepared for the *CSEP and health Canada Guidelines*, Hamilton.
68. BULLEN BA, REED RB, & MEYER J. Physical activity of obese and non-obese adolescent girls appraised by motion picture sampling. *Am. J. of Clin. Nutrition*. 14, 211-223.
69. BARANOWSKY T, DWORKIN RJ, CIESLIK CJ, HOOKS P, CLEARMAN DR, RAY L, CUNN JK, & NADER PR. Reliability and validity of self report of aerobic activity: Family health project. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 55, 309-317. 1984.
70. HASKELL WL, AS LEON, CJ CASPERSEN, VF FROEHLICHER, JM HAGBERG, W. HARLAN, JO HOLLOSZY , JG REGENSTEINER, PD THOMPSON, RA WASHBURN

- & PWF WILSON. Cardiovascular benefits and assessment of physical activity and physical fitness in adults. *Med.Sci.Sports Exerc.* Vol. 24, Suppl., pp. S201-S220, 1992.
71. LEENDERS JM, SHERMAN M, NAGARAJA, & KIEN C. Evaluation of methods to assess physical activity in free-living conditions. *Med.Sci.Sports Exerc.* Vol. 33 (7), pp. 1233-1240, 2001.
72. ROWLAND AV, ESTON RG, & INGLEDEW DK. Measurement of physical activity in children with particular reference to the use of heart rate and pedometry. *Sports Medicine.* 24(4): 258-272, 1997.
73. ARMSTRONG N. Young people's physical activity patterns as assessed by heart rate monitoring. *J. Sports Sci.*, 16: S9-S16, 1998
74. SHARGAL E, SHTRIK R, ZIGEL L, SCHWARTZ B, PILBURSTEIN R. Heart rate monitoring as a reliable tool for assessing energy expenditure in obese individuals. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness.* 2011, 51(3):473-479
75. MILLER WC, WALLACE JP & EGGERT KE. Predicting max HR-VO₂, relationship for exercise prescription in obesity. *Med.Sci.Sports Exerc.* Vol. 25, pp. 1077-1081, 1993.
76. ROPER JA, STEGEMÖLLER EL, TILMAN MD, HASS CJ. Oxygen consumption, oxygen cost, heart rate, and perceived effort during split-belt treadmill walking in young healthy adults. *European Journal of Applied Physiology.* March 2013, Volume 113, Issue 3, pp 729-734
77. MACAULAY D, MCCRUM EE, SCOTT G, et al. Physical activity, physical fitness, blood pressure, and fibrinogen in the Northern Ireland health and activity survey. *J. Epidemiol. Community Health.* 50 : 258-263, 1996.

78. SICHE JP, MARQUES E, CHARBONNIER S, et al. Value of a predictive model of ambulatory blood pressure integrating physical activity. *Arch, Mal. Coeur Vaiss.* 90 :1103-1109, 1997.
79. HAUSSWIRTH C, BIGARD AX, & LECHEVALIER JM. The Cosmed K4 telemetry system as an accurate device for oxygen uptake measurements during exercise. *Int. J. Sports Med.* 18: 449-453, 1997.
80. SCHULTZ, HELLE S, & HECK H. The validity of telemetric system Cortex X1 in the ventilatory and gas exchange measurement during exercise. *Int. J. Sports Med.* 18: 454-457, 1997.
81. MANN TN, WEBSTER C, LAMBAERTS RP, LAMBERT MI. Effect of exercise intensity on post-exercise oxygen consumption and heart rate recovery. *European Journal of Applied Physiology.* May 2014.
82. CLARYS JP, & CABRI. Electromyography and the study of sports movements: A review. *J. Sports Sci.* 11:379-448, 1993.
83. ANZENEDER CP. Metodi d'indagine delle capacità abilitative cognitive nello sport. *Scuola dello Sport.* 41-42 : 64-74, 1998.
84. HELLER J. Evaluación funcional y metabólica de la actividad física. *Revista Antioqueña de Medicina Deportiva.* Vol. 3, No. 2, 2000.
85. Van DUSEN DP, KELDER SH, KOHL HW, RANJIT N, PERRY CL. Associations of Physical Fitness and Academic Performance Among Schoolchildren. *Journal of School Health.* Volume 81, Issue 12, pages 733–740, December 2011.

86. KOKKINOS P. Physical Fitness Evaluation. *American Journal of LifeStyle Medicine*.
January 20, 2014
87. SARIS WHM. Assessment of energy expenditure and daily physical activity. In : Bar-Or O.
The child and adolescent athlete. Ed. Blackwell Science. P. 691, 1996.
88. SILVA AM, SANTOS DA, MATIAS CN, JUDICE PB, MAGALHAES JP, EKULUND U,
SARDINHA LB. Accuracy of a combined heart rate and motion sensor for assessing
energy expenditure in free-living adults during a double-blind crossover caffeine trial using
doubly labeled water as the reference method. *European Journal of Clinical Nutrition*,
(2 April 2014)
89. VAN MARKEN LWD, WESTERTTERP PMS, & VAN HAYDONEK P. Individual
variation in the relation between body temperature and energy expenditure in response to
elevated ambient temperature. *Physiologic Behavior*. 73(1-2),235-242, 2001.
90. AINSWORTH BE, HASKELL WL, LEON AS, JACOBS DR, MONTOYE HJ JR.,
SALLIS JF AND PAFFENBARGER RS JR. Compendium of Physical Activities:
Classification of energy costs of human physical activities. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 25
No.1 pp. 71-80, 1993.
91. VAN der PLOEG GE, GUNN SM, WITHERS RT, MODRA AC, KEEVES JP, &
CHATERTON BE. Predicting the resting metabolic rate of young Australian males.
European Journal of Clinical Nutrition. 55 (3) : 145-152. 2001.
92. KREIGHBAUM E. & BARTHELMS KM. Biomechanics (3rd ed.) New York : Mcmillan,
1990.

93. WILLIAMS KR. The relationship between mechanical and physiological energy estimates. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 17 pp. 317-325, 1985.
94. Groupe d'étude de Kino-Québec. (1979) Sur le système de quantification de la dépense énergétique (*GSQ*) *Rapport Final*, Quebec.
95. BOUCHARD C., R. CARRIER, M. BOULAY, M.C. THIBAUT-POIRIER & S. DULAC. Le développement du système de transport de l'oxygène chez le jeune adulte. Ed. du Pélican, Québec, 1975.
96. WASHBURN RA, & MONTOYE HH. The assessment of physical activity by questionnaire. *Am. J. Epidemiol.* 123, 563-576, 1986.
97. KRISKA AM, & CASPERSEN CJ. Introduction to a collection of physical activity questionnaires. *MSSE*, Supplement to Vol. 29, No 6, pp. S5-S9, June 1997.
98. SALLIS J, & SAELENS BE. Assessment of physical activity by self report: Status limitations and future directions. *RQSE*. 71, 1-2, 2000.
99. WELK G, CORBIN CB, & DALE D. Measurement issues in the assessment of physical activity in children. *RQES*. 2000, 71: S2, 59-73.
100. AINSWORTH B, MONTOYE H, & LEON A. Assessing physical during leisure and work. Champaign, IL: Human Kinetics, 1994.
101. CRAIG S, COLDBERG J, & DIETZ W. Psychosocial correlates of physical activity among fifth and eight graders. *Preventive Medicine*. 25, 506-513, 1996.
102. PATE R, BARANOWSKY P, DOWDA M, & TROST S. Tracking of physical activity in young children. *Med. Sci. Sport Exerc.* Vol. 28, pp. 92-96.1996.

