

La dépense énergétique liée à l'activité physique et à la composition corporelle chez les jeunes

Anne-Julie Vial

Conseillère : Katarina Melzer

Co-conseiller : Urs Mäder

Travail de Master pour l'obtention du titre Master of Science, Unité
« Sciences du Mouvement et du Sport », Département de médecine,
Université de Fribourg

Juin 2013

SOMMAIRE

1. RESUME	4
2. INTRODUCTION	5
2.1.INTRODUCTION A LA THEMATIQUE	5
2.2.DEFINITIONS	7
2.2.1. QUOTIENT RESPIRATOIRE (QR)	7
2.2.2. TAUX METABOLIQUE AU REPOS (TMR)	8
2.2.3. DEPENSE ENERGETIQUE AU REPOS (DER)	10
2.2.4. DEPENSE ENERGETIQUE A L'ACTIVITE (DEA)	10
2.2.5. DEPENSE ENERGETIQUE TOTALE (DET)	10
2.2.6. FREQUENCE CARDIAQUE DE SOMMEIL	11
2.2.7. THERMOGENESE ALIMENTAIRE (TA)	11
2.2.8. TAUX D'ACTIVITE PHYSIQUE (TAP)	11
2.2.9. LA CONSOMMATION D'OXYGENE MAXIMALE (VO ₂ MAX)	12
2.2.10.EQUIVALENT METABOLIQUE (MET)	12
2.2.11.COMPOSITION CORPORELLE	13
2.2.12.INDEX DE MASSE CORPORELLE (IMC)	14
2.3.CONTEXTE ET SITUATION INITIALE	16
2.4.ETUDE APPROFONDIE DE LA LITTERATURE	17
2.5.QUESTIONS DE RECHERCHE ET BUTS PRINCIPAUX ET SECONDAIRES	30
3. METHODE	32
3.1.COMMISSION D'ETHIQUE	32
3.2.CHOIX DES PARTICIPANTS	32
3.3.CRITERES DE SELECTION	33
3.4.INSTRUMENTS	34
3.4.1. LA COMPOSITION CORPORELLE	34
3.4.2. LA DEPENSE ENERGETIQUE QUOTIDIENNE	35
3.5.MESURES ANTHROPOMETRIQUES	38
3.6.STADE PUBERTAIRE	38
3.7.STATISTIQUE	38
3.8.DEROULEMENT	39

3.9.ANALYSE DES DONNEES	43
4. RESULTATS	46
4.1.DESCRPTION DES PARTICIPANTS	46
4.2.ANALYSE STATISTIQUE SELON LE SEXE	46
4.2.1. CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES	46
4.2.2. DEPENSES ENERGETIQUES	47
4.2.3. COMPOSITION CORPORELLE	49
4.3.ANALYSE STATISTIQUE SELON L'AGE ET LE SEXE	50
4.3.1. CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES	52
4.3.2. DEPENSES ENERGETIQUES	53
4.3.3. COMPOSITION CORPORELLE	55
4.4.ANALYSE DE LA DEA/MM	56
4.4.1. EN FONCTION DU SEXE ET DE L'AGE	56
4.4.2. EN FONCTION DU STADE PUBERTAIRE	57
4.5.INFLUENCE DE LA DEA SUR LA COMPOSITION CORPORELLE	57
4.6.FACTEURS INFLUENÇANT LA CORRELATION ENTRE DEA ET COMPOSITION CORPORELLE	57
5. DISCUSSION	58
6. CONCLUSION	66
7. REFERENCES	68
8. ANNEXES	73
9. REMERCIEMENTS	100
10. DECLARATION PERSONNELLE	101
11. DROITS D'AUTEUR	101

1. RESUME

Les problèmes de santé liés au surpoids sont de plus en plus fréquents chez les enfants et les adolescents. Il n'existe actuellement aucune base de données recensant les dépenses énergétiques des jeunes en Suisse. Différentes approches et méthodes ont été imaginées afin de déterminer le plus précisément possible les relations entre activité physique et dépenses énergétiques chez les enfants et les adolescents. Des investigations plus développées au moyen d'instruments à la pointe de la technologie restent toutefois nécessaires dans le domaine. Le but de cette étude est de mesurer les dépenses énergétiques des activités physiques chez des adolescents âgés de 12 à 14 ans. De plus, une estimation de la corrélation entre l'activité physique et la composition corporelle ainsi qu'une comparaison des dépenses énergétiques entre les garçons et les filles sont réalisées. Cette étude est la première investigation mesurant le niveau d'activité physique de soixante adolescents suisses volontaires en utilisant des méthodes minutieuses dans un milieu de vie libre. Un appareil léger combinant la détection des mouvements ainsi que la fréquence cardiaque est utilisé pour mesurer la dépense énergétique quotidienne. La composition corporelle est mesurée avec la technique « dual-energy X-ray absorptiometry ». Les résultats de cette étude montrent que les jeunes en Suisse adoptent généralement un mode de vie sédentaire, ce qui peut avoir des conséquences négatives sur leur santé. Aussi, nous constatons que l'activité physique est en corrélation avec la masse grasse chez les garçons uniquement, ce qui signifie que pour une même dépense énergétique à l'activité chez les garçons et chez les filles, les effets sur la composition corporelle ne sont pas identiques. En conclusion, nous relevons l'importance d'apporter un ajustement aux recommandations en matière d'activité physique par rapport au sexe.

2. INTRODUCTION

2.1. Introduction à la thématique

Le terme « équilibre » est un thème très actuel de la recherche dans le domaine de la santé. Que ce soit sur le plan alimentaire ou au niveau de l'activité physique, la notion de vie équilibrée fait l'objet de nombreuses investigations et suscite l'intérêt d'une certaine partie de la population. Pourtant, nous pouvons actuellement constater un effet paradoxal quant à cette idée de bien-être. En effet, malgré de nombreux projets de tout genre dont le but commun est la promotion de la santé, différents types de produits tout à fait contradictoires avec cette idée sont créés à des fins commerciales et économiques de manière très attractive pour la population.

Depuis les dernières décennies, on remarque un changement fondamental de la population sur le plan social et au niveau du style de vie (Goran et al., 1995 ; Hoos et al., 2003). Deux axes principaux sont touchés par cette évolution. Tout d'abord, les contraintes de la société du vingt et unième siècle poussent la population à se tourner vers un mode d'alimentation rapide, simple et bon marché. Ce type de denrées alimentaires consiste en des aliments transformés et souvent riches en calories et est inadapté à nos besoins quotidiens. Ensuite, le développement de la société dans les pays industrialisés et notamment dans les zones urbaines incite la population à devenir de plus en plus sédentaire au quotidien (Yamauchi et al., 2007). Effectivement, on constate une baisse d'activité physique générale qui trouve sa cause dans plusieurs phénomènes. Par exemple, l'augmentation de postes de travail nécessitant peu de mouvement ou l'évolution des techniques qui facilitent le travail des ouvriers, l'évolution des activités de loisirs de plus en plus tournées vers les produits informatiques, le développement de la TV et des médias ou encore l'accès aux moyens de transport motorisés. En Suisse (Suter & Ruckstuhl, 2006), seuls 25% de la population peut être décrite comme active et la population provenant de milieux urbains semble moins active que la population venant de milieux ruraux. Aussi, la TV et les médias ont une influence inestimable sur l'activité physique des suisses et leur IMC.

Ces changements ont un impact considérable sur la santé de la population. En effet, une alimentation déséquilibrée ainsi que le manque de mouvement sont des facteurs du surpoids (Weinsier et al. 1998 cité par Roemmich et al., 2000). Il existe une forte corrélation négative entre taux d'activité et obésité (Ness et al., 2007). On dénombre actuellement de plus en plus de cas d'obésité et de problèmes de santé liés au surpoids tels que les maladies cardiovasculaires et le diabète (Guinhouya et al., 2013 ; Harrel et al., 2005 ; Hoos et al., 2003). Ce phénomène est en augmentation chez les adultes, mais aussi chez les enfants et les adolescents. En Suisse, on dénombre 10-45% d'adultes et 3-20% d'enfants en surpoids, et 4-15% d'adultes et 0-6% d'enfants obèses selon les régions, le sexe et l'âge (Suter & Ruckstuhl, 2006). Riddoch et al. (2007) ont conduit une étude sur les activités physiques des enfants âgés de 11 ans. Ils constatent que bien que les enfants bougent deux fois plus que les adultes, cela ne reste tout de même pas suffisant pour limiter les risques de surpoids. Strong et al. (2005) relèvent également différents effets bénéfiques de l'activité physique sur la santé des jeunes, autant sur la santé musculo-squelettique, que sur la santé cardiovasculaire, l'adiposité ou encore la pression sanguine. D'ailleurs, le regroupement d'experts FAO/WHO/UNU (2001) mentionne qu'une activité physique régulière chez les enfants en conjonction avec une alimentation équilibrée sont un facteur de santé et de bien-être à l'âge adulte. Trop de jeunes ont tendance à bouger de moins en moins et n'atteignent pas les recommandations en terme de taux d'activité quotidienne (Janssen et al., 2007).

Il est désormais important de s'adapter aux différents changements opérant sur la population. De grandes campagnes ont déjà fait quelques avancées dans la promotion d'une alimentation saine et d'activités physiques régulières afin de contribuer à une balance énergétique saine chez les jeunes (Brug et al. 2010 cité par Herzig et al. 2012). Il est toutefois nécessaire de réaliser davantage d'études dans le domaine. Des recherches sur le corps humain concernant les besoins énergétiques journaliers ainsi que l'utilisation des réserves énergétiques sont déjà bien fournies pour les adultes. Il est maintenant indispensable d'approfondir nos connaissances sur la manière dont les jeunes assimilent leur nourriture et surtout comment ils utilisent leur énergie lors d'activités physiques. De nombreuses études ont déjà été réalisées dans différents pays dans le but de

déterminer le taux d'activité physique recommandé durant l'enfance et l'adolescence afin de prévenir les problèmes liés au surpoids (Guinhouya et al., 2013 ; Janssen et al., 2007 ; Strong et al., 2005). Ce type de recherche n'est cependant pas encore très développé en Suisse. Cette étude fournira donc une base de données supplémentaire concernant les jeunes en Suisse et sera utile pour la conduite d'études futures dans le domaine.

Le but de cette recherche est premièrement de découvrir quelles sont les dépenses énergétiques des enfants et des adolescents dans un milieu libre. Dans un deuxième temps, l'analyse des résultats fournira des informations intéressantes concernant les différences entre les filles et les garçons en terme de dépense énergétique, de niveau d'activité physique ainsi que sur le plan morphologique. De même, de telles informations concernant différents groupes d'âge pourront également être traitées. Aussi, une analyse de la composition corporelle permettra de mettre en évidence le lien entre masse grasse, niveau d'activité physique et dépense énergétique quotidienne.

2.2. Définitions

Afin de mieux cibler et comprendre les différentes notions abordées tout au long de ce travail, voici quelques définitions.

2.2.1. Quotient respiratoire (QR)

Selon Wilmore & Costill (2006), le quotient respiratoire (QR) est une valeur indiquant le rapport entre le volume de gaz carbonique (VCO_2) produit et le volume d'oxygène (VO_2) consommé par unité de temps. Le QR peut être mesuré par calorimétrie indirecte car cette méthode permet de mesurer précisément les quantités d' O_2 consommé ainsi que de CO_2 rejeté.

Dans le corps, différents processus chimiques ont lieu afin de faire fonctionner l'organisme. Pour cela, le corps utilise une forme d'énergie chimique appelée ATP. Pour obtenir cette énergie sous la bonne forme, l'organisme doit transformer l'énergie contenue dans les macronutriments (protides, glucides, lipides) grâce à des réactions de phosphorylation oxydative qui utilisent l'oxygène

et produisent du gaz carbonique. La consommation d'O₂ et la production de CO₂ varient en fonction du type de substrat considéré, c'est le nombre de carbones contenus dans le substrat qui détermine la quantité d'O₂ nécessaire. Le quotient respiratoire n'est donc pas identique lorsque l'organisme oxyde des glucides (1), des lipides (0.7) ou des protides (0.8).

Le tableau suivant (Tab. 1) illustre un équivalent calorique du QR :

Tab. 1: Equivalent calorique du quotient respiratoire (QR)
(Wilmore & Costill, 2006, p. 116)

QR	Energie (kcal/LO₂)
0.71	4.69
0.75	4.74
0.80	4.80
0.85	4.86
0.90	4.92
0.95	4.99
1	5.05

2.2.2. Taux métabolique au repos (TMR)

Selon Wilmore & Costill (2006), le taux métabolique au repos (TMR) ou métabolisme de base correspond à la dépense d'énergie minimum quotidienne permettant à l'organisme de survivre. Il est mesuré au repos complet (après 8h de sommeil), à jeun (au moins 10 heures), dans une atmosphère calme et à température constante. Il correspond à l'énergie nécessaire pour maintenir les fonctions de base de l'organisme : rythme cardiaque, température, respiration, etc. Il représente environ 60% de la dépense énergétique globale quotidienne et varie en fonction de la masse des tissus maigres (muscles, foie, cœur, etc.). Plus la masse maigre est importante plus le TMR est élevé. Il diminue avec l'âge et est plus important chez l'homme que chez la femme en raison de leur masse maigre plus élevée. Aussi, le TMR augmente avec la surface corporelle. D'autres facteurs peuvent influencer le TMR : la température corporelle, le stress et les hormones.

Le TMR peut être calculé par une équation en fonction de l'âge, du sexe et des caractéristiques morphologiques. Il existe différentes équations dont voici un exemple utilisé par le programme Software Actiheart (Camntech, 2010).

Equation de Schofield

Enfants et adolescents :

Age (ans)	Garçon	Fille
<3	$0.167 \times P + 1517.4 \times T - 617.6$	$16.252 \times P + 1023.2 \times T - 413.5$
3-10	$19.59 \times P + 130.3 \times T + 414.9$	$16.969 \times P + 161.8 \times T + 371.2$
10-18	$16.25 \times P + 137.2 \times T + 525.5$	$8.36 \times P + 465 \times T + 200$

Adultes :

Age (ans)	Homme	Femme
18-30	$(0.063 \times P + 2.896) \times 238.846$	$(0.062 \times P + 2.036) \times 238.846$
30-60	$(0.048 \times P + 3.653) \times 238.846$	$(0.034 \times P + 3.538) \times 238.846$
>60	$(0.049 \times P + 2.459) \times 238.846$	$(0.038 \times P + 2.755) \times 238.846$

P = poids en kilogramme, T = taille en mètre

Le TMR est calculé en kcal/j

Selon Wilmore & Costill (2006), le TMR peut aussi être mesuré par calorimétrie indirecte, il s'agit de la mesure des échanges gazeux (consommation d'O₂ et production de CO₂) afin de déterminer le débit métabolique au repos. Un individu consomme environ 0.3 L d'O₂ par minute, ce qui équivaut à 432 L par jour. La valeur du QR vaut entre 0.78 et 0.8 au repos, ce qui équivaut à 4.8 kcal. La connaissance du QR ainsi que de la consommation d'O₂ par jour permet alors de calculer la dépense calorique quotidienne :

$$\begin{aligned} \text{Dépense calorique} &= \text{litres d'O}_2 \text{ consommé par jour} \times \text{kcal utilisées par litre d'O}_2 \\ &= 432 \text{ LO}_2/\text{j} \times 4.8 \text{ kcal/LO}_2 = 2074 \text{ kcal/j} \end{aligned}$$

Généralement, le TMR varie entre 1200 kcal/j et 2400kcal/j.

2.2.3. Dépense énergétique au repos (DER)

Selon Martin et al. (2006), la dépense énergétique au repos (DER) correspond à l'énergie dépensée à l'état de repos, chez un individu à jeun et éveillé dans un climat thermoneutre. Comme le métabolisme de base, elle représente la dépense d'énergie minimum quotidienne permettant à l'organisme de survivre, mais elle est 10% plus élevée que celui-ci en raison du tonus musculaire lié à l'éveil.

Il est également possible de la calculer par calorimétrie indirecte ou par une équation. Harris et Benedict (1918) proposent la formule suivante :

Hommes :

$$\text{DER} = 66.473 + (13.7516 \times P) + (5.0033 \times T) - (6.755 \times A)$$

Femmes :

$$\text{DER} = 655.0955 + (9.5634 \times P) + (1.8496 \times T) - (4.6756 \times A)$$

P = poids en kilogramme, T = taille en centimètre et A = âge en année

La DER est calculée en kcal/j

2.2.4. Dépense énergétique à l'activité (DEA)

Il s'agit de la quantité d'énergie dépensée lors des activités physiques uniquement (déplacements et mouvements quotidiens, sport, jeu, etc.). Cette valeur ne comprend pas le métabolisme de base. Toute activité physique provoque une augmentation des besoins énergétiques, car à l'exercice, la consommation d'oxygène est plus élevée. Selon l'équation décrite ci-dessus, une consommation d'O₂ plus élevée donne une dépense calorique également plus élevée (Wilmore & Costill 2006).

2.2.5. Dépense énergétique totale (DET)

La dépense énergétique totale (DET) correspond à l'énergie totale dépensée sur une journée. Elle se calcule de la manière suivante :

$$\text{DET} = \text{TMR} + \text{DEA} + 10\% \text{ de TMR}$$

Cette valeur correspond à la quantité d'énergie totale nécessaire pour subvenir aux besoins du corps durant une journée. Les 10% de TMR représentent la thermogenèse.

2.2.6. Fréquence cardiaque de sommeil

Au repos, la contraction cardiaque provoquée par le nœud sinusal devrait se situer entre soixante à huitante fois par minute chez un sujet normal. Cette valeur augmente sous l'effet de différents stimuli (mouvements, émotions, etc.) et diminue durant le sommeil. La fréquence cardiaque durant le sommeil devrait donc être inférieure à 80 bpm chez les sujets sains. Elle a tendance à diminuer avec l'âge. (Ganong, 2005)

2.2.7. Thermogenèse alimentaire (TA)

Après un repas, la digestion des aliments ingérés implique une dépense d'énergie due à l'absorption intestinale, au stockage et à la transformation des nutriments. Cette dépense est proportionnelle à la quantité de la prise alimentaire et correspond à environ 10% de la dépense énergétique totale d'un individu. Elle varie en fonction du type d'aliments ingérés (protides, glucides, lipides). (Ader et Carré, 2006).

2.2.8. Taux d'activité physique (TAP)

Le taux d'activité physique (TAP) est une valeur exprimant l'activité physique quotidienne d'un individu. Il se calcule par le rapport entre la dépense énergétique totale quotidienne et le taux métabolique au repos.

Cette valeur peut être utilisée pour estimer la dépense énergétique totale. Elle est d'ailleurs utilisée en combinaison du taux métabolique au repos dans le but de déterminer la quantité de calories qu'une personne peut consommer afin de maintenir ou modifier son mode de vie. (FAO/WHO/UNU, 2001)

Le tableau ci-dessous (Tab. 2) indique les différentes valeurs du taux d'activité physique en fonction du mode de vie.

Tab. 2 : Taux d'activité physique (TAP) pour différents mode de vie
(FAO/WHO/UNU, 2001, p. 38)

Mode de vie	Taux d'activité physique
Extrêmement inactif	< 1.40
Sédentaire	1.40 – 1.69
Modérément actif	1.70 – 1.99
Vigoureusement actif	2.00 – 2.40
Extrêmement actif	> 2.40

2.2.9. La consommation d'oxygène maximale (VO₂max)

La consommation d'oxygène maximale, VO₂max, est le volume maximal d'oxygène qu'un être humain peut consommer par unité de temps lors d'un exercice aérobie maximal. Une valeur élevée de la VO₂max est un indicateur de bonne performance sportive pour les épreuves d'endurance.

La VO₂max s'exprime en L/min ou en ml/kg/min afin de spécifier cette valeur en fonction de la masse corporelle.

Chez un jeune homme sain, la VO₂max est de l'ordre de 38ml/kg/min, tandis que chez une jeune femme saine elle s'élève à 29ml/kg/min. Concernant les enfants, la valeur de la VO₂max est généralement plus élevée et n'est pas différente chez les filles que chez les garçons. (Ganong, 2006).

2.2.10. Equivalent métabolique (MET)

L'équivalent métabolique (MET) permet d'évaluer l'intensité de l'activité physique ainsi que la dépense énergétique. Le MET se mesure en fonction de la consommation d'oxygène. Au repos, cette consommation s'élève à 3,5 ml/kg/min et équivaut à 1 MET. Cela signifie donc que 1 MET correspond à l'énergie nécessaire pour rester tranquillement assis (Wilmore & Costill, 2006). Ainsworth et al. (1993, 2000) ont établi une échelle d'équivalence métabolique, appelée Compendium, pour différents types d'activités. Cette échelle va de 0.9 MET, correspondant au sommeil, à 18 MET, correspondant à une activité physique

intense telle que de la course à plus de 17.5 km/h. Le Compendium a été créé pour les adultes et n'est donc pas directement applicable pour les enfants.

2.2.11. Composition corporelle

La composition corporelle représente les répartitions respectives des principaux constituants du corps humain. Il s'agit donc de la masse grasse et de la masse maigre.

La masse maigre (MM) est l'ensemble des tissus non gras du corps. Elle comprend la peau, les muscles, les organes, les os ainsi que l'eau corporelle. Elle constitue la partie des tissus la plus active d'un point de vue métabolique, elle est donc responsable de la majorité des dépenses énergétiques de l'organisme.

La masse grasse (MG) se trouve sous deux formes dans le corps. La première forme est la graisse essentielle au fonctionnement physiologique du corps. Elle se situe dans différents organes (cœur, poumons, moelle osseuse, viscères, système nerveux central) ainsi que dans certaines parties lipidiques du corps telles que les seins pour les femmes. Ce type de masse grasse est indispensable au bon fonctionnement physiologique de l'organisme. La deuxième forme est la graisse dite de dépôt qui s'accumule principalement sous la peau ainsi qu'autour des organes internes. Ses deux principaux rôles sont une fonction isolante (sous-cutané) ainsi qu'une protection en cas de traumatisme (autour des organes). Cette masse grasse de dépôt constitue une réserve d'énergie essentielle pour l'organisme.

Plusieurs techniques permettent de mesurer la composition corporelle, comme par exemple les techniques de laboratoire telles que la densitométrie, la radiographie, la tomographie, l'imagerie par résonance magnétique (IRM), l'hydrométrie, la conductivité électrique du corps, l'absorptiométrie biphotonique ou encore la pléthysmographie. Il existe également d'autres techniques dites de terrain comme la mesure des plis cutanés ou l'impédance bioélectrique. (Wilmore & Costill, 2006)

2.2.12. Index de masse corporelle (IMC)

L'index de masse corporelle (IMC) est une norme internationale adoptée pour déterminer la corpulence d'une personne en fonction de sa taille et de son poids. L'IMC est calculé de la manière suivante :

Poids (kg) divisé par la taille (m) au carré

Exemple : $60\text{kg} / (1.7\text{m})^2 = 20.76$

Chez les adultes un poids normal se situe entre 18.5 et 24.9, en revanche la courbe de l'IMC pour les enfants et adolescents est différente de celle des adultes. Des courbes adaptées aux filles et aux garçons âgés de 0 à 18 ans ont été élaborées au cours des dix dernières années. Les figures suivantes (Fig. 1) illustrent les diagrammes de croissance pour les enfants et les adolescents âgés de 0 à 18 ans.

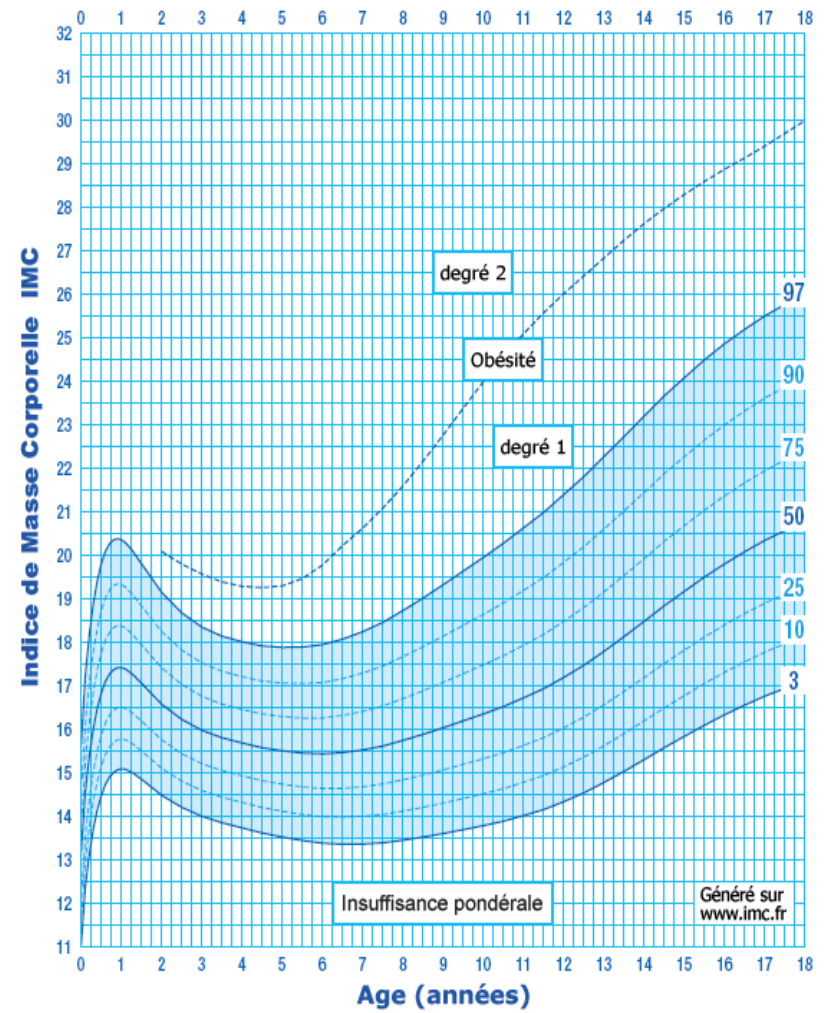
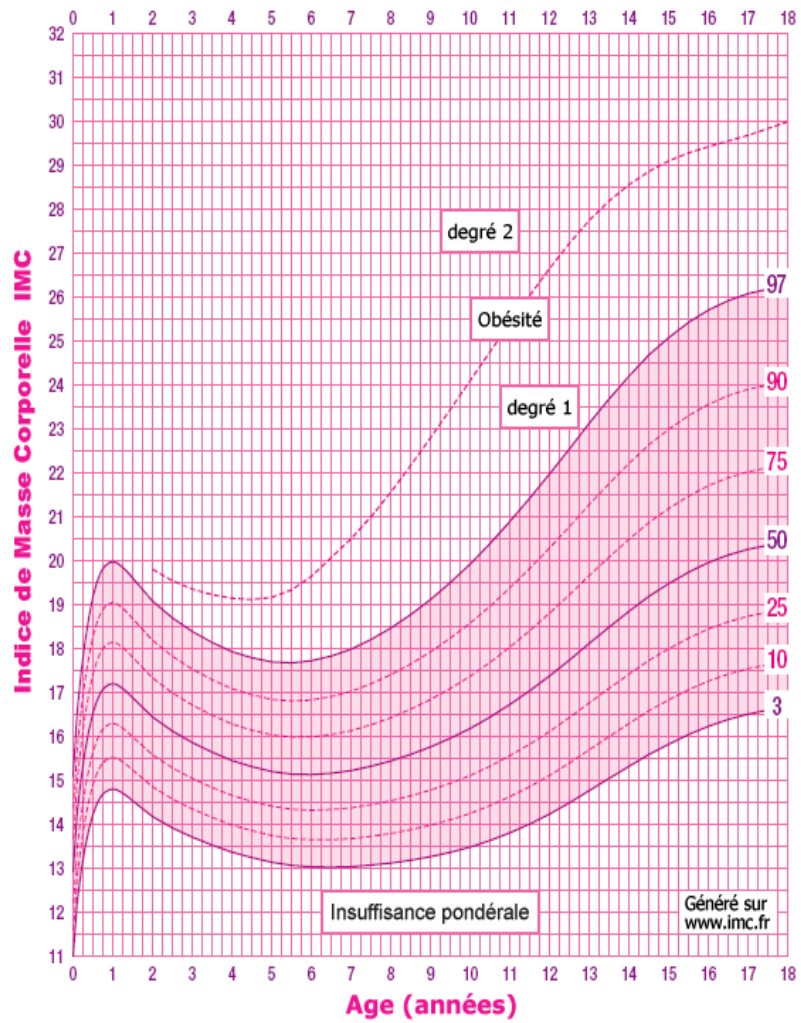


Fig. 1 : Courbe de corpulence pour les filles et les garçons âgés de 0 à 18 ans
 (<http://www.imc.fr/images/courbe-corpulence-fille.gif>) et (<http://www.imc.fr/images/courbe-corpulence-garcon.gif>)

2.3. Contexte et situation initiale

De nombreuses études ont déjà traité les différences entre les dépenses énergétiques chez les jeunes versus chez les adultes et montrent des résultats unanimes : les jeunes ne dépensent pas leur énergie de la même manière que les adultes, en raison de plusieurs facteurs tels que le métabolisme de base, la croissance et la puberté et la composition corporelle (Bitar et al., 1999 ; Goran et al., 1995 ; Roemmich et al., 2000). Bien qu'il soit déjà démontré que les enfants et adolescents n'ont pas le même métabolisme de base que les adultes et qu'ils ne dépensent pas leur énergie de la même manière (Harrell et al., 2005 ; US Department Of Health And Human Services, 1996), il est encore nécessaire d'acquérir des données supplémentaires. Il n'existe actuellement aucune base de données recensant les dépenses énergétiques des enfants et des adolescents de Suisse. Ainsi, sans ces précieuses informations, il n'est pas possible de décrire de manière objective le taux d'activité physique qu'il serait recommandé de pratiquer pour les jeunes afin de limiter le surpoids. Jusqu'à ce jour, les bases de données concernant le lien entre les dépenses énergétiques, la composition corporelle et l'activité physique chez les adultes sont généralement bien fournies et fiables, mais il y a un grand manque à ce niveau concernant les jeunes, notamment pour la tranche d'âge 12-14 ans. Les filles semblent acquérir plus de masse grasse durant l'adolescence par rapport à l'enfance, malgré la même dépense énergétique (Roemmich et al., 2000). Les données recueillies par cette étude pourront alors nous fournir un premier aperçu concernant les différences entre les garçons et les filles en matière de dépenses énergétiques.

