

UNIVERSITÉ DE FRIBOURG, SUISSE
FACULTÉ DES SCIENCES
DÉPARTEMENT DE MÉDECINE

En collaboration avec la
HAUTE ÉCOLE FÉDÉRALE DE SPORTS DE MACOLIN

**LA DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE LIÉE À L'ACTIVITÉ PHYSIQUE ET LA COMPOSITION
CORPORELLE CHEZ LES JEUNES, ÂGES DE 15 À 17 ANS**

Travail final pour l'obtention du Master en
Sciences du Mouvement et du sport
Santé et Recherche

Conseillère: Katarina MELZER
Co-conseiller: Urs MÄDER

Anouk PIOLA

Juin 2014

SOMMAIRE

1	RESUME	4
2	INTRODUCTION	5
2.1	<i>Introduction à la thématique</i>	5
2.2	<i>Définitions</i>	7
2.2.1	Quotient respiratoire (QR)	7
2.2.2	Taux métabolique au repos (TMR)	8
2.2.3	Dépense énergétique au repos (DER)	10
2.2.4	Dépense énergétique à l'activité (DEA)	10
2.2.5	Dépense énergétique totale (DET)	11
2.2.6	Fréquence cardiaque de sommeil	11
2.2.7	Thermogénèse alimentaire (TA)	11
2.2.8	Taux d'activité physique (TAP)	12
2.2.9	La consommation d'oxygène maximale (VO2max)	13
2.2.10	Equivalent métabolique (MET)	13
2.2.11	Composition corporelle	14
2.2.12	Indice de masse corporelle (IMC)	15
2.3	<i>Contexte et situation initiale</i>	17
2.4	<i>Etude approfondie de la littérature</i>	19
2.5	<i>Questions de recherche, buts principaux et secondaires</i>	31
3	METHODE	33
3.1	<i>Commission d'éthique</i>	33
3.2	<i>Choix des participants</i>	33
3.3	<i>Critères de sélection</i>	34
3.4	<i>Instruments</i>	34
3.4.1	La composition corporelle	34
3.4.2	Le taux métabolique au repos	35
3.4.3	La dépense énergétique quotidienne	36
3.5	<i>Mesures anthropométriques</i>	38
3.6	<i>Stade pubertaire</i>	38
3.7	<i>Statistique</i>	38
3.8	<i>Déroulement</i>	39

3.9	<i>Analyse de données</i>	43
4	RESULTATS	47
4.1	<i>Descriptions des participants</i>	47
4.2	<i>Analyse statistique selon le sexe</i>	47
4.2.1	Caractéristiques morphologiques	47
4.2.2	Dépenses énergétiques	48
4.2.3	Composition corporelle	50
4.3	<i>Influence de la DEA sur la composition corporelle</i>	51
5	DISCUSSION	52
6	CONCLUSION	63
7	REFERENCES	65
8	ANNEXES	71
8.1	<i>Annexe 1</i>	72
8.2	<i>Annexe 2</i>	81
8.3	<i>Annexe 3</i>	84
8.4	<i>Annexe 4</i>	85
8.5	<i>Annexe 5</i>	87
8.6	<i>Annexe 6</i>	88
8.7	<i>Annexe 7</i>	92
8.8	<i>Annexe 8</i>	99
8.9	<i>Annexe 9</i>	100
8.10	<i>Annexe 10</i>	102
9	REMERCIEMENTS	104
10	DECLARATION PERSONNELLE	105
11	DROITS D'AUTEUR	105

1 RESUME

La prévalence de l'obésité chez les jeunes est en constante augmentation. Ce penchant alarmant à la sédentarité et à la mauvaise alimentation suscite une attention considérable, d'autant plus en connaissant les dangereuses conséquences que peuvent avoir de tels comportements. En Suisse, les bases de données concernant le lien entre les dépenses énergétiques, la composition corporelle et l'activité physique chez les adultes sont bien fournies et fiables, mais manquent chez les adolescents. Le but de cette étude est d'identifier les dépenses énergétiques chez les jeunes, âgés de 15 à 17 ans, dans leur vie quotidienne. De plus, les différences de dépense énergétique et de morphologie entre filles et garçons seront décrites et permettront de mieux comprendre leur fonctionnement. Puis, une analyse de corrélation est utilisée pour déterminer si la dépense énergétique à l'activité physique influence la composition corporelle. La récolte de données a été menée avec des méthodes de mesure spécialement conçues pour être utilisées en milieu libre. La dépense énergétique à l'activité physique est mesurée à l'aide un instrument combinant détection de mouvement et fréquence cardiaque, durant sept jours consécutifs. La composition corporelle est analysée avec la technique « dual-energy X-ray absorptiometry » et le métabolisme basal avec une calorimétrie indirecte. Les résultats montrent que les jeunes suisses sont modérément actifs. De plus, il existe de nombreuses différences significatives au niveau de la dépense énergétique, des caractéristiques morphologiques et de la composition corporelle entre genre, mais aucune entre tranches d'âge, ni stades pubertaires. Ainsi, les filles se dépensent significativement moins que les garçons et ont un taux de masse grasse plus élevé. Enfin, la dépense énergétique à l'activité physique influence une des variables de la composition corporelle ; la masse maigre. En conclusion, il est primordial que les recommandations en matière d'activité physique soient revues et adaptées selon les sexes afin de lutter efficacement contre le surpoids et l'obésité des jeunes.

2 INTRODUCTION

2.1 Introduction à la thématique

Notre corps fonctionne sur équilibre entre les systèmes, connu sous le nom d'homéostasie. La balance énergétique représente, d'un côté, la quantité d'énergie nécessaire au fonctionnement du corps et de l'autre, la quantité brûlée par ce même organisme. Lorsque la balance est en déséquilibre, de nombreuses conséquences apparaissent, dont une modification du poids corporel et, à long terme, des effets néfastes sur la santé. Pour mieux comprendre le processus, on peut comparer ce système à une voiture. Afin d'avancer, la voiture brûle de l'essence. Il est donc nécessaire de faire le plein, de temps en temps, pour continuer sa route. A contre partie, si l'on en remplit trop, les réservoirs vont déborder et s'accumuler jusqu'à former un surplus. Chez l'humain au contraire, lorsque le déséquilibre apparaît et que la balance penche vers le côté des apports, ce surplus est stocké et représente la prise de poids. A l'inverse, lorsque les apports sont insuffisants par rapport aux dépenses, on constate une diminution de la masse corporelle.

La prévalence de l'obésité chez les jeunes est en constante augmentation. Ce penchant alarmant à la sédentarité et à la mauvaise alimentation suscite une attention considérable, d'autant plus en connaissant les dangereuses conséquences que peuvent avoir de tels comportements. Ces deux principaux axes sont, pourtant, de manière dramatique, directement reliés à l'évolution de notre société. En effet, outre les importants coûts financiers qu'engendrent ces attitudes à risques, les problèmes de santé qui peuvent résulter de ce mode de vie sont connus, réels et malheureusement nombreux (Bovet et al., 2008). De plus, les moyens consacrés à enrayer cette situation ne sont pas encore suffisants.

La quantité d'énergie nécessaire au fonctionnement de notre corps, est apportée sous forme de calories, dont l'unité de mesure représente l'énergie nécessaire à augmenter de 1°C la température corporelle. Depuis plusieurs dizaines d'années, la société a modifié sa manière de consommer et s'oriente de plus en plus vers un style de restauration rapide, simple et bon marché. Or, un grand nombre d'études (Larrosa-Haro et al., 2014 ; Weker, 2006) a démontré que cette alimentation,

appelée « malbouffe », est en partie à l'origine de bon nombre de maladie, telle que l'obésité. Il est vrai, ces mets sont souvent riches en calories, gras, trop salé et pauvre en vitamine et micronutriment. Les boissons sucrées, tant appréciées des jeunes, font également des ravages. D'après Fairpour-Lambert (2004) « un enfant devrait marcher 2h30 pour compenser la consommation d'un soda de 0,5 litre ».

Parallèlement, le comportement sédentaire est également montré du doigt et semblerait être un des facteurs prédisposant principal aux problèmes de surpoids. Les changements culturels et les progrès technologiques ont fait apparaître de dramatiques effets concernant l'activité physique de la population. Il est vrai, l'environnement dans lequel nous vivons incite de plus en plus à un comportement inactif. Les grandes agglomérations sont construites et pensées de manière à se déplacer principalement en engins motorisés, laissant de côté la mobilité douce. Le développement de l'informatique, la popularité des réseaux sociaux, ainsi que le temps, toujours plus croissant, passé devant la télévision, sont également déplorables. D'après un rapport de santé canadien (Wright, 2006), le risque d'obésité ou de surpoids augmente de 35% pour les enfants qui passent plus de 2 heures par jour devant la télévision et diminue de 10% pour chaque heure supplémentaire d'activité physique modérée à intense par jour. Chez nous, seuls 25 % de la population suisse peut être décrite comme suffisamment active et les milieux urbains seraient les plus touchés par la sédentarité (Suter & Ruckstuhl, 2006). Paradoxalement, de nombreuses études démontrent et prouvent l'importance des pratiques physiques régulières pour la santé (Goran et al., 1999).

En Suisse, la prévalence de l'obésité parmi les enfants et adolescents est de 0 à 6%, et celle de l'excès pondéral est de 3 à 20% en fonction des régions (Suter & Ruckstuhl, 2006). Certains facteurs, sociaux, environnementaux ou culturels sont d'ailleurs considérés comme prédisposables.

Notre pays a donc établi, depuis 1999, des recommandations pour une activité physique ayant des conséquences positives sur la santé. Celles-ci préconisent de bouger au minimum une heure par jour pour un adolescent en fin de scolarité et encore plus pour un enfant. En pleine croissance et pour un épanouissement maximal, un adolescent a besoin de se dépenser afin d'évoluer et de se développer dans un environnement sain. Ces recommandations visent à améliorer les facultés et

les capacités de l'enfant dans son quotidien, en ayant des effets bénéfiques sur la stimulation du système cardio-vasculaire, le renforcement des muscles et des os, l'amélioration de l'habileté et de la souplesse, l'intégration sociale ainsi que les facteurs psychiques.

Dans l'idée d'amener la population à bouger quotidiennement et à manger correctement, une demi-dizaine de programmes ont été mis en place par l'office fédéral du sport de Macolin (OFSP). En parallèle, il est primordial d'enquêter sur les besoins énergétiques journaliers et sur l'utilisation des réserves énergétiques. Les études sont déjà bien fournies chez les adultes, mais manquent cruellement chez les plus jeunes. Cette recherche permettra de fournir une base de données concernant ces derniers, sur laquelle de futures études pourront s'appuyer. De plus, afin de cibler les écarts avec les adultes, il est important d'approfondir nos connaissances sur la manière dont les adolescents utilisent leur énergie en se dépensant physiquement et sur leurs besoins au quotidien.

Le but de cette étude est d'identifier les dépenses énergétiques chez les jeunes dans leur vie quotidienne. Les résultats seront utiles pour cibler les écarts avec les adultes, notamment concernant le métabolisme de base. De plus, les différences de dépenses énergétiques et de morphologie entre filles et garçons seront décrites et permettront de mieux comprendre leur fonctionnement. Parallèlement, les mêmes informations concernant les différents groupes d'âge seront traitées. Enfin, l'analyse de la composition corporelle permettra peut être d'établir un quelconque lien entre le niveau d'activité physique, la masse grasse et la dépense énergétique totale.

2.2 Définitions

Les termes spécifiques à la physiologie de l'exercice et à la dépense énergétique ont été définis ci-dessous.

2.2.1 Quotient respiratoire (QR)

Le quotient respiratoire (QR) est la fraction du volume de dioxyde de carbone expiré sur le volume d'oxygène inspiré ($QR = VCO_2 / VO_2$). Il peut être, notamment, calculé grâce à la calorimétrie indirecte et se situe entre 0,7 et 1. Jéquier et al. (1987)

estiment qu'en dehors de ces valeurs, les mesures sont inadéquates sauf pour certains cas exceptionnels, tels que, entre autre, la famine et les régimes hypo/hyper-carbohydate. Les valeurs du QR au repos sont de 0.78 à 0.8. La combustion d'une molécule de graisse nécessite beaucoup plus d'oxygène que celle d'hydrate de carbone, car c'est le nombre de carbones contenus dans le substrat qui détermine la quantité d'O₂ nécessaire. C'est pourquoi, lorsque les valeurs sont plutôt basses (proche de 0.7), cela correspond à une oxydation des graisses alors que les valeurs hautes (proche de 1) signifient, au contraire, une oxydation des hydrates de carbone.

L'équivalent calorique du QR est illustré dans le tableau (Tab.1) ci-dessous :

Tab.1 : Equivalent calorique du quotient respiratoire (QR) et % issu des glucides et lipides (Wilmore & Costill, p.103)

Energie		% kcal	
QR	kcal/LO ₂	Glucides	Lipides
0.71	4.69	0	100
0.75	4.74	15.6	84.4
0.80	4.80	33.4	66.6
0.85	4.86	50.7	49.3
0.90	4.92	67.5	32.5
0.95	4.99	84.0	16.0
1	5.05	100	0

Par conséquent, le quotient respiratoire permet de déduire la nature des substrats oxydés, le nombre de litres d'oxygène consommé et la valeur de dépense énergétique.

2.2.2 Taux métabolique au repos (TMR)

Le taux métabolique au repos (TMR) ou métabolisme de base (MB) représente la dépense énergétique minimale pour le fonctionnement et l'entretien de l'organisme (comme par exemple, la circulation sanguine ou la respiration). Il se mesure au repos et en position allongée, après au moins 8 heures de sommeil et 12 heures de jeûne.

Il représente environ 60% de la dépense énergétique globale quotidienne et diffère selon la masse maigre des individus. Ainsi, plus la masse maigre est élevée, plus le TMR est important. Pour cette raison, la femme, pour qui sa masse maigre est plus faible que l'homme, détient un TMR plus bas. D'autres facteurs comme l'âge, la surface et la température corporelle, l'état physiologique (croissance, grossesse) et les hormones thyroïdiennes peuvent aussi influencer la valeur du TMR (Martin et al., 2006).

Selon Frankenfield et al. (1998), le TMR peut être calculé à l'aide de la calorimétrie indirecte. Ces mesures permettent de déterminer le débit métabolique au repos en recensant les échanges gazeux (production de CO₂ et consommation d'O₂). Elles se font dans des conditions très standardisées ; à jeun, au repos et à température neutre. Au repos, un individu consomme environ 0.3 L d'O₂ par minute (soit 432 L par jour) et son QR se situe entre 0.78 et 0.8, ce qui correspond à 4.8 kcal. En connaissant ces valeurs, la dépense calorique quotidienne peut alors être calculée :

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

Le TMR peut aussi être estimé à l'aide d'équations en fonction du sexe, de l'âge et des caractéristiques morphologiques. Utilisée par le programme Software Actiheart (Camntech, 2010), celle de Schofield est présentée ci-dessous. En règle général, un individu a un TMR de 1200 kcal/j à 2400 kcal/j.

Equations de Schofield

Age (ans)	Homme	Femme
< 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	$16.25 \times P + 137.2 \times T + 525.5$	$8.36 \times P + 465 \times T + 200$
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

2.2.3 Dépense énergétique au repos (DER)

Selon Matarese (1997), la dépense énergétique au repos (DER) représente l'énergie dépensée en position assise à l'éveil dans un climat thermoneutre. Elle est 10 % plus élevée que le métabolisme de base dû au tonus musculaire lié à l'éveil, mais représente également l'énergie minimum quotidienne que l'organisme a besoin pour survivre.

La DER peut être calculée grâce à la calorimétrie indirecte ou également estimée à l'aide de formules établies par différents auteurs. Weir (1949) et Owen (1988) ont respectivement établi une formule à l'aide de la consommation d'oxygène et de la masse maigre. Harris-Benedict (1918) a développé un calcul grâce à l'âge, le sexe, le poids et la taille des individus :

Hommes :

$$\text{DER} = 66.473 + (13.7516 \times P) + (5.003 \times T) - (6.755 \times A)$$

Exemple pour un homme (30 ans) de 75kg, 1m80 : $66.473 + (13.7516 \times 75) + (5.003 \times 180) - (6.755 \times 30) = 1795.73 \text{ kcal/j}$

Femmes :

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

Exemple pour une femme (30 ans) de 60kg, 1m65 : $655.0955 + (9.5634 \times 60) + (1.8496 \times 165) - (4.6756 \times 30) = 1393.82 \text{ kcal/j}$

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

La DER est calculée en kcal/j

Cependant, ces estimations sont adaptées uniquement aux sujets adultes en bonne santé.

2.2.4 Dépense énergétique à l'activité (DEA)

La dépense énergétique à l'activité (DEA) concerne uniquement la quantité d'énergie dépensée durant un effort physique, que ce soit durant le sport, les déplacements ou au quotidien, etc. Toute activité physique augmente les dépenses énergétiques, puisque la consommation d'oxygène est plus élevée à l'exercice. Plus l'intensité de l'exercice augmente et plus le métabolisme aura besoin d'énergie pour faire fonctionner le système musculaire et cardiaque (Wilmore & Costill, 2006). La quantité

totale d'énergie dépensée dépend non seulement des caractéristiques de l'activité physique pratiquée mais aussi des caractéristiques du sujet qui la pratique, telles que les dimensions corporelles ou le niveau d'entraînement.

2.2.5 Dépense énergétique totale (DET)

Il s'agit de l'énergie totale dépensée sur 24 heures, dont 60% de ces calories dépensées proviennent du TMR, 10 % de la thermogénèse (voir point 2.1.7) et 30% de l'activité physique produite dans la journée. En additionnant le tout, on obtient donc la DET.

DET= TMR + DEA + 10% de TMR (thermogénèse)

Evidemment, ces proportions sont variables entre les individus, selon leur taux d'activité physique. De plus, la dépense énergétique des 24 heures et le métabolisme de repos varient de façon proportionnelle au poids et à la masse maigre (Frankenfiel et al., 1998).

2.2.6 Fréquence cardiaque de sommeil

La fréquence cardiaque au repos se situe entre 60 à 80 battements par minute chez un sujet sain. Cette valeur peut varier selon les stimuli, tels que le mouvement et les émotions. Durant le sommeil, dans un état semi-conscient, ce rythme diminue et se situe en dessous de la FC au repos (Ganong, 2005). D'autres facteurs, comme l'âge ou certaine maladie, peuvent modifier la contraction cardiaque.

2.2.7 Thermogénèse alimentaire (TA)

La thermogénèse alimentaire (TA) correspond à la dépense énergétique nécessaire à l'absorption intestinale, au stockage et à la transformation des nutriments durant la digestion d'un repas (Martin et al., 2006). Elle représente environ 10 % de la DET et est influencée par la nature des macronutriments consommés. En effet, les glucides,

protéines, lipides, mais également l'alcool sont à l'origine d'une thermogénèse alimentaire plus ou moins importante.

2.2.8 Taux d'activité physique (TAP)

Cette valeur exprime l'activité physique moyenne d'un individu sur une journée. Le TAP se calcul en divisant la dépense énergétique totale quotidienne par le taux métabolique au repos. Cette formule a été développée en 1985 par le comité d'experts du FAO/WHO/ONU. On obtient ainsi une information sur le mode de vie de la personne afin de déterminer si elle a un comportement suffisamment actif ou au contraire sédentaire.

A l'inverse, la dépense énergétique totale peut être estimée approximativement grâce à ce coefficient. Cela permet de déterminer la quantité calorique qu'une personne peut consommer par rapport à ses habitudes comportementales.

Exemple pour un individu avec un TMR de 2000kcal/j et un mode de vie sédentaire :
 $DET = TMR * TAP = 2000kcal/j * 1.4 = 2800kcal/j$

Le coefficient d'activité physique pour les différents modes de vie est exprimé ci-dessous.

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

Selon Wilmore & Costill (2006), la consommation d'oxygène maximale (VO₂max) est le volume maximal d'oxygène qu'un sujet humain peut consommer par unité de temps lors d'un exercice dynamique aérobie maximal. Après avoir atteint cette valeur, sa consommation d'oxygène n'augmente plus et reste constante même si l'intensité de l'exercice est de plus en plus soutenue. La VO₂max permet de connaître de manière efficace et précise la capacité d'endurance cardiorespiratoire ainsi que l'aptitude aérobie d'un individu.

Etant donnée que les besoins énergétiques varient en fonction des caractéristiques morphologiques, la VO₂max est le plus souvent exprimée par rapport au poids total (mL*kg⁻¹*min⁻¹). Pour les activités où le poids constitue une charge, cela permet de comparer les capacités d'aérobie des personnes de manière fiable.

A état de santé similaire, les femmes (de 38 à 42mL*kg⁻¹*min⁻¹) ont en moyenne une VO₂max plus basse que celle des hommes (de 44 à 50mL*kg⁻¹*min⁻¹). Chez les enfants, la VO₂max est plus élevée mais cette inégalité entre genre est très peu marquée.

2.2.10 Equivalent métabolique (MET)

L'équivalent métabolique (MET) permet de mesurer l'intensité de l'activité physique et la dépense énergétique. Un MET représente la dépense d'énergie pour être assis tranquillement, soit une consommation pour un adulte de 3,5ml d'O₂/kg*min qui équivaut à 1 kcal/kg*h.

Ainsworth et al. (1992) ont développé un Compendium qui classe les activités physiques et leur coût énergétique en leur attribuant un nombre de MET correspondant à leur intensité respective. Ainsi, en connaissant le temps passé à pratiquer l'activité et le poids de l'individu, on peut déduire rapidement le nombre de calories dépensées. Quelques exemples sont présentés ci-dessous.

- Passer l'aspirateur = 3 METs
- Monter les escaliers = 5 METs
- rouler en vélo = 8 METs
- match de football = 10 METs

2.2.11 Composition corporelle

Le corps humain est fait de différents composants, dont les principaux sont la masse maigre et la masse grasse. La composition corporelle se définit comme étant la répartition de ces masses. Celles-ci ont un intérêt particulier afin d'apporter un bilan de santé plus approfondi qu'avec le poids uniquement. En moyenne, notre organisme contient environ 15% de masse grasse contre 85% de masse maigre. Les femmes, de part leur fonction de maternité, ont un pourcentage de masse grasse plus important que les hommes. Il existe diverses techniques pour mesurer la composition corporelle. La mesure des plis cutanés et l'impédance bioélectrique sont celles les moins coûteuses et dites de terrain de part leur praticité. D'autres méthodes de laboratoires peuvent également être utilisées, comme la densitométrie, la radiographie, l'imagerie par résonance magnétique (IRM) ou encore la conductivité électrique du corps.

