

**EFFETS D'UN DÉFICIT CALORIQUE
SUR LA COMPENSATION ÉNERGÉTIQUE EN PÉRIODE POST-EXERCICE CHEZ LA FEMME.**

Heidi Boilard, B.A., B.Sc., Dt.P.

THÈSE

présentée à la Faculté des études supérieures et postdoctorales dans le
cadre des exigences
de la Maîtrise es Sciences en Sciences de l'activité physique

École des Sciences de l'activité physique Faculté
des Sciences de la santé Université d'Ottawa

Heidi Boilard, Ottawa, Canada, 2016

Résumé

Les études à long-terme confirment que la combinaison d'un déficit calorique et d'un programme d'exercice est une intervention plus profitable quant à la perte de poids qu'un régime hypocalorique ou un programme d'exercice seul. Toutefois, la perte de poids moyenne de l'approche combinée est en générale inférieure à celle estimée sur la base du déficit calorique et de la dépense énergétique du programme d'exercice. L'objectif principal de cette étude portait sur l'investigation des effets d'un déficit calorique et de l'exercice sur l'apport calorique, la dépense énergétique totale, la thermogenèse d'origine autre que l'exercice et la compensation alimentaire post-exercice chez les jeunes femmes. Huit jeunes femmes de poids normal et inactives ont participé à quatre conditions expérimentales : contrôle; exercice, où une séance d'exercice à intensité modérée a été réalisée; déficit calorique, où un déficit calorique de 25% pour une période de 3 jours consécutifs a été respecté; et exercice/déficit calorique. À la suite de chaque session, un repas *ad libitum* à l'heure du dîner a été offert aux participantes et des boîtes à lunch contenant des aliments à volonté choisis par l'entremise de menu ont été remises à ces dernières pour couvrir l'apport calorique pour la journée (jour 1) ainsi que la journée subséquente (jour 2). De plus, un accéléromètre a été remis à chaque participante après chaque séance expérimentale pour être en mesure d'estimer la dépense énergétique liée à l'activité physique pour le jour 1 et jour 2. Aucune différence significative n'a été observée entre les différentes conditions expérimentales pour l'apport calorique au repas *ad libitum* post-exercice, au jour 1 ainsi qu'au jour 2. De plus, aucune différence

significative n'a été notée pour la dépense énergétique totale ainsi que la thermogénèse d'origine autre que l'exercice et aucune compensation alimentaire post-exercice n'a été observée en fonction des conditions expérimentales. Ces résultats suggèrent que la combinaison d'un déficit calorique de 3 journées consécutives avant une séance d'exercice d'intensité modérée n'influence pas l'apport calorique post-exercice, la dépense énergétique totale, la thermogénèse d'origine autre que l'exercice et n'engendre pas de compensation alimentaire post-exercice. Un déficit calorique combiné à l'exercice d'une période plus prolongée pourrait être nécessaire afin d'observer une augmentation de la compensation alimentaire post-exercice pendant une intervention qui vise à induire une perte de poids.

Remerciements

Cette thèse est le résultat de mes efforts des trois et dernières années et demie pour réaliser cette étude qui m'a tant appris, autant sur le plan personnel que sur le plan professionnel. Lors de cette aventure, les raisons pour lesquelles je m'étais initialement engagée à compléter des études supérieures ont évoluées pour enfin atteindre la ligne d'arrivée et être fière de mes accomplissements lors de cette expérience universitaire si enrichissante. Ces dernières années de travail ardu n'auraient jamais pu être réalisées sans le support de mes mentors universitaires, des mes collègues de laboratoire, de ma famille, de mes amis ainsi que de mon conjoint.

J'aimerais tout d'abord remercier du plus profond de mon cœur mon superviseur, Dr. Éric Doucet, pour son encouragement, sa patience et le temps qu'il a consacré à répondre à mes nombreuses questions tout au long de cette aventure. Il a su me guider avec ses précieux conseils et surtout il a cru en mes capacités et ma ténacité. Je suis extrêmement reconnaissante envers son support continu, mais surtout pour sa passion contagieuse!

Un grand remerciement aux membres de mon comité, Dr. Pascal Imbeault et Dr. Denis Prud'homme, qui m'ont généreusement transmis leurs conseils ainsi que pour leur temps dédié à la révision minutieuse de mon projet de recherche. Leur expertise a été un atout à mon enrichissement universitaire et à mon évolution dans le domaine de la recherche.

Une attention spéciale à mes collègues de laboratoire dont leur aide ne sera jamais assez appréciée. Plus spécifiquement, je tiens à remercier Jessica pour m'avoir guidée lors de la collecte de données ainsi que lors de l'analyse des résultats. Malgré son horaire chargé, elle n'a jamais hésité de m'aider. De plus, cette expérience n'aura pas été la même sans le support de Nick qui était toujours prêt à se rendre au laboratoire le samedi ou dimanche matin pour effectuer les mesures de la composition corporelle avec l'absorptiométrie biphotonique à rayons X et de m'assister avec les tests de VO_{2max} et ce, avec ses blagues et sa bonne humeur. J'ai une pensée pour Luzia qui était toujours prête à faire l'inventaire des aliments pour mes séances expérimentales ainsi qu'à mes bonne amies, Erin, Fanny, Dominique et Geneviève pour leurs encouragements inconditionnels lors des moments les plus difficiles.

Finalement, ce travail a été réalisé en partie grâce au support de mon conjoint Pat. Il a toujours su me remonter le moral lors de mes découragements, mais il a su me rendre la vie plus facile en prenant responsabilité entière des tâches ménagères et avec son sens de l'humour!

« Plus grand est l'obstacle, et plus grande est la gloire de le surmonter. » Molière

Table des matières

Résumé	ii
Remerciements.....	iv
Table des matières	vi
Liste d'abréviations	x
Liste des tableaux	xii
Liste des figures	xiii
Chapitre 1.....	1
Revue de la littérature	1
1.1 Bénéfices liés à la pratique régulière d'activité physique.....	1
1.2 La compensation alimentaire relative à l'effort induit par l'exercice.....	2
1.3 L'influence de l'exercice sur les habitudes alimentaires	4
1.4 L'influence d'un déficit calorique et de l'exercice sur l'apport calorique.....	5
1.5 Les interventions de perte de poids à long-terme.....	7
1.6 La thermogenèse d'origine autre que l'exercice	9
1.7 La dépense énergétique en réponse à un programme d'exercice	10
1.8 L'influence d'un déficit calorique sur la dépense énergétique.....	11
1.9 Les mesures subjectives de l'appétit	12
1.10 Le contrôle hormonal de l'apport calorique.....	14
1.11 Retour sur la revue de littérature	15
Chapitre 2.....	17
Problème de recherche	17
2.1 Question générale de recherche	17
2.2 Question spécifique de recherche	17
2.3 Hypothèses de recherche	18

Chapitre 3	19
Méthode et techniques	19
3.1 Participants et recrutement.....	19
3.2 Protocole et collecte de données	20
3.2.1 Séance préliminaire	21
3.2.1.1 Mesures anthropométriques.....	22
3.2.1.2 Dépense énergétique au repos.....	22
3.2.1.3 Attitude envers les aliments	23
3.2.1.4 Aptitude à l'activité physique	23
3.2.1.5 Plan alimentaire	23
3.2.1.6 Test de la puissance aérobie maximale	24
3.2.1.7 Prescription du déficit calorique.....	25
3.2.2 Séances expérimentales	26
3.2.2.1 Déjeuner standard	27
3.2.2.2 Apport calorique au repas <i>ad libitum</i>	28
3.2.2.3 Apport calorique au jour 1 et jour 2.....	28
3.2.2.4 Dépense énergétique.....	29
3.2.2.5 Compensation énergétique post-exercice.....	30
3.2.2.6 Sensations subjectives de l'appétit.....	31
3.3 Analyses statistiques.....	31
Chapitre 4	33
Article original	34
<i>Abstract</i>	35
<i>Introduction</i>	36
<i>Methods</i>	39
Participants	39
Procedure of the experimentation	40
Preliminary session	41
Experimental sessions.....	43
Post-exercise (Post-resting)	44

Calculations.....	45
Energy compensation	45
Non-exercise activity thermogenesis.....	45
Statistical analyses	46
<i>Results</i>	46
Characteristics of the participants.....	46
Experimental conditions	46
Energy intake	47
Energy expenditure.....	47
Post-exercise energy compensation.....	48
Appetite	48
<i>Discussion</i>	48
<i>Conclusion</i>	53
<i>References</i>	55
<i>Tables</i>	59
Descriptive of characteristics of subjects	59
Intensity, duration, exercise-induced energy expenditure and targeted heart rate of the exercise sessions.....	60
Macronutrient intake for experimental sessions	61
Energy expenditure throughout the experimental sessions	62
Post-exercise energy compensation throughout the experimental sessions	63
<i>Figures</i>	64
Experimental design	65
Absolute energy intake throughout the experimental sessions.....	66
Visual analogue scale measurements.....	67
<i>Appendix</i>	68
Appendix 1	68

Chapitre 5	69
Conclusions et perspectives	69
5.1 Conclusions	69
5.2 Perspectives	71
Bibliographie	73
Annexes	
Annexe 1	81
Approbation déontologique	82
Annexe 2	84
Formulaire de consentement	85
Annexe 3	93
Questionnaire sur l’aptitude à l’activité physique	94
Annexe 4	95
Questionnaire au sujet des habitudes alimentaires	96
Annexe 5	101
Échelles visuelles analogues	102
Annexe 6	106
Menu pour l’apport calorique	107
Annexe 7	110
Menu pour le déjeuner standard	111
Annexe 8	112
Plan alimentaire pour le déficit calorique	113