Différentes approches et méthodes ont été imaginées afin de déterminer le plus précisément possible les relations entre activité physique, dépense énergétique et composition corporelle chez les enfants et les adolescents et certaines recherches ont pour but de créer ou de valider des modèles d'équation pour la mesure de la dépense énergétique (Alhassan et al., 2012 ; Audrey et al., 2012 ; Butte et al., 2010 ; Choi et al., 2010 ; Corder et al., 2005, 2008 ; Zakerie et al., 2008, 2009). De nombreuses études, dont la taille, le budget et les ressources varient, se sont intéressées à la manière d'identifier la méthode la plus appropriée pour déterminer les dépenses énergétiques chez les jeunes (de

Graauw et al., 2010 ; Eston et al., 1998). Butte et al. (2012) dénombrent six principales méthodes de mesures déjà testées : podomètre, capteur de charge/alimentation, accéléromètre, cardiofréquencemètre, combinaison entre accéléromètre avec cardiofréquencemètre et différents capteurs multiples. Des investigations plus développées au moyen d'instruments à la pointe de la recherche restent toutefois nécessaires dans le domaine. Cette étude sera la première investigation mesurant le niveau d'activité physique chez les adolescents suisses en utilisant des méthodes minutieuses dans un milieu de vie libre. Pour l'instant, la récolte de données était effectuée par des moyens approximatifs tels que le podomètre ou l'accéléromètre. Selon Barreira et al. (2009) et Butte et al. (2012), ces appareils ont chacun leurs limites concernant l'estimation de la dépense énergétique en fonction de l'activité physique dans un environnement libre. Dans la présente étude, un appareil léger (10 gr) combinant la détection des mouvements ainsi que la fréquence cardiaque (Actiheart ; Cambridge Neurotechnology Ltd, Papworth, United Kingdom) sera utilisé pour mesurer la dépense énergétique, la dépense liée à l'activité physique et à son intensité. Cette mesure est analysée toutes les 24 heures en enregistrant la fréquence cardiaque ainsi que les accélérations du corps. C'est actuellement la méthode la plus précise utilisée pour quantifier le niveau et l'intensité de l'activité physique dans un environnement naturel (Barreira et al., 2009 ; Butte et al., 2012).

2.4. Etude approfondie de la littérature

Dans la littérature, de nombreux chercheurs se sont déjà penchés sur le thème des dépenses énergétiques des enfants et des adolescents. Chaque étude a été réalisée dans des conditions différentes et les objectifs sont variés. Afin de pouvoir analyser et comparer les résultats de cette étude, voici une description détaillée de quelques articles dont les résultats sont directement en lien avec les différentes thématiques évoquées dans ce présent travail.

Toutes les valeurs mesurées dans les différentes études exposées ci-dessous sont regroupées dans des tableaux (Tab. 3 et 4). Ces deux tableaux contiennent

également des données d'articles non présentés ci-dessous en raison de leurs thématiques qui ne sont pas directement en lien avec cette présente étude.

L'étude de Bandini et al. (1990) porte sur les dépenses énergétiques d'adolescents âgés de 12 à 18 ans obèses et non-obèses. Le TMR est mesuré par calorimétrie indirecte et la composition corporelle par analyse d'urine. Les chercheurs obtiennent qu'il n'y a aucune différence significative concernant le poids et la MM parmi les obèses et non-obèses, et ni parmi l'âge et le sexe. Le TMR est significativement plus élevé chez les adolescents obèses et il existe une corrélation entre le TMR et la MM autant parmi les non-obèses et obèses que parmi le sexe. Ils suggèrent également que le développement pubertaire est responsable de la variation du TMR. Concernant la DET, elle est corrélée avec le TMR et avec la MM. La DET est significativement plus élevée chez les adolescents obèses que non-obèses. De plus, la MG corrèle avec le poids chez les garçons et les filles. Bandini et al. concluent que le TMR et la DET sont plus élevés chez les obèses.

Bitar et al. (1999) ont mené une étude sur les facteurs variables et déterminants de la dépense énergétique durant la puberté et l'adolescence. Huitante-trois enfants et adolescents âgés de 10 à 16 ans et répartis en quatre groupes d'âge ont participé à cette étude qui s'est déroulée durant le printemps et l'automne. L'objectif principal est de déterminer l'effet du sexe, du stade pubertaire, de la composition corporelle, de la forme physique ainsi que de la saison sur les variations de la dépense énergétique quotidienne. La dépense énergétique est mesurée par calorimétrie indirecte et selon un programme d'activités standardisé. La méthode de l'épaisseur des plis cutanés et l'analyse de la bio-impédance sont utilisées pour déterminer la composition corporelle. Le stade pubertaire est établi selon les cinq stades caractérisés par Marshall et Tanner. Suite à cela, les huitante trois participants ont été divisés en trois groupes : les jeunes prépubères, pubères et postpubères. Les résultats de l'étude montrent que la composition corporelle varie en fonction du sexe et de l'âge chronologique. Il n'y a cependant pas de différence significative entre la MM et la MG entre les filles et les garçons entre 10.5 et 12.6 ans. Le pourcentage de MG est significativement plus faible chez les garçons de 15 ans que chez les garçons de 12.6 ans ($p < 0.0001$), mais pas significativement différent chez les filles. Aussi, la

composition corporelle varie de manière significative selon le sexe et le stade pubertaire et cela surtout pour la MM ; la MG variant en fonction du stade pubertaire uniquement chez les filles et le pourcentage de MG variant en fonction du stade pubertaire uniquement chez les garçons. Leur étude montre que la DET varie en fonction du sexe, du stade pubertaire et de la saison. En effet, par rapport au sexe, elle est supérieure de 25% chez les garçons pubères et 21% chez les garçons postpubères en comparaison à la même catégorie de filles ($p < 0.0001$). Cette différence n'est pas observable chez les jeunes prépubères. Aussi, par rapport au stade pubertaire, la DET est plus élevée chez les jeunes pubères que chez les jeunes prépubères : de 38% chez les garçons ($p < 0.001$) et de 20% chez les filles ($p < 0.01$). De plus, Bitar et al. ont constaté que la DET a tendance à être plus élevée au printemps qu'en automne ($p < 0.1$). La DET ajustée à la MM est également significativement plus élevée chez les garçons que chez les filles ($p < 0.02$). Bitar et al. constatent également que le TMR varie de manière significative en fonction du sexe ($p < 0.001$), mais pas en fonction du stade pubertaire ($p < 0.07$). Aussi, ils remarquent que la DEA varie significativement en fonction du sexe et du stade pubertaire. En effet, la DEA est 16%, 28% et 26% plus élevée chez les garçons que chez les filles au stade prépubertaire, pubertaire et postpubertaire respectivement ($p < 0.02$, $p < 0.001$ et $p < 0.0001$). De même, la DEA est plus élevée chez les jeunes pubères que chez les prépubères, de 40% chez les garçons ($p < 0.001$) et de 26% chez les filles ($p < 0.002$). La DEA ajustée à la MM ne varie pas significativement avec le stade pubertaire et la saison, mais de manière significative en fonction du sexe ($p < 0.001$). Leurs résultats montrent également que la MM ($p < 0.001$), la saison ($p < 0.001$) et le sexe ($p < 0.04$) sont les trois facteurs influençant la DET. En conclusion, le stade pubertaire n'est pas un facteur déterminant de la DET chez les jeunes. Les différences de dépense énergétique entre les trois stades pubertaires sont généralement dues à des différences de composition corporelle, car la DET ajustée à la MM ne varie pas significativement avec le stade pubertaire. L'augmentation du métabolisme dû à des changements hormonaux peut être compensée par une augmentation de la DET résultant en une altération de la composition corporelle. Cependant, la DET ajustée à la MM est significativement plus élevée chez les garçons que chez les filles. La DET peut donc être prédite par les facteurs de la MM, du sexe et de la saison.

L'étude de Bratteby et al. (1998) porte sur les dépenses énergétiques de six cent adolescents suédois âgés de 15 ans. Les dépenses énergétiques sont mesurées par la méthode à l'eau doublement marquée (EDM). Les chercheurs remarquent qu'il n'y a pas de différence significative concernant le poids et l'IMC entre les sexes, par contre la taille et la MM sont significativement plus élevés chez les garçons et le pourcentage de MG plus élevé chez les filles ($p < 0.001$). Les résultats concernant les dépenses énergétiques expriment une différence significative entre les filles et les garçons concernant le TMR, la DET ainsi que la DEA qui sont tous trois plus élevés chez les garçons ($p < 0.001$). De même, la DEA ajustée à la MM est significativement plus élevée chez les garçons ($p < 0.05$). Aucune différence significative n'est à constater concernant le TAP. Bratteby et al. ont ensuite comparé leurs résultats avec ceux obtenus dans d'autres études et concluent qu'il y a une augmentation du poids et de la taille chez les adolescents suédois, mais que cela est en conflit avec un TAP bas et des dépenses énergétiques faibles. Ils concluent que les recommandations internationales concernant la prise alimentaire durant l'adolescence sont trop faibles.

L'étude de Colley et al. (2011) traite le thème des activités physiques chez des enfants et adolescents canadiens âgés de 6 à 17 ans. La mesure de l'activité physique est réalisée au moyen d'un accéléromètre, Actical, porté durant sept jours. Leurs résultats montrent que la sédentarité croît avec l'âge, que les garçons sont généralement plus actifs que les filles et que seuls 7% des participants atteignent les soixante minutes d'activité quotidienne recommandées. Aussi, 44% des participants réalisent les recommandations sur trois jours, ce qui laisse supposer que les jeunes canadiens ont tendance à avoir des activités physiques de longue durée durant certains jours plutôt que de réaliser une petite période d'activité physique quotidiennement. En conclusion, les auteurs constatent que les enfants et adolescents canadiens ont un niveau d'activité faible, ce qui peut conduire à un développement de maladies chroniques sur le long terme.

Contrairement à l'étude de Campbell et al. (2012), l'étude de Corder et al. (2005) montre des résultats positifs quant à l'utilisation de Actiheart sur des enfants pour la mesure de leur DEA. En effet, leur étude a pour objectif de comparer la DEA

mesurée avec différents appareils de mesure (Actigraph, Actical et Actiheart). Trente neuf enfants âgés de 13 ans en moyenne ont participé. Leur TMR a été mesuré par calorimétrie indirecte. Leurs résultats ne montrent aucune différence significative entre les sexes concernant l'âge, le poids, la taille, le pourcentage de graisse et le TMR. Par contre, la $VO_2\text{max}$ est significativement plus élevée chez les garçons que chez les filles ($p=0.003$). Suite à une analyse détaillée concernant les méthodes de mesures testées, les auteurs concluent que l'utilisation Actiheart sur des enfants est un bon moyen de mesurer leur DEA.

L'étude de Corder et al. (2009) a pour objectif de valider l'utilisation de quatre questionnaires pour déterminer l'activité physique et la dépense énergétique de jeunes répartis en trois groupes d'âge (4-5, 12-13 et 16-17 ans). Pour cela, ils mesurent la dépense énergétique par la méthode EDM, l'activité physique par Actigraph ainsi que par différents questionnaires. Leurs résultats montrent qu'il y a une différence significative entre les groupes d'âge pour la taille, le poids et l'IMC ($p<0.001$ pour chacun). Les auteurs constatent également une différence significative de la DET entre le premier groupe d'âge et les deux suivants ($p<0.001$), ainsi que pour le TAP entre le premier et le deuxième groupe ($p=0.006$). La DEA varie aussi de manière significative pour les trois groupes d'âge ($p<0.01$ pour les trois). Par rapport à la validation de leur objectif, Corder et al. concluent que tous les questionnaires ne sont pas valides pour la détermination de la DEA ainsi que la détermination du temps passé à des activités physiques modérées et intenses.

Harrell et al. (2005) ont réalisé une étude sur les dépenses énergétiques liées aux activités physiques chez les enfants et les adolescents. Cette étude porte sur deux cent nonante-cinq jeunes âgés entre 8 et 18 ans, répartis en dix filles et dix garçons pour chaque tranche d'âge. Différentes mesures ont été faites : la taille, le poids, l'index de masse corporelle, le stade pubertaire selon Marshall et Tanner, le taux métabolique au repos ainsi que la dépense énergétique lors de différentes activités physiques. Ces deux dernières mesures ont été réalisées au moyen de la calorimétrie indirecte. Selon eux, l'absorption d'oxygène au repos n'est pas différente chez les filles que chez les garçons ($p=0.13$), mais diminue avec l'âge chez les deux groupes ($p<0.0001$). Cela laisse donc supposer que le TMR des enfants et des adolescents est plus élevé comparé à celui des adultes.

En effet, le TMR d'un adulte équivaut à 24 kcal/kg/j tandis que celui d'un jeune varie selon la catégorie d'âge. Les auteurs en concluent que le TMR est plus élevé chez les enfants et adolescents que chez les adultes. Il a toutefois tendance à se rapprocher de celui des adultes chez les filles âgées de 15 ans et les garçons âgés de 16 ans. Concernant l'analyse du stade pubertaire, ils constatent une corrélation avec la dépense énergétique. En effet, leur étude montre que le TMR a plutôt tendance à diminuer avec l'évolution des stades pubertaires ($p < 0.0001$). Ils ont également mesuré la consommation d'oxygène durant différents types d'activité classés en trois groupes principaux. Les activités sédentaires, les activités faibles à modérées et les activités modérées à haute intensité. Ils ont constaté que pour chaque type d'activité, la consommation d'oxygène a tendance à augmenter avec le stade pubertaire. Cela signifie donc que la DEA augmente avec l'évolution du stade pubertaire et ce pour tout type d'activité. Cependant, aucune différence significative n'est à relever concernant le sexe. De plus, ils ont remarqué que le rapport de la DEA sur le TMR est plus faible chez les enfants que chez les adultes. Nous pouvons donc en déduire que les jeunes ont un TMR élevé. Harrell et al. ont créé une échelle d'équivalence métabolique ajustée à l'âge pour les enfants et adolescents (A-AME) permettant de comparer les valeurs à celles des adultes. A-AME est calculée en divisant le débit d'oxygène (VO_2) à l'activité par le VO_2 au repos. Voici les valeurs de A-AME en comparaison à celles de MET : pour des activités sédentaires, A-AME = 1.02 à 1.47 alors que MET = 1 à 2.3 ; pour des activités faibles à modérées, A-AME = 1.83 à 3.95 alors que MET = 2.5 à 5 ; pour des activités modérées à haute intensité, A-AME = 4.31 à 8.25 alors que MET = 3.8 à 8. A-AME semble être plus adaptée pour calculer la dépense énergétique quotidienne pour les enfants. Les auteurs le démontrent par cet exemple : pour un enfant de 9 ans pesant 35 kg et ayant accumulé 40 MET * h sur une journée, il dépense un total de 2394 kcal/j avec A-AME ($35 \text{ kg} \times 1.71 \text{ kcal/kg/min} \times 40 \text{ MET} \cdot \text{h} = 2394 \text{ kcal/j}$), tandis qu'avec le Compendium on obtient seulement 1400 kcal/j ($35 \text{ kg} \times 1 \text{ kcal/kg/h} \times 40 \text{ MET} \cdot \text{h} = 1400 \text{ kcal/j}$). Le Compendium des activités physiques doit donc être adapté pour les enfants.

L'étude de Hoffman et al. (2000) porte sur l'analyse des dépenses énergétiques chez des filles et des garçons âgés de 8 à 11 ans venant du Brésil. Les

dépenses énergétiques sont mesurées par la méthode EDM et la composition corporelle par un bodyscanner. Leurs résultats montrent qu'il y a une différence significative ($p < 0.05$) pour la taille, le poids, le pourcentage de MG et le pourcentage de MM parmi les sexes. Aussi, une différence significative ($p < 0.05$) est visible parmi les sexes concernant le TMR ajusté au poids, la DET ajustée au poids, la DEA et la DEA ajustée au poids. En effet, les garçons dépensent plus que les filles. Le meilleur prédicteur du TMR est la MM et celui-ci est plus faible chez les filles que chez les garçons, mais de manière significative uniquement lorsque le TMR est ajusté à la MM. Le meilleur prédicteur de la DET est le poids, elle est significativement plus faible chez les filles que chez les garçons. Hoffman et al. concluent que les filles ont des dépenses énergétiques plus faibles que les garçons.

Hoos et al. (2003) ont rédigé un article analysant dix-sept études sur le thème de l'activité physique chez les enfants et les adolescents. Leur objectif est de construire une référence concernant le niveau d'activité physique et la dépense énergétique à l'activité en fonction de l'âge. Suite à leur analyse, les points principaux suivants sont à relever :

- La DEA est significativement différente entre les garçons et les filles ($p < 0.0001$).
- Le TAP ne varie pas en fonction du sexe.
- La DEA et le TAP augmentent avec l'âge.
- Il y a une relation négative entre MG et activité physique ou temps d'activité physique.
- Il y a une différence de sexe concernant la relation entre activité physique et MG.
- L'activité physique est importante pour le traitement de l'obésité.

Bien que les enfants semblent être plus actifs que les adultes durant les activités physiques, ils dépensent moins d'énergie en raison de leur faible poids corporel. De plus, le taux d'activité physique varie avec l'âge car les enfants dorment généralement plus que les adolescents et que les adultes. On constate donc une élévation du niveau d'activité physique et de la DEA avec l'âge. Des études longitudinales ont montré que le temps passé à l'activité diminue avec l'âge, mais

qu'il y a une augmentation du poids corporel, ce qui conduit à une augmentation de l'énergie totale dépensée. En conclusion, le niveau d'activité physique ainsi que la DEA ont tendance à augmenter avec l'âge, ce qui peut être attribué à une augmentation de la masse corporelle.

Livingstone et al. (1992) ont élaboré une étude dont l'objectif principal est de démontrer l'efficacité de la méthode FLEX HR (cardiofréquencemètre) par rapport à la méthode EDM pour la mesure de la DET chez des jeunes filles et garçons âgés de 7, 9, 12 et 15 ans. Ils ont tout d'abord mesuré le TMR avec la méthode de la calorimétrie indirecte. Ils ont ensuite comparé la DET en fonction des deux différentes méthodes de mesure. Les chercheurs constatent que selon FLEX HR, la DET et la DEA ont tendance à augmenter avec l'âge lorsque les résultats sont observés en valeur absolue. Cependant si les mesures sont transformées en kJ/kg, alors ils observent un déclin de la DEA avec l'âge. Concernant la comparaison avec la méthode EDM, les valeurs de la DET mesurées avec FLEX HR sont légèrement plus basses mais restent relativement proches. Par exemple, pour les jeunes âgés de 12 ans, ils obtiennent une DET de 10.29 MJ/j avec EDM et 10.15 MJ/j avec FLEX HR. Livingstone et al. ont comparé leurs résultats de la DET (FLEX HR et EDM) avec les valeurs estimées par FAO/WHO/UNU (2001) et ils remarquent qu'il n'y a pas de différences significatives avec les valeurs estimées. Ils constatent également que les garçons passent environ un tiers de temps en plus dans l'activité physique totale par rapport aux filles pour toute catégorie d'âge. Aussi, une relation inverse entre l'âge et la durée de l'activité physique est observée. Les jeunes participants sont engagés sur des plus longues périodes d'activité que les participants plus âgés. Les auteurs affirment que les jeunes ne sont pas suffisamment actifs pour promouvoir leur santé mais ils pensent tout de même que davantage d'études dans le domaine doivent être réalisées pour confirmer cela. En conclusion, les chercheurs ont atteint leur objectif. En effet, ils constatent que la méthode FLEX HR est fiable pour l'estimation de la DET chez les jeunes dans un milieu libre, malgré qu'il soit encore nécessaire d'y apporter quelques améliorations. Cette méthode reste la plus optimale pour déterminer objectivement le niveau d'activité physique.

Monyeki et al. (2012) ont réalisé une étude sur la relation entre la composition corporelle et la condition physique de deux cent cinquante-six adolescents de tout type de poids (faible, moyen, élevé) âgés de 14 ans. Leurs résultats indiquent que l'IMC est lié au pourcentage de la MG de manière significative ($p=0.01$). Ils montrent aussi que les garçons ont une prévalence à une insuffisance pondérale (44%) par rapport aux filles (30.7%) d'une part et d'autre part que les filles ont une prévalence au surpoids et à l'obésité (17.3%) par rapport aux garçons (8%). De plus, les auteurs constatent une corrélation entre la condition physique et l'IMC chez les filles, contrairement aux garçons. Dans leur discussion, Monyeki et al. relèvent que leurs résultats montrent autant la présence de jeunes dont le poids est faible que de jeunes dont le poids est élevé. Aussi, il y a un lien entre la condition physique et la composition corporelle et cela plus particulièrement chez les filles. Les auteurs constatent également que les garçons ont des capacités physiques plus élevées que les filles. Cela s'explique par le fait qu'ils ont une masse musculaire ainsi qu'une densité osseuse plus importante, et qu'ils ont une masse grasseuse plus faible en comparaison avec celle des filles.

Roemmich et al. (2000) ont réalisé une étude sur des filles (13-18 ans) et des garçons (14-15 ans) prépubères et pubères en bonne santé dans le but d'observer les modifications pubertaires liées la croissance, la composition corporelle, la dépense énergétique et la distribution de graisse. Dans cette étude, différentes mesures sont réalisées. Le taux métabolique au repos est mesuré par calorimétrie indirecte, tandis que la dépense d'énergie totale est mesurée par la méthode EDM, et le taux d'activité physique est mesuré par la méthode Seven Day Physical Activity Recall (PAR). Le modèle des quatre compartiments décrit par Lohman est utilisé pour estimer la composition corporelle et la distribution de la masse grasse est mesurée par un IRM. Les objectifs principaux de Roemmich et al. sont variés. Le premier but est d'observer si la dépense énergétique à l'activité, le temps d'activité total ou le nombre d'heures passées à l'activité à intensité variable est plus adapté comme critère d'estimation de la composition corporelle et de la distribution de la graisse abdominale chez les filles et les garçons. Le deuxième objectif est d'observer le lien entre la mesure de la dépense énergétique mesurée par la méthode EDM et PAR. Leurs résultats

montrent des différences significatives entre les garçons et les filles. En effet, les garçons sont plus grands ($p=0.02$), leur MG est plus faible ($p=0.002$) et leur DET est plus élevée ($p=0.01$). De même, il existe des différences entre les jeunes pubères et prépubères. En effet, ils sont plus âgés ($p<0.001$), plus grands ($p<0.001$), plus lourds ($p<0.001$), ils ont une MG et MM plus élevées ($p=0.002$ et $p<0.001$ respectivement) et leur DET est plus élevée ($p<0.001$). Ils constatent également que les garçons pubères ont un TMR plus élevé que les autres groupes ($p=0.04$). Les valeurs de la DET varient donc en fonction du sexe et du stade pubertaire. De plus, leurs résultats montrent qu'il n'y a pas de corrélation entre la DEA et la MM ($p=0.74$). La DEA est inversement proportionnelle à la MG pour tous les sujets autant prépubères ($p=0.03$) que pubères ($p=0.05$), mais plus distinctement chez les garçons ($p=0.02$) que chez les filles. Aussi, il existe une covariance entre la masse maigre ainsi que le TMR ($p=0.05$), contrairement à la DEA ($p=0.74$). Dans leur discussion, Roemmich et al. mentionnent que les valeurs de la DEA sont proches en fonction du sexe et du stade pubertaire et que les valeurs de la DET varient légèrement en fonction du sexe et du stade pubertaire. Selon eux, l'activité physique devrait être un facteur pour réduire l'adiposité chez les enfants et les adolescents, mais leur étude n'a pas clairement pu démontrer si le facteur influençant le plus distinctement l'adiposité est la DEA, le temps d'activité total ou l'intensité de l'activité. Cependant, différentes raisons prouvent que c'est la DEA qui a le plus d'influence sur la masse grasse des jeunes. En effet, la DEA est le composant le plus variable de la DET et la balance énergétique se fait surtout en fonction de la DEA plutôt que du temps passé à l'activité. Roemmich et al. concluent donc que la DEA est en corrélation avec la MG mais pas avec la MM chez les jeunes.

L'étude de Yamauchi et al. (2007) porte sur les différences de l'activité physique selon l'âge et le genre chez cent cinquante-neuf enfants âgés de 10 à 14 ans séparés par sexe en deux groupes d'âge (10-11 ans et 13-14 ans) en fonction de leur origine (Corée ou Chine). La composition corporelle est mesurée par bio-impédance et les dépenses énergétiques par un accéléromètre. Concernant l'activité physique, leurs résultats montrent que les valeurs de TAP sont généralement basses. La DET ainsi que le TMR augmentent de manière significative avec l'âge, tandis que le TAP diminue significativement avec l'âge. Il

existe également une différence significative entre les sexes concernant le TAP : les filles semblent être plus actives que les garçons. Les auteurs concluent que les enfants des milieux urbains ont un TAP faible et que le TAP diminue avec l'âge. De plus, ils mentionnent que les filles sont plus actives que les garçons. Aucune relation entre la composition corporelle et l'activité physique n'est présente.

Zakeri et al. (2006) ont élaboré une étude sur le lien entre la dépense énergétique et la composition corporelle chez des adolescents âgés de 5 à 19 ans. La composition corporelle est mesurée par DXA et la dépense énergétique par calorimétrie indirecte. Leurs résultats montrent qu'il y a une différence significative entre les filles et les garçons concernant le poids, la taille, l'IMC la MM et le pourcentage de MG ($p=0.001-0.003$ pour chacun). Aussi, 55% des participants sont en surpoids. Zakeri et al. constatent que le poids est le principal prédicteur de la dépense énergétique, et que la taille est corrélée avec le poids ($p<0.001$) et avec la MM ($p<0.001$). Aussi, le sexe a un effet significatif sur la dépense énergétique ($p=0.001$). Ils remarquent également que la MM est un prédicteur de la dépense énergétique et qu'il y a une influence du sexe ($p=0.02-0.007$), mais pas de l'âge. Dans leur discussion, Zakeri et al. mentionnent que l'âge n'a que peu d'influence dans leurs résultats, contrairement au poids et à la MM qui sont des prédicteurs de la dépense énergétique. Aussi, leur analyse montre que la dépense énergétique de certaines activités physiques diffère entre les filles et les garçons et entre les enfants en surpoids et en poids normal. Ils concluent que la dépense énergétique en fonction du poids ou de la composition corporelle est influencée par le sexe, mais pas par l'âge.

