

L'effet de la durée, l'intensité et la dépense énergétique de l'exercice sur la consommation d'oxygène post-exercice (EPOC) chez les adolescentes sédentaires

par

Renée Roy

Thèse présentée pour répondre  
à l'une des exigences de la  
maîtrise ès sciences (MSc) en santé interdisciplinaire

Faculté des études supérieures  
Université Laurentienne  
Sudbury (Ontario) Canada

© Renée Roy, 2017

**THESIS DEFENCE COMMITTEE/COMITÉ DE SOUTENANCE DE THÈSE**  
**Laurentian Université/Université Laurentienne**  
Faculty of Graduate Studies/Faculté des études supérieures

Title of Thesis Titre de la thèse	L'effet de la durée, l'intensité et la dépense énergétique de l'exercice sur la consommation d'oxygène post-exercice (EPOC) chez les adolescentes sédentaires	
Name of Candidate Nom du candidat	Roy, Renée	
Degree Diplôme	Maitrise ès sciences	
Department/Program Département/Programme	Santé interdisciplinaire	Date of Defence Date de la soutenance 8 août 2017

**APPROVED/APPROUVÉ**

Thesis Examiners/Examineurs de thèse:

Monsieur Olivier Serresse  
(Supervisor/Directeur de thèse)

Madame Céline Larivière  
(Committee member/Membre du comité)

Monsieur Run-Min Zhou  
(Committee member/Membre du comité)

Monsieur Claude Lajoie  
(External Examiner/Examineur externe)

Approved for the Faculty of Graduate Studies  
Approuvé pour la Faculté des études supérieures  
Dr. David Lesbarrères  
Monsieur David Lesbarrères  
Dean, Faculty of Graduate Studies  
Doyen, Faculté des études supérieures

**CLAUSE D'ACCESSIBILITÉ ET PERMISSION D'UTILISER DES DOCUMENTS**

Je, **Renée Roy**, accorde à l'Université Laurentienne et à ses agents l'autorisation non exclusive d'archiver ma thèse ou mon rapport de projet et d'en permettre l'accès, en tout ou en partie et dans toute forme de média, maintenant ou pour la durée de mon droit de propriété du droit d'auteur. Je conserve tous les autres droits de propriété du droit d'auteur de la thèse ou du rapport de projet. Je me réserve également le droit d'utiliser dans de futurs travaux (comme des articles ou des livres) l'ensemble ou des parties de ma thèse ou de mon rapport de projet. J'accepte en outre que la permission de reproduire cette thèse de quelque manière que ce soit, en tout ou en partie à des fins savantes, soit accordée par le ou les membres du corps professoral qui ont supervisé mes travaux de thèse ou, en leur absence, par le directeur ou la directrice de l'unité dans lequel mes travaux de thèse ont été effectués. Il est entendu que toute reproduction ou publication ou utilisation de cette thèse ou de parties de celles-ci à des fins lucratives ne doit pas être autorisée sans ma permission écrite. Il est également entendu que cette copie est présentée sous cette forme par l'autorité du titulaire du droit d'auteur uniquement pour fins d'études et de recherches particulières et ne doit pas être copiée ou reproduite sauf en conformité avec la législation sur le droit d'auteur sans l'autorisation écrite du titulaire du droit d'auteur.

## Résumé

Les taux d'obésité au Canada continuent à s'accroître. Cette tendance est particulièrement inquiétante chez les adolescentes étant donné les conséquences médicales, sociales et psychologiques associées à l'obésité. Bien qu'il existe un nombre de traitements pour la perte de poids, l'impact de l'excès de consommation d'oxygène post-exercice (EPOC) sur le bilan énergétique n'a jamais été étudié auprès des adolescentes. L'objectif de cette étude est de déterminer l'effet de la durée, l'intensité et la dépense énergétique de l'exercice sur l'EPOC chez les adolescentes sédentaires. Huit adolescentes (15-17ans) ont complété 3 sessions expérimentales (30min à 61% du  $VO_{2max}$ ; 60min à 62% du  $VO_{2max}$ ; 36min à 76% du  $VO_{2max}$ ), suivies par 80 minutes de repos. L'EPOC n'a pas été influencé par la durée, l'intensité ou la dépense énergétique de l'exercice. Les adolescentes devraient donc être encouragées de participer à l'activité physique, peu importe les paramètres de l'exercice.

**Mots clés :** EPOC, l'excès de consommation d'oxygène post-exercice, adolescentes, surpoids, obésité, bilan énergétique, perte de poids, exercice, activité physique.

## Remerciements

J'aimerais premièrement remercier mon superviseur de thèse, Dr Olivier Serresse, pour son aide et son appui continue. C'est grâce à ses conseils, sa patience et son encouragement que j'ai pu compléter ce projet.

Un grand merci aussi aux membres de mon comité, Dre Céline Larivière et Dr Run-Min Zhou. Run-Min, ton aide au niveau de l'analyse et l'interprétation des données a été indispensable. Céline, ton expertise et appui au cours des années m'ont encouragé de poursuivre. Vous avez aussi tous les deux servis comme source d'encouragement lors des temps difficiles.

I would also like to thank Dr. Shelley Watson. You've been such a great help through this whole process, I cannot thank you enough. Your guidance and understanding truly helped me have the confidence to persevere.

Finalement, un merci chaleureux à mes parents, Marcel et Jeannine Roy, qui mon toujours supporter dans mes efforts scolaires. Vous êtes une source d'encouragement, de confiance, et de support inconditionnel, pour laquelle il est impossible de mettre en mot l'importance.

## Table des matières

Comité de soutenance de thèse .....	ii
Résumé.....	iii
Remerciements.....	iv
Table des matières.....	v
Liste des tableaux.....	vii
Liste des figures .....	viii
Liste des annexes .....	ix
Chapitre 1 : INTRODUCTION .....	1
Chapitre 2: REVUE DE LA LITTÉRATURE.....	6
2.1 L'amplitude du problème de surpoids et d'obésité .....	6
2.2 Les facteurs impliqués dans la prise de poids .....	10
2.2.1 Les facteurs impliqués dans la prise de poids : l'apport énergétique .....	11
2.2.2 Les facteurs impliqués dans la prise de poids : la dépense énergétique .....	13
2.2.3 Les composantes de la dépense énergétique.....	17
2.2.3.1 Les processus énergétiques: la composante directe de l'activité physique.....	18
2.2.3.2 Les processus énergétiques: la composante indirecte de l'activité physique.....	19
2.3 L'importance de l'EPOC comme outil dans la gestion de l'obésité .....	21
2.3.1 EPOC : L'importance de la durée et l'intensité de l'exercice .....	22
2.3.2 EPOC : L'importance du mode d'exercice.....	23
2.3.3 EPOC : L'importance du sexe .....	24
2.3.4 EPOC : L'importance de la composition corporelle .....	25

2.3.5 EPOC : L'importance de la condition physique.....	26
2.3.6 EPOC : L'importance du jeûne .....	27
2.3.7 EPOC : Les aspects non-explorés.....	28
2.4 Questions et hypothèses de recherche.....	29
Chapitre 3 : MÉTHODOLOGIE.....	31
3.1 Sujets.....	31
3.2 Évaluation initiale .....	31
3.3 Protocole expérimental.....	33
3.4 Analyse statistique.....	35
Chapitre 4 : Résultats .....	36
4. 1 Les évaluations métaboliques (VO <sub>2</sub> , QR, DÉ, Ve, FC) lors de la PPE.....	37
4.2 La dépense énergétique et les substrats énergétiques.....	40
Chapitre 5 : DISCUSSION .....	44
Chapitre 6 : CONCLUSION.....	58
Bibliographie.....	60
Annexe A – Formulaire de consentement.....	75
Annexe B – Certificat d'éthique .....	81
Annexe C – Questionnaire sur l'aptitude à l'activité physique (Q-AAP).....	82
Annexe D – Description des séances pour participantes .....	83

## Liste des tableaux

Tableau 1. Conception expérimentale.....	34
Tableau 2. Description des séances de laboratoire .....	34
Tableau 3. Caractéristiques des sujets .....	36
Tableau 4. Les concentrations du glucose, des triglycérides et du lactate sanguin évaluées lors de la PPE des 3 conditions.....	43

## Liste des figures

Figure 1. Les normes de croissance de référence pour les filles de 5 à 19 ans OMS 2007.....	6
Figure 2. Obésité des enfants et des jeunes: Données probantes pour guider l'action en Ontario – Rapport sommaire (Septembre 2013). Toronto ON. Imprimeur de la Reine pour l'Ontario, 2013.....	11
Figure 3. Les besoin en oxygène à l'exercice et pendant la récupération. Illustration du déficit d'oxygène et le l'excès de consommation d'oxygène post-exercice (EPOC) (Costill & Wilmore, 2006).....	20
Figure 4. Présente la durée, l'intensité relative (% du $VO_{2max}$ ) et la DÉ des exercices lors des trois conditions expérimentales.....	37
Figure 5. Présentation de la $VO_2$ (A), du QR (B), de la DÉ (C), de la Ve (D) et de la FC (E) aux intervalles de 10 minutes lors de la PPE des 3 conditions (CD, LD et HI) et le MB.....	39
Figure 6. Présente la DÉ, la $VO_2$ et la FC lors de la PPE. ....	40
Figure 7. Les valeurs totales de la DÉ, des kilocalories provenant de graisses et de la $VO_2$ lors de la PPE. ....	41
Figure 8. Les valeurs de la DÉ totale et celle provenant de graisses lors de l'exercice et la PPE combiné. ....	42

## Liste des annexes

Annexe A – Formulaire de consentement.....	75
Annexe B – Certificat d'éthique .....	81
Annexe C – Questionnaire sur l'aptitude à l'activité physique .....	82
Annexe D – Description des séances de laboratoire .....	83

## Chapitre 1 : INTRODUCTION

L'obésité et le surpoids sont présentement des termes quotidiens dans notre société. Auparavant considéré comme un problème touchant principalement les adultes dans les pays riches, l'obésité est maintenant un phénomène mondial affectant chaque âge, sexe et statut socioéconomique. L'obésité et le surpoids (OSP) engendrent souvent des impacts négatifs sur la santé physique ainsi que des effets néfastes sur le bien-être psychologique et social. Malgré que le style de vie soit au cœur de cette crise de santé, les déterminants de la santé sont sans doute la force motrice dirigeant nos choix quotidiens. Le revenu, l'éducation, la culture, l'environnement physique et l'environnement social ne sont que quelques-uns des facteurs influençant nos choix liés à l'activité physique et l'alimentation et, conséquemment, notre santé (Santé publique Ontario, 2013). Ordinairement, la jeunesse est un déterminant de la santé qui a un effet protecteur contre les conditions médicales reliées au style de vie. Malheureusement, l'OSP en font l'exception. L'OSP a depuis longtemps été observé chez l'adulte. Cependant, l'apparition précoce de l'OSP en si grand nombre est un phénomène relativement nouveau. Cette tendance crée non seulement un problème dans le présent en termes des complications médicales, sociales et économiques mais elle continuera à avoir un impact négatif sur toutes les sphères de la vie à mesure que ces enfants vieillissent puisqu'ils ont des chances accrues de demeurer obèses à l'âge adulte (Herman et al., 2009). Il a été mis en évidence que l'OSP crée des problèmes médicaux secondaires chez les adultes obèses. Mais, les adultes obèses d'aujourd'hui n'étaient pas nécessairement obèses comme enfant, ni même comme jeune adulte. D'après Kumar et al., (2017) les enfants obèses qui demeurent obèses comme adultes ont un risque accru du diabète, d'hypertension, de dyslipidémie, d'artériosclérose et d'incidents cardiovasculaires mortels. Il est

postulé que l'obésité aura un impact tellement néfaste sur cette génération que pour la première fois depuis des centaines d'années, l'espérance et la qualité de vie de ces jeunes seront inférieures à celles de leurs parents. (Olshansky et al., 2005).

Il est estimé qu'un adolescent à surpoids a 6.2 fois plus de chance d'être obèse à l'âge adulte qu'un adolescent à poids normal (Herman et al., 2009). Ce risque est encore plus prononcé chez les filles (Field, et al., 2005; Freedman et al., 2005; Laitinen et al., 2004). En comparaison aux garçons du même groupe d'âge, les adolescentes sont moins actives (Brodersen et al., 2007; Shay et al., 2013). Jumeler avec une tendance vers de mauvais choix alimentaires observée lors de l'adolescence (Cutler et al., 2011), ce manque d'activité physique pourrait en partie expliquer leur risque accru. En plus des effets sur la santé physique, l'OSP lors de l'adolescence a des conséquences au niveau social. Les adolescents obèses ont tendance d'être perçu par leurs pairs et les leurs enseignants d'activité physique comme ayant des défauts personnels tels qu'un manque d'intelligence, de motivation, de coopération et d'habiletés physiques (Lynagh et al., 2015; Huanya Li et al., 2017). En conséquent, l'OSP durant l'adolescence sont souvent liées à des expériences sociales négatives et au harcèlement, ce qui encourage davantage la surconsommation d'aliments, aggravant le problème (Lieberman et al., 2001; Neumark-Sztainer et al., 2002).

Considérant les conséquences immédiates et futures de l'OSP chez les adolescents et adolescentes, il existe un besoin essentiel d'intervention. Le besoin est d'avantage urgent chez les filles dû à leur risque accru et leurs mauvaises habitudes de vie. Bien qu'il n'y ait pas un manque de programmes amaigrissants visant les femmes, il y a un manque d'interventions pour affronter l'OSP chez les adolescentes en particulier. Ce groupe fait face à un grand nombre de défis. Les

aspects sociaux, familiaux, financiers, géographiques et intellectuels sont quelques-uns qui doivent être pris en considération dans l'élaboration des stratégies d'interventions. La complexité de ce groupe souligne le besoin d'interventions claires, spécifiques et efficaces pour prévenir les facteurs de risques liés à l'OSP. Malgré la complexité entourant l'OSP chez les adolescentes, la solution de base demeure de déséquilibrer le bilan énergétique en faveur de la dépense énergétique. Une prise de poids a lieu lorsque l'apport énergétique surpasse la dépense. En manipulant un des facteurs ou les deux, il est possible d'induire une perte de poids à court terme et à long terme (Field et al., 2003; Neumark-Sztainer et al., 2006). L'apport énergétique peut être manipulé en réduisant le nombre total de kilocalorie ingéré, en s'assurant que le total est inférieur à la dépense énergétique quotidienne. Plusieurs études ont observé une perte de poids chez les jeunes suivant une variété de régimes alimentaires (Kirk et al., 2012; Krebs et al., 2010). Ces études ont démontré que la manipulation des macronutriments (i.e. les régimes faibles en gras, hauts en protéines ou à basse charge glycémique) et l'emphase sur les choix sains peuvent être des méthodes efficaces pour induire la perte de poids chez les jeunes. Cependant, ces régimes peuvent être difficiles à maintenir (Kirk et al., 2012) et peuvent induire des pertes de masse maigre (Krebs et al., 2010). De plus, les adolescents et adolescentes utilisant des régimes alimentaires pour contrôler leur poids ont tendance à prendre plus de poids à long-terme (Field et al., 2003). Il n'existe donc pas de consensus quant à l'approche la plus efficace pour maintenir la perte de poids chez les jeunes (Kumar et al., 2017). Alternativement, la dépense énergétique (DÉ) peut être modifiée en incorporant plus d'activité physique. Comme décrit par Levine (Levine, 2007), il existe trois composantes de la DÉ : le métabolisme de base, l'effet thermique de l'alimentation et la thermogénèse de l'activité physique (TAP). La TAP est la composante qui est le plus facilement modifiable. La DÉ provenant de la TAP provient de deux sources d'activité

physique : une liée à l'exercice et une deuxième composante non liée à l'exercice (NEAT). La composante NEAT incorpore tous mouvements physiques effectués pour accomplir les tâches journalières qui n'ont pas le but d'améliorer la condition physique (Levine, 2007). Ceci inclut les activités de loisirs, les travaux ménagers, le transport actif et tous autres mouvements effectués lors de la journée. Pour la composante d'exercice, il s'agit de la participation à l'activité physique de façon volontaire avec le but de développer ou maintenir la condition physique. Étant donné que la majorité de la journée des jeunes est passée à l'école, il peut être difficile d'encourager l'augmentation de la DÉ à travers du NEAT puisqu'il n'existe pas toujours des options pour rendre cela possible. Cependant, l'exercice est facile à incorporer lors du temps libre. La pratique de l'activité physique est non seulement accessible mais elle produit aussi des effets favorables sur la santé physique, mentale et émotionnelle. Il est donc logique de modifier cet aspect du bilan énergétique pour augmenter la DÉ. Lors de l'exercice, il y a une augmentation de la DÉ pour fournir de l'énergie aux muscles qui travaillent pour effectuer la tâche. Ceci implique non seulement les muscles mais aussi le système cardiorespiratoire qui travaille à alimenter les muscles en oxygène. Après l'exercice squelettique, la DÉ peut demeurer élevée si la durée et l'intensité de la tâche physique étaient suffisants pour induire un excès de consommation d'oxygène post-exercice (EPOC) (Børsheim et al., 2003; LaForgia et al., 2006) . Comme la DÉ durant l'exercice, la DÉ associée à l'EPOC peut être maximisée en sélectionnant certains modes, types, durées et intensités d'exercice. Le concept d'EPOC a depuis longtemps été étudié chez les adultes, particulièrement les hommes. Malgré son impact sur le bilan énergétique, l'EPOC n'est pas toujours considéré comme un aspect de la DÉ pouvant avoir un impact sur la perte de masse grasse. En fait, il est souvent suggéré que la contribution de l'EPOC au bilan énergétique est négligeable en termes de son impact sur la perte de poids (LaForgia et

al., 2006). Cependant, l'EPOC chez les adolescentes est un thème rarement étudié. S'il est possible de préciser les paramètres d'exercice pouvant maximiser la DÉ de l'EPOC chez les adolescentes, ces informations pourraient être incorporées dès un jeune âge dans des régimes à long terme, ou mieux encore, dans des recommandations de style de vie. De cette façon, l'EPOC pourrait avoir le potentiel de contribuer significativement au bilan énergétique ainsi qu'à la prévention et au traitement de l'OSP. Sans recherche, il serait injustifié d'ignorer cet aspect de la DÉ comme outil potentiel contre l'OSP chez les adolescentes. Le but de cette recherche est donc d'élaborer le concept d'EPOC chez les adolescentes ainsi que de préciser les paramètres d'exercice pouvant maximiser son effet sur le bilan énergétique. Ces informations pourraient être appliquées aux recommandations d'activité physique chez les adolescentes obèses ou en surpoids visant la réduction de masse grasse.

## Chapitre 2: REVUE DE LA LITTÉRATURE

### 2.1 L'amplitude du problème de surpoids et d'obésité

L'Organisation mondiale de la Santé définit l'obésité et le surpoids comme «une accumulation anormale ou excessive de graisse corporelle qui peut nuire à la santé» (2016). Ils sont mesurés à l'aide de l'Indice de Masse Corporelle (IMC). Chez l'adulte, le surpoids correspond à un IMC égale ou supérieur à 25 et que l'obésité correspond à un IMC égale ou supérieur à 30.

L'identification de ces catégories devient plus complexe chez l'enfant et l'adolescent puisque que les taux de croissance diffèrent grandement parmi les individus. La figure 1 présente les courbes de croissance de l'IMC des filles de 5 à 19 ans basées sur les normes de croissance de l'OMS. Le surpoids et l'obésité sont caractérisés par un IMC au-delà de la médiane par un et deux écarts-type, respectivement (OMS, 2016).

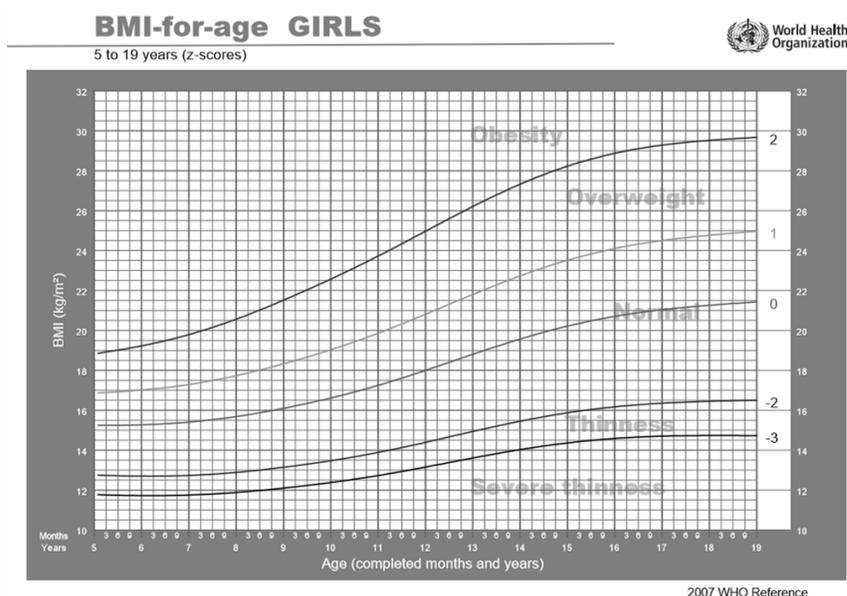


Figure 1. Les normes de croissance de référence pour les filles de 5 à 19 ans OMS 2007

En 2014, l'OMS a estimé le taux mondial de surpoids et d'obésité chez les adultes à 39% et 13%, respectivement, ce qui correspond au double des estimés effectués en 1980 (OMS, 2016).