Liste d'abréviations

<i>Ad libitum</i>	À volonté
ANOVA	Analyse de variance
BMI	« Body mass index »
Bpm	Battements par minute « Beats per minute »
CTL	Condition contrôle « Control condition »
CSEP	Canadian Society for Exercise Physiology
DIET	Condition déficit calorique « Caloric restriction condition »
EX	Condition exercice « Exercise condition »
ExEE	« Exercise-induced energy expenditure »
EXDIET	Condition exercice/déficit calorique « Exercise / caloric restriction condition »
g	Gramme
h	Heure
IMC	Indice de masse corporelle
Kcal	Kilocalorie
Kg	Kilogramme
L	Litre
m	Mètre
min	Minute
MJ	Mégajoul
ml	Millilitre
NS	Non significatif « Non significant »

PAEE	« Physical activity energy expenditure »
PAR-Q	« Physical Activity Readiness Questionnaire »
PEEC	« Post-exercise energy compensation »
Q-APP	Questionnaire sur l'aptitude à l'activité physique
REE	« Resting energy expenditure »
SD	« Standard deviation »
TEE	« Total energy expenditure »
TEF	« Thermal effect of food »
TFEQ	« Three-Factor Eating Questionnaire »
VAS	« Visual analog scale »
VO ₂	Consommation d'oxygène
VO _{2crête}	Consommation d'oxygène crête
VO _{2peak}	« Peak oxygen consumption »
Y	« Year »

Liste des tableaux

Chapitre 4

Tableau 1. Caractéristiques des participantes	59
Tableau 2. L'intensité, la durée, la dépense énergétique liée à l'exercice et la fréquence cardiaque cible lors des séances d'exercice pour les conditions exercice et exercice/déficit calorique.....	60
Tableau 3. Les apports en macronutriments durant le repas <i>ad libitum</i> , jour 1 et jour 2 pour chaque séance expérimentale (contrôle, exercice, déficit calorique et exercice/déficit calorique).....	61
Tableau 4. La dépense énergétique au jour 1 et totale des deux jours pour chaque séance expérimentale (contrôle, exercice, déficit calorique et exercice/déficit calorique).....	62
Tableau 5. La compensation énergétique en période post-exercice pour les conditions exercice et exercice/déficit calorique.....	63

Liste des figures

Chapitre 4

Figure 1. Le protocole expérimental..... 65

Figure 2. L'apport calorique absolu au déjeuner, au repas *ad libitum*, au jour 1 et au jour 2 pour chaque séance expérimentale (contrôle, exercice, déficit calorique et exercice/déficit calorique)..... 66

Figure 3. Les mesures des scores d'appétit par les échelles visuelles analogues au temps 0 (à jeun) et 30min, 120min, 210min après le déjeuner ainsi qu'après le repas *ad libitum* pour les variables suivantes: le désir de manger, la faim, la satiété et la quantité de nourriture anticipée pour chaque séance expérimentale (contrôle, exercice, déficit calorique et exercice/déficit calorique) 67

Chapitre 1

Revue de littérature

1.1 Les bénéfices liés à la pratique régulière de l'activité physique

La pratique régulière d'activité physique est actuellement fortement promue comme étant une approche pouvant contribuer au maintien du poids corporel (Finlayson, Bryant, Blundell, & King, 2009). C'est également une composante essentielle à un style de vie sain en partie dû à sa relation inverse avec l'apparition de certaines maladies, telles que les maladies cardiovasculaires, l'accident vasculaire thromboembolique, l'hypertension, le diabète de type 2, l'ostéoporose, l'obésité, le cancer du côlon, le cancer du sein, l'anxiété et la dépression (Haskell *et al.*, 2007). En effet, les études longitudinales démontrent une association négative entre l'adhésion prolongée à la pratique régulière d'activité physique et l'incidence des maladies non-transmissibles parmi lesquelles l'obésité (Reiner, Niermann, Jekauc, & Woll, 2013). Toutefois, une séance d'exercice peut influencer la quantité totale de calories consommée au repas succédant immédiatement l'exercice (Martins, Morgan, Bloom, & Robertson, 2007; Shorten, Wallman, & Guelfi, 2009) et voir même entraver la perte pondérale chez certains individus. Alors que le degré de compensation alimentaire après l'exercice est un facteur déterminant dans le changement du poids corporel, il est ainsi impératif de comprendre l'effet de l'exercice sur l'apport calorique pour tenter de mieux connaître l'implication de la pratique régulière d'activité physique dans les interventions visant le maintien ou la perte de poids.

1.2 La compensation alimentaire relative à l'effort induit par l'exercice

Selon la théorie de Jean Mayer sur la régulation biologique de l'équilibre énergétique, le corps possède un système régulateur central en mesure d'apparier de près l'apport et la dépense énergétique afin que le système ajuste les variations de la dépense énergétique en fonction de guider convenablement l'apport calorique (Mayer, & Thomas, 1967). Ainsi, la compensation alimentaire se produit, en partie tout au moins, en fonction de la dépense énergétique, de sorte à ce que lorsque la dépense énergétique augmente, l'apport calorique augmente de façon aiguë afin que ces deux composantes soient appariées de près (Jokisch, Coletta, & Raynor, 2012). Une augmentation de l'apport calorique égale à la dépense énergétique additionnelle secondaire à une séance d'exercice indique une compensation complète, soit de 100%, alors qu'un apport calorique qui ne change pas correspond à une compensation nulle, et une diminution de l'apport calorique révèle une compensation négative (Jokisch *et al.*, 2012). En investiguant de plus près la relation entre une séance d'exercice et l'apport calorique, trois scénarios peuvent survenir : 1) La réponse compensatoire de l'apport calorique à l'augmentation de la dépense énergétique ; 2) La réduction de l'apport calorique induite par une séance d'exercice pour laquelle les effets métaboliques et psychologiques de l'activité physique diminuent l'apport calorique; et 3) La modification des choix alimentaires ou de la sélection des nutriments induite par la séance d'exercice (King, Tremblay, & Blundell, 1997). Cependant, contrairement à la théorie de Jean Mayer, il a été démontré que l'apport calorique en période post-exercice n'est que faiblement apparié à la dépense énergétique induite par l'exercice (Melzer, Kayser, Saris, & Pichard, 2005). L'apport calorique ne

compense pas toujours la dépense énergétique d'une séance d'exercice chez certains individus (Harris, & George, 2008). La majorité des études attestent qu'une séance d'exercice n'augmente pas l'appétit ou l'apport calorique (King, Snell, Smith, & Blundell, 1996; King, & Blundell, 1995; Westerterp-Plantenga, Verwegen, Ijedema, Wijckmans, & Saris, 1997; Lluch, King, & Blundell, 1998; Blundell, & King, 1999), ainsi il en va de même pour l'exercice d'intensité élevée (King, Lluch, Stubbs, & Blundell, 1997), et que cette absence de changement au niveau de l'apport calorique ne diffère pas entre les femmes et les hommes (Alajmi *et al.*, 2016). D'ailleurs, l'exercice vigoureux a la capacité de réduire significativement l'appétit, un phénomène qui est connu sous le terme d'«anorexie induite par l'exercice» (King, & Blundell, 1995; King, Burley, & Blundell, 1994), mais cet effet anorexigène est temporaire et il est peu probable que son impact sur l'apport calorique subséquent soit significatif (King *et al.*, 1997; King *et al.*, 1994). Toutefois, l'effet aigu de l'exercice sur les mesures objectives de l'appétit demeure un sujet controversé puisque quelques études affirment une augmentation de l'apport calorique (Verger, Lanteaume, & Louis-Sylvestre, 1992; Pomerleau, Imbeault, Parker, & Doucet, 2004; Verger, Lanteaume, & Louis-Sylvestre, 1994) en réponse à une séance d'exercice et voir même une diminution de l'apport calorique (Westerterp-Plantenga *et al.*, 1997). Bien que l'apport calorique en période post-exercice n'est pas apparié dans tous les cas la dépense énergétique induite par l'exercice, il convient essentiel d'investiguer un facteur cognitif susceptible d'influencer l'apport calorique après l'exercice, soit la restriction alimentaire.

1.3 L'influence de l'exercice sur les habitudes alimentaires

Il a été soulevé qu'une des raisons qui explique la disparité au niveau des conclusions de ces études sur l'influence de l'exercice sur les habitudes alimentaire est que l'exercice peut agir comme un agent désinhibiteur chez certains adultes (Hill, Melby, Johnson, & Peters, 1995). En autre mot, une séance d'exercice peut mener certains individus à modifier leur apport calorique pour conduire à une surconsommation (Harris, & George, 2008). Le terme désinhibiteur est souvent utilisé pour décrire une restriction alimentaire qui résulte d'un contrôle intentionnel et conscient de l'apport calorique dans le but de perdre du poids ou prévenir le gain de poids (King, 1999). La restriction alimentaire se mesure par l'entremise du « *Three-Factor Eating Questionnaire* » (TFEQ) qui consiste en une série de questions évaluant trois facteurs cognitifs d'un individu, soit la contrainte alimentaire, la désinhibition et la faim (Stunkard, & Messick, 1985). Cette mesure permet d'établir le statut du régime alimentaire d'un individu, et qui peut à son tour, influencer l'apport calorique en post-exercice (Hill *et al.*, 1995). Par exemple, il est probable que certains individus avec un surpoids et en déficit calorique alternent entre des périodes de contrainte et de désinhibition, et maintiennent ou diminuent leur consommation alimentaire après l'exercice basée sur leur statut de régime nutritionnel actuel (Hill *et al.*, 1995). Ainsi, certains individus ne sont pas en mesure de contrôler leur poids corporel avec succès en raison de certains facteurs cognitifs et psychologiques qui déclenchent la surconsommation après l'exercice (Harris, & George, 2008). Le cas échéant, ces individus risquent de ne pas bénéficier des effets de l'exercice, et ce, comme un outil essentiel à la gestion du poids corporel (Harris, & George,

2008).