Tab. 3 : Recensement des valeurs du TMR, de la DEA, de la DET, du TAP, du % MG, de l'IMC et de VO₂max des garçons et filles classés par groupe, selon différents auteurs

Auteurs	Genre	Groupe stade / ans	TMR kcal/j	DEA kcal/j	DET kcal/j	TAP	MG %	IMC	VO2max ml/kg/min
Bandini et al. (1990)	Garçons	14.5 ± 1.5	1742 ± 183	-	3109 ± 506	1.79 ± 0.2	16 ± 5	-	-
	Filles	14.3 ± 1	1441 ± 134	-	2385 ± 134	1.69 ± 0.3	26 ± 7	-	-
Bitar et al. (1999)	Garçons	Prépubertaires	1586 ± 86	-	1965 ± 65	-	21.7 ± 1	16.9 ± 0.5	-
	Garçons	Pubertaires	1965 ± 65	-	2713 ± 74	-	18 ± 1.2	20.2 ± 0.5	-
	Filles	Prépubertaires	1439 ± 144	-	1816 ± 84	-	22.7 ± 1.3	16.6 ± 0.6	-
	Filles	Pubertaires	1497 ± 86	-	2175 ± 96	-	20.7 ± 1.5	18.2 ± 0.7	-
Black et al. (1996) selon Hoos et al. (2003)	Garçons	14.5	1936	1097	3370	1.74	25	-	-
	Filles	14.8	1601.3	850.9	2724.7	1.7	27	-	-
Bratteby et al. (1998)	Garçons	15 ± 0.04	1747 ± 179	1554 ± 330	3303 ± 454	1.89 ± 0.2	15.8 ± 6.4	20.2 ± 2.8	-
	Filles	15.03 ± 0.06	1427 ± 136	1133 ± 315	2557 ± 380	1.79 ± 0.2	27.8 ± 5.6	20.9 ± 2.5	-
Butte et al. (2010)	Garçons	5-18	-	607 ± 251	2'153 ± 625	-	25.4 ± 9	23 ± 6.8	-
	Filles	5-18	-	607 ± 251	2'153 ± 625	-	34.7 ± 7.9	22.9 ± 5.7	-
Choi et al. (2010)	Garçons et filles	10-17	-	817 ± 201	2200 ± 427	-	-	-	-
Corder et al. (2005)	Garçons	13	2030.4 ± 346	-	-	-	13.7 ± 7.4	-	47.3 ± 7.8
	Filles	13	1857.6 ± 245	-	-	-	17 ± 6.2	-	39.9 ± 6.6
Corder et al. (2009)	Garçons et filles	12-13	-	1004 ± 358	2810 ± 532	1.86 ± 0.3	-	19.6 ± 1.3	-
FAO/WHO/UNU (2001)	Garçons	12-13	1406	-	2519	1.79	-	-	-
	Garçons	13-14	1504	-	2737	1.82	-	-	-
	Filles	12-13	1279	-	2250	1.76	-	-	-
	Filles	13-14	1339	-	2355	1.76	-	-	-

Taux métabolique au repos, TMR ; dépense énergétique à l'activité, DEA ; dépense énergétique totale, DET, taux d'activité physique, TAP ; masse grasse, MG ; index de masse corporelle, IMC

Tab. 4 : Recensement des valeurs du TMR, de la DEA, de la DET, du TAP, du % MG, de l'IMC et de VO₂max des garçons et filles classés par groupe, selon différents auteurs

Auteurs	Genre	Groupe	TMR kcal/j	DEA kcal/j	DET kcal/j	TAP	MG %	IMC	VO2max ml/kg/min
Hoffman et al. (2000)	Garçons	10.2 ± 1.6	1244 ± 34	702 ± 71	2158 ± 88	-	17.1 ± 5.9	-	-
	Filles	10 ± 1.3	1114 ± 38	635 ± 56	1931 ± 96	-	23.5 ± 6	-	-
Lazzer et al. (2003)	Garçons obèses	13.5 ± 0.3	2062 ± 58	1071 ± 29	3466 ± 68	-	41.6 ± 0.8	33.5 ± 0.6	-
	Garçons non-obèses	14.2 ± 0.3	1800 ± 58	643 ± 29	2696 ± 68	-	17.6 ± 0.8	19.1 ± 0.6	-
	Filles obèses	14.7 ± 0.3	1882 ± 58	1011 ± 29	3191 ± 68	-	44.5 ± 0.8	34.7 ± 0.6	-
	Filles non-obèses	13.8 ± 0.3	1528 ± 58	572 ± 29	2306 ± 68	-	21.8 ± 0.8	18.5 ± 0.6	-
Livingstone et al. (1992)	Garçons	12	1453 ± 179	-	2426 ± 332	-	24.3 ± 5.3	-	51.8 ± 5.1
	Filles	12	1453 ± 179	-	2426 ± 332	-	27.5 ± 2.6	-	42.3 ± 3.5
Roemmich et al. (2000)	Garçons	Prépubertaires	1245 ± 41	712 ± 51	2174 ± 63	-	19.3 ± 7.3	-	-
	Garçons	Pubertaires	1626 ± 78	673 ± 56	2555 ± 67	-	18.4 ± 6.3	-	-
	Filles	Prépubertaires	1217 ± 30	693 ± 31	2123 ± 57	-	23.3 ± 5.9	-	-
	Filles	Pubertaires	1359 ± 38	654 ± 35	2237 ± 62	-	25.5 ± 6.7	-	-
Yamauchi et al. (2007)	Garçons coréens	10-11	1378 ± 162	-	2118 ± 286	1.54 ± 0.05	22.5 ± 6.6	19.5 ± 3.1	-
	Garçons chinois	10-11	1340 ± 145	-	2029 ± 238	1.51 ± 0.05	17 ± 5.5	17.7 ± 3	-
	Garçons coréens	13-14	1675 ± 294	-	2501 ± 447	1.49 ± 0.07	22 ± 8.7	21.4 ± 5.1	-
	Garçons chinois	13-14	1704 ± 201	-	2508 ± 273	1.48 ± 0.06	19.3 ± 5.9	21.1 ± 3.5	-
	Filles coréennes	10-11	1221 ± 87	-	1970 ± 198	1.61 ± 0.06	18.7 ± 4.9	17.5 ± 2.2	-
	Filles chinoises	10-11	1197 ± 87	-	1882 ± 221	1.57 ± 0.08	15.1 ± 5.2	16.3 ± 2.4	-
	Filles coréennes	13-14	1342 ± 121	-	2063 ± 222	1.54 ± 0.05	24.6 ± 7.5	19.4 ± 3.3	-
	Filles chinoises	13-14	1393 ± 108	-	2161 ± 208	1.55 ± 0.06	23.9 ± 7	19.9 ± 3.4	-
Zakeri et al. (2006)	Garçons	11.9 ± 3.2	1627 ± 374	-	2246 ± 547	-	32.1 ± 9.6	27.2 ± 7.8	-
	Filles	11.9 ± 3.5	1397 ± 274	-	1944 ± 403	-	36.2 ± 7.8	26.2 ± 7.2	-

Taux métabolique au repos, TMR ; dépense énergétique à l'activité, DEA ; dépense énergétique totale, DET, taux d'activité physique, TAP ; masse grasse, MG ; index de masse corporelle, IMC

2.5. Questions de recherche et buts principaux et secondaires

Ce travail de Master se base sur un objectif principal duquel découle ensuite différentes possibilités d'analyse. Ainsi, différents questionnements font l'objet de cette étude. La principale question de recherche est la suivante :

- Quelles sont les dépenses énergétiques des adolescents âgés de 12 à 14 ans en fonction de leur activité physique ?

A partir de cette première question de recherche, il est alors intéressant de développer deux questions secondaires :

- Existe-t-il un lien entre la dépense énergétique des filles et des garçons et la composition corporelle ?
- Y'a-t-il une différence de dépense énergétique entre les filles et les garçons ?

Le but principal de cette étude est donc de mesurer la dépense énergétique quotidienne chez les adolescents âgés de 12 à 14 ans. La dépense énergétique quotidienne englobe deux informations importantes qui seront mesurées lors de cette étude. La première est le taux métabolique au repos et la deuxième est la dépense énergétique à l'activité. Selon Harrell et al. (2005) et le US Department of Health and Human Services (1996), les enfants et les adolescents ont un métabolisme de base différent de celui des adultes en raison des phénomènes survenant durant la puberté. L'estimation du métabolisme de base permettra alors de démontrer clairement les différences en matière de besoins énergétiques entre les jeunes et les adultes. Ce premier objectif permettra alors d'établir une base de données valable pour la Suisse. Cette base de données sera cruciale pour d'autres investigations ciblées sur les dépenses énergétiques des enfants et des adolescents.

En plus de ce but principal, cette étude a pour objectif de démontrer s'il existe un lien entre dépense d'énergie et composition corporelle. Nous savons déjà que la masse musculaire provoque une plus grande consommation d'énergie (Wilmore & Costill, 2006), cependant le lien entre masse grasse et dépense d'énergie chez

les jeunes n'a pas encore été étudié de manière précise. Ainsi, l'influence d'un taux de graisse faible versus élevé sur la dépense d'énergie pourra être mis en évidence.

Aussi, il sera possible d'observer les différences en matière de dépense énergétique entre les filles et les garçons. Des études ont déjà prouvé qu'une femme adulte ne dépense pas autant d'énergie qu'un homme adulte (Brage et al., 2007 ; Paul et al., 2004). De plus, le taux de graisse est naturellement plus élevé chez la femme que chez l'homme. Il sera donc intéressant de voir si ce phénomène est déjà présent à l'adolescence où s'il se manifeste plus tardivement. Des études précédentes ont déjà été réalisées dans ce but dans différents pays, une comparaison des résultats obtenus suite à ce travail réalisée avec des participants suisses sera intéressante.

Sur le long terme, les résultats de cette étude constitueront une base de données plus solide concernant la jeunesse en Suisse. Aussi, elle permet de tester l'efficacité des différents moyens de mesures utilisés et ainsi de permettre d'autres recherches plus élaborées dans le domaine. Surtout, cette étude fournira des résultats sur lesquels pourront se baser des recherches futures dans le domaine de la santé.

3. METHODE

3.1. Commission d'éthique

Une demande éthique a dû être déposée à la Commission d'Éthique de Bern (Kantonale Ethikkommission Bern, KEK). Cette demande a été élaborée selon des critères très détaillés, et suivant un plan précis. Ce document traite également différents points tels que la sécurité, les mesures de précaution, les obligations de la direction de l'étude, une réflexion éthique, ainsi qu'un point traitant le contrôle de la qualité et la confidentialité des données. Toute la procédure de l'étude a été analysée par la commission de manière stricte avant d'être acceptée par cette dernière.

Une partie des documents exigés par la commission d'éthique se trouve en annexe de ce travail.

3.2. Choix des participants

Une totalité de soixante sujets adolescents, trente filles et trente garçons, âgés de 12-14 ans a été recherchée pour l'étude. Cette tranche d'âge a été choisie pour plusieurs raisons. Tout d'abord car plusieurs études réalisées dans d'autres pays ont choisi une tranche d'âge ressemblant à celle-ci, ensuite car elle correspond à une transition entre l'enfance et l'adolescence, et pour finir en raison du choix des établissements dans lesquels le recrutement s'est déroulé.

Le recrutement des participants s'est fait au sein de plusieurs institutions scolaires. Dans un premier temps au cycle d'orientation du Belluard à Fribourg suite à un accord de la direction de l'école ainsi que de la Direction de l'Instruction publique, de la Culture et du Sport (DICS). Cet établissement est une école secondaire. Dans un deuxième temps dans différentes écoles primaires de Bienne et environs afin de compléter le nombre d'enfants âgés de 12 ans. Ces différents établissements contiennent une variété de classes socio-économiques, ce qui est représentatif de la société. Les deux chercheuses se sont rendues dans les classes afin d'y présenter brièvement l'étude aux élèves. Un flyer a été distribué aux élèves intéressés se trouvant dans la tranche d'âge mentionnée ci-

dessus. Les futurs participants accompagnés de leurs parents se sont rendus à une séance d'information durant laquelle la présente étude leur a été décrite dans les détails. Les parents ainsi que les jeunes ont reçu une information écrite détaillée au sujet du travail de recherche. Suite à la séance, ils ont pu prendre la décision de participer ou non à l'étude. Le sujet ainsi que ses représentants légaux ont alors du signer ensemble un consentement écrit.

Au final, une sélection de soixante et un adolescents âgés de 12 à 14 ans répartis en deux groupes, trente filles et trente et un garçons, ont pris part à cette recherche. Des études antécédentes sur les enfants indiquent que la dépense énergétique diffère chez les garçons et les filles. Afin de pouvoir comparer nos résultats avec ces travaux antérieurs, nous souhaitons tester un nombre similaire de garçons et de filles de chaque tranche d'âge, c'est-à-dire dix filles et dix garçons pour les trois degrés d'âge, donc vingt jeunes de 12 ans, vingt jeunes de 13 ans et vingt jeunes de 14 ans. Cela correspond donc à un total de soixante participants (Tab. 5).

Tab. 5 : Nombre de participants par âge et par sexe

Age (ans)	12	13	14	Total
Filles (n)	10	10	10	30
Garçons (n)	11	10	10	31
Total (n)	21	20	20	61

3.3. Critères de sélection

Les sujets ont été choisis selon différents critères de participation. Pour commencer, un bon état de santé constitue un point important. Les participants ne doivent pas être atteints d'une maladie chronique et ne prennent pas de médicament. De plus, ils doivent être non fumeurs. Afin de représenter la population, aucun autre critère tel que le poids ou le niveau d'activité physique n'a été établi ; les participants ont donc été choisis au hasard. Les résultats scolaires ont fait partie des critères de sélection dans le cas où certains

participants devaient manquer l'école afin de se déplacer à Macolin pour les mesures. Tous les participants ne pouvant pas se permettre de manquer une matinée d'école ont eu la possibilité de venir durant les vacances ou sur le weekend selon leur convenance.

L'accord parental constitue bien évidemment un second critère important. Durant la séance d'information, ils ont donc reçu des informations détaillées par écrit et par oral concernant le déroulement de l'étude ainsi que des conditions. Suite à cela, ils ont eu le choix de laisser leur enfant participer ou non.

3.4. Instruments

3.4.1. La composition corporelle

Lunar iDxA Bodyscanner : La composition corporelle est mesurée avec la technique « dual-energy X-ray absorptiometry » (DEXA) et l'appareil de mesure employé est Lunar iDxA Scanner (GE Healthcare, Madison, WI, USA) (Fig. 2).

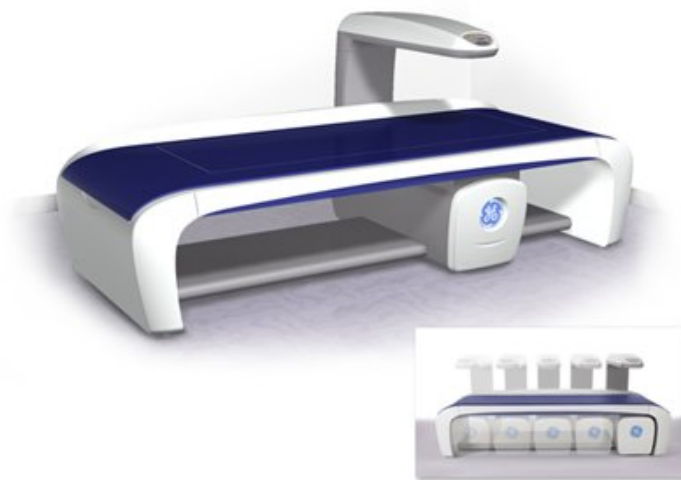


Fig. 2 : Luna iDxA Bodyscanner
(http://www.bsiproductdevelopment.com/wp-content/gallery/lunaridxa/general_20090514094612.jpg)

Cet appareil a été validé dans des études antérieures (coefficient de variation de 0.5 et 0.6%) (Hind et al., 2011). L'examen de la totalité du corps est conduit selon les indications du producteur. La masse grasse, la masse maigre ainsi que la composition en minéraux osseux sont analysés par un Software (enCore version

11.10; GE Healthcare, Madison, WI, USA). Les masses maigre et grasse sont déterminées en fonction de l'absorption de chacun des niveaux d'énergie des rayons X dans les deux types de tissus. Il est important pour l'analyse des résultats de préciser que, comme déjà décrit au point 2.2.11, la masse maigre comprend tous les composants du corps sauf la masse grasse.

En dépit de l'utilisation de rayonnements X par l'appareil, les sujets sont exposés à une très faible dose de rayonnements. La dose s'élève à 20 μ Sv par scan du corps entier. On peut comparer cette dose de rayonnements à un vol d'avion de ligne transatlantique de Zürich à New York, à savoir environ 50 μ Sv.

Selon l'étude de Hind et al. (2011), l'utilisation de Lunar iDXA fournit des données très précises concernant les mesures de la composition corporelle et de la distribution de graisse chez les adultes.

3.4.2. La dépense énergétique quotidienne

Actiheart : Un appareil, léger et waterproof, non-invasif (Actiheart, Cambridge Neurotechnology Ltd, Papworth, United Kingdom) (Fig. 3) est utilisé pour la mesure de la dépense énergétique quotidienne.



Fig. 4 : Actiheart
(<http://www.salusa.se/Filer/Produktinfo/Aktivitet/actiheart.jpg>)

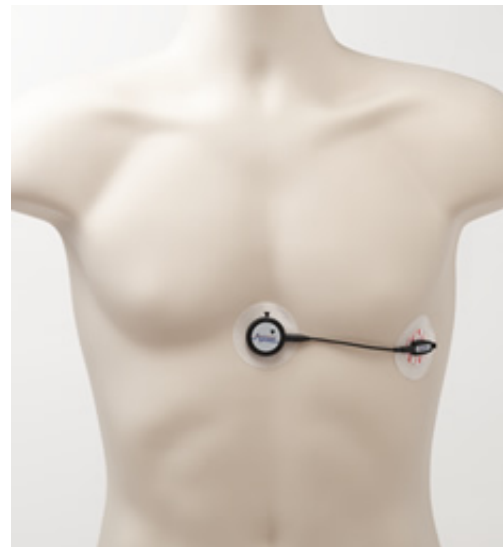


Fig. 3 : Actiheart fixé sur le torse au moyen d'électrodes
(http://t3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQ0chSEZAkkfQ20Kergy_QXD_uJhJNBn4PCmVGQozA47TD1_6C5g)

Celui-ci contient deux électrodes ECG et est fixé sur la poitrine du sujet au moyen de deux électrodes (Fig. 4). Il est porté jour et nuit et a la capacité de mesurer durant vingt et un jours. L'Actiheart mesure la fréquence cardiaque ainsi que l'accélération verticale du corps toutes les quinze, trente ou soixante secondes. La fréquence cardiaque de sommeil ainsi qu'un Step Test sont utilisés pour l'ajustement individuel de l'appareil. Une moyenne de mesures consécutives de trois nuits est valable pour établir la fréquence cardiaque de sommeil. L'Actiheart calcule le taux métabolique au repos (TMR), la dépense énergétique totale (DET) et la dépense énergétique durant l'activité (DEA) ainsi que la thermogenèse alimentaire (TA) à l'aide d'un modèle branché mis en place par Brage (Camntech, 2010) (Fig. 12). La DET est calculée par la somme de la DEA, du TMR et du TA (~10% de DET). La valeur du TAP est utilisée pour indiquer l'intensité de l'activité physique. Le TAP est le rapport entre la DET quotidienne et le TMR.

Selon Barreira et al. (2009) et Butte et al. (2012), Actiheart est actuellement la méthode de mesure de la dépense énergétique dans un milieu libre la plus précise chez l'adulte.

Actiheart Step Test : L'Actiheart doit être calibré pour chaque personne. Pour cela, un test standardisé est utilisé. Il s'agit d'un Step Test constitué de deux phases. La première phase dure huit minutes durant lesquelles le sujet doit monter et descendre d'un élément de step d'une hauteur de 25 centimètres, la fréquence des pas devant continuellement être augmentée de quinze à trente-trois fois par minute. Le rythme est donné par le programme Software Actiheart. La deuxième phase dure deux minutes durant lesquelles le participant doit rester assis sans bouger ni parler afin de retrouver un état de repos.



Fig. 5 : Step Test
(<http://www.tabledescalories.com/images/fitness/step.jpg>)

L'énergie de travail utilisée spécifique à la masse est calculée au moyen de la formule : $9.81 \text{ m/s}^2 \times \text{hauteur de pas (m)} \times \text{fréquence de pas (chaque fois que le corps est monté sur la marche)}$, et est donné en J/min/kg. Une régression linéaire est utilisée pour le calcul du rapport entre l'énergie et la fréquence cardiaque. Le rapport entre fréquence cardiaque et dépense énergétique est utilisé par l'Actiheart Software pour calculer la DET et la DEA.

La figure ci-dessous (Fig. 6) illustre le résultat obtenu lors d'un Step Test.

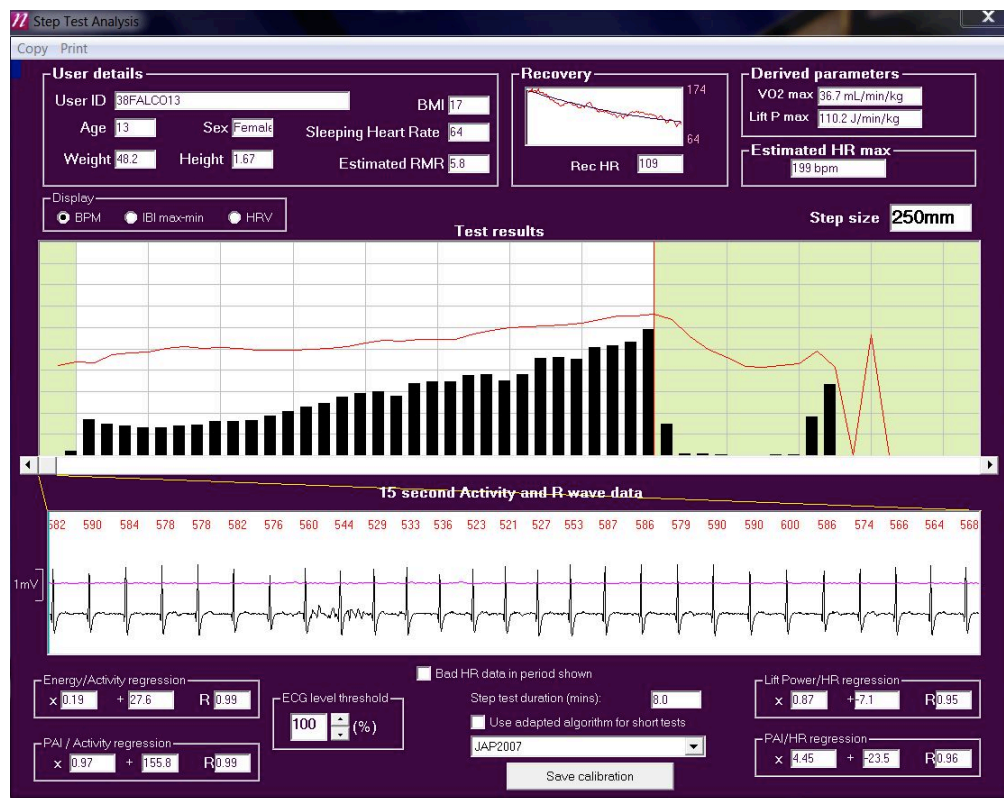


Fig. 6 : Résultat d'un Step Test. La ligne rouge indique la fréquence cardiaque, les bâtonnets noirs représentent l'activité physique

Les études de Barreira et al. (2009), Butte et al. (2012), Corder et al. (2005) et de Graauw et al. (2010) valident l'utilisation d'appareils combinant accéléromètre et fréquence cardiaque comme méthode fiable de la mesure de la dépense énergétique. Malgré la nécessité de quelques modifications des modèles d'équation qui devraient être ajustés au type d'activité des enfants et des adolescents (Campbell et al., 2012), Actiheart semble être efficace chez les jeunes.

3.5. Mesures anthropométriques

Le poids et la taille des sujets sont mesurés. Ces deux mesures sont réalisées au moyen des mêmes appareils de mesure pour chacun des participants. Le poids est mesuré en tenue légère et sans chaussure afin d'obtenir un résultat le plus précis possible, et il est mesuré à 0.05 kg près. La taille est mesurée sans chaussure et à 0.1 cm près.

3.6. Stade pubertaire

Le stade de développement pubertaire (SDP) de chacun des sujets est établi par une auto-évaluation en utilisant les cinq stades caractérisés par Marshall et Tanner (1969, 1970). Pour les filles, ces deux critères sont le développement de la poitrine ainsi que des poils pubiens. Pour les garçons, il s'agit du développement de l'appareil génital et des poils pubiens. Dans cette étude, Tanner 1 correspond au développement de la poitrine chez les filles et au développement de l'appareil génital chez les garçons, et Tanner 2 correspond au développement des poils pubiens pour les deux sexes.

Les participants sont priés de compléter le formulaire en évaluant le plus précisément possible leur propre développement par rapport aux différents stades proposés sur le questionnaire. Les deux formulaires sont illustrés dans les annexes.

Les caractéristiques physiques des participants sont présentées dans le tableau (Tab. 7) figurant dans la partie 4. Résultats.

3.7. Statistique

La moyenne et la déviation standard (DS) sont indiquées pour toutes les variables continues. Nous considérons une valeur $p < 0.05$ comme indicateur de différence significative. Les différences entre les groupes de sexe sont testées en utilisant un t-test de Student non apparié et un test de Fisher. ANOVA univariée 2 (genre) x 2 (maturation) et la covariance sont utilisés pour comparer les groupes selon les caractéristiques physiques, la dépense énergétique et les activités physiques. Les analyses de la corrélation simple et partielle sont utilisées pour

examiner les associations entre genre, stade pubertaire, dépense énergétique, composition corporelle et distribution de la masse grasse.

Les descriptions et mesures statistiques sont réalisées au moyen du Software SPSS (SPSS, version 19 ; SPSS Inc, Chicago, IL).

3.8. Déroulement

Les sujets se déplacent en train jusqu'à l'Office fédéral du sport à Macolin pour des mesures de base (Tab. 6). Les mesures étant relativement longues et nécessitant d'être à jeun, uniquement deux ou trois participants par matinée sont possibles. Au total, vingt huit matinées de mesures sont planifiées.

Toutes les mesures sont conduites par deux chercheuses féminines. Il y a un vestiaire où les participants peuvent se changer et se préparer.

Tab. 6 : Déroulement de l'étude pour les participants

Périodes	Informations
Jour 1	Mesures de base : poids, taille, SDP, composition corporelle (iDXA), calibration Actiheart
Jour 2-8	7 jours Actiheart
Jour 9	Retour du matériel

Le poids, la taille et le stade pubertaire sont tout d'abord mesurés.

Les sujets passent ensuite un Bodyscanner permettant de déterminer leur composition corporelle détaillée. Après une présentation et des explications précises concernant la mesure de la composition corporelle, le participant dispose de quelques minutes pour se préparer à la mesure. Il doit retirer ses vêtements (sauf sous-vêtement et t-shirt) ainsi que tout objet métallique, puis se coucher sur l'emplacement prévu du Bodyscanner afin de mesurer la composition corporelle. La durée du scan pour le corps entier est d'environ sept

minutes en fonction de la taille du corps. Les résultats sont ensuite directement expliqués au participant.

Suite à cela, l'appareil de mesure de la dépense énergétique journalière, Actiheart, est calibré puis porté par chacun des participants. La calibration est réalisée par un test de standardisation mis au point par le producteur de l'appareil, le Step Test (voir point 3.4.2). Avant de réaliser le Step Test, un Signal Test permet de tester la capacité de Actiheart à capter la fréquence cardiaque du participant. Ces tests durent une trentaine de minutes au total. Pour le Signal Test, les informations concernant le participant (ID, date de naissance, sexe, taille, poids) sont tout d'abord enregistrées dans l'Actiheart au moyen du programme Software. Les deux électrodes permettant de fixer Actiheart sont collées sur le thorax du participant puis l'appareil y est fixé. Le sujet doit ensuite marcher durant cinq minutes. Durant ces cinq minutes, seuls les battements du cœur sont enregistrés. L'enregistrement est alors analysé par le programme Software. Selon la qualité d'enregistrement, les deux chercheuses prennent soit la décision de continuer les tests si celui-ci était bon, soit de réaliser une seconde fois le Signal Test avec un autre Actiheart si le résultat n'était pas suffisamment bon. Les figures ci-dessous (Fig. 7, 8 et 9) illustrent les différents résultats possibles obtenus lors de Signal Test. Les bandes vertes désignent une bonne qualité de perception des battements du cœur tandis que les bandes rouges correspondent à une mauvaise perception.