103. GORTMAKER S, CHEUNG L, PETERSON K, CHOMITZ G, GOLDITZ G, FIELD A, & LAIRD N. Impact of a school-based interdisciplinary intervention on diet and physical activity among urban primary school children. *Archives of Pediatric and Adolescent Medicine*. 153, 975-983, 1999.
104. WEISS R, DZIURA J, BURGERT TS, TAMBORLANE WV, TAKSALI SE, YECKEL CW, ALLEN K, LOPEZ M, SAVOYE M, MORRISON J, SHERWIN RS, CAPRIO S. Obesity and the Metabolic Syndrome in Children and Adolescents *N Engl J Med* 2004;350:2362-74.
105. GRAVERSEN L, SORENSEN TIA, PETERSEN L, SOVIO U, KAAKINEN M, SANDBAEK A, LAITINEN J, TAANILA A, POUTA A, JAARVELIN MR, OBEL C. Preschool Weight and Body Mass Index in Relation to Central Obesity and Metabolic Syndrome in Adulthood. *PLOS ONE*, March 2014, Volume 9, Issue 3.
106. BOISVERT P, WASHBURN RA, HJ MONTOYE & L. LEGER. Mesure et évaluation de l'activité physique par questionnaire. Questionnaires utilisés dans la littérature anglo-saxonne. *Science & Sports*, 3 (1988) pp 245-262.
107. TAYLOR HL, JACOBS DR, SCHUCKER B, KHUDDEN J, LEON AS & DE BACKER G. (1978). A questionnaire for the assessment of leisure time physical activities. *J. Chronic. Dis.* 31, 741-755.
108. LUBANS DR, HESKETH K, CLIFF DP, BARNETT LM, SALMON J, DOLMAM, MORGAN PJ, HILLS AP, HARDY LL. A systematic review of the validity and reliability of sedentary behaviour measures used with children and adolescents. *Obesity Reviews*, Volume 12, Issue 10, pages 781–799, October 2011

109. HALLAL P, ANDERSEN LB, BULL FC, GUTHOLD R, HASKELL W, EKELUND U. Global physical activity levels: surveillance progress, pitfalls, and prospects. *The Lancet* Volume 380, Issue 9838, 21–27 July 2012, Pages 247–257
110. BERTHOUZE SE, MINAIRE PM, CHATARD JC, BOUTET C, CASTELLS J, LACOUR JR. (1993) A new tool evaluating energy expenditure: the “QAPSE” development and validation. *Med. Sci. Sport Exerc.* Vol. 25 No. 12, pp. 1405-1414.
111. BOUCHARD C, TREMBLAY A, LEBLANC C, LORTIE G, SAVARD R, THERIAULT GA (1983) A method to assess energy expenditure in children and adults. *Am. J. Clin. Nutr.* 37:461-467
112. BLAIR SN, DOWDA M, PATE RR, ET AL. Reliability of long-term recall of participation in physical activity by middle-aged men and women. *Am. J. Epidemiol.* 133: 266-275, 1991.
113. SHEPHARD RJ. Limits to the measurement of habitual physical activity by questionnaires. *Br. J. Sports Med.* 37, 197-206, 2003.
114. RAVUSSIN E, and C BOGARDUS. A brief overview of human energy metabolism and diets relationship to essential obesity. *Am J. Clin. Nutr.* 55 (suppl. 1) 242S-245S. 1992.
115. RAVUSSIN E. AND R RISING. Daily Energy Expenditure in humans: measurements in a respiratory chamber and by doubly labelled water. In: Energy metabolism: Tissue Determinants and Cellular corollaries: JM Kinney and HN Tucker (Eds.) New York : Raven Press. Ltd : 1992.

116. MONOD H, & FLANDROIS R. *Physiologie du Sport. Bases physiologiques des activités physiques et sportives*. Ed. Masson. Pp. 267 Paris 1997.
117. RIEU M. et al. *Bioénergétique de l'exercice musculaire et de l'entraînement physique*. Ed, PUF, pp. 462, 1988.
118. SALLIS JF, BRUCE G, SIMONS-MORTON BG, STONE EJ, CORBIN CB, ET AL. Determinants of physical activity and interventions in youth. *Med.Sci.Sports Exerc.* Vol. 24, No. 6 Suppl., pp. S248-S257, 1992.
119. SANCHEZ CE. Factores que influyen en la adherencia a la actividad Física en la población deportiva de Bogotá DC. Estudio Preliminar. *Tesis para optar por el título de especialista en epidemiología*. U. El Bosque. 2003.
120. MARKUS BH. Exercise behaviour and strategies for intervention. *Res. Quart. Exerc. Sport.* 66, 319-323, 1995.
121. ROBINSON S. Experimental studies of physical fitness in relation to age. *Arbeitsphysiologie*, 10, 251-323, 1938
122. HEYTERS C. Mensuration et composition corporelle chez l'enfant. In : THIEBAULD CM, SPRUMONT P. *L'enfant et le sport*. Ed. DeBoeck Université. Bruxelles, pp 462, 1998.
123. SLAUGHTER MH, LOHMAN TG, BOILEAU RA, HORSWILL CA, SKILLMAN RJ, VAN LOAN MD, BEMBEN DA: Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Human Biol.* 60: 709-23,1988.
124. HEATH, B.H., & CARTER, JEL., 1967, A modified somatotype method. *American Journal of Physical Anthropology*, 27, 57-63.

125. CARTER, J.E., HEATH, B.H., 1990, Somatotyping Development and applications (Cambridge: Cambridge University Press.
126. HEBBELINCK, M., DUQUET, W. AND ROSS, W. (1973). A practical outline for the Heath-Carter somatotyping method applied to children. In Pediatric Work Physiology Proceedings, 4th International Symposium, 71-84. Wingate Institute, Israel.
127. PATE RR. A new definition of youth fitness. *The Physician and Sports Medicine* 1983; 11: 77-83
128. HEYTERS C. Evaluation de la capacité motrice. In: THIEBAULD CM, SPRUMONT P. L'enfant et le sport. Ed. DeBoeck Université. Paris, pp 462, 1998.
129. EUROFIT. Conseil de l'europe. Test Europeen d'aptitude physique :, Rome 1988
130. STEPHENS TR & CRAIG CL. The well-being of Canadians : Highlights of the 1988 Campbell's Survey. 1-95. 1990. Ottawa. Canadian Fitness and Lifestyle Research Institute.
131. RICHALET J-P et HERRY J-P. Médecine de l'alpinisme: les parameters atmosphériques. Ed. Masson, pg 290. Paris 1999.
132. TANNER JM: Growth at adolescence, 2nd ed. Oxford, England, Blackwell Scientific Publications, 1962.
133. MARSHALL WA. Puberty. In: FALKNER F, & TANNER JM (eds): Human growth 2, postnatal growth, Plenum New York, pp141-181, 1978.
134. MOSTELLER RD. Simplified calculation of body-surface area. *N Engl J Med.* 317(17):1098, 1987

135. LEGER L, LAMBERT J. A maximal multistage shuttle run test to predict VO₂ max. *Eur. J. Appl. Physiol.* 49:1-12 1982.
136. HEBERSTREIT H, STASCHEN B, HEBERSTREIT A. Ventilatory threshold: a useful method to determine aerobic fitness in children. *MSSE*, 32(11): 1964-1969, 2000
137. MALINA RM. Menarche in athletes: a synthesis and hypothesis. *Ann Hum Biol* 1983;10(1):1-24
138. KOWALSKI KC, CROCKER PRE, & FAULKNER RA. Validation of the physical activity questionnaire for older children. *Pediatric Exercise Science.* 9,174-186, 1997.
139. McDOWELL I. and NEWELL C. (1987) *Measuring health : a guide to rating scales and questionnaires.* 1st edition. New York Oxford University Press, New York.
140. VUILLEMIN, A, OPPERTY, J.M., GUILLEMIN F., ESSERMEANT L, FONTEVILLE, A.M., GALAN, P., KIRSKA , A.M. and HERCBERG S. (2000) Self-administered questionnaire compared with interview to assess past-year physical activity. *Medicine & Science in Sports & Ex-ercise* 32(6), 1119-1124.
141. BOOTH ML, OKELY AD, CHEY T & BAUMAN A. The reliability and validity of the adolescent Physical Activity Recall Questionnaire. *MSSE*, 34:12, pp. 1986-1995, 2002.
142. AARON, D.J., KRISKA, A.M., DEARWATER, S.R., CAULEY, J.A., METZ, K.F and LA PORTE R.E. (1995) Reproducibility and validity of an epi-demiologic questionnaire to assess past year physical activity in adolescents. *American Journal of Epidemiology* 142(2),191-201.