1.4 L'influence d'un déficit calorique et de l'exercice sur l'apport calorique

La majorité des études qui ont investigué l'effet aigu d'une séance d'exercice sur l'apport calorique en période post-exercice se sont basées sur des individus en équilibre énergétique, c'est-à-dire sans la prescription d'un déficit calorique. Jusqu'à présent, peu d'études ont examiné l'effet de l'interaction d'un déficit calorique et de l'exercice en période post-exercice. En fait, deux types d'études peuvent être répertoriés dans ce domaine d'étude dans la littérature. D'une part, il y a les recherches qui exploitent l'effet aigu de la manipulation alimentaire sur l'apport calorique après l'exercice, c'est-à-dire dans le contexte expérimentale, soit en laboratoire. D'autre part, on retrouve des études analysant l'effet du degré de contrainte alimentaire de l'individu sur l'apport calorique après l'exercice, mais en l'absence d'une manipulation alimentaire. Par exemple, certaines études ont examiné l'influence de la contrainte alimentaire sur l'apport calorique après l'exercice en utilisant le *Three-Factor Eating Questionnaire* (TFEQ) lors du recrutement des participantes (Harris, & George, 2008; Visona, & George, 2002; Lluch, King, & Blundell, 2000; Lluch *et al.*, 1998). Certaines de ces études ont révélé que l'apport calorique après l'exercice est plus faible chez les participants ayant une contrainte alimentaire ou suivant un régime hypocalorique (Visona, & George, 2002; Lluch, *et al.*, 2000). D'ailleurs, l'étude de Lluch *et al.* (1998) a affirmé que les femmes avec un poids santé ayant une contrainte alimentaire, c'est-à-dire ayant obtenu un résultat supérieur à 10 selon l'échelle de contrainte décrite par Stunkard, & Messick (1985), n'augmentent pas leur

apport calorique en post-exercice. Ce qui suggère alors que l'exercice n'entravera pas nécessairement la perte de poids chez les participants ayant une contrainte alimentaire.

De façon général, la compensation alimentaire est davantage marquée lorsqu'un déficit calorique est utilisé avant une séance d'exercice (Hubert, King, & Blundell, 1998; Luch *et al.*, 2000; King *et al.*, 2011; Visona, & George, 2002). Ce fait concorde avec les conclusions de l'étude d'Hubert *et al.* (1998) dans laquelle ils ont comparé l'effet d'un déjeuner à faible (64 kcal) vs haute (500 kcal) densité énergétique sur l'apport calorique d'un repas *ad libitum* suivant une séance d'exercice d'une dépense énergétique moyenne de 317 kcal. Les résultats suggèrent que les femmes avec un poids santé ayant consommées un déjeuner faible en énergie mangent davantage durant le repas servi à volonté, sans compenser complètement pour le déficit calorique induite par le déjeuner faible en énergie et la séance d'exercice (Hubert *et al.*, 1998). Cependant, quelques études montrent des résultats contradictoires en concluant que l'apport calorique après l'exercice demeure inchangé malgré l'état nutritionnel précédant l'exercice (Deighton, Zahra, & Stensel, 2012; Gonzalez, Veasey, Rumbold, & Stevenson, 2013). En effet, l'étude de Deighton *et al.* (2012), menée sur des hommes avec un poids santé, révèle aucune différence significative de l'apport calorique post-exercice lorsque l'exercice est effectuée à jeun ou en postprandiale et cela en présence d'un bilan énergétique négatif pour les 2 conditions expérimentales. Cette disparité au niveau des résultats peut être expliquée par le fait que le déficit calorique était d'une courte durée, c'est-à-dire administré qu'à un seul repas, tel que l'omission du déjeuner. Les effets d'un déficit calorique à court- terme, c'est-à-dire administré sur une période de quelques jours, sur l'apport calorique post-exercice demeure un

sujet non exploité. Il serait alors intéressant d'examiner cette approche considérant l'absence de données dans la littérature à ce sujet et que le statut nutritionnel (à jeun ou postprandiale) précédant l'exercice peut influencer l'apport calorique lors d'un repas *ad libitum*.

1.5 Les interventions de perte de poids à long-terme

Il a été démontré qu'un programme d'exercice est plus profitable qu'un déficit calorique pour créer un déficit énergétique en raison de l'absence d'augmentation subséquente de la sensation de la faim et de l'apport calorique (Hubert *et al.*, 1998), tout au moins à court terme, tandis qu'un programme d'exercice sans déficit calorique concomitant n'est pas considérée comme une méthode efficace pour promouvoir la perte pondérale (Jakicic, & Otto, 2006). En effet, plusieurs études à long-terme attestent que la combinaison d'un déficit calorique et d'un programme d'exercice est associée à une perte de poids (Franz *et al.*, 2007; Miller, Koceja, & Hamilton, 1997; Dick, 2004; Curioni, & Lourenço, 2005) et que la perte pondérale induite par un programme d'exercice seul est minime (Fock, & Khoo, 2013). En effet, les conclusions de la méta-analyse de Miller *et al.* (1997) confirment que la combinaison d'un déficit calorique et d'un programme d'exercice est une intervention plus profitable quant à la perte de poids qu'un régime hypocalorique ou un programme d'exercice seul. Cette publication, qui a examiné les études de perte de poids menées au cours des 25 années ayant précédées la publication de cette étude, révèle une perte pondérale moyenne de 2,9kg, 10,7kg et 11,0kg après un suivi moyen de 15.6 semaines pour les interventions comprenant que

l'exercice seul, que le déficit calorique seul, ainsi que la combinaison des deux (Miller *et al.*, 1997). Il s'avère donc que la combinaison d'un déficit calorique et d'un programme d'exercice soit l'intervention la plus bénéfique à long terme quant à la perte pondérale. Toutefois, tout comme les résultats de l'étude de Miller *et al.* (1997), les résultats de l'étude de Shaw *et al.* (2006) suggèrent que malgré la différence significative de perte de poids entre une intervention incluant une diète et un programme d'exercice vs une diète seule, la perte de poids moyenne de l'approche combinée est en générale inférieure à celle estimée sur la base du déficit calorique et de la dépense énergétique du programme d'exercice. Excluant la possibilité que les individus ne respectent pas la conformité de la diète et ou de la prescription d'exercice, ce qui est tout à fait possible, deux autres justifications demeurent plausibles pour tenter d'expliquer cette observation. D'une part, les séances d'exercice pourraient engendrer une réponse alimentaire compensatoire lorsque combinées à un déficit calorique prolongé. D'autre part, une diminution de la dépense énergétique liée à l'activité physique quotidienne peut être occasionnée suite à l'initiation d'un programme d'exercice structuré. Il est également plausible que la perte de poids moindre observée vs estimée soit le résultat de la combinaison de ces deux mécanismes compensatoires. Il est donc impératif d'examiner de plus près l'effet d'une séance d'exercice en situation de déficit calorique sur une courte période sur l'apport calorique et la dépense énergétique post-exercice afin de bien comprendre la contribution respective de ces différentes modalités lors de la planification d'une intervention de perte de poids.

1.6 La thermogenèse d'origine autre que l'exercice

La dépense énergétique liée aux activités physiques non structurées est reconnue comme étant un joueur clé important dans la régulation de l'équilibre énergétique (Melanson, Keadle, Donnelly, Braun, & King, 2013). Tel que montré par Levine, Eberhardt, & Jensen (1999), cette composante de la dépense énergétique quotidienne contribue à l'explication de la variation individuelle de perte de poids en réponse à des interventions de perte de poids. La dépense énergétique associée aux activités non structurées accomplies dans un environnement où les conditions sont libres est identifiée comme étant la thermogenèse d'origine autre que l'exercice (Levine, Eberhardt, & Jensen, 1999). Cette composante de la dépense énergétique peut varier entre individus de 100-800 kcal et peut varier de 15% chez les individus inactifs ainsi que de 50% chez les individus actifs (Levine, 2004). D'après la revue de littérature effectuée par Drenowatz (2015) dans laquelle il a compilé les études ayant investigué l'effet prolongé (8 semaines à 12 mois) d'une intervention comportant un déficit calorique sur la dépense énergétique liée à l'activité physique, le déficit calorique est généralement associé avec une diminution de la dépense énergétique liée à l'activité physique. Il est ainsi plausible de spéculer qu'une diminution de la dépense d'énergie liée à l'activité physique en réponse à l'initiation d'un programme d'exercice structuré peut expliquer en partie l'absence de succès à une intervention de perte de poids basée uniquement ou incluant un programme d'exercice.