La masse maigre (MM) correspond à l'ensemble des tissus non gras du corps et comprend la peau, les muscles, les organes, ainsi que les os. L'eau corporelle est un élément essentiel puisque qu'elle représente environ 74% de cette MM. De plus, la masse maigre est le tissu le plus actif d'un point de vue métabolique car il est responsable de la majorité des dépenses énergétiques du corps. La masse maigre est également plus lourde ($1,100\text{gr/cm}^3$) proportionnellement que la masse grasse ($0,901\text{gr/cm}^3$).

La masse grasse (MG) regroupe les tissus adipeux et se distingue sous deux formes. La première est la graisse qui est essentielle au bon fonctionnement de l'organisme. Elle se situe dans les organes (poumon, cœur, viscères, etc.) ou dans certaines parties lipidiques comme les seins chez la femme. La deuxième forme de graisse, dite de dépôt, s'accumule sous la peau ou se loge entre les organes internes. Elle sert principalement d'isolant ou de protection en cas de traumatisme, ainsi que de réserve énergétique.

2.2.12 Indice de masse corporelle (IMC)

L'index de masse corporelle (IMC) est une valeur qui permet d'estimer la corpulence d'un individu. Cette norme est internationalement reconnue et se calcule en divisant le poids (kg) par la taille (m) au carré.

Exemple pour un individu mesurant 1m70 et pesant 60kg : $60\text{kg} / (1.70\text{m})^2 = 20.76$

Chez les adultes, les valeurs sont considérées comme normales entre 18.5 et 25. Au delà de 25, on parle de surpoids. Puis, à partir de 30, le terme d'obésité est utilisé.

Pour les enfants et adolescents (de 0 à 18 ans), l'IMC doit être comparé à l'âge avec l'aide d'un diagramme de croissance, représenté sur les figures suivantes (Fig. 1). Les courbes sont différentes selon le genre et ont été élaborées durant ces dix dernières années. Ainsi, comme on peut le lire dans l'article de Farpour-Lambert (2004), un enfant dont l'IMC est supérieur au 90^e percentile pour son âge est en excès pondéral, et il est obèse au dessus du 97^e percentile. Ces courbes sont malheureusement adaptées régulièrement.

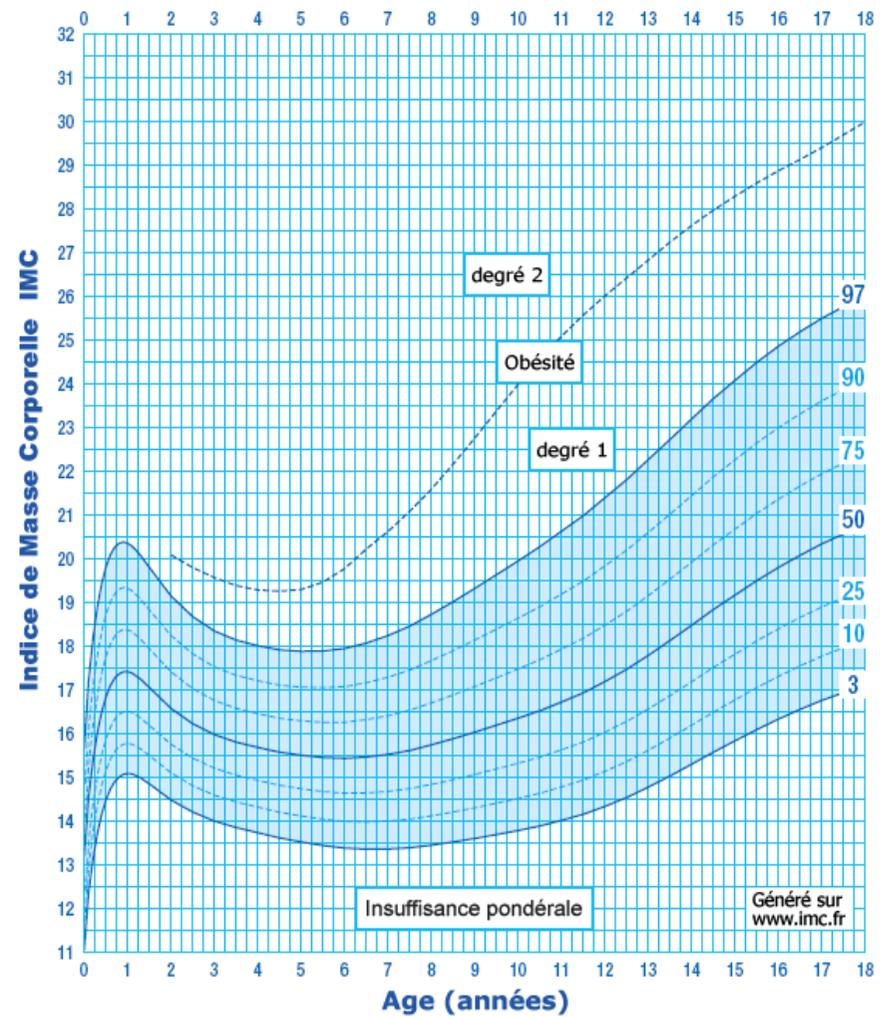
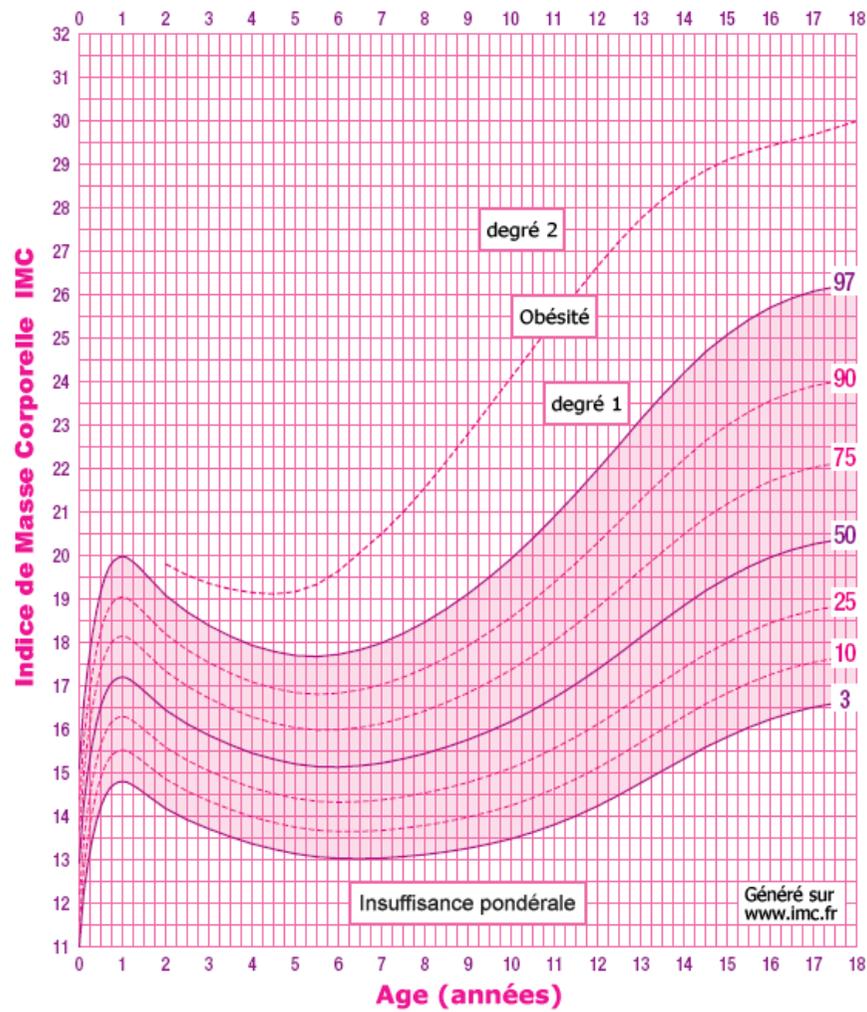


Fig. 1 : Courbe de corpulence pour les filles et les garçons âgés de 0 à 18 ans
 (<http://www.imc.fr/images/courbe-corpulence-fille.gif>) et (<http://www.imc.fr/images/courbe-corpulence-garcon.gif>)

2.3 Contexte et situation initiale

L'enfance représente une phase de transformation menant progressivement à l'âge adulte, dont l'adolescence est une transition. On y trouve une population qui n'a pas les mêmes besoins et qui traverse des étapes de croissance et de maturation importantes. En effet, selon Claparède (1937) « l'enfant n'est pas un adulte en miniature et sa mentalité n'est pas quantitativement mais aussi qualitativement différente de celle de l'adulte, si bien que l'enfant n'est pas seulement plus petit, il est aussi différent ».

Diverses études se sont penchées sur le sujet et les résultats sont unanimes. Les dépenses énergétiques chez les jeunes sont différentes que celles des adultes. En raison de plusieurs facteurs, tels que la composition corporelle, la croissance et la puberté (Bitar et al., 1999 ; Goran et al., 1995 ; Harrell et al., 2005 ; Hoos et al. 2003 ; Roemmich et al, 2000), les jeunes ne dépensent pas leur énergie de la même manière que les adultes. Les adolescents semblent aussi avoir un métabolisme de repos plus important que les adultes (Bitar et al., 1999). En effet, d'après certaines estimations (Ainsworth et al., 1992), un adulte consommerait au repos, en moyenne, $3,5\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ d'oxygène. Pourtant, si cette valeur, issue du compendium, est utilisée pour calculer la dépense énergétique liée à l'activité physique des adolescents, cela peut mener à une sous-estimation de leurs besoins. Il faut également tenir compte du coût énergétique, qui lors de la réalisation d'une tâche, est probablement plus élevé chez le jeune. Cela étant dû à la proportion importante d'organe interne, de leurs courtes jambes et de leur masse musculaire moindre.

Ensuite, il serait nécessaire de comprendre comment l'adolescents utilise ses réserves énergétiques, ce qui est déjà le cas pour les adultes mais reste encore à approfondir pour les plus jeunes (Harrell et al., 2005 ; US Department Of Health And Human Services, 1996). Il semblerait qu'à partir d'un certain moment, dépendamment du stade pubertaire, les valeurs des adolescents tendent à se rapprocher de celles des adultes, mais l'âge exact pour tous types d'activité n'a pas encore été défini. Les filles et les garçons ne fonctionnent pas de la même manière. Leur corps se transforme durant la puberté à des rythmes différents. Les filles prennent notamment plus de masse grasse à l'adolescence, malgré la même dépense énergétique que durant l'enfance (Roemnich et al., 2000). Les résultats de cette étude nous

permettront d'en savoir davantage sur ces différences en matière de métabolisme et de morphologie.

Jusqu'à maintenant, 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. Cependant, on observe une disparité à ce niveau là concernant les jeunes, notamment pour la tranche d'âge 15-17 ans. En Suisse, il n'existe d'ailleurs actuellement aucune base de données recensant les dépenses énergétiques des enfants et des adolescents. Ainsi, sans ces précieuses informations, il est difficile de décrire de manière objective le type d'activité physique qu'il serait recommandé de pratiquer pour les jeunes afin de limiter le surpoids.

Dans l'idée de déterminer les relations entre activité physique, dépense énergétique et composition corporelle chez les adolescents, différentes approches ont été utilisées. Ainsi, de nombreuses études, se sont intéressées à la manière d'identifier la méthode la plus appropriée pour déterminer les dépenses énergétiques chez les jeunes (Choi et al. ; 2002, Livingstone et al. ; 1992, Zakeri et al. ; 2008). Des investigations plus développées au moyen d'instruments à la pointe de la recherche restent toutefois nécessaires dans le domaine.

Cette étude sera l'une des premières investigations mesurant le niveau d'activité physique et la dépense énergétique chez les adolescents suisses, âgés de 15 à 17 ans, en utilisant des méthodes adaptées. Jusqu'à lors, des moyens approximatifs, tels que le podomètre ou l'accéléromètre, étaient utilisés pour procéder à la récolte de données. Pourtant, ces appareils ne tiennent pas compte des particularités de chacun et ont, par conséquent, des limites. Il est vrai, l'estimation de la dépense énergétique en fonction de l'activité physique dans un environnement naturel doit être mesuré de manière plus précise (Marshall et al., 1970), avec l'aide notamment d'un appareil léger (10g) combinant la détection des mouvements ainsi que la fréquence cardiaque (Actiheart ; Cambridge Neurotechnology Ltd, Papworth, United Kingdom). Cette mesure, utilisée dans notre étude, est actuellement la méthode la plus précise utilisée pour quantifier le niveau et l'intensité de l'activité physique au quotidien (Marshall et al., 1970).

2.4 Etude approfondie de la littérature

La littérature scientifique recueillie ci-dessous, présente quelques articles sur la dépense énergétique des jeunes. Cependant, la majorité des études concernées par ce sujet ont des objectifs et des méthodes de mesure toutes diverses. Dans le but de comparer les résultats de ce présent travail avec d'autres similaires, les articles ayant un lien direct avec notre étude ont été sélectionnés et résumés. De plus, des tableaux (Tab. 3, 4 et 5) permettant de résumer les valeurs importantes ont été établis. Certains résultats issus d'articles non présentés ci-dessous y ont également été insérés, malgré leurs thématiques légèrement déviantes.

Bandini et al. (1990) ont mesuré la composition corporelle, le métabolisme de base et la dépense énergétique totale chez cinquante-trois adolescents obèses et vingt-huit non-obèses, âgés de 12 à 18 ans. Pour ce faire, les méthodes de la calorimétrie indirecte et de l'analyse d'urine ont été utilisées. L'objectif est de comparer les différences entre ces deux types de population. En effet, Le TMR par kg de poids d'un obèse est plus bas que la normale, mais élevé de manière absolue. Il est donc nécessaire d'ajuster les différences en MM des deux groupes afin d'obtenir des résultats intéressants. Les résultats montrent que le TMR est fortement corrélé avec la MM chez les non-obèses ($r= 0.77$) et chez les obèses ($r=0.84$). Ils suggèrent aussi que le stade pubertaire est responsable de la variation du TMR. Enfin, le TMR et la DET ne sont pas plus faibles chez les adolescents déjà obèses que ceux des non-obèses. Par conséquent, une diminution de la dépense énergétique ne peut pas être la seule cause de la persistance d'un trop grand poids corporel.

L'étude de Bitar et al. (1999) porte sur les variations de la dépense énergétique journalière et sur ses principaux facteurs durant la période de l'adolescence. Huitante-trois enfants et adolescents, âgés de 10 à 16 ans et divisés en trois groupes, ont pris part à cette étude. La répartition s'est faite sur la base du développement pubertaire, où les enfants pubères sont ceux qui correspondent au stade de Tanner 1, les adolescents pré-pubères sont décrits avec les stades de Tanner 2, 3 ou 4, et enfin, les post-pubères concordent avec le stade de Tanner 5. Les sujets doivent suivre un programme quotidien incluant quatre périodes de quinze minutes sur un ergomètre. La calorimétrie indirecte est utilisée pour mesurer la dépense énergétique et les

méthodes de l'analyse des plis cutanés et l'analyse bio-impédance sont utilisées pour connaître la composition corporelle. Le but principal est de déterminer l'effet de la forme physique, du développement pubertaire, du sexe, de la composition corporelle et de la saison sur les variations de la dépense énergétique au quotidien. Les chercheurs obtiennent que la composition corporelle, la dépense énergétique de sommeil, et l'exercice physique varient de manière significative avec le sexe et le stade pubertaire. La MM ($r^2=0.842$) semble être un facteur déterminant important et en corrélation avec la DET, alors que le stade pubertaire et la MG ne sont pas considérés comme facteurs significatifs. Il est important de préciser que ni la DET ni la DEA ne sont significativement différentes chez les sujets pubères que chez les sujets post-pubères. Par contre, par rapport au sexe, la DET est supérieure de 25% chez les garçons pubères et de 21% chez les garçons post-pubères en comparaison à la même catégorie de filles ($p<0.0001$). La DET ajustée à la MM est également significativement moins élevée chez les filles que les garçons ($p<0.02$). De plus, la composition corporelle varie en fonction du sexe et de l'âge chronologique, puisque à l'âge de 15 ans, il existe une différence significative entre les garçons et les filles. D'autres variables sont significativement plus élevées chez les garçons que les filles, comme le TMR ($p<0.001$) ou la DEA. Au stade pubertaire ($p<0.001$) et postpubertaire ($p<0.0001$), la DEA est 28% et 26% plus élevée respectivement chez les garçons. Les auteurs concluent que la DET des adolescents varie avec le sexe, la saison et la composition corporelle. Ce dernier critère a probablement causé les différences de dépense énergétique entre les trois groupes. C'est pourquoi la DET ajustée à la MM ne varie pas significativement avec le stade pubertaire.

Bratteby et al. (1998) ont étudié la dépense énergétique totale et le niveau d'activité de cinquante jeunes suédois, tous âgés de 15 ans. Afin de récolter des données quantitatives sur leur dépense et leur TAP, ils ont utilisé les méthodes d'EDM et de calorimétrie indirecte. De plus, leur prise alimentaire a été décrite dans un carnet, durant sept jours. Les résultats soulignent une évolution morphologique depuis 1976, puisque les garçons et les filles sont plus lourds qu'auparavant (112% et 109% respectivement). Leur taille a également augmenté, en moyenne, depuis trente ans, soit de plus de 2% environ. Cette dernière variable, tout comme la MM, est significativement plus élevée chez les garçons. Au contraire, le pourcentage de MG est plus élevé chez les filles ($p<0.001$). Le poids et l'IMC ne diffèrent pas

significativement entre les genres. En parallèle, les valeurs de DET et TAP ne sont pas significativement plus élevées que les différentes autres études publiées. Cependant, à l'exception de la TAP, le TMR, la DET, la DEA sont significativement ($p < 0.001$) plus élevés chez les garçons. La DEA ajustée à la MM présente des résultats semblables ($p < 0.05$). Les auteurs trouvent également une corrélation significativement négative entre l'IMC et la prise alimentaire définie comme pourcentage du DET. Cette dernière valeur étant inférieure au 100% de la DET (81.9 % pour les garçons et 78.3 % pour les filles), cela montre que les adolescents tendent à sous-estimer leur consommation de nourriture, en particulier les jeunes en surpoids ou obèses. En conclusion, les jeunes suédois ont tendance à devenir de plus en plus grands et lourds, contrairement à leur niveau d'activité physique qui n'augmente pas.

La seconde étude de Bratteby et al. (2005) projette d'identifier les facteurs déterminants de l'activité physique durant l'adolescence et chez les jeunes adultes. Cette cohorte regroupe cent soixante jeunes, âgés de 15 et 21 ans, provenant de deux régions socio-économiques très différentes de Suède, l'une industrielle et l'autre universitaire. Le TMR a été prédéterminé, la DET et la TAP ont été calculés à l'aide d'un journal de bord durant sept jours. Les résultats démontrent une forte corrélation de la TAP et la DET avec le genre, le temps passé à être assis et les habitudes d'activité physique. Cependant, à l'âge de 21 ans, il semblerait être plus complexe d'associer des facteurs déterminants à l'activité physique. En conclusion, le temps passé à pratiquer une activité sédentaire assis reste la raison principale à une baisse de la DET.

Colley et al. (2011) apportent des estimations récentes sur le niveau d'activité physique chez les enfants et adolescents canadiens, âgés de 6 à 19 ans. Les mesures ont été effectuées entre 2007 et 2009 à l'échelle nationale et avec l'aide d'accéléromètres portés durant sept jours. Les résultats se comptent en nombre de pas réalisés par jour, ainsi qu'en temps passé à pratiquer une activité sédentaire, à intensité légère, modérée ou intense. Ainsi, sur six jours consécutifs, seuls 9% des garçons et 4% des filles accumulent soixante minutes d'activité modérée à intense par jour, soit les recommandations en vigueur. Malgré cela, 44% des sujets sont suffisamment actifs sur trois jours, ce qui laisse supposé que les activités sont plutôt intenses mais irrégulières. De plus, les jeunes canadiens passent en moyenne 62%

de leur temps éveillé, devant un écran ou à s'occuper de manière sédentaire. Les auteurs concluent que le niveau d'activité chez les jeunes canadiens n'est pas suffisamment élevé et peut conduire à des maladies métaboliques si aucune amélioration n'est apportée.

L'étude de Corder et al. (2009) traite de la validation de quatre questionnaires pour déterminer l'activité physique, en milieu libre, chez les jeunes. Pour ce faire, les auteurs ont comparé les données issues des différents questionnaires avec celles provenant d'accéléromètre et de l'eau doublement marquée (EDM). Les participants sont répartis en trois groupes selon les âges (4-5 ans, 12-13 ans et 16-17 ans). Les résultats montrent que l'accéléromètre est un moyen de mesure fiable qui apporte des données complètes sur la fréquence, la durée et l'intensité de l'activité. D'après ce moyen de mesure, le groupe de plus âgés sont significativement moins actifs que les autres ($p < 0.01$). Ils détiennent également la corrélation la plus élevée entre la DEA et le temps passé à pratiquer une activité physique d'intensité modérée à intense. En rapport à leur approche, les chercheurs ne peuvent répondre positivement à leur question de recherche et concluent que tous les questionnaires ne sont pas valides pour déterminer l'activité physique en milieu libre.

Ekelund et al. (2004) ont élaboré une étude pour tenter d'examiner si l'activité physique exprimée en mouvement du corps (issu de l'accéléromètre) diffère de l'activité physique en énergie dépensée (PAEE) en fonction de la taille du sujet et de l'âge. Une cinquantaine de jeune ont pris part aux mesures, dont vingt-six enfants de 9-10 ans et vingt-cinq adolescents âgée entre 15 et 19 ans. Les mouvements du corps et la DET ont été mesurés respectivement avec un accéléromètre et la méthode EDM. Afin de répondre aux exigences de l'étude, l'activité physique a été représentée de différentes manières :

- DEA non-ajustée (DET – TMR)
- DEA ajustée pour le poids ($DEA \cdot kg^{-1} \cdot j^{-1}$)
- DEA ajustée pour la MM ($DEA \cdot kgMM^{-1} \cdot j^{-1}$)
- Niveau d'activité physique PAL (DET/TMR)

Les résultats montrent que la DEA est significativement plus grande chez les enfants que les adolescents, lorsqu'elle est ajustée pour le poids et la MM ($p = 0.03$). Au contraire, si aucun ajustement n'est appliqué, le PAL et la DEA sont significativement

plus important chez les adolescents ($p < 0.01$). Cela confirme que de telles valeurs sont influencées par le poids et la MM des sujets et peuvent être biaisées si elles ne sont pas perçues de la bonne manière. De plus, l'activité produite mesurée avec l'accéléromètre certifie que les enfants se dépensent plus significativement que les adolescents ($p = 0.03$). Les auteurs terminent en insistant sur le fait que la DEA devrait être normalisée par rapport à la MM et au poids, afin de comparer l'activité physique chez les jeunes. De plus, en ajustant la DEA avec la MM, aucun effet de biais dû au sexe n'est à déplorer. C'est pourquoi, la MM est considérée comme la variable de la composition corporelle la plus appropriée pour mesurer et normaliser la DEA.