143. BAECKE, JA., BUREMA, J. and FRIJTERS, J.E. (1982) A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. *American Journal of Clinical Nutrition* 36(5), 936-942.
144. GARCIA AW, GEORGE, T.R., COVIACK, C., ANTONAKOS, C. and PENDER NJ. (1997), Development of the child and adolescents activity log: A comprehensive and feasible measure of leisure-time physical activity. *International Journal of a Behavioral Medicine* 4,323-338.
145. WESTON, AT., PETOSA, R. and PATE, R. (1997) Validation of an instrument for measurement of physical activity in youth. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 29(1), 138-143.
146. VUILLEMIN A, OPPERT, J.M., GUILLEMIN F, ESSERMEANT, FONTVEILLE L, A.M., GALAN P. KIRSKA A.M. and HERCBERG S. (2000) Self-administered questionnaire compared with interview to assess past-year physical activity. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 32(6), 1119-1124.
147. HERNANDEZ B, GORTMAKER SL, LAIRD NM, COLDITZ GA, PARRA-CABRERA S. and KE PETERSON. (2000) Validity and reproducibility of a questionnaire on physical activity and non-activity for school children in Mexico City. *Salud Publica de Mexico* 42(4), 315-323.
148. COOPER DM. (1996) Cardiorespiratory and Metabolic Responses to Exercise In: *Maturation and Growth. In: The Child and Adolescent Athlete.* Ed: Bar-Or, O. 1st edition, Oxford: Blackwell Science Ltd. 54-73.
149. FLANDROIS R, GRANDMONTAGNE M, MAGET M, FAVIER R. and FRUTOSO J. (1982) La consommation maximale d'oxygène chez les jeunes français, sa

- variation avec l'âge, le sexe et l'entraînement. *The Journal of Physiology* 78, 186-194. (In French)
150. McMURRAY R, GUION, W, AINSWORT, B and HARREL J. (1998) Predicting aerobic power in children. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 38, 227- 233.
151. TURLEY K and WILMORE J. (1997) Cardiovascular responses to sub-maximal exercise in 7- to 9-yr-old boys and girls. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 29, 824-832.
152. HARRO M. (1997) Validation of a questionnaire to assess Physical Activity of children ages 4-8 years. *Research Quarterly For Exercise and Sport* 68,259-268.
153. SCERPELLA, T., TULLADHAR, P. and KANALEY, J. (2002) Validation of the Godin- Shephard questionnaire in prepubertal girls. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(5), 845-850.
154. SCHMUCKER B, RIGAUER B, HINRICH W and TRAWINSKI J. (1985) Motor abilities and habitual physical activity in children. 1st edition. Springer- Verlag, Berlin.
155. SUTER, E. and HAWES, M. (1993) Relationship of physical activity, body fat diet, and blood lipid profile in youths 10- 15 years. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 25, 748- 754.
156. McNAUGHTON D, COOLEY D, KEARNEY V. and S SMITH (1996) A comparison of two different shuttle run tests for the estimation of the VO₂max. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 36(2), 85- 89.

157. VAN MECHELEN W, HLOBIL H. and H KEMPERT (1986) Validation of two running tests as estimate of maximal aerobic power in children. *European Journal of Applied Physiology* 55, 503- 506.
158. SALLIS JF & HOVELL MF. Determinants of Exercise Behavior. *Exercise and Sport Science Reviews*. Vol 18, pp307-330, 1990.
159. ROSS JG, DOTSON CO, GILBERT GG & KATZ SJ. After physical education. Physical activity outside of school physical education programs. The National Children and Youth Fitness Study. *J. Phys. Ed. Rec. Dance*. 56:35-39,1985.
160. PATE RR, LONG B & HEATH G. Descriptive epidemiology of physical activity in adolescents. *Ped. Exerc. Sci*. 6:434-447, 1994.
161. CFS. Canada Fitness Survey. Canadian youth and physical activity. 1-52. Ottawa, Fitness Canada, 1983.
162. SALLIS JF, PATRICK K & LONG BJ. Overview of the International Consensus Conference on Physical Activity Guidelines for Adolescents. *Pediatr. Exerc Sci* 1994; 6: 299-302.
163. NIH. Consensus Development Panel on Physical Activity and Cardiovascular Health. *J. Am. Med. Assoc*. 1996 ; 276 : 241-246.
164. LEFEVRE J. 1990, Norm Scales and profile charts for anthropométrique measurements, motor fitness, physiological measurements, and skeletal maturity, in Simmons J. et al *Grow and Fitness of Flemish Girls*, Human Kinetics Books, Champanign, IL.

165. COHEN P. & ROSENFELD RG. Trastornos del crecimiento. In: Medicina del Adolescente. McAnarney ER, Orr DP, Kreipe RE, and Comerci GD. Ed. Panamericana, pp. 634, Buenos Aires, 1994.
166. TANNER JM. Issues and advances in adolescent growth and development. *J. Adoles Health Care*. 8: 470, 1990.
167. HALTGREN HN. Problemas médicos relacionados con la altitud elevada. *Medicina*, Tópicos actuales en medicina, Envío No. 16, Julio 13, 1990.
168. QUETELET LAJ. Physique sociale. 1869. Vol 2. C. Muquardt Ed, Brussels.
169. CRONCK CE & ROCHE af. Race and sex specific reference data for triceps and subscapular skinfolds and weight/stature². *Am. J. Clin Nutr.* 35: 351, 1982.
170. ROSS WD, DE ROSE eh & WARD R. Anthropometry applied to sports medicine. In: Dirix A, Knuttgen HG & Tittel K. The Olympic Book of Sports Medicine. Vol. I. Ed. Blackwell. Oxford 1988.
171. ORTIZ LO. Evaluación Nutricional de adolescents. Composición corporal. *Re. Med IMSS*. 40(3): 223-232, 2002.
172. ROWLAND TW. Developmental exercise physiology. Ed. Human kinetics, Champaign IL, pp 268, 1996.
173. ROWLAND TW. Declining cardiorespiratory fitness in youth: Fact or supposition? *Pediatric Exercise Science*. 14: 1-8, 2002.
174. CALZADO R. Crecimiento del niño. Fundamentos fisiopatológicos. Ed. McGraw Hill, 1998.

175. MANSFIELD MJ. Desarrollo Normal de la capacidad reproductora en la mujer y amenorrea. In: Medicina del Adolescente McAnarney ER, Orr DP, Kreipe RE & Comerci GD. Ed. Panamericana, Buenos Aires, 1994
176. WELLENS, R. & MALINA RM. The age at menarche. In. J. Simons, G. P. Beunen, R. Renson, A.L.M. Claessens & J.A.V. Lefevre (eds) Growth and fitness of Flemish Girls : The Leuven Growth Study, pp.119-25. Human Kinetics, Champaign, IL. 1990
177. ACSM. Opinión Statement on Physical Fitness in Children and Youth. 1988. *MSSE*, 20:4, pp. 422-423,1988.
178. BARLOW CE, KOHL HWI, GIBBONS LW & BLAIR SN. Physical fitness, mortality and obesity. *Int. J. Obesity*, 19: S41-S44, 1995
179. KANNEL WB, WILSON P & BLAIR SN. Epidemiological assessment of the role of physical activity and fitness in development of cardiovascular disease. *Amer. Heart J.* 109: 876-885, 1985.
180. MCGINNIS JM & FOEGE WH. Actual causes of death in the United States. *J. Am: Med: Assoc*: 18: 2207-2212, 1993.
181. PAFFENBARGER RSJR, JUNG DL, LEUNGAND RW & HYDE RT. Physical activity and hypertension: an epidemiological view. *Ann. Med.* 23:319-327, 1991.
182. LECOMTE-BONNET D et al., Structure of arterial intima in children and adolescents. A pathological study of 101 cases. *Arch Mal Coeur Vaiss.* Oct; 84(10):1459-63, 1991.

183. BARKER DJP. Fetal origin of cardiovascular disease. *Ann. Med.*: 31 (Suppl. 1): 3-6, 1999.
184. BAR-OR O. Physical Activity and Health in children and adolescents. CSEP and Health Canada Guidelines. Hamilton, 1999.
185. ERIKSSON BO, GOLLNICK PD & SALTIN B. Muscle metabolism and enzyme activities after training in boys 11-13 years old. *Scandinavian Physiological Act* , 87, 485-497, 1973.
186. KEUL J. Zur belastbarkeit des kindlichen organismus aus biochemischer sicht. In *Kinder im Leistungssport* (edited by E. Howald and E Hatin), pp. 31-49, Basel: Birkhauser Verlag, 1982.
187. KINDERMANN W, KEUL J, SIMON G & REINDELL H. 1978. Anpassungserscheinungen durch Schul-und Leistungssports im Kindesalter. *Sportwissenschaft*. 8, 22-234.
188. BERG A & KEUL J. Biochemical changes during exercise in children. In: *Young Athletes: Biological, Physiological and Educational Perspectives* (edited by RM Malina), pp, 21-77. Champaign, IL: Human Kinetics, 1988.
189. HARALAMBIE G. Skeletal muscle enzyme activities in female subjects of various ages. *Bulletin of Eropean Physiopathology and Respiration*. 15, 259-267, 1979.
190. BERG A, KEUL J & HUBER G. Biochemische Aktuveränderungen bei Ausdauerbelastungen im Kindesund Jugendalter. *Monatsschrift Kindeerheilk*. 128, 490-495, 1980.