Malheureusement, les statistiques canadiennes ne font pas exception. En 2014, Statistique Canada a estimé que 54% de la population adulte était soit obèse ou en surpoids (Gouvernement du Canada, 2016b), une augmentation considérable comparé au taux de 33.9% en 1985 (Twells et al., 2014). Malheureusement, les taux d'OSP de la ville du Grand Sudbury démontrent une tendance encore plus inquiétante. En 2013/2014, 64.4% (Sudbury & District Health Unit, 2016) de la population de la ville du Grand Sudbury était soit obèse ou en surpoids, ce qui est bien supérieur au taux provincial de 54.6% (Gouvernement du Canada, 2016a). Il est prévu que chez les adultes, le taux d'obésité au Canada continuera à augmenter de 4-5% par année, avec les classes d'obésité II (IMC >35) et III (IMC >40) subissant un accroissement plus rapide que la classe I (IMC >30<35) (Twells et al., 2014). Ceci est inquiétant considérant que les classes d'obésité II et III sont accompagnées de plus de problèmes médicaux et à la mort prématurée (Orpana et al., 2010; Twells et al., 2014). Bien que la prévalence de l'OSP en Ontario soit plus élevée chez les hommes, la vitesse à laquelle la prévalence augmente chez les femmes surpasse celle des hommes. Entre 2000 et 2011, les taux d'OSP en Ontario chez les femmes ont augmenté par 3.8% et 19.3%, comparé à -1% et 17.3% chez les hommes, respectivement (Twells et al., 2014). Malgré que les taux d'OSP présentement observés chez les jeunes soient plus faibles que ceux des adultes, la même tendance vers le surpoids est observée. Entre 2011 et 2014, le taux d'OSP chez les jeunes de 12-17ans en Ontario est passé de 19.9% à 23.3% (Gouvernement du Canada, 2016c). Chez les adolescentes le taux était de 16.9%, ce qui est significativement plus bas que le taux de 28% chez les garçons du même âge. Cependant, si l'augmentation rapide des

taux d'obésité chez les femmes est un indicateur des tendances futures pour les adolescentes, il est important d'essayer de trouver des solutions à ce problème.

Chez les jeunes, l'OSP sont associées à l'augmentation des facteurs de risque des maladies cardiovasculaires, la résistance à l'insuline, le diabète, la stéatose hépatique non alcoolique, l'apnée du sommeil, des problèmes pulmonaires et des complications musculosquelettiques (Kumar & Kelly, 2017). L'obésité chez les filles est associée à la maturation sexuelle et squelettique précoce ainsi qu'à des anomalies hormonales telles que l'hyper androgénie et le syndrome des ovaires polykystiques (Kaplowitz et al., 2001; Kumar et al., 2017). Ces conditions peuvent contribuer à des symptômes désagréables tels que l'acné, l'hirsutisme et des irrégularités menstruelles ainsi qu'à l'infertilité (Legro et al., 2013). Du point de vue psychosocial, l'obésité affecte négativement l'estime de soi, l'anxiété, la dépression, des problèmes qui ont tendance à persister à l'âge adulte (Kumar et al., 2017; Wang et al., 2009). Les jeunes ont tendance d'associer l'obésité à des qualités négatives comme un manque d'intelligence et d'habiletés sociales (Lynagh et al., 2015). Chez les adolescentes, les problèmes psychologiques ont tendance à augmenter leur niveau de sédentarisme et leur consommation désinhibée d'aliments, contribuant davantage à la prise de poids (Straatmann et al., 2016; Thompson et al., 2017). Sans intervention, les adolescents et adolescentes obèses entrent dans un cycle vicieux de problème de santé, puisque l'obésité lors de l'adolescence augmente le risque d'être obèse comme adulte par 600% (Singh et al., 2008). À l'âge adulte, le risque accru de complications médicales persiste et est souvent accompagné de désavantages psychosocial et économique, particulièrement chez les femmes. Les femmes qui étaient obèses comme adolescentes ont plus tendance d'être sans emplois et célibataire (Gortmaker et al., 1993; Viner et al., 2005). Au Canada, les femmes

obèses ont plus tendance d'être pauvre, ce qui est le contraire pour les hommes (Hajizadeh et al., 2014). Une étude effectuée aux États-Unis a estimé qu'une femme obèse peut s'attendre à un salaire entre 5.8% et 24% plus faible qu'une femme à poids normal, ou l'équivalent de 1.5 années d'éducation ou 3 ans d'expérience professionnelle (Puhl et al., 2009). Les individus obèses sont souvent perçus comme paresseux et moins qualifiés et aussi comme ayant de pauvres habitudes de travail, des problèmes émotionnels et des problèmes interpersonnels (Kolotkin et al. 2001), ce qui pourraient expliquer en partie l'écart de salaire.

Les conséquences nombreuses liées à l'obésité induisent également des coûts sur le système de santé. En 2013, le Canada a déboursé 6,9 milliard de dollars en coûts directs de l'obésité, c'est-à-dire aux coûts attribuables au traitement de l'obésité et ses complications médicales directes (Krueger, 2015). Cependant, quand on prend en considération les coûts indirects, comme le coût de l'absentéisme et les pertes de contributions de temps et de services à la société dû à l'invalidité et à la mort prématuré, ce chiffre atteint 23,3 milliards (Krueger, 2015). En fait, les coûts attribuables à l'OSP dépassent maintenant ceux du tabagisme (Krueger, 2015). Une portion de ce budget est consacrée aux interventions cherchant à réduire ou maintenir le poids corporel des individus à risque de complications. Ces interventions incluent la modification du style de vie, l'alimentation, l'activité physique, les traitements pharmaceutiques et les chirurgies bariatriques (Lau et al. 2007). Une intervention efficace devrait diminuer non seulement les risques chez l'individu, mais le coût total de l'intervention devrait être aussi inférieur au fardeau économique que l'obésité aurait mis sur l'économie sans intervention. Les interventions pour prévenir ou traiter l'obésité devraient ainsi être axées sur 4 buts majeurs : la prévention de la prise de poids; le maintien du poids; la gestion des maladies liées à l'obésité; la promotion de la

perte de poids (OMS, 2000). La promotion de l'activité physique a le potentiel de toucher chacun de ces buts. Malheureusement, peu d'interventions existent chez les adolescentes et l'obésité est généralement moins diagnostiquée chez les jeunes en comparaison aux adultes (Lobstein et al. 2004). Le développement de programmes adaptés aux besoins des adolescentes répondrait à un problème de santé publique actuel et préviendrait les complications futures qui nous attendent une fois que cette population atteindra l'âge adulte.

## **2.2 Les facteurs impliqués dans la prise de poids**

L'obésité est un problème complexe impliquant un grand nombre de facteurs sociaux, économiques, physiques et environnementaux, comme représentés dans la Figure 2. Parmi ces facteurs, l'Agence de la santé publique du Canada (2011) reconnaît que la qualité de l'alimentation, les passe-temps devant l'écran, le statut socioéconomique et le sédentarisme chez les jeunes sont les principaux facteurs contribuant à l'obésité. Malgré le grand nombre de facteurs impliqués, il existe un lien commun entre chaque aspect : le bilan énergétique. Un bilan énergétique positif, c'est-à-dire un apport alimentaire qui dépasse la dépense énergétique, est la cause directe de la prise de poids. Chaque facteur impliqué dans l'obésité influence soit l'apport énergétique ou la dépense énergétique. Il est donc important de bien comprendre ces deux facteurs de base pour commencer à trouver des solutions viables.

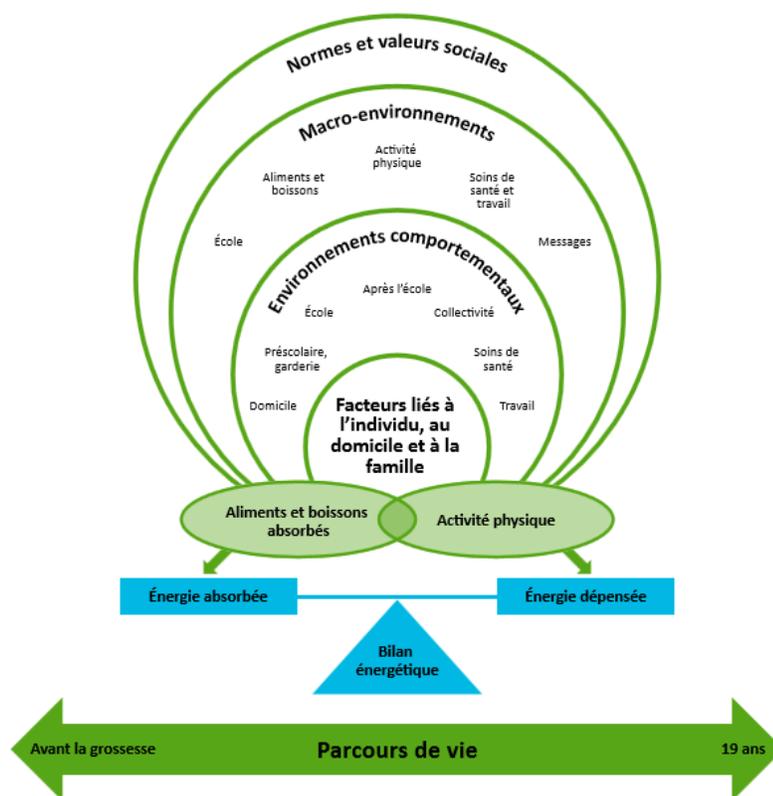


Figure 2. Obésité des enfants et des jeunes: Données probantes pour guider l'action en Ontario – Rapport sommaire (Septembre 2013). Toronto ON. Imprimeur de la Reine pour l'Ontario, 2013

### 2.2.1 Les facteurs impliqués dans la prise de poids : l'apport énergétique

Simplement dit, l'apport énergétique fait référence au nombre de kilocalories consommé provenant de l'alimentation. Comme déjà mentionné, la prise de poids a lieu lorsque l'apport énergétique surpasse la dépense énergétique. Pour discuter du problème de prise de poids, il est donc nécessaire de déterminer les facteurs qui contribuent à l'augmentation de l'apport énergétique. Au niveau des adolescents et adolescentes, l'apport énergétique est un thème complexe. Leurs choix alimentaires sont basés sur des facteurs tels que la disponibilité des aliments à la maison, les choix alimentaires des parents, les annonces publicitaires et le bien-être

psychologique. Plusieurs études démontrent que la qualité des choix alimentaires chez les jeunes se détériore une fois arrivée à l'adolescence (Boynton-Jarrett et al., 2003; Campbell et al., 2007; Lowry et al., 2002). Il en ressort que les adolescents et adolescentes consomment moins de fruits et légumes, plus de boissons gazeuses et plus de produits riches en gras. De plus, ces tendances semblent s'aggraver avec l'augmentation du temps passé à visionner la télévision (Boynton-Jarrett et al., 2003; Dehghan, et al., 2005; Lowry et al., 2002). La modification de l'apport énergétique pour induire la perte de poids est une technique utilisée depuis longtemps, mais ces techniques ne produisent pas toujours des effets favorables chez les adolescents et adolescentes. Malgré le fait que les régimes amaigrissants puissent induire la perte de poids à court terme, les jeunes utilisant de telles stratégies ont tendance à augmenter leur masse grasse et à développer une surcharge pondérale puisque les diminutions significatives de l'apport énergétique et la restriction d'aliments sont difficiles à maintenir à long terme (Field et al., 2003; Neumark-Sztainer et al., 2006). Certains régimes hypocaloriques peuvent aussi induire des pertes de masse maigre (Krebs et al., 2010). Ces pertes peuvent réduire les besoins énergétiques quotidiens et créer ainsi un besoin de limiter l'apport énergétique davantage pour maintenir le nouveau poids. En comparaison aux garçons, les adolescentes utilisant des régimes alimentaires sont plus à risque d'incorporer des techniques de perte de poids extrêmes ainsi que de développer des troubles alimentaires (Neumark-Sztainer et al., 2006). Habituellement, les régimes surveillés par un médecin rapportent des meilleurs résultats, mais ceci n'est pas toujours une option réaliste ou disponible (Field et al. 2003).

### **2.2.2 Les facteurs impliqués dans la prise de poids : la dépense énergétique**

La deuxième variable dans l'équation du bilan énergétique est la dépense énergétique. Elle est composée de plusieurs variables physiologiques qui seront discutées en détail plus loin dans ce document. En ce qui concerne la dépense énergétique et son effet sur la prise de poids chez les adolescentes, il suffit de concentrer l'attention sur l'activité physique (AP) comme la composante principale de la dépense énergétique ayant le pouvoir de modifier le bilan énergétique. La transition entre l'enfance et l'adolescence semble être un point critique dans le niveau d'AP chez les jeunes. Lors de cette transition, le temps relié à l'AP diminue considérablement, particulièrement chez les filles. En plus, au début de la puberté les filles réduisent davantage le temps qu'elles dévouent à l'AP (Canadian Fitness and Lifestyle Research Institute, 2016). En comparaison aux garçons, les filles prennent moins de pas par jour et participent à moins d'exercices, de sport, d'activités physiques parascolaires et de jeux récréatifs de plein air (Canadian Fitness and Lifestyle Research Institute, 2016; Colley et al., 2011; Dehghan et al., 2005; Gauthier, Laurence, Thirkill, & Dorman, 2012; Jaunzarins, Gauthier, King, Larivière, & Dorman, 2014). Un niveau inférieur d'activité chez les filles a aussi été observée lors de la journée scolaire chez les enfants de la 3<sup>e</sup> à la 6<sup>e</sup> année, malgré la mise en œuvre de la journée scolaire équilibré (Gauthier et al., 2012). Il est postulé que la journée scolaire équilibré (deux pauses de 45 minutes) permet plus de temps ininterrompu pour l'activité physique en comparaison à l'horaire scolaire traditionnelle (deux pauses de 15 minutes et une pause de 1 heure au midi)(Eat Right Ontario, 2015). Malgré que cette hypothèse fût supportée auprès des garçons, aucune différence significative n'a été observée entre la journée scolaire équilibrée et l'horaire scolaire traditionnel chez les filles. Une revue de la littérature par Standiford (2013) fait

ressortir plusieurs raisons pourquoi les filles participent à moins d'AP, incluant des barrières reliées à l'image corporelle, un manque d'activités agréables, un manque de temps, un manque de support social ou parental, un manque d'habiletés induisant le harcèlement et la comparaison des habiletés des filles à celles des garçons. D'autres facteurs qui contribuent au déclin des taux d'AP sont le manque d'opportunités de faire de l'activité physique dans les écoles ainsi que dans les communautés (Janssen et al., 2005) et la réduction de l'utilisation du transport actif, tels que la marche ou le vélo, pour se déplacer. De plus, les parents ont souvent tendance à décourager certains types d'activité dû à la perception de danger et encourager des passe-temps sédentaires car ils requièrent moins de supervision (Dehghan et al., 2005; ParticipACTION, 2016).

En plus du manque de pratique de l'activité physique, le temps sédentaire joue un rôle important dans la prise de poids. Le temps sédentaire est considéré comme les activités qui consomment peu d'énergie, incluant le temps d'écran (télévision, jeux électroniques, ordinateur, etc.) ainsi que le temps assis (la salle de classe, les travaux scolaires, le transport, etc.) (Costigan et al., 2013). La popularité des passe-temps sédentaires tels que la télévision, les jeux vidéo et les ordinateurs contribuent significativement au déséquilibre du bilan énergétique puisqu'il s'agit d'opportunités d'activité physique manquées et donc une réduction de la dépense énergétique quotidienne (Kaur et al., 2003). Entre 1988 et 2004, le temps dévolu à ces activités chez les jeunes de 12 à 17 ans est passé de 9 heures à 20 heures par semaine (Shields, 2006). En 2006, Shields a rapporté que 35% ayant plus de 30 heures de visionnement de télévision par semaine étaient OSP, comparé à 23% pour ceux qui visionnaient 10 heures ou moins de télévision par semaine. Sachant que les filles participent à moins d'AP, il n'est pas surprenant que le temps sédentaire des filles surpasse celui des garçons (Colley et al., 2011). En plus d'avoir un impact

sur la prise de poids, le temps d'écran chez les adolescentes a un impact négatif sur la qualité et la quantité de leur sommeil, leurs aptitudes physiques et leur bien-être psychosocial et est associé à une augmentation de douleurs musculosquelettiques (Costigan et al., 2013). En outre, les adolescentes ayant plus de temps d'écran se perçoivent comme moins compétentes dans les sports et les activités physiques en général, peu importe le montant de temps qu'elles passent à faire des activités physiques (Webb et al., 2013).

En partenariat avec l'Agence de la santé publique du Canada, la Société canadienne de physiologie de l'exercice (SCPE) a développé des lignes directrices soulignant les facteurs influençant la dépense énergétique. Les *Directives canadiennes en matière de mouvement sur 24 heures à l'intention des enfants et des jeunes* (SCPE, 2016) sont destinées aux jeunes de 5 à 17ans. Pour assurer une santé optimale, les directives suggèrent que sur 24 heures, les jeunes entre 14 et 17ans devraient accumuler : 1) 8 à 10 heures de sommeil; 2) 60 minutes d'activité physique d'intensité moyenne à élevée; 3) plusieurs heures d'activités physiques d'intensité légère; et 4) un maximum de 2 heures de temps d'écran. *Le Bulletin de l'activité physique chez les jeunes* (ParticipACTION, 2016) recueille des informations sur les comportements d'AP et de style de vie chez les jeunes et compare celles-ci aux recommandations disséminées par la SCPE. Les résultats mettent en évidence la sévérité du manque d'activité physique et l'excès du temps sédentaire. En 2016, ils ont trouvé que seulement 5% des jeunes de 12 à 17 ans ont atteint le minimum de 60 minutes d'activité physique quotidienne recommandée. Au niveau secondaire entre 2012 et 2013, seulement 3% des jeunes ont atteint la recommandation du temps sédentaire, avec un temps moyen d'écran étant de 8,2 heures/jour. En Ontario, 43% des jeunes du niveau secondaire ont obtenus 8 à 10 heures de sommeil par nuit, ce qui pourrait expliquer pourquoi

36% d'eux ont de la difficulté à demeurer éveillés durant les heures normales d'éveil (ParticipACTION, 2016). Le thème du manque de sommeil est relativement nouveau dans les études sur l'obésité chez les jeunes mais est un facteur important à considérer. Au cours des dernières décennies, on observe une diminution de 30 à 60 minutes moins de sommeil par nuit, indiquant que le sommeil devient de moins en moins une priorité (ParticipACTION, 2016). Un manque de sommeil chez les jeunes peut induire des changements hormonaux, augmentant le risque d'obésité, d'hypertension et de diabète (Gruber, 2015). De plus, les jeunes qui manquent de sommeil participent à moins d'activité physique et ont des taux plus élevés de dépression et de pensées suicidaires (Sarchiapone et al., 2014; Stone et al., 2013).

Il est bien connu que les bienfaits de l'activité physique surpassent les risques potentiels (ParticipACTION, 2016). En plus d'améliorer la santé physique et d'influencer positivement le bilan énergétique, l'AP aide à améliorer les symptômes de dépression clinique, la concentration, l'apprentissage, le rendement scolaire et les niveaux de bonheur auto déclaré chez les jeunes (ParticipACTION, 2016; Radovic et al., 2017). L'activité physique sert aussi comme outil efficace pour prévenir la perte de poids au cours des années et pour maintenir les pertes induites par les régimes alimentaires (Gillison et al., 2006). Considérant les bienfaits de l'AP et les barrières identifiées spécifiquement chez les filles, il est justifiable de suggérer l'élaboration de recommandations d'AP pour des adolescentes comme une option viable pour contrôler la prise de poids chez ce groupe.

### 2.2.3 Les composantes de la dépense énergétique

La dépense énergétique (DÉ) est une variable composée de trois facteurs principaux : le métabolisme de base (MB), l'effet thermique de l'alimentation (ETA) et la thermogénèse de l'activité physique (TAP) (Levine, 2007). Le MB correspond à l'énergie utilisée lorsque le corps est en état de repos en position allongée dans un environnement thermo-neutre et calme, suivant 12 heures de jeûne (Henry, 2005). Cette énergie représente environ 60% à 75% de la dépense énergétique journalière et correspond aux fonctions indispensables du corps (Henry, 2005; Levine, 2007), telles que le fonctionnement des organes vitaux, la respiration et le maintien de la température corporelle. En relation directe avec la surface corporelle et la masse maigre, le MB correspond à environ 60% des kilocalories (kcal) consommées par jour (Levine, 2007). L'ETA correspond à l'énergie consacrée à la digestion, l'absorption et l'entreposage des aliments et correspond de 10% à la DÉ totale (Levine, 2004). La TAP correspond de 15% à 30% de la DÉ et est la composante la plus modifiable de la DÉ. La TAP est l'énergie utilisée par le corps pour effectuer toutes tâches physiques (Wilmore & Costill, 2002). Tout mouvement effectué par les muscles squelettiques requiert de l'énergie, ce qui contribue à la TAP, et donc à la DÉ totale. L'utilisation d'énergie n'est pas seulement limitée au temps d'exercice, mais persiste lors de la période de repos immédiatement suivant l'exercice. La DÉ liée à l'AP a donc une composante directe, ayant lieu lors de l'activité, et une composante indirecte, ayant lieu une fois que l'activité est terminée.