Harell et al. (2005) ont étudié la dépense énergétique chez les jeunes âgés de 8 à 18 ans. Deux cents nonante-cinq enfants et adolescents ont participé à cette étude, avec un minimum de dix filles et dix garçons dans chaque tranche d'âge. Deux buts principaux se distinguent. Le premier est de déterminer la dépense énergétique des activités communément exercées par les jeunes en terme de coût et d'équivalence en MET. Le second cherche à définir à quel âge et à quel stade pubertaire, les valeurs tendent à se rapprocher de celles des adultes. Les valeurs anthropométriques, telles que le poids, la taille et l'indice de masse corporelle, ont été mesurées. Le développement pubertaire a été établi avec l'aide d'une auto-évaluation en respectant les cinq stades de Marshall et Tanner. Le métabolisme de base a été calculé en position de repos avec un calorimètre indirect portable et la dépense énergétique a été mesurée pour chaque activité avec ce même appareil. Les résultats montrent que le TMR est plus important chez les jeunes que chez les adultes et encore plus particulièrement dans la phase pubertaire. En effet, le TMR d'un adulte équivaut à 24 kcal/kg/j tandis que celui d'un jeune varie selon sa catégorie d'âge. Les raisons de ce décalage sont le fort besoin énergétique lors de la croissance et la puberté, ainsi que la différence de poids. Les garçons semblent également avoir un TMR plus élevé que celui des filles. Chez ces dernières, leur valeur métabolique se rapprochent des adultes vers l'âge de 15 ans, alors qu'il faut attendre une année de plus pour les garçons. De plus, les enfants ont un coût énergétique supérieur à celui des adultes, dû à leurs proportions disparates, telles que la longueur des jambes, la proportion des organes internes et la masse musculaire. Concernant le développement pubertaire, les auteurs constatent une corrélation avec la dépense énergétique. Le TMR a tendance à diminuer avec l'évolution des stades pubertaires ($p < 0.0001$). Ainsi, au

stade de Tanner 5, le TMR des filles et des garçons se rapproche sensiblement de celui de l'adulte. Les auteurs estiment que l'absorption d'oxygène au repos diminue avec l'âge ($p < 0.0001$). Il est vrai, le débit d' O_2 (VO_2) au repos entre l'âge de 15 et 18 ans est d'environ $4 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, de plus en plus proche de celui des adultes ($3.5 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$). Cependant, afin d'éviter une sous-estimation chez les plus jeunes, une échelle d'équivalence métabolique ajustée à l'âge (A-AME) a été développée par les auteurs. A-AME est calculée en divisant le débit d'oxygène (VO_2) à l'activité par le VO_2 au repos et diffère passablement avec les valeurs MET. Ci dessous sont exposés les décalages, selon le type d'activité :

- activités sédentaires : A-AME = 1.02 à 1.47, MET = 1 à 2.3
- activités faibles à modérées : A-AME = 1.83 à 3.95, MET = 2.5 à 5
- activités modérées à haute intensité : A-AME = 4.31 à 8.25, MET = 3.8 à 8

En conséquence, ce système A.AME semble être plus adapté pour estimer la dépense énergétique d'un enfant. L'exemple suivant le démontre : Un enfant de 9 ans pesant 35 kg et ayant amassé 40 MET*h sur une journée dépense 2394 kcal/j (=35 kg x 1.71 kcal/kg/min x 40 MET*h) avec A-AME alors que sa dépense s'élève seulement à 1400 kcal/j (=35 kg x 1 kcal/kg/min x 40 MET*h) avec le Compendium. Pour conclure, le système de calcul pour la dépense énergétique doit donc être adapté pour les enfants et adolescents.

Hoos et al. (2003) ont analysé 17 études de la littérature concernant des enfants et adolescents, âgés entre 3 et 16 ans, de type caucasiens. Les auteurs ont regroupé les résultats de toutes les études dans le but de définir le TAP et la DEA des sujets selon leur âge et leur genre. Ces références sont utiles dans la lutte contre l'obésité infantile. En effet, différentes études ont démontré une corrélation négative entre la MG et l'activité physique ou le temps passé à être actif. En d'autre terme, plus l'on bouge et moins notre taux de MG est important. Il est donc important de connaître les valeurs de TAP chez des sujets en bonne santé afin d'établir des références selon l'âge et d'ainsi améliorer le traitement contre l'obésité. Les résultats ne montrent aucune différence de TAP entre les deux sexes. Cependant, la DEA semble différenciée significativement entre les filles et les garçons ($p < 0.0001$). De plus, ces deux valeurs tendent à augmenter plus les années passent, démontrant l'importance de la différenciation selon l'âge. Enfin, les auteurs préconisent même d'élaborer des recommandations en matière d'activité physique différentes selon le genre. Ils

précisent quand même que l'augmentation des valeurs du TAP et de la DEA peut être attribuée à l'augmentation de la masse corporelle, puisque aucune relation n'existe entre DEA/kg et l'âge. En effet, malgré leur activité intense, les enfants dépensent moins d'énergie que les adultes en raison de leur faible poids corporel. De plus, ils dorment plus et passent donc moins de temps à bouger. Les auteurs concluent que le niveau d'activité physique et la dépense énergétique liée à cette dernière augmentent avec l'âge, ce qui peut être lié à l'augmentation du poids corporel.

L'étude de Kaneko et al. (2013) s'intéresse au TMR des adolescents japonais afin de comparer les données estimées à celles mesurées avec une calorimétrie indirecte ventilée. Deux cents vingt-et-un sujets, âgés de 7 à 17 ans ont été recrutés pour cette recherche et leur composition corporelle a également été mesurée. Les auteurs constatent que le TMR augmente avec l'âge, avec une différence significative entre les sexes chez les adolescents de 12 à 17 ans. Les résultats montrent que le TMR est fortement corrélé avec le poids corporel et la MM. Si le TMR est ajusté avec ces deux données, alors une diminution avec l'âge apparaît. Quant à l'estimation du TMR la plus proche, elle a été trouvée en utilisant l'équation de Molnar pour les filles ($R^2=0.76$) et la formule « Dietary Reference Intake for Japanese » (1969) pour les garçons ($R^2=0.75$). En conclusion, la MM est le facteur déterminant principal du TMR, tout en sachant qu'il existe des différences significatives selon le genre, aussi bien avec le TMR absolu que ajusté.

Lantz et al. (2008) ont travaillé sur la composition corporelle et ses variables. Leur objectif est d'identifier les corrélations existantes dans un groupe comprenant des adolescents et des jeunes adultes. Au total, quatre cents cinquante-huit jeunes suédois de 15, 17 et 20 ans ont participé à l'étude, dont soixante deux qui ont été mesurés de manière répétitive afin de récolter des données aux trois âges mentionnés. Dans le but de mesurer la MM, la MG et la densité osseuse (BMC), la méthode utilisée est l'absorption d'énergie dual X-ray (DXA). De plus, un questionnaire et un journal de bord ont permis de récolter des informations concernant le niveau d'éducation des parents, les habitudes et la prise alimentaire, la DET et la TAP de chaque participant. Après analyse, la MM et la BMC augmentent significativement plus chez les garçons et la MG plus chez les filles. Les facteurs déterminants corrélés aux variables de la composition corporelle sont nombreux, tels

que le niveau d'éducation des parents, le poids et la taille, la DET, ainsi que la TAP. A l'âge de 15 ans, le genre est également considéré comme déterminant.

Roemmich et al. (2000) ont tenté de déterminer les modifications pubertaires liées à la croissance, la composition corporelle, la distribution des graisses et la dépense énergétique. Soixante jeunes pré-pubères et pubères ont pris part à l'étude. Le TMR, la DET et le TAP ont été mesurés, respectivement, avec un calorimètre indirecte, une eau doublement marquée (EDM) et avec la méthode Seven Day Physical Activity Recall (PAR). Le modèle des quatre compartiments élaborés par Lohman est utilisé pour estimer la composition corporelle et la distribution de la masse grasse est analysée grâce à l'IRM. Les auteurs cherchent à déterminer quels facteurs déterminants rentrent en jeu dans la composition corporelle et la distribution de la graisse abdominale chez les jeunes. En effet, il est encore incertain si le temps passé à être actif, la durée des comportements sédentaires, ou encore la DEA, est le plus relié aux surpoids et à l'obésité chez les enfants. Le deuxième but est d'observer le lien entre la mesure de la dépense énergétique issue de la méthode EDM et PAR. Les résultats indiquent des différences significatives entre les caractéristiques physiologiques des jeunes selon le stade pubertaire. Les jeunes pubères sont plus âgés ($p < 0.001$), plus lourds ($p < 0.001$) et plus grands ($p < 0.001$). Ils ont une MG, MM plus élevées ($p = 0.002$ et $p < 0.001$ respectivement). Selon eux, leur dépense énergétique diffère également, puisque la DET est plus basse ($p < 0.001$) chez les jeunes pré-pubères. Enfin, la DEA est inversement proportionnelle à la MG pour tous les participants ($p = 0.03$ chez les pré-pubères et $p = 0.05$ chez les pubères), mais surtout chez les garçons ($p = 0.02$). Les auteurs trouvent que la MM affiche une covariance avec le TMR ($p = 0.05$), contrairement à la DEA ($p = 0.74$). Il existe également des différences significatives entre les filles et les garçons. En effet, les filles sont plus petites ($p = 0.02$), ont une MG plus élevées ($p = 0.002$) et une DET plus faible ($p = 0.01$). Pour conclure, la DEA semble être le facteur le plus affluant sur la MG des jeunes, mais pas sur la MM. Même si l'étude n'a pu le démontrer clairement, cette valeur reste la composante la plus variable de la DET et représente, par conséquent, l'adaptation la plus efficace pour équilibrer la balance énergétique.

L'étude de Sun et al. (2001) est une des rares à avoir suivi l'évolution du TMR et de la composition corporelle chez les jeunes durant toute leur puberté. Cent cinquante-six

enfants de type caucasien ou afro-américain, âgés d'environ 8 ans au commencement des mesures, ont participé à cette recherche pendant plus de cinq ans. De manière régulière, entre deux à cinq fois par an, la MG, la MM et le TMR ont été enregistrés chez chaque sujet. L'analyse à l'aide de modèle mixte a permis de tester les changements de TMR relatif à la composition corporelle en tenant compte de l'augmentation du stade de Tanner selon l'ethnie et le genre. Les auteurs ont avancé diverses hypothèses ; la MM augmente durant la maturation mais le TMR relatif à la composition corporelle diminue, les enfants afro-américains ont un TMR plus bas après ajustement du stade pubertaire et de la composition corporelle, le TMR ne diffère pas entre les ethnies après ajustement de la distribution de la MM. Les résultats confirment en partie certaines de leur avancée. En effet, ajusté avec l'âge, le stade pubertaire et la composition corporelle, le TMR est plus haut chez les enfants de type caucasien. Ce déclin n'est pourtant pas significatif entre le stade 1 à 2. De plus, la MG relatif à la MM diminue du stade pubertaire 1 au 3, 4 et 5. Cependant, aucune diminution entre le stade 1 à 2 n'est à mentionner. En conclusion, il existe une relation positive entre la MM et le stade pubertaire.

Zakeri et al. (2006) s'intéressent à la dépense énergétique chez les jeunes âgés de 5 à 19 ans, regroupant 833 participants dans une large cohorte. En utilisant des techniques standards, telles que l'absorption dual-energy X-ray (DXA) et la calorimétrie indirecte, pour mesurer la composition corporelle et la dépense énergétique, les auteurs tentent de développer un modèle, concernant la dépense énergétique, basé sur des données normées selon différents critères. Le but étant d'échelonner les besoins énergétiques pour des âges et des MG différents. D'après les résultats, le poids et la MM sont deux prédictors de la dépense énergétique, ainsi que le genre ($p=0.001$). Il existe une différence significative concernant le poids, la taille, l'IMC, la MM et le pourcentage de MG entre les genres (de $p=0.001$ à $p=0.003$). Dans cette étude où 55% des sujets sont en surpoids, les analyses montrent que la dépense énergétique de certaines activités diffère entre les enfants en poids normal et les autres. En conclusion, la dépense énergétique est influencée par le sexe, dépendamment du poids ou de la composition corporelle. Au contraire, l'âge n'a aucune incidence.

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

Auteurs	Genre	Groupe (stade /ans)	TMR kcal/j	DEA kcal/j	DET kcal/j	TAP	MG %	IMC	VO ₂ max ml/kg/min
Bandini et al. (1990)	Garçons	12-18	1742 ± 183	1200 ± 375	3109 ± 506	1.79 ± 0.2	16 ± 5	-	-
	Filles	12-18	1441 ± 134	846 ± 421	2385 ± 134	1.69 ± 0.3	26 ± 7	-	-
Bitar et al. (1999)	Garçons	Pubertaires	1965 ± 65	-	2713 ± 74	-	18 ± 1.2	20.2 ± 0.5	-
		Post pubertaires	1279 ± 57	-	2803 ± 93	-	14.6 ± 1.5	19.1 ± 0.7	-
	Filles	Pubertaires	1497 ± 86	-	2175 ± 96	-	20.7 ± 1.5	20.7 ± 1.5	-
		Post pubertaires	1121 ± 41	-	2314 ± 67	-	22.7 ± 1.1	18.8 ± 0.5	-
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	-
Bratteby et al. (2005)	Garçons	15	-	1809 ± 504	3365 ± 569	1.95 ± 0.28	-	19.7 ± 2.3	-
	Filles	15	-	1319 ± 478	2624 ± 382	1.82 ± 0.23	-	20.4 ± 2.3	-
Butte et al. (2010)	Garçons	5-18	-	607 ± 251	2153 ± 625	-	25.4 ± 9	23 ± 6.8	-
	Filles	5-18	-	607 ± 251	2153 ± 625	-	34.7 ± 7.9	22.9 ± 5.7	-
Choi et al. (2010)		10-17	-	817 ± 201	2200 ± 427	-	-	-	-
Corder et al. (2009)		16-17	-	992 ± 62	2882 ± 64	1.78 ± 0.3	-	-	-
Corder et al. (2010)	Garçons	15.9 (0.3)	1468 ± 125	753 ± 355	2220 ± 348	1.52 ± 0.2	14.3 ± 10.0	17.4 ± 2.6	-
	Filles	15.7 (0.75)	1348 ± 166	669 ± 312	2016 ± 469	1.49 ± 0.2	29.8 ± 8.7	20.8 ± 4.2	-
Ekelund et al. (2004)	Garçons	18.1 ± 1.1	1912 ± 120	1554 ± 430	3442 ± 550	1.87 ± 0.25	14.4 ± 4.4	-	-
	Filles	17.3 ± 1.9	1482 ± 96	1052 ± 191	2486 ± 191	1.73 ± 0.16	29.9 ± 5.8	-	-

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 la VO₂max des garçons et des filles classés par groupe selon différents auteurs

Auteurs	Genre	Groupe (stade /ans)	TMR kcal/j	DEA kcal/j	DET kcal/j	TAP	MG %	IMC	VO ₂ max ml/kg/min
FAO/WHO/ONU (2001)	Garçons	15-16	1711	-	3149	1.84	-	-	-
	Garçons	16-17	1797	-	3299	1.84	-	-	-
	Filles	15-16	1429	-	2478	1.73	-	-	-
	Filles	16-17	1447	-	2499	1.73	-	-	-
Harell et al. (2005)	Garçons	Tanner 2, 3, 4	-	-	-	-	-	20.0 ± 3.3	-
	Garçons	Tanner 5	-	-	-	-	-	23.1 ± 3.1	-
	Filles	Tanner 2, 3, 4	-	-	-	-	-	21.0 ± 3.8	-
	Filles	Tanner 5	-	-	-	-	-	23.6 ± 4.5	-
Kaneko et al. (2013)	Garçons	15-17	1546 ± 196	-	-	-	19.9 ± 5.6	-	-
	Filles	15-17	1214 ± 136	-	-	-	25.7 ± 4.7	-	-
Lantz et al. (2008)	Garçons	15	-	-	14.19	1.95	15.05	-	-
	Garçons	17	-	-	-	-	15.89	-	-
	Filles	15	-	-	10.92	1.81	26.49	-	-
	Filles	17	-	-	-	-	27.75	-	-
Livingstone et al. (1992)	Garçons	15	1415 ± 261	-	2553 ± 554	-	14.4 ± 5.0	-	51.3 ± 2.9
	Filles	15	1415 ± 261	-	2553 ± 554	-	27.0 ± 8.9	-	38.7 ± 4.5

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

Auteurs	Genre	Groupe (stade /ans)	TMR kcal/j	DEA kcal/j	DET kcal/j	TAP	MG %	IMC	VO ₂ max ml/kg/min
Roemmich et al. (2000)	Garçons	Pubertaires	1626 ± 76	673 ± 56	2555 ± 67	1.8	18.4 ± 6.3	-	-
	Filles	Pubertaires	1359 ± 38	654 ± 35	2237 ± 62	1.7	25.5 ± 6.7	-	-
Soric et al. (2014)	Garçons	15	-	-	-	-	-	19.7 ± 1.8	52.0 ± 4.7
	Garçons	18	-	-	-	-	-	20.9 ± 1.8	57.5 ± 5.8
	Filles	15	-	-	-	-	-	20.5 ± 3.1	39.1 ± 6.0
	Filles	18	-	-	-	-	-	20.9 ± 3.5	42.7 ± 6.6
Zakeri et al. (2006)	Garçons	5-19	1354 ± 374	-	1843 ± 547	-	32.1 ± 9.6	-	-
	Filles	5-19	1397 ± 274	-	1944 ± 403.2	-	36.2 ± 7.8	-	-

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, buts principaux et secondaires

Ce travail de Master est orienté vers un objectif principal, dont différents chemins d'analyse permettent d'y arriver. La question principale de recherche est la suivante :

- Quelles sont les dépenses énergétiques des adolescents âgés de 15 à 17 ans en fonction de leur activité physique ?

En effet, le but principal de cette étude est de mesurer les dépenses énergétiques liées à l'activité physique chez les adolescents âgés de 15 à 17 ans en fonction de leur activité physique ainsi que de leur composition corporelle. Les trois valeurs importantes, dont le taux métabolique au repos et la dépense énergétique liée à l'activité physique, qui englobe la dépense énergétique quotidienne seront mesurées dans cette étude. La troisième, appelée thermogénèse, est calculée avec le 10% du TMR. Cet objectif permettra alors d'établir une base de données valable pour les jeunes suisses. De plus, l'estimation du métabolisme de base permettra de mieux situer les décalages de fonctionnement existants entre les jeunes et les adultes. En effet, les enfants et adolescents n'ont pas le même métabolisme de base que celui des adultes. Différentes études, comme celles de Harrell et al. (2005) et le US Department of Health and Human Services (1996), l'ont déjà montré et prétendent que les phénomènes de la puberté en sont la cause. Enfin, afin de limiter le surpoids chez les jeunes et d'élaborer des recommandations en matière d'activité physique adaptées, cette base de données sera décisive.

A partir de ce questionnement, d'autres questions secondaires apparaissent et sont intéressants à examiner :

- Existe-il une différence de dépense énergétique entre les filles et les garçons, ainsi qu'entre les différentes tranches d'âge ?
- Est-ce que la dépense énergétique a une influence sur la composition corporelle des filles et des garçons?

Il est vrai, durant l'adolescence, les garçons et les filles ne se développent pas de la même manière et surtout pas au même rythme. Il sera alors intéressant de voir les différences que peuvent exister entre les genres au niveau des dépenses énergétiques. Chez les adultes, on sait déjà que les femmes ne dépensent pas autant

d'énergie (Brage et al., 2007 ; Paul et al., 2004) que les hommes. De plus, elles ont naturellement un taux de masse grasse plus élevé, dû probablement à leur fonction de maternité. Il est donc important d'investiguer à quel âge ou stade pubertaire cette différence apparaît chez les jeunes. Les résultats de cette étude pourront ensuite être comparés aux recherches déjà réalisées dans les autres pays.

Enfin, démontrer un quelconque lien entre la dépense énergétique à l'activité physique et la composition corporelle est également un objectif. Gilliat-Wimberly et al. (2001) ont déjà prouvé que la masse maigre est un déterminant principal au métabolisme de base et provoque ainsi une plus grande consommation d'énergie. Pourtant, reliées directement avec l'activité physique, les variables de la composition corporelle n'ont pas été étudiées chez les jeunes en Suisse. Il sera donc essentiel de chercher si la masse grasse ou maigre ont une influence sur la dépense énergétique.

A long terme, les résultats de cette étude constitueront une base de données plus solide en Suisse, sur lesquelles pourront se baser des recherches futures dans le domaine de la santé. Des recommandations précises pour chaque tranche d'âge pourront également être développées, afin de limiter les problèmes de surpoids que connaissent de plus en plus fréquemment les jeunes.

3 METHODE

3.1 Commission d'éthique

Une demande à la commission d'éthique cantonale de Berne a été déposée avant de débiter cette étude. Cette institution a pour mission d'évaluer les projets de recherches impliquant des patients ou des volontaires sains. Le dossier contient une présentation générale du projet, l'explication du déroulement et des méthodes de mesure, les points concernant la sécurité, les obligations de la direction de l'étude ainsi qu'une réflexion éthique.

Le document inscrivant la réponse positive, ainsi que certains documents exigés peuvent être consulté en annexe de ce travail.

3.2 Choix des participants

Un nombre total de soixante sujets adolescents, âgé entre 15 et 17 ans, a été recherché pour l'étude. L'âge sélectionné pour l'objet de cette recherche a été choisi pour différentes raisons. Il existe, en effet, très peu de données concernant les habitudes comportementales des adolescents suisses. De plus, il est intéressant de pouvoir comparer ces résultats avec des études précédemment menées à l'étranger, et ayant des participants d'âge similaire.

Dans l'optique de classer les résultats par âge et par sexe, un nombre identique devait être représenté pour chacun des âges. Ainsi, dix filles et garçons, au minimum, ont été mesurés dans chaque tranche d'âge, soit vingt adolescents de 15 ans, vingt adolescents de 16 ans et vingt adolescents de 17 ans. Il est vrai, des études antécédentes démontrent que la dépense énergétique diffère selon le genre et qu'elle tend à diminuer à la fin de la puberté (Harrell et al., 2005). Au final, afin d'ajuster le nombre par âge, une totalité de soixante huit participants a été mesuré.