1.7 La dépense énergétique en réponse à un programme d'exercice

Les résultats des études qui ont investigué l'effet chronique d'un programme d'exercice sur la dépense énergétique liée à l'activité physique sont ambigus. En effet, certaines ont observé une réponse compensatoire, i.e. une diminution du niveau d'activité physique quotidien en réponse au programme d'exercice (Schultz, Nguyen, Byrne, & Hills, 2014 ; Colley, Hills, King, & Byrne, 2010 ; Meijer, Westerterp, & Verstappen, 1999 ; Meijer, Westerterp, & Verstappen, 2000 ; Rosenkilde, Auerbach, Reichkender, Ploug, Stallknecht, & Sjodin, 2012), tandis que d'autres n'ont montré aucune réponse compensatoire (Alahmadi, Hills, King, & Byrne, 2011 ; Cadieux, McNeil, Lapierre, Riou, & Doucet, 2014 ; Rocha, Paxman, Dalton, Winter, & Broom, 2013 ; Rocha, Paxman, Dalton, Winter, & Broom, 2015 ; Sim, Wallman, Fairchild, & Guelfi, 2014 ; Van Etten, Westerterp, Verstappen, Boon, & Sarris, 1997 ; Turner, Markovitch, Betts, & Thompson, 2010 ; Hollowell, Willis, Slentz, Topping, Bhakpar, & Kraus, 2009 ; Rangan, Willis, Slentz, Bateman, Shields, Houmard, & Kraus, 2011 ; Willis, Herrmann, Honas, Lee, Donnelly, & Washbrun, 2014 ; Meijer, Janssen, Westerterp, Verhoeven, Saris, & ten Hoor, 1991). La disparité entre ces résultats peut être expliquée en partie par l'absence d'homogénéité des protocoles expérimentaux, et plus spécifiquement, la durée des interventions varie grandement, soit des interventions d'une journée expérimentale à des interventions d'une période de 10 mois. Parmi ces études, peu d'entre elles ont examiné l'effet aigu de l'exercice sur la dépense énergétique (Alahmadi *et al.*, 2011; Cadieux *et al.*, 2014; Rocha *et al.*, 2013; Rocha *et al.*, 2015 ; Sim *et al.*, 2014). Les résultats de ces études démontrent que l'exercice aigu ne semble pas occasionner des changements au niveau de la dépense énergétique liée à l'activité physique.

Trois de ces études (Alahmadi *et al.*, 2011 ; Rocha *et al.*, 2013 ; Rocha *et al.*, 2015) ont mesuré la dépense énergétique sur une période de 3 journées subséquentes à la journée expérimentale, et les deux autres (Cadieux *et al.*, 2014 ; Sim *et al.*, 2014) ont mesuré la dépense énergétique le restant de la journée expérimentale ainsi que la journée subséquente. Seulement les résultats d'Alahmadi *et al.* (2011) montrent un changement au niveau de la dépense énergétique liée à l'activité physique, soit une augmentation de cette variable dans les 3 journées subséquentes à la séance expérimentale. Cette réponse retardée de 48 heures peut être expliquée possiblement par le fait que les participants de l'étude avaient un horaire différent lors de cette journée qui exigeait à marcher pour une période plus prolongée comparativement aux autres journées de la semaine. Bref, l'effet aigu d'une séance d'exercice sur la dépense énergétique à l'activité physique demeure un sujet imprécis. Considérant que les interventions de perte de poids sont généralement basées sur l'administration d'un déficit calorique et d'un programme d'exercice, il est ainsi crucial de considérer l'influence de ces deux composantes majeures sur le bilan énergétique.

1.8 L'influence d'un déficit calorique sur la dépense énergétique

Un déficit calorique tout comme une augmentation de la dépense énergétique liée à l'exercice est aussi une méthode populaire utilisée comme intervention pour favoriser une perte de poids. La majorité des études qui ont examiné les effets d'un déficit calorique sur la dépense énergétique quotidienne ont montré une diminution de la dépense énergétique liée à l'activité physique (Drenowatz, 2015; Heyman *et al.*, 1992; Jaime *et al.*, 2015; Martin *et al.*,

2011; Rosenbaum, Hirsch, Gallagher, & Leibel, 2008). D'après la revue de littérature de Drenowatz (2005), le déficit calorique est généralement associé à une diminution de la dépense énergétique liée à l'activité physique, toutefois, dans la majorité des études les interventions étaient à long-terme (8 semaines à 12 mois). Conséquemment, ces résultats suggèrent qu'un déficit calorique à long-terme, qui résulte normalement en une perte de poids significative, semblent favoriser une diminution de la dépense énergétique liée à l'activité physique. Toutefois, aucune étude n'a investigué les effets d'un déficit calorique à court-terme sur les composantes de la dépense énergétique, tels que la dépense énergétique liée à l'activité physique et la dépense énergétique totale. Considérant que les interventions visant une perte de poids incluent généralement un déficit calorique ainsi qu'un programme d'exercice afin d'engendrer un déficit énergétique plus important, il serait alors impératif de maintenir la dépense énergétique liée à l'activité physique lors de la prescription de programme de perte de poids, considérant sa nature très variable (Ravussin, Lillioja, Anderson, Christin, & Bogardus, 1986). Conséquemment, d'autres études sont nécessaires afin d'examiner les effets combinés d'un déficit calorique et d'un programme d'exercice sur les composantes de la dépense énergétique dans un environnement libre et non expérimental.

1.9 Les mesures subjectives de l'appétit

Une autre variable qui ne peut être dissociée des études visant à examiner l'effet de la manipulation alimentaire et du niveau d'exercice sur l'apport calorique après une séance d'exercice est la sensation de l'appétit. Cependant, les résultats des études évaluant l'appétit

de façon subjective, c'est-à-dire à partir d'échelles visuelles analogues, demeurent controversés puisque certains d'entre eux montrent que l'exercice ne modifie pas les sensations subjectives de l'appétit (Hubert *et al.*, 1998; King *et al.*, 1997; Lluch *et al.*, 1998), d'autres révèlent une diminution (King, & Blundell, 1995; Westerterp-Plantenga *et al.*, 1997), alors qu'une autre affirme une augmentation (Maraki *et al.*, 2005). Toutefois, des investigateurs s'intéressant à analyser l'effet d'une manipulation alimentaire sur les sensations subjectives de l'appétit ont observé une augmentation de ces dernières (Doucet, Pomerleau, & Harper, 2004; Hubert *et al.*, 1998). D'ailleurs, l'étude de Doucet *et al.* (2004) a examiné la relation entre les mesures des sensations subjectives de l'appétit suite à un régime hypocalorique à court-terme. Plus spécifiquement, les résultats des mesures des sensations subjectives de l'appétit (désire de manger, faim, satiété et quantité de nourriture anticipée) étaient reliés à la condition expérimentale, c'est-à-dire qu'elles étaient plus élevées après l'intervention d'un régime hypocalorique d'une durée de quatre jours (Doucet *et al.*, 2004). D'après la littérature, il est ainsi justifié de conclure qu'un régime hypocalorique augmente, à court terme, les sensations subjectives de l'appétit. D'un point de vue théorique, cette conclusion va de pair avec le fait que la compensation alimentaire est davantage marquée lorsqu'un déficit calorique est utilisé puisqu'il est logique de concevoir que le ressenti de la faim soit corrélé avec la quantité de l'apport alimentaire : la sensation de l'appétit sera plus prononcée si l'apport calorique est réduit.

1.10 Le contrôle hormonal de l'apport calorique

Le contrôle physiologique de la régulation de l'appétit implique certaines hormones circulantes ayant des effets orexigènes et anorexigènes, et ce, qui induisent des changements au niveau de l'apport calorique par la perturbation des sensations de faim et de satiété (Karra, & Batterham, 2010). Parmi ces hormones, on compte la ghréline, qui est reconnue comme la seule hormone ayant des propriétés orexigènes (Karra, & Batterham, 2010) et qui est synthétisée par les cellules endocrines de l'estomac pour ensuite être activée en sous sa forme acylée (Kojima, Hosoda, Date, Nakazato, Matsuo, & Kangawa, 1999). Les niveaux de ghréline augmentent lors de jeûne et diminuent lors de l'ingestion de nutriments (Tschop, Smiley, & Heiman, 2000). Contrairement à la ghréline, il y a un nombre d'hormones sécrétées par le tractus gastro-intestinal avec des effets anorexigènes. Le peptide YY (PYY) est synthétisé et libéré dans la circulation par les cellules entéroendocrines, aussi nommées les cellules L, situées dans le tractus gastro-intestinal distal (Cummings, & Overduin, 2007). L'enzyme dipeptidyl peptidase 4 active le produit initial, PYY₁₋₃₆, en sa forme active biologique, soit PYY₃₋₃₆ (Cummings, & Overduin, 2007). De même, le peptide-1 de type glucagon (GLP-1) est synthétisé par les cellules L intestinales (Brubaker, & Anini, 2003). Le GLP-1 existe sous deux formes actives, soit la GLP-1₇₋₃₆ et la GLP-1₇₋₃₇, mais la forme GLP-1₇₋₃₆ représente la majorité de la GLP-1 en circulation sanguine (Drucker, 2006). Une autre hormone avec des propriétés similaires au PYY et GLP-1 est le polypeptide pancréatique (PP). Le PP est un peptide à 36 acides aminés qui est synthétisé et sécrété par les cellules des îlots pancréatiques (Adrian, Bloom, Bryant, Polak, & Heitz, 1976). Bref, tel que rapporté par l'étude de Simpson, Parker, Plumer, & Bloom (2012), l'administration périphérique

du PYY, GLP-1 et PP diminue l'apport calorique.