191. MARTINEZ LR & HAYMES EM. Substrate utilization during treadmill running in prepubertal girls and women. *MSSE*, 24, pp. 975-983, 1992.
192. DELAMARCHE P, MONNIER M, GRATAS-DELAMARCHE A, KOUBI HE, MAYER MH ET AL. Glucose and free fatty acid utilization during prolonged exercise in prepubertal boys in relation to catecholamine responses. *European J. of Applied Physiology*, 65, 66-72, 1992.
193. ICRCP Stands for Institute Canadien de la Recherche sur la Condition Physique, 2000.
194. GORAN MI, GOWER BA, NAGY TR & JOHNSON RK. Developmental changes in energy expenditure and physical activity in children: Evidence for a decline in physical activity in girls before puberty. *Pediatrics*, vol. 101 No. 5 May 1998.
195. VAN MECHELEN W, & KEMPER HCG. Habitual physical Activity in longitudinal perspective. In : Kemper HCG (ed.) Amsterdam Growth Study. A longitudinal Analysis of Health Fitness and Lifestyle. Humam Kinetics, Champaign, IL, pp 135-158, 1995
196. VERSCHUUR R, & HCG KEMPER. The pattern of daily physical activity. *Medicine and Sports Science*, 20, 169-186, Amsterdam, 1985.
197. COOKE CB, MCDONAGH MJ, NEVILL AM & DAVIES CT. Effects of load on oxygen intake in trained boys and men during treadmill running. *J. Appl. Physiol.* 71:1237-1244, 1991.

198. ROEMMICH JN, CLARK PA, WALTER K, PATRIE J, WELTMAN A, et al., Pubertal alterations in growth and body composition. V. Energy expenditure, adiposity and fat distribution. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 279:E1426-E436, 2000.
199. CASPERSEN CJ, PA NIXON, & RH DURANT. Physical activity epidemiology applied to children and adolescents. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. Vol. 26, 1998.
200. SARIS WHM, NOORDELOS AM, CRAMWINCKEL AB, BOEYEN I, ELVERS JWH VEEN M, VAN, KÖNING KG, BINKHORST RA. Aerobic Power, daily physical activity and some cardiovascular disease risk indicators in children aged 6-10 years; in Saris, Aerobic Power and daily physical activity in children. pp. 153-176; PhD diss. Nijmegen, 1982.
201. BITAR A, FELLMANN N, VERNET J, COUDERT J, & VERMOREL M. Variations and determinants of energy expenditure as measured by whole-body indirect calorimetry during puberty and adolescence. *Am. J. Clin. Nutr.* 69:1209-1206, 1999.
202. DANIELS J, OLDRIDGE N, NAGLE F & WHITE B. Differences and changes in VO₂ among young runners 10 to 18 years of age. *MSSE*,10:200-203, 1978.
203. ROWLAND T, CUNNINGHAM L, MARTEL L, VANDERBURGH P, MANOS T et al. Gender effects on submaximal energy expenditure in children. *Int. J. Sports Med.* 18:420-425, 1997.
204. GRUMBACH MM, HUGHES IA, CONTE FA. Disorders of sex differentiation. In Williams Textbook of Endocrinology 10th ed. PR Larsen, HM Kronenberg, S Melmed, KS Polonsky (eds) Philadelphia PA. W.B. Saunders. pp 842-1002, 2003.

205. BUTCHER J. Socialization of adolescent girls into physical activity. *Adolescence*, 18:130-143, 1983.
206. HARREL JS, MCMURRAY RG, BAGGETT CD, PENNEL ML & PEARCE PF et al. Energy Costs of physical Activities in Children an Adolescents. *MSSE*, 37:2, pp. 329-336, 2005.
207. RUSSEL SJ, HYNDFORD C& BEUALIEU A. Active living for Canadian Children and Youth : Statistical Profile. Canadian Fit and Lifestyle. *Res. Inst.* 1992.
208. MINISTERE DES SPORTS ET INSEP. Les pratiques sportives en France. Enquête 2000, 2002.
209. BAILEY RC, OLSON J, PEPPER SL, PORSZASZ TJ & COOPER DM, The level and tempo of children's physical activities: an observational study. *MSSE*, 27:1033-1041,1995.
210. SHEPHARD RJ, JEQUIER JC, LAVALLE H, LA BARRE R, & RAJIC M. Habitual Physical activity: effects of sex, milieu, season, and required activity. *J. Sports med. Phys. Fitness*, 20 :55-66, 1980.
211. BLANCHARD S. Effects of ambient temperature and relative humidity on 8 and 10 yerar old children involved in endurance activities working at 60% of maximal oxygen compsumption. 1987. University of Maryland. Thesis.

V.1. ABREVIATIONS

AP :	Activité Physique
ATP :	Adenosin triphosphate
CP :	Condition Physique
DE :	Dépense d'Énergie
DEJ :	Dépense d'Énergie Journalière
DET :	Dépense d'énergie totale.
EP :	Exercice physique
ETA :	Effet thermique des aliments
EUROFIT :	Test Européen d'aptitude physique
FC :	Fréquence cardiaque.
G1 - G5 :	Genitals
IMC :	Indice de masse corporelle
kJ/kg/jour :	kilojoules par kilogramme par jour
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé.
P :	Puissance
P1 – P5	Pilosité
PC :	Phosphocréatine
QAPACE :	Quantification de l'activité physique en altitude chez les enfants et adolescents scolarisés
RMN :	Résonance magnétique nucléaire
S :	Sein
SPC :	Surface corporelle
TMB :	Taux de métabolisme basal
W :	Watts

V.2. GLOSSAIRE

Activité modérée à vigoureuse : activité qui requiert au moins un effort considérable, en comparaison à la marche à pieds rapide.

Activité physique (AP) : C'est le résultat de mouvements exercés par les muscles en lien avec la dépense d'énergie

Anabolisme : construction de tissu nouveau, phase de synthèse du métabolisme.

Anaérobie : en l'absence d'oxygène.

Calorimètre : appareil servant à mesurer la chaleur produite par le corps (ou celle libérée par des réactions chimiques).

Calorie : Se sont les quantités de chaleur produites ou consommées indépendamment du temps. La calorie est la quantité de chaleur soumise à la pression d'une atmosphère, pour élever d'un degré centigrade la température d'un gramme d'eau. $1 \text{ kcal} = 4,186 \text{ J}$

Calorimétrie directe : méthode évaluant la dépense d'énergie d'un organisme par mesure directe de la production de chaleur.

Calorimétrie indirecte : méthode d'estimation de la dépense énergétique par mesure des échanges gazeux.

Capacité oxydative : mesure de l'aptitude du muscle à utiliser l'oxygène.

Catabolisme : ensemble des réactions de dégradation du métabolisme, contribuant à la destruction des tissus.

Composition corporelle : composition chimique de l'organisme. Le modèle utilisé dans cet ouvrage est limité à deux composantes – La masse maigre et la masse grasse.

Consommation maximale d'oxygène ($V_{O_2} \text{ Max}$) : possibilités maximales de consommation d'oxygène par l'organisme lors d'un exercice.

Croissance : augmentation des dimensions d'une quelconque partie du corps.

Cyclo-ergomètre ou ergo cycle : bicyclette de laboratoire conçue pour mesurer le travail externe, encore appelé bicyclette ergométrique.

Dépense d'énergie (DE) : C'est l'énergie biochimique utilisée par le corps afin d'exécuter ses différentes fonctions. La DE peut s'exprimer comme un travail (unités : joules (J) ou kilojoule) ou comme une puissance (unités = watts).

Dépense d'énergie journalière (DEJ) : C'est la quantité d'énergie dépensée dans une période de 24 heures durant la pratique de différentes activités quotidiennes.

Dépense d'énergie en repos (DER) : C'est la dépense d'énergie pendant qu'un individu est au repos. Généralement la DER se mesure en position supine avant de prendre le petit déjeuner.

Dépense d'énergie totale (DET) : Dépense d'énergie durant une période de 24 heures.

Développement : ensemble des processus de croissance survenant dans l'organisme de la conception à l'âge adulte. La différenciation de fonctions spécialisées traduit les modifications qui accompagnent la croissance.