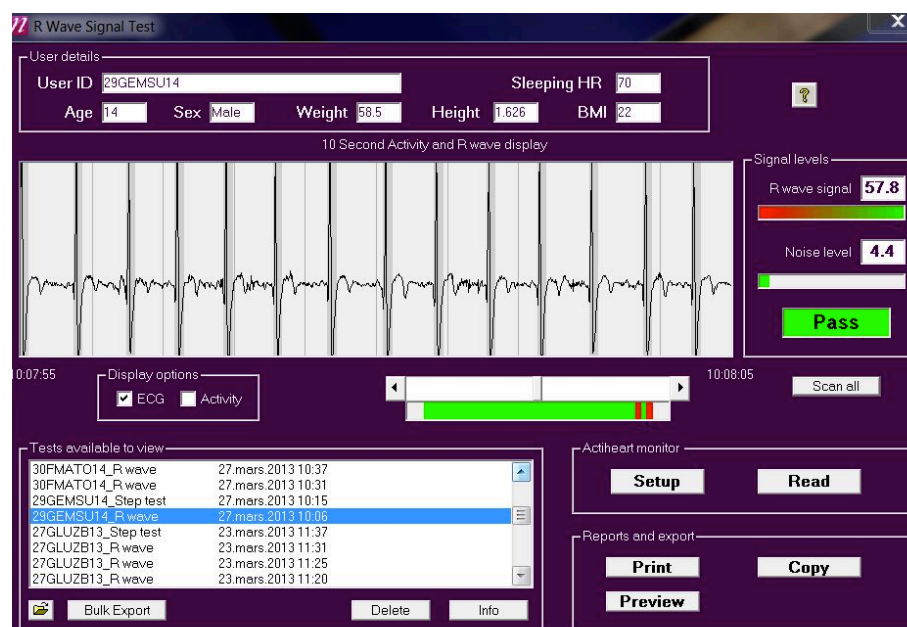


Fig. 7 :

Résultat d'un Signal Test, la bande verte indique une bonne qualité de perception



Fig. 8 : Résultat d'un Signal Test, la bande verte et rouge indique une qualité de perception moyenne

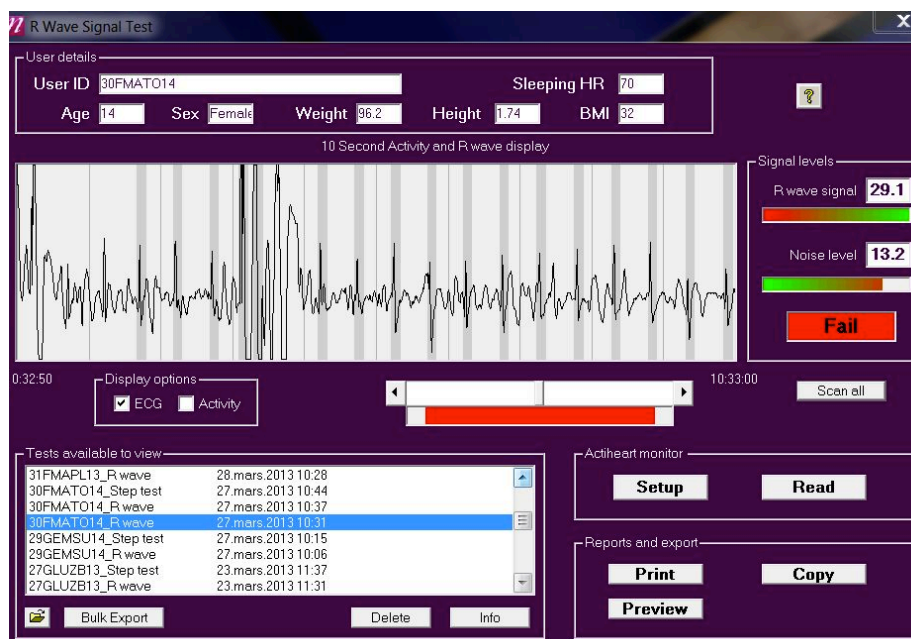


Fig. 9 : Résultat d'un Signal Test, la bande rouge indique une mauvaise qualité de perception

Dans le cas où le Signal Test est bon, le deuxième test est réalisé. Il s'agit du Step Test. Les informations concernant le participant sont à nouveau enregistrées dans l'Actiheart. Le sujet doit ensuite monter et descendre d'un step d'une hauteur de 25 centimètres à un rythme énoncé par le programme Software. Le déroulement précis de ce test a préalablement été décrit au point

3.4.2. Selon la qualité d'enregistrement, les deux chercheuses prennent soit la décision de continuer la calibration d'Actiheart si celui-ci était bon, soit de réaliser une seconde fois le Step Test en modifiant la position de l'Actiheart ou en changeant les électrodes si le résultat n'était pas suffisamment bon. La figure ci-dessous (Fig. 10) illustre le résultat obtenu lors d'un Step Test.

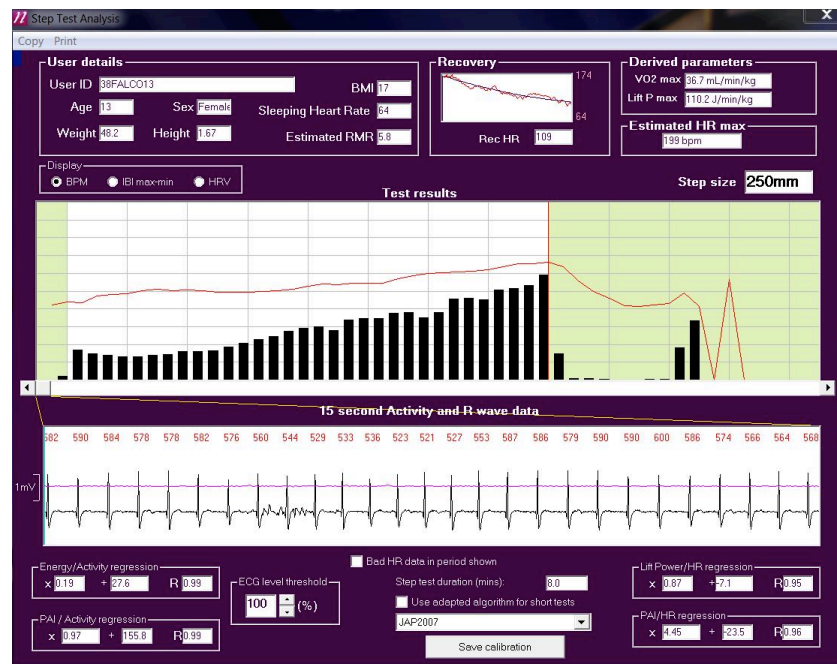


Fig. 10 : Résultat d'un Step Test. La ligne rouge indique la fréquence cardiaque les bâtonnets noirs représentent l'activité physique

Lorsque le Step Test est jugé suffisamment bon, l'Actiheart est alors calibré afin de mesurer sur le long terme. Les données du participant sont à nouveau introduites au moyen du programme Software. Actiheart mesure alors la fréquence cardiaque ainsi que les accélérations verticales du corps toutes les soixante secondes.

Le participant reçoit de quoi changer les électrodes qui, en principe, collent très bien à la peau mais peuvent toutefois se décoller selon le type de peau du sujet et s'il transpire beaucoup ou reste dans l'eau durant une longue durée. Une feuille informative concernant les précautions à respecter ainsi que la marche à suivre pour changer les électrodes est distribuée.

Suite à la matinée de mesures de base, la dépense énergétique journalière est mesurée durant sept jours (Tab. 6). Durant cette semaine, le sujet doit mener sa vie de manière habituelle. Un journal de bord lui permet de noter son alimentation quotidienne ainsi que ses activités. Ce journal de bord n'est pas utilisé dans le cadre de ce présent travail mais permet simplement au participant de prendre conscience de ses habitudes. Un petit feedback par rapport à son alimentation ainsi que ses activités physiques lui est par la suite donné.

3.9. Analyse des données

Une fois la semaine de mesures réalisée, les données sont alors traitées. Le système Actiheart peut calculer la dépense énergétique à l'activité en utilisant les enregistrements de la fréquence cardiaque ainsi que de l'activité physique. Seuls les jours de mesure complets sont pris en considération. Un modèle branché est utilisé par le programme pour l'estimation de la dépense énergétique (Fig. 11).

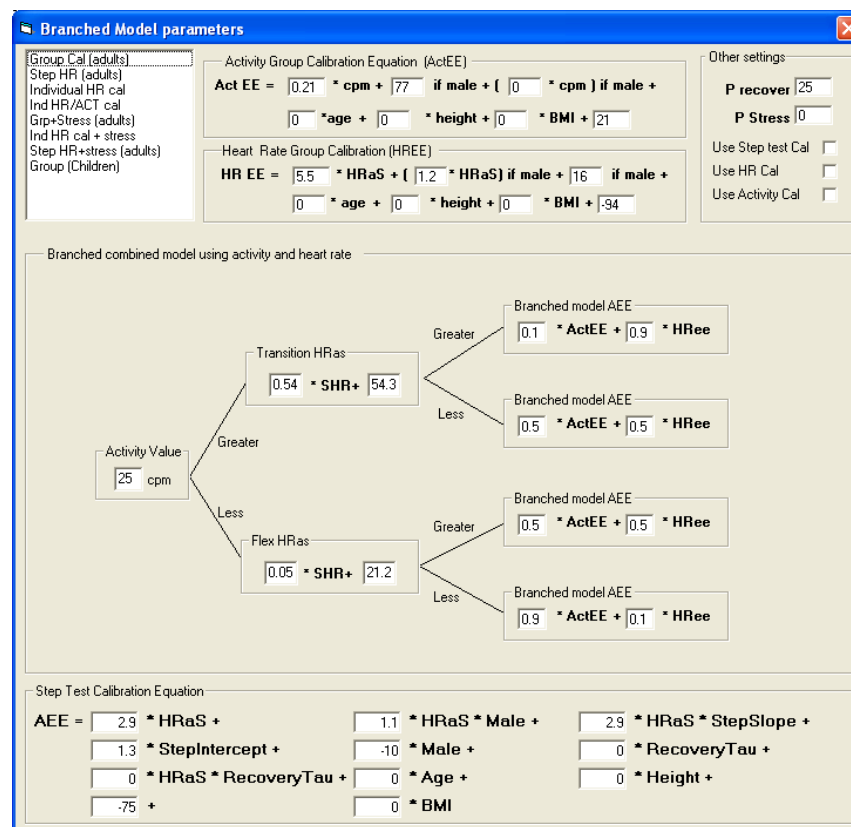


Figure 11 : Paramètres du modèle branché Actiheart

Différentes étapes permettent d'obtenir des valeurs de dépense énergétique précises et adaptées à chacun des participants. En effet, non seulement les données anthropométriques sont nécessaires mais aussi la fréquence cardiaque de sommeil et la $VO_2\text{max}$. La première étape est donc la détermination de la fréquence cardiaque de sommeil. La valeur par défaut est de 70 bpm, mais le programme Software peut faire une moyenne sur toutes les nuits durant lesquelles Actiheart a été porté (Fig. 12). Il est possible de sélectionner uniquement les dates de mesure optimales afin de limiter les erreurs.

Date	Selection	Sleeping HR
ven. 15-mars-2013	<input type="checkbox"/>	68
sam. 16-mars-2013	<input checked="" type="checkbox"/>	64
dim. 17-mars-2013	<input checked="" type="checkbox"/>	61
lun. 18-mars-2013	<input checked="" type="checkbox"/>	62
mar. 19-mars-2013	<input checked="" type="checkbox"/>	60
mer. 20-mars-2013	<input checked="" type="checkbox"/>	58
jeu. 21-mars-2013	<input checked="" type="checkbox"/>	63
ven. 22-mars-2013	<input checked="" type="checkbox"/>	54
sam. 23-mars-2013	<input type="checkbox"/>	58
	<input type="checkbox"/>	
Average sleeping HR		60

Save

Fig. 12 : Détermination de la fréquence cardiaque de sommeil

La deuxième étape est la calibration individuelle basée sur l'activité enregistrée lors du Step Test. Cette calibration est un ajustement personnel des équations du modèle énergétique afin de ne pas avoir besoin de recourir à des analyses en laboratoire. Les données obtenues lors du Step Test sont donc utilisées pour produire une estimation de la $VO_2\text{max}$ afin de déterminer la condition physique du participant. Le Step Test a une augmentation linéaire des pas de quinze à trente-trois fois par minute après la première minute. Etant donné que le poids du participant ainsi que la hauteur du step sont constants, l'énergie nécessaire est proportionnelle au rythme, ce qui donne donc une linéarité. Une équation de régression est utilisée. Afin d'utiliser la calibration individuelle, il est nécessaire de valider le Step Test.

La calibration par le Step Test est alors indiquée par la quantité d'énergie dépensée aux différentes fréquences (Fig. 13).

Individual Calibration

Print

Energy calibration methods

Step test calibration | Other HR calibration | Activity calibration

— Joules/Kg/Min. (from test on 12.4.2013)

20 bpm	0.0	90 bpm	38.3	160 bpm	400.7	230 bpm	763.0
30 bpm	0.0	100 bpm	90.1	170 bpm	452.5	240 bpm	814.8
40 bpm	0.0	110 bpm	141.9	180 bpm	504.2	250 bpm	866.6
50 bpm	0.0	120 bpm	193.6	190 bpm	556.0	260 bpm	918.3
60 bpm	0.0	130 bpm	245.4	200 bpm	607.8	270 bpm	970.1
70 bpm	1.5	140 bpm	297.2	210 bpm	659.5	280 bpm	1021.9
80 bpm	3.2	150 bpm	348.9	220 bpm	711.3		

Clear Fill

Measured RMR entry

0 MJ/day

82.2 Joules/min/Kg

5.56 Estimated value of MJ/day using Schofield

User data

HR sleep: 61

HR max: ☒ Use Tanaka equation based on age
☐ Use measured value:

VO2 max: 33.9

Important information

Save

Fig. 13 : Calibration par le Step Test

Une fois la calibration enregistrée, le résumé de la dépense énergétique est disponible (Fig. 14). Cette fenêtre indique le TMR estimé (REE), la DEA (AEE), la TA (DIT), la DET (TEE) ainsi que la valeur du TAP (PAL).

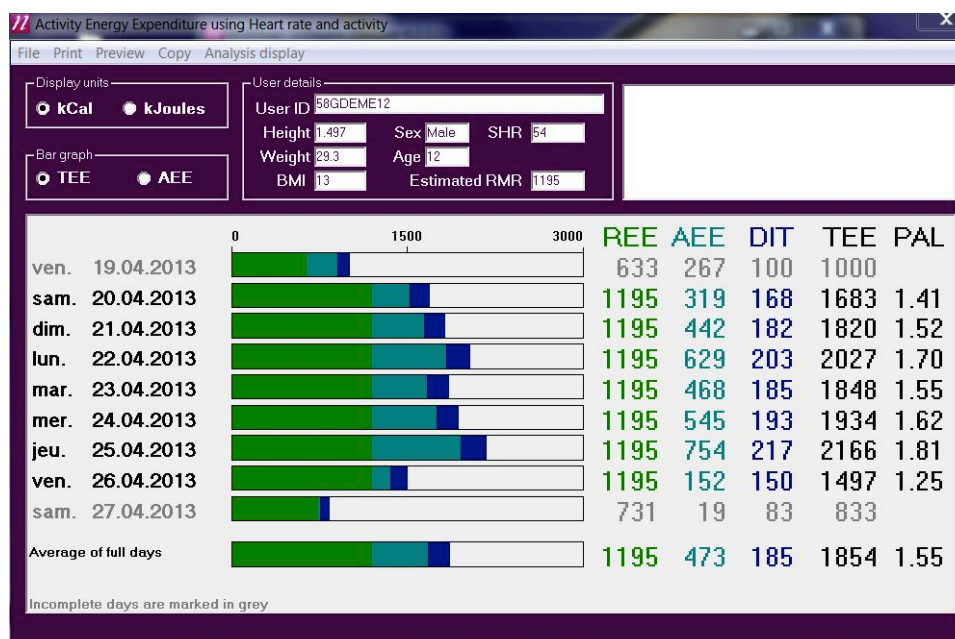


Fig. 14 : Résumé de la dépense énergétique journalière

4. RESULTATS

4.1. Description des participants

Dans cette étude, un total de trente filles et trente et un garçons ont participé volontairement, ce qui fait un total de soixante et un participants. Un test des données a été réalisé afin d'observer la symétrie de l'échantillon. Une analyse de la normalité de la distribution a été réalisée en utilisant l'analyse de Kolmogorov-Smirnov ($p > 0.05$) qui a montré que toutes les variables sont distribuées normalement. Cependant, les données de deux filles et un garçon sont erronées et ont dû être exclues de cette étude. Cette erreur est due à un dysfonctionnement de Actiheart. L'analyse a donc été réalisée sur un total de cinquante-huit participants.

4.2. Analyse statistique selon le sexe

Une analyse statistique a été réalisée afin de déterminer les différences entre les filles et les garçons concernant les caractéristiques morphologiques, les dépenses énergétiques et la composition corporelle.

4.2.1. Caractéristiques morphologiques

Les résultats des mesures morphologiques des 58 participants inclus dans l'analyse sont présentés dans le tableau suivant (Tab. 7).

Tableau 7 : Caractéristiques morphologiques des sujets inclus dans les analyses (moyenne \pm écart type)

	Filles (n=28)	Garçons (n=30)
Age (années)	12.9 \pm 0.8	13.0 \pm 0.9
Poids (kg)	52.1 \pm 10.1	51.0 \pm 12.3
Taille (cm)	161.8 \pm 6.8	163.7 \pm 11.6
IMC	19.7 \pm 3.0	18.8 \pm 2.6
Tanner 1	3.8 \pm 1.0	3.2 \pm 1.1
Tanner 2	3.8 \pm 1.1	3.4 \pm 1.2

Index de masse corporelle, IMC

Développement de la poitrine chez les filles et de l'appareil génital chez les garçons : Tanner 1

Développement des poils pubiens chez les deux sexes : Tanner 2

Selon l'analyse statistique les filles ne sont significativement ($p < 0.05$) pas différentes des garçons sur le plan morphologique. Seule la variable de Tanner 1 montre une différence significative de 0.052 qui est proche de 0.05. Cela montre que les filles semblent avoir un développement pubertaire un peu plus avancé que les garçons, mais cette constatation n'est pas totalement significative.

Nous pouvons donc dire que les filles et les garçons âgés de 12 à 14 ans sont relativement proches morphologiquement.

4.2.2. Dépenses énergétiques

Les différentes mesures de dépenses énergétiques ont été mesurées au moyen de Actiheart sur un total de sept jours.

Les résultats des mesures relatives aux dépenses énergétiques des cinquante-huit participants inclus dans l'analyse sont présentés dans le tableau suivant (Tab. 8).

Tableau 8 : Dépenses énergétiques des sujets inclus dans les analyses (moyenne \pm écart type).

	Filles (n=28)	Garçons (n=30)
TAP	1.6 \pm 0.1	1.7 \pm 0.2
Equation de Schofield	1'387 \pm 110	1'568 \pm 215*
TMR (kcal/kg)	27.3 \pm 3.8	31.6 \pm 3.7*
DEA (kcal/j)	629 \pm 176	801 \pm 342*
DEA (kcal/kg)	12.3 \pm 3.1	15.7 \pm 5.5*
TA (kcal/j)	224 \pm 26	263 \pm 55*
DET (kcal/j)	2'240 \pm 264	2'632 \pm 550*
DET (kcal/kg)	44.0 \pm 6.1	52.5 \pm 7.4*
FC de sommeil (bpm)	64.0 \pm 5.8	60.1 \pm 7.5*
VO2max (ml/kg/min)	34.2 \pm 4.4	42.1 \pm 5.9*
DEA/MM	16.9 \pm 4.2	19.7 \pm 6.3

Taux d'activité physique, TAP ; taux métabolique repos, TMR, dépense énergétique à l'activité, TMR ; thermogénèse alimentaire, TA ; dépense énergétique totale, DET ; fréquence cardiaque, FC ; dépense énergétique à l'activité divisé par la masse maigre. DEA/MM

Valeur moyenne significativement différente parmi les sexes : * $p < 0.05$

L'analyse statistique nous montre un grand nombre de variables dont la différence entre les sexes est significative ($p < 0.05$).

En effet, nous constatons une différence au niveau du TMR estimé par l'équation de Schofield ($p = 0.001$), tout comme le TMR estimé par kilogramme ($p = 0.001$). Les valeurs de la DEA par jour et par kilogramme ($p = 0.019$ et $p = 0.005$), ainsi que les valeurs de la DET par jour et par kilogramme ($p = 0.001$ et $p = 0.001$) révèlent également une différence entre les filles et les garçons. Un résumé de ces différences est présenté par la figure 15.

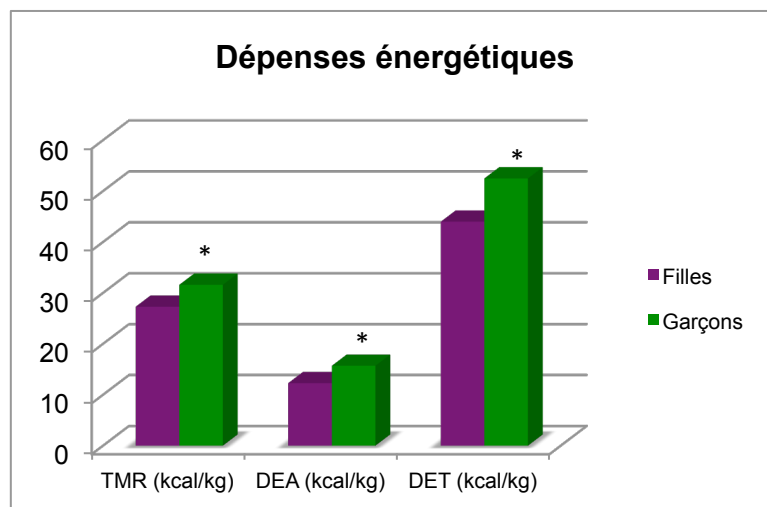


Figure 15 : Histogramme du TMR, de la DEA et de la DET par kg
* $p < 0.05$

La fréquence cardiaque de sommeil ainsi que la VO_{2max} montrent également une différence parmi les sexes ($p = 0.03$ et $p = 0.001$). (Fig. 16)

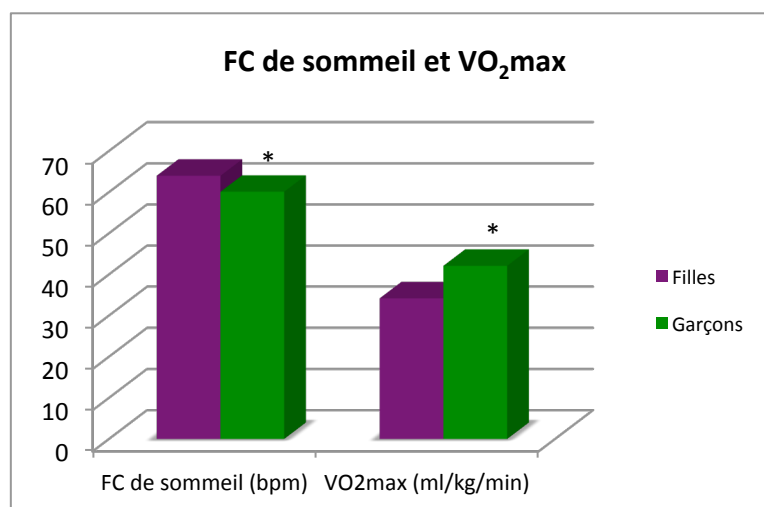


Figure 16 : Histogramme de la FC de sommeil et de la VO_{2max}
* $p < 0.05$

La masse maigre ayant une importante influence sur la dépense énergétique, nous l'avons déduite de la DEA afin d'obtenir une valeur plus juste (DEA/MM). L'analyse de la DEA/MM relève une différence parmi les sexes, mais elle se trouve à la marge de la signification ($p=0.051$). Concernant le TAP, il n'y a pas de différence significative entre les filles et les garçons ($p=0.194$).

4.2.3. Composition corporelle

La composition corporelle a été mesurée au moyen du bodyscanner iDXA qui fournit des mesures très précises pour la masse totale, la masse maigre, la masse grasse, la masse osseuse ainsi que pour la contenance minérale des os (CMO).

Les résultats des mesures relatives à la composition corporelle des cinquante-huit participants inclus dans l'analyse sont présentés dans le tableau 9.

*Tableau 9 : Composition corporelle des sujets inclus dans les analyses.
(moyenne \pm écart type)*

	Filles (n=28)	Garçons (n=30)
MG (kg)	14.7 \pm 5.1	10.7 \pm 3.9*
MG (%)	27.7 \pm 5.3	20.9 \pm 6.0*
MM (kg)	37.2 \pm 5.7	40.4 \pm 10.4
CMO (gr)	2'026.9 \pm 331.1	2'053.6 \pm 508.7

Masse grasse, MG ; masse maigre, MM ; contenance minérale des os, CMO
Valeur moyenne significativement différente parmi les sexes : * $p<0.05$

Nous pouvons remarquer que seules les valeurs concernant la MG présentent une différence significative entre les filles et les garçons. En effet, $p=0.001$ pour la MG exprimée en kilogramme, et $p=0.001$ pour la MG exprimée en pourcentage.

La figure 17 représente quelques variables de la composition corporelle en fonction du sexe.

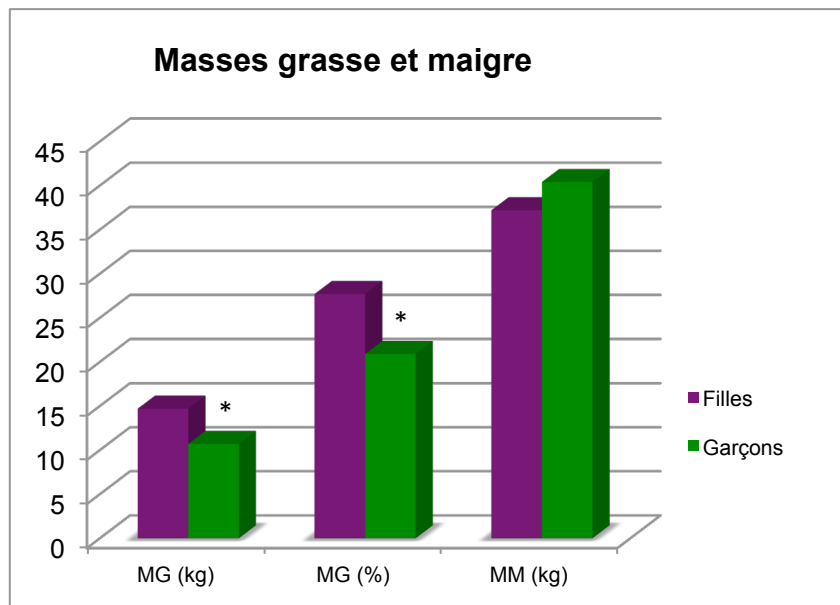


Figure 17 : Histogramme des MG et MM
* $p < 0.05$

4.3. Analyse statistique selon l'âge et le sexe

Afin de vérifier l'existence d'une différence de morphologie, de dépenses énergétiques et de composition corporelle selon l'âge parmi les filles et les garçons, une analyse de variance ANOVA a été réalisée par âge pour les deux sexes.

Les résultats de cette analyse pour les cinquante-huit sujets inclus dans l'étude sont présentés dans le tableau suivant (Tab. 10). Les variables de la morphologie, de la composition corporelle et des dépenses énergétiques y sont présentées selon le sexe et l'âge. Les résultats sont ensuite présentés par thèmes (caractéristiques morphologiques, dépenses énergétiques et composition corporelle).

Tableau 10 : Variables de la morphologie, de la composition corporelle et des dépenses énergétiques des sujets inclus dans les analyses (moyenne \pm écart type).

	Filles (n=28)				Garçons (n=30)			
	12 ans (n=10)	13 ans (n=10)	14 ans (n=8)	Total (n=28)	12 ans (n=11)	13 ans (n=9)	14 ans (n=10)	Total (n=30)
Poids (kg)	46.3 \pm 10.2	55.8 \pm 8.8	54.7 \pm 9.1	52.1 \pm 10.1	40.8 \pm 7.8	52.8 \pm 8.9	60.6 \pm 10.9	51.0 \pm 12.3*
Taille (cm)	158.1 \pm 8.3	165.8 \pm 3.6	161.5 \pm 5.4	161.8 \pm 6.8*	155.2 \pm 8.9	165.5 \pm 9.4	171.4 \pm 10.6	163.7 \pm 11.6*
BMI	18.3 \pm 2.6	20.3 \pm 3.1	20.9 \pm 2.9	19.8 \pm 3.0	16.8 \pm 2.2	19.1 \pm 1.3	20.5 \pm 2.4	18.8 \pm 2.6*
Tanner 1	3.2 \pm 1.2	4.1 \pm 0.7	4.0 \pm 0.8	3.8 \pm 1.0	2.3 \pm 0.8	3.3 \pm 0.9	4.1 \pm 0.7	3.2 \pm 1.1*
Tanner 2	3.2 \pm 1.2	3.8 \pm 1.1	4.4 \pm 0.5	3.8 \pm 1.1	2.2 \pm 0.8	3.9 \pm 0.6	4.4 \pm 0.5	3.4 \pm 1.2*
MG (%)	26.3 \pm 3.7	28.7 \pm 6.3	28.0 \pm 5.8	27.7 \pm 5.3	22.7 \pm 7.3	19.5 \pm 6.5	20.2 \pm 3.8	20.9 \pm 6.0
MG (kg)	12.4 \pm 4.0	16.4 \pm 5.9	15.6 \pm 4.8	14.7 \pm 5.1	9.5 \pm 4.4	10.2 \pm 3.2	12.4 \pm 3.7	10.7 \pm 3.9
MM (kg)	33.8 \pm 6.6	39.1 \pm 3.3	39.1 \pm 5.4	37.2 \pm 5.7	31.3 \pm 5.4	42.7 \pm 8.4	48.4 \pm 8.5	40.4 \pm 10.4*
CMO (gr)	1'838 \pm 378	2'144 \pm 227	2'116 \pm 305	2'027 \pm 331	1'640 \pm 236	2'057 \pm 431	2'505 \pm 414	2'054 \pm 509*
TAP	1.7 \pm 0.1	1.6 \pm 0.1	1.6 \pm 0.1	1.6 \pm 0.1	1.6 \pm 0.2	1.8 \pm 0.2	1.7 \pm 0.2	1.7 \pm 0.2
Equation de Schofield	1'321 \pm 122	1'436 \pm 81	1'408 \pm 94	1'387 \pm 110*	1'391 \pm 137	1'600 \pm 157	1'734 \pm 189	1'568 \pm 215*
TMR (kcal/kg)	29.4 \pm 4.6	26.2 \pm 2.8	26.2 \pm 3.0	27.3 \pm 3.8	34.7 \pm 3.5	30.6 \pm 2.2	29.1 \pm 2.8	31.6 \pm 3.7*
DEA (kcal/j)	679 \pm 176	594 \pm 189	610 \pm 169	629 \pm 176	609 \pm 232	932 \pm 314	895 \pm 396	801 \pm 342
DEA (kcal/kg)	14.6 \pm 1.9	10.7 \pm 3.3	11.2 \pm 2.5	12.3 \pm 3.1*	15.2 \pm 5.7	17.6 \pm 5.4	14.6 \pm 5.5	15.7 \pm 5.5
TA (kcal/j)	222 \pm 32	226 \pm 24	224 \pm 25	224 \pm 26	222 \pm 34	281 \pm 47	292 \pm 57	263 \pm 55*
DET (kcal/j)	2'222 \pm 317	2'255 \pm 244	2'242 \pm 248	2'240 \pm 264	2'222 \pm 339	2'813 \pm 470	2921 \pm 566	2'632 \pm 550*
DET (kcal/kg)	49.0 \pm 5.2	41.0 \pm 5.1	41.5 \pm 4.5	44.0 \pm 6.1*	55.4 \pm 8.3	53.5 \pm 6.4	48.5 \pm 6.1	52.5 \pm 7.4
FC de sommeil (bpm)	65.9 \pm 5.6	64.4 \pm 4.6	61.3 \pm 7.1	64.0 \pm 5.8	61.8 \pm 6.3	64.9 \pm 7.2	53.9 \pm 4.5	60.1 \pm 7.5*
VO2max (ml/kg/min)	33.6 \pm 4.3	33.9 \pm 4.8	35.3 \pm 4.1	34.2 \pm 4.4	41.6 \pm 5.8	41.8 \pm 6.3	42.9 \pm 6.2	42.1 \pm 5.9
DEA/MM	19.9 \pm 2.8	15.0 \pm 4.2	15.6 \pm 3.7	16.9 \pm 4.2*	19.5 \pm 6.7	21.7 \pm 5.7	18.1 \pm 6.4	19.7 \pm 6.3

Index de masse corporelle, IMC ; masse grasse, MG ; masse maigre, MM ; contenance minérale des os, CMO

Développement de la poitrine chez les filles et de l'appareil génital chez les garçons : Tanner 1

Développement des poils pubiens chez les deux sexes : Tanner 2

Taux d'activité physique, TAP ; taux métabolique repos, TMR, dépense énergétique à l'activité, TMR ; thermogenèse alimentaire, TA ; dépense énergétique totale, DET ; fréquence cardiaque, FC ; dépense énergétique à l'activité divisé par la masse maigre. DEA/MM

Valeur moyenne significativement différente parmi les groupes d'âge : *p<0.05

4.3.1. Caractéristiques morphologiques

Selon l'analyse statistique, peu de différences parmi les groupes d'âge chez les filles sont à relever, contrairement aux garçons. En effet, chez les filles, seule la taille ($p=0.032$) présente une différence significative. Nous pouvons donc dire que la taille varie en fonction de l'âge chez les filles. Concernant les garçons, toutes les variables morphologiques sont significatives selon l'âge ; à savoir le poids ($p=0.001$), la taille ($p=0.002$), l'IMC ($p=0.001$), Tanner 1 ($p=0.001$) et Tanner 2 ($p=0.001$). Les garçons subissent donc d'importants changements morphologiques entre 12 ans et 14 ans.