Tab. 6: Nombre de participants dans chaque tranche d'âge

Age (ans)	15	16	17	Total
Filles (n)	12	13	10	35
Garçons (n)	10	13	10	33
Total (n)	22	26	20	68

Suite à l'accord de la direction des différents établissements, le recrutement des participants s'est fait au sein d'écoles obligatoires et post-obligatoires de Bienne. Ainsi, 11 participants sont scolarisés au centre de formation professionnelle CFP, 51 au gymnase francophone et 6 dans le collège secondaire des Platanes. Ces écoles sont représentatives de la population francophone habitant les environs de Bienne. De plus, de part leur variété d'élève scolarisé au niveau des origines et leurs débouchés divers, elles contiennent notamment des classes socio-économiques élargies.

Lors des leçons d'éducation physique, une brève présentation leur était proposée et un flyer était distribué aux élèves. Ceux intéressés s'inscrivaient et recevaient une information écrite détaillée au sujet de l'étude, par courrier postale. Après réception des documents, l'élève et ses parents prenaient la décision de participer ou non à l'étude. Ils signaient ensemble la déclaration de consentement écrite, que le sujet présentait le jour des mesures.

3.3 Critères de sélection

Cette étude s'adresse aux adolescents en bonne santé, non fumeur et souffrant d'aucune maladie chronique. Aucun critère de sélection, concernant le physique ou le niveau d'activité physique n'a été appliqué, ceci afin de représenter l'ensemble des adolescents. De plus, les écoles ont été choisies au hasard et l'information a circulé dans toutes les classes, où la tranche d'âge correspondante s'y trouvait.

Le niveau scolaire n'a pas, outre mesure, limité la participation spontanée des élèves. Ceux, qui ne pouvaient pas manquer une matinée d'école pour se rendre à Macolin, ont eu l'opportunité de venir pendant les vacances ou weekends.

Enfin, l'accord parental et celui de l'enfant étaient nécessaires et requis pour participer à l'étude. Ainsi, après avoir été informé par écrit, les parents avaient le choix de laisser ou non leur enfant prendre part aux mesures.

3.4 Instruments

3.4.1 La composition corporelle

Lunar iDxA BodyScanner : La composition corporelle est mesurée avec l'appareil de mesure Lunar iDxA Scanner (GE Healthcare, Madison, WI, USA). La technique utilisée se nomme « dual-energy X-ray absorptiometry » (DEXA). Cet appareil a été

validé dans des études antérieures (coefficient de variation de 0.5 et 0.6%) (Hind, Oldroyd & Truscott 2011). Selon ce même auteur, son utilisation procure des données fiables sur la composition corporelle chez l'adulte. 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 maigres et grasses sont déterminées en fonction de l'absorption de chacun des niveaux d'énergie des rayons X dans les deux types de tissus.



Fig. 2 : Luna iDXA BodyScanner
(<http://www.bsiproductdevelopment.com/clients/ge-medical-systems>)

Malgré le fait que l'appareil travaille avec des rayonnements X, les sujets sont exposés à une très faible dose de rayonnement. La dose s'élève à 20 μSv par scan du corps entier. On peut comparer cette dose de rayonnement à un vol d'avion de ligne transatlantique de Zürich à New York, à savoir environ 50 μSv .

3.4.2 Le taux métabolique au repos

Calorimétrie indirecte : Le TMR est mesuré par la calorimétrie indirecte. Pour ce faire, un système de masque ventilé est utilisé (MOXUS Metabolic System, AIE Technologies, Inc., Bastrop, TX, USA). Cet appareil est calibré avant chaque nouvelle mesure selon les indications du producteur. Pour pouvoir mesurer le TMR, les sujets sont priés de se présenter au laboratoire de mesure après une nuit à jeun et sans avoir pratiqué d'activité physique la veille. Après une phase d'adaptation et de détente d'une durée de 30 minutes, un masque ventilé est placé sur le visage du sujet afin de pouvoir effectuer les mesures. Dans un milieu thermoneutre, couché sur le dos et en position de repos, la consommation d'oxygène ($V'O_2$) et la production de dioxyde de carbone ($V'CO_2$) sont mesurées pendant 25 à 30 minutes.



Fig. 3 : MOXUS Metabolic System
(http://www.delta-medical.fr/Drupal/DER_1)

En raison de l'existence d'un possible artéfact d'acclimatation ou de variation trop importante, le coefficient de variation de $V'O_2$ et $V'CO_2$ est calculé et doit être inférieur à 10%. Dans le cas où cette exigence n'est pas respectée, une tranche de mesure plus courte est sélectionnée et recalculée jusqu'à l'obtention d'un coefficient dans les normes. La comparaison de Weir et al. (2004) est appliquée pour mesurer le TMR à l'aide des valeurs de $V'O_2$ et $V'CO_2$.

3.4.3 La dépense énergétique quotidienne

Actiheart : Un appareil, léger et waterproof, non-invasif (Actiheart, Cambridge Neurotechnology Ltd, Papworth, United Kingdom) est utilisé pour la mesure de la dépense énergétique quotidienne. Il contient deux électrodes ECG, est porté jour et nuit et est fixé sur la poitrine du sujet au moyen d'une ceinture. L'Actiheart mesure la fréquence cardiaque ainsi que l'accélération du corps toutes les 15 secondes. Cette méthode est actuellement la plus précise pour mesurer la dépense énergétique chez l'adulte.



Fig. 4 : Actiheart
(<http://www.bmedical.com.au/shop/activity-heat-research/actiheart.htm>)

La fréquence cardiaque de repos (FCR) est utilisée pour l'ajustement individuel de l'appareil. Pour le calcul de la fréquence cardiaque pendant le sommeil, une moyenne arithmétique de 60 battements est prise en considération. Une moyenne de mesures consécutives de trois nuits est valable pour établir la fréquence cardiaque pendant le sommeil. L'Actiheart calcule la dépense énergétique totale (DET) et la dépense énergétique durant l'activité (DEA) à l'aide de ces données. DET est calculé par la somme de DEA, TMR et DIT (Dietary Induced Thermogenesis : ~10% de DET). La valeur TAP est utilisée pour indiquer l'intensité de l'activité physique et est calculée grâce au rapport entre la DET quotidienne et le TMR.

Actiheart Step Test : L'Actiheart doit être calibré pour chaque personne. Pour cela, un Steptest standardisé est utilisé. Le sujet doit monter et descendre d'un élément de Step d'une hauteur de 215mm durant huit minutes, la fréquence des pas est continuellement augmentée de 15 à 33 fois par minute de manière informatisée par le programme. Le sujet doit ensuite rester deux minutes sans bouger, ni parler afin de retrouver un état de repos.



Fig. 5 : Step test
(http://www.sparkteens.com/resource/health_articles.asp?id=850)

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 Joules/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 le DET et DEA.

3.5 Mesures anthropométriques

Le poids et la taille sont mesurés le matin à jeun avant de commencer les mesures. Afin de promouvoir la fiabilité des données, une seule et même chercheuse a procédé aux mesures en utilisant les instruments identiques du début à la fin. Le poids est mesuré en sous-vêtement et sans chaussure, à 0.1 kg près, dans l'optique d'être le plus précis possible. La taille est mesurée sans chaussure et 0.1 cm près.

3.6 Stade pubertaire

Le stade de développement pubertaire (SDP) de chacun des sujets a été établi par une auto-évaluation en utilisant les cinq stades caractérisés par Marshall et Tanner (Marshall & Tanner, 1969, 1970). Le stade Tanner 1 correspond, dans cette étude, au développement de la poitrine chez les filles et au développement de l'appareil génital chez les garçons. Le développement des poils pubiens pour les deux sexes est représenté dans le stade Tanner 2.

Les participants remplissent le formulaire lorsqu'ils sont seuls pour éviter une potentielle gêne. Il leur est demandé de le compléter le plus précisément possible selon leur propre perception par rapport aux différentes images proposées. Les deux questionnaires peuvent être consultés en annexe.

Un tableau (tab. 8) figurant dans la partie 4 des résultats représentent les caractéristiques morphologiques des participants.

3.7 Statistique

La moyenne et l'écart type seront indiqués pour toutes les variables continues. Une analyse descriptive avec une taille d'échantillon dépendante et indépendante est utilisée. Les différences entre les groupes de sexe sont testées en utilisant un ANOVA univariée. 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. Nous considérons une valeur p de 0.05 comme indicateur d'écart significatif.

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

3.8 Déroutement

Les sujets ont rendez-vous par groupe de deux ou trois, à Macolin, pour des mesures de base (tableau 7), effectuées entièrement par une chercheuse féminine. Ils se déplacent de manière autonome jusqu'au point de rencontre, situé en haut du funiculaire de Macolin, le plus souvent en transport public. Etant donné que les sujets doivent être à jeun, les mesures ont lieu uniquement le matin. Environ trois mois sont prévus pour la récolte des données, avec trente matinées de mesures planifiées.

Après avoir mesuré la taille des participants, ils doivent retirer leurs vêtements (sauf sous-vêtement) pour être pesé, ainsi que tout objet métallique. Suite à cela, ils se couchent sur l'emplacement prévu du Bodyscanner, chacun leur tour, 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. Par conséquent, quinze à vingt minutes sont donc nécessaires pour la conduite de cette mesure. Les participants ont ensuite l'occasion de consulter leurs résultats, recevant également des explications les concernant.

Ensuite, dans une seconde salle, le taux métabolique au repos (TMR) est mesuré à l'aide d'un calorimètre indirect durant trente minutes. Cette mesure ne peut débuter seulement après que la machine ait été calibrée et que le sujet se soit allongé une vingtaine de minute pour retrouver un état de repos. La calibration doit être répétée lors de chaque matinée de mesure. Le calorimètre indirect est relié avec un ordinateur afin de pouvoir lire, modifier et enregistrer les données. Il s'agit d'abord de vérifier certaines variables, comme la température ou l'humidité enregistrés dans la machine. Ensuite, il est nécessaire de régler les différents pourcentages d'air contenus dans les deux bonbonnes de gaz, l'une contenant l'air expiré et l'autre l'air inspiré. Après avoir enregistré les nouveaux paramètres, le volume des bonbonnes, devant atteindre 300mL, est testé avec l'aide d'un piston à air. Enfin, les caractéristiques du participant, telles que son poids, son âge et sa taille sont inscrites dans l'ordinateur. Les paramètres extérieurs calculés avec un baromètre, comme la température de la pièce, le taux d'humidité, la tension barométrique, sont relevés et retranscrits. Estimées durant deux minutes, les valeurs moyennes de saturation en oxygène et en dioxyde de carbone présentes dans la pièce sont également copiées dans le programme. Pour finir, le masque ventilé est placé sur le visage du sujet de manière hermétique et

le flow (quantité d'air circulant par minute) est réglé selon la morphologie de ce dernier. Après toutes ces précautions, le QR se situe entre 0.7 et 1, et la mesure peut débuter.

Au total, la calibration, la phase d'adaptation et la mesure effective durent environ une heure et demie pour deux participants. En parallèle, chaque sujet remplit l'auto-évaluation concernant le stade pubertaire de Tanner et Marshall.

Suite à cela, un appareil de mesure de la dépense énergétique journalière, Actiheart, doit être calibré à l'aide d'un Steptest (voir point 3.4.2). Avant de procéder au Step Test, un Signal Test permet de vérifier la capacité de l'Actiheart à capter la fréquence cardiaque du sujet. Pour exécuter ce processus, il faut entrer dans le programme software les caractéristiques du sujet, soit son ID, sa taille, son poids son sexe et sa date de naissance. Lorsque les données sont transmises à l'appareil, ce dernier est fixé sur des électrodes afin d'être collé sur le thorax du sujet. Après trois minutes de marche où les battements du cœur sont enregistrés, l'enregistrement est analysé. La chercheuse doit, selon la qualité d'enregistrement, décider de réaliser un second Signal Test avec Actiheart différent si celui-là n'est pas satisfaisant ou au contraire de continuer les tests. Les différences de qualité d'enregistrement obtenues avec le Signal Test sont illustrées ci-dessous à l'aide d'images (Fig. 6, 7, 8,). Un mauvais signal est représenté avec les bandes rouges, alors que les bandes vertes caractérisent une bonne perception de la fréquence cardiaque.

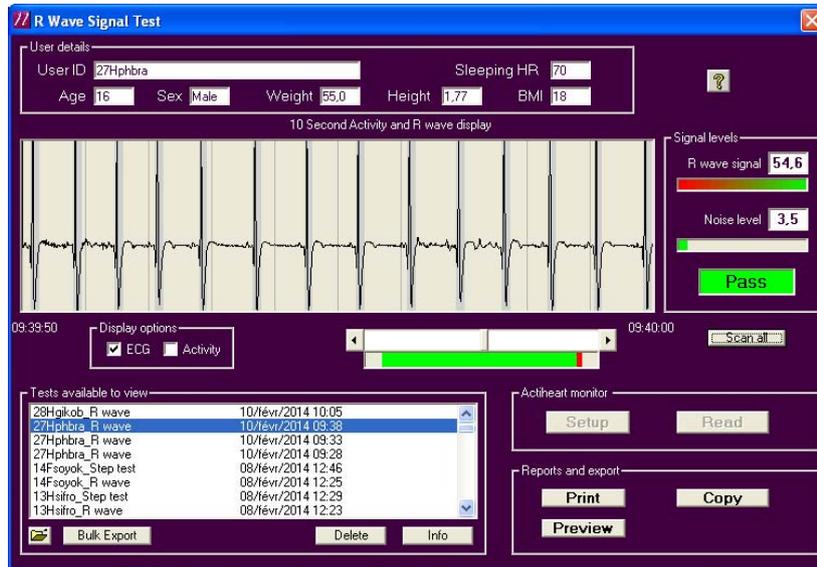


Fig. 6: Résultat d'un Signal Test satisfaisant

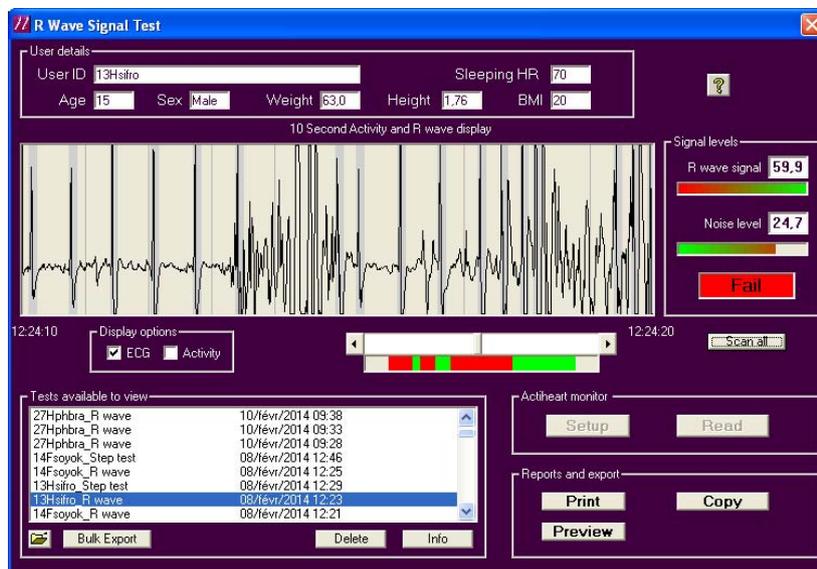


Fig. 7: Résultat d'un Signal Test moyennement satisfaisant

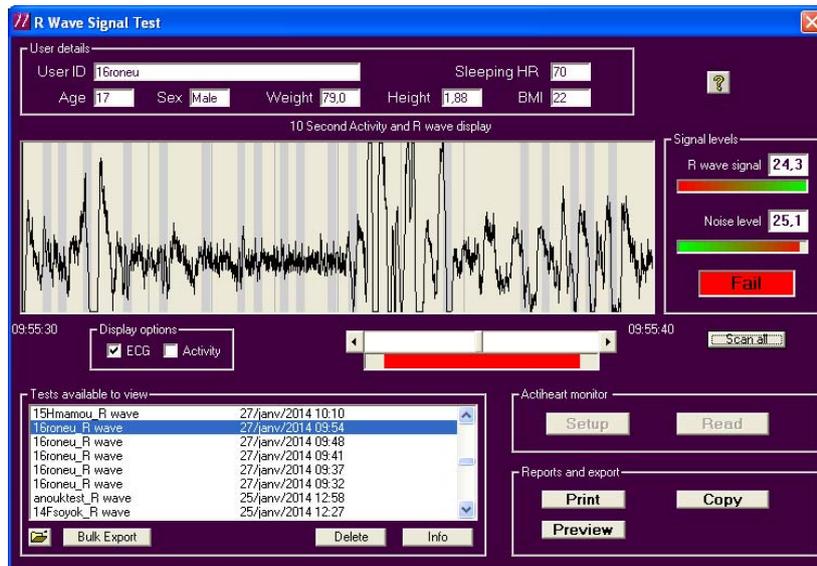


Fig. 8: Résultat d'un Signal Test non satisfaisant

Dès que le Signal Test est positif, le Step Test peut être réalisé. Après que les caractéristiques du sujet aient été envoyées vers l'appareil, le participant doit monter et descendre d'un step, au rythme érigé par le programme software, d'une hauteur de 21.5 centimètres. Le processus exact a été expliqué au point 3.4.2. A nouveau, selon la qualité d'enregistrement, la chercheuse prend l'initiative de continuer la calibration de l'appareil ou alors, décide de recommencer le Step Test avec un nouvel instrument. En cas de problème persistant, les électrodes peuvent être renouvelées et être replacées à un endroit légèrement différent. La figure ci-dessous illustre les données issues d'un Step Test réussi.

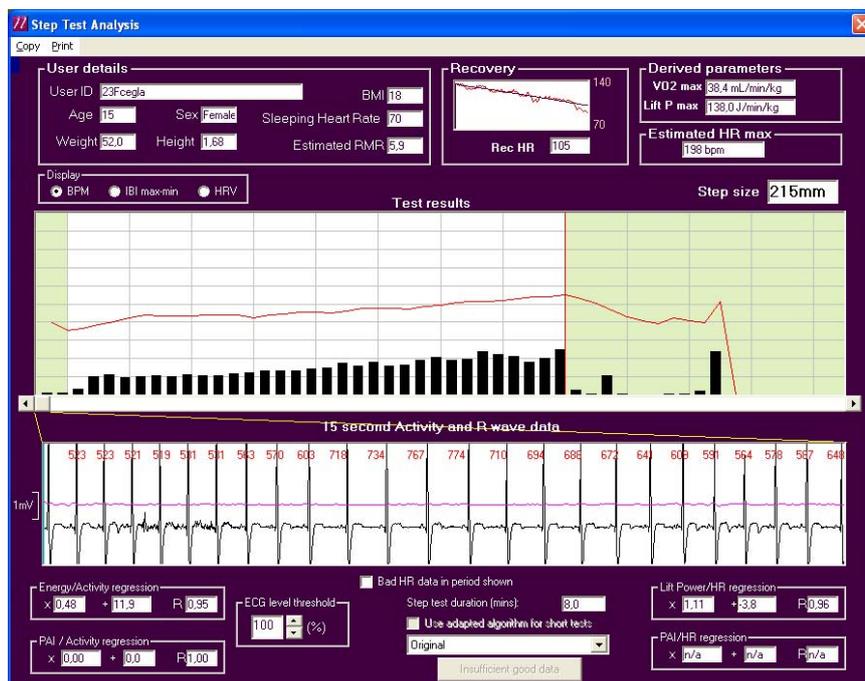


Fig. 9: Résultat d'un Step Test. Les bâtonnets noirs représentent l'activité physique et la ligne rouge la fréquence cardiaque.

Lorsque le Step Test démontre des résultats satisfaisants, Actiheart est calibré pour la mesure des sept jours. Les informations du participant sont à nouveau introduites et les paramètres sont modifiés, afin que l'appareil mesure la fréquence cardiaque ainsi que les accélérations verticales corporelles toutes les 15 secondes.

En comptant le temps d'installation et le réglage du signal de réception, ce test de standardisation, mis au point par le producteur de l'appareil, dure entre vingt et trente minutes.

A partir de cette matinée, les sujets portent l'instrument durant une semaine, afin de calculer la dépense énergétique journalière. Durant ces sept jours de mesures, les

sujets doivent mener leur vie de manière habituelle. Ces derniers repartent avec des électrodes de rechange, au cas où, celles actuelles se décolleraient. Ils reçoivent également un journal de bord et un carnet alimentaire, afin de noter toutes les activités physiques pratiquées, ainsi que leur alimentation. Ces documents, consultables en annexe, permettent essentiellement de rendre conscients les sujets concernant leurs habitudes comportementales. Cependant, le journal de bord a été utilisé comme justificatif en cas de retranscription excessive de la DEA. Après ce laps de temps, les sujets rendent l'instrument de mesure, ainsi que le journal de bord.

Tab. 7: Déroulement de l'étude pour les sujets

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

3.9 Analyse de données

Lorsque les instruments de mesures sont rendus par les participants, les données peuvent être traitées. En enregistrant la fréquence cardiaque et l'activité physique, le système Actiheart peut calculer la dépense énergétique liée à l'activité physique. Différentes étapes permettent d'obtenir des valeurs fiables. Il s'agit tout d'abord de déterminer la fréquence cardiaque de sommeil. La valeur par défaut est de 70 bpm, mais le programme software est capable de calculer la moyenne sur toutes les nuits considérées comme valides. Pour cela, la perception de la fréquence cardiaque est observée durant la durée du port de l'Actiheart. Les jours et les nuits, où le signal est trop bas, sont éliminés. Il est ensuite possible de sélectionner uniquement les dates de mesures optimales afin de limiter les erreurs.

Date	Selected	HR
mar. 28-janv-2014	<input type="checkbox"/>	61
mer. 29-janv-2014	<input checked="" type="checkbox"/>	54
jeu. 30-janv-2014	<input checked="" type="checkbox"/>	54
ven. 31-janv-2014	<input checked="" type="checkbox"/>	54
sam. 01-févr-2014	<input checked="" type="checkbox"/>	51
dim. 02-févr-2014	<input checked="" type="checkbox"/>	52
lun. 03-févr-2014	<input checked="" type="checkbox"/>	52
mar. 04-févr-2014	<input checked="" type="checkbox"/>	55
mer. 05-févr-2014	<input checked="" type="checkbox"/>	53
jeu. 06-févr-2014	<input type="checkbox"/>	52

Average sleeping HR: 53

Fig. 10: Détermination de la fréquence cardiaque de sommeil

Après avoir sélectionné les jours de mesure complets et valides, le programme software utilise un modèle branché afin d'estimer la dépense énergétique.