Différence inter sexes : différences physiologiques entre les hommes et les femmes.

Dimensions corporelles : hauteur et masse d'un sujet.

Endurance : aptitude à résister à la fatigue. Inclue l'endurance musculaire et l'endurance cardio:respiratoire.

Endurance cardiorespiratoire : aptitude à réaliser un effort prolongé.

Endurance musculaire : aptitude du muscle à retarder la fatigue.

Energie (E) : Capacité à produire une force pour réaliser un travail, générer de la chaleur.

Equivalent métabolique (MET) : unité usuelle permettant d'estimer le coût métabolique (consommation d'oxygène) d'une activité physique. Un MET correspond au métabolisme de repos soit environ 3,5 mlO₂/kg/min

Equivalent ventilatoire en oxygène VE/VO₂ : volume d'air utilisé en une minute pour un litre d'oxygène consommé. C'est un index de l'efficacité respiratoire.

Ergomètre : appareil qui permet de mesurer la puissance externe développée dans des conditions standardisées.

Etude transversale : méthode d'étude dans laquelle une population donnée est testée à un moment particulier, et dont les résultats sont alors comparés à une population témoin.

Exercice : La série d'activité physique employée dans le contexte du programme d'entraînement ou de test en laboratoire.

Exercice aérobie de faible intensité : exercice aérobie réalisé à une intensité faible dont l'objectif est de mobiliser un maximum de graisses.

Facteurs de risques primaires : facteurs de risques dont on a démontré le lien avec des troubles précis. Les facteurs de risques primaires coronariens incluent le tabagisme, l'hypertension, les taux trop élevés de lipides sanguins et l'inactivité.

Fatigue : incapacité à poursuivre un exercice.

Fitness : C'est une série de conditions relative à l'habilité à développer une activité physique

Fréquence cardiaque de repos : nombre de battements cardiaques par minute, aux environs de 60 à 80 au repos.

Fréquence cardiaque maximale : valeur la plus importante du rythme cardiaque lors d'un exercice épuisant.

Gluconéogenèse : synthèse des glucides à partir de composés non glucidiques (protéines ou graisses).

Glycogène : forme de stockage des sucres dans l'organisme (présent surtout dans le foie et les muscles).

Glycogénèse : synthèse du glycogène à partir du glucose.

Glycogénolyse : transformation du glycogène en glucose.

Glycolyse : dégradation du glucose en acide pyruvique

Hyperventilation : fréquence ventilatoire ou volume courant supérieur à la normale.

Hypoxie : baisse de la concentration en oxygène.

Index de masse corporelle (IMC) : poids (kg)/hauteur² (m²). Le BMI est en étroite relation avec la composition corporelle.

Jeune gens : C'est le terme employé afin d'unir les enfants et les adolescents.

Joule (J) : travail effectué quand le point d'application d'une force de 1 newton est déplacé dans la direction de la force sur une distance de 1 m $1 J = 1 N.m$

Lipides sanguins : lipides transportés par le sang, comme les triglycérides et le cholestérol.

Longévité : durée de vie d'un individu.

Maladie coronarienne : rétrécissement progressif des artères coronaires.

Masse grasse : quantité de graisse corporelle.

Masse maigre : masse du corps moins la graisse. Regroupe les muscles, les os, la peau et les différents organes.

Maturation : processus par lesquels les différents systèmes et organes atteignent leur fonction adulte.

Maturité physique : période à laquelle l'organisme atteint son état adulte.

Ménarche : date d'apparition des premières règles. Elle marque la fin d'un processus de maturation sexuelle chez les jeunes filles.

MET : il s'agit d'une unité intégrant la différence entre la dépense d'énergie durant l'exécution d'un exercice (DEE) et la dépense d'énergie au repos (DER) : (DEE/DER). Un MET est égal à 1 kcal/kg/heure ou égal à 4.184 kJ/kg/heure. Il est exprimé à travers un numéro non dimensionnel.

Métabolisme aérobie : ensemble des réactions mitochondriales qui utilisent l'oxygène pour produire de l'énergie (APT). Encore appelé *respiration cellulaire*.

Métabolisme de base : niveau le plus faible de l'activité métabolique nécessaire à l'entretien des fonctions vitales, mesuré après une nuit de sommeil, au repos total, dans des conditions standardisés de laboratoire.

Mode : type d'exercice.

Morphologie : forme et structure du corps.

Obésité : excédent de graisse, en général supérieur à 25% chez les hommes et 35% chez les femmes.

Phospho-créatine (PCr) : composé riche en énergie qui joue un rôle important dans la contraction musculaire lors de l'exercice court.

Pli cutané : épaisseur du panicule adipeux fréquemment mesurée à l'aide d'un calibre en un ou différents points du corps, pour estimer la densité du corps, le taux de graisse et la masse maigre.

Poids relatif : pourcentage indiquant de combien un individu est au-dessus ou en-dessous du poids normal. On l'obtient en divisant le poids du sujet par la norme pour la même catégorie d'individu et en multipliant par 100.

Potentiel aérobie : voir consommation maximale d'oxygène.

Pré puberté : C'est la période où l'enfant n'a pas encore décrit de changements des caractéristiques sexuelles secondaires.

Prescription d'exercice : individualisation des différents paramètres d'un programme d'exercices : durée, fréquence et nature des exercices.

Puberté : Stade du développement sexuel à partir duquel une personne devient capable de se reproduire.

Puissance : La puissance est l'énergie produite par unité de temps. Produit de la force par la vitesse. Elle s'exprime parfois en Watts mais aussi en litre/Minute de VO₂.

Quotient respiratoire (QR) : rapport du volume de dioxyde de carbone expiré par minute et du volume d'oxygène consommé dans le même temps.

Réactivité : Changements du comportement des activités spontanées d'une personne qui résultent du fait qu'il ou elle se sent observé(e).

Seuil : niveau minimum de stimulus nécessaire pour déclencher une réponse. Par exemple, le niveau minimum de dépolarisation nécessaire pour déclencher l'apparition d'un potentiel d'action.

Système ATP, PCr : système anaérobie qui permet de maintenir les niveaux d'ATP. La dégradation de la Phosphocréatine (PCr) libère Pi, qui en se recombinaut à l'ADP régénère l'ATP.

Système de transport de l'oxygène : inclue l'ensemble des composants des systèmes cardiovasculaires et respiratoires qui participent au transport de l'oxygène.

Système glycolytique : système qui produit de l'énergie par l'intermédiaire de la glycolyse.

Système oxydatif : système énergétique le plus complexe qui produit de l'énergie en métabolisant les substrats en présence d'oxygène. C'est un réservoir énergétique très important.

Travail : énergie consommée par le corps durant la pratique d'un exercice physique. Il est souvent exprimé en Joules. Il peut représenter une énergie mécanique ou métabolique.

Ventilation maximale (VE_{max}) : valeur maximale de ventilation mesurée lors d'un exercice exhaustif.

ANNEXES

Annexes 1 -34 voir en CD.