Les figures suivantes (Fig. 18, 19, 20 et 21) permettent d'observer les similitudes et différences entre les groupes d'âge par sexe.

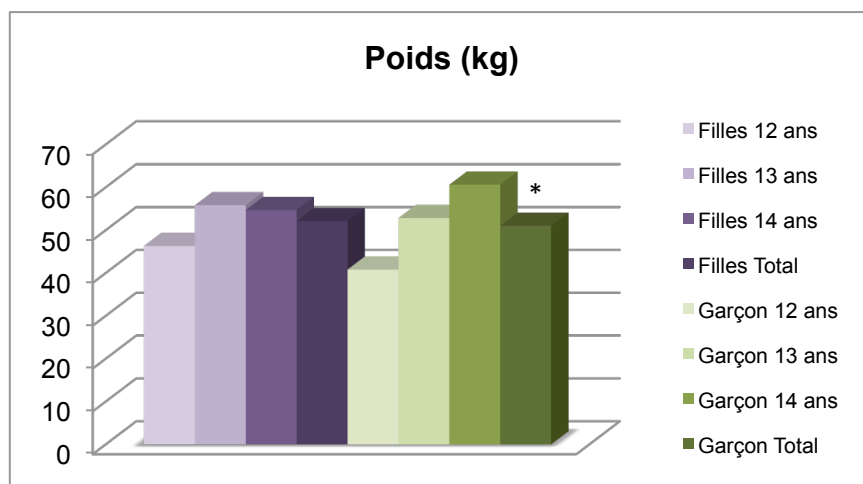


Figure 18 : Histogramme du poids selon le groupe d'âge et le sexe
* $p<0.05$

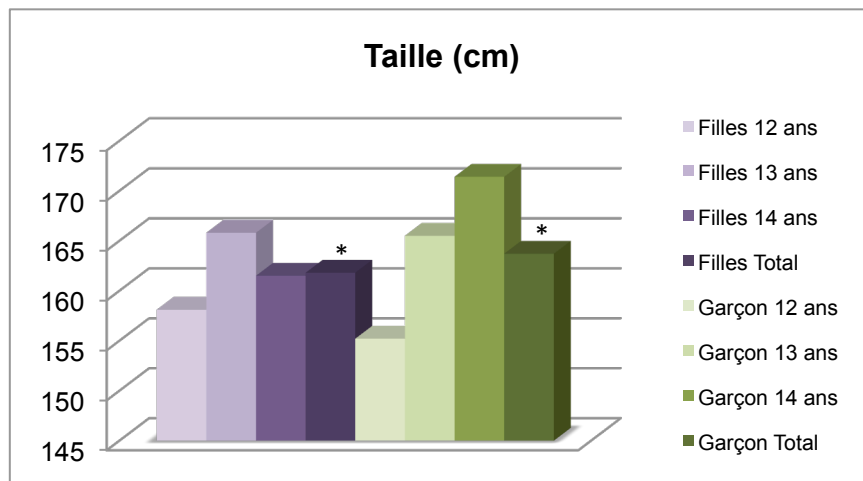


Figure 19 : Histogramme de la taille selon le groupe d'âge et le sexe
* $p<0.05$

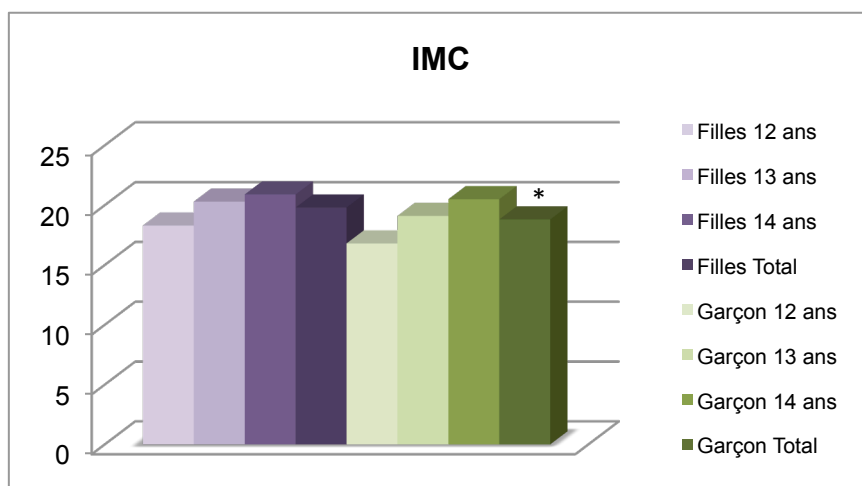


Figure 20 : Histogramme de l'IMC selon le groupe d'âge et le sexe
*p<0.05

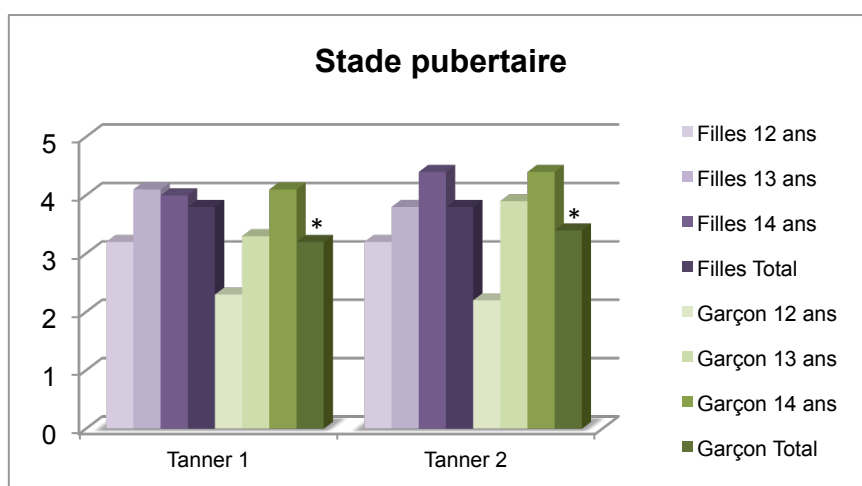


Figure 21 : Histogramme du stade pubertaire selon le groupe d'âge et le sexe
*p<0.05

4.3.2. Dépenses énergétiques

L'analyse statistique relève cette fois un plus grand nombre de différences significatives en fonction de l'âge chez les filles comme chez les garçons. Chez les filles, il s'agit du TMR estimé par l'équation de Schofield ($p=0.045$), de la DEA par kilogramme ($p=0.005$), de la DET par kilogramme ($p=0.002$) ainsi que de la DEA/MM ($p=0.012$). Nous pouvons donc conclure que les dépenses énergétiques diffèrent en fonction de l'âge chez les filles. De même chez les garçons plusieurs variables de la dépense énergétique diffèrent de manière significative selon l'âge : le TMR estimé par l'équation de Schofield ($p=0.001$), le

TMR par kilogramme ($p=0.001$), la TA ($p=0.004$), la DET par jour ($p=0.004$) ainsi que la FC de sommeil ($p=0.001$). Concernant la DEA par jour, elle a tendance à varier selon l'âge, mais pas de manière suffisamment significative ($p=0.057$).

Les figures suivantes (Fig. 22, 23 et 24) permettent d'observer les similitudes et différences entre les groupes d'âge par sexe.

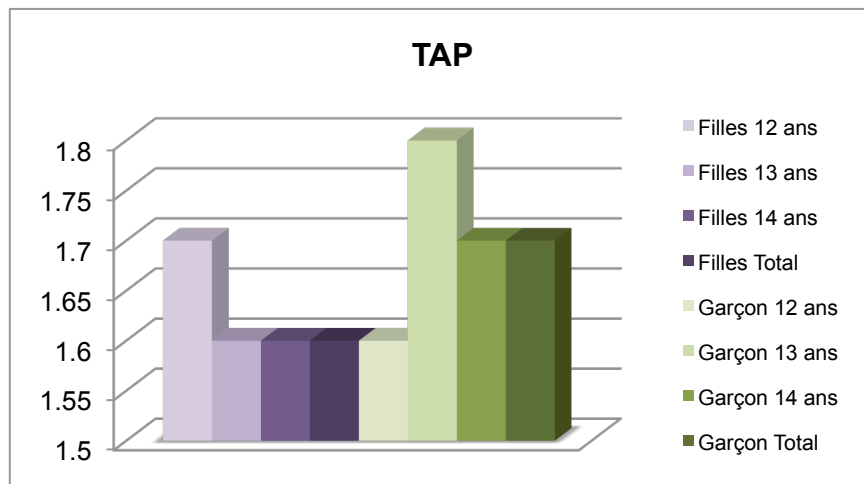


Figure 22 : Histogramme du TAP selon le groupe d'âge et le sexe

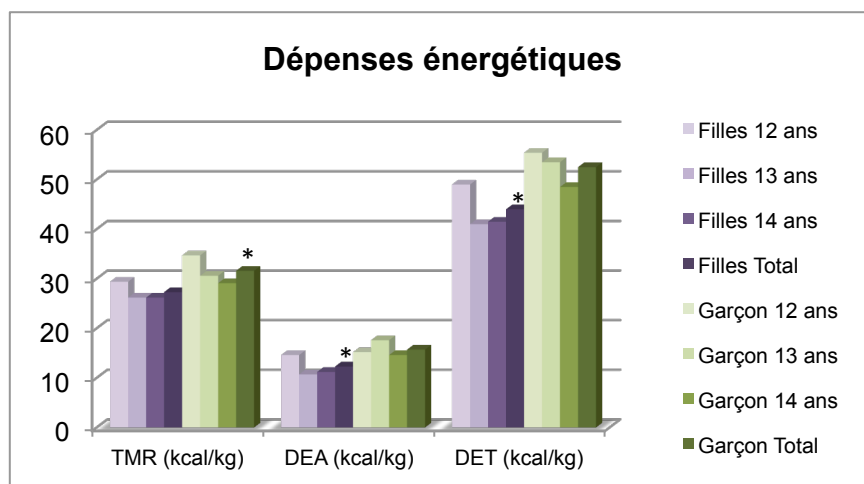


Figure 23 : Histogramme des dépenses énergétiques selon le groupe d'âge et le sexe
* $p < 0.05$

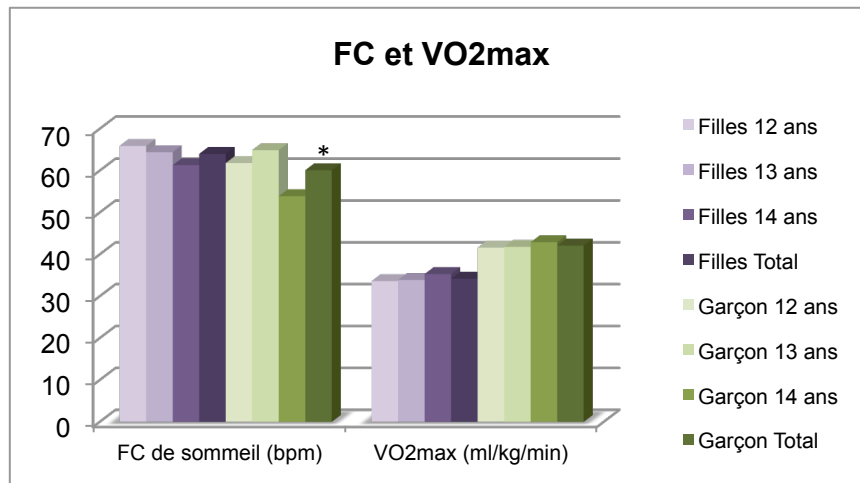


Figure 24 : Histogramme de la FC de sommeil et de la VO₂max selon le groupe d'âge et le sexe
*p<0.05

4.3.3. Composition corporelle

Comme pour les caractéristiques morphologiques, l'analyse statistique montre peu de différences significatives entre les groupes d'âge chez les filles. En effet, seule la MM varie en fonction de l'âge mais pas de manière suffisamment significative ($p=0.53$). Chez les garçons, nous pouvons relever des variations significatives pour la MM ($p=0.001$) ainsi que la CMO ($p=0.001$).

Les figures suivantes (Fig. 25 et 26) permettent d'observer les similitudes et différences entre les groupes d'âge par sexe.

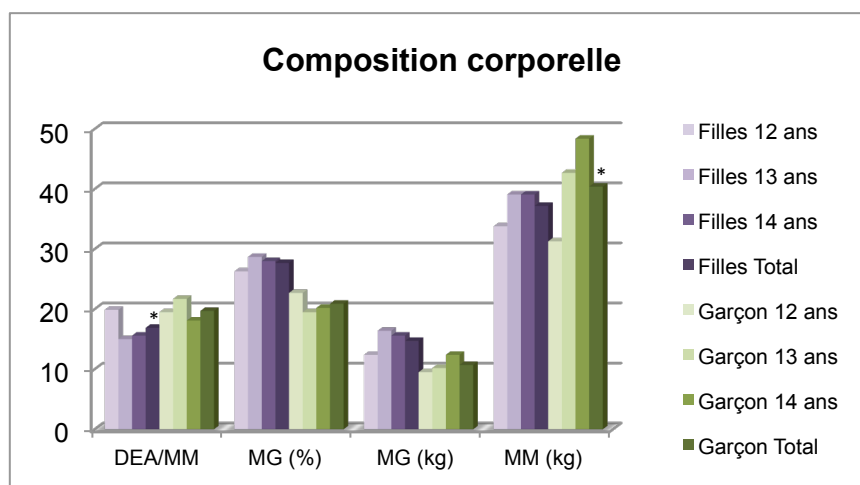


Figure 25 : Histogramme de la composition corporelle selon le groupe d'âge et le sexe
*p<0.05

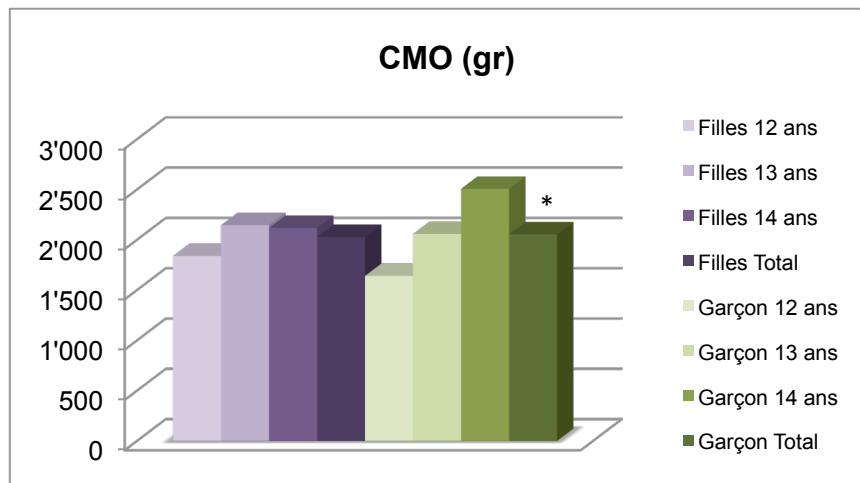


Figure 26 : Histogramme de la contenance minérale des os selon le groupe d'âge et le sexe
*p<0.05

4.4. Analyse de la DEA/MM

Lors de l'analyse statistique selon le sexe (point 4.2) ainsi que lors de l'analyse statistique selon l'âge (point 4.3), nous avons remarqué qu'il existe une différence significative entre les filles et les garçons et selon l'âge pour différentes variables, notamment pour les variables relatives aux dépenses énergétiques. Notre intérêt se prête particulièrement à la DEA. Nous souhaitons donc confirmer ces différences pour la variable de la DEA en utilisant DEA/MM afin d'obtenir des valeurs plus représentatives.

L'analyse de variance univariée a pour but de déterminer quels sont réellement les facteurs influençant significativement la DEA/MM, à savoir le sexe, l'âge et le stade pubertaire.

4.4.1. En fonction du sexe et de l'âge

Cette analyse nous montre qu'il n'y a pas de différence significative pour les facteurs sexe et âge analysés ensemble ($p=0.112$). En effet, nous pouvons remarquer que la DEA/MM n'est pas similaire entre les filles et les garçons ($p=0.038$) mais elle est similaire parmi les groupes d'âge ($p=0.242$). Cela nous montre donc qu'il n'y pas d'interaction entre le sexe et l'âge, c'est-à-dire que la DEA/MM entre les filles et les garçons est pareille pour toutes les tranches d'âge. En conclusion, une différence significative est réelle entre les sexes uniquement.

4.4.2. En fonction du stade pubertaire

De même, nous souhaitons contrôler si le sexe, l'âge et le stade pubertaire est un facteur influençant la DEA/MM.

L'analyse de variance univariée pour la maturité révèle qu'il n'y a pas de différence significative en fonction du stade pubertaire ($p=0.488$).

4.5. Influence de la DEA sur la composition corporelle

Nous souhaitons également déterminer si la DEA a une influence sur la composition corporelle. L'analyse par corrélation est utilisée.

Concernant la MG, une analyse de la corrélation nous montre qu'il n'y a pas d'influence significative ($p=0.72$) de la DEA. Par contre, nous obtenons une valeur r de -0.49 pour la corrélation de Pearson, cela désigne qu'une DEA élevée conduit à une diminution de la MG chez les garçons, mais cela de manière non significative chez les filles. Concernant la MM, l'analyse de corrélation montre que la DEA a une influence significative sur la MM ($p=0.001$) pour les filles et les garçons de 12 à 14 ans.

4.6. Facteurs influençant la corrélation entre DEA et composition corporelle

Une analyse de corrélation partielle nous permet de contrôler la véritable relation entre deux variables dépendante et indépendante sachant que d'autres facteurs peuvent perturber cette corrélation. Nous souhaitons contrôler quelles sont les variables constantes telles que le stade pubertaire, l'âge ou le sexe qui pourraient influencer les résultats obtenus concernant la corrélation entre la DEA et la composition corporelle. L'analyse montre qu'il y a une corrélation entre la DEA et la MG ($p=0.028$) en contrôlant cette relation par les facteurs de MM, stade pubertaire, âge et sexe comme variables constantes.

Il est alors intéressant de vérifier si cette corrélation est également présente en fonction du sexe. L'analyse de la corrélation partielle entre la DEA et la MG montre qu'il existe une différence significative chez les garçons ($p=0.035$), mais pas chez les filles ($p=0.994$).

5. DISCUSSION

Grâce à des appareils de mesure à la pointe de la technologie, nous avons pu réaliser pour la première fois en Suisse la mesure de la composition corporelle ainsi que de la DEA/MM pour des enfants et des adolescents âgés de 12 à 14 ans. Jusqu'à maintenant la composition corporelle était mesurée par des moyens approximatifs tels que la mesure du pli cutané ou l'utilisation de modèles d'équation. L'utilisation du bodyscanner iDXA permet d'obtenir des mesures très précises concernant la composition corporelle, notamment pour la MG (Hind et al., 2011). De nombreuses études (Hoos et al., 2003) ont testé différentes méthodes de mesure de la dépense énergétique comme la calorimétrie indirecte ou la méthode EDM qui ne peuvent malheureusement pas être réalisées dans un environnement libre, ou comme le podomètre avec lequel les données sont très peu précises (Barreira et al., 2009 ; Butte et al., 2012). Des études montrent que l'utilisation d'un accéléromètre triaxial ou l'utilisation d'un accéléromètre combiné à un cardiofréquencemètre sont les méthodes les plus précises pour l'estimation de la dépense énergétique. L'utilisation de Actiheart est actuellement l'un des seuls outils de mesure précis permettant de mesurer la dépense énergétique dans un environnement libre (Corder et al., 2005 ; de Graauw et al., 2010), bien que les modèles d'équation ne soient pas totalement ajustés pour les jeunes (Campbell et al., 2012). De plus, l'analyse de la DEA/MM permet d'obtenir des résultats très précis concernant l'activité physique des jeunes en Suisse. C'est ainsi que cette étude a toute son importance dans le milieu de la santé des enfants et des adolescents.

La taille de notre échantillon est représentative de la population suisse âgée de 12 à 14 ans car notre étude a été réalisée sur des jeunes volontaires choisis aléatoirement.

Le principal objectif de cette étude était de déterminer les dépenses énergétiques des adolescents âgés de 12 à 14 ans en fonction de leur activité physique. Nous pouvons donc présenter les dépenses énergétiques de nos participants en comparaison avec des études similaires conduites dans d'autres pays. (Tab. 11)

Tableau 11 : Comparaison des résultats de notre étude avec ceux d'autres études similaires.

Auteur	Pays	Sexe	Age (ans)	TMR (kcal/j)	DEA (kcal/j)	DET (kcal/j)	TAP
Notre étude (2013)	Suisse	Garçons	13	1568	801	2632	1.7
		Filles	13	1387	629	2240	1.6
Bratteby et al. (1998)	Suède	Garçons	15	1747	1554	3303	1.9
		Filles	15	1427	1133	2557	1.8
Hoffman et al. (2000)	Brésil	Garçons	10	1244	702	2158	1.7
		Filles	10	1114	635	1931	1.7
Lazzer et al. (2003)	France	Garçons	14	1800	643	2696	1.5
		Filles	14	1528	572	2306	1.5
Yamauchi et al. (2007)	Corée	Garçons	13-14	1675	-	2501	1.5
		Filles	13-14	1342	-	2063	1.5
	Chine	Garçons	13-14	1704	-	2508	1.5
		Filles	13-14	1393	-	2161	1.6
Roemmich et al. (2000)	USA	Garçons	13	1626	673	2555	1.6
		Filles	13	1359	654	2237	1.7

Taux métabolique au repos, TMR ; dépense énergétique à l'activité, DEA ; dépense énergétique totale, DET ; taux d'activité physique, TAP

Les résultats de notre étude nous indiquent que nos jeunes sont modérément actifs voir sédentaires (1.6 pour les filles et 1.7 pour les garçons), selon l'échelle du TAP proposé par le regroupement d'experts FAO/WHO/UNU (2001). Ce phénomène est en accord avec les constatations faites dans de nombreux autres pays (Colley et al., 2011 ; Hoffman et al., 2000 ; Lazzer et al., 2003 ; Yamauchi et al., 2007 ; Roemmich et al., 2000). Il est toutefois nécessaire de préciser que notre étude a été réalisée durant le printemps 2013 (mars à mai). Bien que Bitar et al. (1999) suggèrent que la DET est plus importante au printemps qu'en automne et que Riddoch et al. (2007) suggèrent que la saison la plus favorable soit l'été, nous pensons que la météo défavorable a pu avoir un impact négatif sur l'activité physique des jeunes.

Concernant les caractéristiques morphologiques, nous constatons que les garçons et les filles sont en moyenne très semblables, bien que les filles semblent avoir un développement pubertaire légèrement plus avancé mais de manière non significative. Ces résultats ne sont pas complètement concordants avec ceux d'autres études qui montrent plusieurs différences entre les filles et

les garçons, comme les études de Bratteby et al. (1998), Roemmich et al. (2000) et Zakeri et al. (2006) où la taille varie en fonction du sexe. A notre étonnement et contrairement aux travaux d'autres chercheurs (Corder et al., 2009), peu de changements morphologiques interviennent chez les filles entre 12 et 14 ans contrairement aux garçons qui subissent d'importants changements morphologiques durant cette période. En observant les moyennes à chaque âge, nous pouvons remarquer que les filles sont relativement similaires entre les trois groupes. L'analyse statistique a montré une différence significative pour la taille en fonction de l'âge, ce qui voudrait dire que la taille augmente avec l'âge. Cependant, en observant les chiffres (158.1 cm à 12 ans, 165.8 cm à 13 ans et 161.5 à 14 ans) et l'histogramme de la taille (Fig. 19) nous pouvons constater que ce n'est pas le cas. Les filles de 13 ans sont en moyenne plus grandes que les filles de 14 ans. Nous pouvons donner une explication à cette observation : soit notre échantillon de filles contient beaucoup de filles âgées de 13 ans dont la taille est déjà importante, soit les filles de 14 ans participant à notre étude sont généralement de petite taille. Nous pouvons donc conclure que la taille ne varie pas avec l'âge dans notre échantillon de filles. Quant aux garçons, l'analyse statistique montre que la tranche d'âge 12-14 ans est une période de grands changements. En effet, nous pouvons constater une croissance des variables morphologiques en fonction de l'âge. En conclusion, nous pouvons justifier nos résultats concernant les différences morphologiques entre les filles et les garçons par le fait que notre échantillon de filles de 13 et 14 ans n'était peut-être pas tout à fait représentatif. Aussi, il semblerait que dans la tranche d'âge 12-14 ans les filles aient déjà réalisé leur pic de croissance étant donné que les résultats présentent la tranche d'âge 12-14 ans des filles comme une phase transitoire où certaines ont déjà presque terminé leur croissance alors que d'autres sont encore en pleine croissance. Contrairement aux filles, les garçons semblent se trouver précisément dans une phase de développement car les résultats montrent de grands écarts entre les âges.

En ce qui concerne la composition corporelle, en concordance avec nos attentes, notre analyse nous montre une différence significative entre les sexes pour la MG. Les filles ont en effet une MG plus importante que les garçons, qu'elle soit exprimée en kilogramme ou en pourcentage. Cette constatation nous confirme

l'une de nos hypothèses présentées dans les buts de cette étude et est concordante avec les résultats obtenus dans d'autres pays (Bratteby et al., 1998 ; Lazzer et al., 2003 ; Roemmich et al., 2000 ; Zakeri et al., 2006). Nous pouvons également constater que les garçons ont une MM plus élevée que les filles mais pas de manière significative. En accord avec les conclusions tirées sur les aspects morphologiques, les filles montrent peu de différences en fonction de l'âge. Les garçons, quant à eux, montrent une augmentation de la MM ainsi que de la CMO, ce qui concorde parfaitement avec un pic de croissance.

L'analyse statistique des dépenses énergétiques recèle des informations cruciales pour notre étude et nous permet de répondre à l'une des questions de recherche de cette étude : nous remarquons qu'un grand nombre de variables révèlent une différence significative parmi les sexes et selon l'âge. Tout d'abord, comme cela a également été démontré dans d'autres études similaires (Bitar et al., 1999 ; Bratteby et al., 1998 ; Corder et al., 2008 ; Lazzer et al., 2003 ; Yamauchi et al., 2007), le TMR, la DEA et la DET sont significativement plus élevés chez les garçons que chez les filles et augmentent avec l'âge. Hoffman et al. (2000), quant à eux, constatent que seule la DET est liée au sexe bien que le TMR et la DEA soient plus faibles chez les filles que chez les garçons. Roemmich et al. (2000) remarquent que la DET varie en fonction du sexe et du stade pubertaire.