### 2.2.3.1 Les processus énergétiques: la composante directe de l'activité physique

Durant l'activité physique, le muscle a besoin d'ATP (adénosine triphosphate) pour effectuer les contractions musculaires. Comme expliqué par (McArdle et al., 2010) l'ATP représente la devise énergétique du corps. Étant donné qu'il n'y a qu'une petite quantité d'ATP disponible dans les cellules, l'ATP doit donc être continuellement resynthétisé pour rencontrer les besoins énergétiques de l'organisme. Dépendant de la durée et l'intensité de la demande physique imposée, différents systèmes énergétiques sont requis pour le renouvellement de l'ATP. Le premier système dit phosphagénique, utilise les molécules d'ATP et de phosphocréatine entreposées dans les muscles comme source d'énergie. Lorsque que le corps se met en mouvement, les muscles ont la capacité d'utiliser cette molécule (ATP) pour répondre rapidement au besoin énergétique. La quantité d'ATP-PC disponible n'offre que quelques secondes d'activité aux muscles. Le corps doit ensuite compenser ses besoins énergétiques à partir d'une autre source relativement rapide qui prendra en grande partie le relais à la production d'énergie, le système glycolytique. Ce système permet une synthèse de l'ATP à partir des molécules de glycogène et de glucose et ce en absence d'oxygène, c'est-à-dire dans un environnement anaérobie. L'addition de ce système à la production énergétique permet de poursuivre une activité musculaire pendant plusieurs secondes et même quelques minutes. Cependant, la durée de ces systèmes sont limitée par l'accumulation d'ion d'hydrogène ( $H^+$ ) ou des problèmes d'activation des pompes à calcium ( $Ca^{+}$ ), qui inhibent la contraction musculaire. Puisque les systèmes phosphagénique et glycolytique produisent de l'ATP en absence d'oxygène ils sont considérés comme les voies anaérobies. Si les besoins énergétiques se poursuivent et surpassent la capacité des voies anaérobies à produire l'énergie nécessaire, le système oxydatif

sera sollicité pour contribuer à la formation d'ATP. Celui-ci permet d'hydrolyser plusieurs substrats énergétiques et produire ainsi des molécules d'ATP qui permettront aux muscles de travailler durant une longue période de temps. Le système oxydatif est considéré comme la voie aérobie puisqu'il a besoin l'oxygène pour rencontrer la demande d'ATP. Afin d'atteindre cette demande, la ventilation augmente pour apporter au sang l'oxygène nécessaire et éliminer les déchets (lactate, H<sup>+</sup>) créés lors de la production d'énergie. La fréquence cardiaque augmente elle aussi afin d'accroître le débit cardiaque, ce que permet la régénération de l'ATP. La production d'ATP peut être effectuée en hydrolysant les hydrates de carbone, les lipides et les protéines comme substrat énergétique. Il est possible lors des activités physiques d'estimer la proportion métabolisée de chaque substrat énergétique à partir du quotient respiratoire (QR) non protéiné, qui est le rapport entre le gaz carbonique expiré et l'oxygène inspiré (CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>). Un QR se rapprochant de 1.0 signifie une prépondérance de substrats énergétiques provenant du glucose tandis qu'un QR de 0.70 signifie une prépondérance de substrats énergétiques provenant des lipides. Un chariot métabolique analysant les gazes inspirés et expirés permet d'évaluer le QR. Les chariots métaboliques permettent ainsi de mesurer la consommation d'oxygène (VO<sub>2</sub>), c'est-à-dire la différence entre le volume de litre d'oxygène inspirée et expirée par minute. C'est à partir du QR et du VO<sub>2</sub> qu'il est possible de calculer la dépense énergétique des exercices aérobies. Il est par conséquent plus difficile de calculer la DÉ lors d'exercices ayant une composante anaérobie tels que la musculation ou les exercices à intervalles de haute intensité.

### **2.2.3.2 Les processus énergétiques: la composante indirecte de l'activité physique**

Il est clair que l'exercice produit une augmentation de la DÉ dû aux processus énergétiques nécessaires pour répondre aux demandes physiques. La majorité de la DÉ lors d'un exercice

prolongé est dérivée à partir du système oxydatif. Cependant, au début de l'exercice, le corps sollicite premièrement les voies anaérobies jusqu'à ce qu'il puisse faire la transition au système oxydatif. Lors de cette transition, les besoins énergétiques surpassent ce que le système oxydatif peut fournir. Les voies anaérobies fournissent donc l'énergie manquante jusqu'à ce que le système oxydatif atteigne l'état stable (Costill et al., 2006). Cette différence entre le niveau d'oxygène requis pour l'exercice et l'oxygène consommée est nommé déficit d'oxygène (Figure 3, (Costill et al., 2006). Une fois que la consommation d'oxygène atteint l'état stable, le système oxydatif continue à fournir l'énergie. Lors de cette phase, il est possible de calculer la DÉ puisqu'elle est un facteur du montant d'oxygène métabolisé.

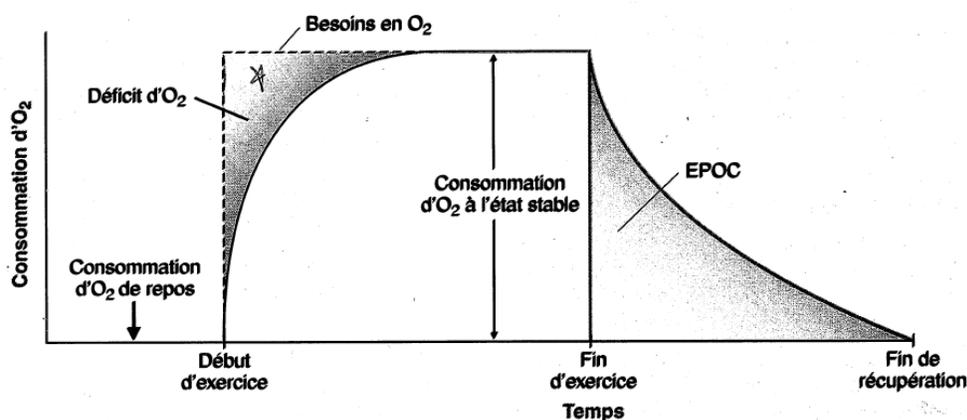


Figure 3. Les besoin en oxygène à l'exercice et pendant la récupération. Illustration du déficit d'oxygène et le l'excès de consommation d'oxygène post-exercice (EPOC) (Costill & Wilmore, 2006)

À l'arrêt de l'exercice, la demande d'oxygène diminue graduellement vers la valeur de repos. Cependant, la DÉ ne revient pas immédiatement aux valeurs de repos une fois que la demande physique est terminée. En fait, la DÉ peut demeurer élevée pendant quelque temps durant la période post-exercice. Ce phénomène observé lors de la période post-exercice (PPE) est connu

comme l'excès de consommation d'oxygène post-exercice (EPOC = Excess Post-exercise Oxygen Consumption, Figure 3). Durant la PPE, la dépense énergétique demeure élevée, mais pour des raisons différentes que lors de l'exercice. Pendant des minutes, voir des heures, suivant l'exercice, le corps effectue une gamme de processus pour remettre le corps à un état de repos. Ces processus incluent : la restauration de l'ATP, de la phosphocréatine et du glycogène à l'intérieur du muscle squelettique; la redistribution des ions sodium-potassium; le rétablissement d'O<sub>2</sub> dans le sang et les muscles; la réparation des tissus; le rétablissement de la fréquence cardiaque, de la ventilation et de la température corporelle à leur valeur de repos ainsi que l'élimination du lactate (Thornton et al., 2002; Vander, 2009). L'EPOC n'est pas incluse dans le calcul de la TAP puisqu'elle est difficile de quantifier et dépend de la durée et de l'intensité de l'exercice effectué.

### **2.3 L'importance de l'EPOC comme outil dans la gestion de l'obésité**

L'importance de la dépense énergétique durant la phase d'EPOC et sa contribution au bilan énergétique, surtout en terme de son impact sur la perte de poids est réfuté par certains chercheurs (Burleson Jr. et al., 1998; LaForgia et al., 2006). Malgré le fait que l'EPOC ne représente qu'une petite portion de la dépense énergétique quotidienne, son accumulation à long terme pourrait être d'importance significative pour les gens obèses, les personnes présentant une surcharge pondérale ou celles à risque de prise de poids. Par exemple Burleson et al. (1998) ont démontré qu'un exercice de 27 minutes sur tapis roulant à 45% du VO<sub>2max</sub> produit une DÉ de 208 kilocalories pendant l'exercice et un EPOC de 64 kilocalories durant les 30 minutes suivant l'exercice. Si cette tâche est effectuée 3 fois par semaine, au bout d'un an, 32,448 kilocalories seraient consacrées à l'exercice seul, ce qui correspondrait à une perte de 4.2 kilogrammes de

masse grasse. Si les valeurs d'EPOC (9,984 kilocalories/année) sont ajoutées à cette dépense énergétique, une perte additionnelle de 1.3kg serait observée, soit une augmentation de 31% de la perte induite par l'exercice seule, malgré la courte durée de l'EPOC. Considérant que l'intensité (45% du  $VO_{2max}$ ) et la durée (27 minutes) de cet exercice sont relativement faibles, il est intéressant de voir que l'EPOC a toujours un effet considérable sur la perte de poids à long-terme. Petrofsky et al. (2011) ont pu induire un EPOC d'une durée de plus de 24 heures suivant un exercice de 6 minutes de haute intensité. Ils ont montré que la DÉ de l'EPOC était 5 fois celle de l'exercice, et que le régime pourrait induire une perte de 1 livre dans 10 jours si effectué de façon quotidienne. Ces études mettent en évidence le rôle potentiel de l'EPOC dans la perte ou le maintien du poids et le besoin d'explorer cette variable comme composante de la prescription d'activité physique. Elles soulignent aussi le fait que les propriétés d'un exercice, soit l'intensité et la durée, ont un impact significatif sur la durée et l'amplitude de l'EPOC.

### **2.3.1 EPOC : L'importance de la durée et l'intensité de l'exercice**

L'amplitude et la durée de l'EPOC dépendent directement des propriétés de l'activité effectuée, telles que sa durée et son intensité. Tant qu'à la majorité des recherches effectuées sur ces deux facteurs, il semble que la relation entre l'EPOC et l'intensité de l'exercice soit curvilinéaire, tandis que la relation entre l'EPOC et la durée est plutôt linéaire (Børsheim et al., 2003). En fait, d'après Gore et al. (1990), l'intensité explique 5 fois plus de la variance de l'EPOC que la durée ou le travail total de l'exercice. Une plus longue durée d'exercice produit un EPOC de plus longue durée et de plus grande amplitude qu'un exercice de courte durée (Quinn et al., 1994). Une intensité élevée aura le même effet, mais de façon plus importante. L'intensité est donc habituellement le facteur à manipuler pour produire des changements significatifs au niveau de

l'EPOC. Cependant, pour bien évaluer l'effet de l'intensité et de la durée d'un exercice sur l'EPOC, il est nécessaire de prendre en considération une troisième variable : le travail total accompli. Le travail est le résultat de l'interaction entre l'intensité et la durée. Il est important de contrôler cette variable pour être en mesure d'attribuer les variances de l'EPOC d'un exercice soit à son intensité ou sa durée. En comparant deux exercices aérobies de travail égal, Phelain, et al. (1997) ont démontré que l'intensité joue en fait un rôle plus important sur la durée et l'amplitude de l'EPOC, que la durée de l'exercice. Cette même tendance a été observé en comparant des exercices de force musculaire de travail égal (Thornton et al., 2002; Wu et al., 2006). Puisque ces études ont comparé des exercices du même type (aérobie; force musculaire), le travail peut être comparé en quantifiant le  $VO_2$  lors de l'exercice et les charges totales soulevées, respectivement.

### **2.3.2 EPOC : L'importance du mode d'exercice**

Choisir les exercices du même type est une considération importante de la méthodologie pour être en mesure de contrôler la variable 'travail'. Cependant, c'est un problème méthodologique qui survient fréquemment dans la littérature. Townsend et al. (2013) ont démontré qu'un exercice à intervalles (3 × test Wingate de 30 secondes, suivi par 4 minutes de repos) produit un EPOC supérieur à un exercice continu (30 minutes à 60% de la Fréquence cardiaque de réserve). Malgré que les deux séances aient été effectuées sur un ergocycle, elles ne sont pas du même type du point de vue des processus énergétiques. L'exercice continu est de nature aérobie, tandis que l'exercice maximal a été effectué à une intensité qui suggère l'implication des voies anaérobies. Comme déjà mentionné, il est difficile de comparer le travail effectué entre les exercices aérobies et anaérobiques puisque les voies énergétiques ne sont pas les mêmes.

L'intensité d'un effort anaérobie ne peut pas être quantifiée à partir du  $VO_2$  puisque ce type d'exercice est effectué indépendamment de la consommation d'oxygène. Il est donc difficile de s'assurer d'une quantité de travail équivalente entre les conditions pour être en mesure d'attribuer les effets exclusivement au type d'exercice. Toutefois, ces études soulignent l'importance d'évaluer l'EPOC suivant des exercices à intervalles. Les exercices à intervalles de haute intensité (HIIE) produisent des réductions importantes de la masse grasse en comparaison aux exercices continus (Boutcher, 2010; Trapp et al., 2008). Cependant, l'EPOC n'en ait peut-être pas la cause. McGarvey, et al. (2005) ont trouvé des mesures d'EPOC semblables suivant des exercices à intervalles (7 x [2 minutes à 90% du  $VO_{2max}$ ] suivi par 3 minutes à 30% du  $VO_{2max}$ ) et des exercices continus (30-32 minutes à 65% du  $VO_{2max}$ ). Cependant, les mêmes erreurs méthodologiques sont présentes et donc les résultats devraient être interprétés avec prudence. Plus amples recherches doivent être effectuées à ce sujet, mais il semble que la réduction de la masse grasse pourrait être attribuée à un changement des substrats énergétiques suivant l'exercice (Boutcher, 2010).

### **2.3.3 EPOC : L'importance du sexe**

Le sexe des sujets est aussi une variable à considérer pour éviter les sources d'erreur dans la quantification de l'EPOC. Chez la femme, le cycle menstruel peut faire varier le métabolisme de base. Il a été démontré qu'au cours de la phase lutéale, le métabolisme de base subit une élévation de 9% dû à l'augmentation de la température corporelle, la fréquence cardiaque, la ventilation et la sécrétion de progestérone (Costill et al., 2006; Smekal et al., 2007; P. Webb, 1986). Ceci doit être considéré dans l'interprétation des résultats des études car une élévation de la dépense énergétique au-delà du MB pourrait signifier les changements induits par le cycle

menstruel et non ceux de l'EPOC. Il est donc idéal d'effectuer des évaluations métaboliques lors de la phase folliculaire pour éviter ces hausses du MB attribuable au cycle menstruel. Braun et al. (2005) ont effectué leurs évaluations lors de la phase folliculaire. Ils ont comparé l'EPOC suivant une session de musculation (8 exercices [3 séries de 15 répétitions]) et une session sur tapis roulant (durée et  $VO_2$  équivalent à la session de musculation). Malgré le fait qu'ils ont bien contrôlé pour le cycle menstruel, ils ont tenté de comparer le travail de ces deux sessions à l'aide du  $VO_2$  malgré le fait que la session de musculation n'était pas un exercice aérobie. La contribution énergétique de la composante anaérobie n'a pas fait l'objet d'une attention particulière, ce qui met en question la méthode par laquelle ils ont tenté de contrôler le travail des exercices. De tels problèmes méthodologiques mettent en question une partie de l'interprétation des résultats.

### **2.3.4 EPOC : L'importance de la composition corporelle**

La composition corporelle soulève également des défis dans l'interprétation des résultats d'EPOC. L'EPOC peut être exprimé en terme absolu, relatif au poids total ou relatif à la masse maigre. Ceci est important à considérer puisque la composition corporelle varie entre les hommes et les femmes ainsi qu'entre les personnes entraînées et non-entraînées. C'est pourquoi le nombre d'étude effectuant une comparaison de la consommation d'oxygène post-exercice entre les hommes et les femmes sont difficiles et peu nombreuses (Børsheim et al. 2003). Berg, (1991) a comparé l'EPOC entre des hommes et des femmes actifs. Après 30 minutes d'exercice à faible intensité, la consommation d'oxygène a été mesurée pendant 1 heure. Les valeurs d'EPOC ont été comparées en termes de DÉ absolue suivant l'exercice sans comparer celles-ci aux valeurs contrôles recueillies au repos. Après avoir été ajustées selon le poids et le pourcentage de

graisse, les valeurs démontrent un EPOC significativement supérieur chez les hommes. Smith et al. (1993) ont également effectué une comparaison de l'EPOC chez des hommes et des femmes après 30 minutes d'exercice à 40%, 50% et 70% de leur  $VO_{2max}$ . Encore une fois, l'EPOC chez les hommes était significativement supérieur, en durée et amplitude, suivant chaque séance d'exercice. Cependant, la différence dans l'amplitude disparaît une fois que les chiffres sont exprimés en valeur relative au poids et toutes différences disparaissent quand l'EPOC est transformé en pourcentage de la DÉ totale de l'exercice. Tahara et al. (2008) ont montré une relation positive entre l'EPOC absolu et la quantité de masse maigre chez les hommes, mais cette différence disparaît quand l'EPOC est exprimé de façon relative. Ces études mettent en évidence les attentions particulières à apporter lors de comparaison relatives au sexe et à la composition corporelle ainsi que l'importance des choix méthodologiques appropriés à la question de recherche.

### **2.3.5 EPOC : L'importance de la condition physique**

Le niveau de conditionnement physique d'un individu peut également influencer les valeurs de l'EPOC. Comme mentionné ci-dessus, la composition corporelle, qui varie entre les sujets entraînés et non-entraînés, devrait être prise en considération dans l'interprétation des valeurs d'EPOC. En général, l'amplitude de l'EPOC chez les sujets entraînés semble être égale aux sujets non entraînés, mais la durée de celle-ci est plus courte (Børsheim et al., 2003; Short et al., 1997). La DÉ des sujets entraînés semblent donc revenir aux valeurs de repos plus rapidement. Short et al. (1997) ont reproduit ces résultats après 30 minutes d'exercice de travail égal. La durée de l'EPOC des sujets entraînés était inférieure à celles des sujets non-entraînés, soit 40 minutes et 50 minutes, respectivement. Par contre, l'amplitude de l'EPOC n'était pas

significativement différente entre les deux groupes. Il semble que l'entraînement aérobie induit des adaptations métaboliques qui permettent au corps de stabiliser sa dépense énergétique, de diminuer la fréquence cardiaque et d'éliminer le lactate sanguin plus rapidement suite à l'exercice (Costill et al., 2006; Shortet al., 1997). Abboud et al. (2013) ont démontré que l'intensité d'un exercice de force musculaire joue un rôle moins important chez les hommes entraînés. Suivant 2 sessions d'exercice de force musculaire avec un volume total de 10 000kg et 20 000kg, l'EPOC n'était pas significativement différent d'une condition à l'autre. Il se pourrait que l'entraînement en musculation produise des adaptations au niveau de la restauration de l'ATP-PC ou de l'élimination du lactate, éliminant un effet mesurable durant la PPE.

### **2.3.6 EPOC : L'importance du jeûne**

Un thème qui revient souvent dans la littérature concernant l'EPOC est l'état de jeûne lors de l'exercice. Habituellement, les participants des études effectuent les séances d'exercices suivant une période de jeûne. Ceci est incorporé dans le protocole expérimental pour éviter l'influence de l'ETA sur les valeurs d'EPOC. Cependant, il a été démontré que la restriction alimentaire avant l'exercice peut diminuer les valeurs d'EPOC de façon significative (Fukuba, Yano, Murakami, Kan, & Miura, 2000). Dépendant de la composition du met, l'ETA peut avoir une durée de 2 heures jusqu'à au-delà de 6 heures (Crovetti et al., 1998; Karst et al., 1984; Soucy et al., 1998). Une durée prolongée est souvent attribuable à un met riche en protéines, tandis que les repas riches en gras ou hydrate de carbones ont un ETA plus court (Crovetti et al., 1998). Alors qu'il est important de contrôler l'influence de l'ETA sur les mesures d'EPOC, il est également important de ne pas être dans un état de jeûne avancé.

### **2.3.7 EPOC : Les aspects non-explorés**

La littérature sur l'EPOC et les facteurs qui peuvent l'influencer est abondante. Il a été démontré que chez les adultes, l'EPOC peut contribuer à la perte de masse grasse et dans le maintien du poids corporel. Les études antérieures ont mis en évidence que l'intensité est le facteur principal influençant l'ampleur et la durée de l'EPOC, suivi par la durée de l'exercice (Børsheim et al., 2003; Gore et al., 1990; Phelain et al., 1997; Quinn et al., 1994; Thornton et al., 2002; Wu et al., 2006). Le rôle du sexe et du niveau d'entraînement, de l'alimentation et des HIIE sur l'EPOC restent à être explorés plus profondément. Cependant, il existe peu d'information au niveau de l'EPOC chez les adolescentes de 12 à 17 ans. En examinant les effets de l'intensité, la durée et quantité d'énergie dépensée lors d'un exercice sur les valeurs d'EPOC chez les adolescentes, nous pourrions être en mesure de faire de meilleures recommandations pour celles dans ce groupe d'âge qui cherchent à maintenir ou réduire leur poids corporel. L'importance d'explorer l'EPOC chez les adolescentes est évidente quand l'on considère leurs niveaux d'OSP, leur taux accru de sédentarité et les barrières particulières qui découragent les filles à participer à l'AP. Les données recueillies pourraient faciliter la tâche de ceux et celles cherchant à prescrire des régimes d'activité physique ayant comme but de maximiser la dépense énergétique, particulièrement durant les phases de sédentarité, pour permettre le maintien ou la perte de poids chez les adolescentes.

## **2.4 Questions et hypothèses de recherche**

Dans cette étude, les effets de l'intensité, de la durée et de la quantité d'énergie dépensée lors d'un exercice (i.e. travail) sur l'EPOC seront examinés chez des adolescentes. Nous cherchons à vérifier comment l'intensité, la durée et le travail d'un exercice influencent l'EPOC des adolescentes et qu'elle en est l'amplitude et ce, tout en contrôlant les effets du cycle menstruel, de la composition corporelle, du niveau d'entraînement et de l'alimentation. Nous souhaitons valider l'EPOC comme un aspect important du bilan énergétique et démontrer l'impact potentiel sur la perte de poids chez les adolescentes.

### **Question de recherche**

Est-ce que l'intensité, la durée et le travail total d'un exercice ont un impact sur l'amplitude et la durée de l'EPOC chez l'adolescente sédentaire?