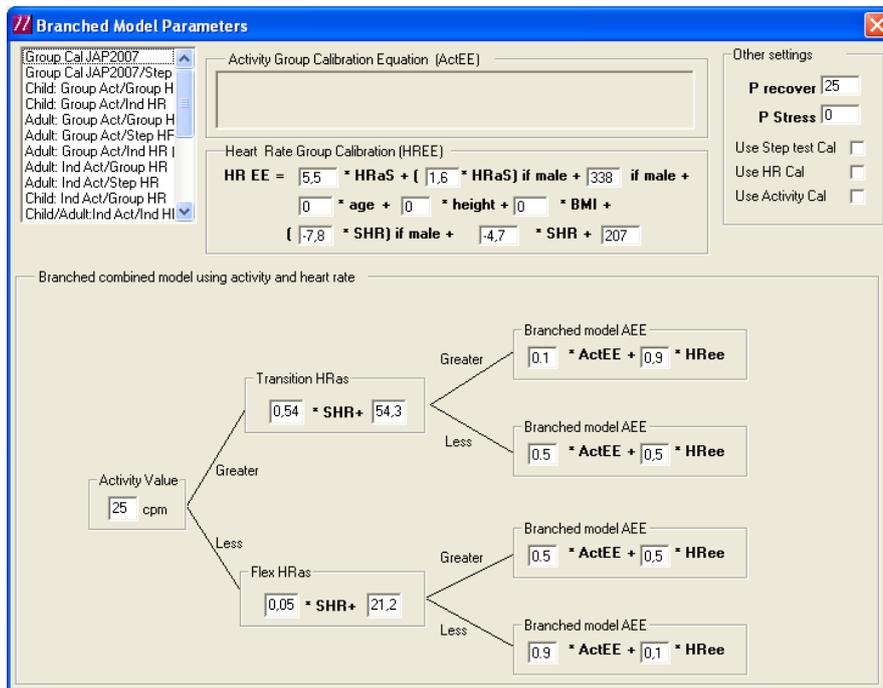


Fig. 11: Paramètres du modèle branché

Ensuite, il est nécessaire de transférer et joindre les informations enregistrées à l'aide du Step Test, telle que la $VO_2\text{max}$, aux données calculées sur le long terme. Cette calibration est un ajustement des équations du modèle énergétique qui permet de personnaliser et fiabiliser les résultats. Les données obtenues lors du Step Test sont donc utilisées pour estimer la condition physique du participant, grâce à la $VO_2\text{max}$.

Avec l'augmentation linéaire des pas de quinze à trente-trois fois par minute après la première minute et la constance du poids et de la hauteur du step, on sait que l'énergie nécessaire produite est proportionnelle au rythme. Puisqu'il existe une linéarité, l'utilisation d'une équation de régression est adaptée. Cependant, le Step Test doit être valide pour utiliser cette calibration individuelle.

Dans la figure ci-dessous, on observe la quantité d'énergie dépensée aux différentes fréquences. Ceci représente la calibration du Step Test.

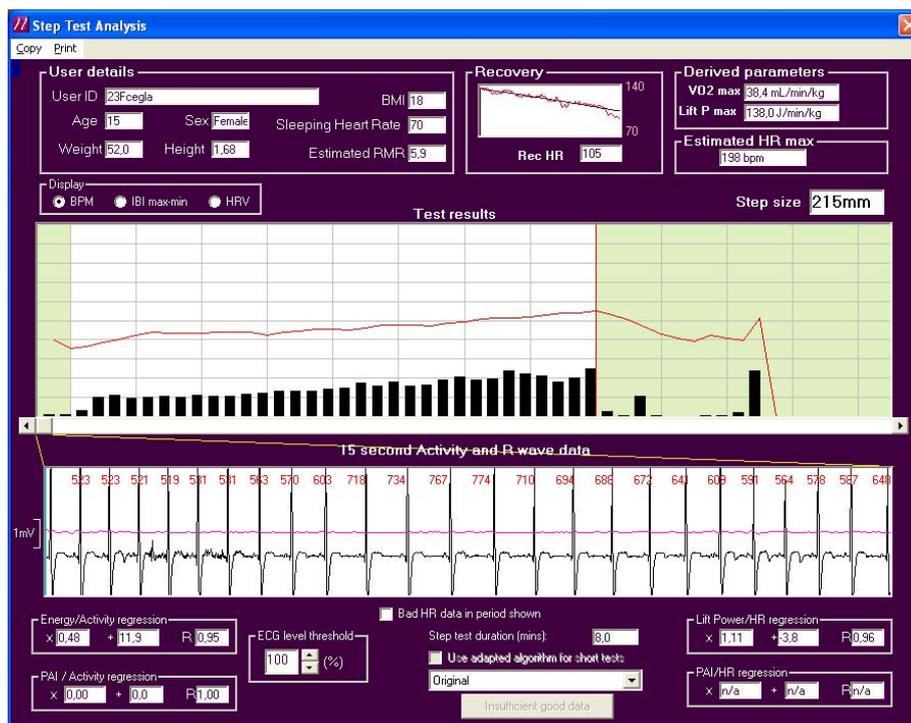


Fig. 12: Calibration par le Step Test

Une fois la calibration enregistrée, le résumé de la dépense énergétique estimée est disponible (Fig. 13). Cette page indique le TMR estimé (REE), la DEA (AEE), la TA (DIT), la DET (TEE) ainsi que la valeur du TAP (PAL). Lorsque les jours ne sont pas tous valides, la moyenne est calculée de manière manuelle.

Finalement, il est important de calculer la dépense énergétique ajustée avec le TMR issu du calorimètre indirect. Pour ce faire, la valeur du TMR en kcal/jour doit être transformée en MJ/jour et retranscrite lors de la calibration. Ainsi, on obtient la dépense énergétique estimée et ajustée pour chaque participant.

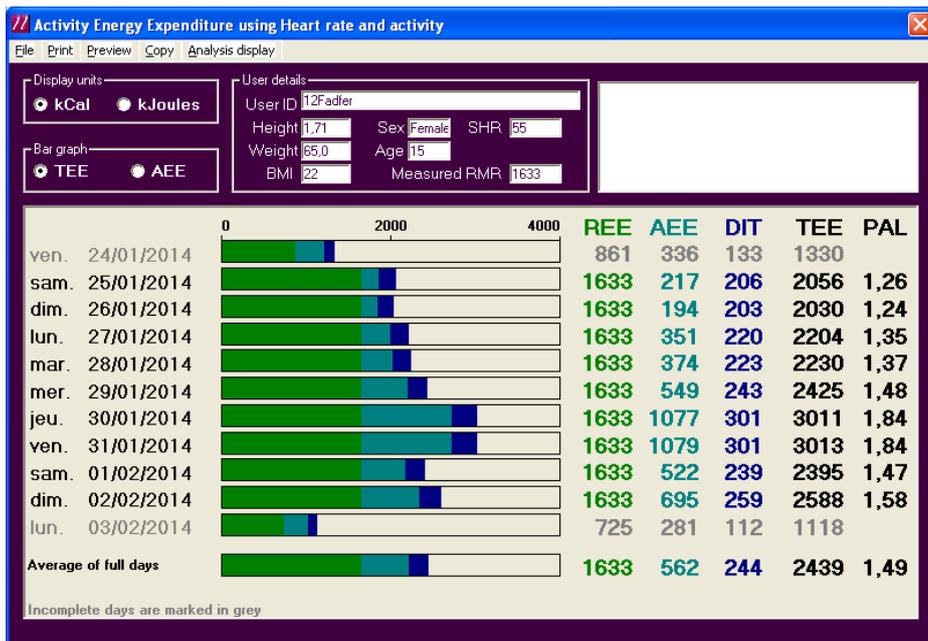


Fig. 13: Résumé de la dépense énergétique journalière

4 RESULTATS

4.1 Descriptions des participants

Trente trois garçons et trente cinq filles ont participé volontairement à cette étude, soit soixante huit sujets. Un test des données a été réalisé afin d'observer la symétrie de l'échantillon. De plus, l'analyse de Kolmogorov-Smirnov a été utilisée afin d'observer la normalité de la distribution. Cette dernière a confirmé que toutes les variables sont distribuées normalement ($p > 0.05$). Cependant, après la récolte des données, neuf sujets ont dû être enlevés des résultats pour différentes raisons. En effet, un sujet s'est blessé et a dû abandonner l'étude. Les huit autres ont présenté des erreurs de mesures, l'un avec la calorimétrie indirecte et sept avec l'Actiheart. Ils ont dû être écartés pour éviter tous biais. Au final, l'analyse statistique comprend cinquante-neuf participants, dont trente filles et vingt-neuf garçons.

4.2 Analyse statistique selon le sexe

Afin de comparer et d'observer les différences selon le sexe, une analyse statistique a été réalisée pour les caractéristiques morphologiques, la composition corporelle et la dépense énergétique.

4.2.1 Caractéristiques morphologiques

Le tableau ci-dessous (tab. 8) présente les caractéristiques morphologiques des cinquante neuf sujets, dont le poids, la taille, le BMI, l'âge et la moyenne des stades de Tanner 1 et 2.

Tab. 8: Caractéristiques morphologiques des sujets ($n=59$) inclus dans l'analyse (moyenne \pm écart type)

	Filles (n=30)	Garçons (n=29)
Poids (kg)	59.3 \pm 8.1	62.2 \pm 6.5
Taille (cm)	165.0 \pm 6.7	174.1 \pm 6.4 *
BMI	21.8 \pm 2.7	20.5 \pm 1.7*
Age (ans)	15.9 \pm 0.8	16.0 \pm 0.8
Tanner 1+2	4.43 \pm 0.4	4.51 \pm 0.4

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

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 sont significativement plus petites que les garçons et ont un BMI plus élevé ($p=0.000$ et $p=0.035$). Au contraire, le poids n'est pas significativement différent ($p=0.130$). On peut donc voir un décalage dans la morphologie des filles et des garçons au niveau de la taille, du BMI mais pas du poids. De plus, la moyenne des deux stades de Tanner est très semblable pour les filles et les garçons. En effet, à l'âge de 15-17 ans, les adolescents des deux sexes semblent avoir presque atteint la maturité pubertaire et obtiennent une moyenne située entre les stades de Tanner 4 et 5.

Puisqu'il n'existe aucune différence significative entre la maturation pubertaire des deux sexes ($p=0.458$) et entre les tranches d'âge ($p>0.05$), nous allons uniquement aborder les décalages entre le genre.

4.2.2 Dépenses énergétiques

Les mesures de la dépense énergétique ont été effectuées avec un Actiheart durant sept jours consécutifs.

Le tableau ci-dessous (tab. 9) présente la dépense énergétique des cinquante neuf sujets inclus dans l'analyse selon le sexe.

Tab. 9 : Dépense énergétiques des sujets ($n=59$) inclus dans l'analyse (moyenne \pm écart type)

	Filles	Garçons
TAP	1.89 \pm 0.2	1.94 \pm 0.3
TMR (kcal/j)	1566.30 \pm 143.4	1862.36 \pm 142.6 *
TMR (kcal/kg/j)	26.7 \pm 3.0	30.3 \pm 3.1*
DEA (kcal/j)	1129.00 \pm 334.6	1399.00 \pm 401.7 *
DEA (kcal/kg/j)	18.94 \pm 4.4	22.47 \pm 5.7 *
DEA/MM (kcal/kg/j)	27.03 \pm 6.9	26.21 \pm 6.9
TA (kcal/j)	296.20 \pm 39.1	360.04 \pm 47.8 *
DET (kcal/j)	2960.73 \pm 389.6	3600.21 \pm 478.6 *
DET(kcal/kg/j)	50.20 \pm 4.9	58.22 \pm 6.3 *
FC de sommeil (bpm)	56.42 \pm 5.0	51.45 \pm 5.7 *
V _{O₂} max	38.16 \pm 6.7	44.09 \pm 9.1*

Taux d'activité physique, TAP ; taux métabolique repos, TMR ; taux métabolique repos divisé par le poids corporel, TMR/kg ; dépense énergétique à l'activité, DEA ; dépense énergétique à l'activité divisée par le poids corporel, DEA/kg ; dépense énergétique à l'activité divisée par la masse maigre, DEA/MM ; thermogénèse alimentaire, TA ; dépense énergétique totale, DET ; dépense énergétique totale divisée par le poids corporel, DET/kg ; fréquence cardiaque, FC
Valeur moyenne significativement différente selon les sexes : * $p<0.05$

L'analyse statistique montre de nombreuses différences significatives entre les sexes. En effet, pour toutes les variables, à l'exception de la TAP ($p=0.469$) et de la DEA/MM ($p=0.651$), il existe un décalage entre les filles et les garçons. Ces derniers ont une dépense énergétique totale ($p=0.000$), une thermogénèse alimentaire ($p=0.000$), un TMR ($p=0.000$), ainsi qu'une dépense énergétique à l'activité physique ($p=0.007$) plus importante que les filles.

De plus, afin de confirmer ces différences pour les variables relatives aux dépenses énergétiques, certaines valeurs, comme la DEA et la DET, ont été ajustées pour la composition corporelle et les caractéristiques morphologiques. Ainsi, la DEA divisée par le poids ($p=0.041$) et la DET divisée par le poids ($p=0.000$) sont significativement différentes entre les filles et les garçons. Parallèlement, la DEA divisée par la MM n'est pas significativement différente entre les sexes ($p=0.651$). Ces valeurs permettent d'obtenir des informations plus justes et précises concernant la dépense énergétique des jeunes. La figure 14 illustre les différences de dépenses énergétiques par rapport aux caractéristiques morphologiques entre genre.

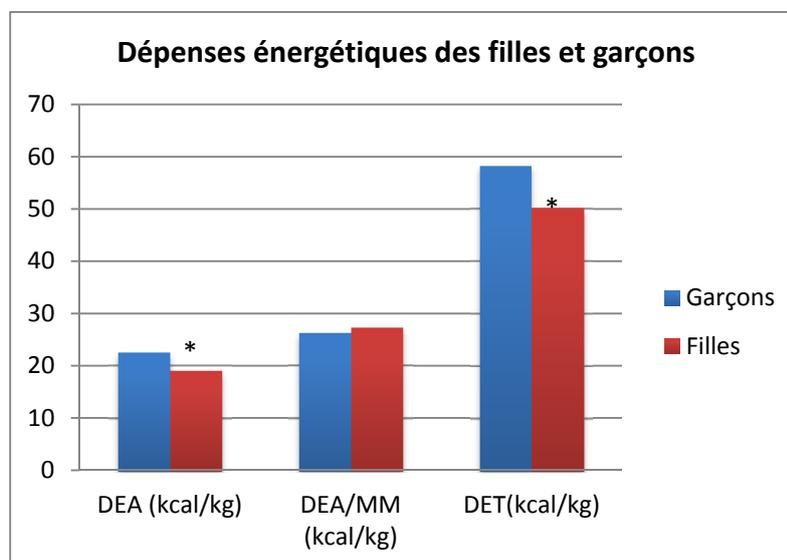


Fig. 14: Histogramme du TMR et du DET par kg, de la DEA par kg et par MM * $p<0.05$

D'autres valeurs, comme la fréquence cardiaque et la $VO_2\text{max}$, montrent des différences entre les genres ($p=0.001$ et $p=0.006$) et sont exposées dans la figure 15.

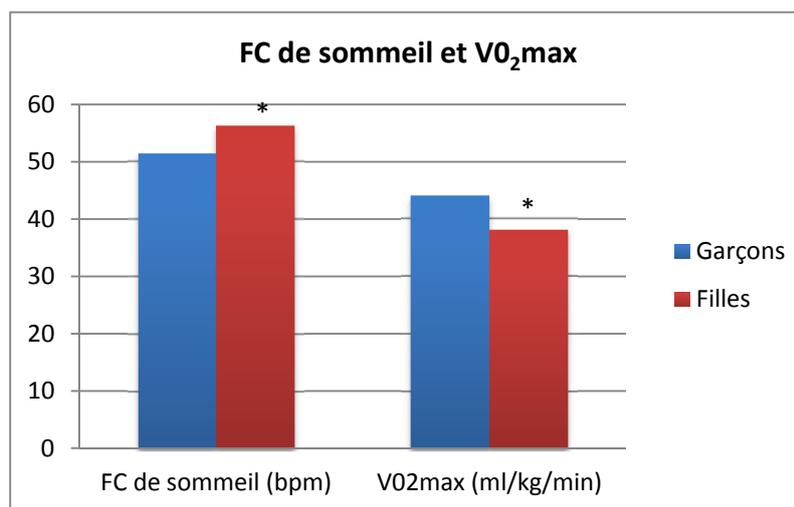


Fig. 15: Histogramme de la FC de sommeil et de la VO₂max *p<0.05

4.2.3 Composition corporelle

La mesure de la composition corporelle a été effectuée à l'aide du bodyscanner iDXA, qui indique précisément la masse totale, la masse maigre, la masse grasse ainsi que la contenance minérale des os.

Le tableau ci-dessous (tab. 10) présente la composition corporelle des cinquante neuf sujets inclus dans l'analyse selon le sexe.

Tab. 10 : Composition corporelle des sujets (n=59) inclus dans l'analyse (moyenne ± écart type)

	Filles	Garçons
MG (kg)	17.7 ± 5.1	9.1 ± 3.0 *
MG (%)	29.5 ± 5.4	14.4 ± 3.9 *
MM (kg)	41.6 ± 4.4	53.5 ± 5.3 *
CMO (gr)	2353.2 ± 305.5	2682.5 ± 397.7*

Masse grasse, MG ; pourcentage de MG du poids corporel, MG% ; masse maigre, MM ; contenance minérale osseuse, CMO

Valeur moyenne significativement différente selon les sexes : * p<0.05

Toutes les valeurs de la composition corporelle sont significativement différentes entre les filles et les garçons. Nous remarquons que les filles ont une MG en kg plus grande que les garçons (p=0.000) et que leur MM est moins importante en moyenne (p=0.000). La figure 16 illustre les différences de composition corporelle entre les sexes.

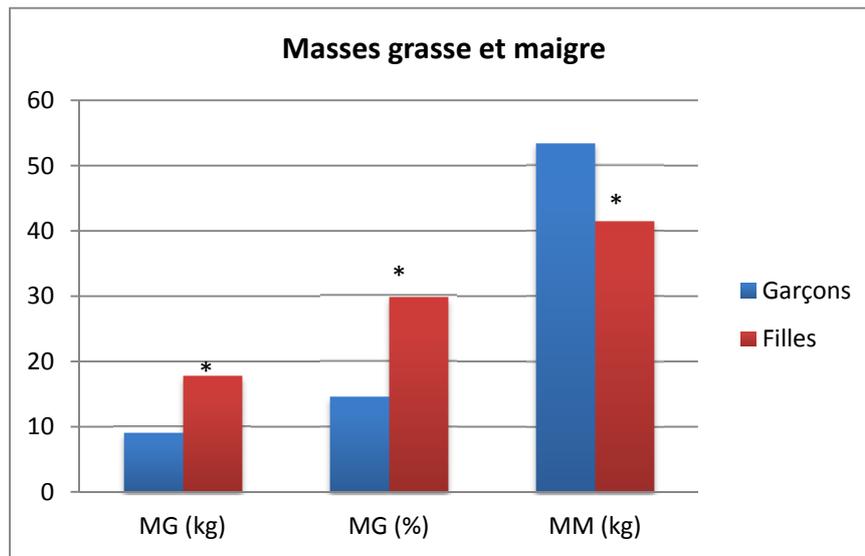


Fig. 16 : Histogramme des MM et MG * $p < 0.05$

4.3 Influence de la DEA sur la composition corporelle

Une analyse de la corrélation a été effectuée entre la DEA et les valeurs de la composition corporelle. Cela permet de vérifier si la DEA a une influence sur la composition corporelle. Il est important de souligner qu'aucune distinction entre les sexes n'a été faite et que les résultats illustrent la corrélation pour les jeunes filles et garçons mélangés.

Selon les résultats, la DEA influence significativement la MM des jeunes filles et garçons confondus ($p = 0.000$). La corrélation de Pearson indique une valeur r de 0.512, ce qui signifie qu'une DEA élevée conduit à une augmentation de la MM. Concernant la MG, il n'existe aucun lien significatif ($p = 0.650$) et la valeur r est proche de 0 ($r = 0.61$). On ne peut donc pas affirmer que la DEA influence la MG chez les jeunes.

5 DISCUSSION

Le principal objectif de cette étude était de récolter des données précises sur la dépense énergétique des adolescents, afin de créer une base de données pour la Suisse. Les principaux résultats issus de notre étude sont exposés ci-dessous et peuvent être comparés avec les études similaires menées dans d'autres pays. De plus, il est important de souligner que notre échantillon est représentatif de la population suisses âgées de 15 à 17 ans, puisque les sujets ont été choisis de manière aléatoire et volontaire.

Tab. 10: Comparaison des résultats de la dépense énergétique de notre étude avec ceux d'autres similaires

Auteur	Pays	Genre	Age (ans)	TMR (kcal/j)	DEA (kcal/j)	DET (kcal/j)	TAP
Notre étude (2014)	Suisse	Garçons	15-17	1862	1399	3600	1.94
		Filles	15-17	1566	1129	2961	1.89
Bandini et al. (1990)	USA	Garçons	12-18	1742	1200	3109	1.79
		Filles	12-18	1441	846	2385	1.69
Bratteby et al. (1998)	Suède	Garçons	15	1747	1554	3303	1.89
		Filles	15	1427	1133	2557	1.79
Corder et al. (2010)	Inde	Garçons	16	1468	753	2220	1.52
		Filles	16	1348	669	2016	1.49
Ekelund et al. (2004)	Danemark	Garçons	18	1912	1554	3442	1.87
	Norvège	Filles	17	1482	1052	2486	1.73
	Portugal						
	Estonie						
FAO/WHO/ONU (2001)	International	Garçons	15-16	1711	-	3149	1.84
		Garçons	16-17	1797	-	3299	1.84
		Filles	15-16	1429	-	2478	1.73
		Filles	16-17	1447	-	2499	1.73
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

D'après les résultats de notre étude et selon la classification des valeurs du TAP proposée par l'organisation mondiale de la santé (FAO/WHO/ONU, 2001), les jeunes suisses semblent être modérément actifs (1.89 pour les filles et 1.94 pour les garçons). On constate également que les jeunes les plus actifs proviennent, en règle générale, des pays nordiques (Ekelund et al., 2004 ; Bratteby et al., 1998). Ce

phénomène n'est probablement pas dû au hasard et s'aligne avec les grands axes de promotion de la santé naissant dans ces régions. Une représentation des différences de valeurs du TAP selon les études est présentée dans un ordre chronologique (fig. 17). On observe que le niveau d'activité physique chez les jeunes a très peu changé depuis les années 90. Cependant, les méthodes de mesures ne sont pas toutes identiques et les données proviennent de pays différents, ce qui ne nous permet pas d'affirmer une telle évolution.