Alors que l'apport calorique et le jeûne influencent les hormones régulatrices de l'appétit, une séance d'exercice peut également contribuer au contrôle de ces dernières (Schubert, Sabapathy, Leveritt, & Desbrow, 2014). Selon la méta-analyse de Schubert *et al.* (2014), des changements ont été observés au niveau de la ghréline acylée, ainsi qu'au niveau du PYY, GLP-1 et PP suite à l'exercice aigu, et ce, à des intensités d'exercice qui varient entre 50-70% de la $VO_{2\text{crête}}$ ainsi que des durées qui varient de 30 à 90 min. Plus spécifiquement, une séance d'exercice réduit les niveaux de la ghréline acylée et augmente les niveaux de PYY, GLP-1 et PP pour une période de 2 à 9 heures post-exercice (Schubert *et al.* 2014).

L'exploration du contrôle hormonal de l'apport alimentaire en lien avec l'exercice est une relation impérieuse à la compréhension de l'effet de l'exercice aigu sur les sensations de faim et de satiété. Toutefois, cette thématique ne sera pas abordée en profondeur dans cette thèse considérant que les mesures des hormones régulatrices de l'appétit n'étaient pas des variables à l'étude.

1.11 Retour sur la revue de littérature

Selon la littérature, il est évident que plusieurs facteurs doivent être considérés lors de la planification d'une intervention de perte de poids afin que celle-ci soit un succès quant à la perte pondérale anticipée. Considérant les disparités de résultats des études investiguant

l'effet de d'une séance ou d'un programme d'exercice sur l'apport calorique et la dépense énergétique, ainsi que l'effet d'un déficit calorique sur l'apport calorique et la dépense énergétique, l'influence et la relation entre ces deux composantes sur l'équilibre énergétique demeure imprécise. Cependant, une certitude existe : l'équilibre énergétique est influencée par les variations de ces deux composantes, et ce, en exerçant un pouvoir indépendant et interactif. Globalement, les résultats de l'étude de Miller *et al.* (1997) et de Shaw *et al.* (2006) confirment que l'influence de l'apport calorique et de la dépense énergétique et leurs effets combinés sont encore imprécis sur l'équilibre énergétique. La présente étude s'intéressera alors à l'effet d'un déficit calorique de courte durée (3 jours) et d'une séance d'exercice d'intensité modérée sur ces deux composantes de l'équilibre énergétique post-exercice dans le but de déterminer leur influence indépendante et combinée sur la compensation énergétique post-exercice. À notre connaissance, aucune étude n'a examiné les effets à court-terme d'un déficit calorique et d'une séance d'exercice sur l'apport calorique et la dépense énergétique en période post-exercice.

Chapitre 2

Problématique de recherche

2.1 Question générale de recherche

En se basant sur les résultats de l'étude de Miller *et al.* (1997) et de Shaw *et al.* (2006), la perte de poids moyenne de l'approche combinée est en générale inférieure à celle estimée sur la base du déficit calorique et de la dépense énergétique du programme d'exercice. Jusqu'à présent, seul l'effet aigu d'un déficit calorique a été examiné sur l'apport calorique post-exercice. Il est important de noter qu'aucune étude n'a investigué l'interaction entre un déficit calorique à court terme et une séance d'exercice sur l'apport calorique et la dépense énergétique post-exercice.

2.2 Question spécifique de recherche

L'objectif de la présente étude vise à déterminer les effets combinés d'un déficit calorique quotidienne de 25% d'une durée de 3 jours et d'une séance d'exercice d'intensité modérée sur l'apport calorique, la dépense énergétique total, la thermogénèse d'origine autre que l'exercice et la compensation énergétique post-exercice, et ce, mesurés de façon aiguë, pour le restant de la journée (jour 1) et la journée subséquente (jour2).

2.3 Hypothèses de recherche

Nos hypothèses de recherche se résument comme suit :

1. La combinaison d'un déficit calorique d'une durée de 3 jours et une séance d'exercice résultera à un apport calorique plus élevé en aigu, au jour 1 et pour le total des deux jours (jour 1 + jour 2) comparativement à une séance d'exercice.
2. La combinaison d'un déficit calorique d'une durée de 3 jours et une séance d'exercice résultera à des valeurs de dépense énergétique totale et de la thermogénèse d'origine autre que l'exercice inférieures au jour 1 et pour le total des deux jours comparativement à une séance d'exercice seul.
3. La combinaison d'un déficit calorique d'une durée de 3 jours et une séance d'exercice résultera à une compensation énergétique plus élevée au jour 1 et pour le total des deux jours comparativement à une séance d'exercice seul.

Chapitre 3

Méthode et techniques

Cette section est une traduction de la section « *methods* » décrite dans l'article au chapitre 4.

3.1 Participants et recrutement

L'échantillon de sélection comportait huit jeunes femmes qui ont été recrutées par l'entremise de publicités affichées sur le campus de l'Université d'Ottawa ainsi que par l'entremise des réseaux sociaux. Toutes les participantes recrutées répondaient aux critères d'inclusion. Elles étaient âgées entre 18 et 45 ans, peu actives et faisant moins de 3 séances d'activités structurées de 30 minutes par semaine, ce qui est en dessous des directives canadiennes en matières d'activité physique (CSEP, 2011). Ces dernières avaient un poids stable ($\pm 2\text{kg}$) pendant les six derniers mois précédant le recrutement, étaient en santé ou plus spécifiquement ne souffraient d'aucune maladie cardiaque ou d'incapacité physique pouvant les restreindre à exécuter toute forme d'activité physique. De plus, elles ne suivaient aucune diète ou étaient tentées de restreindre leur apport, ne souffraient pas d'allergies alimentaires, et ne prenaient aucun médicament pouvant influencer l'apport calorique. En outre, ces femmes étaient au stade de la pré-ménopause et qu'elles devaient prendre la pilule contraceptive monophasique. Ceci dit, elles n'étaient pas enceintes ou en période d'allaitement. Enfin, les sujets ne devaient pas avoir une consommation excessive d'alcool et ni faire usage de tabac. L'approbation du Comité d'éthique de la recherche en sciences de la santé

et sciences de l'Université d'Ottawa (**Annexe 1**) était exigée ainsi que le consentement (**Annexe 2**) écrit des participantes. Le consentement ainsi que le protocole de recherche étaient conformes à la Déclaration d'Helsinki.

3.2 Protocole et collecte d'informations

Afin de minimiser les effets des attentes anticipées des participantes, l'objectif réel de l'étude n'était pas dévoilé à ces dernières et elles étaient informées que l'investigation mesurait les effets de l'exercice et du déficit calorique sur la récupération après l'exercice.

Le protocole de recherche de la présente étude était le devis croisé. Les participantes devaient compléter une séance préliminaire et elles étaient aléatoirement assignées à 1 des 4 conditions expérimentales : 1) la condition contrôle (CTL) ; 2) la condition exercice (EX), où une séance d'exercice d'intensité modérée (60% de la $VO_{2crête}$) était administrée; et 3) la condition déficit calorique (DIET), où un déficit calorique de 25% pour une période de 3 jours consécutifs était administré avant la séance expérimentale; et la condition exercice/déficit calorique (EXDIET), où il y avait la prescription d'un déficit calorique de 25% pour une période de 3 jours consécutifs avant la séance expérimentale ainsi qu'une séance d'exercice d'intensité modérée (60% de la $VO_{2crête}$). Une période d'arrêt d'au moins sept jours séparait chaque session. Les femmes participaient aux séances expérimentales pendant la prise de la pilule contraceptive (jour 1 à jour 21 du cycle) seulement. Si la prise de la pilule était continue, c'est-à-dire si la participante ne prenait pas les sept pilules placebos (jour 22 au jour 28) de son cycle,

la participation aux séances expérimentales pouvait se faire à n'importe quel moment durant le cycle. Les résultats de l'étude de Linda *et al.* (1997) ont démontré que l'apport calorique n'était pas différent entre les femmes qui utilisaient les contraceptifs oraux comparativement aux femmes qui n'en faisaient pas usage et que la variation de l'apport calorique était moins importante chez les femmes qui utilisaient les contraceptifs oraux comparativement aux femmes qui n'en faisaient pas usage (1,2-1,4 MJ vs. 1,3-2,4 MJ). Il a été suggéré que cette baisse au niveau de la variation peut être occasionnée par la dose constante d'hormones exogènes et qu'une baisse de variabilité favorise le pouvoir des résultats, ce qui suggère que les femmes faisant usage d'un contraceptif oral peuvent s'avérer être de meilleurs sujets à participer dans une étude (Linda *et al.*, 1997). De plus, elles devaient s'abstenir de consommer de l'alcool ou s'engager à toute forme d'exercice ou entraînement (ex. jouer du soccer ou l'entraînement de résistance) pour les 24 heures précédant le début de chaque séance et pendant la collecte de données, mais elles étaient permises de prendre part à leurs activités non-structurées habituelles (ex. marcher, utiliser la bicyclette pour se rendre à l'école). La conformité de ces conditions était vérifiée avant et après chaque séance et tous ont confirmé avoir suivi les consignes.