### **Hypothèses**

Nous anticipons que les résultats chez les adolescentes suivront les tendances observées chez les adultes. Autrement dit, nous soulevons les hypothèses suivantes:

1. L'amplitude et la durée de l'EPOC suivant un exercice de plus haute intensité seront supérieures à celles obtenues lors d'un exercice à plus basse intensité et de quantité d'énergie dépensée équivalente.
2. L'amplitude et la durée de l'EPOC d'un exercice à longue durée seront significativement supérieures aux données d'un exercice à courte durée de la même intensité.

3. L'intensité relative de l'exercice augmentera l'EPOC de façon plus importante que la durée d'un exercice.

## **Chapitre 3 : MÉTHODOLOGIE**

### **3.1 Sujets**

Huit participantes âgées de 16.4 ans ( $\pm 1.3$ ) ont été recrutées dans des écoles secondaires de la région. Toutes les participantes et leurs parents ont lu et signé le formulaire de consentement (Annexe A) approuvé par le comité d'éthique de l'institution (Annexe B). Pour s'assurer de l'existence ou non de contraindications reliées à l'exercice, un questionnaire sur l'aptitude à l'activité physique (Q-AAP, Annexe B) a été distribué aux participantes avant le début de l'étude. Une fois leur participation acquise, les participantes ont reçu un document incluant les directives pour chaque séance de laboratoire (Annexe C). Elles ont dû informer l'évaluatrice de la période de leur cycle menstruel (première journée des menstruations) afin d'établir un estimé de la phase folliculaire durant laquelle les évaluations ont été effectuées.

### **3.2 Évaluation initiale**

Chaque participante s'est présentée au laboratoire en matinée lors de la phase folliculaire de son cycle menstruel. Elle devait être à jeun depuis 12 heures et avoir effectué le moins d'activité physique possible depuis l'éveil. Une fois arrivée au laboratoire, le poids corporel et la taille ont été mesurés. Un cardio fréquencemètre (Polar S610) a été utilisé afin de mesurer la fréquence cardiaque. Dans un lieu calme, relaxe et privé, les participantes furent allongées pendant 30 minutes pour l'évaluation du MB. L'analyseur métabolique (Vmax ST Encore, SensorMedics, CA, États-Unis), équipé d'une canopée, a été calibré et placé par-dessus la tête de la participante pour la durée du test. La moyenne des mesures de  $VO_2$  lors des dernières 10 minutes a été

calculée pour être en mesure d'exprimer le métabolisme de base en kilocalories/minute (kcal/min). Par la suite, la pression artérielle, la composition corporelle et le  $VO_{2max}$  ont été mesurés.

Le pourcentage de graisse a été mesuré à l'aide de la pesée hydrostatique équipé d'une jauge de force. Le protocole de l'évaluation a été expliqué aux sujets avant et durant la mesure de la composition corporelle. La jauge de force a été calibrée avant chaque mesure.

Une analyse des taux de glucose, lactate et triglycérides a été effectuée par l'entremise d'un prélèvement sanguin pris du bout du doigt utilisant un Penlet 2. Le doigt de la participante a été préparé en utilisant un tampon d'alcool. Les échantillons ont été analysés avec les appareils suivantes : le 'Lactate Pro test meter' (Arkray Inc., Koji, Japon) et le 'Portable Whole Blood Test System' (CardioChek, États-Unis).

Le dernier test de la phase initiale fut celle de la mesure de capacité aérobie ( $VO_{2max}$ ). Il a été effectué sur Ergocycle (Ergoline VO905 electromagnetic cycle ergometer, GmbH, Bitz, Allemagne) pour mesurer la consommation maximale d'oxygène des participantes. Le protocole expérimental a été expliqué à chaque participante avant le début du test. Après un léger échauffement sur l'ergocycle sans résistance, la participante a débuté le test à une résistance de 75 watts (W) tout en maintenant une vitesse de pédalage de 60rpm pour la durée du test. À des intervalles de trois minutes, la charge de travail a été augmentée de 25 W jusqu'à l'atteinte du  $VO_{2max}$ . L'atteinte du  $VO_{2max}$  a été déterminée par trois critères : la fréquence cardiaque maximale ( $220 - \text{âge}$ ), un quotient respiratoire (QR)  $\geq 1$  et une consommation d'oxygène ( $VO_2$ ) plus ou moins stable malgré une augmentation de l'intensité de l'exercice. Ce test a eu l'utilité de

fournir les données nécessaires pour établir la résistance associée aux intensités du protocole expérimental. Les participantes ont été encouragées verbalement lors de l'évaluation pour assurer l'atteinte des critères du  $VO_{2max}$ .

### **3.3 Protocole expérimental**

Trois conditions expérimentales, effectuées à trois différentes occasions avec au moins 48 heures de récupération entre les séances ont été effectuées. Les participantes se sont présentées au laboratoire en s'assurant d'avoir bien suivies les directives envoyées. Elles devaient être à jeun depuis au moins 2 heures avant le protocole expérimental. Des échantillons de glucose, lactate et triglycérides ont été évalués avant l'exercice, suivant le protocole de l'évaluation initiale. La FC a été mesurée durant tous les tests à l'aide d'un cardio fréquencemètre (Polar S610). Le protocole expérimental a été expliqué à chaque participante avant le début du test. Un masque a ensuite été installé sur le visage des participantes. Afin d'obtenir une mesure de base, les participantes ont demeurées en position assise pendant 5 minutes avant le test. La consommation d'oxygène a été mesurée à l'aide d'un analyseur métabolique Vmax dont la calibration a été faite avant chaque test. Le protocole expérimental comptait 3 conditions d'exercice. Pour les conditions #1 et #2, les participantes ont fait 30 et 60 minutes d'exercice ergocycle à une intensité équivalente à 50% de leur  $VO_{2max}$ . L'ordre de ces conditions a été choisi de façon aléatoire. Pour la condition #3, les sujets ont dû s'exercer sur l'Ergocycle à une intensité équivalente à 70% de leur  $VO_{2max}$  jusqu'à ce qu'elles atteignent une dépense énergétique identique à celle de la condition 2 (voir Tableau 1). Au cours de l'exercice, la consommation d'oxygène ( $VO_2$ ), la ventilation ( $V_e$ ) et la FC ont été mesurées de façon continue utilisant l'analyseur métabolique Vmax et le cardio-frequencemètre. Après l'exercice, les participantes se sont allongées sur un fauteuil dans une

salle calme, relaxe et privée. La consommation d'oxygène ( $VO_2$ ) et la ventilation ( $V_e$ ) ont été mesurées pendant 80 minutes en utilisant un canopée qui a été placé par-dessus la tête de la participante pendant la durée du test. Des échantillons de sang ont été prélevés durant cette période (à  $t_0$ ,  $t_{10}$ ,  $t_{30}$  et  $t_{60}$ ), suivant le protocole de l'évaluation initiale afin d'y analyser la concentration de glucose, de lactate et de triglycérides. La dépense énergétique lors des séances d'exercice et des 80 minutes post-exercice a été calculée en déterminant le nombre de kcal/l d'oxygène associé au QR en utilisant la table de quotient respiratoire non protéique de Péronnet & Massicotte (1991). Les valeurs obtenues ont ensuite été corrigées pour l'effet du MB en soustrayant la DÉ du MB déterminée lors de l'évaluation initiale.

Tableau 1. Conception expérimentale

Intensité	Conditions	
50% du $VO_{2max}$	Condition 1 : Durée : 30 minutes DÉ : 250 kcal	Condition 2 : Durée : 60 minutes DÉ : 500 kcal
70% du $VO_{2max}$	X	Condition 3 : Durée : variable DÉ : 500 kcal

Tableau 2. Description des séances de laboratoire

Séance	Protocole (durée)	Durée totale
Séance 1	Métabolisme de base (30 min), pesée hydrostatique (10 min), analyses sanguines (5 min), $VO_{2max}$ (20 min).	65 minutes
Séance 2	Exercice sous-maximal à 50% du $VO_{2max}$ (30 min), EPOC (80 min)	110 minutes
Séance 3	Exercice sous-maximal à 50% du $VO_{2max}$ (60 min), EPOC (80 min)	140 minutes
Séance 4	Exercice sous-maximal à 70% du $VO_{2max}$ (durée variable), EPOC (80 min)	80 minutes + durée variable de l'exercice

### **3.4 Analyse statistique**

Le logiciel SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) a été utilisé pour effectuer les analyses sur les intervalles de 10 minutes. Les statistiques descriptives incluent la moyenne et l'écart type. L'analyse de la variance (ANOVA) à mesures répétées a été effectuée pour comparer les données obtenues avant, durant et après chaque condition expérimentale. Étant donné le petit échantillon, on a aussi effectué une analyse non paramétrique Friedman, qui est plus conservatrice que l'analyse de la variance. Le seuil de signification a été fixé à  $p < 0.05$  dans toutes les analyses. Lorsqu'il y avait une différence entre les trois phases de l'expérience, on a utilisé le test post hoc LSD (comparaisons multiples avec ajustement LSD) à la suite de l'analyse de la variance et le test post hoc Wilcoxon à la suite de l'analyse Friedman. Les deux types de test, paramétriques et non paramétriques, ont abouti à des résultats identiques.

## Chapitre 4 : RÉSULTATS

Les mesures anthropométriques des adolescentes non-entraînées (N= 8) sont représentées dans le Tableau 3. La valeur d'Écart type du Tableau 3 indique le classement des sujets d'après leur IMC selon les normes de croissance de référence de l'OMS (Figure 1).

Tableau 3. Caractéristiques des sujets

Âge	16.38 ± 1.3
Taille (cm)	164.38 ± 3.5
Poids (kg)	65.98 ± 6.9
Masse grasse (%)	27.03 ± 4.6
VO <sub>2max</sub> (L/min)	2.27 ± 0.29
IMC	24.43 ± 2.55
Écart type	0.75 ± 0.46

La Figure 4 illustre la durée, l'intensité et la DÉ d'exercice de chaque condition expérimentale. Les durées d'exercice pour CD et LD étaient fixées à 30 et 60 minutes respectivement. La durée d'exercice de HI a été estimée par la DÉ et donc a varié d'un sujet à l'autre. La durée de chaque exercice est significativement différente des autres (CD 30min ± 0; LD 60min ± 0; HI 36min ± 5.26) ( $p < 0.05$ ). Le pourcentage du VO<sub>2max</sub> auquel l'exercice de haute intensité (HI) a été effectué ( $76\% \pm 0.14$ ) est significativement plus élevée que l'exercice de courte durée (CD) ( $61\% \pm 0.095$ ) et l'exercice de longue durée (LD) ( $62\% \pm 0.082$ ) ( $p < 0.05$ ). La DÉ lors de l'exercice LD ( $417\text{kcal} \pm 36.69$ ) est significativement supérieure à CD ( $206\text{kcal} \pm 32.62$ ) et HI ( $309\text{kcal} \pm 62.39$ ).

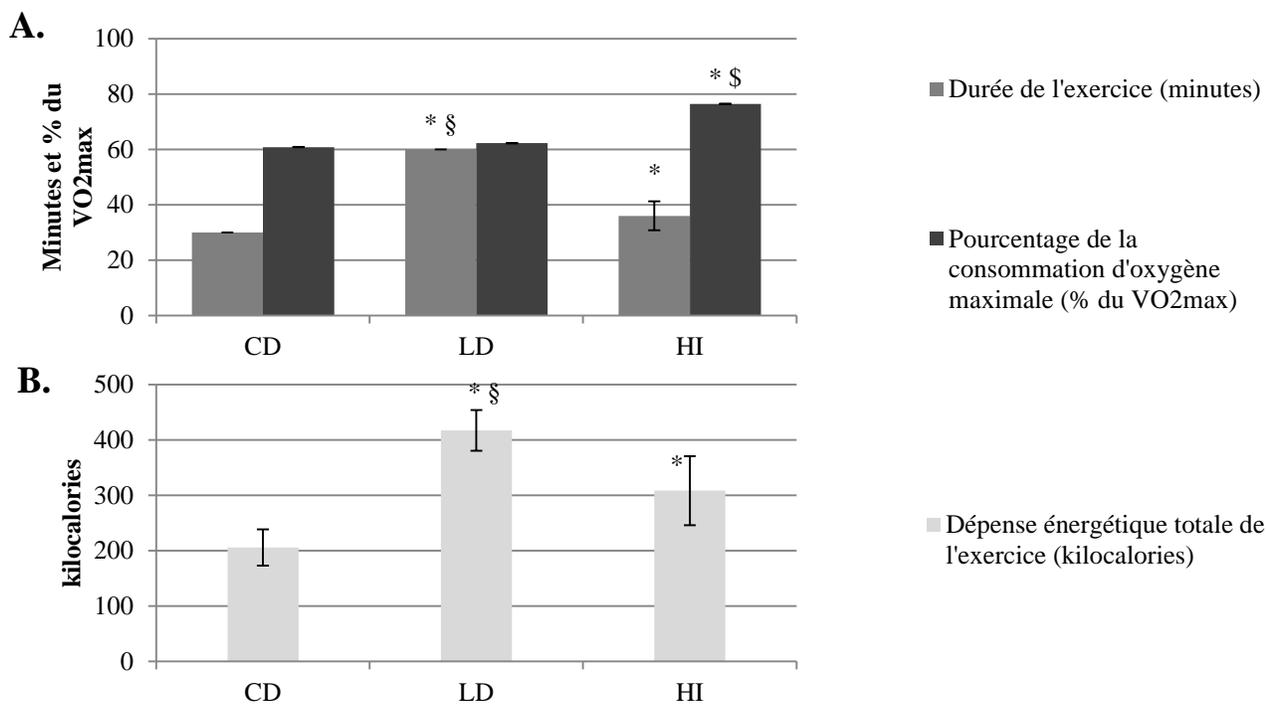


Figure 4. Présente la durée, l'intensité relative (% du VO<sub>2</sub>max) (A) et la DÉ (B) des exercices lors des trois conditions expérimentales.

\* désigne un résultat significativement différent de CD ( $p < 0.05$ );

§ désigne un résultat significativement différent de LD ( $p < 0.05$ );

§ désigne un résultat significativement différent de HI ( $p < 0.05$ ).

#### 4. 1 Les évaluations métaboliques (VO<sub>2</sub>, QR, DÉ, Ve, FC) lors de la période post-exercice (PPE)

Le VO<sub>2</sub> a été calculé aux intervalles de 10 minutes lors des 80 minutes de la PPE (Figure 5A). Le

VO<sub>2</sub> de LD est demeuré significativement plus élevé par rapport au MB lors d'un plus grand

nombre d'intervalles comparé à CD et HI. Aucune différence significative n'a été identifiée entre

les conditions lors des intervalles.

Le QR a également été calculé aux intervalles de 10 minutes lors de la PPE. HI et LD ont produit un QR significativement différent au MB à t30 (Figure 5B). Aucune différence significative n'a été identifiée entre les conditions lors des intervalles, ni au niveau du QR moyen des conditions.

La DÉ a été calculé aux intervalles de 10 minutes lors de la PPE. Comme illustré dans la Figure 5C, la DÉ de LD est demeuré significativement supérieur au MB pour la durée complète de la PPE, comparativement à 10 et 40 minutes pour CD et HI, respectivement. Aucune différence significative n'a été identifiée entre les conditions.

La ventilation a également été calculée aux intervalles de 10 minutes lors de la PPE. Aucune différence significative n'a été observée au niveau des intervalles de 10 minutes (Figure 5D).

La FC a été mesurée toutes les 10 minutes lors de la PPE. La FC pour la condition LD était significativement supérieur à celle associée au MB à t10, t30 et t90. La FC pour la condition CD était significativement supérieur à celle du MB à t30 (Figure 5E). Aucune différence significative n'a été identifiée entre les conditions.

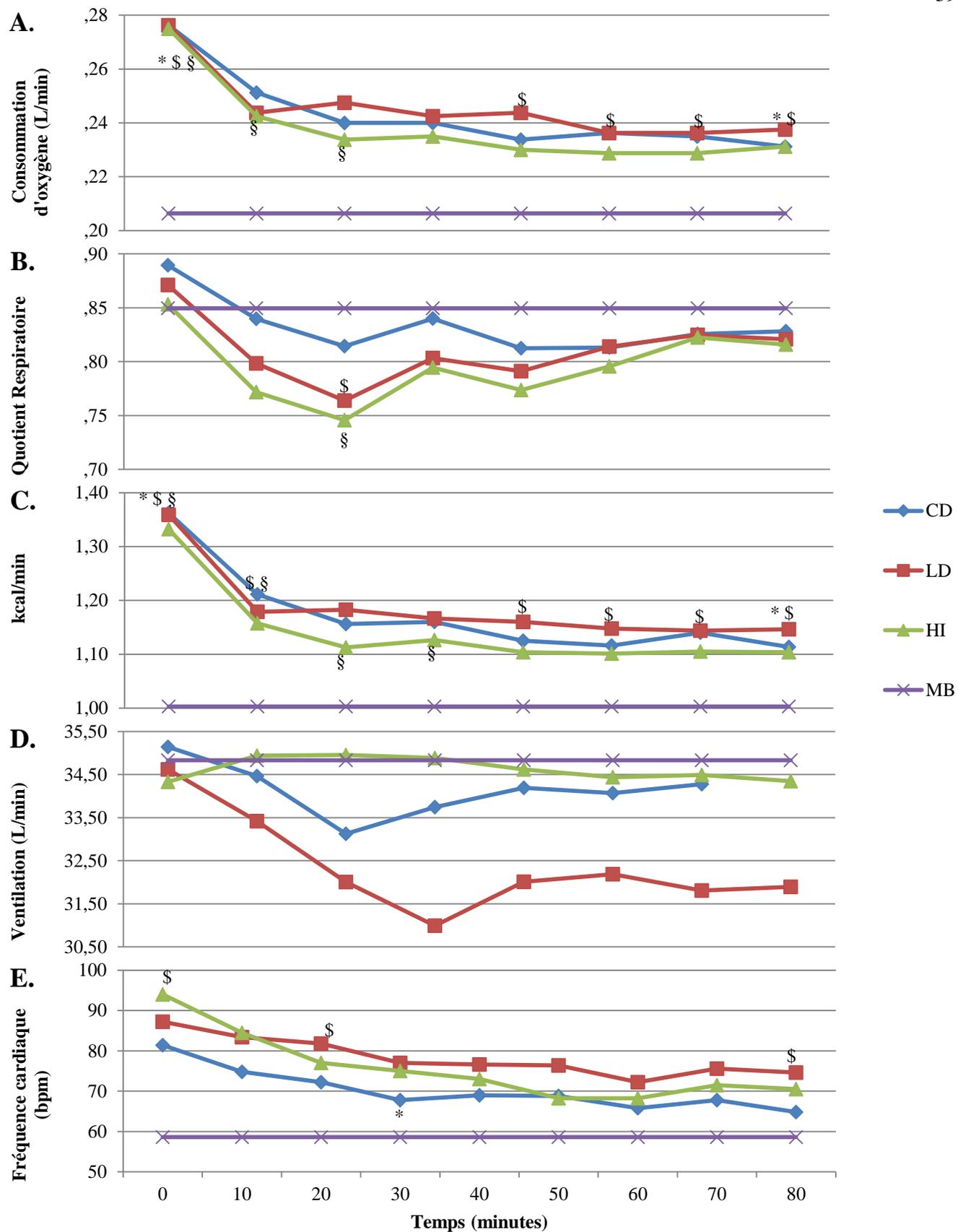


Figure 5. Présentation de la VO<sub>2</sub> (A), du QR (B), de la DÉ (C), de la Ve (D) et de la FC (E) aux intervalles de 10 minutes lors de la PPE des 3 conditions (CD, LD et HI) et le MB.

\* désigne une différence significative entre MB et CD ( $p < 0.05$ );

\$ désigne une différence significative entre MB et LD ( $p < 0.05$ );

§ désigne une différence significative entre MB et HI ( $p < 0.05$ ).

La moyenne de la DÉ, la  $VO_2$  et la FC pour les 8 intervalles de la PPE ont été calculées pour les trois conditions (Figure 6). Aucune différence significative n'ont été observées au niveau de la DÉ moyenne et de la  $VO_2$  moyenne. La FC moyenne de LD ( $82 \text{ bpm} \pm 10.42$ ) fut significativement supérieur à CD ( $72.9 \text{ bpm} \pm 13.23$ ) ( $p < 0.05$ ).

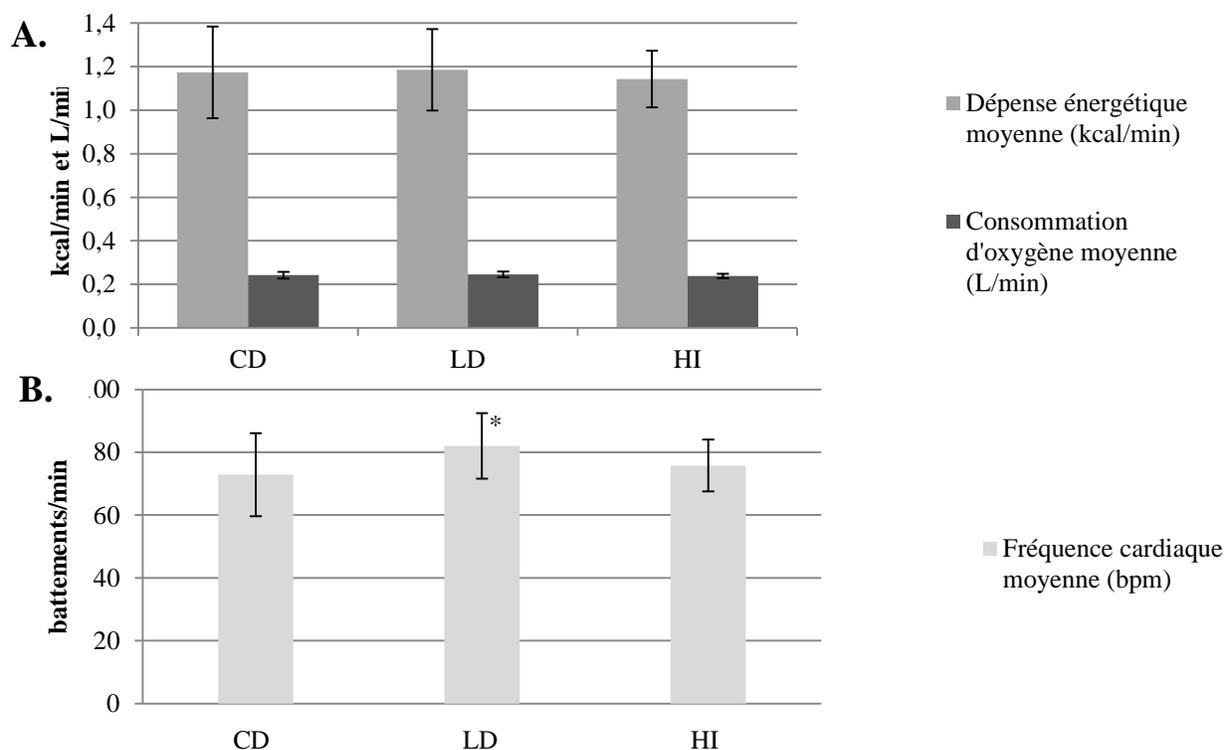


Figure 6. Présente la DÉ, la  $VO_2$  (A) et la FC (B) lors de la PPE.  
\* désigne un résultat significativement différent de CD ( $p < 0.05$ );

## 4.2 La dépense énergétique et les substrats énergétiques

La DÉ totale, le total d'énergie dérivés des graisses et la  $VO_2$  total lors de la PPE ont été calculés pour les 3 conditions (Figure 7). Aucune différence significative n'a été observée ( $p > 0.05$ ).