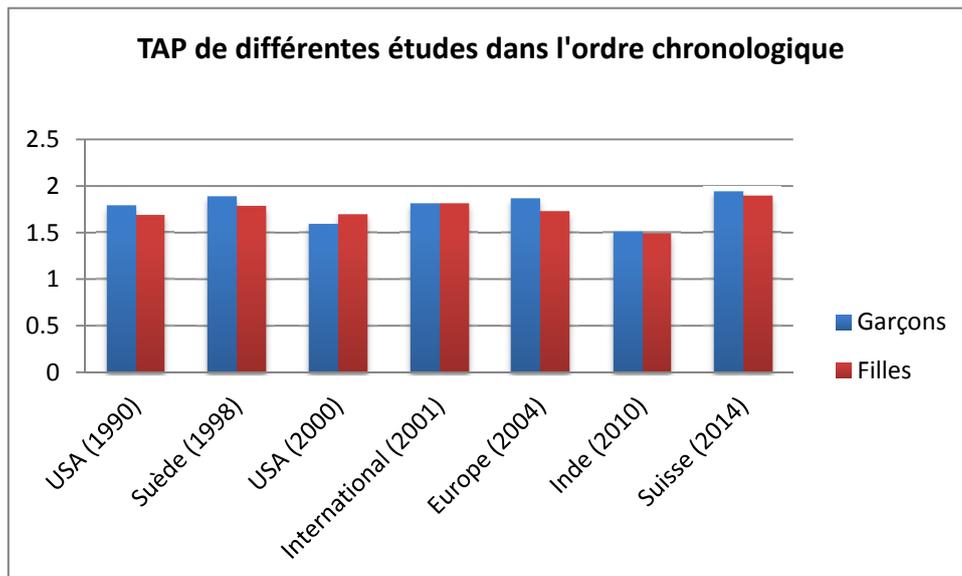


Fig. 17: Histogramme du TAP des filles et des garçons de différentes études dans l'ordre chronologique

L'Actiheart a permis de mesurer la dépense énergétique dans un environnement libre. Il est considéré comme l'un des instruments les plus précis (Corder et al. 2005). Les données qui y sont issues, dont le TAP, ont été analysées avec un modèle spécifique pour les enfants, élaboré par le concepteur de l'Actiheart. Cependant, ce modèle n'a pas été encore validé. C'est pourquoi, nous avons également utilisé le modèle pour les adultes, dont la fiabilité et la validité sont plus élevées (Cambpell et al., 2012), afin de comparer les différents résultats. Les résultats issus des deux modèles sont présentés dans un tableau (tab. 11) et il existe, bien entendu, des décalages entre les valeurs. Cependant, le modèle spécifique aux enfants semblent plus appropriés dans notre cas et a, par conséquent, été utilisé dans cette étude.

Tab. 11: Dépenses énergétiques des sujets inclus dans l'analyse selon les deux modèles utilisés par le système Actiheart

	Modèle enfant (utilisé dans cette étude)		Modèle adulte	
	Filles	Garçons	Filles	Garçons
TAP	1.89	1.94	1.59	1.59
DEA (kcal/j)	1129	1399	661	792
TA (kcal/j)	296	360	248	295
DET (kcal/j)	2961	3600	2482	2949

Taux d'activité physique, TAP; dépense énergétique à l'activité, DEA ; thermogénèse alimentaire ; TA ; dépense énergétique totale, DET

En ce qui concerne les caractéristiques morphologiques, les filles et les garçons sont significativement différents du point de vue de la taille et de l'IMC ($p=0.000$ et $p=0.035$). La taille est donc une caractéristique qui varie selon le sexe et spécialement aux âges entre 15 et 17 ans. En effet, d'autres études (Bratteby et al., 1998 ; Roemmich et al., 2000 ; Zakeri et al., 2006) montrent que les garçons sont plus grands que les filles (9.1 cm supplémentaire en moyenne dans notre étude). On peut également constater que les adolescents ont quasiment terminé leur croissance et se rapproche de leur taille d'adulte. De plus, les garçons semblent être légèrement plus lourd (2.9 kg supplémentaire en moyenne) que les filles, mais de manière non significative ($p=0.130$). Ces résultats vont dans le même sens que Bratteby et al. (1998), mais ne sont pas complètement concordants avec ceux de l'étude de Zakeri et al. (2006), qui trouvent une différence significative au niveau du poids des jeunes. Cependant, cette dernière étude a mesuré des jeunes âgés de 5 à 19 ans, dont l'échelle de grandeur est plus importante que la nôtre. On peut imaginer que durant la puberté, le poids des filles et des garçons varie énormément selon le stade pubertaire. Ce critère n'étant pas significativement différent dans notre étude ($p>0.05$), cela peut influencer les décalages en matière de poids corporel. Enfin, nos résultats démontrent que les filles ont un IMC significativement légèrement plus élevé que les garçons ($p=0.035$). A nouveau, d'autres études divergent sur le sujet, puisqu'une trouve des résultats semblables (Zakeri et al., 2006), et l'autre ne trouve aucune différence significative (Bratteby et al., 1998).

L'analyse statistique de la composition corporelle apporte des résultats similaires à d'autres études précédemment menées. En effet, les garçons ont une MM plus élevée (11.9 kg supplémentaire en moyenne) et une MG plus faible (8.6 kg en moins en

moyenne) que les filles, de manière significative pour les deux variables ($p=0.000$). Ces différences sont très importantes comparées au faible décalage de poids entre les sujets des deux sexes opposés. De plus, ces résultats s'avèrent confirmer une des hypothèses présentées dans les buts de cette étude, qui affirmait que les femmes et les hommes n'étaient pas constitués de la même manière. D'autres auteurs semblent aller dans ce sens, comme les recherches de Bitar et al. (1999), Bratteby et al. (1998), Roemmich et al. (2000) ainsi que Zakeri et al. (2006). Lantz et al. (2008) précisent d'ailleurs que le sexe représente un facteur prédominant de la composition corporelle à partir de l'âge de 15 ans. La CMO est également significativement différente entre les sexes ($p=0.001$), ce qui montre que les garçons ont une ossature plus épaisse. Comparé aux adolescents des pays alentours, les jeunes suisses ont un pourcentage de graisse et un IMC dans la moyenne. Contrairement à la nôtre, certaines études montrent des IMC plus élevés chez les garçons, ce qui montre également à quel point l'IMC n'est pas représentatif de la MG.

Tab. 12: Comparaison des résultats de la composition corporelle de notre étude avec ceux d'autres similaires

Auteur	Pays	Genre	Age (ans)	MG%	IMC
Notre étude (2014)	Suisse	Garçons	15-17	14.4	20.5
		Filles	15-17	29.5	21.8
Bitar et al. (1999)	France	Garçons	Pubertaires	18	20.2
			Post pubertaires	14.6	19.1
		Filles	Pubertaires	20.7	20.7
			Post pubertaires	22.7	18.8
Bratteby et al. (1998)	Suède	Garçons	15	15.8	20.2
		Filles	15	27.8	20.9
Butte et al. (2010)	USA	Garçons	5-18	25.4	23
		Filles	5-18	34.7	22.9
Corder et al. (2010)	Inde	Garçons	16	14.3	17.4
		Filles	16	29.8	20.8

Pourcentage de MG du poids corporel, MG% ; indice de masse corporel, IMC

Selon nos résultats, il n'existe aucune différence significative entre les tranches d'âge ou les stades pubertaires, que ce soit pour les caractéristiques morphologiques, la composition corporelle ou encore la dépense énergétique ($p>0.05$). Cela signifie qu'entre 15 et 17 ans, les jeunes ont une maturité pubertaire très semblable. De plus,

l'âge ne semble plus être un déterminant pour le développement corporel et la dépense énergétique.

Pourtant, la littérature scientifique affirme que les variables de la dépense énergétique ont tendance à diminuer avec l'âge (Bitar et al., 1999 ; Livingstone et al., 1992). Cela confirme, par conséquent, que les adultes et les jeunes ne sont pas égaux au niveau du métabolisme. En effet, selon Harell et al. (2005) le TMR d'un adulte équivaut à 24 kcal/kg/j, tandis que celui d'un jeune varie selon sa catégorie d'âge. Ce décalage provient du fort besoin énergétique du corps lors de la croissance et durant la puberté, ainsi que de la différence de poids. Les valeurs du TMR chez les filles se rapprochent des adultes vers l'âge de 15 ans, alors qu'il faut attendre une année de plus pour les garçons. Dans notre étude, on constate que le TMR divisé par le poids des filles (26.7 kcal/kg/j) se situe plus proche de la moyenne des adultes. Celui des garçons est encore bien supérieure à cette zone, puisque il se range en moyenne à 30.3 kcal/kg/j. On peut par conséquent déduire deux affirmations. La première est qu'il existe une différence significative de TMR divisé par le poids corporel entre les deux sexes. La seconde affirme que les filles adolescentes sont proches, plus tôt, de la moyenne du TMR/kg/j des adultes. Selon le même auteur, le TMR a également tendance à diminuer avec l'avancée du stade pubertaire. Pourtant, il n'existe aucune différence de stade pubertaire entre les sexes dans notre étude, la différence se fait donc uniquement au niveau du genre.

En revanche, plusieurs auteurs ont montré une corrélation entre la MM et le TMR. Selon Roemmich et al. (2000), la MM affiche une covariance avec le TMR, contrairement à la DEA. Cela signifie que plus la MM d'un individu est élevée, plus son TMR l'est aussi. Ce lien existe également dans notre étude. En effet, les garçons affichent une MM significativement plus grande, tout comme un TMR plus élevé. Enfin, Kaneko et al. (2013) avancent que si le TMR est ajusté avec le poids ou la MM, il diminue avec l'âge. Nous n'avons pourtant pas pu vérifier de telles conclusions dans notre étude.

Observons maintenant les dépenses énergétiques des filles et des garçons. L'analyse statistique des résultats nous permet de répondre à l'une des questions secondaires de cette étude, concernant les différences entre genre. En effet, la majorité des variables sont significativement différentes entre les filles et les garçons, à l'exception du TAP ($p=0.469$). Les filles dépensent par conséquent moins d'énergie que les garçons. En moyenne, leur DET est inférieure de 22% ($p=0.000$), leur TMR de 19%

($p=0.000$) et enfin leur DEA de 24% ($p=0.019$) à ceux des garçons. Ces affirmations vont en adéquation avec celles issues des autres études. Bitar et al. (1999) constatent que la DET est supérieure entre 21% à 25% chez les garçons ; le TMR et la DEA sont également plus élevés, en comparaison aux filles. Ces constatations sont partagées par divers auteurs, comme Bratteby et al. (1998), Roemmich et al. (2000), Hoos et al. (2003) ainsi que Harell et al. (2005).

Etant donné que la DEA est significativement plus élevée chez les garçons ($p=0.019$), on pourrait penser que les filles ont un niveau d'activité plus faible. Pourtant, cette valeur n'est pas significativement différente dans notre étude. Le TAP est effectivement plus élevé chez les garçons, mais de manière non-significative ($p=0.469$). Ces observations peuvent sembler contradictoires mais sont présentes chez d'autres auteurs, tels que le montre Hoos et al. (2003). Les sujets féminins et masculins de Bratteby et al. (1998) ont, au contraire, un TAP égal. Parallèlement, Ekelund et al. (2004) ainsi que Corder et al. (2009) affichent un TAP et une DEA significativement plus importants selon l'âge. En rapport avec ces constatations, l'étude de Bandini et al. (1990), prouve qu'une DEA élevée ne signifie pas forcément que le TAP est élevé. En effet, les individus obèses ont tendance à avoir une dépense énergétique plus importante que les autres, sans pour autant être plus actif. Ce phénomène provient du fait que le poids est le principal prédicteur de la dépense énergétique (Zakeri et al., 2006). Même si le poids n'est pas significativement différent dans notre étude ($p=0.130$), il reste supérieur chez les filles. Il est donc important de comprendre que malgré l'existence d'une différence significative de la DEA pour le sexe ou pour l'âge, cela n'implique pas forcément un réel décalage. Le TAP n'est pas directement lié au poids, ce qui implique que, dans notre étude, il n'est pas significativement différent entre les genres, contrairement à la DEA.

Dans l'optique d'éliminer tout confondant lié à cette problématique, nous avons effectué une analyse de la DEA en la divisant par la MM et le poids. Cela permet de supprimer tous les facteurs de composition corporelle qui peuvent intervenir dans le calcul de la DEA et d'ainsi obtenir des résultats plus fiables. Les analyses montrent une DEA/kg plus élevée chez les garçons que chez les filles, de manière significative ($p=0.011$). Les études de Bitar et al. (1999) ainsi que de Bratteby et al. (1998) annoncent des résultats similaires. Zakeri et al (2006) affirment, dans la même lignée que la MM est également un prédicteur de la dépense énergétique. Or, dans notre

étude, il n'existe aucune différence significative entre la DEA/MM des filles et des garçons ($p=0.651$). Cela peut paraître contradictoire puisque la DEA et la MM sont, calculée de manière indépendante, significativement différentes entre les sexes ($p=0.019$ et $p=0.000$). La raison provient du fait que la différence de MM entre les filles et les garçons est très grande (de l'ordre de 11.9 kg) avec, par la même occasion, un écart type important, ce qui augmente le risque de trouver un résultat non significatif lorsqu'on divise la DEA par cette valeur.

Concernant les différences entre les âges, nous n'avons trouvé aucune différence significative ($p>0.05$). Les quelques études à s'être penchées sur le sujet ne concordent pas dans un même sens. En effet, Ekelund et al. (2004) trouvent que la DEA ajustée au poids et à la MM est significativement plus faible chez les adolescents que chez les enfants. Quant à Hoos et al. (2003), ils ne trouvent aucune différence significative pour la DEA divisée par le poids entre les tranches âges. Cela signifie que les différences entre adolescents et enfants sont plus faciles à prouver que celles qui ne sont séparées que par quelques années, comme c'est le cas dans notre étude.

Grâce à ces derniers résultats, nous pouvons désormais affirmer que les garçons ont une activité physique plus importante que les filles. Ils dépensent également plus d'énergie au quotidien car leur DET/kg est plus élevée significativement ($p=0.000$). Par conséquent, les garçons plus actifs ont une meilleure capacité aérobie. D'après Wilmore & Costill (2006), l'hypertrophie cardiaque apparaît après un entraînement en aérobie régulier. Le cœur augmente en masse et en volume afin d'apporter une plus grande quantité de l'oxygène au muscle. Aussi, l'activité physique améliore la capacité d'endurance cardiorespiratoire du corps ainsi que l'aptitude aérobie d'un individu, connue sous la forme de $VO_2\text{max}$. Les garçons de notre étude ont une $VO_2\text{max}$ plus élevée que les filles de manière significative ($p=0.006$). La théorie précédente avancée par Wilmore & Costill (2006) confirme que les filles ont une moins bonne capacité physique. De plus, elles ont également une FC au sommeil plus élevée significativement que les garçons ($p=0.001$), ce qui renforce cette conclusion. En effet, l'hypertrophie cardiaque a pour conséquence que la fréquence d'éjection est réduite. Au repos, le cœur bat donc moins fréquemment. Les résultats de différentes études sont exposées dans un tableau (tab. 13) et permettent de confirmer les propos avancés.

Tab. 13: Comparaison des résultats de la VO_2max de notre étude avec ceux d'autres similaires

Auteur	Pays	Genre	Age (ans)	VO_2max
Notre étude (2014)	Suisse	Garçons	15-17	44.09
		Filles	15-17	38.16
Livingstone et al. (1992)	Islande	Garçons	15	51.3 ± 2.9
		Filles	15	38.7 ± 4.5
Soric et al. (2014)	Croatie	Garçons	15	52.0 ± 4.7
		Garçons	18	57.5 ± 5.8
		Filles	15	39.1 ± 6.0
		Filles	18	42.7 ± 6.6

Enfin, il est intéressant d'observer les résultats de corrélation entre la DEA et les variables de la composition corporelle. Nous savons déjà que les garçons ont une DEA et une MM plus élevée ainsi qu'une MG plus faible que les filles. L'analyse nous permet ensuite de révéler exactement si la DEA agit, de manière bénéfique ou non, sur la composition corporelle des jeunes. Les résultats révèlent une corrélation significative ($p=0.000$) moyennement forte ($r= 0.512$) entre la MM et la DEA. Cela signifie qu'une dépense énergétique à l'activité physique élevée augmente la MM. Dans une direction proche, Bitar et al. (1999) trouve que la MM ($r=0.842$) est corrélée avec la DET. Concernant la MG, il n'existe aucune différence significative avec la DEA ($p=0.512$), ce qui va en désaccord avec les découvertes de certains auteurs. En effet, Roemmich et al. (2000) affirment que la DEA est inversement proportionnelle à la MG chez les jeunes de leur étude, mais surtout chez les garçons. Par conséquent, une DEA élevée aurait donc des influences sur la MM, mais ne suffirait pas à diminuer la MG. Ces affirmations répondent ainsi à l'une des questions secondaires de cette étude. De plus, il se peut qu'il y ait d'autres déterminants influençant la composition corporelle qui n'ont pas été testés dans notre étude. Il est vrai, Lantz et al. (2008) trouvent que le niveau d'éducation des parents, les caractéristiques morphologiques, la DET, ainsi que la TAP ont un rôle à jouer dans la composition corporelle.

En définitive et en accord avec Bitar et al. (1999), nous pouvons affirmer que la composition corporelle et la dépense énergétique à l'activité physique varient de manière significative avec les genres. Ces comparaisons constituent une avancée dans la compréhension des agissements des sexes opposés. Les différentes études qui se sont penchées sur les pratiques sportives des enfants ou des adolescents

témoignent d'une moindre participation des filles qui va en s'accroissant avec l'âge (Coupey, 1995). Selon Jimmy et al. (2007), les filles sont moins actives même sur le chemin de l'école, car seulement 39.4% de ces dernières se déplacent plus de 30 minutes pour s'y rendre (contre 56.6% des garçons). Puisque leur manière de penser et d'agir sont souvent divergentes (Lemel & Roudet, 1999), il serait effectivement judicieux d'analyser les décalages dans leur comportement face aux pratiques sportives et d'en tirer des conclusions.

De plus, nombreux sont les auteurs à avoir prouvé que le comportement sédentaire est l'un des facteurs principal influençant négativement sur le surpoids ou l'obésité (Janssen et al., 2007 ; Hoos et al., 2000). Les bienfaits de l'activité physique pour le corps et l'esprit sont pourtant nombreux et bien connus (Strong et al., 2005). En effet, « les effets bénéfiques tant au niveau de la composition corporelle, des qualités physiques, des paramètres physiologiques qu'au niveau psychosocial ne sont plus à démontrer » (Duché, 2007, p.279). Les mécanismes explicatifs de cette influence reposent essentiellement sur l'effet de l'exercice sur le tissu adipeux et donc sur la stimulation de la lipolyse. Les effets de l'exercice sont tributaires de ses caractéristiques en termes d'intensité, de durée et de fréquence, en relation avec le stade de maturation de l'enfant. De plus, d'après les arguments scientifiques de la société de nutrition française (Oppert et al., 2005), le comportement sédentaire ne représente pas seulement une activité physique faible ou nulle, mais correspond à des occupations spécifiques dont la dépense énergétique est proche de celle au repos, telles que regarder la télévision, travailler sur ordinateur ou même lire. Par conséquent, il serait aussi primordial d'abandonner les mauvaises habitudes, telles que les trop nombreuses heures passées devant un écran, afin de diminuer la masse grasse du corps. D'ailleurs, le nombre de minutes passées à contempler ces rectangles vitreux est actuellement l'indicateur de sédentarité le plus utilisé. De manière censée, Oppert et al. (2005) déclarent que pour éviter la prise de poids chez les enfants, la lutte contre la sédentarité apparaît comme une stratégie complémentaire qui pourrait se révéler plus efficace que des actions centrées uniquement sur la promotion de l'activité physique. En attendant, les experts FAO/WHO/ONU (2001) s'entendent pour recommander aux jeunes de bouger au moins soixante minutes par jour, avec la possibilité d'accumuler plusieurs tranches de dix minutes au minimum.

Pourtant, nous ne pouvons affirmer qu'il existe une prévalence pour le surpoids ou l'obésité plus élevée chez les sujets féminins de notre étude. D'autres facteurs rentrent également en jeu, comme les facteurs génétiques ou encore l'alimentation. Cependant, Monyeki et al. (2012) ont affirmé une différence de prévalence entre les sexes. En effet, selon les auteurs, l'IMC est corrélée avec la condition physique de manière négative. De notre côté, nous avons trouvé que les filles ont une V_{O_2max} plus faible et une FC de sommeil plus élevée que les garçons, ce qui caractérise une moins bonne condition physique.

D'un point de vue général, l'étude de Herzig et al. (2012) dévoile que les jeunes suisses sont significativement moins en surpoids ou obèses, en comparaison aux pays européens ayant participé à l'étude ENERGY (13.9 % contre 23.7% et 2.3% contre 4.7% respectivement). Ils détiennent même une des prévalences la plus basse. Les raisons évoquées sont la mobilité douce pour se rendre à l'école, le temps dévoué aux activités sportives ainsi que le temps restreint à passer devant les écrans. De plus, les habitudes alimentaires du petit déjeuner ainsi que la consommation de boissons sucrées ne semblent pas différer des autres pays. Cela montre que l'activité physique joue un rôle principal dans la lutte de l'obésité chez les jeunes. D'ailleurs en observant le TAP moyen de notre étude avec celui d'autres, nous constatons que le taux est élevé surtout en comparaison avec les pays du sud ou d'outre mer. En effet, les jeunes des pays nordiques semblent être activement sensibilisés aux bienfaits d'une activité physique régulière. A long terme, le but serait de se rapprocher au plus proche des valeurs du TAP considérées comme niveau d'activité physique journalier vigoureusement actif.

Limites de l'étude

La mesure de l'activité physique a été mesurée sur sept jours consécutifs. Cependant, il est arrivé que l'instrument ne fonctionne que sur quelques jours, ayant pour conséquence de supprimer des données non valides. Au Canada, Colley et al. (2009) estiment que seuls 9% des garçons et 4% des filles accumulent soixante minutes d'activité modérée à intense par jour. Malgré cela, 44% des sujets sont suffisamment actifs sur trois jours, ce qui laisse supposé que les activités sont plutôt intenses et irrégulières. De plus, notre étude s'est déroulée exclusivement en Suisse romande. Les sujets ne sont donc pas complètement représentatif de la Suisse puisqu'on sait qu'il existe des décalages en terme de comportements entre zones géographiques. L'étude de Grize et al. (2010) montrent que les suisses romands semblent se faire

plus souvent amener en voiture à l'école que les suisses allemands, et sont par conséquent moins actifs. Enfin, la récolte de mesures a été effectuée en période hivernale, de janvier à mars. Ors, Bitar et al. (1999) ont montré que les jeunes ont tendance à être plus actif durant le printemps et l'été, lorsque les journées sont plus longues et chaudes.