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Avantages et inconvénients des méthodes les plus utilisées pour l'évaluation de l'activité physique (AP) et la dépense d'énergie (DE) (67. BAR-OR O. 1999). FC = Fréquence Cardiaque, TMR = Taux métabolique de repos, TMB = Taux métabolique de base, AP = Activité Physique, DE = Dépense D'Énergie.....	29
Tableau 2 : Les 21 types d'activités physiques répertoriées dans le Compendium	31
Tableau 3: Caractéristiques des questionnaires d'évaluation de l'activité physique dans les études épidémiologiques. (106. Boisvert P et al. 1988, 110. Berthouze SE et al. 1993).....	37
Tableau 4: Les composantes de la dépense énergétique (114. RAVUSSIN E et al. 1992, 115. RAVUSSIN E et al. 1992).....	38
Tableau 5 : Déterminants de l'activité physique chez les enfants et adolescents (67, 118, 119).....	43
Tableau 6 : dimensions de l'activité physique	47
Tableau 7 : Activités physiques de loisir chez les Canadiens de 10-19 ans. Les valeurs sont en pourcentage (%) de chaque groupe d'âge et genre de l'échantillon. (130)	50
Tableau 8 : Population en âge scolaire à Bogotá selon le niveau socio-économique – (2002). PEE* : effectifs par niveau socio-économique de la Population d'âge Scolaire (Secrétariat d'Éducation de Bogotá D.C. Calculs Sous- direction d'Analyse Sectorielle).....	59
Tableau 9 : Catégories de l'activité physique avec leurs éléments correspondants dans le questionnaire QAPACE.....	63
Tableau 10 : Population Scolaire de Bogotá entre 8-16 ans dans l'étude QAPACE : * Corrections : enfants non scolarisés : 53 185 (4, 9%) ; enfants non urbanisés : 267 742 (26,0%). Colonne 1 : les neuf groupes d'âges; Colonne 2 : population totale en âge scolaire ; Colonne 3 : étudiants qui répondent aux critères d'inclusion ; Colonnes 4 : échantillons calculés et étudiés.....	66
Tableau 11 : Catégories d'activité physique avec leurs éléments correspondants dans le questionnaire QAPACE.....	76
Tableau 12 : Étude de compréhension: description des variables anthropométriques, exprimés en moyenne (\pm écart-type), selon les différents groupes d'âge de l'échantillon de 324 enfants et adolescents...	77
Tableau 13 : Étude de reproductibilité : Caractéristiques des 121 enfants et adolescents étudiés dans la phase Test-retest.....	78
Tableau 14 : Etude test-retest: coefficients de corrélation intra classe entre deux estimations de la dépense énergétique totale mesurée à deux moments différents à 6 semaines d'intervalle, sur une période d'un an dans l'échantillon aléatoire de 121 jeunes écoliers/ collégiens de Bogotá.....	79
Tableau 15 : Moyenne (ET) des durées des différentes catégories d'activités physiques pendant une semaine durant l'année scolaire et représentant les périodes de vacances, mesurée dans l'échantillon aléatoire des 121 enfants de l'échantillon test- retest. NA: non applicable.....	82
Tableau 16 : échantillon de validation. Statistiques descriptives pour l'échantillon total et par sexe. Moyennes (\pm SD)	83
Tableau 17 : échantillon de validation. CCI et intervalle à 95% de confiance (IC à 95%) des mesures directes et indirectes des VO_{2pic} estimées pendant la période scolaire, les vacances ou l'année entières selon le sexe et l'âge du groupe. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$	85

Tableau 18: Temps moyen (heures/semaine) des catégories différentes, durant une semaine de référence, durant la période scolaire et de vacances.....	87
Tableau 19: Dépense d'énergie en MJ/jour (valeurs absolues) des sujets de l'échantillon suivant le genre. Moyenne arithmétique pondérée, minimum, maximum, écart type (ET). *** $p < 0.001$	88
Tableau 20 : Dépense d'énergie en kJ/kg poids corporel total/ jour en fonction du genre. Moyenne arithmétique pondérée, minimum, maximum, écart-type (ET). ** $p < 0.01$	89
Tableau 21 : Dépense d'énergie en kJ/kg poids maigre/jour en fonction du genre. Moyenne arithmétique pondérée, minimum, maximum, écart-type (ET). ** $p < 0.02$	89
Tableau 22 : Moyenne arithmétique pondérée, minimum, maximum et écart type (ET) de la dépense d'énergie en kJ/kg/jour, en fonction de l'âge et du genre.	90
Tableau 23 : Dépense énergétique journalière (DEJ) selon l'âge et le genre en MJ/j (valeurs absolues). Moyenne arithmétique pondérée, taille (n), déviation standard (SD), p-valeurs (comparaison bilatérale). ** $p < 0.01$	91
Tableau 24 : Comparaison des moyennes de la dépense d'énergie en kJ/kg/jour et l'ET suivant l'âge et le genre dans l'échantillon et p-valeur correspondante pour l'hypothèse nulle d'absence de différences entre moyennes. * $p < 0.05$	92
Tableau 25 : Moyenne arithmétique pondérée, minimum, maximum et écart-type (ET) de la dépense d'énergie en kJ/kg/jour, en fonction des niveaux socio-économique (NSE) et du genre. ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$	93
Tableau 26: Dépense énergétique journalière (DEJ) selon le sexe et le niveau socio-économique	94
Tableau 27: Anthropométrie et dépense énergétique journalière (DEJ) selon l'âge et le niveau socio-économique (NSE) chez les garçons (8-16 ans).....	95
Tableau 28 : Anthropométrie et dépense énergétique journalière (DEJ) selon l'âge et le niveau socio-économique (NSE) chez les filles (8-16 ans)	96
Tableau 29 : Percentiles de la dépense d'énergie en kJ/kg/jour, chez les garçons en fonction des tranches d'âge	99
Tableau 30 : Percentiles de la dépense d'énergie en kJ/kg/jour, chez les filles en fonction des tranches d'âge	99
Tableau 31 : Distribution en percentiles de la dépense moyenne d'énergie en kJ/kgmaigre/jour, chez les garçons en fonction des tranches d'âge.	101
Tableau 32 : Distribution en percentiles de la dépense moyenne d'énergie en kJ/kgmaigre/jour chez les filles en fonction des tranches d'âge.....	101
Tableau 33 : Temps moyen (heures/semaine) +/- écart-type passé dans chaque catégorie d'activité, durant une semaine de référence, durant la période scolaire et de vacances (NA: ne s'applique pas) .	103
Tableau 34 : Comparaison des moyennes de la taille en cm et l'écart type (ET), en fonction des tranches d'âge entre les garçons et les filles. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$	104
Tableau 35 : Distribution en percentile de la taille en cm des garçons de l'échantillon en fonction des tranches d'âges	104
Tableau 36 : Distribution en percentiles de la taille en cm des filles de l'échantillon en fonction des tranches d'âge	105
Tableau 37 : Comparaison des moyennes du poids corporel en kg et l'écart type (ET) en fonction des tranches d'âge entre les garçons et les filles de Bogotá. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$	108

Tableau 38 : Distribution en percentiles du poids en kg des garçons de l'échantillon en fonction des tranches d'âge.....	108
Tableau 39 : Distribution en percentiles du poids en kg des filles de l'échantillon en fonction des tranches d'âge.....	109
Tableau 40 : Comparaison des moyennes du poids maigre en kg et l'ET, entre les garçons et les filles en fonction des tranches d'âge. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$	110
Tableau 41 : Surface corporelle (m^2) des garçons en fonction des tranches d'âge.....	111
Tableau 42 : Surface corporelle (m^2) des filles en fonction des tranches d'âge.....	112
Tableau 43 : Comparaison des moyennes de Surface Corporelle (m^2) entre les garçons et les filles, N, Z et p-valeurs avec $\alpha = 0.05$ en fonction des tranches d'âge. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$..	113
Tableau 44 : Distribution en percentiles des indices de masse corporelle des garçons en fonction des tranches d'âge.....	114
Tableau 45 : Distribution en percentiles des indices de Masse Corporelle des filles en fonction des tranches d'âge.....	115
Tableau 46 : Comparaison des moyennes des IMC (kg/m^2) des garçons et filles, ET, N, Z et p-valeurs avec $\alpha = 0.05$. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$	117
Tableau 47 : Distribution en percentiles du pourcentage de masse grasse des garçons en fonction des tranches d'âge.....	117
Tableau 48 : Distribution en percentiles du pourcentage de graisse des filles en fonction des tranches d'âge.....	119
Tableau 49 : Comparaison des moyennes du pourcentage de graisse (%G) entre les garçons et les filles, ET, N, Z et p-valeurs avec $\alpha = 0.05$. *** $p < 0.001$	120
Tableau 50 : Distribution en percentiles du pourcentage maigre des garçons en fonction des tranches d'âge.....	121
Tableau 51 : Distribution en percentiles du pourcentage de masse maigre des filles en fonction des tranches d'âge.....	122
Tableau 52 : Comparaison des moyennes du pourcentage de masse maigre (%Maigre) entre les garçons et les filles, ET, N, Z et p-valeurs avec $\alpha = 0.05$. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$	123
Tableau 53 : Endomorphisme : comparaison entre les garçons et les filles en fonction des tranches d'âges. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$	126
Tableau 54 : Mésomorphisme ; comparaison entre les garçons et les filles en fonction des tranches d'âge. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$	126
Tableau 55 : Ectomorphisme : comparaison entre les garçons et les filles en fonction des tranches d'âge. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$	127
Tableau 56 : Apparition de la ménarche chez les filles scolarisées de Bogotá en fonction des tranches d'âge.....	128
Tableau 57 : Distribution en percentiles de la dépense d'énergie en (kJ/kg/jour), en fonction de l'âge de l'apparition de la ménarche.....	128
Tableau 58 : Distribution en percentiles de la dépense d'énergie rapportée à la masse maigre (kJ/kgmaigre/jour) en fonction de l'âge de l'apparition de la ménarche.....	129
Tableau 59 : Distribution en percentiles de la dépense d'énergie en (kJ/kg/jour), en fonction de l'âge chez les jeunes filles non réglées.....	130