3.2.1 Séance préliminaire

Les femmes intéressées à participer à l'étude étaient rejointes par téléphone afin de confirmer qu'elles répondaient aux critères de sélection, comprenaient bien leur implication et ne présentaient aucune aversion pour les aliments offerts. Un formulaire de consentement

était alors envoyé électroniquement afin qu'elles puissent en prendre connaissance. Une date était ensuite fixée pour une première visite au laboratoire afin d'obtenir le consentement éclairé et d'effectuer la collecte de données préliminaires qui comportait la dépense énergétique au repos, les mesures anthropométriques, l'attitude envers les aliments, l'aptitude à l'activité physique, le plan alimentaire, le test de la capacité d'aérobic maximale et la prescription du déficit calorique.

3.2.1.1 Mesures anthropométriques

Lors de la séance préliminaire, les participantes arrivaient au laboratoire à 8h00 suite à un jeûne de 12 heures. La taille était mesurée avec un stadiomètre (HR-100 Height Rod; Tanita Corporation of America Inc. Arlington Heights, IL) et le poids corporel était mesuré avec une balance digitale (BWB-800AS). La composition corporelle était déterminée en utilisant l'absorptiométrie biophotonique à rayons X (GE-LUNAR Prodigy module; GE Medical Systems).

3.2.1.2 Dépense énergétique au repos

La dépense énergétique au repos, soit la quantité de calorie brûlée au repos a été mesurée grâce à la calorimétrie indirecte (Deltatrac II Metabolic Monitor, Sensor Medics Corporation, Yorba Linda, CA, USA). Cette mesure se fait suite à une période de repos de 30 minutes et implique que les participantes soit étendue pendant 30 minutes sans dormir et respirent normalement dans une bulle de plastique permettant la mesure des échanges gazeux.

3.2.1.3 Attitude envers les aliments

Le TFEQ (**Annexe 4**) était administré aux participantes lors des mesures préliminaires afin d'évaluer l'attitude envers les aliments (Stunkard, & Messick, 1985). Le TFEQ est un questionnaire composé de 51 items incluant 3 échelles qui évaluent la contrainte cognitive, la désinhibition et la faim. Cet outil permettait d'identifier le degré de contrainte cognitive des participantes.

3.2.1.4 Aptitude à l'activité physique

Le questionnaire sur l'aptitude à l'activité physique (Q-AAP) (**Annexe 3**) devait également être complété par chaque participante lors de la première visite au laboratoire afin d'évaluer l'aptitude à réaliser l'activité physique. Le Q-AAP a pour but de cerner les individus pour qui un examen médical est recommandé avant d'entreprendre toute forme d'activité physique.

3.2.1.5 Plan alimentaire

Une diététiste professionnelle enseignait à chaque participante le système d'échange d'équivalents alimentaires en se basant sur le concept du Guide d'alimentation pour la personne diabétique du Québec (Diabetes Québec, 2011) afin que ces dernières pouvaient suivre leur plan alimentaire prescrit pour les deux conditions qui impliquaient un déficit

calorique quotidien de 25% pendant 3 jours consécutifs avant la séance expérimentale. Le plan alimentaire pour la prescription du déficit calorique se retrouve en **Annexe 8**.

3.2.1.6 Test de la capacité aérobie maximale

Un test d'effort progressif à l'épuisement était effectué pour mesurer la consommation d'oxygène crête ($VO_{2crête}$) afin de déterminer l'intensité d'exercice et la dépense énergétique liée à l'exercice lors de la condition expérimentale. Les participantes étaient exigées de s'abstenir de manger ou de boire du café 2 heures avant le test. Le test suivait les directives de la Société canadienne de physiologie de l'exercice (CSEP, 1998) et était constitué d'étapes d'une durée de 2 minutes (marche qui mène vers la course) sur un tapis roulant avec une charge qui augmentait jusqu'au point d'épuisement. Le rythme cardiaque et l'effort perçu étaient évalués en utilisant l'échelle de Borg (Borg, 1982) et étaient enregistrés de façon continue lors du test. La collecte des gaz était effectuée par une embouchure tandis que celle du VO_2 et du quotient respiratoire étaient récoltés à l'aide d'un chariot métabolique Vmax série 229 (SensorMedics Corporation, Yorba Linda, CA, USA). Des critères spécifiques étaient utilisés pour déterminer si les participantes atteignaient la $VO_{2crête}$: 1) l'atteinte de la prédiction du rythme cardiaque maximale; 2) quotient respiratoire > 1.1; 3) la consommation d'oxygène est demeurée stable ou a diminué avec l'augmentation de la charge; et 4) l'échelle de Borg a atteint 19 ou 20. Les sujets devaient rencontrer au moins deux de ces critères et la $VO_{2crête}$ était considérée comme la valeur la plus élevée de la VO_2 obtenue lors du test.

3.2.1.7 Prescription du déficit calorique

Les participantes recevaient un accéléromètre biaxial (SenseWear Pro 3 Armbands©, HealthWear Bodymedia, Pittsburgh, PA) qu'elles devaient porter pendant sept jours consécutifs, et ce, dès le réveil jusqu'au coucher : les résultats des études antérieures démontrent que cette période peut atteindre 80% de la fiabilité de la mesure de l'activité physique (Matthews, Ainsworth, Thompson, & Bassett, 2002). Les valeurs de l'accéléromètre étaient extraites du logiciel INNERVIEW (version 4.02; Bodymedia, Pittsburgh, PA).

La prescription d'un déficit calorique quotidien de 25% pour les conditions DIET et EXDIET était relative à la quantité d'apport calorique et de dépense énergétique qui permet de garder chaque participante en balance énergétique et la proportion de l'apport en macronutriments était fixé pour chaque participante (55% d'hydrates de carbone, 30% de lipides et 15% de protéines). Afin de calculer le déficit calorique, la dépense énergétique au repos calculée à partir de la calorimétrie indirecte était additionnée à la dépense énergétique liée à l'activité physique estimée à partir des sept jours de données d'accélérométrie. Ensuite, 25% était soustrait de cette valeur et la prescription des interventions diététiques d'une période de 3 jours était comme suit : apport calorique pour une période de 3 jours = (dépense énergétique au repos + dépense énergétique liée à l'activité physique) \times 0,75. Tel que démontré par Jameason *et al.* (soumis), un déficit calorique de 25% administré pendant 3 jours consécutifs est suffisant pour augmenter significativement l'apport calorique comparativement à la condition contrôle (653.9 \pm 215.7 vs. 1185.7 \pm 312.8 kcal). Une fois que l'équivalence

énergétique du déficit calorique était déterminée, un nombre spécifique d'équivalents alimentaires était établi pour chaque groupe alimentaire. Ces équivalents alimentaires servaient de personnaliser le plan alimentaire pour le déficit calorique de chaque participante.

3.2.2 Séances expérimentales

Les participantes arrivaient au laboratoire à 8h00 à jeun depuis 20h00 la veille et elles étaient pesées à leur arrivée. La dépense énergétique au repos était mesurée tel que décrite dans la section précédente. À 9h15, un déjeuner standard était offert aux participantes et une durée d'environ 20 min était accordée à chaque participante pour manger. Suite au déjeuner, ces dernières étaient exigées de demeurer assises jusqu'à la séance d'exercice et elles étaient permises de faire de la lecture, d'étudier ou encore de se reposer. À 11h00, les participantes devaient effectuer la séance d'exercice qui consistait à courir à une intensité modérée pour une période prédéterminée sur un tapis roulant. L'intensité moyenne de l'épreuve était de 57 ± 5.7 % de la $VO_{2crête}$, la durée moyenne était de $51,3 \pm 6,6$ min et la dépense énergétique liée à l'exercice moyenne était de $382 \pm 54,8$ kcal. La VO_2 et le rythme cardiaque étaient obtenus lors du test de la capacité d'aérobic maximale. L'intensité était calculée à partir de la formule de Karvonen (Karvonen, Kentala, & Mustala, 1957). La dépense énergétique liée à l'exercice était calculée à partir du rythme cardiaque obtenu lors de la séance d'exercice et la VO_2 L/min correspondante était mesurée lors du test de la capacité d'aérobic maximale. Le rythme cardiaque ciblé était fixé à ± 5 bpm de cette valeur. Finalement, lors des séances expérimentales CTL et DIET, les participantes demeuraient assises

pour la durée de la séance d'exercice et étaient permises de faire de la lecture, d'étudier ou de se reposer.

Après avoir terminé la session d'exercice, un menu validé par McNeil, Riou, Razmjou, Cadieux, & Doucet (2012) contenant une cinquantaine d'items était remis aux participantes afin qu'elles puissent choisir les aliments qu'elles désiraient consommer lors du repas *ad libitum* qui était servi à 12h30. Après le repas *ad libitum*, les participantes devaient choisir les aliments d'un menu qu'elles désiraient consommer pour le restant de la journée jusqu'au coucher (jour 1) ainsi que pour la journée subséquente du réveil jusqu'au coucher (jour 2). Les aliments choisis étaient préparés selon McNeil *et al.* (2012). Finalement, les participantes recevaient un accéléromètre biaxial (SenseWear Pro 3 Armbands©, HealthWear Bodymedia, Pittsburgh, PA) qu'elles devaient porter pendant le jour 1 et le jour 2 jusqu'au coucher. Les mesures des sensations subjectives de l'appétit (désir de manger, faim, satiété et quantité de nourriture anticipée) étaient déterminées à partir des échelles visuelles analogues à quatre reprises, soit à jeun (temps 0), 30 min, 120 min et 210 min après le déjeuner ainsi qu'après le repas *ad libitum*.