Pour toutes les raisons énumérées précédemment et dans le but d'améliorer la représentativité des jeunes suisses, les sessions de mesure pourraient être effectuées plusieurs fois dans l'année ainsi que dans plusieurs régions linguistiques différentes.

6 CONCLUSION

Suite à la récolte des données ainsi qu'à l'analyse des résultats, nous pouvons répondre aux questions de recherche de cette étude.

Premièrement, cette étude a permis de récolter des données sur les dépenses énergétiques des jeunes âgés entre 15 et 17 ans dans un milieu de vie libre, avec l'aide d'instruments de mesure adaptés. Nous constatons que les adolescents suisses sont modérément actifs et que leur dépense énergétique varie principalement selon le sexe. Les résultats sont comparables à ceux des participants d'autres études. Cependant, si le modèle de traitement d'Actiheart validé et prévu pour les adultes aurait été utilisé à la place de celui pour les enfants, leur niveau d'activité physique serait considérablement plus faible. Il s'agit donc de considérer ce point de décalage puisque les sujets de l'étude auraient été considérés comme sédentaire avec l'autre modèle.

Ensuite, on constate qu'il existe de nombreuses différences significatives du point de vue des caractéristiques morphologiques, de la composition corporelle et de la dépense énergétique entre les genres. De telles différences ne sont pas apparues en ce qui concerne les tranches d'âge et les stades pubertaires. D'un autre côté, les filles pratiquent moins d'activité physique que les garçons. Dans ce sens, Louveau (2006) qui traite de l'inégalité entre genre dans le sport, avance qu'il existe une réelle inégalité chez les jeunes puisque parmi les enfants de cadres supérieurs, 77% des garçons pratiquent une activité contre 62% de filles. Cet écart se creuserait encore parmi la classe ouvrière (70% contre 41%). Ce constat montre une tendance actuelle bien présente. Les filles et les garçons ne sont donc pas égaux et les décalages semblent s'agrandir au fil du temps (Coopey, 1995). En accord avec Torun (2005), ces affirmations confirment l'importance d'ajuster et d'adapter les recommandations en matière d'activité physique, élaborées par le groupe d'experts (FAO/WHO/ONU, 2001), selon le sexe.

Enfin, la DEA influence de manière positive la MM. Par contre, il n'existe aucun lien entre la DEA et la MG dans notre étude. La DEA a tout de même un important rôle à jouer dans la balance énergétique et la composition corporelle. En effet, Kaneko et al. (2013) a montré que le TMR est corrélé avec une MM élevée. Ce qui signifie que les

jeunes, qui sont actifs et plus musclés, ont une dépense énergétique totale plus importante que les autres.

Cette étude met également en lumière les problèmes liés à l'évolution de la société. En effet, les changements culturels et les progrès technologiques ont fait apparaître de dramatiques effets concernant l'activité physique de la population. Il est vrai, l'environnement dans lequel nous vivons, incite de plus en plus à un comportement sédentaire. Paradoxalement, de nombreuses études démontrent et prouvent l'importance des pratiques physiques régulières pour la santé (Goran et al., 1999). Les habitudes comportementales se décident très tôt, que ce soit dans l'environnement familial ou scolaire. Selon les auteurs Trost et al. (2003), leurs résultats suggèrent que l'inactivité physique durant les premières années de vie influence considérablement le risque d'être ou de rester obèse plus tard.

Pour conclure, la dépense énergétique des jeunes diffère selon le sexe et ne peut être comparée trop tôt à celle des adultes. Alors que Harrell et al. (2005) affirme que le compendium des activités physiques n'est pas adapté aux jeunes, nous pensons également que des ajustements en matière de recommandations sont nécessaires. Enfin, nous ne devons pas oublier que bouger est nécessaire à la vie. Bien que ces bienfaits ne soient plus à débattre, accompagnés d'une éducation nutritionnelle, d'une prise de conscience des comportements sédentaires, l'activité physique doit être un des éléments majeurs des programmes d'intervention, tant en prévention qu'en traitement contre l'obésité.

7 REFERENCES

1. Ainsworth B. E., Haskell W. L., Leon A. S., Jacobs D. R., Montoye H. J., Sallis J. F. & Paffenbarger R. S. (1992). Compendium of physical activities : classification of energy costs of human physical activities. *medicine and science in sports and exercise*, 25, 71-80.
2. Bandidni, L. g., Schoeller, D. A. & Dietz, W. H. (1990). Energy Expenditure in Obese and Nonobese Adolescents. *Pediatric research*, Vol. 27, No, 198-202.
3. 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 adolescents. *Am. J. Clin. Nutr.*, 69, 1209-1216.
4. Bovet, P., Chiolero, A. & Paccaud, F. (2008). Surpoids chez les enfants et les adolescents : épidémiologie et prévention. *Revue Med Suisse*, 4, 650-656.
5. Butte, N. F., Wong W. W., Adolph, A. L., Puyau, M. R., Vohra, F. A. & Zakeri, I. F., (2010). Validation of cross-Selectional 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.
6. 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.
7. Bratteby, L. E., Sandhagen, B., Fan, H., Enghardt, H. & Samuelson, G. (1998). Total energy expenditure and physical activity as assessed by the doubly labeled water method in Swedish adolescents in whom energy intake was underestimated by 7-d diet records. *Am J Clin Nutr.*, 67, 905-911.
8. Bratteby, L. E., Sandhagen, B. & Samuelson, G. (2005). Physical activity, energy expenditure and their correlates in two cohorts of Swedish subjects between adolescence and early adulthood. *European Journal of Clinical Nutrition*, 59, 1324–1334.
9. Camtech. 2010. The Actiheart User Manual. Cambridgehire : Camtech.
10. Campbell, N., Prapavessis, H. & Gray, C. (2012). The Actiheart in Adolescents : A Doubly Labeled Water Validation. *Pediatric exercise Science*, 24, 589-602.

11. 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.
12. Colley, R. C., Garrigué, D. Janssen, I., Craig, C. L., Clarke, J. & Tremblay, M. S. (2011). Physical activity of Canadian children and youth : Accelerometer results from 2007 to 2009 Canadian Health Measures Survey. *Health Report*, 22, 15-23.
13. 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.
14. Coupey, S. (1995). Pratiques d'éducation physique et sportive au CP et différences de performance entre filles et garçons. *Revue Française de Pédagogie*, 110, 38-50.
15. Duché, P. (2007). Activité physique et obésité infantile : dépistage, prévention et prise en charge. *Science & Sports*, 23, 278-282.
16. Ekelund, U., Sardinha, L. B., Anderssen, S. A., Harro, M., Franks, P. W., Brage, S., Cooper, A. R., Andersen, L. B., Riddoch, C., Froberg. K. (2004). Associations between objectively assessed physical activity and indicators of body fatness in 9- to 10-y-old European children: a population-based study from 4 distinct regions in Europe (the European Youth Heart Study). *Am. J. Clin. Nutr.*, 80, 584 –590.
17. Farpour-Lambert, N. (2004). Obésité de l'enfant : rôle de l'activité physique. *Revue Médicale Suisse*. 531. Consulté le : 10 Mars 2014. Disponible sur : <http://titan.medhyg.ch/mh/formation/article.php3?sid=23611>
18. Frankenfield, D. C., Muth, E. R. & Rowe, W. A.(1998). The Harris-Benedict studies of human basal metabolism: History and limitations. *J. Am. Diet. Assoc.*, 98, 439-445.
19. Ganong, W. (2005). Physiologie médicale. *De Boeck Supérieur*, 522, 263-298.
20. Gilliat-Wimberly, M., Manore, M., Woolf, Kathleen., Swan, Pamela. & Carroll, S. (2001). Effects of habitual physical activity on the resting metabolic rates and body compositions of women aged 35 to 50 years. *Journal of the American dietetic association*, 10, 1181-1188.
21. 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.

22. Goran, M., Reynolds, K. & Lindquist, C. (1999). Role of physical activity in the prevention of obesity in children. *International journal of obesity*, 23, 18-33.
23. Grize, L., Bringolf-Isler, B., Martin, E. & Braun-Fahrländer, C. (2010). *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 1, 7-28.
24. 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.*, 37, 329-336.
25. Herzig, M., Dössengger, A., Mäder, U., Kriemler, S., Wunderlin, T., Grize, L. (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, 120-139.
26. 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.
27. Hoos, M. B., Gerver, W. J. M., Kester, A. D. & Westerterp, K. R. (2003). Physical activity levels in children and adolescents. *Int. J. Obes.*, 27, 605-609.
28. Jequier, E., Acheson, K. & Schutz, Y. (1987). Assessment of energy expenditure and fuel utilization in man. *Ann. Rev. Nutr.*, 7, 187-208.
29. Janssen, I. (2007). Physical activity guidelines for children and youth. *Appl. Physiol. Nutr. Metab*, 32, 109-121.
30. Jimmy, G., Praz, M. & Martin-Diener, E. (2007), Physical activity survey among primary school students in the community of Nendaz, Swiss Federal Institute of Sport Magglingen. Consulté le: 23 février 2012. Disponible sur : http://www.baspo.admin.ch/internet/baspo/it/home/dienstleistungen/beratung/beratung_fuer_gemeinden/politik00a2/beratung/modellgemeinden/vs.parsys.000100.downloadList.54834.DownloadFile.tmp/primaryschoolsurveynendaz.pdf
31. Kaneko, K., Ito, C., Kaizumi, K., Watanabe, S., Umeda, Y. & Ishikawa-Takata, K. (2013). Resting Energy Expenditure (REE) in Six to Seventeen-Year-Old Japanese Children and Adolescents. *J. Nutr. Sci. Vitaminol*, 59, 299-309.
32. Lantz, H., Bratteby, L. E., Fors, H., Sandhagen, B., Sjöström, L. & Samuelson, G. (2008). Body composition in a cohort of Swedish adolescents aged 15, 17 and 20.5 years. *Acta Pædiatrica*, 97, 1691–1697.
33. Larrosa-Haro, A., González-Pérez, G. J., Vásquez-Garibay, E. M., Romero-Velarde, E., Chávez-Palencia, C. I., Salazar-Preciado, L. L. & Lizárraga-

- Corona, E. (2014). Model for predicting childhood obesity from diet and physical activity. *Rev. Med. Inst. Mex. Seguro. Soc.*, 52, 18-25.
34. Lemel Y. & Roudet B. (1999). *Filles et garçons jusqu'à l'adolescence : Socialisation différentielle*. Paris: L'Harmattan.
35. Livingstone, M.B., Coward, W.A., Prentice, A.M., Davies, A.M., Strain, J.J., McKenna, P.G., Mahoney, C.A., White, J.A., Stewart, C.M. & Kerr, M.J. (1992). Daily energy expenditure in free-living children: comparison of heart-rate monitoring with the doubly labelled water (2H218O) method. *Am J Clin Nutr*, 56, 343–352.
36. Louveau, C. (2006) Inégalité sur la ligne de départ : femmes, origines sociales et conquête du sport, *CLIO. Histoire, femmes et sociétés*, 23, 1-12.
37. Matarese, L. (1997). Indirect calorimetry : technical aspects. *J. Am. Diet. Assoc.*, 9, 154-160.
38. Marshall, W.A. & Tanner, J.M. (1969). Variations in the pattern of pubertal changes in boys. *Archives of Disease in Childhood*, 44, 291-303.
39. Marshall WA & Tanner JM (1970). Variations in the pattern of pubertal changes in boys. *Archives of Disease in Childhood*, 45, 13-23.
40. Monyeki, M. A., Neetens, R., Moss, S. J. & Twisk, J. (2012). The relationship between body composition and physical fitness in 14 years old adolescents residing within the Tickwe local municipality, South Africa: *The PAHL study. BMC Public Health*, 12, 374.
41. Oppert, J. M., Simon, C., Rivière, D. & Guezennec, C. Y. (2005). *Activité physique et santé : arguments scientifiques, pistes pratiques*. Société française de nutrition. Consulté le : 30 mars 2014. Disponible sur : www.sante.gouv.fr
42. 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.
43. 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.
44. Soric, M., Gostovic, M. J., Gostovic, M., Hocevar, M. & Misigoj-Durakovic, M. (2014). Tracking of BMI, fatness and cardiorespiratory fitness from adolescence to middle adulthood: the Zagreb Growth and Development Longitudinal Study. *Ann. Hum. Biol.*, 41, 238–243.

45. Sun, M., Gower, B. A., Bartolucci, A. A., Hunter, G. R., Figueroa-Colon, R. & Goran, M. I. (2001). A longitudinal study of resting energy expenditure relative to body composition during puberty in African American and white children. *Am. J. Clin. Nutr.*, 73, 308–315.
46. 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.
47. Strong, W. B., maina, R. M., Bumkie, C. J. R, Daniels, S. R. & Dishman, R. K., Gutin., B. (2005). Evidence based physical activity for school-aged youth. *J. Pediatr.*, Vol. 146, No. 6, 732-737.
48. Torun, B. (2005). Energy requirements of children and adolescents. *Public Health nutrition*, Vol. 8, No. 7A, 968-993.
49. Trost, S., Sirard, J., Dowda, M., Pfeiffer, K. & Pate, R. (2003). Physical activity in overweight and nonoverweight preschool children. *International journal of obesity*, 27, 834-839.
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. 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. *The Journal of Nutrition*, 136, 1371-1376.
52. Zakeri, I., Adolph, A., Puyau, M., Vohra, F., Butte, N. (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.
53. Weker, H. (2006). Simple obesity in children. A study on the role of nutritional factors. *Med. Wieku. Rozwoj.*, 10, 3-191.
54. Wilmore, J. H. & Costill, D. L. (2006). Physiologie du sport et de l'exercice. Edition De Boeck, 3^e Edition. 192, 101-516.
55. World Health Organization (2001). *Energy and protein requirements, report of a joint FAO/WHO/ONU expert consultation*. WHO : Geneva.
56. Wright, C. (2006). Rapport de santé. Statistiques Canada. Vol 17, No 3, 27-43.
57. <http://www.imc.fr/enfant-adolescent>. Consulté le: 20 février 2014.

58. <http://www.bsiproductdevelopment.com/clients/ge-medical-systems>. Consulté le: 28 mai 2014.
59. (http://www.delta-medical.fr/Drupal/DER_1. Consulté le: 28 mai 2014.
60. <http://www.bmedical.com.au/shop/activity-heat-research/actiheart.htm>. Consulté le: 28 mai 2014.
61. http://www.sparkteens.com/resource/health_articles.asp?id=850. Consulté le: 28 mai 2014.

8 ANNEXES

La liste ci-dessous énumère les documents utilisés avant ou pendant la réalisation de ce travail.

Les annexes 1 à 6 ont été élaborés par Anne-Julie Vial, dans le cadre de la réalisation de son travail de Master en 2013 et ont été adaptés pour les participants de notre étude.

Annexe 1 : Information à l'intention des parents des sujets de l'étude

Annexe 2 : Information à l'intention des sujets de l'étude

Annexe 3 : Flyer

Annexe 4 : Convocation aux élèves participants à notre étude

Annexe 5 : Case Report Form

Annexe 6 : Formulaire pour la détermination du stade pubertaire

Annexe 7 : Dossier remis aux participants

Annexe 8 : Journal de bord

Annexe 9 : Carnet alimentaire

Annexe 10 : Approbation de la commission d'éthique

8.1 Annexe 1



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,

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 (15-17 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.

Objet de l'étude

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

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: 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.

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.

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

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).

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.

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.

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.

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.

Coûts

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

Interruption involontaire de l'étude

Votre participation peut être interrompue par l'investigateur.

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.

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

Anouk Piola
Rue Basse 4
2502 Bienne
Tél: 079 254 15 64
Courriel: anouk.piola@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'OFSP 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.

Consentement éclairé écrit du sujet de recherche et de ses parents pour la participation à une étude clinique

- Veuillez lire attentivement ce formulaire.
- N'hésitez pas à poser des questions si certains aspects vous semblent peu clairs ou si vous souhaitez obtenir des précisions.

Numéro de l'essai clinique :	
Titre de l'essai clinique :	La dépense énergétique liée à l'activité physique et à la composition corporelle chez les jeunes
Promoteur (adresse complète) :	
Lieu de réalisation de l'essai clinique:	Macolin
Investigateurs :	Dr. Melzer Katarina, Piola Anouk
Nom et prénom :	
Participant(e) :	
Nom et prénom :	_____
Date de naissance :	_____
Sexe :	_____
	<input type="checkbox"/> masculin <input type="checkbox"/> féminin

- Nous déclarons avoir été informés, oralement et par écrit, par l'investigateur signataire des objectifs et du déroulement de l'étude, des effets présumés, des avantages et des inconvénients possibles ainsi que des risques éventuels.
- Nous certifions avoir lu et compris les informations écrites pour les sujets de recherche ainsi que pour les parents qui nous ont été remises sur l'étude précitée. Nous avons reçu des réponses satisfaisantes aux questions que nous avons posées en relation avec notre participation à cet essai clinique. Nous conservons les informations écrites pour les sujets de recherche ainsi que pour les parents et recevons une copie de notre déclaration écrite de consentement.
- Nous avons eu suffisamment de temps pour prendre notre décision en âme et conscience.
- Nous sommes informé qu'une assurance a été souscrite pour couvrir les dommages éventuels découlant de l'étude.

- Nous savons que les données personnelles des sujets de recherche ne seront transmises que sous une forme anonyme à des institutions externes à des fins de recherche. Nous acceptons que les spécialistes compétents (du mandataire de l'étude, des autorités et de la Commission d'éthique cantonale) puissent consulter les données brutes des sujets de recherche, afin de procéder à des examens et à des contrôles, à condition toutefois que leur confidentialité soit strictement assurée.
- Nous prenons part de façon volontaire à cet essai clinique. Nous pouvons, à tout moment et sans avoir à fournir de justification, révoquer notre consentement à participer à cette étude. Dans ce cas, un examen médical final pour la propre sécurité des sujets sera réalisé.
- Nous sommes conscients du fait que les exigences et les restrictions mentionnées dans les informations écrites pour les sujets de recherche ainsi que pour les parents devront être respectées pendant la durée de l'étude.
- L'investigateur peut exclure le sujet de recherche à tout moment de l'essai clinique dans l'intérêt de sa santé. De notre côté, nous nous engageons à informer l'investigateur de tout traitement concomitant auprès d'un autre médecin ainsi que de la prise de médicaments (prescrits par le médecin ou achetés par soi-même).

Lieu, date	Signatures des représentants légaux du sujet de recherche
------------	---

Lieu, date	Signature du sujet de recherche
------------	---------------------------------

Attestation de l'investigateur :

- J'atteste par ma signature avoir expliqué aux parents du sujet de recherche ainsi qu'à lui-même la nature, l'importance et la portée de l'étude. Je déclare satisfaire à toutes les obligations en relation avec cet essai clinique. Si je devais prendre connaissance, à quelque moment que ce soit durant la réalisation de l'étude, d'informations susceptibles d'influer sur le consentement des parents du sujet de recherche à participer à l'étude, je m'engage à les en informer immédiatement.

Lieu, date	Signature de l'investigateur
------------	------------------------------

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 sujets de l'étude

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

Cher Elève,

Participation à l'étude

Tu as été sélectionné pour participer à cette étude comme sujet d'expérience car tu as entre 15 et 17 ans et tu es en bonne santé. Nous recherchons au total 60 adolescents.

Objectif de l'étude

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

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 1

- 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 2

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 3

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

Participation à titre volontaire

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

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.

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. 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.

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.

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.

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 :

Anouk Piola
Rue Basse 4
2502 Bienne

Tél: 079 254 15 64
Courriel: anouk.piola@unifr.ch

8.3 Annexe 3

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 du sport. Je suis donc à la recherche **d'adolescents en bonne santé, âgés de 15 à 18 ans**, qui seraient prêts à participer, en tant que sujets, à mon étude sur les dépenses énergétiques des activités physiques chez les adolescents.

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 15 à 18 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.

Inscription

Si votre enfant est intéressé à prendre part à mon étude, il peut m'envoyer un message sur la page facebook « bilan de ton hygiène de vie ». Ce message doit contenir : son nom/prénom, adresse complète, n°tel et jour de préférence pour les mesures. Si il n'a pas facebook ou si vous avez encore des questions, je vous propose de m'envoyer un mail. Toutes les informations nécessaires, la convocation ainsi que la déclaration de consentement vous parviendront ensuite par courrier postal à l'adresse indiquée par votre enfant.

Protection des données

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

Contact

Anouk Piola

anouk.piola@unifr.ch

079 254 15 64

8.4 Annexe 4



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

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

Cher élève,

Je te remercie encore de ta participation à mon étude et te fais parvenir toutes les informations nécessaires quant à l'organisation de la matinée de mesure à Macolin. Comme je te l'avais 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 par un verre d'eau si tu le désires)! Tu recevras une collation juste après les tests.

Voici le déroulement de la matinée:

Tu as rendez-vous [REDACTED], à l'arrivée du funiculaire à Macolin à 07h55 (funiculaire de 7h45 au départ de Bienne).

Nous ferons ensuite les différents tests et installerons l'ACTIHEART et l'ACTIGRAPH (les petits instruments très légers qui mesurent ton activité physique durant une semaine)

Tu pourras reprendre le funiculaire à 12h30 pour Bienne

A prendre avec toi:

Des habits chauds (Macolin est à 1000m d'altitude)

Maillot de bain*

Quelque chose pour t'occuper durant les moments d'attente (ex : livre,...)

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

Anouk Piola

079.254.15.64

anouk.piola@unifr.ch

Précisions:

Tu dois présenter **la lettre de « justification d'absence » au maître de classe** suffisamment à l'avance pour la matinée prévue (le directeur a déjà donné l'autorisation pour que tu participes à cette étude ce jour là).

Tes parents et toi devez remplir et signer la « déclaration de consentement » et l'amener sans faute lors de la matinée de mesure.

Tu dois t'organiser à l'avance auprès de tes professeurs et camarades afin de rattraper le travail de la matinée manquée.

Je rappelle aux élèves et aux parents qu'ils peuvent se retirer de l'étude à tout moment pour n'importe quelles raisons. 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. Ils doivent être rendus le jour où se termine l'étude, sans délai.

Je me tiens bien sûr à ta disposition ainsi que celle de tes parents pour de plus amples informations. Si la date précisée ci dessus ne te convient pas, je te prierai de m'envoyer un mail afin de trouver un autre moment adéquat.

En me réjouissant de ta participation, je t'adresse mes meilleures salutations.