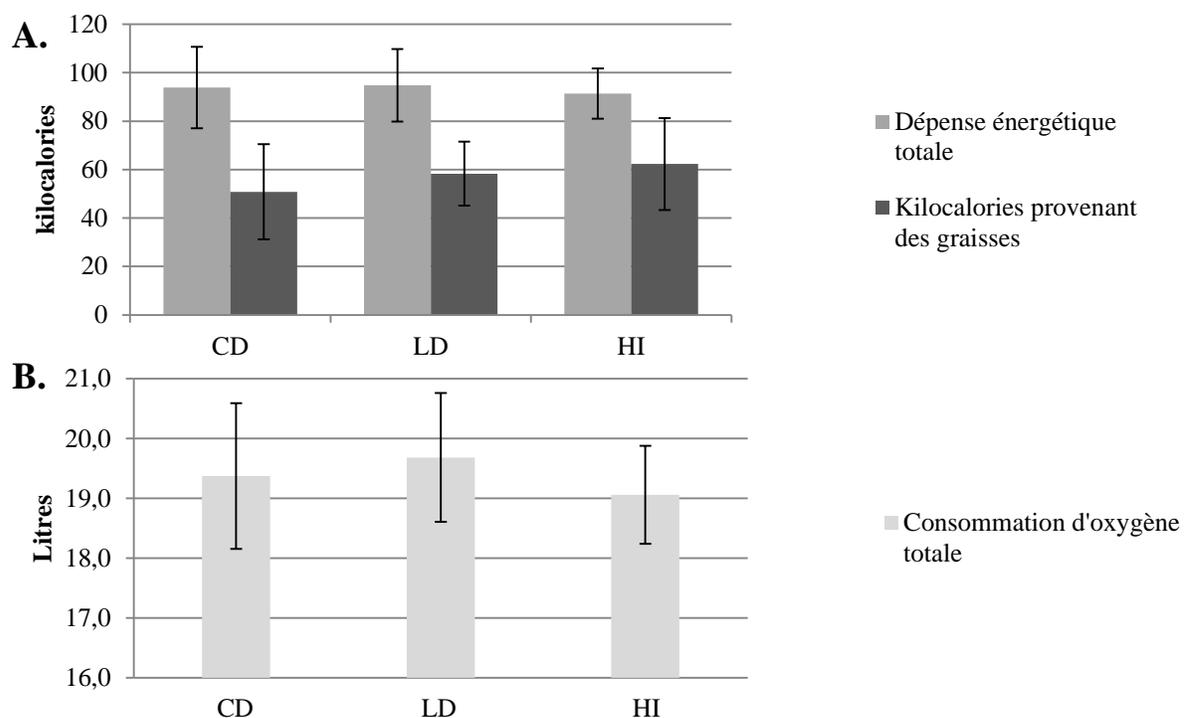


Figure 7. Les valeurs totales de la DÉ, des kilocalories provenant de graisses (A) et de la VO<sub>2</sub> (B) lors de la PPE. Aucune différence significative n'a été observée ( $p > 0.05$ ).

La DÉ totale et l'énergie dérivée des graisses lors de l'exercice et la PPE combiné ont été calculés pour les 3 conditions. Les différences significatives sont illustrées dans la Figure 8. LD ( $512.24 \text{ kcal} \pm 46.04$ ) a produit une DÉ 71% plus élevée ( $p < 0.05$ ) que CD ( $299.72 \text{ kcal} \pm 42.85$ ) et 28% plus élevée ( $p < 0.05$ ) que HI ( $399.92 \text{ kcal} \pm 59.6$ ) ( $p < 0.05$ ). LD ( $130.89 \text{ kcal} \pm 60.86$ ) a aussi dérivé 68% plus d'énergie des graisses que CD ( $78.08 \text{ kcal} \pm 37.88$ ) ( $p < 0.05$ ).

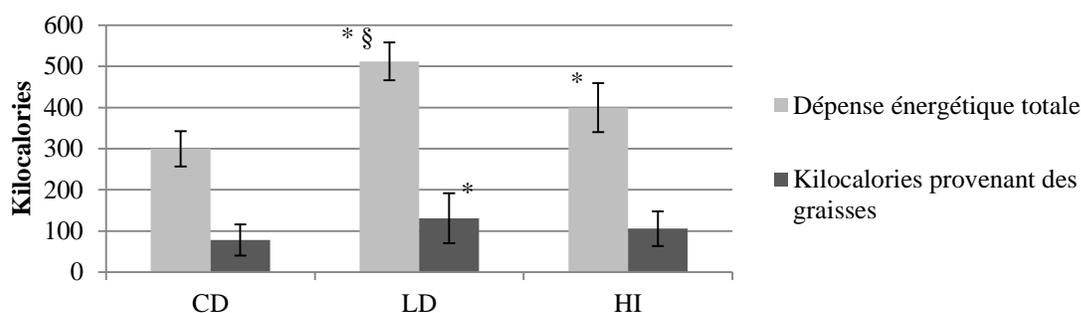


Figure 8. Les valeurs de la DÉ totale et celle provenant de graisses lors de l'exercice et la PPE combiné.

\* désigne un résultat significativement différent de CD ( $p < 0.05$ );

§ désigne un résultat significativement différent de HI ( $p < 0.05$ ).

La concentration du glucose, des triglycérides et du lactate sanguin a été évaluée avant l'exercice ainsi qu'aux intervalles de t0, t10, t30, t60 et t80 durant la PPE (Tableau 4). Quant aux valeurs de glucose et triglycérides, aucune différence significative n'a été identifiée entre les conditions lors des mesures préexercice, ni lors des intervalles ( $p > 0.05$ ). La lactatémie préexercice ne fut pas significativement différente entre les conditions ( $p < 0.05$ ). La concentration de lactate suivant HI était significativement supérieure à CD et LD aux intervalles de t0 et t10 ( $p < 0.05$ ).

Tableau 4. Les concentrations du glucose, des triglycérides et du lactate sanguin évaluées lors de la PPE des 3 conditions.

	pré	t0	t10	t30	t60	t80
Glucose	CD	5.20 ±0.3	5.26 ±0.5	4.76 ±0.3	4.40 ±0.3	4.36 ±0.3
	LD	5.04 ±0.3	4.36 ±0.3	4.39 ±0.2	4.53 ±0.2	4.31 ±0.1
	HI	4.74 ±0.1	4.37 ±0.2	4.51 ±0.2	4.51 ±0.1	4.61 ±0.3
Triglycérides	CD	1.45 ±0.9	1.08 ±0.6	1.08 ±0.6	0.93 ±0.2	0.89 ±0.2
	LD	1.0 ±0.4	0.89 ±0.2	0.78 ±0.1	0.92 ±0.4	0.82 ±0.2
	HI	1.21 ±0.6	0.81 ±0.3	0.85 ±0.2	1.41 ±1.1	0.75 ±0.1
Lactate	CD	§ 4.04 ±1.9	§ 2.46 ±0.6	2.26 ±0.8	2.41 ±1.0	1.67 ±0.3
	LD	§ 3.46 ±1.4	§ 2.24 ±0.7	1.93 ±0.7	1.71 ±0.5	1.63 ±0.2
	HI	5.83 ±1.4	3.86 ±1.1	3.23 ±1.7	1.99 ±0.6	1.69 ±0.8

§ désigne un résultat significativement différent de HI ( $p < 0.05$ ).

## Chapitre 5 : DISCUSSION

Malgré avoir été un sujet d'étude depuis des décennies, le rôle de l'EPOC dans la perte de poids demeure un sujet controversé. Les informations sur l'EPOC que nous avons recueillies jusqu'à présent proviennent majoritairement d'études effectuées auprès des adultes, nous laissant à extrapoler l'impact de l'EPOC sur la perte de poids au niveau des adolescentes. L'objectif de cette étude était de déterminer l'effet de la durée, l'intensité et la dépense énergétique de l'exercice sur l'EPOC chez les adolescentes sédentaires. Nous voulions déterminer si il est possible de moduler la DÉ au cours de la PPE pour être en mesure d'appliquer cette information au niveau des recommandations d'exercices aérobies pour les adolescentes visant à perdre du poids ou maintenir un poids santé.

La méthodologie originellement établie comprenait trois exercices physiques sur ergocycle : 30 minutes à 50% du  $VO_{2max}$  (CD); 60minutes à 50% du  $VO_{2max}$  (LD); une durée d'exercice variable effectuée à 70% du  $VO_{2max}$  jusqu'à ce que la DÉ soit égale à celle de LD (HI). Cette conception nous permettait de manipuler la durée et l'intensité de l'exercice tout en contrôlant l'effet du travail total de l'exercice, quantifié par la DÉ lors de l'exercice. Cependant, nous n'avons pas atteint une DÉ équicalorique entre LD et HI comme prévu (Figure 4). Le calcul de la DÉ de HI a été estimé à partir de la consommation d'oxygène cumulative lors de l'exercice. Puisque cette estimation n'a pas pris en considération le QR au cours de l'exercice, l'estimation n'a pas été aussi précise qu'anticipé. De plus, nous n'avons pas quantifié la contribution énergétique provenant des voies anaérobies. D'après di Prampero (1981), la contribution énergétique des voies anaérobies lors d'un exercice sous-maximal peut être calculée à partir de

l'accumulation sanguine de lactate post-exercice. Considérant que les valeurs de lactate post-exercice de HI À t0 et t10 étaient significativement supérieures à CD et LD, il se peut que la DÉ totale calculée a été sous-estimée. Pour bien effectuer ce calcul, la prise du lactate sanguin doit être précisément standardisée, incluant le site de l'échantillon. Étant donné que nous n'avons pas suivi les consignes di Prampero lors des échantillons sanguins, nous ne sommes pas en mesure d'incorporer cette formule dans le calcul de la DÉ total. Malgré cela, cette étude nous a permis de comparer l'EPOC suivant trois exercices de différentes durées, intensités et DÉ chez les adolescentes sédentaires.

Lors de cette étude, nous avons vérifié trois hypothèses. Nous avons identifié si l'augmentation de la durée et/ou l'intensité d'un exercice augmente aussi l'EPOC. Nous avons aussi identifié si l'intensité a un effet supérieur à celui de la durée. Puisque que nous n'avons pas pu contrôler pour l'effet du travail total comme prévu dans notre méthodologie, nous avons aussi déterminé l'effet de trois niveaux de travail sur l'EPOC.

Nos résultats démontrent que chez les adolescentes sédentaires, il n'y a aucun avantage à augmenter l'intensité, la durée ou le travail total de l'exercice pour maximiser l'EPOC. De plus, aucun de ces trois facteurs n'a augmenté l'oxydation des acides gras (OAG) ou la DÉ durant la PPE. Cependant, en considérant l'effet combiné de l'exercice et la PPE, l'OAG a été maximisé par l'exercice de LD. La condition LD a produit 131kcal provenant des graisses comparé à 78kcal et 106kcal pour CD et HI, respectivement. De plus, le taux de DÉ de LD lors de l'exercice et la PPE combiné était significativement supérieur à CD, malgré la même intensité d'exercice. Cet effet n'a pas été reproduit en comparant LD et HI, bien que LD a produit plus d'OAG que HI.

Aucun avantage n'a été identifié au niveau de l'EPOC, la DÉ ou l'OAG lors de la PPE en comparant les 3 conditions expérimentales ayant des différents niveaux de travail total, exprimé en DÉ. La DÉ total de chaque condition était significativement différente des autres conditions ( $p < 0.05$ ). LD fut la condition sollicitant le plus de travail total à 417kcal, suivi par HI (309kcal) et CD (206kcal). Malgré que LD ait produit plus que le double de travail total que CD, aucun effet sur l'EPOC, la DÉ ou l'OAG n'a été observé. Notre méthodologie originale avait comme objectif d'atteindre une DÉ égale entre LD et HI pour être en mesure d'isoler l'effet de l'intensité de l'exercice. Cependant, nous n'avons pas atteint ce critère et donc la DÉ totale de LD était significativement supérieure à celle de HI. Puisque LD a produit une plus grande DÉ que HI, l'effet du travail total aurait pu avoir atténué l'effet de l'intensité. Cependant, nous pouvons confirmer que la DÉ supérieure de LD n'a pas atténué l'effet de l'intensité de HI puisqu'il n'existe pas non plus de différence significative entre HI et CD. La DÉ ainsi que la durée de CD sont significativement inférieures à HI et pourtant il n'y a aucun effet significatif.

Cependant, l'effet du travail total est mis en évidence quand on considère l'effet combiné de l'exercice et la PPE. L'OAG et le taux de DÉ de LD étaient significativement supérieurs à CD. Malgré une différence de 103kcal et 106kcal entre HI vs CD et LD vs HI, respectivement, l'OAG ou le taux de DÉ n'étaient pas significativement différents entre ces conditions. Ceci suggère que pour que le travail de l'exercice produise un effet significatif, il doit avoir un écart supérieur à 106kcal entre deux exercices.

Chez les adolescentes, effectuer un exercice de longue durée n'est pas avantageux en termes d'induire une augmentation de l'EPOC, la DÉ ou l'OAG lors de la PPE. De plus, aucune différence significative n'a été démontrée au niveau des évaluations sanguines de lactate, glucose

et triglycérides suivant LD et CD. Il est important de souligner que l'exercice de LD effectué par nos sujets avait une durée correspondant au double de celle de l'exercice de CD, alors que leurs intensités étaient les mêmes (62% et 61% du  $VO_{2max}$ , respectivement). D'après ces résultats, nous avons rejeté l'hypothèse que l'EPOC d'un exercice à longue durée serait supérieur à l'EPOC d'un exercice à courte durée de la même intensité.

Nos résultats s'enlignent avec quelques recherches antérieures. Lors de l'étude de Quinn et al. (1994), aucune différence au niveau de l'EPOC ou de l'OAG n'a été démontrée suivant 20 et 40 minutes d'exercice à 70% du  $VO_{2max}$ . Puisque les sujets de cette étude étaient des femmes entraînées (30.2 ans  $\pm$  5) il se peut que l'écart de durée entre les deux conditions était trop petite pour induire des différences dans les processus physiologiques (Quinn et al., 1994). L'effet de la durée de l'exercice a été observé auprès des adolescents sédentaires lors de l'étude d'Herbert (2013). Ces sujets ont effectués 30 et 60 minutes d'ergocycle à 50% de leur  $VO_{2max}$ . Pareillement à notre étude, la durée de l'exercice n'a produit aucune différence significative au niveau de l'EPOC, l'OAG ou la DÉ lors de la PPE (Herbert, 2013).

Nos résultats diffèrent de la grande majorité des études accomplies dans le domaine. Il est grandement reconnue que l'EPOC augmente de façon linéaire en fonction de la durée de l'exercice quand l'intensité de celle-ci est  $\geq 50-60\%$  du  $VO_{2max}$  (Børsheim & Bahr, 2003; LaForgia et al., 2006). LD et CD ont été effectués à 62% et 61% du  $VO_{2max}$ , respectivement, mais une augmentation linéaire de l'EPOC entre LD et CD n'a pas été observée. Une étude effectuée chez des jeunes adultes actifs (4 hommes, 3 femmes) a comparé l'EPOC et l'OAG suivant 30minutes et 90minutes d'exercice sur ergocycle à 50% du  $VO_{2max}$ . L'EPOC a été mesuré pendant 90minutes suivant l'exercice. Ils ont déterminé que l'exercice de longue durée a

significativement augmenté la DÉ et l'OAG lors de la PPE comparé à l'exercice de courte durée (Warren, Howden, Williams, Fell, & Johnson, 2009). Les différences entre nos résultats et ceux de l'étude de Warren et al. (2009) pourraient être liées à la différence dans la durée de l'exercice LD (60 minutes vs 90 minutes). De plus, Warren et al. (2009) ont indiqué qu'ils ont contrôlé pour le cycle menstruel des 3 femmes incluses dans l'étude en s'assurant que les évaluations n'aient pas lieu lors du cycle menstruel, c'est-à-dire le début de la phase folliculaire. Ceci va contre les recommandations mises en place pour éviter des changements du MB attribuables au cycle menstruel (Braun et al., 2005). L'effet de la durée sur la DÉ et l'OAG observé dans l'étude de Warren et al. (2009) aurait pu être biaisé par l'effet métabolique du cycle menstruel.

Une étude par Quinn et al. (1994) a bien contrôlé pour l'effet du cycle menstruel en utilisant la température corporelle basale pour déterminer la phase folliculaire des participantes. Leur étude a comparé la marche sur tapis roulant à 70% du  $VO_{2max}$  lors de 3 différentes durées (20, 40 et 60 minutes) chez 8 femmes entraînées. Ils ont établi que la marche de 60 minutes a produit un EPOC correspondant au double des valeurs obtenues lors des deux autres durées (Quinn et al., 1994).

La méthodologie utilisée lors de l'étude d'Imamura et al. (2004) est presque identique à celle de notre étude. Sept jeunes femmes sédentaires ( $22.1 \text{ans} \pm 0.9$ ) ont effectué 30 et 60 minutes de cyclisme à 60% de leur  $VO_{2max}$  lors de la phase folliculaire de leur cycle menstruel. Les chercheurs ont démontré que la condition de 60 minutes a produit un EPOC de plus grande amplitude et de plus longue durée que la condition de 30 minutes. Le seul facteur qui différencie l'étude d'Imamura et al. (2004) et la nôtre est l'âge des participantes. Cette étude a aussi déterminé que l'EPOC était relié à une augmentation d'adrénaline et de noradrénaline dans la

circulation sanguine. L'exercice de 60 minutes était associé à de plus hautes concentrations sanguines de ces deux hormones durant et après l'exercice. Cependant, les concentrations de ces hormones sont revenues aux valeurs de base bien avant que l'EPOC disparaisse. La sécrétion d'adrénaline et noradrénaline pourrait en partie expliquer un des processus contribuant à l'EPOC chez les femmes. Avec du recul, il aurait été utile d'avoir mesuré la concentration de ces hormones chez nos participantes pour potentiellement être en mesure d'expliquer l'absence de différences significatives entre les conditions expérimentales.

En examinant nos données d'un point de vue de perte de poids, nous avons réalisé qu'il est important de considérer l'effet combiné de l'exercice et la PPE en effectuant l'analyse des résultats. Cette perspective nous a permis d'établir que la durée de l'exercice a un effet positif sur le taux moyen de DÉ quand on considère l'effet combiné de l'exercice et la PPE. Lorsque la combinaison des valeurs de DÉ lors de l'exercice ainsi que ceux de la PPE de 80 minutes sont utilisées pour calculer le taux moyen de DÉ (kcal/min), le taux de DÉ lors de la condition LD fut significativement supérieur à CD. LD a produit un taux de DÉ de 3.7kcal/min comparé à 2.7kcal/min pour CD. Une fois corrigée pour l'effet du MB, la contribution attribuable à l'exercice seul est de 2.7kcal/min et 1.7kcal/min pour LD et CD, respectivement. Pour mettre cela en contexte, comparons ces deux exercices lors d'un régime d'entraînement effectué trois fois par semaine au cours d'un an si toutes les conditions restent les mêmes. En utilisant le taux de DÉ de 2,7kcal/min et 1.7kcal/min pour LD et CD, respectivement, le régime de LD produirait une DÉ de 58,968kcal/année comparé à 29,172kcal/année pour l'exercice CD. Ceci correspond à une perte potentielle de 7.6kg pour le régime incorporant l'exercice de LD, comparé à 3.8kg pour l'exercice de CD. Parmi ces pertes, 1.2kg et 0.4kg proviendraient directement des graisses pour

LD et CD. Ces deux régimes ont donc le potentiel d'induire une perte de poids importante chez les adolescentes, l'exercice LD ayant un effet deux fois plus important. Le total de kilocalories provenant de l'OAG était aussi significativement supérieur lors de LD que CD (131kcal vs 78kcal,  $p < 0.05$ ) quand on considère l'effet combiné de l'exercice et la PPE. Cependant, cet effet disparaît une fois que l'effet du MB est supprimé et lorsque l'OAG est exprimé en taux (mg/min) plutôt qu'en total (kcal). La différence dans le nombre de kilocalories provenant de l'OAG observé entre CD et LD est donc attribuable à la durée prolongée de l'exercice de LD.