Malgré ces constatations au sujet des dépenses énergétiques, le TAP n'est pas significativement différent parmi les filles et les garçons ni parmi les tranches d'âge. Cette observation varie d'une étude à l'autre. En effet, les sujets masculins et féminins de Bratteby et al. (1998) ont un TAP similaire contrairement à l'analyse réalisée par Hoos et al. (2003) ainsi que l'étude de Livingstone et al. (1992). L'étude de Corder et al. (2009), quant à elle, montre une différence significative du TAP en fonction de l'âge. Livingstone et al. (1992) précisent également que les jeunes sont engagés sur des périodes d'activité plus longues que les plus âgés. Ces diverses informations relatives au sexe nous indiquent que les garçons sont généralement métaboliquement plus actifs que les filles.

En accord avec les études de Bitar et al. (1999) et Livingstone et al. (1992), les variables de la dépense énergétique ont également tendance à diminuer avec

l'âge, ce qui nous pousse à affirmer que les dépenses énergétiques des jeunes ne sont pas similaires à celles des adultes et qu'elles tendent à diminuer avec l'âge. Notre étude montre que la $VO_2\text{max}$ est plus élevée chez les garçons que chez les filles, contrairement à la FC de sommeil qui est plus faible. Selon Wilmore & Costill (2006), un entraînement en aérobie a tendance à faire diminuer la FC de repos. En effet, lors d'activités physiques, les muscles ont besoin d'une plus grande quantité d'oxygène, ce qui a pour conséquence que le cœur doit fournir un travail plus important afin de subvenir aux besoins du corps. En réponse à cela, on observe une augmentation de la masse et du volume du cœur qu'on appelle hypertrophie cardiaque. Cette hypertrophie permet au cœur d'éjecter plus de sang pour une même fréquence. Par conséquent, à l'état de repos, le cœur bat à une fréquence moins élevée. Une FC de sommeil basse est donc un indice de bonne condition physique. Aussi, l'entraînement aérobie entraîne une adaptation des fonctions cardiorespiratoires, conduisant à un meilleur transport de l'oxygène et donc à une élévation de la $VO_2\text{max}$ (Wilmore & Costill, 2006). Notre analyse montre une FC de sommeil plus faible chez les garçons ainsi qu'une $VO_2\text{max}$ plus élevée, ce qui est également le cas chez les garçons participant à l'étude de Corder et al. (2005). Grâce à cette observation, nous pouvons conclure que les garçons ont une meilleure condition physique que les filles.

Observons maintenant la DEA. Nous pourrions penser qu'une DEA élevée est un indice d'activité physique élevé. Cependant, des études (Bandini et al., 1990) prouvent que les individus obèses ont tendance à avoir une dépense énergétique plus élevée que les individus dont le poids est normal, sans pour autant avoir une activité physique plus importante. Cela signifie donc qu'une masse corporelle élevée augmente naturellement les dépenses énergétiques. D'ailleurs, Zakeri et al. (2006) constatent que le poids est le principal prédicteur de la dépense énergétique. Il est donc nécessaire de préciser que s'il existe une différence significative parmi le sexe et l'âge pour la DEA, cela ne signifie pas forcément que les garçons ont une activité physique plus élevée que les filles ou que l'activité physique augmente avec l'âge. L'analyse de la DEA en déduisant la MM permet de supprimer tous les facteurs de composition corporelle qui peuvent intervenir dans le calcul de la DEA. Nous avons donc effectué une analyse de la

DEA/MM afin de déterminer quels sont les facteurs qui l'influencent significativement. En accord avec les études de Bitar et al. (1999), de Bratteby et al. (1998) et de Zakeri et al. (2006), cette analyse nous montre que la DEA/MM est plus élevée chez les garçons que chez les filles, mais qu'il n'y a pas de différence significative parmi les âges ni parmi les stades de développement pubertaire. Il existe donc une différence uniquement entre les sexes.

Nous pouvons donc désormais affirmer que les garçons ont une activité physique plus élevée que les filles. Suite à cette affirmation, il est intéressant d'observer l'influence de la DEA sur la composition corporelle. En effet, notre étude montre que les filles ont un pourcentage de MG plus élevé que les garçons et que celles-ci ont une DEA plus faible. Nous nous demandons donc si ce manque d'activité à une conséquence négative sur la composition corporelle des filles. L'analyse de la corrélation entre la DEA et la composition corporelle montre cependant qu'il existe une influence significative uniquement pour la MM pour les deux sexes confondus. Cela nous amène à dire que l'activité physique provoque une augmentation de la masse musculaire mais pas une diminution de la masse grasse. Toutefois, la corrélation de Pearson prouve qu'une DEA élevée conduit à une diminution de la MG chez les garçons.

Etant donné que l'analyse de corrélation n'est pas à 100% fiable et que celle-ci peut avoir des faiblesses, nous avons réalisé une analyse de corrélation partielle nous permettant de contrôler la véritable influence de la DEA sur la composition corporelle en fonction de variables constantes telles que la MM, le stade pubertaire, l'âge et le sexe. Cette analyse nous montre qu'il existe une corrélation entre la DEA et la MG, ce qui est en accord avec d'autres études (Hoos et al., 2000). Nous avons donc vérifié cette corrélation pour les deux sexes et l'analyse montre que cette corrélation est significative uniquement pour les garçons. Cela signifie que les garçons peuvent diminuer leur MG en augmentant leurs activités physiques contrairement aux filles.

Finalement, cette étude nous montre que la composition corporelle varie en fonction de l'activité physique chez les garçons mais pas chez les filles. Cela signifie donc que le lien entre activité physique et composition corporelle est fondamentalement différent entre les garçons et les filles.

Toutefois, notre étude ne nous permet pas de préciser s'il existe une prévalence au surpoids et à l'obésité entre les sexes. Il est intéressant de mentionner que Herzig et al. (2012) ne décrivent aucune prédominance au surpoids et à l'obésité entre les sexes chez les jeunes en Suisse et que ceux-ci sont généralement plus actifs que leurs compatriotes d'autres pays. Selon eux, cela s'explique par trois raisons : premièrement les écoles suisses sont obligées de donner trois unités d'éducation physique par semaine, deuxièmement notre pays a développé un programme national de promotion du sport « Jeunesse et Sport » qui favorise le sport extrascolaire, et troisièmement il y a une grande proportion d'écoliers qui réalise deux aller-retour par jour entre leur maison et leur école. Dans notre étude, nous ne pouvons pas tirer une telle conclusion car elle se base sur des jeunes suisses uniquement, mais en comparant nos résultats à d'autres études, nous pouvons tout de même constater que le TAP des jeunes provenant d'autres pays est parfois plus faible que celui de notre échantillon. Il est certain que l'activité physique a toute son importance pour réduire les problèmes de surpoids (Janssen et al., 2007 ; Hoos et al., 2000) et qu'il existe une forte relation entre activité physique et MG (Ness et al., 2007). Roemmich et al. (2000) précisent que c'est la DEA qui a le plus d'influence sur la masse grasse des jeunes car elle est le composant le plus variable de la DET et la balance énergétique se fait surtout en fonction de la DEA. Les recommandations pour les jeunes sont actuellement de l'ordre d'un minimum de soixante minutes par jour d'activité physique, non seulement pour diminuer le risque de surpoids mais aussi pour produire de nombreux bénéfices pour la santé sur le plan biologique et psychosocial (Janssen et al., 2007 ; Strong et al., 2005). Le regroupement d'experts FAO/WHO/UNU (2001) précise qu'il n'y a pas d'évidence concernant la fréquence optimale, la durée et l'intensité des activités physiques qui promeuvent la santé, mais qu'il est suggéré que les enfants et adolescents accomplissent un minimum de soixante minutes par jour d'activité physique modérée à intensive (possibilité de cumuler chaque 10 minutes d'activité). Monyeki et al. (2012) relèvent que les filles ont une prévalence au surpoids et à l'obésité par rapport aux garçons et que leur IMC corrèle négativement avec leur condition physique. Aussi, Riddoch et al. (2007) remarquent que les filles ont tendance à diminuer leur TAP durant leur développement pubertaire. De notre côté, nous avons constaté que le lien entre activité physique et composition corporelle est

fondamentalement différent entre les sexes, et que les filles n'ont pas la possibilité de faire diminuer leur pourcentage de MG aussi facilement que les garçons. Nous en venons donc à dire qu'il serait important de réaliser davantage d'études sur le lien entre activité physique et composition corporelle chez les filles et les garçons afin de définir de nouvelles recommandations spécifiques au genre. Riddoch et al. (2007) suggèrent également qu'il serait nécessaire de prendre en compte séparément le développement physique et le développement psychosocial qui se déroulent durant la période de puberté, afin de vérifier leur véritable impact sur l'activité physique. De même, Torun (2005), qui a réalisé une analyse de 42 études dans le domaine des dépenses énergétiques chez les jeunes, suggère que les recommandations du regroupement d'experts FAO/WHO/UNU devraient être revues et adaptées en fonction de l'âge et du sexe.

Limites de l'étude

Afin d'obtenir des résultats hors du commun, il aurait été préférable de mesurer le TMR par calorimétrie indirecte plutôt que de l'estimer au moyen d'une équation. Nous souhaitions dans un premier temps réaliser la mesure du TMR au moyen d'un système de masque ventilé (MOXUS Metabolic System, AIE Technologies, Inc., Bastrop, TX, USA). Cependant, nous avons constaté un dérèglement de l'appareil qui nous a contraints à utiliser l'estimation du TMR. Aussi, une taille d'échantillon plus grande permettrait une meilleure représentation des jeunes suisses âgés de 12 à 14 ans. Les sessions de mesures d'une telle étude pourraient alors se dérouler sur une période plus étendue et ainsi recouvrir différentes saisons. Ou mieux encore, chaque participant devrait réaliser plusieurs semaines de mesure réparties sur une année avec l'Actiheart. Cela permettrait d'obtenir des résultats plus précis quant à l'activité physique, étant donné que celle-ci peut énormément varier en fonction des saisons.

6. CONCLUSION

Nous pouvons tout d'abord répondre aux différentes questions de recherche de cette étude.

Dans un premier temps, nous avons pu mesurer les dépenses énergétiques des enfants et des adolescents âgés de 12 à 14 ans en fonction de leur activité physique. Nous remarquons qu'elles concordent avec des études réalisées dans d'autres pays et que les dépenses énergétiques des enfants et des adolescents sont différentes de celles des adultes. Aussi, elles varient en fonction de l'âge et du sexe, à savoir qu'elles ont tendance à diminuer avec l'âge et qu'elles sont plus importantes chez les garçons que chez les filles.

Dans un deuxième temps, nous pouvons affirmer qu'il existe un lien entre dépense énergétique et composition corporelle puisque l'activité physique fait significativement augmenter la MM, que ce soit chez les garçons ou chez les filles. Nous pouvons également mentionner que la DEA est en corrélation avec la MG chez les garçons, à savoir que chez eux, une activité élevée fait diminuer le pourcentage de MG.

Et pour terminer, nous pouvons constater qu'il y a une différence de dépense énergétique entre les filles et les garçons et nous pouvons même préciser que le lien entre activité physique et composition corporelle est différent entre les filles et les garçons car celle-ci varie en fonction de l'activité physique uniquement chez les garçons. Nous pouvons donc affirmer que le lien entre activité physique et composition corporelle est fondamentalement différent entre les sexes, et que les filles n'ont pas la possibilité de faire diminuer leur pourcentage de MG aussi facilement que les garçons. Ceci nous pousse à penser qu'il serait nécessaire de définir de nouvelles recommandations spécifiques au genre. Alors que Harrel et al. (2005) et Strong et al. (2005) remettent en question le Compendium des activités physiques proposé par Ainsworth et al. (2000) concernant son application pour les enfants, notre étude va encore plus loin dans le sens où nous remettons en question les recommandations en terme d'activité physique chez les jeunes étant donné qu'il existe une réelle différence entre les filles et les garçons. Non seulement l'échelle d'équivalence métabolique n'est pas adaptée pour les enfants, mais il serait également nécessaire de proposer des

recommandations adaptées pour les filles et pour les garçons. Des études futures devraient être réalisées dans le but de déterminer des recommandations plus spécifiques en fonction du sexe.

Plus généralement, cette étude nous permet de nous rendre compte de l'impact de l'évolution de la société qui conduit la population à devenir de plus en plus sédentaire et à adopter un mode d'alimentation peu adapté aux véritables besoins. Nous constatons que les jeunes en Suisse sont peu actifs dans la vie de tous les jours. Bien que la Suisse ne fasse pas encore partie des nations critiques en terme de problèmes de santé liés au surpoids, il est important que des campagnes soient développées dans notre pays afin de trouver des solutions qui permettent de maintenir la santé de la population suisse. Différentes perspectives sont envisageables et mériteraient d'être étudiées. Par exemple, Bauer et al. (2011) ainsi que Strong et al. (2005) suggèrent que le milieu familial puisse avoir une grande influence sur les habitudes chez les jeunes. Il serait donc important de sensibiliser davantage les parents sur les moyens d'instaurer un environnement sain pour les enfants. De plus, Suter & Ruckstuhl (2006) constatent qu'il existe également en Suisse une corrélation entre l'activité physique des parents et celle de leurs enfants. Il pourrait donc être intéressant de développer des projets de sensibilisation dans le cadre familial afin que non seulement les jeunes puissent profiter des bienfaits d'un mode de vie sain et équilibré, mais que cela puisse également s'appliquer à leurs parents.

Pour conclure, deux points principaux sont à retenir de ce travail. Premièrement, le lien entre activité physique et composition corporelle n'est pas identique pour les deux sexes chez les enfants et les adolescents. Des ajustements des recommandations pour les jeunes sont donc indispensables. Deuxièmement, les jeunes suisses ont tendance à adopter un mode de vie sédentaire, ce qui peut avoir un impact négatif sur la santé. Des mesures préventives devraient donc être envisagées afin de rétablir un « équilibre » de la balance énergétique des jeunes en Suisse.

7. REFERENCES

1. Ader, J-L., Carré, F. (2006). Physiologie. *Elsevier Masson*, 25-31
2. Ainsworth, B. E., Haskell, W. L., Leon, A. S., Jacobs, D. R., JR., Montoye, H. J., Sallis, J. F., et al. (1993). Compendium of Physical Activities: classification of energy costs of human physical activities. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 25. No. 1, 71-80.
3. Ainsworth, B. E., Haskell, W. L., Whitt, M. C., Irwin, M. L., Swartz, A. M. Strath, S. J., et al. (2000). Compendium of Physical Activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 32. No. 9, 498-516.
4. Alhassan, S., Lyden, K., Howe, C., Keadle, S. K., Nwaokemeh, O., Freedson, P. S. (2012). Accuracy of Accelerometer Regression Models in Predicting Energy Expenditure and METs in Children and Youth. *Pediatric Exercise Science*, 24(4), 519-536.
5. Audrey, S., Bell, S., Hughes, R., Campbell, R. (2012). Adolescent perspectives on wearing accelerometers to measure physical activity in population-based trials. *Eur J Public Health*.
6. Bandini, L. G., Schoeller, D. A., Dietz, W. H. (1990). Energy Expenditure in Obese and Nonobese Adolescents. *Pediatric research*, Vol. 27, No. 2, 198-202.
7. Barreira, T. V., Kang, M., Caputo, J. L., Farley, R. S., Renfrow, M. S. (2009). Validation of the Actiheart Monitor for the Measurement of Physical Activity. *Int J Exerc Sci*, Vol. 2, No. 1, 60-71.
8. Bauer, K. W., Neumark-Sztainer, D., Fulkerson, J. A., Hannan, P. J., Story, M. (2011). Familial correlates of adolescent girls' physical activity, television use, dietary intake, weight, and body composition. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 8, 25.
9. Bitar, A., Fellmann, N., Vernet, J., Coudert, J., Vermorel, M. (1999). Variations and determinants of energy expenditure as measured by whole-body indirect calorimetry during puberty and adolescence. *Am. J. Clin. Nutr.* 69, 1209–1216.
10. Brage, S., Brage, N., Franks, P. W., Ekelund, U., Wong, M. Y., Andersen, L. B., et al. (2004). Branched equation modeling of simultaneous accelerometry and heart rate monitoring improves estimate of directly measured physical activity energy expenditure. *J Appl Physiol* 96, 343–351.
11. Brage, S., Ekelund, U., Brage, N., Hennings, M., Froberg, K., Franks, P., Wareham, N. J. (2007). Hierarchy of individual calibration levels for heart rate and accelerometry to measure physical activity. *J Appl Physiol* 103, 682–692.
12. Bratteby, L.-E., Sanhagen, B., Fan, H., Enghardt, H., Samuelson, G. (1998). Total energy expenditure and physical activity as assessed by the doubly labelled water

method in Swedish adolescents in whom energy intake was underestimated by 7-d diet records. *Am J Clin Nutr*, 67, 905-911.

13. Butte, N. F., Wong, W. W., Adolph, A. L., Puyau, M. R., Vohra, F. A., Zakeri I. F. (2010). Validation of cross-Sectional Time Series and Multivariate Adaptive Regression Splines Models for the Prediction of Energy Expenditure in Children and Adolescents Using Doubly Labeled Water. *J. Nutr.*, 140, 1516-1523.
14. Butte, N. F., Ekelund, U., Westerterp, K. R. (2012). Assessing physical activity using wearable monitors: measures of physical activity. *Med Sci Sports Exerc.*, Vol. 44, No 1, 5-12.
15. Camntech. 2010. The Actiheart User Manual. Cambridgeshire: Camntech.
16. Camntech. 2010. The Actiheart Guide to Getting Started. Cambridgeshire: Camntech.
17. Campbell, N., Prapavessis, H., Gray, C. (2012). The Actiheart in Adolescents: A Doubly Labelled Water Validation. *Pediatric exercise Science*, 24, 589-602.
18. Choi, L., Chen, K., Acra, S., Buchowski, M. (2010). Distributed lag and spline modeling for predicting energy expenditure from accelerometry in youth. *J. Appl. Physiol.*, Vol. 108, No. 2, 314-327.
19. Collège des Enseignants de Nutrition, (2010-2011). La dépense énergétique. Consulté le 4 avril 2013 depuis le site Internet de l'Université Médicale Virtuelle Francophone. Disponible sur : http://umvf.univ-nantes.fr/nutrition/enseignement/nutrition_3/site/html/cours.pdf
20. Colley, R. C., Garriguet, D., Janssen, I., Craig, C. L., Clarke, J., Tremblay, M. S. (2011). Physical activity of Canadian children and youth: Accelerometer results from the 2007 to 2009 Canadian Health Measures Survey. *Health Report*, Vol. 22, No. 1, 15-23.
21. Corder, K., Brage, S., Wareham, N. J., Ekelund, U. (2005). Comparison of PAEE from Combined and Separate Heart Rate and Movement Models in Children. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 37, No. 10, 1761-1767.
22. Corder, K., Ekelund, U., Steele, R. M., Wareham, N. J., Brage, S. (2008). Assessment of physical activity in youth. *J Appl Physiol.*, 105, 977-987.
23. Corder, K., Van Sluijs, E. MF., Wright, A., Whincup, P., Wareham, N. J., Ekelund, U. (2009). Is it possible to assess free-living physical activity and energy expenditure in young people by self-report ? *Am. J. Clin. Nutr.*, 89, 862-870.
24. de Graauw, S. M., de Groot, J. F., van Brussel, M., Streur, M. F., Takken, T. (2010). Review of Prediction Models to Estimate Activity-Related Energy Expenditure in Children and Adolescents. *In. J. Pediatr.*, 10:489304., doi: 10.1155/2010/489304.
25. Eston, R. G., Rowlands, A. V., Ingledew, D. K. (1998). Validity of heart rate, pedometry, and accelerometry for predicting the energy cost of children's activities. *J Appl Physiol*, 84, 362-371.

26. Ganong, W. (2005). Physiologie médicale. *De Boeck Supérieur*, 263-298, 522
27. Goran, M., Kaskoun, M., Johnson, R., Martinez, C., Kelly, B., Hood, V. (1995). Energy expenditure and body fat distribution in Mohawk children. *Pediatrics*, 95, 89-95.
28. Guinhouya, B. C., Samouda, H., de Beaufort, C. (2013). Level of physical activity among children and adolescents in Europe: a review of physical activity assessed objectively by accelerometry. *Public Health*, Vol. 127, No. 4, 301-311.
29. Harrell, J. S., McMurray, R. G., Baggett, C. D., Pennel, M. L., Pearce, P. F, Bangdiwala, S.I. (2005). Energy costs of physical activities in children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc*, Vol. 37, No. 2, 329-336.
30. Harris, J. A., Benedict, F.G. (1918). A Biometric Study of Human Basal Metabolism. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 4, 12, 370-373.
31. Herzig, M., Dössegger, A., Mäder, U., Kriemler, S., Wunderlin, T., Grize, L., et al. (2012). Differences in weight status and energy-balance related behaviors among schoolchildren in German-speaking Switzerland compared to seven countries in Europe. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical activity*, 9 :139.
32. Hind, K., Oldroyd, B., Truscott, J. G. (2011). In vivo precision of the GE Lunar iDXA densitometer for the measurement of total body composition and fat distribution in adults. *Eur J Clin Nutr*, 65, 140-142.
33. Hoffman, D. J., Sawaya, A. L., Coward, W. A., Wright, A., Martins, P. A., de Nascimento, C. et al. (2000). Energy expenditure of stunted and nonstunted boys and girls living in the shantytowns of Sao Paulo, Brazil. *Am J Clin Nutr*, 72, 1025-1031.
34. Hoos, M. B., Gerver, W. J. M., Kester, A. D., Westerterp, K. R. (2003). Physical activity level in children and adolescents. *Int J Obes*, 27, 605-609.
35. Janssen, I. (2007). Physical activity guidelines for children and youth. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.*, 32, 109-121.
36. Lazzer, S., Boirie, Y., Bitar, A., Montaurier, C., Vernet, J., Meyer, et al. (2003). Assessment of energy expenditure associated with physical activities in free-living obese and nonobese adolescents. *Am J Clin Nutr*, 78, 471-479.
37. Livingstone, M. B., Coward, W. A., Prentice, A. M., Davies, A. M., Strain, J. J., McKenna, P. G., et al. (1992). Daily energy expenditure in free-living children: comparison of heart-rate monitoring with the doubly labelled water ($^2\text{H}_2^{18}\text{O}$) method. *Am J Clin Nutr*, 56, 343-352.
38. Marshall, W. A., Tanner, J. M. (1969). Variations in the pattern of pubertal changes in girls. *Archives of Disease in Childhood*, 44, 291-303.
39. Marshall, W. A., Tanner, J. M. (1970). Variations in the pattern of pubertal changes in boys. *Archives of Disease in Childhood*, 45. 13-23.

40. Martin, C., Riou, B., Vallet, B. (2006). Physiologie Humaine Appliquée. *Wolters Kluwer France*, 703-704
41. Monyeki, M. A., Neetens, R., Moss, S. J., Twisk, J. (2012). The relationship between body composition and physical fitness in 14 year old adolescents residing within the Tlokwe local municipality, South Africa: the PAHL study. *BMC Public Health*, 12, 374.
42. Ness, A. R., Leary, S. D., Mattocks, C., Blair, S. N., Reilly, J. J., Wells, J., et al. (2007). Objectively Measured Physical Activity and Fat Mass in a Large Cohort of Children. *PLoS Med*, Vol. 4, No. 3, 476-484.
43. Paul, D R., Novotny, J. A., Rumpler, W. V. (2004). Effects of the interaction of sex and food intake on the relation between energy expenditure and body composition. *Am J Clin Nutr*, 79, 385-389.
44. Riddoch, C. J., Mattocks, C., Deere, K., Saunders, J., Kirkby, J., Tilling, K., et al. (2007). Objective measurement of levels and patterns of physical activity. *Arch Dis Child*, Vol. 92, No. 11, 963-969.
45. Roemmich, J. N., Clark, P. A., Walter, K., Patrie, J., Weltman, A., Rogol A. D. (2000). Pubertal alterations in growth and body composition. V. Energy expenditure, adiposity, and fat distribution. *Am. J Physiol Endocrinol Metab*. Vol. 279, No. 6, 1426-1436.
46. Schutz, Y., Ravussin, E. (1980). Respiratory quotients lower than 0.70 in ketogenic diets. *AM J Clin Nutr*, Vol. 33, No. 6, 1317-1319.
47. Strong, W. B., Malina, R. M., Bumkie, C. J. R., Daniels, S. R., Dishman, R. K., Gutin, B., et al. (2005). Evidence based physical activity for school-age youth. *J Pediatr*, Vol. 146, No. 6, 732-737.
48. Suter, P. M., Ruckstuhl, N. (2006). Obesity during growth in Switzerland: role of early socio-cultural factors favouring sedentary activities. *International Journal of Obesity*, 30, 4-10.
49. Torun, B. (2005). Energy requirements of children and adolescents. *Public Health Nutrition*, Vol. 8, No. 7A, 968-993.
50. US Department Of Health And Human Services. (1996). Physical activity and health: a report of the surgeon general. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion: Atlanta, GA: US.
51. Wilmore, J. H., Costill, D. L. (2006). Physiologie du sport et de l'exercice. *Ed. De Boek*, 3^e edition. 192, 101-125, 246-255, 373-391, 514-516.
52. World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations, United Nations University. (2001). Human energy requirements: Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. *Food and Nutrition Technical Report Series*. No. 1. 20-34.

53. Yamauchi, T., Kim, S.-N., Lu, Z., Ichimaru, N., Maekawa, R., Natsuhara, K., et al. (2007). Age and Gender Differences in the Physical Activity Patterns of Urban Schoolchildren in Korea and China. *J Physiol Anthropol*, Vol. 26, No. 2, 101-107.
54. Zakeri, I., Puyau, M. R., Adolph, A. L., Vohra F. A., Butte, N. F. (2006). Normalization of Energy Expenditure Data for Differences in Body mass or Composition in Children and Adolescents. *J Nutr*, Vol. 136, No. 5, 1371-1376.
55. Zakeri, I. F., Adolph, A. L., Puyau, M. R., Vohra, F. A., Butte, N. F. (2008). Application of cross-sectional time series modeling for the prediction of energy expenditure from heart rate and accelerometry. *J Appl Physiol*, 104, 1665–1673.
56. Zakeri, I. F., Adolph, A. L., Puyau, M. R., Vohra F. A., Butte, N. F. (2009). Multivariate adaptive regression splines models for the prediction of energy expenditure in children and adolescents. *J Appl Physiol*, 108, 128-136.
57. <http://www.imc.fr/enfant-adolescent>. Consulté le 10.02.2013.
58. <http://www.tabledescalories.com/images/fitness/step.jpg>. Consulté le 15.04.2013.
59. http://www.bsiproductdevelopment.com/wp-content/gallery/lunaridxa/general_20090514094612.jpg. Consulté le 16.11.201
60. <http://www.salusa.se/Filer/Produktinfo/Aktivitet/actiheart.jpg>. Consulté le 16.11.2012.
61. http://t3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQ0chSEZAkkfQ2-0Kergy_QXD_uJhJNBn4PCmVGQozA47TD1_6C5g. Consulté le 16.11.2012
62. http://en.wikipedia.org/wiki/Schofield_equation. Consulté le 14.05.2013

8. ANNEXES

Différents documents, présentés dans les annexes, ont été élaborés avant, pendant et après la réalisation de cette étude. La liste ci-dessous énumère ces documents.

Annexe 1 : Flyer

Annexe 2 : Informations à l'attention des parents des sujets de l'étude

Annexe 3 : Informations à l'attention des sujets de l'étude

Annexe 4 : Approbation de la commission d'éthique

Annexe 5 : Convocation aux élèves participants à notre étude

Annexe 6 : Case Report Form

Annexe 7 : Formulaire pour la détermination du stade pubertaire

Annexe 8 : Dossier remis aux participants

8.1. Annexe 1

Etude : la dépense énergétique liée à l'activité physique et à la composition corporelle chez les jeunes



Recherchés : Adolescents en bonne santé

L'Université de Fribourg a mis sur pied depuis quelques années une étroite collaboration avec la Haute Ecole Fédérale du Sport de Macolin (HEFSM) afin d'offrir une formation complète dans le domaine du sport et des sciences du mouvement. Grâce à cette collaboration, j'ai l'occasion, dans le cadre de mon travail de Master, de profiter de moyens de recherches poussés pour réaliser une étude liée au domaine de la santé. Je suis donc à la recherche d'adolescents en bonne santé, âgés de 12 à 14 ans, qui seraient prêts à participer en tant que sujets à mon étude sur les dépenses énergétiques des adolescents. Enseignant déjà l'éducation physique au CO du Belluard, je sollicite donc les élèves de cet établissement à y participer.