Tableau 60 : Distribution en percentiles de la dépense d'énergie rapportée au poids maigre (kJ/kgmaigre/jour), en fonction de l'âge chez les jeunes filles non réglées	130
Tableau 61 : Comparaison de la dépense d'énergie en kJ/kg/jour et l'écart type (ET) entre les groupes « apparition » et « non apparition de la ménarche » pour une tranche d'âge donnée.....	130
Tableau 62 : Comparaison de la dépense d'énergie en kJ/kgmaigre/jour et l'écart type (ET) entre les groupes « apparition » et « non apparition de la ménarche » pour une tranche d'âge donnée.....	131
Tableau 63 : Distribution en percentiles de la dépense d'énergie en (kJ/kg/jour), en fonction des stades de Tanner chez les garçons de 8 à 16 ans.....	133
Tableau 64 : Distribution en percentiles de la dépense d'énergie en (kJ/kgmaigre/jour), en fonction des stades de Tanner chez les garçons de 8 à 16 ans.....	133
Tableau 65 : Distribution en percentiles de la dépense d'énergie en (kJ/kg/jour), en fonction des stades de Tanner chez les filles de 8 à 16 ans.	134
Tableau 66 : Distribution en percentiles de la dépense d'énergie en (kJ/kgmaigre/jour), en fonction des stades de Tanner chez les filles de 8 à 16 ans.....	135
Tableau 67 : Variables anthropométriques et Dépense énergétique journalière (DEJ) selon poids total (PT) ou poids maigre (PM) selon l'âge biologique de 8 à 16 ans. Valeurs minimale (Min), Moyenne +/- écart-type (ET), maximale (Max)	137
Tableau 68 : Comparaison des moyennes entre les garçons prépubères vs pubères, pubères vs postpubères et prépubères vs postpubères en fonction de l'âge biologique.....	138
Tableau 69 : Coefficients de corrélation entre les différentes paires de variables et l'âge biologique des garçons prépubères (Tanner G1P1). ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$	139
Tableau 70 : Coefficients de corrélation entre les différentes paires de variables et l'âge biologique des garçons pubères (Tanner G2P2 et G2P3). ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$	140
Tableau 71 : Coefficients de corrélation entre les différentes paires de variables et l'âge biologique des garçons postpubères (Tanner G4P3 et G4P4). ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$	141
Tableau 72 : Différentes caractéristiques des filles selon l'âge biologique de 8 à 16 ans.....	142
Tableau 73 : Comparaison des moyennes de plusieurs variables entre les filles prépubères vs pubères, pubères vs postpubères et prépubères vs postpubères en fonction de l'âge biologique. ** $p < 0.01$	142
Tableau 74 : Coefficients de corrélation entre les différentes paires de variables et l'âge biologique des filles prépubères (Tanner S1P1. S1P2 et S1P3). *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$	143
Tableau 75 : Coefficients de corrélation entre les différentes paires de variables et l'âge biologique des filles pubères (Tanner S2P1. S2P2 et S2P3. S2P4. S3P1. S3P2. S3P3. S3P4 et S3P5). *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$	144
Tableau 76 : Coefficients de corrélation entre les différentes paires de variables et l'âge biologique des filles postpubères (Tanner S4P1. S4P2 S4P3. S4P4 et S4P5. S5P3. S5P4, S5P5. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$)	145
Tableau 77 : Comparaison des moyennes des tailles (cm) (ET : écart type) entre les garçons et les filles en fonction de la tranche d'âges	147
Tableau 78 : Comparaison des moyennes et écart type (ET) du poids (kg) selon l'âge et le genre entre les garçons et les filles.....	148
Tableau 79 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kgmaigre /jour) et de la taille (cm) chez les garçons en fonction de la tranche d'âge. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$	150

Tableau 80 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kg maigre /jour) et du poids total (kg) chez les garçons.	151
Tableau 81 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kg maigre /jour) et de la SPC (m ²) chez les garçons en fonction de la tranche d'âge.....	151
Tableau 82 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kg maigre /jour) et de l'IMC (kg/m ²) chez les garçons en fonction de la tranche d'âge.*** p < 0.001 ; ** p < 0.01 ; * p < 0.05.....	151
Tableau 83 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kg maigre /jour) et la taille (cm) chez les filles en fonction de la tranche d'âge.....	152
Tableau 84 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kg maigre /jour) et du poids (kg) chez les filles en fonction de la tranche d'âge.....	152
Tableau 85 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kg maigre /jour) et de la SPC (m ²) chez les filles en fonction de la tranche d'âge.....	153
Tableau 86 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kgmaigre /jour) et de l'IMC (kg/m ²) chez les filles en fonction de la tranche d'âge.....	153
Tableau 87 : Comparaison des moyennes (kg) de masse maigre entre les garçons et les filles en fonction de la tranche d'âge. *** p < 0.001	154
Tableau 88 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kg/jour) et le pourcentage de masse maigre chez les garçons en fonction de la tranche d'âge.....	155
Tableau 89 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kg/jour) et le pourcentage de masse grasse chez les garçons en fonction de la tranche d'âge.....	156
Tableau 90 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kgmaigre /jour) et la masse maigre chez les garçons en fonction de la tranche d'âge.....	156
Tableau 91 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kgmaigre /jour) et la masse grasse chez les garçons en fonction de la tranche d'âge.....	157
Tableau 92 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kgmaigre /jour) et le pourcentage de masse maigre chez les garçons en fonction de la tranche d'âge.....	157
Tableau 93 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kgmaigre /jour) et le pourcentage de masse grasse chez les garçons en fonction de la tranche d'âge	158
Tableau 94 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kg maigre /jour) et la masse maigre chez les filles en fonction de la tranche d'âge.....	158
Tableau 95 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kg maigre /jour) et la masse grasse chez les filles en fonction de la tranche d'âge.....	158
Tableau 96 : et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kgmaigre /jour) et le pourcentage de masse maigre chez les filles en fonction de la tranche d'âge.....	159
Tableau 97 : Moyenne et écart type (ET) de la DEJ (kJ/kgmaigre /jour) et le pourcentage de masse grasse chez les filles en fonction de la tranche d'âge.....	159
Tableau 98 : Moyenne et l'ET du somatotype chez les garçons, en fonction de la tranche d'âge et de la DEJ rapporté au poids total et au poids maigre.	160
Tableau 99 : Moyenne et écart-type (ET) du somatotype chez les filles, en fonction de la tranche d'âge et de la DEJ rapporté au poids total et au poids maigre.....	161
Tableau 100 : Coefficients de corrélation entre le poids maigre ou le poids total et les différents composants du somatotype chez les garçons et les filles	162

Tableau 101 : de l'aptitude physique selon les tests EUROFIT en fonction des tranches d'âge des garçons .	162
Tableau 102 : Dimensions de l'aptitude physique selon les tests EUROFIT en fonction des tranches d'âge des filles.....	163
Tableau 103 : Comparaison des résultats au Test d'équilibre Flamingo (EFL) (nombre d'essais par minute) entre les garçons et les filles en fonction des tranches d'âges. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$	165
Tableau 104 : Comparaison des résultats au Test de Frappe de plaques (FP) (temps (sec) enregistré pour toucher chaque disque 25 fois) entre les garçons et les filles en fonction des tranches d'âges. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$	166
Tableau 105 : Comparaison des résultats au Test de Flexion de tronc avant en position assise (FLT) (nombre de cm atteints sur l'échelle tracée entre les garçons et les filles en fonction des tranches d'âges. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$	166
Tableau 106 : Comparaison des résultats au Test de Saut en longueur sans élan (SLO) (enregistré en cm) entre les garçons et les filles en fonction des tranches d'âges. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$	167
Tableau 107 : Comparaison des résultats au Test de Dynamométrie manuelle (DYM) (Kg) entre les garçons et les filles en fonction des tranches d'âges. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$	167
Tableau 108 : Comparaison des résultats au Test de Redressement station assise (RSA) (Nombre de redressement en 30 sec) entre les garçons et les filles en fonction des tranches d'âge. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$	168
Tableau 109 : Comparaison des résultats au Test de Suspension bras fléchis (SBF) (enregistré en sec et dixième de sec) entre les garçons et les filles en fonction des tranches d'âges. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$	168
Tableau 110 : Comparaison des résultats au Test de Course navette (10x5) de 10 m x 5 cycles (CNA) (enregistré en sec et dixième de sec) entre les garçons et les filles en fonction des tranches d'âges. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$	169
Tableau 111 : Comparaison des résultats au Test de Course Navette d'endurance (Test Léger Lambert) (nombre de paliers ou VO2 max. (ml/kg/min) (CNE) entre les garçons et les filles en fonction des tranches d'âges. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$	169
Tableau 112 : Comparaison des résultats (VO2max en L/min) au Test de Course Navette d'endurance (Test Léger-Lambert) chez les garçons et les filles de 8- 16 ans. *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$	170
Tableau 113 : Pourcentage cumulé des activités pratiquées par les écoliers/ collégiens au sein de l'établissement scolaire en dehors des heures de classe.	172
Tableau 114 : Activités artistiques ou musicales personnels parmi les écoliers/ collégiens pratiquant la musique	174
Tableau 115 : Activités les plus fréquemment pratiquées par les écoliers/ collégiens en dehors de l'école par heures/jour	175
Tableau 116 : Activités les plus fréquemment pratiquées par les écoliers/ collégiens chez eux	177
Tableau 117 : Modèle de catégories des niveaux d'activités physiques, exprimés en dépense d'énergie (kJ/kg/jour) pour l'âge biologique, la condition physique et l'étude anthropométrique chez les sujets.....	193