Chez les adolescentes sédentaires, effectuer un exercice de haute intensité n'apporte aucun avantage en termes de l'EPOC, la DÉ ou l'OAG lors de la PPE. Il est important de noter que l'exercice de HI de cette étude a été effectué à 76% du  $VO_{2max}$  pour une durée de 36 minutes, ces deux variables étant significativement supérieures à la condition CD ayant une durée d'exercice de 30 minutes et une intensité de 61% du  $VO_{2max}$ . LD a produit de plus hautes valeurs de lactate sanguin lors de la PPE à comparer à CD, mais ceci n'a pas entraîné de différences significatives au niveau du métabolisme post-exercice. Aucune différence significative n'a été démontrée au niveau des évaluations sanguines de glucose ou triglycérides entre HI et CD. Cette absence d'effet relié à l'intensité nous a permis de rejeter l'hypothèse que l'EPOC d'un exercice à haute intensité serait supérieur à un exercice de plus basse intensité. De plus, nous pouvons rejeter l'hypothèse que l'intensité d'exercice a un effet plus important sur l'EPOC que la durée de l'exercice puisque ni l'intensité, ni la durée n'ont eu un impact sur les variables mesurées lors de la PPE.

Une absence d'effet sur la DÉ et l'OAG suivant deux exercices de différentes intensités a été démontré par plusieurs recherches antérieures (Frey et al., 1993; Henderson et al., 2007; Kuo et

al., 2005; Lazzer et al., 2010; Phelain et al., 1997; Sedlock, 1991; Thompson et al., 1998). Nos résultats s'accordent avec ceux de l'étude de Kuo et al. (2005) effectuée sur des jeunes femmes (22.8 ans  $\pm$  2.1). La DÉ et l'OAG lors de la PPE ont été évaluées suivant 89 minutes d'exercice à 45% du  $VO_{2peak}$  et 60 minutes d'exercice à 65% du  $VO_{2peak}$ . Aucune différence significative n'a été trouvée lors des 3 heures de la PPE. Comme dans notre étude, les participantes de Kuo et al. (2005) ont effectué les exercices sur un ergocycle mais ils ont négligé de contrôler pour l'effet du cycle menstruel, créant possiblement un problème méthodologique.

Cette même méthodologie a été reproduite lors de l'étude de Henderson et al. (2007) chez 10 jeunes femmes (25.4ans  $\pm$  2.1). Toutes les évaluations ont été effectuées lors de la phase folliculaire, éliminant cette source d'erreur. Les chercheurs ont démontré que l'OAG lors de la PPE n'est pas influencée par l'intensité de l'exercice. Lazzer et al., (2010) ont reproduit cet effet chez des adolescents obèses. La DÉ et l'OAG a été observé lors de la PPE chez 20 garçons (14 à 16ans) après un exercice de haute intensité (67% du  $VO_{2max}$  pendant 30 minutes) et un exercice de base intensité (42% du  $VO_{2max}$  durant 45 minutes) sur tapis roulant. Aucune différence significative n'a été mise en évidence au niveau de la DÉ ou l'OAG lors de la PPE de 60 minutes. Il est important de noter que les chercheurs ont utilisé un plan expérimental inter-sujet pour comparer les conditions expérimentales et donc, des facteurs individuels auraient pu biaiser ces résultats. Il devrait être noté que lors des études de Henderson et al., (2007), Kuo et al., (2005) et Lazzer et al., (2010), le travail total des exercices a été contrôlé en s'assurant que les conditions expérimentales étaient équicaloriques. L'effet de l'intensité a été isolé et donc une différence dans le travail total a été éliminée comme source d'erreur.

En dépit des résultats de notre étude, plusieurs articles de revues constatent que les exercices de haute intensité produisent des valeurs d'EPOC supérieures aux exercices de basse intensité (Børsheim et al., 2003; Foureaux et al., 2006; LaForgia et al., 2006). En fait, la relation entre l'intensité de l'exercice et l'amplitude de l'EPOC est considérée comme étant exponentielle (LaForgia et al., 2006). Les résultats de notre étude sont en contraste à ceux de Mann et al., (2014). Ces chercheurs ont démontré que l'intensité de l'exercice influence l'amplitude et la durée de l'EPOC chez des sujets entraînés (20 hommes; 12 femmes) entre 20 et 40 ans. Les sujets ont effectué 20 minutes d'exercice sur tapis roulant à 60, 70 et 80% de leur  $VO_{2max}$ . Ils ont démontré que chaque niveau d'intensité induit une augmentation significative dans l'amplitude de l'EPOC. La durée de l'EPOC était aussi influencée par l'intensité, mais seulement entre les intensités de 60 vs 70% et 60 vs 80% (Mann et al., 2014). Ces résultats sont cohérents avec un nombre d'études effectuées pour observer l'effet de l'intensité de l'exercice sur l'EPOC (Dawson et al., 1996; Larsen et al., 2014; Phelain et al., 1997; Short et al., 1997; Simmons, 2016). Semblable à plusieurs études incluant des femmes comme participantes, l'étude de Mann et al., (2014) ne mentionne pas avoir contrôlé pour l'effet métabolique du cycle menstruel parmi les femmes qui ont participé à l'étude.

L'effet de l'intensité de l'exercice suivant un exercice sur ergocycle a été démontré par Warren et al., (2009). Sept participants (6 hommes, 1 femme) ont effectué deux exercices à 50% et 85% de leur  $VO_{2max}$ . La durée de l'exercice était déterminée de sorte que les deux conditions aient une DÉ équicalorique. Les chercheurs ont démontré que l'EPOC, la DÉ et l'OAG durant la PPE étaient supérieurs suivant l'exercice de 85% du  $VO_{2max}$ . Cependant, ils ont noté que l'avantage au niveau de l'OAG durant la PPE était pratiquement négligeable puisque l'OAG durant

l'exercice de 85% du  $VO_{2max}$  était inhibé. Malgré un niveau supérieur d'OAG lors de la PPE de l'exercice de 85% du  $VO_{2max}$ , les chercheurs ont donc conclu que l'exercice de 50% du  $VO_{2max}$  était idéal pour maximiser l'OAG total puisque l'effet cumulatif de l'exercice et la PPE était supérieur lors de l'exercice de 50% (Warren et al., 2009). Gavarry et al., (2015) a démontré une tendance semblable chez les adolescentes obèses et à poids normal. Ils ont déterminé que l'intensité d'exercice idéal pour optimiser l'OAG durant l'exercice est entre 46 et 53% du  $VO_{2max}$ . Lazzer et al., (2010) ont démontré ce même effet chez les adolescents obèses, avec l'OAG de l'exercice étant maximisé lorsque l'exercice était à 42% du  $VO_{2max}$  en comparaison à un exercice à 67% du  $VO_{2max}$ .

Notre étude démontre qu'au niveau des adolescentes sédentaires, l'EPOC, la DÉ et l'OAG lors de la PPE demeurent inchangés peu importe l'intensité, la durée ou le travail total de l'exercice effectué. Malgré que les résultats ne soient pas significativement différents entre les conditions expérimentales, certaines valeurs étaient significativement différentes des valeurs obtenues lors de l'évaluation du MB. Chacune des conditions expérimentales a produit des valeurs d'EPOC moyen et total significativement supérieur au MB. En comparant les intervalles de  $VO_2$  lors de la PPE, les valeurs de LD ont demeurées significativement plus élevées que les valeurs du MB pour la durée complète de la PPE. En comparaison, les valeurs de  $VO_2$  de CD et HI étaient significativement supérieures au MB jusqu'aux intervalles de 10 minutes et 30 minutes respectivement. La DÉ moyenne et total de l'EPOC étaient aussi significativement supérieures au MB. La DÉ aux intervalles de 10 minutes a suivi une tendance semblable au  $VO_2$ , avec LD ayant un DÉ supérieur au MB jusqu'à 80 minutes suivant l'exercice, comparé à 20 et 40 minutes pour CD et HI. La moyenne et le total d'OAG lors de la PPE ne furent pas significativement

différents lors des PPE des trois conditions expérimentales et le MB. L'exercice chez les adolescentes produit donc des valeurs significatives d'EPOC et une DÉ supérieure au MB lors de la PPE. L'exercice de LD produit un EPOC de plus longue durée que HI et CD, malgré que la différence entre ces conditions ne soit pas significativement différente. L'exercice chez les adolescentes sédentaires augmente la  $VO_2$  et la DÉ post-exercice peu importe l'intensité, la durée ou le travail total de l'exercice lorsque l'exercice est effectué entre 61% et 76% du  $VO_{2max}$ , de 30 à 60 minutes et avec une DÉ total de 206 à 417kcal.

L'intensité, la durée et le travail total de l'exercice n'ont pas influencé le taux d'OAG lors de l'exercice. Certaines études ont mis en évidence que, les exercices d'intensité modérée et de longue durée sollicitent généralement un taux d'OAG supérieur aux exercices de courtes durées et intenses (Pillard et al., 2007). Nous n'avons pas observé ces mêmes tendances. Il se pourrait que l'intensité basse de notre étude (CD = 61% et LD = 62%) ait surpassé l'intensité optimale pour solliciter une augmentation dans l'OAG puisque les études antérieures suggèrent que l'intensité idéale est entre 42 et 53% du  $VO_{2max}$ . Il n'y a aucun avantage apparent de modifier l'intensité de l'exercice entre 61 et 76% pour maximiser l'OAG lors de l'exercice chez les adolescentes sédentaires.

Basé sur les études antérieures, nous nous attendions à observer des différences significatives durant la PPE suivant nos conditions expérimentales. Cependant, nous avons élaboré nos hypothèses à partir de la littérature qui majoritairement ont des cohortes de sujets adultes. Il semblerait qu'il y aurait possiblement des processus physiologiques influençant les voies énergétiques lors de l'exercice et la PPE qui sont différents chez les adolescentes par rapport aux adultes. La transition entre l'enfance et l'âge adulte a lieu à un rythme différent chez chaque

individu. Sans avoir déterminé l'âge biologique de nos sujets, il est difficile de cibler des causes exactes pour les différences que nous avons observées. Nous croyons qu'étant donné que les participantes de notre étude n'avaient pas encore atteint l'âge adulte, il se peut que leur niveau de développement hormonal n'ait pas encore atteint la maturité. Entre l'enfance et l'âge adulte, de nombreux changements hormonaux ont lieu. Chez les garçons et les filles, l'hormone de croissance, qui aide à mobiliser la graisse du tissu adipeux, augmente graduellement au cours de la puberté (Boisseau & Delamarche, 2000). Les enfants ont aussi une faible sensibilité à l'insuline et des niveaux inférieurs de catécholamines comparé aux adultes (Boisseau et al., 2000). Puisque l'insuline sanguine inhibe l'OAG et que les catécholamines augmentent l'OAG, ces différences chez les enfants pourraient avoir un impact important sur nos résultats. Comme mentionné dans l'étude (Imamura et al., 2004), la concentration sanguine d'adrénaline et noradrénaline est positivement corrélée à l'intensité de l'exercice et l'EPOC chez les jeunes femmes.

Certaines études ont démontré que lors de l'enfance, la récupération d'ATP-PC est plus rapide et la production de lactate est inférieure que les niveaux observés à l'âge adulte (Isacco et al., 2012). Puisque la restauration de l'ATP, de la phosphocréatine et l'élimination du lactate sont parmi les processus physiologiques contribuant à l'EPOC (Thornton et al., 2002; Vander, 2009), il se peut que les adolescents et les adolescentes consacrent moins d'énergie envers ces tâches lors de la PPE.

Chez les adolescentes en particulier, la sécrétion d'hormones sexuelles, particulièrement l'estrogène, pourrait être un autre facteur expliquant l'absence d'effet sur l'EPOC suivant les conditions expérimentales. L'estrogène a comme effet d'augmenter l'activité lipolytique, ce qui

augmente la concentration sanguine d'AG, facilitant leur oxydation (Ruby et al., 1994). Puisque les niveaux d'estrogène sont généralement plus bas lors de l'adolescence comparé à l'âge adulte (Sofronescu, 2015), ceci pourrait avoir un impact sur l'EPOC et l'OAG chez les adolescentes de notre étude.

Le mode d'exercice choisi pour notre protocole expérimentale a peut-être influencé nos résultats. Les exercices sur tapis roulant induisent de plus hautes valeurs d'EPOC et plus d'OAG lors de l'exercice en comparaison aux exercices sur ergocycle (Cunha et al, 2016; Zarei et al., 2010). L'efficacité mécanique de notre exercice a peut-être aussi contribué au manque d'effet observable lors de l'EPOC. Il existe aussi une association négative entre l'EPOC et l'efficacité mécanique puisqu'une pauvre efficacité mécanique augmente le coût énergétique de l'exercice (Woo et al., 2006). Vu que l'efficacité mécanique diminue avec l'âge (Woo et al., 2006), ceci pourrait aussi contribuer aux différences entre les femmes et les adolescentes au niveau de l'EPOC.

Une autre explication possible pour laquelle nous n'avons pas observé d'effet chez les adolescentes est le fait que nous n'avons pas complètement contrôlé l'apport nutritionnel avant l'exercice. Les participantes ont dû être à jeun depuis les 2 heures avant le protocole expérimental pour éliminer l'ÉTA sans induire état de jeun complet. Cette approche s'aligne avec les recommandations de Fukuba et al. (2000), indiquant que la restriction alimentaire avant l'exercice réduit significativement l'EPOC chez les jeunes femmes sédentaires et qu'il est plutôt pratique d'offrir une collation standardisée avant l'exercice pour contrôler l'ETA. Par contre, les aliments consommés lors du dernier mets des participantes n'étaient ni standardisés, ni pris en considération lors de nos évaluations. De plus, nous n'avons pas de moyen de déterminé si la

période de jeûne de 2 heures avait réellement été suivie ou si les participantes ont même choisi de jeûner plus longtemps que demandé. Dans les études ultérieures, il serait important de standardiser la collation ainsi que le temps de consommation pour que les résultats ne soient pas influencés par les variations possibles de l'ETA.

## Chapitre 6 : CONCLUSION

Cette étude démontre que modifier les paramètres d'un exercice ne semble pas influencer l'EPOC ou l'OAG et la DÉ lors de la PPE chez les adolescentes. Le seul avantage de modifier les paramètres d'exercice est au niveau du taux de DÉ quand on considère l'effet combiné de l'exercice et la PPE. La condition de LD a produit un taux de DÉ significativement supérieur à la condition CD. Cependant, l'avantage obtenu est occulté par la demande de temps d'exercice accru, ce qui pourrait dissuader les adolescents et adolescentes de faire de l'exercice. Nous concluons donc que le facteur le plus important pour induire la perte de poids chez les adolescentes sédentaires est la participation à l'activité physique. Puisque le seul avantage auprès du bilan énergétique a été démontré comme étant une fonction de la durée de l'exercice, il est logique de trouver des options d'activités physiques plaisantes, accessibles et réalistes pour encourager la participation des adolescentes pour une durée prolongée. Une intensité d'activité physique modérée peut être atteinte à travers d'une variété d'activités, incluant des jeux de danse électroniques (Fawkner et al., 2010). Ce type d'exercice pourrait être accompli à domicile de façon sociale ou seule. Des programmes incorporant à la fois des exercices d'enchaînements chorégraphiques et des exercices de musculation produisent des valeurs significatives d'EPOC et d'OAG lors de la PPE (Vilaça-Alves et al., 2016). L'EPOC et l'OAG post-exercice semblent être maximiser quand on alterne entre les exercices aérobies et la musculation tout au long de la session (Di Blasio et al., 2012). Ceci correspond souvent au style des classes de groupe disponibles dans les centres d'entraînement ainsi que des programmes d'entraînement disponible sur vidéo et à l'internet. De plus, les sessions d'exercices aérobies peuvent solliciter des valeurs d'EPOC et d'OAG supérieures quand elles sont fractionnées en plusieurs séances au cours de la

journée (Cunha et al., 2016; Goto, Tanaka et al., 2011), ce qui peut être un avantage pour ceux ayant des contraintes d'horaire. Pour les adolescentes, il est important de reconnaître et comprendre les barrières associées à l'activité physique ainsi que de rendre accessible une variété d'options pour encourager la participation. Peu importe la stratégie adoptée, l'exercice joue un rôle important dans la prévention de la prise de poids ainsi que celle de la perte de poids chez les adolescentes. L'EPOC associée à l'exercice joue sans doute un rôle dans le bilan énergétique des adolescentes. Cependant, puisque nous n'avons pas identifié des paramètres d'exercice pouvant maximiser l'EPOC ou la DÉ et l'OAG lors de la PPE, les recommandations d'activité physique les adolescentes sédentaires devraient être visées à encourager la participation à l'activité physique plutôt que de maximiser l'EPOC et les processus physiologiques lors de la PPE.

## Bibliographie

- Abboud, G. J., Greer, B. K., Campbell, S. C., & Panton, L. B. (2013). Effects of Load-Volume on EPOC After Acute Bouts of Resistance Training in Resistance-Trained Men: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(7), 1936- 1941. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182772eed>
- Berg, K. E. (1991). Comparison of energy expenditure in men and women at rest and during exercise recovery. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 31(3), 351–356.
- Boisseau, N., & Delamarche, P. (2000). Metabolic and hormonal responses to exercise in children and adolescents. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 30(6), 405- 422.  
<https://doi.org/10.2165/00007256-200030060-00003>
- Børsheim, E., & Bahr, R. (2003). Effect of Exercise Intensity, Duration and Mode on Post-Exercise Oxygen Consumption: *Sports Medicine*, 33(14), 1037- 1060. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333140-00002>
- Boutcher, S. H. (2010). High-intensity intermittent exercise and fat loss. *Journal of obesity*, 2011.  
<https://doi.org/10.1155/2011/868305>
- Boynton-Jarrett, R., Thomas, T. N., Peterson, K. E., Wiecha, J., Sobol, A. M., & Gortmaker, S. L. (2003). Impact of television viewing patterns on fruit and vegetable consumption among adolescents. *Pediatrics*, 112(6), 1321–1326. <https://doi.org/10.1542/peds.112.6.1321>
- Braun, W. A., Hawthorne, W. E., & Markofski, M. M. (2005). Acute EPOC response in women to circuit training and treadmill exercise of matched oxygen consumption. *European journal of applied physiology*, 94(5- 6), 500–504. <https://doi.org/10.1007/s00421-005-1383-7>
- Brodersen, N. H., Steptoe, A., Boniface, D. R., & Wardle, J. (2007). Trends in physical activity and sedentary behaviour in adolescence: ethnic and socioeconomic differences. *British journal of sports medicine*, 41(3), 140–144. <https://doi.org/10.1136/bjism.2006.031138>

- Burleson Jr, M. A., O'bryant, H. S., Stone, M. H., Collins, M. A., & Triplett-McBride, T. (1998). Effect of weight training exercise and treadmill exercise on post-exercise oxygen consumption. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(4), 518–522. <https://doi.org/10.1097/00005768-199804000-00008>
- Campbell, K. J., Crawford, D. A., Salmon, J., Carver, A., Garnett, S. P., & Baur, L. A. (2007). Associations between the home food environment and obesity-promoting eating behaviors in adolescence. *Obesity*, 15(3), 719–730. <https://doi.org/10.1038/oby.2007.553>
- Canadian Fitness and Lifestyle Research Institute. (2016). 2015 Kids CANPLAY. Consulté 19 janvier 2017, à l'adresse [http://www.cflri.ca/pub\\_page/335](http://www.cflri.ca/pub_page/335)
- Colley, R. C., Garriguet, D., Janssen, I., Craig, C. L., Clarke, J., & Tremblay, M. S. (2011). Physical activity of Canadian children and youth: Accelerometer results from the 2007 to 2009 Canadian Health Measures Survey. *Health Reports*, 22(1), 15- 23.
- Costigan, S. A., Barnett, L., Plotnikoff, R. C., & Lubans, D. R. (2013). The Health Indicators Associated With Screen-Based Sedentary Behavior Among Adolescent Girls: A Systematic Review. *Journal of Adolescent Health*, 52(4), 382- 392. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2012.07.018>
- Costill, D. L., & Wilmore, J. H. (2006). *Physiologie du sport et de l'exercice: adaptations physiologiques à l'exercice physique*. De Boeck Supérieur.
- Crovetti, R., Porrini, M., Santangelo, A., & Testolin, G. (1998). The influence of thermic effect of food on satiety. *European journal of clinical nutrition*, 52(7), 482–488.
- Cunha, F. A., Midgley, A. W., McNaughton, L. R., & Farinatti, P. T. V. (2016). Effect of continuous and intermittent bouts of isocaloric cycling and running exercise on excess postexercise oxygen consumption. *Journal of Science & Medicine in Sport*, 19(2), 187- 192. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.02.004>
- Cutler, G. J., Flood, A., Hannan, P., & Neumark-Sztainer, D. (2011). Multiple sociodemographic and socioenvironmental characteristics are correlated with major patterns of dietary intake in

- adolescents. *Journal of the American Dietetic Association*, *111*(2), 230–240.  
<https://doi.org/10.1016/j.jada.2010.10.052>
- Dawson, B., Straton, S., & Randall, N. (1996). Oxygen consumption during recovery from prolonged submaximal cycling below the anaerobic threshold. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, *36*(2), 77–84.
- Dehghan, M., Akhtar-Danesh, N., & Merchant, A. T. (2005). Childhood obesity, prevalence and prevention. *Nutrition journal*, *4*(1), 1. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-4-24>
- Di Blasio, A., Gemello, E., Di Iorio, A., Di Giacinto, G., Celso, T., Di Renzo, D., ... Ripari, P. (2012). Order effects of concurrent endurance and resistance training on post-exercise response of non-trained women. *Journal of Sports Science & Medicine*, *11*(3), 393–399.
- di Prampero, P. E. (1981). Energetics of muscular exercise. *Reviews of Physiology, Biochemistry and Pharmacology*, *89*, 143–222.
- Eat Right Ontario. (2015, octobre 6). Des aliments pour une journée scolaire équilibrée. Consulté 11 mai 2017, à l'adresse <https://www.eatrightontario.ca/fr/Articles/Sante-en-milieu-scolaire/Des-aliments-pour-une-journee-scolaire-equilibree.aspx?aliaspath=%2fen%2fArticles%2fSchool-Health%2fArticles%2fFood-for-a-Balanced-School-Day>
- Fawkner, S. G., Niven, A., Thin, A. G., MacDonald, M. J., & Oakes, J. R. (2010). Adolescent girls' energy expenditure during dance simulation active computer gaming. *Journal of Sports Sciences*, *28*(1), 61–65. <https://doi.org/10.1080/02640410903369935>
- Field, A. E., Austin, S. B., Taylor, C. B., Malspeis, S., Rosner, B., Rockett, H. R., ... Colditz, G. A. (2003). Relation between dieting and weight change among preadolescents and adolescents. *Pediatrics*, *112*(4), 900–906. <https://doi.org/10.1542/peds.112.4.900>
- Field, A. E., Cook, N. R., & Gillman, M. W. (2005). Weight status in childhood as a predictor of becoming overweight or hypertensive in early adulthood. *Obesity research*, *13*(1), 163–169. <https://doi.org/10.1038/oby.2005.21>