Anouk Piola

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

8.5 Annexe 5

<p>ID du participant :</p> <p><i>(numéro de participant + sexe_ deux premières lettres du prénom et nom; Ex: 1F_ANVI)</i></p> <p>_____</p>	<p>Date de visite :</p> <p><i>(JJ/MM/AAAA)</i></p> <p>_____</p>
---	--

Mesures	
<i>Âge (année)</i>	
<i>Poids (kg)</i>	
<i>Taille (cm)</i>	
<i>Stade pubertaire (1 à 5)</i>	
<i>Fréquence cardiaque maximale (bp/min)</i>	
<i>TMR (kcal/d)</i>	
<i>BMI ($\frac{m}{l^2}$)</i>	
<i>Composition corporelle (Masse maigre, masse grasse ; %)</i>	MM: _____ MG: _____
<i>Densité minérale osseuse globale (g/cm³)</i>	

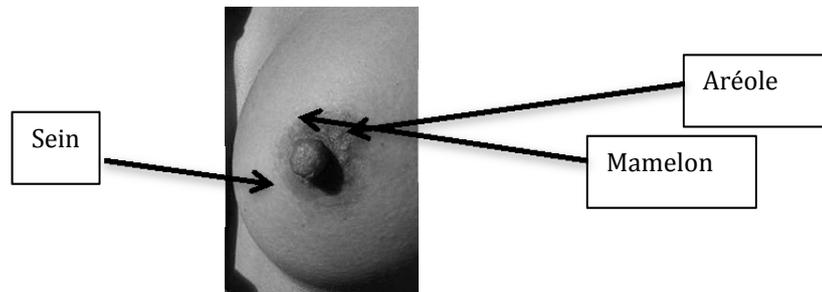
Mesures de l'Actiheart	
<i>Dépense énergétique totale DET (kcal)</i>	
<i>Dépense énergétique durant l'activité DEA (kcal)</i>	

8.6 Annexe 6

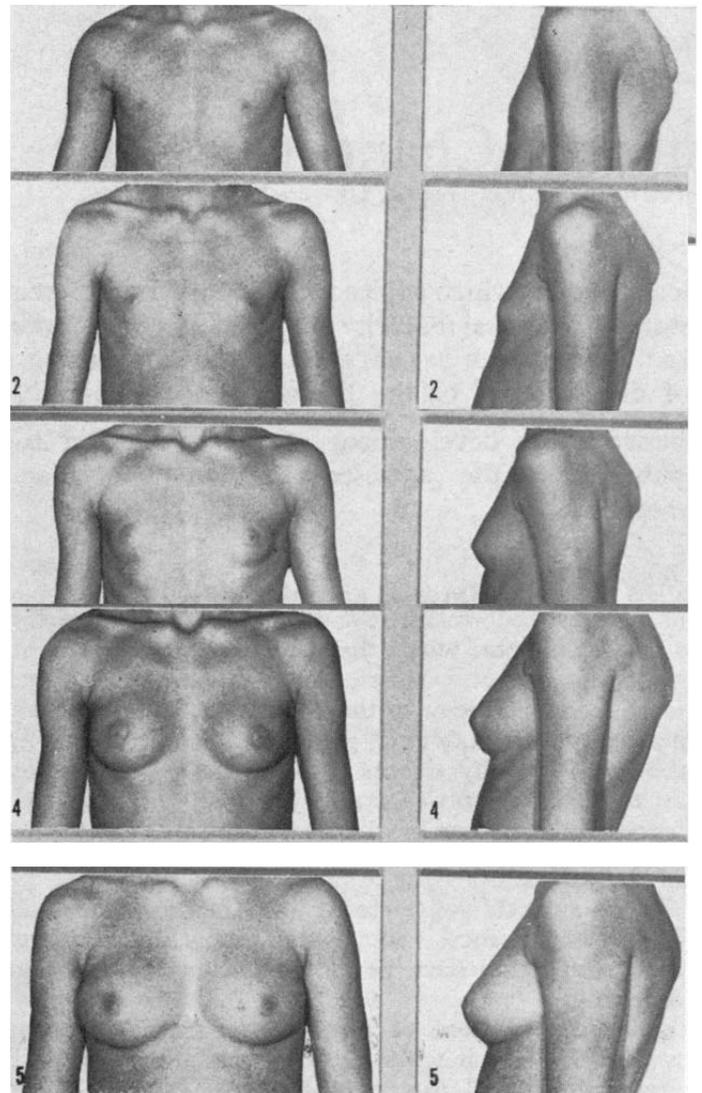
Détermination du stade pubertaire – Fille

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**

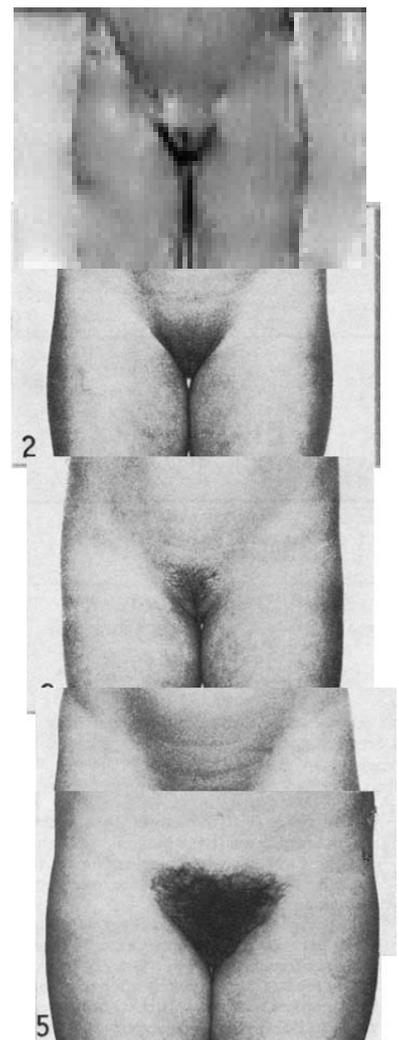
Poils foncés, bouclés et plus épais mais en petite quantité au centre du pubis

○ **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**

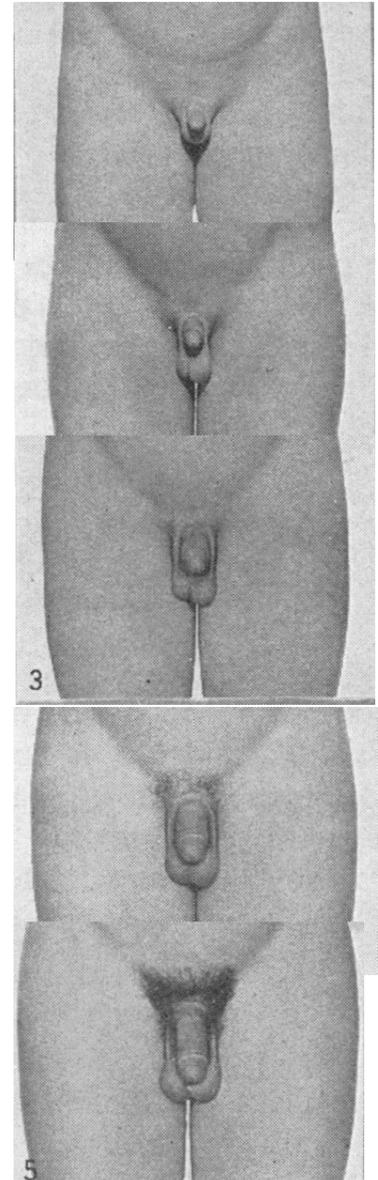
Croissance de la verge en longueur et légèrement en largeur

- **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**

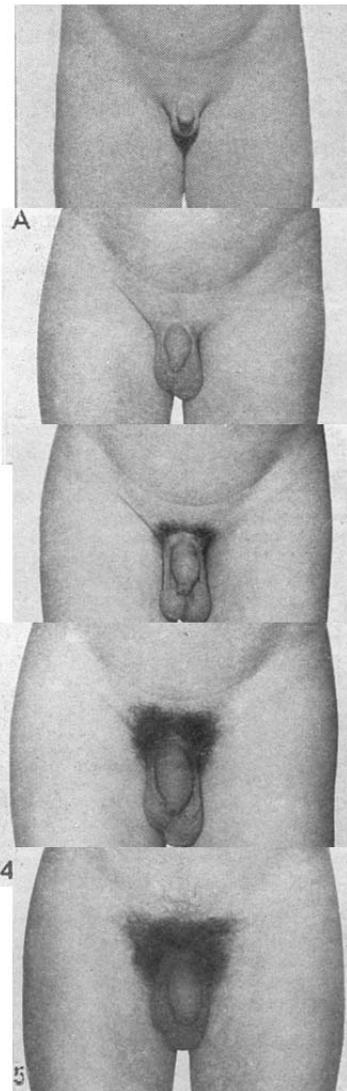
Poils foncés, bouclés et plus épais mais en petite quantité à la base de la verge et sur le pubis

○ **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					

8.7 Annexe 7

Etude sur les dépenses énergétiques liées à l'activité physique

Dossier personnel

Nom Prénom



Anouk Piola

Printemps 2014

Informations générales

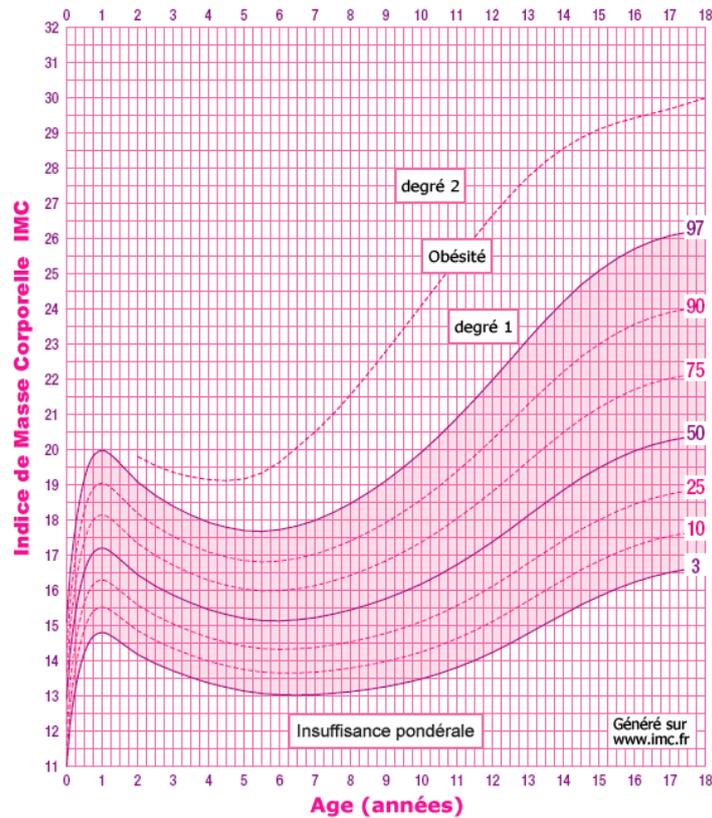
Date de visite	
Nom prénom	
Date de naissance	
Age (année)	
Poids (kg)	
Taille (cm)	
IMC	

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 : $60\text{kg} / (1,7)^2 = 20,76$

Ton IMC = **XXX**



Pour les filles de **xx** ans, 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					
Jambre gauche					
tronc					

Masse grasse et masse maigre

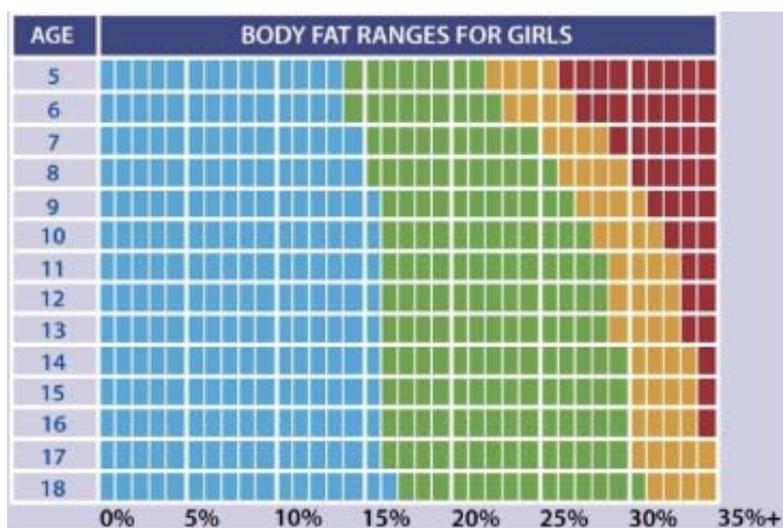
La masse grasse est localisée sous la peau et autour des organes. Le pourcentage de graisse est naturellement plus élevé chez les femmes que chez les hommes car elle sert de réserve d'énergie en cas de grossesse.

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 de 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

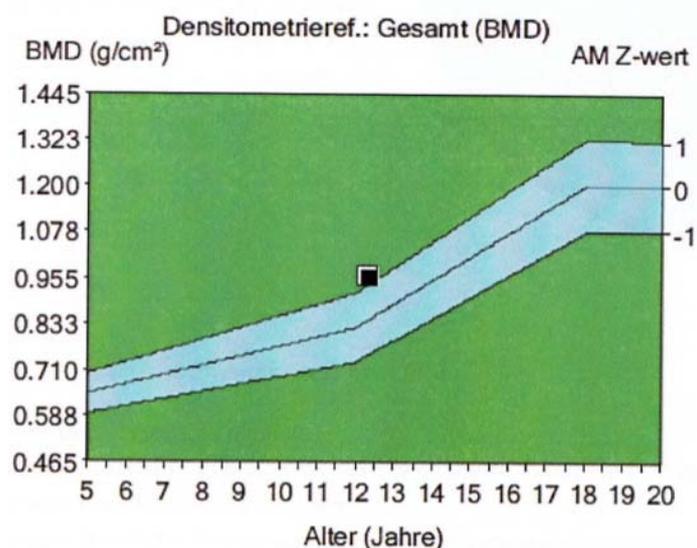
La dépense énergétique totale correspond à l'énergie totale dépensée sur une journée. Cette valeur correspond à la quantité de nourriture en kcal dont tu as besoin chaque jour en moyenne.

Ta dépense énergétique totale = xxx

Densité osseuse

La densité osseuse correspond à la contenance de os en calcium, en d'autres termes, la « solidité » du squelette. La densité osseuse augmente durant la puberté et est influencé par la consommation d'aliments riches en calcium, tels que les produits laitiers ou les fruits oléagineux. 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 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.

Toute forme d'activité physique est bénéfique ; pour des raisons pratiques, il est recommandé d'ajouter toutes les activités physiques 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 en plein air
- Participer aux activités ménagères : tondre la pelouse, passer l'aspirateur, 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 les courses
- Prendre l'habitude de monter les escaliers au lieu de prendre l'ascenseur

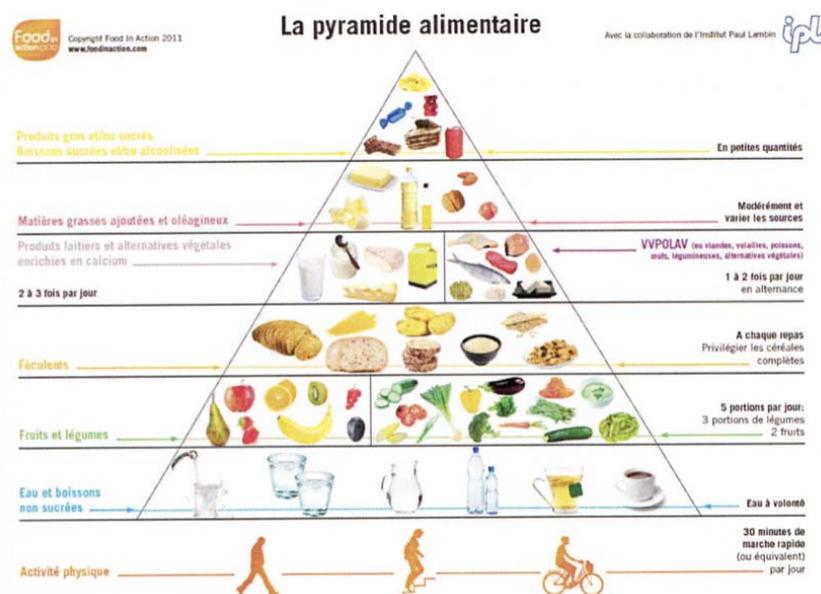
La dépense énergétique pour une même activité est extrêmement variable d'une personne à une autre. Les durées ci-dessous donnent donc simplement une indication :

- 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.
- Modéré (marche rapide) : laver les vitres, passer l'aspirateur, jardiner, danser, faire du vélo, de l'aérobic, de l'aquagym, du frisbee, du golf, nager... le tout pendant 30 minutes.
- Elevée (marche sportive) : 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 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 des 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, vous pouvez consulter le site web de la société Suisse de nutrition (SSN) à l'adresse suivante :

Ton conseil personnel d'après ton journal de bord :

Alimentation :



Activité physique :



8.8 Annexe 8

Journal de bord

ID _____

Dans ce tableau, il te faut remplir toutes les activités physiques que tu as pratiqué chaque jour durant le port de l'ACTIHEART, en précisant l'heure (de quand à quand), le type (quel sport ou quelle activité) ainsi que l'intensité de l'activité (1 = transpiration légère, 2= transpiration modérée, 3= forte transpiration/essoufflement, 4= hors d'haleine). L'exemple (à la première ligne) te permet de mieux comprendre la fonctionnement du tableau.

Remarque → Les activités physiques comprennent :

- le sport pratiqué durant les loisirs ou à l'école
- les déplacements (à pied, vélo, ...) pour te rendre à l'école ou autre
- les promenades en ville ou dans la nature
- les tâches ménagères (passer l'aspirateur, ...)

	Jour de la semaine	Heure		Type d'activité	Intensité (de 1 à 4)	Remarques
		De	Jusqu'à....			
<i>Exemple</i>	<i>lundi</i>	<i>8h</i>	<i>8h15</i>	<i>Déplacement en vélo</i>	<i>2</i>	
J-1						
J-2						
J-3						
J-4						
J-5						
J-6						
J-7						

8.9 Annexe 9

Carnet alimentaire

ID _____

Remplis le tableau ci-dessous le plus précisément possible. N'oublies pas de noter la quantité des aliments et boissons que tu as consommé chaque jour (en nombre de portion, grammes, cuillères ou verres). Notes également le nombre de litres d'eau que tu as bu (1 verre = 0,2 litre).

	Jour de la semaine	Eau (litre)	Petit déjeuner		collation		Repas de midi		collation		Souper	
			nb		n	b	nb		nb		nb	
<i>Exemple</i>	<i>Lundi</i>	<i>1,7l</i>	<i>2</i>	<i>tranches pain complet</i>	<i>1</i>	<i>pomme</i>	<i>1</i>	<i>pt assiette salade verte</i>		<i>/</i>	<i>1</i>	<i>gd assiette spaghetti et ratatouille</i>
			<i>3</i>	<i>cc. confiture</i>			<i>100</i>	<i>gr.. Steak bœuf</i>			<i>1</i>	<i>tranche gruyère</i>
			<i>1</i>	<i>verre jus d'orange</i>			<i>6</i>	<i>pommes de terre</i>			<i>4</i>	<i>carré de chocolat noir 70%</i>
							<i>1</i>	<i>flan caramel</i>			<i>1</i>	<i>verre de coca light</i>
J-1												
J-2												

J-3												
J-4												
J-5												
J-6												
J-7												

8.10 Annexe 10

Kantonale Ethikkommission Bern (KEK)
Postfach 56, 3010 Bern

KEK-Nr. 202/13

Präsident:
Prof. Dr. med. Christian Seiler
www.kek-bern.ch

Anouk Polo

Generalsekretärin:
Dr. sc. nat. Dorothy Pfiffner
Tel.: 031 632 86 33
Fax: 031 632 86 39
Email: pfiffner@kek.unibe.ch

Frau
Dr. Katarina Melzer
Leiterin Forschung bei Kindern
Eidgenössische Hochschule für Sport
Magglingen
(EHSM)
2532 Magglingen

Bern, 27. Januar 2014 CS/DP/RC

KEK-Gesuchs-Nr.: 202/13

Fokus:

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

Mit Ihrem Brief vom 06.01.2014 sind folgende Unterlagen eingetroffen:

- Revidiertes Basisformular frz., 06.01.2014, Änderungen markiert, signiert von der Prüferin am 06.01.2014 (**Auflage 1**)
 - Revidiertes Studienprotokoll frz., 06.01.2014, Änderungen markiert, signiert von der Prüferin am 06.01.2014 (**Auflage 2**)
 - Revidierte Zusammenfassung des Studienprotokolles frz., 06.01.2014, Version 2, Änderungen markiert (**Auflage 2**)
 - Revidierte Probandeninformation frz., Version vom 20.11.2013, Änderung markiert (**Auflage 3**)
 - CD mit Studienunterlagen
 - E-Mail Stellungnahme, 22.01.2014 (**Auflage 4**)
-

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).

Entscheidung: Positiv

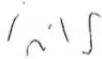
Wir machen Sie darauf aufmerksam, dass gegenüber der KEK in folgenden Situationen eine **Meldepflicht** besteht:

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. med. Christian Seiler
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).*

9 REMERCIEMENTS

Suite à la rédaction et à la finalisation de ce travail, mes pensées et mes remerciements vont vers plusieurs personnes, qui m'ont permis de réaliser cette étude dans les meilleures conditions.

Je tiens à remercier tout particulièrement ma référante Katarina Melzer, qui m'a épaulé tout au long de ce travail en me conseillant et sans qui rien n'aurait été possible.

Un grand merci également à Stefanie Zurbruchen, qui m'a formée à l'utilisation des différents instruments de mesure.

En parallèle, j'accorde toute ma gratitude aux directeurs des écoles où j'ai eu l'opportunité de mener ma récolte de données : Aldo Dalla Piazza, directeur du gymnase français de Bienne ; André Zuercher, directeur du CFP de Bienne ; Pierre-Yves Grivel, directeur du C.O des Platanes de Bienne.

Ma reconnaissance va également à Frédéric Jobé, Fabrice Studer et Frédéric Desilvestri, tous maîtres d'éducation physique à Bienne, qui m'ont mis en contact avec leur direction respective.

Ce travail n'aurait pas pu se dérouler sans la participation volontaire des 68 sujets que je remercie chaleureusement.

Enfin, je remercie tout particulièrement ma famille ainsi que mon compagnon Arthur, qui m'ont soutenu et aidé durant cette période intense et décisive.

10 DECLARATION PERSONNELLE

Je sous-signé-e 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-signé-e 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 du (de la) sous-signé-e uniquement. Cet accord ne peut faire l'objet d'aucune rétribution financière.

Date

Signature