3.2.2.1 Déjeuner standard

Lors de leur arrivée au laboratoire, les participantes recevaient un menu validé présentant divers aliments typiquement consommés au déjeuner (McNeil *et al.*, 2012) (**Annexe 7**). Les aliments sélectionnés étaient pesés et les participantes pouvaient en consommer *ad libitum*. La portion mangée était notée et cette quantité de ces mêmes aliments

était dorénavant standardisée lors des séances expérimentales subséquentes, tel que décrit dans l'article de Riou, M-È. *et al.* (soumis). Le temps alloué pour consommer le déjeuner entièrement était de 20 min. Le déjeuner standard était servi lors de chaque séance expérimentale.

3.2.2.2 *Apport calorique au repas ad libitum*

La liste des aliments contenue sur le menu validé (McNeil *et al.* 2012) pour le repas *ad libitum* est en **Annexe 6**. Les plats du repas *ad libitum* étaient pesés au moyen d'une balance électronique (Scout Pro SP2001, Ohaus Corporation, Pine Brook, N.J.) avant et après le repas afin de déterminer la quantité d'aliments consommée. Tous les aliments du repas *ad libitum* étaient pesés à 0,1g près et le contenu énergétique était analysé avec le logiciel « Food Processor SQL » (version 9.6.2; ESHA Research, Salem, OR). Une fois la nourriture était préparée, chaque participante était invitée à manger jusqu'à satiété et elle avait 30 min pour ingérer le repas.

3.2.2.3 *Apport calorique au jour 1 et jour 2*

Après le repas *ad libitum*, les participantes devaient choisir les aliments d'un menu validé (McNeil *et al.* 2012) qu'elles désiraient consommer pour le jour 1 et le jour 2. Le menu était le même que celui du repas *ad libitum* (**Annexe 6**). Les aliments choisis à partir du menu étaient préparés et déposés dans des boîtes à lunch, tel que décrit par McNeil *et al.* (2012). Les

aliments choisis pour le jour 1 et jour 2 étaient déposés dans leur boîte à lunch respective afin de distinguer les aliments choisis pour le jour 1 et jour 2. Les participantes étaient informées de manger jusqu'à satiété et de retourner tous les emballages ainsi que tous les restants d'aliments qui n'ont pas été consommés. Tel que décrit dans la section précédente, les aliments étaient pesés au moyen d'une balance électronique (Scout Pro SP2001, Ohaus Corporation, Pine Brook, N.J.) avant et lorsque les boîtes à lunch étaient retournées au laboratoire afin de déterminer la quantité d'aliments consommée. Encore une fois, tous les aliments du jour 1 et jour 2 étaient pesés à 0,1g près et le contenu énergétique était analysé avec le logiciel « Food Processor SQL » (version 9.6.2; ESHA Research, Salem, OR).

3.2.2.4 Dépense énergétique

Après chaque séance expérimentale, les participantes recevaient un accéléromètre biaxial (SenseWear Pro 3 Armbands©, HealthWear Bodymedia, Pittsburgh, PA) qu'elles devaient porter pour le restant du jour 1, ainsi qu'au jour 2, et ce, jusqu'au coucher. L'accéléromètre permettait d'estimer la dépense énergétique liée à l'activité physique pour le jour 1 et le jour 2. Une fois que l'accéléromètre était retourné au laboratoire, les données d'accélérométrie étaient récupérées avec le logiciel SenseWear Professional (version 8.1; Bodymedia, Pittsburg, PA). Les participantes étaient avisées d'enlever l'accéléromètre seulement si elles seraient en contact avec de l'eau, soit lors d'un bain ou d'une douche. La thermogenèse d'origine autre que l'exercice a été calculée à partir de la dépense énergétique totale, la dépense énergétique au repos et l'apport calorique:

$$NEAT = EE - REE - TEF$$

$$NEAT = EE - REE - (EI \times 0.1)$$

où EE est la dépense énergétique totale estimée à partir des données de l'accéléromètre, REE est calculée à partir de la calorimétrie indirecte, TEF est l'effet thermique des aliments et EI est l'apport calorique.

3.2.2.5 Compensation énergétique post-exercice

La compensation énergétique post-exercice a été calculée pour les conditions EX et EXDIET afin de déterminer si une compensation a lieu ou non suivant la séance d'exercice pour le jour 1 ainsi que pour le total des deux jours (jour 1 + jour 2). La mesure de la compensation énergétique post-exercice est le résultat du calcul suivant :

$$PEEC = \left(\frac{[(EI - EICTL) + (TEECTL - TEE)]}{ExEE} \right) \times 100$$

où EI est l'apport calorique suivant la séance d'exercice, CTL est la condition contrôle, TEE est la dépense énergétique estimée à partir des données de l'accéléromètre et ExEE est la dépense énergétique liée à l'exercice.

3.2.2.6 Sensations subjectives de l'appétit

Lors de chaque séance expérimentale, les mesures des sensations subjectives de l'appétit (désir de manger, faim, satiété et quantité de nourriture anticipée) étaient déterminées à partir d'une version adaptée des échelles visuelles analogues (100 mm) (Marsh-Richard, Hatziz, Mathias, Venditti, & Dougherty, 2009). Ces mesures effectuées à quatre reprises, soit à jeun (temps 0), 30 min, 120 min et 210 min après le déjeuner standard ainsi qu'après le repas *ad libitum*. Les questions utilisées pour évaluer les échelles visuelles analogues se trouvent en **Annexe 5**.

3.3 Analyses statistiques

L'analyse statistique des données a été effectuée à l'aide du logiciel SPSS (version 21.0). Les moyennes des caractéristiques des participantes (âge, poids corporel, taille, pourcentage de tissu adipeux, indice de masse corporelle, $VO_{2\text{crête}}$ et scores du TFEQ) ont été compilées. Une analyse de variance ANOVA à mesures répétées (CTL, EX, DIET, EXDIET) pour un facteur intra sujets a été utilisée pour mesurer les effets d'un déficit calorique sur l'apport énergétique, la dépense énergétique totale, la thermogenèse d'origine autre que l'exercice, la compensation énergétique post-exercice, l'apport des macronutriments, le poids corporel ainsi que la dépense énergétique au repos. Une analyse de variance ANOVA à mesures répétées avec deux facteurs intra sujets (effets de l'intervention (CTL, EX, DIET, EXDIET) et effets du temps) a été utilisée pour les scores de l'appétit. Les effets étaient considérés significatifs lorsque $p < 0,05$ et

les données étaient présentées en valeur de moyenne et +/- écart-type.

Chapitre 4

Article original

Cette section comporte l'article original de la recherche effectuée. Cet article sera éventuellement soumis pour publication à un journal scientifique.

Effects of short-term caloric restriction on post-exercise energy compensation in women.

Heïdi Boilard, Nicholas Ravanelli, Jessica McNeil and Éric Doucet

School of Human Kinetics, Faculty of Health Sciences, University of Ottawa, Ottawa, Ontario, Canada.

Send correspondence requests to:

Éric Doucet, Ph.D.
Behavioural and Metabolic Research Unit (BMRU)
School of Human Kinetics
Faculty of Health Sciences
University of Ottawa
Ottawa (On), Canada, K1N 6N5
Phone: 613-562-5800 ext.: 7364
Fax: 613-562-5291
E-mail: eric.doucet@uottawa.ca

Abstract

Background: Weight loss interventions composed of diet plus exercise tend to generate higher weight loss than diet or exercise alone. However, the observed average weight loss being inferior to the estimated weight loss is suggestive of a compensatory response. Further investigation is needed to determine if short-term interventions composed of diet plus exercise may impact differently post-exercise energy compensation.

Objective: To evaluate the effects of a 3-day caloric restriction on post-exercise energy intake, total energy expenditure (TEE), non-exercise activity thermogenesis (NEAT) and post-exercise energy compensation (PEEC) during the remainder of the day (Day 1) as well as for the following day (Day 2).

Design: Eight women (BMI = $22.0 \pm 1.8 \text{ kg/m}^2$; age = 24.8 ± 3.9 years) participated in four randomized crossover sessions: control (CTL); exercise (EX) session, which consisted of an exercise bout performed on a treadmill at a mean intensity of 60% of $\text{VO}_{2\text{peak}}$ and at a mean duration of 50 min; caloric restriction (DIET) session, where a 25% caloric restriction was administered for 3 consecutive days prior to the experimental session; and exercise/caloric restriction (EXDIET) session. TEE and energy intake were assessed during Day 1 and Day 2 with accelerometers and a validated food menu, respectively.

Results: No significant differences in energy intake were noted at lunch between experimental sessions (CTL = $436.5 \pm 241.7 \text{ kcal}$; EX = $429.9 \pm 170.4 \text{ kcal}$; DIET = $467.3 \pm 163.9 \text{ kcal}$; EXDIET = $438.8 \pm 171.0 \text{ kcal}$; $P = \text{NS}$) as well as for total energy intake for Day 1 and Day 2. Also, no significant differences in TEE, NEAT and PEEC were found for Day 1 and for both days.

Conclusion: A 3-day energy restriction does not impact post-exercise energy intake, TEE, NEAT and PEEC.

Key words: Caloric restriction, exercise, energy intake, energy expenditure, compensation.

Introduction

Exercise intervention alone has been proven to generate a modest weight loss (Miller, Koceja, & Hamilton, 1997). Also, in some individuals, an acute bout of exercise can lead to an increase in energy intake at the meal following the exercise bout (Martins, Morgan, Bloom, & Robertson, 2007; Shorten, Wallman, & Guelfi, 2009), which might attenuate the effect of exercise on weight loss.