- Foureaux, G., Pinto, K. M. de C., & Dâmaso, A. (2006). Effects of excess post-exercise oxygen consumption and resting metabolic rate in energetic cost. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, *12*(6), 393- 398. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922006000600018>
- Freedman, D. S., Khan, L. K., Serdula, M. K., Dietz, W. H., Srinivasan, S. R., & Berenson, G. S. (2005). Racial differences in the tracking of childhood BMI to adulthood. *Obesity research*, *13*(5), 928–935. <https://doi.org/10.1038/oby.2005.107>
- Frey, G. C., Byrnes, W. C., & Mazzeo, R. S. (1993). Factors influencing excess postexercise oxygen consumption in trained and untrained women. *Metabolism*, *42*(7), 822- 828. [https://doi.org/10.1016/0026-0495\(93\)90053-Q](https://doi.org/10.1016/0026-0495(93)90053-Q)
- Fukuba, Yano, Murakami, Kan, & Miura. (2000). The effect of dietary restriction and menstrual cycle on excess post-exercise oxygen consumption (EPOC) in young women. *Clinical Physiology*, *20*(2), 165- 169. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2281.2000.00217.x>
- Gauthier, A. P., Laurence, M., Thirkill, L., & Dorman, S. C. (2012). Examining School-Based Pedometer Step Counts Among Children in Grades 3 to 6 Using Different Timetables. *Journal of School Health*, *82*(7), 311–317. <https://doi.org/10.1111/j.1746-1561.2012.00704.x>
- Gavarry, O., Aguer, C., Delextrat, A., Lentin, G., Ayme, K., & Boussuges, A. (2015). Severely obese adolescent girls rely earlier on carbohydrates during walking than normal-weight matched girls. *Journal of Sports Sciences*, *33*(18), 1871- 1880. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1021274>
- Gillison, F. B., Standage, M., & Skevington, S. M. (2006). Relationships among adolescents' weight perceptions, exercise goals, exercise motivation, quality of life and leisure-time exercise behaviour: a self-determination theory approach. *Health Education Research*, *21*(6), 836–847. <https://doi.org/10.1093/her/cyl139>
- Gore, C. J., & Withers, R. T. (1990). Effect of exercise intensity and duration on postexercise metabolism. *Journal of applied Physiology*, *68*(6), 2362–2368.

- Gortmaker, S. L., Must, A., Perrin, J. M., Sobol, A. M., & Dietz, W. H. (1993). Social and economic consequences of overweight in adolescence and young adulthood. *New England journal of medicine*, 329(14), 1008–1012. <https://doi.org/10.1056/NEJM199309303291406>
- Goto, K., Tanaka, K., Ishii, N., Uchida, S., & Takamatsu, K. (2011). A single versus multiple bouts of moderate-intensity exercise for fat metabolism. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 31(3), 215–220. <https://doi.org/10.1111/j.1475-097X.2010.01003.x>
- Gouvernement du Canada, S. C. (2016a, mars 7). Indice de masse corporelle autodéclaré, adulte, selon le sexe, provinces et les territoires (Pourcentage). Consulté 14 janvier 2017, à l'adresse <http://www.statcan.gc.ca/tables-tableaux/sum-som/102/cst01/health82b-fra.htm>
- Gouvernement du Canada, S. C. (2016b, mars 7). Indice de masse corporelle autodéclaré, embonpoint ou obésité, adulte, selon le groupe d'âge et le sexe (Pourcentage). Consulté 20 novembre 2016, à l'adresse <http://www.statcan.gc.ca/tables-tableaux/sum-som/102/cst01/health81b-fra.htm>
- Gouvernement du Canada, S. C. (2016c, mars 7). Indice de masse corporelle autodéclaré, embonpoint ou obésité, jeune, selon le sexe, provinces et les territoires (Pourcentage). Consulté 20 novembre 2016, à l'adresse <http://www.statcan.gc.ca/tables-tableaux/sum-som/102/cst01/health84b-fra.htm>
- Gruber, R. (2015). *Sleep and children: the impact of lack of sleep on daily life*. Montreal: Douglas Mental Health University Institute. Consulté à l'adresse <http://www.douglas.qc.ca/info/sleep-and-children-impact-of-lack-of-sleep-on-daily-life>
- Hajizadeh, M., Campbell, M. K., & Sarma, S. (2014). Socioeconomic inequalities in adult obesity risk in Canada: trends and decomposition analyses. *The European Journal of Health Economics*, 15(2), 203–221. <https://doi.org/10.1007/s10198-013-0469-0>
- Henderson, G. C., Fattor, J. A., Horning, M. A., Faghini, N., Johnson, M. L., Mau, T. L., ... Brooks, G. A. (2007). Lipolysis and fatty acid metabolism in men and women during the postexercise recovery period. *The Journal of Physiology*, 584(3), 963–981. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.137331>

- Henry, C. J. K. (2005). Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations. *Public health nutrition*, 8(7a), 1133–1152. <https://doi.org/10.1079/PHN2005801>
- Herbert, M. R. (2013). *Effects of Duration, Intensity and Total Caloric Expenditure on Excess Postexercise Oxygen Consumption (EPOC) in Sedentary Male Adolescents*. Laurentian University.
- Herman, K. M., Craig, C. L., Gauvin, L., & Katzmarzyk, P. T. (2009). Tracking of obesity and physical activity from childhood to adulthood: the Physical Activity Longitudinal Study. *International Journal of Pediatric Obesity*, 4(4), 281–288. <https://doi.org/10.3109/17477160802596171>
- Imamura, H., Shibuya, S., Uchida, K., Teshima, K., Masuda, R., & Miyamoto, N. (2004). Effect of moderate exercise on excess post-exercise oxygen consumption and catecholamines in young women. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, 44(1), 23–29.
- Isacco, L., Duché, P., & Boisseau, N. (2012). Influence of hormonal status on substrate utilization at rest and during exercise in the female population. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 42(4), 327–342. <https://doi.org/10.2165/11598900-000000000-00000>
- Janssen, I., Katzmarzyk, P. T., Boyce, W. F., Vereecken, C., Mulvihill, C., Roberts, C., ... Pickett, W. (2005). Comparison of overweight and obesity prevalence in school-aged youth from 34 countries and their relationships with physical activity and dietary patterns. *Obesity reviews*, 6(2), 123–132. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2005.00176.x>
- Jaunzarins, B. J., Gauthier, A. P., King, K. D., Larivière, C., & Dorman, S. C. (2014). Assessing the Influence of Season and Time of Day on Physical Activity Levels During Recess. *Global Journal of Health Education and Promotion*, 16(1). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18666/GJHEP-2014-V16-I1-5552>
- Kaplowitz, P. B., Slora, E. J., Wasserman, R. C., Pedlow, S. E., & Herman-Giddens, M. E. (2001). Earlier Onset of Puberty in Girls: Relation to Increased Body Mass Index and Race. *Pediatrics*, 108(2), 347–353. <https://doi.org/10.1542/peds.108.2.347>

- Karst, H., Steiniger, J., Noack, R., & Steglich, H.-D. (1984). Diet-induced thermogenesis in man: thermic effects of single proteins, carbohydrates and fats depending on their energy amount. *Annals of nutrition and metabolism*, 28(4), 245–252. <https://doi.org/10.1159/000176811>
- Kaur, H., Choi, W. S., Mayo, M. S., & Harris, K. J. (2003). Duration of television watching is associated with increased body mass index. *The Journal of pediatrics*, 143(4), 506–511. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1067/S0022-3476\(03\)00418-9](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1067/S0022-3476(03)00418-9)
- Kirk, S., Brehm, B., Saelens, B. E., Woo, J. G., Kissel, E., D'Alessio, D., ... Daniels, S. R. (2012). Role of Carbohydrate Modification in Weight Management among Obese Children: A Randomized Clinical Trial. *The Journal of Pediatrics*, 161(2), 320- 327.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2012.01.041>
- Kolotkin, R. L., Meter, K., & Williams, G. R. (2001). Quality of life and obesity. *Obesity Reviews*, 2(4), 219- 229. <https://doi.org/10.1046/j.1467-789X.2001.00040.x>
- Krebs, N. F., Gao, D., Gralla, J., Collins, J. S., & Johnson, S. L. (2010). Efficacy and safety of a high protein, low carbohydrate diet for weight loss in severely obese adolescents. *The Journal of pediatrics*, 157(2), 252–258. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2010.02.010>
- Krueger, J. (2015). Variation across Canada in the economic burden attributable to excess weight, tobacco smoking and physical inactivity. *Canadian Journal of Public Health*, 106(4), E171. <https://doi.org/10.17269/CJPH.106.4994>
- Kumar, S., & Kelly, A. S. (2017). Review of Childhood Obesity. *Mayo Clinic Proceedings*, 0(0). <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2016.09.017>
- Kuo, C. C., Fattor, J. A., Henderson, G. C., & Brooks, G. A. (2005). Lipid oxidation in fit young adults during postexercise recovery. *Journal of Applied Physiology*, 99(1), 349–356. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00997.2004>

- LaForgia, J., Withers, R. T., & Gore, C. J. (2006). Effects of exercise intensity and duration on the excess post-exercise oxygen consumption. *Journal of Sports Sciences*, 24(12), 1247- 1264.  
<https://doi.org/10.1080/02640410600552064>
- Laitinen, J., Pietiläinen, K., Wadsworth, M., Sovio, U., & Järvelin, M. R. (2004). Predictors of abdominal obesity among 31-y-old men and women born in Northern Finland in 1966. *European Journal of Clinical Nutrition*, 58(1), 180–190. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601765>
- Larsen, I., Welde, B., Martins, C., & Tjønnå, A. E. (2014). High- and moderate-intensity aerobic exercise and excess post-exercise oxygen consumption in men with metabolic syndrome. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(3), e174- e179. <https://doi.org/10.1111/sms.12132>
- Lazzer, S., Lafortuna, C., Busti, C., Galli, R., Tinozzi, T., Agosti, F., & Sartorio, A. (2010). Fat oxidation rate during and after a low-or high-intensity exercise in severely obese Caucasian adolescents. *European journal of applied physiology*, 108(2), 383. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1234-z>
- Legro, R. S., Arslanian, S. A., Ehrmann, D. A., Hoeger, K. M., Murad, M. H., Pasquali, R., & Welt, C. K. (2013). Diagnosis and treatment of polycystic ovary syndrome: an Endocrine Society clinical practice guideline. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 98(12), 4565–4592.  
<https://doi.org/doi/10.1210/jc.2013-2350>
- Levine, J. A. (2007). Nonexercise activity thermogenesis—liberating the life-force. *Journal of internal medicine*, 262(3), 273–287. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2796.2007.01842.x>
- Lieberman, M., Gauvin, L., Bukowski, W. M., & White, D. R. (2001). Interpersonal influence and disordered eating behaviors in adolescent girls: The role of peer modeling, social reinforcement, and body-related teasing. *Eating behaviors*, 2(3), 215–236.  
[https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S1471-0153\(01\)00030-7](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S1471-0153(01)00030-7)
- Lowry, R., Wechsler, H., Galuska, D. A., Fulton, J. E., & Kann, L. (2002). Television viewing and its associations with overweight, sedentary lifestyle, and insufficient consumption of fruits and

- vegetables among US high school students: differences by race, ethnicity, and gender. *Journal of school health*, 72(10), 413–421. <https://doi.org/10.1111/j.1746-1561.2002.tb03551.x>
- Lynagh, M., Cliff, K., & Morgan, P. J. (2015). Attitudes and Beliefs of Nonspecialist and Specialist Trainee Health and Physical Education Teachers Toward Obese Children: Evidence for “Anti-Fat” Bias. *Journal of School Health*, 85(9), 595–603. <https://doi.org/10.1111/josh.12287>
- Mann, T., Webster, C., Lamberts, R., & Lambert, M. (2014). Effect of exercise intensity on post-exercise oxygen consumption and heart rate recovery. *European Journal of Applied Physiology*, 114(9), 1809–1820. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-2907-9>
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2010). *Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance*. Lippincott Williams & Wilkins. Consulté à l’adresse [https://books.google.ca/books?hl=en&lr=&id=XOyjZX0Wxw4C&oi=fnd&pg=PR17&dq=McArdle,+William+D.,+Frank+I.+Katch,+and+Victor+L.+Katch.+Exercise+physiology:+nutrition,+energy,+and+human+performance.+Lippincott+Williams+%26+Wilkins,+2010.&ots=MuApS7gs6g&sig=\\_7Q\\_nbTElbZr29zLbggGZHT2UyM](https://books.google.ca/books?hl=en&lr=&id=XOyjZX0Wxw4C&oi=fnd&pg=PR17&dq=McArdle,+William+D.,+Frank+I.+Katch,+and+Victor+L.+Katch.+Exercise+physiology:+nutrition,+energy,+and+human+performance.+Lippincott+Williams+%26+Wilkins,+2010.&ots=MuApS7gs6g&sig=_7Q_nbTElbZr29zLbggGZHT2UyM)
- McGarvey, W., Jones, R., & Petersen, S. (2005). Excess post-exercise oxygen consumption following continuous and interval cycling exercise. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 15(1), 28–37. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1123/ijsnem.15.1.28>
- Neumark-Sztainer, D., Falkner, N., Story, M., Perry, C., & Hannan, P. J. (2002). Weight-teasing among adolescents: correlations with weight status and disordered eating behaviors. *International Journal of Obesity & Related Metabolic Disorders*, 26(1). <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0801853>
- Neumark-Sztainer, D., Wall, M., Guo, J., Story, M., Haines, J., & Eisenberg, M. (2006). Obesity, Disordered Eating, and Eating Disorders in a Longitudinal Study of Adolescents: How Do Dieters Fare 5 Years Later? *Journal of the American Dietetic Association*, 106(4), 559–568. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2006.01.003>

- Olshansky, S. J., Passaro, D. J., Hershow, R. C., Layden, J., Carnes, B. A., Brody, J., ... Ludwig, D. S. (2005). A Potential Decline in Life Expectancy in the United States in the 21st Century. *New England Journal of Medicine*, 352(11), 1138- 1145. <https://doi.org/10.1056/NEJMSr043743>
- OMS. (2016, Juin). Obésité et surpoids. Consulté 14 janvier 2017, à l'adresse <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/fr/>
- Orpana, H. M., Berthelot, J.-M., Kaplan, M. S., Feeny, D. H., McFarland, B., & Ross, N. A. (2010). BMI and mortality: results from a national longitudinal study of Canadian adults. *Obesity*, 18(1), 214–218. <https://doi.org/10.1038/oby.2009.191>
- ParticipACTION. (2016). Are Canadian Kids Too Tired to Move? The 2016 ParticipACTION Report Card on Physical Activity for Children and Youth. Consulté 19 janvier 2017, à l'adresse <https://www.participaction.com/en-ca/thought-leadership/report-card/2016>
- Péronnet, F., & Massicotte, D. (1991). Table of nonprotein respiratory quotient: an update. *Canadian Journal of Sport Sciences = Journal Canadien Des Sciences Du Sport*, 16(1), 23- 29.
- Phelain, J. F., Reinke, E., Harris, M. A., & Melby, C. L. (1997). Postexercise energy expenditure and substrate oxidation in young women resulting from exercise bouts of different intensity. *Journal of the American College of Nutrition*, 16(2), 140- 146. <https://doi.org/10.1080/07315724.1997.10718664>
- Pillard, F., Moro, C., Harant, I., Garrigue, E., Lafontan, M., Berlan, M., ... Rivière, D. (2007). Lipid oxidation according to intensity and exercise duration in overweight men and women. *Obesity*, 15(9), 2256–2262. <https://doi.org/10.1038/oby.2007.268>
- Puhl, R. M., & Heuer, C. A. (2009). The Stigma of Obesity: A Review and Update. *Obesity*, 17(5), 941- 964. <https://doi.org/10.1038/oby.2008.636>

- Quinn, T. J., Vroman, N. B., & Kertzer, R. (1994). Postexercise oxygen consumption in trained females: effect of exercise duration. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26(7), 908- 913.  
<https://doi.org/10.1249/00005768-199407000-00016>
- Radovic, S., Gordon, M. S., & Melvin, G. A. (2017). Should we recommend exercise to adolescents with depressive symptoms? A meta-analysis. *Journal of Paediatrics and Child Health*.  
<https://doi.org/10.1111/jpc.13426>
- Ruby, B. C., & Robergs, R. A. (1994). Gender Differences in Substrate Utilisation During Exercise. *Sports Medicine*, 17(6), 393- 410. <https://doi.org/10.2165/00007256-199417060-00005>
- Santé publique Ontario. (2013). *Obésité chez les enfants et les jeunes: Données probantes pour guider l'action en Ontario - Rapport sommaire*.
- Sarchiapone, M., Mandelli, L., Carli, V., Iosue, M., Wasserman, C., Hadlaczky, G., ... others. (2014). Hours of sleep in adolescents and its association with anxiety, emotional concerns, and suicidal ideation. *Sleep Medicine*, 15(2), 248–254. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2013.11.780>
- SCPE. (2016). Directives canadiennes en matière de mouvement sur 24 heures à l'intention des enfants et des jeunes. Consulté 19 janvier 2017, à l'adresse <http://www.csep.ca/view.asp?x=696>
- Sedlock, D. A. (1991). Effect of exercise intensity on postexercise energy expenditure in women. *British journal of sports medicine*, 25(1), 38–40. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1136/bjism.25.1.38>
- Shay, C. M., Ning, H., Daniels, S. R., Rooks, C. R., Gidding, S. S., & Lloyd-Jones, D. M. (2013). Status of Cardiovascular Health in US Adolescents. *Circulation*, 127(13), 1369- 1376.  
<https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.113.001559>
- Shields, M. (2006). Overweight and obesity among children and youth. *Health Reports*, 17(3), 27.
- Short, K. R., & Sedlock, D. A. (1997). Excess postexercise oxygen consumption and recovery rate in trained and untrained subjects. *Journal of Applied Physiology*, 83(1), 153–159.

- Simmons, R. L. (2016). The Effects of Fitness Level and Sex on EPOC Following High Intensity Interval and Moderate Intensity Aerobic Exercise. *Human Movement Sciences Theses & Dissertations*, (5). Consulté à l'adresse [http://digitalcommons.odu.edu/hms\\_etds/5](http://digitalcommons.odu.edu/hms_etds/5)
- Singh, A. S., Mulder, C., Twisk, J. W. R., Van Mechelen, W., & Chinapaw, M. J. M. (2008). Tracking of childhood overweight into adulthood: a systematic review of the literature. *Obesity Reviews*, 9(5), 474- 488. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2008.00475.x>
- Smekal, G., Von Duvillard, S. P., Frigo, P., Tegelhofer, T., Pokan, R., Hofmann, P., ... others. (2007). Menstrual cycle: no effect on exercise cardiorespiratory variables or blood lactate concentration. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(7), 1098–1106. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31805371e7>
- Smith, J., & Naughton, L. M. (1993). The effects of intensity of exercise on excess postexercise oxygen consumption and energy expenditure in moderately trained men and women. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 67(5), 420–425. <https://doi.org/10.1007/BF00376458>
- Sofronescu. (2015, mars 18). Estradiol: Reference Range, Interpretation, Collection and Panels. Consulté 1 février 2017, à l'adresse <http://emedicine.medscape.com/article/2089003-overview>
- Soucy, J., & Leblanc, J. (1998). Protein meals and postprandial thermogenesis. *Physiology & behavior*, 65(4), 705–709. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(98\)00188-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0031-9384(98)00188-7)
- Standiford, A. (2013). The secret struggle of the active girl: A qualitative synthesis of interpersonal factors that influence physical activity in adolescent girls. *Health care for women international*, 34(10), 860–877. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1080/07399332.2013.794464>
- Stone, M. R., Stevens, D., & Faulkner, G. E. (2013). Maintaining recommended sleep throughout the week is associated with increased physical activity in children. *Preventive medicine*, 56(2), 112–117. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2012.11.015>

- Straatmann, V. S., Oliveira, A. J., Rostila, M., & Lopes, C. S. (2016). Changes in physical activity and screen time related to psychological well-being in early adolescence: findings from longitudinal study ELANA. *BMC Public Health*, *16*(1), 977. <https://doi.org/10.1186/s12889-016-3606-8>
- Sudbury & District Health Unit. (2016, janvier 20). Obesity (adjusted Body Mass Index). Consulté 20 novembre 2016, à l'adresse <https://www.sdhu.com/resources/research-statistics/health-statistics/sdhu-population-health-profile/health-behaviours/body-mass-index-adjusted/obesity-adjusted-body-mass-index>
- Tahara, Y., Moji, K., Honda, S., Nakao, R., Tsunawake, N., Fukuda, R., ... Mascie-Taylor, N. (2008). Fat-free mass and excess post-exercise oxygen consumption in the 40 minutes after short-duration exhaustive exercise in young male Japanese athletes. *Journal of physiological anthropology*, *27*(3), 139–143. <https://doi.org/10.2214/jpa2.27.139>
- Thompson, D. L., Townsend, K. M., Boughey, R., Patterson, K., & Bassett Jr, D. R. (1998). Substrate use during and following moderate-and low-intensity exercise: implications for weight control. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, *78*(1), 43–49. <https://doi.org/10.1007/s004210050385>
- Thompson, K. A., Kelly, N. R., Schvey, N. A., Brady, S. M., Courville, A. B., Tanofsky-Kraff, M., ... Shomaker, L. B. (2017). Internalization of appearance ideals mediates the relationship between appearance-related pressures from peers and emotional eating among adolescent boys and girls. *Eating Behaviors*, *24*, 66–73. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eatbeh.2016.12.008>
- Thornton, M. K., & Potteiger, J. A. (2002). Effects of resistance exercise bouts of different intensities but equal work on EPOC: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *34*(4), 715–722. <https://doi.org/10.1097/00005768-200204000-00024>
- Townsend, J. R., Stout, J. R., Morton, A. B., Jajtner, A. R., Gonzalez, A. M., Wells, A. J., ... others. (2013). Excess post-exercise oxygen consumption (EPOC) following multiple effort sprint and moderate aerobic exercise. *Kinesiology*, *45*(1), 16–21.