Buts de l'étude

Mon étude a pour objectif d'approfondir nos connaissances sur les dépenses énergétiques liées aux activités physiques et à la composition corporelle chez les adolescents âgés de 12 à 14 ans. Ces nouvelles informations pourront par la suite être utiles à de nombreux chercheurs dans le domaine de la santé afin de limiter le surpoids et ses conséquences, phénomène croissant depuis un certain nombre d'années.

Conditions de participation

Je recherche des sujets adolescents masculins et féminins en bonne santé et suffisamment responsables et intéressés par mon projet. L'accord parental est indispensable.

Déroulement

Si votre enfant décide de prendre part à mon étude, il aura la possibilité de passer un scanner à la pointe de la technologie actuelle. Il devra également porter un appareil qui mesure sa dépense énergétique pendant une durée déterminée (environ 7 jours). Il aura ainsi l'occasion de découvrir comment se déroule une étude expérimentale.

Lieu

Votre enfant devra se déplacer une fois à Macolin pour faire des mesures durant une matinée. Le trajet sera organisé par transport public et vous sera offert.

Protection des données

Nous accordons une grande importance à la confidentialité des données personnelles.

Inscription

Si votre enfant est intéressé à prendre part à mon étude ou si vous avez encore des questions, je vous propose de venir assister à l'une des 3 petites séances d'information proposées ci-dessous. J'aurai ainsi l'occasion de vous présenter mon étude un peu plus en détails et ainsi répondre à toutes vos questions. L'inscription se fera durant cette séance.

Séance d'information et inscription :

Jeudi 17 janvier 2013, 19h, CO du Belluard, salle 19

Mardi 22 janvier 2013, 18h45, CO du Belluard, salle 19

Contact:

Anne-Julie Vial

anne-julie.vial@unifr.ch

079 509 63 83

8.2. Annexe 2



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Sport BASPO
Office fédéral du sport OFSPO



UNIVERSITÉ DE Fribourg / FACULTÉ DES SCIENCES
UNIVERSITÄT FREIBURG / MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE FAKULTÄT

Information à l'attention des parents des sujets de l'étude

La dépense énergétique liée à l'activité physique et à la composition corporelle chez les jeunes

Chers Parents,

1. Participation à l'étude

Votre enfant a été sélectionné pour participer à cette étude comme sujet d'expérience car il se situe dans la tranche d'âge requise (12-14 ans) et il n'est pas atteint d'une maladie grave. Nous recherchons au total 60 adolescents (30 garçons et 30 filles) à cet effet.

2. Objet de l'étude

L'étude porte sur les dépenses énergétiques selon l'activité physique quotidienne et la composition corporelle.

3. Etude clinique : informations générales

Depuis les dernières décennies, on constate un changement au niveau du style de vie et des habitudes alimentaires de la population. Ce phénomène s'observe déjà chez les enfants ainsi que les adolescents. Nous pouvons constater une baisse de l'activité physique quotidienne ainsi qu'un accroissement de la consommation d'une nourriture transformée et souvent riche en calories. Ce genre de changement a un impact considérable sur la santé de la population. On dénombre de plus en plus de cas d'obésité et de problèmes de santé liés au surpoids tels que des maladies cardiovasculaires et le diabète. Afin de pouvoir agir positivement sur ce phénomène, il est nécessaire d'approfondir nos connaissances sur la manière dont les enfants et les adolescents assimilent leur nourriture et surtout comment ils utilisent leur énergie lors d'activités physiques.

La durée de la présente étude est d'une semaine, durée pendant laquelle votre enfant devra porter un petit appareil appelé Actiheart qui permettra de mesurer sa dépense énergétique. Cet appareil mesurera sa fréquence cardiaque ainsi que ses accélérations. Il se porte sur le

thorax comme une ceinture. Durant cette semaine, votre enfant devra constamment porter cet appareil et vivre ses activités quotidiennes comme il en a toujours eu l'habitude. L'Actiheart ne gênera en aucun cas ses mouvements.

Sur le plan alimentaire, votre enfant n'aura aucune contrainte. Il pourra manger autant qu'il voudra et ce qu'il voudra pendant cette étude.

Par ailleurs, pour que nous puissions mesurer la composition corporelle et la dépense d'énergie au repos de votre enfant, il devra venir une matinée à Macolin. Le voyage sera organisé par transport public et les frais seront remboursés. Nous mesurerons sa dépense d'énergie au repos par calorimétrie indirecte – un examen pour lequel votre enfant devra être à jeun. Voici en quoi il consistera : votre enfant restera allongé tranquillement sur une table d'examen pendant environ 60 minutes. Durant les 30 dernières minutes, il portera une cagoule ventilée (ill. 3) lui permettant de respirer l'air naturel ambiant. A chaque inspiration, le système mesurera les échanges gazeux de son corps (consommation d'oxygène et production de gaz carbonique), ce qui nous permettra de connaître très précisément sa dépense énergétique au repos. Cette cagoule étant ouverte en bas, il pourra à tout moment l'ôter s'il le désire.

Pour mesurer les modifications de la composition corporelle de votre enfant, c'est-à-dire du rapport entre masse grasseuse et masse musculaire, nous utiliserons un scanner à rayons X (ill. 1). Le rayonnement de cet appareil est inférieur au rayonnement fossile pendant toute une semaine en Suisse. Pour plus de précisions à ce sujet, nous vous invitons à consulter le document du Swiss Olympic Medical Center de Macolin, ci-joint.

Les appareils de mesure utilisés sont les plus perfectionnés qui existent à l'heure actuelle :



III. 1: scanner iDXA



**III. 2: appareil de mesure
indirecte
Actiheart**



III. 3 : calorimétrie

Les données que nous aurons réunies nous permettront de déterminer quelles sont les dépenses en énergie de votre enfant en fonction de son activité physique quotidienne. Nous pourrions également mesurer sa dépense énergétique de base (au repos) et sa composition corporelle.

Cette étude est réalisée conformément à la législation suisse et aux directives reconnues au niveau international. Elle a par ailleurs été approuvée par la Commission d'éthique de Berne.

4. Participation à titre volontaire

Votre participation et celle de votre enfant à cette étude est volontaire et vous pourrez l'interrompre à tout moment sans avoir à vous justifier – auquel cas nous ferons passer un examen médical de clôture à votre enfant à titre de précaution. Quant aux données que nous aurons collectées jusque-là, nous continuerons de les utiliser.

5. Déroulement de l'étude

Pour votre enfant, en tant que sujet, l'étude se déroulera comme suit (tableau 1) :

A son arrivée au laboratoire de Macolin, nous prendrons les mesures suivantes : son poids, sa taille, son stade de développement pubertaire (SDP), son taux métabolique au repos (TMR), sa fréquence cardiaque maximale (FC Max) et sa composition corporelle ; nous calibrerons pour lui un Actiheart (appareil servant à mesurer sa dépense d'énergie). Suite à ces mesures de base, votre enfant portera l'Actiheart durant 7 jours, dans le cadre de sa vie quotidienne.

Périodes	Informations
Jour 1	Mesures de base: poids, taille, SDP, TMR, composition corporelle (iDXA), calibrage Actiheart
Jour 1-7	7 jours actiheart
Jour 7	Retour du matériel

Tableau 1 – Déroulement de l'étude pour les sujets

6. Obligations pour les sujets et l'investigateur

En tant que participant volontaire à l'étude, vous vous engagez

- à suivre les instructions de votre investigateur et à respecter le programme de l'étude,
- à informer votre investigateur de manière précise des effets indésirables constatés,
- à informer votre investigateur si votre enfant suit un traitement chez un médecin ou s'il prend des médicaments. Sont également considérés comme médicaments toutes les préparations achetées librement, sans ordonnance médicale et/ou les préparations de médecine complémentaire (herbes, plantes, essences homéopathiques et spagyriques, produits thérapeutiques asiatiques, aliments spéciaux et vitamines).

7. Bénéfices pour les sujets d'expérience

Cette étude clinique peut apporter à votre enfant des connaissances sur la physiologie humaine ainsi que sur les bienfaits d'une bonne hygiène de vie sur la santé. Les données sur la composition corporelle pourront parfaitement vous indiquer l'état de santé de votre enfant. Vous pouvez aussi considérer cette étude comme une opportunité et un stimulant pour opter pour une bonne hygiène de vie. De plus, votre participation va permettre de découvrir des nouvelles données scientifiques qui pourront alors être utiles pour la recherche dans le domaine de la santé des enfants et des adolescents.

8. Risques et désagréments

- L'utilisation du Bodyscanner entraîne des émissions radioactives. Cependant, le taux d'irradiation correspond uniquement à celui subi durant un vol de ligne transatlantique ; de plus, la quantité des émissions est moins élevée que celle à laquelle nous sommes naturellement exposés pendant toute une semaine de notre vie quotidienne en Suisse.
- L'Actiheart et la calorimétrie indirecte n'ont pas d'impact sur la santé. Le port de l'Actiheart ne gênera pratiquement pas votre enfant dans ses activités quotidiennes. Pendant la mesure de la dépense énergétique au repos, il peut s'allonger et se détendre.
- La cagoule de l'appareil de calorimétrie indirecte est ouverte vers le bas ; votre enfant peut donc l'ôter à tout moment. Pendant cette mesure, il peut s'allonger et se détendre.

9. Nouvelles découvertes

Le responsable de l'étude vous informera de toutes les nouvelles découvertes susceptibles d'influencer l'utilité ou la sécurité du déroulement de l'étude ainsi que votre déclaration d'accord.

10. Confidentialité des données

L'étude servira d'une part de base pour la rédaction d'un travail de master et, d'autre part, les données récoltées feront l'objet d'une publication internationale. Les données personnelles de votre enfant seront intégrées dans cette étude de manière anonyme. Elles seront utilisées uniquement par des spécialistes dans le but d'une évaluation scientifique. Pendant la durée de l'analyse, les données seront conservées à l'Office fédéral du sport; personne n'y aura accès, hormis les spécialistes chargés de leur évaluation. Les membres des autorités compétentes sont habilités à consulter les données originales dans le cadre d'inspections. Cela s'applique aussi pour la Commission cantonale d'éthique de Berne. La confidentialité des données est strictement garantie pendant toute la durée de l'étude et lors des contrôles susmentionnés. Votre nom ne sera en aucun cas publié dans des rapports ou des publications liés à cette étude.

11. Coûts

Les examens mentionnés dans cette information sont gratuits. Tous les frais de voyage seront remboursés.

12. Interruption involontaire de l'étude

Votre participation peut être interrompue par l'investigateur.

13. Couverture en cas de dommages

L'Office fédéral du sport assume la responsabilité civile pour tous les cas en rapport avec l'étude. Si vous constatez un problème de santé ou d'une autre nature pendant ou après les mesures, veuillez le signaler au responsable de l'étude. Il prendra pour vous les mesures nécessaires.

14. Personnes à contacter

En cas d'incertitude, d'urgence, d'évènement inattendu ou indésirable susceptible de se produire pendant ou après l'étude, vous pouvez contacter à tout moment les personnes suivantes :

Katarina Melzer
Haute école fédérale de sport de Macolin (HEFSM)
Rue principale 247
2532 Macolin
Tél: 0041 32 327 65 08
Courriel: katarina.melzer@baspo.admin.ch

Anne-Julie Vial
Rue des Bouchers 6
1700 Fribourg
Tél: 079 509 63 83
Courriel: anne-julie.vial@unifr.ch



Information « DEXA » à l'attention des patients

Que signifie DEXA ?

DEXA est l'abréviation de « Dual-Energy-X-Ray-Absorptiometry » ou absorption bi-photonique à rayons X. C'est une méthode permettant de mesurer avec exactitude la composition corporelle et la densité osseuse.

Dose de rayons

DEXA nécessite l'emploi de rayons X à très faible dose. Afin que vous puissiez vous faire une idée plus précise à ce sujet, nous vous présentons ci-après un tableau comparatif entre DEXA et d'autres radiations :

	Dose de rayons*
DEXA -> avant-bras	1 µSv
DEXA -> vertèbres lombaires pour la densité osseuse	13 µSv
DEXA -> corps entier pour la composition corporelle**	20 µSv
Vol Zurich - New York (env. 9 h), rayonnement cosmique	50 µSv
Radiographie du thorax	80 µSv
Radioactivité naturelle en Suisse	(par semaine) 50 µSv (par année) 2'500 µSv
Examen à l'aide d'un scanner tomographique assisté par ordinateur	5'000 – 25'000 µSv
Fumer (20 cigarettes par jour)	(par année) 53'000 µSv
Traitement du cancer (radiation)	50'000 µSv

Grossesse

Vu la très faible dose de rayons qu'elle nécessite, la méthode DEXA peut en principe également être pratiquée chez les femmes enceintes. Toutefois, pour ne courir aucun risque, nous ne pratiquons pas cette méthode à l'OFSPPO dans de tels cas. Si vous êtes enceinte ou pensez l'être, veuillez s.v.p. nous en informer et en discuter avec votre médecin. Dans la plupart des cas, l'examen DEXA peut être effectué après la naissance.

Questions

Si vous avez des questions, n'hésitez pas à vous adresser en tout temps aux médecins, aux nutritionnistes ou à la réception du Swiss Olympic Medical Center à Macolin.

Sources:

- IAEA human Health Series No.15, Dual Energy X Ray Absorptionmetry for Bone Mineral Density and Body Composition Assessment, Vienna, 2010
- IAEA Bulletin 47/2, 41-60, 2006
- Institut für Radiologie, Kantonsspital St. Gallen, www.radiologie.kssg.ch/home/patienten/strahlenschutz.html, dernière saisie : le 8 mars 2012
- Hull H et al: iDXA, Prodigy, and DPXL dual-energy X-ray absorptiometry whole-body scans: a cross-calibration study, New Engl J Med, 12(1), 95-102, 2009
- Van Unnik J G, Survey of CT techniques and absorbed dose in various Dutch hospitals, Brit J Radiol, 70, 367-71, 1997
- Damilakis et al: Radiation exposure in X-ray-based imaging techniques used in osteoporosis, Eur Radiol, 20, 2707-14, 2010

* Ordre de grandeur. Les valeurs, de par leur nature même, sont susceptibles de varier.

** Pour mesurer la composition corporelle, notre appareil DEXA utilise, en terme de physique, une dose de rayons de 3 μ Gy. La radiation effective (qui concerne la sensibilité des tissus aux rayonnements) d'un scanner DEXA se situe entre 10 et 30 μ Sv maximum.

Etat au 13 mars 2012

Office fédéral du sport OFSPO

Haute école fédérale de sport de Macolin HEFSM

Médecine du sport

2532 Macolin

Tél. +41 32 327 63 26

medical@baspo.admin.ch



8.3. Annexe 3



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Sport BASPO
Office fédéral du sport OFSPO



UNIVERSITÉ DE Fribourg / FACULTÉ DES SCIENCES
UNIVERSITÄT FREIBURG / MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE FAKULTÄT

Information à l'attention des sujets de l'étude

La dépense énergétique liée à l'activité physique et à la composition corporelle chez les jeunes

Cher Elève,

1. Participation à l'étude

Tu as été sélectionné pour participer à cette étude comme sujet d'expérience car tu as entre 12 et 14 ans et tu es en bonne santé. Nous recherchons au total 60 adolescents.

2. Objectif de l'étude

L'objectif est de mesurer les dépenses énergétiques selon l'activité physique quotidienne et la composition corporelle.

3. Informations générales et déroulement de l'étude

Comme tu le sais peut-être déjà, cela fait plusieurs années que nous pouvons constater une augmentation des problèmes de santé liés au surpoids, comme l'obésité. L'obésité se rencontre chez les adultes mais aussi chez les adolescents et peut conduire à de graves problèmes de santé. Pour pouvoir aider au mieux les personnes en surpoids, des chercheurs ont besoin d'obtenir des informations sur la manière dont nous utilisons l'énergie que nous trouvons dans la nourriture. Les adolescents n'utilisent pas leur énergie de la même manière que les adultes car ils sont en pleine croissance et se trouvent dans une phase que l'on appelle puberté.

Dans le cadre de mes études, j'ai justement l'occasion de faire une telle étude. Grâce à ta participation, nous pourrions récolter des informations sur les dépenses énergétiques des adolescents et ainsi aider d'autres chercheurs qui souhaitent faire diminuer le surpoids.

Pour pouvoir mesurer tes dépenses d'énergie nous avons besoin de quelques informations que nous allons devoir mesurer. Pour cela, tu devras venir avec moi une matinée dans le laboratoire de recherche situé à Macolin. Ce jour-là, tu ne devras pas déjeuner, tu pourras prendre un pique-nique à manger après les mesures. Voici les mesures que nous allons faire :

- Ton poids
- Ta taille
- Ta fréquence cardiaque maximale
- Ta composition corporelle (le taux de graisse et le taux de muscle de ton corps)

Pour cette mesure, nous utilisons un appareil spécial, le Bodyscanner (Figure 1). Tu devras simplement t'allonger sur la table pendant une dizaine de minutes.

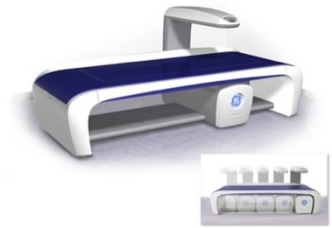


Figure 27

- Ton métabolisme de base (l'énergie que tu dépenses lorsque tu es au repos)

Pour cette mesure, nous utilisons un appareil appelé calorimètre indirect (Figure 2). Tu devras d'abord t'allonger sur une table durant 30 minutes et te reposer. Ensuite tu resteras encore 30 minutes allongé, mais cette fois-ci tu porteras une grande cagoule ventilée qui te permet de respirer l'air naturel ambiant. Cette cagoule mesure tes échanges gazeux, c'est-à-dire l'oxygène que tu inspires et le gaz carbonique que tu expires. Cette cagoule est ouverte vers le bas, ce qui te permet de l'enlever si tu le désires.



Figure 28

Suite à ta visite à Macolin, tu devras porter un petit appareil appelé Actiheart (Figure 3). Cet appareil mesurera ta fréquence cardiaque ainsi que les mouvements de ton corps. Ces informations permettront de mesurer ta dépense d'énergie. Il se porte sur le thorax comme une ceinture.

Durant cette semaine, tu devras constamment porter cet appareil et vivre tes activités quotidiennes comme tu en as toujours eu l'habitude. L'Actiheart ne gênera en aucun cas tes mouvements.

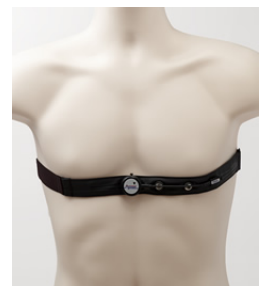


Figure 29

Sur le plan alimentaire, tu n'auras aucune contrainte. Tu pourras manger autant que tu voudras et ce que tu voudras pendant cette étude.

4. Participation à titre volontaire

Ta participation à cette étude est volontaire et tu pourras l'interrompre à tout moment sans avoir à te justifier.

5. Obligations pour les sujets et l'investigateur

En tant que participant volontaire à l'étude, tu t'engages

- à suivre les instructions que tu recevras et à respecter le programme de l'étude,
- à m'informer de manière précise des effets indésirables constatés,
- à m'informer si tu suis un traitement chez un médecin ou si tu prends des médicaments.

6. Bénéfices

Cette étude peut t'apporter des connaissances sur la physiologie humaine ainsi que sur les bienfaits d'une bonne hygiène de vie sur la santé. Les informations que nous récolterons pourront parfaitement t'indiquer ton état de santé. Tu pourras découvrir comment se déroule une étude scientifique. De plus, ta participation va permettre de découvrir des nouvelles données scientifiques qui pourront alors être utiles pour la recherche dans le domaine de la santé des enfants et des adolescents.

7. Risques et désagréments

- Le Bodyscanner émet des rayons X. Cependant, le taux de rayons que tu recevras correspond uniquement à une traversée de l'Atlantique en avion. De plus, la quantité des émissions est moins élevée que celle à laquelle nous sommes naturellement exposés pendant toute une semaine de notre vie quotidienne en Suisse.
- L'Actiheart et la calorimétrie indirecte n'ont pas d'impact sur ta santé. La cagoule de l'appareil de calorimétrie indirecte est ouverte vers le bas, tu peux donc l'ôter à tout moment.

8. Confidentialité des données

Cette étude permettra de rédiger mon travail final pour mes études, de plus elle sera publiée dans un magazine scientifique. Tes données personnelles seront intégrées dans cette étude, mais ton nom ne sera en aucun cas mentionné. Pendant la durée de l'analyse, les données seront conservées à l'Office fédéral du sport ; personne n'y aura accès, hormis les spécialistes chargés de leur évaluation. La confidentialité des données est strictement garantie pendant toute la durée de l'étude.

9. Personnes à contacter

En cas d'incertitude, d'urgence, d'évènement inattendu ou indésirable susceptible de se produire pendant ou après l'étude, tu peux me contacter à tout moment :

Vial Anne-Julie
Rue des Bouchers 6
1700 Fribourg

Tél: 079 509 63 83
Courriel: annejulie.vial@unifr.ch

8.4. Annexe 4

Kantonale Ethikkommission Bern (KEK)

Postfach 56, 3010 Bern

KEK-Nr. 230/12

Präsident:

Prof. Dr. pharm. Niklaus Tüller

Email: kek@kek.unibe.ch

www.kek-bern.ch

Generalsekretärin:

Dr. sc. nat. Dorothy Pfiffner

Tel.: 031 632 86 33

Fax: 031 632 86 39

Email: pfiffner@kek.unibe.ch

Frau

Dr. sc. nat. Katarina Melzer

Wissenschaftliche Leiterin

Eidg. Hochschule für Sport Magglingen

(EHSM)

Hauptstrasse 247

2532 Magglingen

Bern, 22. Februar 2013 NT/DP/RČ

KEK-Gesuchs-Nr.: 230/12

La dépense énergétique liée à l'activité physique et à la composition corporelle chez les jeunes.

Protocol-No.: -

Mit Ihrem Schreiben vom 22.01.2013 sind folgende Unterlagen eingetroffen:

- Revidierte schriftliche Einverständniserklärung frz., Version 15.01.2013, 1 Version mit hervorgehobenen Änderungen (**Auflage 1**)
- Informationsschreiben für die Rekrutierung von Versuchspersonen, 12 bis 14-jährige, nicht datiert
- Brief Eidgenössische Finanzverwaltung EFV, Rechtsdienst, an Kantonale Ethikkommission Bern, 09.05.2005 (**z.K.**)
- Studienprotokoll frz., ethische Fragen, 20.11.2012, im Doppel eingereicht (**gesuchsspezifische Bemerkung**)

Sehr geehrte Frau Dr. Melzer

Besten Dank für die Einreichung der obengenannten Unterlagen.

Nach deren inhaltlichen Prüfung halten wir im Namen der KEK fest, dass alle Auflagen erfüllt worden sind.

Damit kann die KEK Ihnen für das eingangs genannte Forschungsprojekt ein definitiv positives Votum erteilen (ohne Neubegutachtung des gesamten Gesuchs, mit präsidialer Entscheidung und mit Information der Gesamtkommission).

Entscheid: Positiv

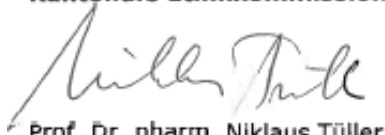
Wir machen Sie darauf aufmerksam, dass gegenüber der KEK in folgenden Situationen eine **Meldepflicht** besteht:

1. bei schwerwiegenden unerwünschten Ereignissen gemäss AGEK-Empfehlungen zum Safety Reporting Prozedere (www.kek-bern.ch).
2. Bei neuen Erkenntnissen, welche während der Studie verfügbar werden und die die Sicherheit der Versuchspersonen sowie die Weiterführung des Versuchs beeinflussen könnten.
3. Bei Änderungen des Protokolls (Amendment zum Versuchsplan).
4. Bei Ende oder Abbruch der Studie.
5. Zudem ist der KEK einmal pro Jahr ein Zwischenbericht über den Stand der Studie vorzulegen.

Wir danken Ihnen für Ihre Bemühungen und wünschen für die Studie viel Erfolg.

Freundliche Grüsse

Kantonale Ethikkommission Bern (KEK)



Prof. Dr. pharm. Niklaus Tüller
Präsident



Dr. sc. nat. Dorothy Pfiffner
Generalsekretärin

Wir machen Sie darauf aufmerksam, dass:

1. *klinische Versuche mit Arzneimitteln, Blut/Blutprodukten, Impfstoffen und Produkten aus dem Bereich der Gentherapie oder Medizinprodukten bei der Swissmedic, dem Schweizerischen Heilmittelinstitut, Hallerstrasse 7, Postfach, 3000 Bern 9, zur Notifikation gemeldet werden müssen.*
2. *klinische Studien aus den Bereichen der Transplantate (Organe, Gewebe und Zellen) dem BAG (Bundesamt für Gesundheit) gemeldet werden müssen. Zudem besteht eine Bewilligungspflicht für den grenzüberschreitenden Verkehr mit Transplantaten und eine Bewilligungspflicht für Xenotransplantate (zuständig ist ebenfalls das BAG).*
3. *klinische Studien mit Radiopharmazeutika, oder mit radioaktiven, oder radioaktiv markierten Substanzen dem BAG, Abt. Strahlenschutz gemeldet werden (Art. 28 oder 29 der Strahlenschutzverordnung (1994, rev. 2005, SR814.501).*

8.5. Annexe 5

Convocation aux élèves participants à notre étude (et leurs parents)

Cher élève,

Nous te remercions encore de ta participation à notre étude et te faisons parvenir toutes les informations nécessaires quant à l'organisation de la matinée de mesure à Macolin. Comme nous te l'avions annoncé, nous devons faire différentes mesures (poids, taille, métabolisme de base, composition corporelle). Pour cela, il sera important que tu sois à **JEUN** (ne rien manger ni boire depuis 22h le soir avant, à part un verre d'eau si tu le désires) ! Tu recevras une collation juste après les tests.

Voici le déroulement de la matinée :

- Nous te donnons rendez-vous le **2013**, dans le hall de la gare de Fribourg à **06h20**
- Nous prendrons le train direction Bienne puis le funiculaire pour Macolin
- Une fois arrivés, nous ferons les différents tests et installerons l'ACTIHEART et l'ACTIGRAPH (les petits instruments très légers qui mesurent ton activité physique durant une semaine).
- Nous reprendrons le train à 12h et serons de retour à 13h25 à la gare Fribourg

A prendre avec toi :

- Pique-nique pour midi
- Habits chauds (Macolin est à 1000m d'altitude)
- Maillot de bain*
- Tenue de sport (!) et affaires pour se doucher (au cas où)

En cas d'urgence, ou simplement pour de plus amples informations :

Jessica Botter
078/763.14.84
jessica.botter@unifr.ch

Anne-Julie Vial
079/509.63.83
anne-julie.vial@unifr.ch

Précisions :

- ☞ Tu dois présenter un billet jaune à ton adjoint afin de justifier ton absence pour la matinée prévue.
- ☞ Tu dois t'organiser à l'avance avec tes professeurs et camarades afin de rattraper le travail de la matinée manquée.
- ☞ Nous rappelons aux élèves et aux parents qu'ils peuvent se retirer à tout moment de l'étude pour n'importe quelle raison. Sans interruption, ils sont priés de respecter les consignes durant la durée de l'étude.
- ☞ Les frais de déplacement sont, comme annoncés, pris en charge par l'étude.
- ☞ Les petits appareils qui seront portés sont coûteux et ne doivent donc pas être perdus et doivent être rendus le jour où l'étude se termine, sans délai.

Nous nous tenons bien sûr à ta disposition ainsi que celle de tes parents pour de plus amples informations. En se réjouissant de ta participation, nous t'envoyons nos meilleures salutations.

Anne-Julie Vial et Jessica Botter

*Lorsque nous faisons la mesure de la composition corporelle il faut être en sous-vêtements, nous préférierions que tout le monde soit à l'aise.