Liste des Figures

Figure 1 Pyramides des âges BOGOTA 2010	11
Figure 2 Les cinq phases de l'étude QAPACE	14
Figure 3 : diagramme des dimensions de l'aptitude physique (129)	48
Figure 4 : Stratification socio- économique par quartiers dans la ville de Bogota	58
Figure 5: QAPACE Diagramme « Consort » de flux des écoles sélectionnées	67
Figure 6: Diagramme « Consort » résumant la sélection des écoliers/ collégiens.....	68
Figure 7 : Etude Test-Retest (Bland & Altman) différence des estimations quotidiennes des dépenses d'énergie entre les périodes de test-retest par rapport à leur moyenne correspondant à la totalité de l'échantillon.	80
Figure 8 : Étude test-retest (Diagramme de Bland & Altman) : différence des estimations quotidiennes de dépenses d'énergie par rapport à leur moyenne correspondante de l'échantillon restreint aux garçons.....	80
Figure 9 : Étude test-retest: (Bland & Altman) différence des estimations quotidiennes de dépenses d'énergie par rapport à leur moyenne correspondante de l'échantillon restreint aux filles	81
Figure 10 : échantillon de validation. Corrélation entre tests direct et indirect de mesure de VO ₂ (test de Léger).....	84
Figure 11 : Echantillon de validation. Graphique Bland-Altman montrant la relation entre la dépense énergétique quotidienne moyenne et le pic de VO ₂ directe basée sur les valeurs correspondantes de la VO ₂ directe et la moyenne DEJ. Les 2 grandeurs, exprimées dans des unités différentes, sont comparées à partir de leurs rangs respectifs.....	86
Figure 12 : Graphique Bland-Altman montrant la relation entre la dépense énergétique quotidienne moyenne et la VO ₂ indirecte, basée sur les valeurs correspondantes de la VO ₂ indirecte et la moyenne DEJ. Les 2 grandeurs, exprimées dans des unités différentes, sont comparées à partir de leurs rangs respectifs.....	86
Figure 13 : Moyenne de la dépense d'énergie en valeurs absolues (MJ/jour) en fonction de l'âge selon le genre	91
Figure 14 : Moyenne de dépense d'énergie (kJ/kg/jour) selon l'âge et le genre	93
Figure 15 : Dépense énergétique journalière (DEJ) des garçons et les filles selon l'âge	97
Figure 16 : Dépense d'énergie journalière (DEJ), des garçons et filles selon le Niveau Socioéconomique (SEL)	98
Figure 17 : énergétique journalière (DEJ) par sexe, âge et niveau socioéconomique (SEL)	98
Figure 18 : Distribution en percentiles de la dépense moyenne d'énergie en kJ/kg/jour, chez les garçons en fonction des tranches d'âge	100
Figure 19 : Distribution en percentiles de la dépense moyenne d'énergie en kJ/kg/jour, chez les filles en fonction des tranches d'âge.	100
Figure 20 : Distribution en percentiles de la dépense moyenne d'énergie en kJ/kgmaigre/jour, chez les garçons en fonction des tranches d'âge.....	102
Figure 21 : Distribution en percentiles de la dépense moyenne d'énergie en kJ/kgmaigre/jour, chez les filles suivant l'âge et le poids maigre.....	102

Figure 22 : Distribution en percentiles de la taille en cm des garçons de l'échantillon en fonction des tranches d'âge.....	105
Figure 23 : Distribution en percentiles de la taille en cm des filles de l'échantillon en fonction des tranches d'âge.....	106
Figure 24 : Distribution en percentiles du poids en kg des garçons de l'échantillon.....	109
Figure 25 : Distribution en percentiles du poids en kg des filles de l'échantillon, en fonction des tranches d'âge.....	110
Figure 26 : Distribution en percentiles de la surface corporelle (m ²) chez les garçons de l'échantillon en fonction des tranches d'âge.	112
Figure 27 : Distribution en percentiles de la surface corporelle (m ²), des filles de l'échantillon en fonction des tranches d'âge.....	113
Figure 28 : Distribution en percentiles des indices de Masse Corporelle des garçons de l'échantillon en fonction des tranches d'âge	115
Figure 29 : Distribution en percentiles des indices de Masse Corporelle des filles de l'échantillon en fonction des tranches d'âge.....	116
Figure 30 : Distribution en percentiles du pourcentage de graisse des garçons en fonction des tranches d'âge	118
Figure 31 : Distribution en percentiles du pourcentage de graisse des filles en fonction des tranches d'âge	119
Figure 32 : Distribution en percentiles du pourcentage de masse maigre des garçons en fonction des tranches d'âge.....	122
Figure 33 : Distribution en percentiles du pourcentage de masse maigre des filles en fonction des tranches d'âge.....	123
Figure 34 : Distribution du somatotype chez les garçons et les filles dans l'étude QAPACE en fonction des tranches d'âge.....	125
Figure 35 : Pourcentages cumulés du nombre de jeunes filles ayant présenté leur ménarche dans l'étude QAPACE pour chaque groupe d'âge chronologique.	131
Figure 36 : Comparaison des moyennes des tailles entre les garçons et les filles en.....	146
Figure 37 : Variation avec l'âge du gain de hauteur (cm) chez les garçons et les filles.....	147
Figure 38 : Comparaison entre les garçons et les filles, du poids (kg) en fonction de la tranche d'âge.	148
Figure 40: Relation entre la dépense d'énergie journalière (kJ/kg/jour) et l'âge chez les garçons.....	149
Figure 39: Variation avec l'âge du gain de poids (kg) chez les garçons et les filles.....	149
Figure 41 : Relation entre la dépense d'énergie (kJ/kg/jour) et l'âge des garçons.....	150
Figure 42: Relation entre la dépense d'énergie (kJ/kg/jour) et l'âge des filles.....	154
Figure 43 : Evolution de la masse maigre en fonction de l'âge selon le genre	155
Figure 44 : Mesure du VO _{2max} (L/min) non ajusté chez les garçons et les filles de 8- 16 ans par la méthode indirecte (Test de Léger).....	170
Figure 45 : Mesure du VO ₂ max rapporté au poids (ml/kg/min) chez les garçons et les filles de 8- 16 ans par la méthode indirecte (Test de Léger).....	171
Figure 46 : Pourcentage des activités pratiquées par les écoliers/ collégiens au sein de l'établissement scolaire en dehors des heures de classe	173

<i>Figure 47 : Participation des écoliers/ collégiens à une activité artistique ou musicale en dehors de l'école</i>	174
<i>Figure 48 : Activités les plus fréquemment pratiquées par les écoliers/ collégiens en dehors de l'école, exprimées en heures/jour.....</i>	176
<i>Figure 49 : Activités les plus fréquemment pratiquées par les écoliers/ collégiens chez eux.....</i>	177
<i>Figure 50 : Distribution de la moyenne du Somatotype, selon âge chez les garçons (nuage rouge) et les filles (nuage bleue) dans l'étude QAPACE.....</i>	187