- Trapp, E. G., Chisholm, D. J., Freund, J., & Boutcher, S. H. (2008). The effects of high-intensity intermittent exercise training on fat loss and fasting insulin levels of young women. *International journal of obesity*, 32(4), 684–691. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803781>
- Twells, L. K., Gregory, D. M., Reddigan, J., & Midodzi, W. K. (2014). Current and predicted prevalence of obesity in Canada: a trend analysis. *CMAJ Open*, 2(1), E18- E26. <https://doi.org/10.9778/cmajo.20130016>
- Vander, A. J. (2009). *Physiologie Humaine: Les Mécanismes Du Fonctionnement de L'origine*. Chenelière éducation.
- Vilaça-Alves, J., Regado, A., Marinho, D., Neves, E. B., Rosa, C., Saavedra, F., & Reis, V. M. (2016). Sequence effects of combined resistance exercises with step choreography in the same session in women's oxygen uptake during and postexercise. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 1- 6. <https://doi.org/10.1111/cpf.12382>
- Viner, R. M., & Cole, T. J. (2005). Adult socioeconomic, educational, social, and psychological outcomes of childhood obesity: a national birth cohort study. *BMJ*, 330(7504), 1354. <https://doi.org/10.1136/bmj.38453.422049.E0>
- Wang, F., Wild, T. C., Kipp, W., Kuhle, S., & Veugelers, P. J. (2009). The influence of childhood obesity on the development of self-esteem. *Health Reports*, 20(2), 21.
- Warren, A., Howden, E. J., Williams, A. D., Fell, J. W., & Johnson, N. A. (2009). Postexercise fat oxidation: effect of exercise duration, intensity, and modality. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 19(6), 607–623. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1123/ijsnem.19.6.607>
- Webb, O. J., Benjamin, C. C., Gammon, C., McKee, H. C., & Biddle, S. J. (2013). Physical activity, sedentary behaviour and physical self-perceptions in adolescent girls: A mediation analysis. *Mental Health and Physical Activity*, 6(1), 24–29. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2012.08.005>

- Webb, P. (1986). 24-hour energy expenditure and the menstrual cycle. *The American journal of clinical nutrition*, 44(5), 614–619.
- Woo, J. S., Derleth, C., Stratton, J. R., & Levy, W. C. (2006). The Influence of Age, Gender, and Training on Exercise Efficiency. *Journal of the American College of Cardiology*, 47(5), 1049- 1057. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2005.09.066>
- Wu, B.-H., & Lin, J.-C. (2006). Effects of exercise intensity on excess postexercise oxygen consumption and substrate use after resistance exercise. *2006*, 4(2), 103- 109.
- Zarei, M., Hamedinia, M., Haji Nia, M., Mohamad Nia Ahmadi, M., & Jaberi Shahraki, M. (2010). Fat oxidation and energy expenditure at different intensities of exercise during running and cycling in obese adolescent boys. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism*, 12(3), 283–318.

## Annexe A

### FORMULAIRE DE CONSENTEMENT (PARENT)

**Titre de l'étude :** Les effets de la durée, de l'intensité et de la dépense énergétique totale sur la consommation d'oxygène post-exercice chez les adolescents sédentaires.

**Chercheurs :** Michael Herbert, Étudiant de maîtrise en Activité Physique; Renée Roy, Étudiante de maîtrise en Développement Humain; Olivier Serresse, Ph.D. Université Laurentienne

Nous sommes des étudiants de maîtrise à l'Université Laurentienne qui étudient les effets de la durée, de l'intensité et de la dépense énergétique totale sur la consommation d'oxygène post-exercice chez les adolescents. Les résultats de cette recherche peuvent être très utiles pour les professionnels médicaux, les éducateurs physiques et toutes autres professions reliées à la santé et l'activité physique. Dans la population adolescente, l'incidence de l'obésité a augmenté énormément, mettant en évidence la nécessité de l'activité physique pour ce groupe d'âge. Cette étude aidera à développer de nouvelles stratégies qui pourraient améliorer la conception des programmes d'exercice prévus pour la population adolescente. Les résultats de tels programmes pourront entraîner une diminution de la masse grasse et améliorer le métabolisme de repos. Le métabolisme de repos contribue 65% de la dépense énergétique journalière. En améliorant le métabolisme de repos, la dépense énergétique augmente, ce qui pourrait entraîner une perte de graisse corporelle.

Nous vous demanderons premièrement de compléter un questionnaire (QAAP – Questionnaire sur l'aptitude à l'activité physique) qui déterminera si vous êtes éligible à effectuer les exercices dans le protocole expérimentale. Si vous êtes éligibles, nous vous demanderons de participer à une série d'épreuves physiques dans le laboratoire à l'École des sciences de l'activité physique et ce à 4 occasions.

#### Jour 1 :

- Analyse de la consommation d'oxygène au repos pour l'évaluation du métabolisme de base
- Mesures anthropométriques (poids, taille, pesée hydrostatique).
- Tension artérielle, fréquence cardiaque
- Prise de sang pour quantifier le glucose, le lactate et les triglycérides
- $VO_{2max}$  : un test progressif maximal sur ergocycle pour mesurer la capacité de pomper le sang par le cœur, de transporter le sang par les vaisseaux sanguin et d'utiliser l'oxygène par les muscles.  $VO_{2max}$  correspond à l'intensité maximale d'exercice que le corps peut soutenir tout en utilisant de l'oxygène.

Durée : 1h45

#### Jours 2 et 3 (conditions choisies de façon aléatoire) :

- Condition 1 : 30 minutes d'exercice à 50% du  $VO_{2max}$

- Condition 2 : 60 minutes d'exercice à 50% du  $VO_{2max}$
- \* Une évaluation de la consommation d'oxygène post-exercice (analyse d'air expiré au repos) sera effectuée durant une période de 90 minutes, ainsi qu'une prise de sang.

Durée : 2h30

#### **Jour 4 :**

- Condition 3 : exercice effectué à une intensité de 70% du  $VO_{2max}$  jusqu'à ce que la dépense énergétique atteigne celle de la condition 2
- \* Une évaluation de la consommation d'oxygène post-exercice (analyse d'air expiré au repos) sera effectuée durant une période de 90 minutes, ainsi qu'une prise de sang.

Durée : 2h30

Le métabolisme de base ainsi que le  $VO_{2max}$  seront mesurés en utilisant un analyseur portatif de gaz (VmaxST). Les sujets seront ajustés avec un masque, qui sera attaché à un appareil mesurant de l'air inspiré et expiré. Ces mesures nous permettront d'estimer l'énergie utilisée par le corps au repos (BMB) et pendant l'exercice ( $VO_{2max}$ ). La composition corporelle sera calculée par la mesure du poids dans l'eau. Les sujets devront s'asseoir dans un réservoir d'eau où ils se submergeront momentanément suite à une expiration profonde. La fréquence cardiaque sera mesurée à l'aide d'une ceinture cardiaque ajustée autour de la cage thoracique. Des échantillons de sang seront pris du bout du doigt d'index afin de mesurer les triglycérides, le glucose et le lactate.

Chaque séance aura lieu à l'Université Laurentienne à l'intérieur du laboratoire à l'École des sciences de l'activité physique. Chaque séance sera séparée par un minimum de 48 heures afin d'assurer une bonne récupération physique.

Nous vous prions de noter que la participation aux tests pourrait occasionner des répercussions physiques normales attribuées à l'effort tels que des douleurs, la fatigue, l'étourdissement ou un manque de souffle. Pour tous les tests, il y aura toujours au moins un membre de l'équipe présent, ayant la certification en premier soins et en réanimation cardio-respiratoire (RCR). En cas de besoins, les procédures d'urgences du laboratoire seront effectuées (appels 911 et sécurité). Le laboratoire est aussi pourvu d'un défibrillateur. Pour les tests du  $VO_{2max}$ , un spécialiste certifié par la Société canadienne de physiologie de l'exercice dans l'évaluation de la condition physique sera présent en tout temps. L'étude demandera environ 10 heures de votre temps.

Votre participation est strictement volontaire et dépendra de la réussite au questionnaire sur l'aptitude à l'activité physique (Q-AAP) et d'une tension artérielle normale, telles que préconisées par l'Association canadienne de physiologie de l'exercice. Vous pouvez vous retirer en tout temps, ce qui n'aura aucune répercussion ou conséquence

Pour de plus amples renseignements sur l'étude ou votre participation à celle-ci, vous pouvez contacter Michael Herbert, Renée Roy ou professeur Olivier Serresse au 675-1151, poste 1085 ou communiquer avec l'agent de recherche, au (705) 675-1151, poste 3213.

Votre identité ne sera jamais dévoilée et toutes les données recueillies sont confidentielles et seront gardées sous clés. Exactement 5 ans après la publication de la recherche, les données seront effacées de l'ordinateur et les documents papier seront déchiquetés.

---

Après avoir lu et compris les informations de ce présent formulaire et avoir reçu toutes réponses à mes questions, je consens que mon enfant participe à cette étude et j'ai reçu un exemplaire du présent formulaire de consentement.

\_\_\_\_\_  
Signature du parent/tuteur

\_\_\_\_\_  
Date

\_\_\_\_\_  
Signature du témoin

\_\_\_\_\_  
Date

## **FORMULAIRE DE CONSENTEMENT (PARTICIPANT)**

**Titre de l'étude :** Les effets de la durée, de l'intensité et de la dépense énergétique totale sur la consommation d'oxygène post-exercice chez les adolescents sédentaires.

**Chercheurs :** Michael Herbert, Étudiant de maîtrise en Activité Physique; Renée Roy, Étudiante de maîtrise en Développement Humain; Olivier Serresse, Ph.D. Université Laurentienne

Nous sommes des étudiants de maîtrise à l'Université Laurentienne qui étudient les effets de la durée, de l'intensité et de la dépense énergétique totale sur la consommation d'oxygène post-exercice chez les adolescents. Les résultats de cette recherche peuvent être très utiles pour les professionnels médicaux, les éducateurs physiques et toutes autres professions reliées à la santé et l'activité physique. Dans la population adolescente, l'incidence de l'obésité a augmenté énormément, mettant en évidence la nécessité de l'activité physique pour ce groupe d'âge. Cette étude aidera à développer de nouvelles stratégies qui pourraient améliorer la conception des programmes d'exercice prévus pour la population adolescente. Les résultats de tels programmes pourront entraîner une diminution de la masse grasse et améliorer le métabolisme de repos. Le métabolisme de repos contribue 65% de la dépense énergétique journalière. En améliorant le métabolisme de repos, la dépense énergétique augmente, ce qui pourrait entraîner une perte de graisse corporelle.

Nous vous demanderons premièrement de compléter un questionnaire (QAAP – Questionnaire sur l'aptitude à l'activité physique) qui déterminera si vous êtes éligible à effectuer les exercices dans le protocole expérimentale. Si vous êtes éligibles, nous vous demanderons de participer à une série d'épreuves physiques dans le laboratoire à l'École des sciences de l'activité physique et ce à 4 occasions.

### **Jour 1 :**

- Analyse de la consommation d'oxygène au repos pour l'évaluation du métabolisme de base
- Mesures anthropométriques (poids, taille, pesée hydrostatique).
- Tension artérielle, fréquence cardiaque
- Prise de sang pour quantifier le glucose, le lactate et les triglycérides
- $VO_{2max}$  : un test progressif maximal sur ergocycle pour mesurer la capacité de pomper le sang par le cœur, de transporter le sang par les vaisseaux sanguin et d'utiliser l'oxygène par les muscles.  $VO_{2max}$  correspond à l'intensité maximale d'exercice que le corps peut soutenir tout en utilisant de l'oxygène.

Durée : 1h45

### **Jours 2 et 3 (conditions choisies de façon aléatoire) :**

- Condition 1 : 30 minutes d'exercice à 50% du  $VO_{2max}$
- Condition 2 : 60 minutes d'exercice à 50% du  $VO_{2max}$

- \* Une évaluation de la consommation d'oxygène post-exercice (analyse d'air expiré au repos) sera effectuée durant une période de 90 minutes, ainsi qu'une prise de sang.

Durée : 2h30

#### **Jour 4 :**

- Condition 3 : exercice effectué à une intensité de 70% du  $VO_{2max}$  jusqu'à ce que la dépense énergétique atteigne celle de la condition 2
- \* Une évaluation de la consommation d'oxygène post-exercice (analyse d'air expiré au repos) sera effectuée durant une période de 90 minutes, ainsi qu'une prise de sang.

Durée : 2h30

Le métabolisme de base ainsi que le  $VO_{2max}$  seront mesurés en utilisant un analyseur portatif de gaz (VmaxST). Les sujets seront ajustés avec un masque, qui sera attaché à un appareil mesurant de l'air inspiré et expiré. Ces mesures nous permettront d'estimer l'énergie utilisée par le corps au repos (BMB) et pendant l'exercice ( $VO_{2max}$ ). La composition corporelle sera calculée par la mesure du poids dans l'eau. Les sujets devront s'asseoir dans un réservoir d'eau où ils se submergeront momentanément suite à une expiration profonde. La fréquence cardiaque sera mesurée à l'aide d'une ceinture cardiaque ajustée autour de la cage thoracique. Des échantillons de sang seront pris du bout du doigt d'index afin de mesurer les triglycérides, le glucose et le lactate.

Chaque séance aura lieu à l'Université Laurentienne à l'intérieur du laboratoire à l'École des sciences de l'activité physique. Chaque séance sera séparée par un minimum de 48 heures afin d'assurer une bonne récupération physique.

Nous vous prions de noter que la participation aux tests pourrait occasionner des répercussions physiques normales attribuées à l'effort tels que des douleurs, la fatigue, l'étourdissement ou un manque de souffle. Pour tous les tests, il y aura toujours au moins un membre de l'équipe présent, ayant la certification en premier soins et en réanimation cardio-respiratoire (RCR). En cas de besoins, les procédures d'urgences du laboratoire seront effectuées (appels 911 et sécurité). Le laboratoire est aussi pourvu d'un défibrillateur. Pour les tests du  $VO_{2max}$ , un spécialiste certifié par la Société canadienne de physiologie de l'exercice dans l'évaluation de la condition physique sera présent en tout temps. L'étude demandera environ 10 heures de votre temps.

Votre participation est strictement volontaire et dépendra de la réussite au questionnaire sur l'aptitude à l'activité physique (Q-AAP) et d'une tension artérielle normale, telles que

préconisées par l'Association canadienne de physiologie de l'exercice. Vous pouvez vous retirer en tout temps, ce qui n'aura aucune répercussion ou conséquence

Pour de plus amples renseignements sur l'étude ou votre participation à celle-ci, vous pouvez contacter Michael Herbert, Renée Roy ou professeur Olivier Serresse au 675-1151, poste 1085 ou communiquer avec l'agent de recherche, au (705) 675-1151, poste 3213.

Votre identité ne sera jamais dévoilée et toutes les données recueillies sont confidentielles et seront gardées sous clés. Exactement 5 ans après la publication de la recherche, les données seront effacées de l'ordinateur et les documents papier seront déchiquetés.

---

Après avoir lu et compris les informations de ce présent formulaire et avoir reçu toutes réponses à mes questions, j'accepte de participer à cette étude et j'ai reçu un exemplaire du présent formulaire de consentement.

---

Signature du participant

---

Date

---

Signature du témoin

---

Date

## Annexe B



**Laurentian University**  
**Université Laurentienne**

Research, Development &  
 Creativity Office  
 Bureau de la recherche,  
 du développement et de la créativité  
 Tel/Tél.: 705-675-1151, 3944  
 Fax/Téloc.: 705-671-3850

July 8 2009

Renee Roy,  
 Human Kinetics  
 Laurentian University

This is to inform you that the study *entitled Effects of duration, intensity and total caloric expenditure on excess post-exercise oxygen consumption (EPOC) in sedentary adolescents (2009-04-06)*, presented by Renee Roy, Michael Herbert and Dr. Olivier Seresse (supervisor), has passed the ethics review at the Laurentian University Research Ethics Board.

Your ethics approval is valid until July 8 2010. During the course of research no deviations from, or changes to, the protocol, recruitment, or consent form may be initiated without prior written clearance from the REB. The Board must provide clearance for any modifications before they can be implemented. If you wish to modify your research project, please refer to

[[http://www.laurentian.ca/Laurentian/Home/Research/ResearchEthics/Research+Ethics+Board.htm?Laurentian\\_Lang=en-CA](http://www.laurentian.ca/Laurentian/Home/Research/ResearchEthics/Research+Ethics+Board.htm?Laurentian_Lang=en-CA)] to complete the appropriate form Revision or Modification to an Ongoing Application. Please submit a request for renewal form to the Office of Research if your research involving human subjects will continue for longer than one year. Should there be any changes to the project the researcher is required to advise the Laurentian University Research Ethics Board. Please ensure that your research complies with TCPS policies.

An annual report is due on July 8 2010 (request then an extension if needed). Please quote your REB file number (2009-04-06) on future correspondence.

Congratulations and ~~best of luck~~ in conducting your research.

Robert Schinke, Ph.D.  
 President of the *Laurentian University Research Ethics Board*  
 Laurentian University

## Annexe C

## Questionnaire sur l'aptitude à l'activité physique (Q-AAP)

Lisez attentivement et répondez honnêtement à chacune des questions suivantes : cochez OUI ou NON.

- | OUI                      | NON                      |   |
|--------------------------|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 1. Votre médecin vous a-t-il déjà dit que vous souffriez d'un problème cardiaque <u>et</u> que vous ne deviez participer qu'aux activités physiques prescrites et approuvées par un médecin?              |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 2. Ressentez-vous une douleur à la poitrine lorsque vous faites de l'activité physique?   |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 3. Au cours du dernier mois, avez-vous ressenti des douleurs à la poitrine lors de périodes autres que celles où vous participiez à une activité physique?  |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 4. Éprouvez-vous des problèmes d'équilibre reliés à un étourdissement ou vous arrive-t-il de perdre connaissance?   |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 5. Avez-vous des problèmes osseux ou articulaires (par exemple, au dos, au genou ou à la hanche) qui pourraient s'aggraver par une modification de votre niveau de participation à une activité physique? |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 6. Des médicaments vous sont-ils actuellement prescrits pour contrôler votre tension artérielle ou un problème cardiaque (par exemple, des diurétiques)?  |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 7. Connaissez-vous <u>une autre raison</u> pour laquelle vous ne devriez pas faire de l'activité physique?  |

## Annexe D

### Votre première visite

#### \*\*\* APPORTER LES FORMULAIRES DE CONSENTEMENT SIGNÉS \*\*\*

\*\*\* (PARENT ET SUJET) \*\*\*

- **Important à savoir:**
    - Ne pas manger pour 12 heures avant la session (si tu viens au laboratoire à 9am, ne pas manger à partir de 9pm le soir d'avant)
    - Pas d'exercice intense 2 jours avant la session
    - Apporter un mayo de bain, une serviette, des espadrilles et des vêtements appropriés pour faire de l'exercice (noter qu'il fait chaud dans le laboratoire!)
  
  - **Description de la session :**
    - Métabolisme de base – tu vas être couchée, au calme pendant 30 minutes
    - Prises sanguine – ta pression artérielle va être mesurée ainsi que quelques échantillons de sang pris au bout du doigt
    - Pesée hydrostatique - tu vas entrer dans le bain
    - $VO_{2max}$  - tu vas faire de l'exercice sur une bicyclette stationnaire.
    - Déjeuner – du jus et des beignes seront prêt une fois la session est terminée
- 

### Visites 2 et 3

- **Important à savoir:**
    - Ne pas manger pour 2 heures avant la session
    - Pas d'exercice intense 2 jours avant la session
    - Apporter des espadrilles et des vêtements appropriés pour faire de l'exercice (noter qu'il fait chaud dans le laboratoire!)
  
  - **Description de la session :**
    - Exercice léger de 30 à 60 minutes sur une bicyclette stationnaire
    - À la suite, tu vas être couchée pendant 1h30. Durant ce temps, quelques prises de sang seront faites au bout du doigt
-

## Visite 4

### - **Important à savoir:**

- Ne pas manger pour 2 heures avant la session
- Pas d'exercice intense 2 jours avant la session
- Apporter des espadrilles et des vêtements appropriés pour faire de l'exercice (noter qu'il fait chaud dans le laboratoire!)

### - **Description de la session :**

- Exercice de 30 à 60 minutes sur une bicyclette stationnaire
- À la suite, tu vas être couchée pendant 1h30. Durant ce temps, quelques prises de sang seront faites au bout du doigt

---

**Si vous avez des questions, n'hésitez pas de contacter Renée Roy au (705) 983-2237 ou Olivier Serresse au (705) 675-1151 poste 1085**

**Merci pour votre participation**

---