8.6. Annexe 6

Case Report Form Collecte de données

ID du participant : <i>(numéro de participant + sexe_deux premières lettres du prénom et nom_âge ; Ex : 1F_ANVI_12)</i> <hr/>	Date de visite : <i>(JJ/MM/AAAA)</i> <hr/> Date de naissance : <i>(JJ/MM/AAAA)</i> <hr/>
--	---

	Mesures		
Âge (<i>année</i>)			
Poids (<i>kg</i>)			
Taille (<i>cm</i>)			
Stade pubertaire (1 à 5)			
BMI (<i>m/l²</i>)			
Moxus	RQ :	<i>kcal/j</i>	<i>kcal/kg</i>
iDXA Composition corp.	kg	% MM	% MG
iDXA Composition corp.	g fat	g lean	g BMC

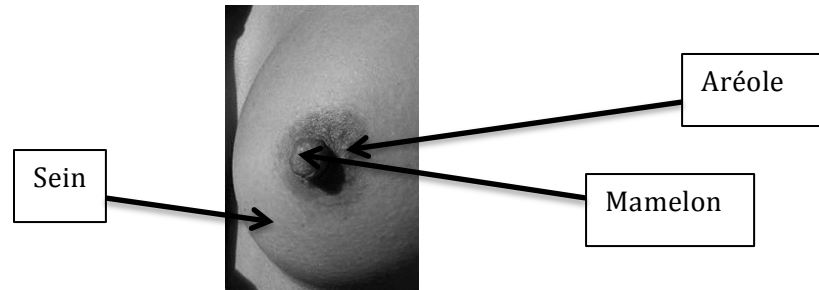
		Mesures de l'Actiheart	
Sleeping heart rate	VO2max		
Estimation du taux métabolique au repos TMR		kcal/j	kcal/kg
Dépense énergétique durant l'activité DEA (kcal)		kcal/j	kcal/kg
Dépense énergétique totale DET (kcal)		kcal/j	kcal/kg
Taux d'activité physique (TAP)	Thermogenèse alimentaire (TA)		kcal/j

8.7. Annexe 7

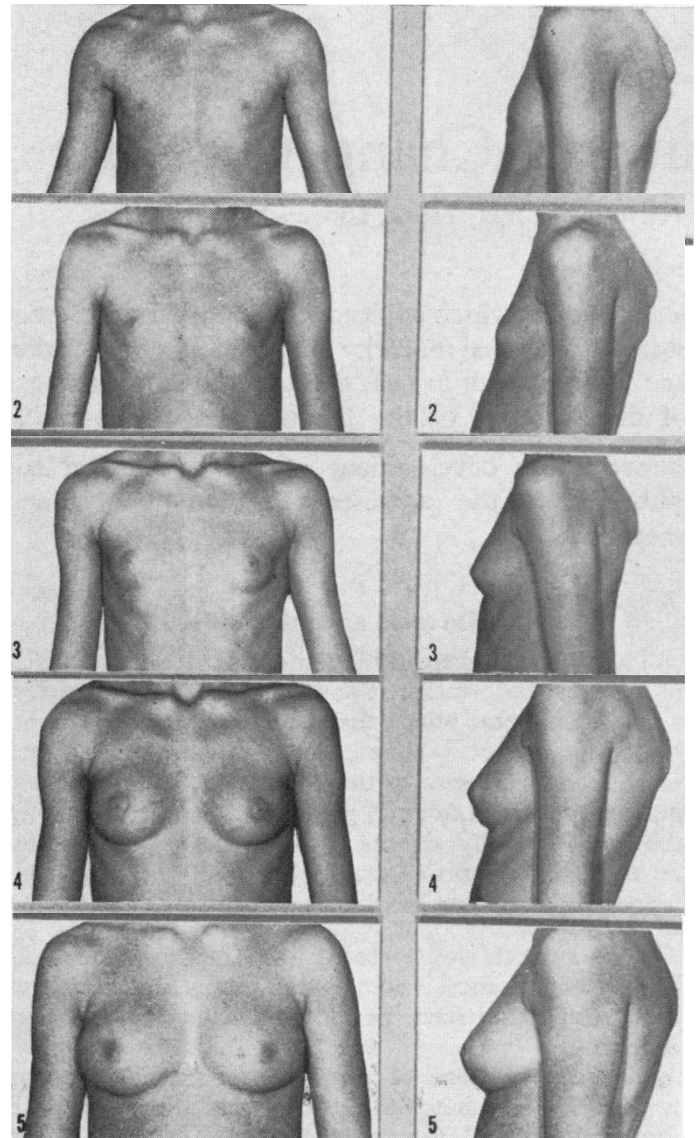
Détermination du stade pubertaire – Fille

Pour déterminer à quel stade de la puberté tu en es, nous avons besoin de déterminer la taille de ta poitrine ainsi que le développement de tes poils pubiens. C'est à toi d'estimer ces deux aspects selon les indications ci-dessous.

Poitrine :



- **Stade 1**
Seul le mamelon a une légère élévation
- **Stade 2**
Légère croissance du sein sous l'aréole
Léger élargissement de l'aréole
- **Stade 3**
Croissance du sein autour de l'aréole
Croissance de l'aréole
- **Stade 4**
Formation d'un pli à la base inférieure du sein
L'aréole forme une bosse au bout du sein
- **Stade 5**
Léger rétrécissement de l'aréole et
disparition de la bosse formée par l'aréole
(l'aréole forme une continuité avec le sein)



Poils pubiens :

- **Stade 1**

Aucun poil

- **Stade 2**

Légère croissance de poils fins droits ou légèrement bouclés

- **Stade 3**

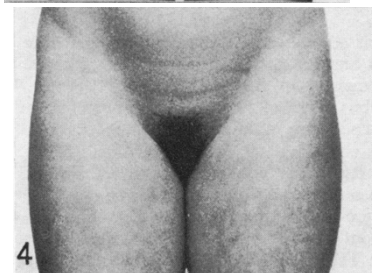
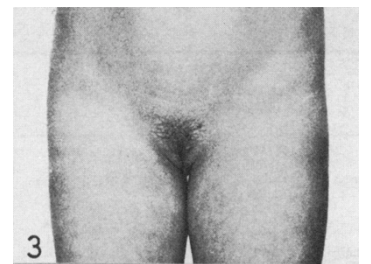
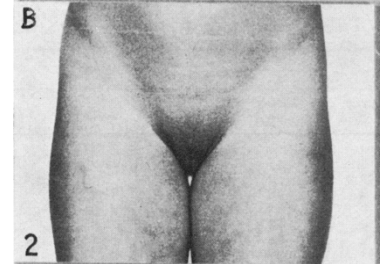
Poils foncés, bouclés et plus épais mais en petite quantité au centre du pubis

- **Stade 4**

Poils foncés, bouclés et plus épais ne recouvrant pas encore la totalité du pubis

- **Stade 5**

Poils foncés, bouclés et plus épais recouvrant la totalité du pubis, en forme de triangle



ID : _____

	1	2	3	4	5
Stade de la poitrine					
Stade des poils pubiens					

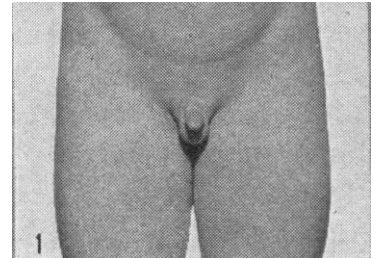
Détermination du stade pubertaire – Garçon

Pour déterminer à quel stade de la puberté tu en es, nous avons besoin de déterminer le développement de ton appareil génital ainsi que le développement de tes poils pubiens. C'est à toi d'estimer ces deux aspects selon les indications ci-dessous.

Appareil génital :

- **Stade 1**

La verge et les testicules ont la même taille



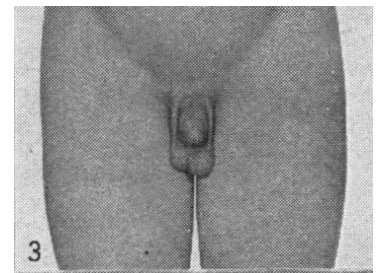
- **Stade 2**

Croissance des testicules



- **Stade 3**

Croissance de la verge en longueur et légèrement en largeur



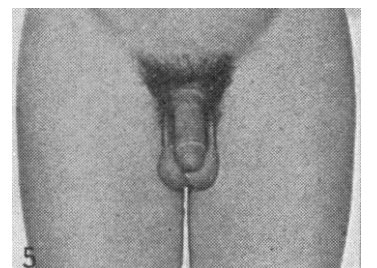
- **Stade 4**

Croissance de la verge et développement du gland



- **Stade 5**

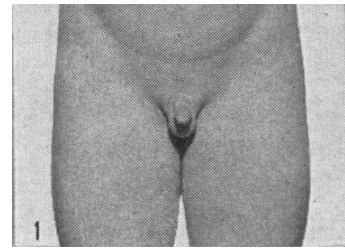
Stade de développement adulte



Poils pubiens :

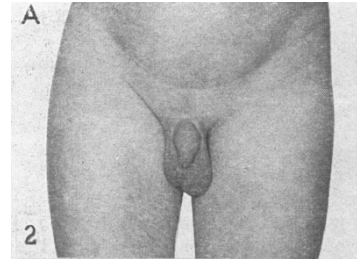
- **Stade 1**

Aucun poil



- **Stade 2**

Légère croissance de poils fins droits ou légèrement bouclés à la base de la verge



- **Stade 3**

Poils foncés, bouclés et plus épais mais en petite quantité à la base de la verge et sur le pubis



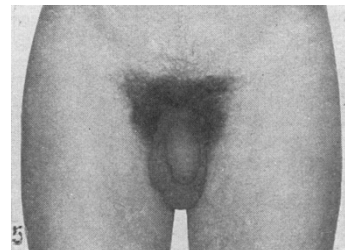
- **Stade 4**

Poils foncés, bouclés et plus épais ne recouvrant pas encore la totalité du pubis



- **Stade 5**

Poils foncés, bouclés et plus épais recouvrant la totalité du pubis, en forme de triangle



ID : _____

	1	2	3	4	5
Stade de l'appareil génital					
Stade des poils pubiens					

8.8. Annexe 8

Etude sur les dépenses énergétiques liées à l'activité physique

Dossier personnel

Nom Prénom



Jessica Botter

Anne-Julie Vial

Printemps 2013

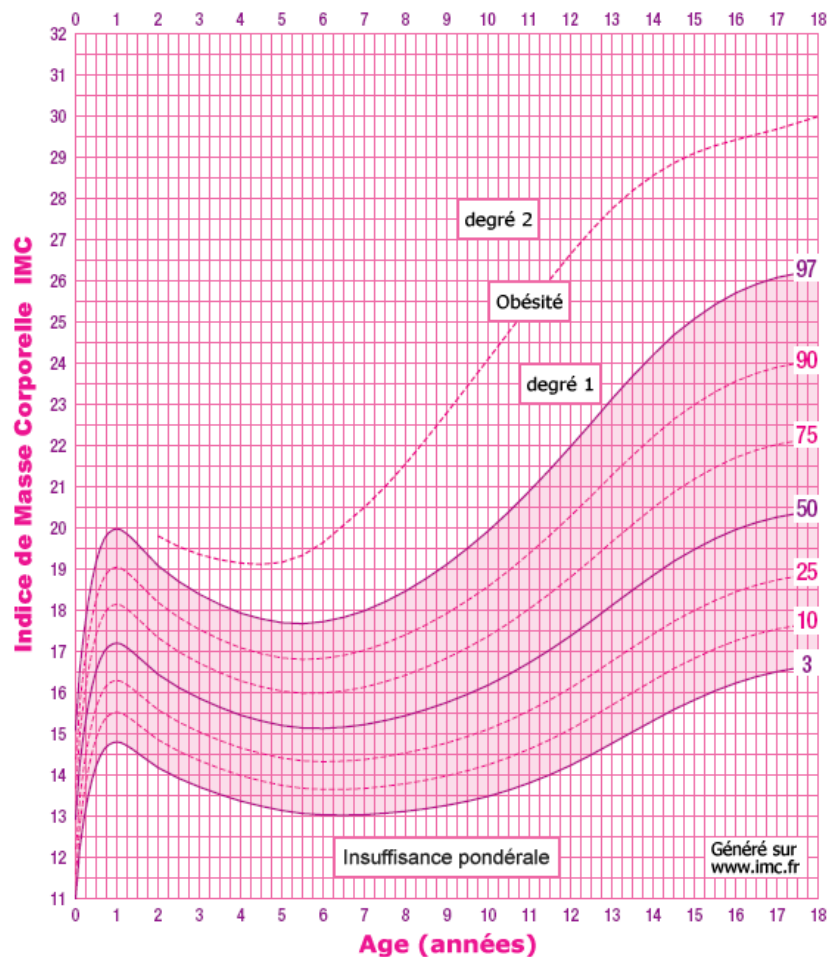
Informations générales

Date de visite	
Nom, prénom	
Date de naissance	
Âge (année)	
Poids (kg)	
Taille (cm)	
IMC	

IMC = index de masse corporelle

Norme internationale adoptée pour déterminer la corpulence d'une personne en fonction de sa taille et de son poids. L'IMC est calculé de la manière suivante : Poids (kg) divisé par la taille (m) au carré.
Exemple : $60\text{kg}/(1.7\text{m})^2 = 20.76$

Ton IMC = **XXX**



Pour les filles de **xx** ans, l'IMC idéal se trouve entre **xx** et **xx**, tu te trouves donc _____

<http://www.imc.fr/enfant-adolescent>

Composition corporelle

	Poids (kg)	Masse grasse (kg)	Masse maigre (kg)	Squelette (kg)	% de graisse
Total					
Bras droit					
Bras gauche					
Jambe droite					
Jambe gauche					
Tronc					

Masse grasse et masse maigre

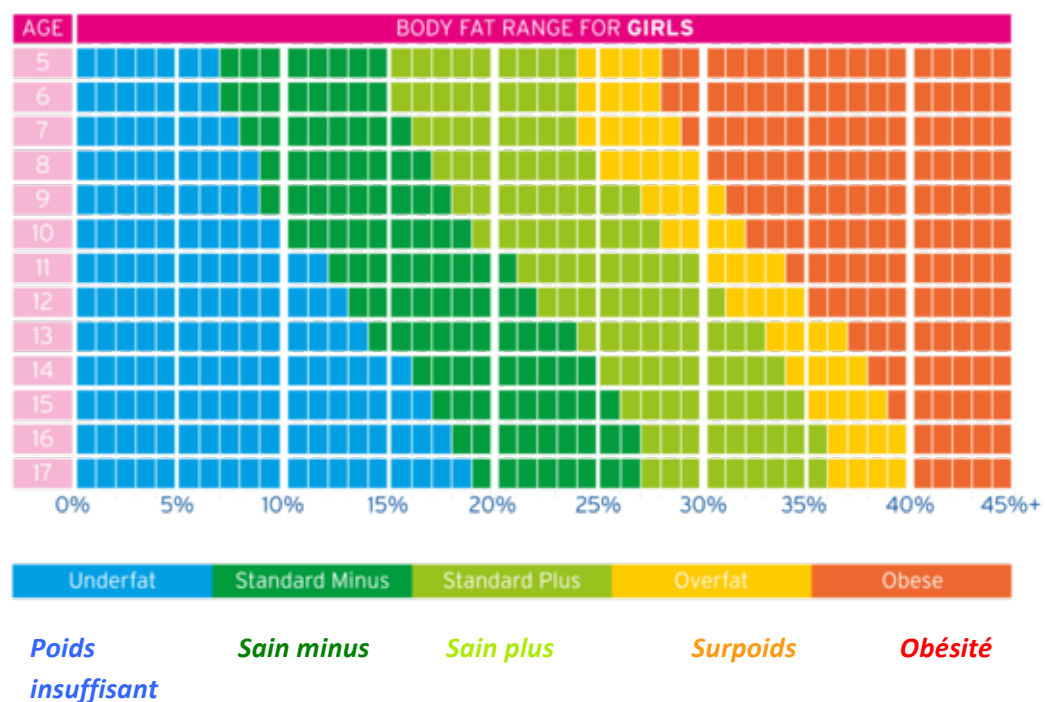
La masse grasse est localisée sous la peau et autour des organes. Le pourcentage de graisse est naturellement plus élevé chez les femmes que chez les hommes car elle sert de réserve d'énergie en cas de grossesse.

La masse maigre englobe différents composants du corps : peau, organes, os, sang, tendons, muscles. Le pourcentage de masse maigre est plus élevé chez les hommes que chez les femmes. Par comparaison avec une femme de même poids, un homme a besoin de plus d'énergie car la masse maigre utilise plus d'énergie pour fonctionner que la masse grasse.

Pourcentage de graisse

Le graphique suivant te permet de te situer par rapport aux recommandations.

Ton % de graisse = XXX



Dépense énergétique de repos (métabolisme de base)

Le métabolisme de base correspond à la dépense d'énergie minimum quotidienne permettant à l'organisme de survivre. Il est mesuré au repos complet, à jeun, dans une atmosphère calme et à température constante. Il correspond à l'énergie nécessaire pour maintenir les fonctions de base de l'organisme : rythme cardiaque, température, respiration, etc. Il représente près des deux tiers de la dépense énergétique globale et varie en fonction de la masse des tissus maigres (muscles, foie, cœur, etc.). Il diminue avec l'âge et est plus important chez l'homme que chez la femme.

Le métabolisme de base s'exprime en kcal qui est une unité d'énergie.

Ta dépense énergétique de repos = XXX

Dépense énergétique totale

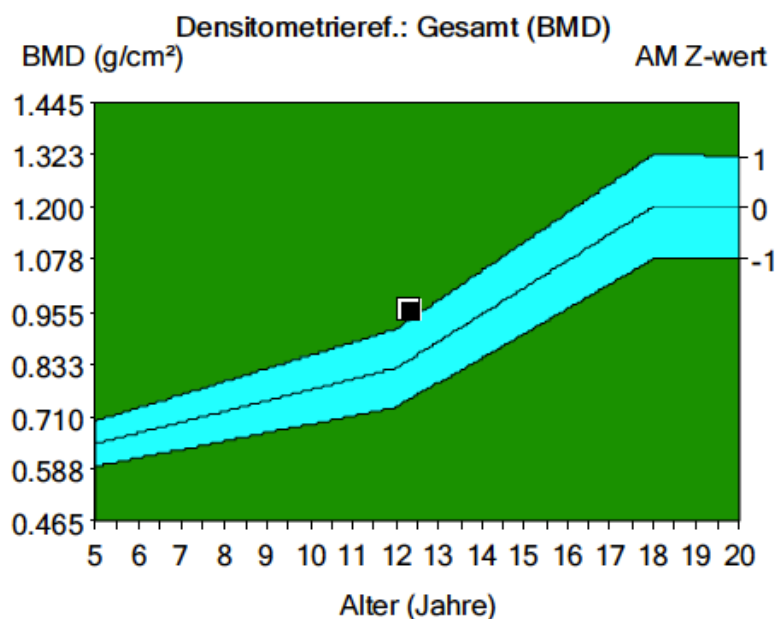
La dépense énergétique totale correspond à l'énergie totale dépensée sur une journée. Cette valeur correspond à la quantité de nourriture en kcal dont tu as besoin chaque jour en moyenne.

Ta dépense énergétique totale = XXX

Densité osseuse

La densité osseuse correspond à la contenance des os en calcium, en d'autres termes, la « solidité » du squelette. La densité osseuse augmente durant la puberté et est influencée par la consommation d'aliments riches en calcium, tels que les produits laitiers. Si la densité osseuse est faible alors le risque de fracture est élevé.

Le graphique suivant te permet de te situer par rapport aux recommandations pour les filles.



Taux d'activité physique

Le taux d'activité physique est une valeur exprimant l'activité physique quotidienne d'un individu.

Ton taux d'activité = **XXX**

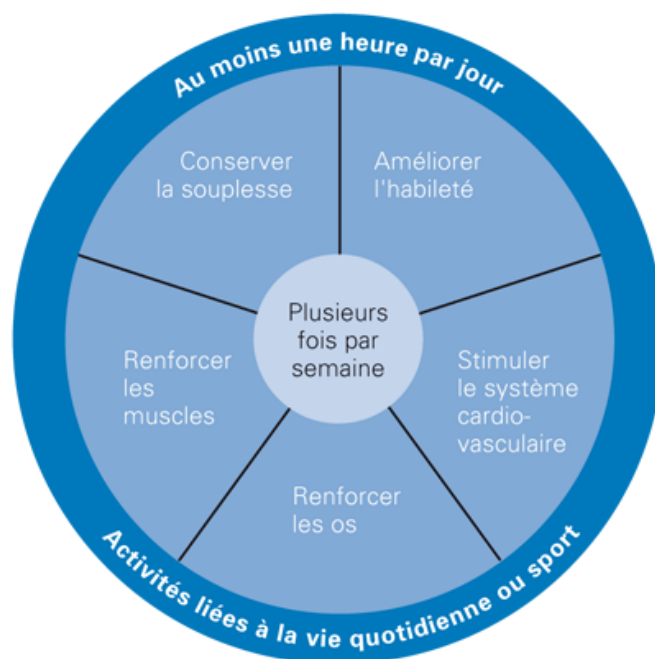
Le tableau ci-dessous te permet de te situer par rapport à ton mode de vie.

Mode de vie	Taux d'activité physique
Extrêmement inactif	< 1.40
Inactif	1.40 – 1.69
Modérément actif	1.70 – 1.99
Vigoureusement actif	2.00 – 2.40
Extrêmement actif	> 2.40

Activité physique et santé des enfants et des adolescents

Il est recommandé, du point de vue de la santé, de bouger chaque jour. D'après l'état actuel des connaissances, les adolescents en fin de scolarité devraient bouger au moins une heure par jour, et les enfants plus jeunes plus encore.

Toute forme d'activité physique est bénéfique; pour des raisons pratiques, il est recommandé d'ajouter toutes les activités ayant duré au moins 10 minutes, que ce soit pendant les leçons d'éducation physique et dans le contexte scolaire, ou sur le chemin de l'école, à la maison et pendant les loisirs.



Pour les jeunes, faire de l'activité physique, cela peut être :

- pratiquer tous les jeux de plein air
- participer aux activités ménagères : faire sa chambre, tondre la pelouse, etc.
- se déplacer à pied, à vélo ou en rollers
- encourager la marche à pied pour aller à l'école, promener le chien ou faire des courses
- prendre l'habitude de monter les escaliers à pied au lieu de prendre l'ascenseur

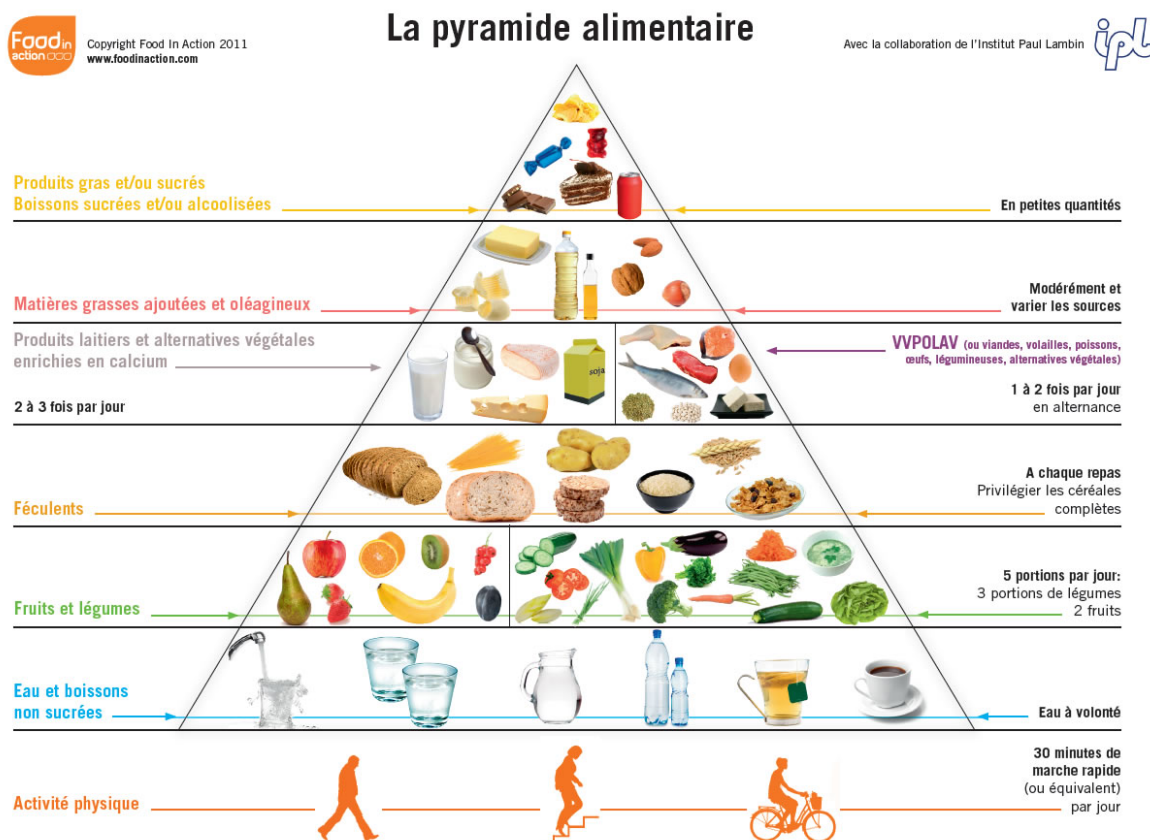
La dépense énergétique pour une même activité est extrêmement variable d'une personne à une autre. Les durées ci-dessous donnent donc simplement une indication :

- Faible (marche lente) : laver la vaisselle, repasser, dépoussiérer, bricoler, arroser le jardin, jouer à la pétanque, au bowling, au tennis de table...le tout pendant 45 minutes.
- Modérée (marche rapide) : laver les vitres ou la voiture, passer l'aspirateur, jardiner, danser, faire du vélo, de l'aérobic, de l'aquagym, du frisbee, du golf, nager...le tout pendant 30 minutes.
- Élevée (marche sportive) : bêcher, déménager, courir, faire du VTT, nager rapidement, sauter à la corde, jouer au basket, au football, au tennis, pratiquer un sport de combat...le tout pendant 20 minutes.

La pyramide alimentaire

Une alimentation alliant plaisir et équilibre est une composante d'un mode de vie sain. Elle fournit à l'organisme l'énergie et les substances nutritives et protectrices indispensables, influence le bien-être physique et mental et aide à prévenir les maladies. Des repas équilibrés et savoureux offrent aussi un temps de plaisir, de repos, de contacts et d'échanges sociaux.

La pyramide alimentaire présente en image une alimentation équilibrée. Les aliments des étages inférieurs sont nécessaires en plus grande quantité, alors que ceux des étages supérieurs suffisent en moindre quantité. Une alimentation saine ne nécessite aucun interdit. Elle résulte simplement de la combinaison des aliments dans une juste proportion. Choisir des aliments variés de chacun des groupes d'aliments et les préparer avec ménagement assure un apport optimal de substances nutritives et protectrices indispensables.



Une assiette équilibrée

L'assiette optimale illustre un repas principal (petit déjeuner, repas de midi et du soir) équilibré. Elle présente d'une part les aliments qui composent un repas complet et d'autre part les proportions moyennes dans lesquelles se servir de chacun de ces aliments pour que le repas soit équilibré. Ces proportions ne sont pas à prendre au pied de la lettre, car elles dépendent de la nature des aliments composant le menu, et des besoins individuels, mais elles donnent un ordre de grandeur moyen.



Pour plus d'informations, nous vous conseillons de consulter le site web de la Société Suisse de Nutrition (SSN) à l'adresse suivante : <http://www.sge-ssn.ch/fr/toi-et-moi/>

Ton conseil personnel d'après ton journal de bord

Alimentation :



Activité physique :



9. REMERCIEMENTS

Arrivée au terme de la réalisation de ce travail de Master, je souhaite adresser mes sincères remerciements ainsi que ma gratitude à tous ceux qui ont aidé de près ou de loin à sa réalisation et ont permis par leur soutien et leurs conseils de le mener à bien.

Pour commencer, ma gratitude va d'abord à Madame Dr. Katarina Melzer, ma référente, pour m'avoir tout d'abord accueillie pour la conduite de ce travail puis pour m'avoir accordée toute sa confiance.

Je remercie également Madame Nicole Ruch, Doctorante dans le groupe de recherche, pour ses précieux conseils, son soutien et ses services rendus.

Je tiens également à remercier chaleureusement ma collègue Jessica Botter pour son aide dans la mise en place du travail et la collecte de données. De même, mes remerciements sont aussi adressés à deux collègues, Jan Lehman et Stefanie Zurbruchen, pour leur collaboration et leurs éclaircissements.

Ce travail n'aurait pas vu le jour sans la précieuse participation des élèves du CO du Belluard à Fribourg, des écoles primaires du Tilleul et du Marché-Neuf à Bienne, de l'école primaire à Evilard ainsi que de mon voisinage. Je les remercie, ainsi que leurs parents, de leur collaboration, de leur intérêt et de leur patience.

Ma reconnaissance va également à Madame Claudine Perroud, directrice du CO du Belluard, ainsi que les adjoints qui m'ont donné leur accord quant à la participation de leurs élèves. Je les remercie de leur soutien, de leur intérêt et de leurs encouragements. Dans le même élan, je remercie également les maîtres de classe du CO du Belluard pour leur collaboration ainsi que pour leur soutien.

De même, je remercie la direction des écoles primaires de Bienne et de Evilard pour leur collaboration.

Enfin, je tiens à remercier tout particulièrement les membres de ma famille, mon compagnon Matthieu et mes amis qui m'ont soutenue dans la réalisation de ce travail de Master.

Anne-Julie Vial

10. DECLARATION PERSONNELLE

« Je sous-signée certifie avoir réalisé le présent travail de façon autonome, sans aide illicite quelconque. Tout élément emprunté littéralement ou mutatis mutandis à des publications ou à des sources inconnues, a été rendu reconnaissable comme tel ».

Lieu, date :

Signature :

11. DROITS D'AUTEUR

« Je sous-signée reconnais que le présent travail est une partie constituante de la formation en Sciences du Mouvement et du Sport à l'Université de Fribourg. Je m'engage donc à céder entièrement les droits d'auteur - y compris les droits de publication et autres droits liés à des fins commerciales ou bénévoles - à l'Université de Fribourg.

La cession à tiers des droits d'auteur par l'Université est soumise à l'accord de la sous-signée uniquement.

Cet accord ne peut faire l'objet d'aucune rétribution financière. »

Lieu, date :

Signature :