According to Jean Mayer's theory on the regulation of energy balance, there is a central regulatory system that closely matching energy intake to energy expenditure, so that this system can adjust for the variations in energy expenditure in a way to proportionally guide energy intake (Mayer, & Thomas, 1967). When post-exercise energy intake increases by the same amount of energy expended during exercise, then post-exercise energy compensation (PEEC) is 100%, whereas the absence of change in post-exercise energy intake represents a PEEC of 0% (Jokisch, Coletta, & Raynor, 2012). However, findings of a recent review demonstrate that acute post-exercise energy intake is weakly matched to energy expenditure induced by exercise (Melzer, Kayser, Saris, & Pichard, 2005). Most studies investigating the effect of an acute bout of exercise on energy intake have reported no increase in hunger and/or energy intake (King, Snell, Smith, & Blundell, 1996; King, & Blundell, 1995; Westerterp-Plantenga, Verwegen, Ijedema, Wijckmans, & Saris, 1997; Lluch, King, & Blundell, 1998; Blundell, & King, 1999; King, Lluch, Stubbs, & Blundell, 1997). It should be noted that these studies have only assessed energy intake at the subsequent meal following exercise bout,

and therefore, any compensation that may have occurred later during the experimental day or on subsequent days could not be captured.

The majority of studies investigating the effect of an acute bout of exercise on post-exercise energy intake have focused on individuals in energy balance. To our knowledge, no studies have investigated the effect of a short-term caloric restriction on post-exercise energy intake. Only a few studies have investigated the effect of acute energy restriction on post-exercise energy intake (Hubert, King, & Blundell, 1998; Deighton, Zahra, & Stensel, 2012; Gonzalez, Veasey, Rumbold, & Stevenson, 2013). Hubert *et al.* (1998) noted an increase in post-exercise energy intake following a low-energy breakfast (64 kcal) compared to a high-energy breakfast (500 kcal) in normal weight women. However, the findings of Deighton *et al.* (2012) and Gonzalez *et al.* (2013) reported no changes in energy intake following an exercise bout when exercise was performed in fasted state vs. fed state. The discrepancy in these results may be partly due to the short duration of energy restriction, where in these studies the caloric restriction represented only one meal, *i.e.* removing breakfast.

According to the meta-analysis performed by Miller *et al.* (1997), an average weight loss of 2.9 kg, 10.7 kg, and 11.0 kg was reported following an average of 15.6 weeks intervention including exercise alone, diet alone, or the combination of both, respectively. They also suggest that at one-year follow-up, diet plus exercise tended to generate higher weight loss than diet or exercise alone. The superiority of the diet plus exercise intervention for weight loss was also confirmed in a Cochrane Systematic Review (Shaw *et al.*, 2006).

However, considering the total energy deficit associated with the caloric restriction and energy expenditure associated with the exercise program, the average weight loss observed is generally inferior to the estimated weight loss. If we exclude the possibility that individuals are not being fully compliant to the caloric restriction and/or the exercise prescription, which is a likely scenario, and assume a good compliance to diet, two other explanations remain for the effect of exercise on the energy balance components. First, exercise could trigger a higher compensatory feeding response when combined to prolonged caloric restriction. Second, a decrease in physical activity energy expenditure (PAEE) could occur when structured exercise is performed. We cannot obviously exclude that it may in fact be a combination of these two factors.

Only a few studies investigating the effect of exercise on post-exercise energy intake have measured as well its effect on energy expenditure (Alahmadi, Hills, King, & Byrne, 2011; Cadieux, McNeil, Lapierre, Riou, & Doucet, 2014; Rocha, Paxman, Dalton, Winter & Broom, 2013; Rocha, Paxman, Dalton, Winter, & Broom, 2015 ; Sim, Wallman, Fairchild, & Guelfi, 2014). Non-exercise activity thermogenesis (NEAT) is a component of energy expenditure associated to all non-structured activities performed daily in a free-living environment (Levine, Eberhardt, Jensen, 1999). This component has been reported to account for 100-800 kcal of inter-individual variations in energy expenditure (Ravussin, Lillioja, Anderson, Christin, & Bogardus, 1986), representing a 15% variation in inactive individuals and 50% variation in active individuals (Levine, 2004). Findings from a previous study (Cadieux *et al.*, 2014) suggest that NEAT assessed for a period of 34 hours after an exercise bout is not different than that noted

during a control session. However, it is still not known if NEAT assessed after an exercise bout would be different when a short-term caloric restriction is administered prior to exercise.

To our knowledge, no study has examined the effect of a 3-day caloric restriction on post-exercise energy intake and energy expenditure. We hypothesized that restricting energy intake for 3 days would lead to greater energy intake in post-exercise and lower TEE and NEAT than when exercise is performed while in an energy balance state. We also hypothesized that a 3-day caloric restriction would lead to greater PEEC in post-exercise compared to exercise without diet.

Methods

Participants

Eight women were recruited through advertisements on the University of Ottawa campus and through social media. All participants were individually interviewed to evaluate whether they met the following inclusion criteria: 1) between the age of 18 and 45 years; 2) participated in less than 150 min of exercise per week, which is below the Canadian Society of Exercise Physiology (CSEP) recommended physical activity guidelines for adults (CSEP, 2011); 3) use of monophasic oral contraceptive; 4) stable weight (+/- 2 kg) in the past 6 months; 5) no food allergies; 6) not following a special diet; 7) not taking any medications that could influence food intake; 8) not pregnant or breastfeeding; and 9) no excessive consumption of alcohol, no drug/medication consumption and non-smoker. All participants had no health conditions that

could limit physical activity and exercise. **Table 1** presents the characteristics of the subjects. The study was conducted according to the guidelines laid down in the Declaration of Helsinki and all procedures involving human participants were approved by the University of Ottawa Ethics Committee. Written informed consent was obtained from all participants.

Procedure of the experimentation

To minimize participant-expectancy effects, participants were blinded about the true purpose of the study and were informed that the investigation was assessing the effect of exercise and caloric restriction on post-workout recovery.

This study was a randomized crossover design. Participants took part in a preliminary session followed by 4 randomly allocated experimental sessions as follow: control (CTL); exercise session (EX) an exercise bout performed at a mean intensity of 60% of VO_{2peak} conducted on a treadmill; caloric restriction session (DIET) , where a 25% caloric restriction was administered for 3 consecutive days prior to the experimental session; and exercise/caloric restriction (EXDIET). An overview of the experimental design is presented in **Figure 1**. A washout period of at least seven days separated each session. Women were tested only when they were taking the oral contraceptives (day 1 to day 21 of the cycle), and not when taking the placebo pills (day 22 to day 28 of the cycle). If taken continuously by skipping the placebo pills, the participants could be tested at any time during the 21 days cycle. Previous results suggest that there were no changes in energy intake between women using oral contraceptive and

non-users, and that energy intake variation was decreased in oral contraceptive users (1,2-1,4 MJ vs. 1,3-2,4 MJ) compared to non-users (Linda *et al.* 1997). It was suggested that this lesser variation could be a result of the constant delivery of exogenous hormones, and that a low variation could increase the power of the results, suggesting that oral contraceptive users could be a better study group (Linda *et al.* 1997). Participants were instructed not to consume alcohol or engage in any type of exercise (e.g. playing sports or training) for at least 24 hours prior to the start of each session, and during the data collection period, but were allowed to take part in their habitual non-structured physical activities (e.g. walking, cycling to school). Compliance to these details was verified via self-report before and after each session and all participants confirmed they were compliant.

Preliminary session

Participants arrived fasted at the laboratory at 0800. Body weight was measured using a BWB-800AS digital scale and standing height was measured using a wall stadiometer, Tanita HR-100 height rod, without shoes (Tanita Corporation of America, Inc.). Body composition was measured using dual-energy X-ray absorptiometry (GE-LUNAR Prodigy module; GE Medical Systems). Resting energy expenditure (REE) was measured via indirect calorimetry using a Vmax Encore 29 N metabolic cart (SensorMedics Corporation, Yorba Linda, CA, USA). After resting for 20 min, a 5-minute habituation period was performed before REE was assessed for 20 min. Eating behavior traits were measured with the Three-Factor Eating Questionnaire (Stunkard & Messick, 1985), and the capacity of taking part in physical activity was assessed with the

Physical Activity Readiness Questionnaire (CSEP, 2002). A nutritionist explained the Meal Planning for People with Diabetes (food exchange system) to each participant in order to teach them how to follow their prescribed meal plan for the two conditions that involved the caloric restriction before data collection (Diabetes Québec, 2011). A progressive exercise stress test to exhaustion was performed to measure participants' peak maximal oxygen consumption (VO_{2peak}) on a treadmill. Based on the results of the VO_{2peak} , the intensity and the exercise-induced energy expenditure (ExEE) were determined. Participants were asked to abstain from eating and drinking coffee for at least 2 hours prior to the test. The CSEP guidelines were followed (CSEP, 1998), with each stage of the test lasting 2 min with a constant speed and an increasing grade to the point of exhaustion. Heart rate and perceived exertion measured with the Borg scale (Borg, 1982) were assessed at rest and at the end of each stage. Breath-by-breath samples of expired air were collected with a mouthpiece, and VO_2 and VCO_2 were automatically measured using a Vmax 229 series metabolic cart (SensorMedics Corporation, Yorba Linda, CA, USA) and the respiratory exchange ratio was calculated. The test protocol was terminated when at least two of the following criteria were achieved: 1) predicted maximal heart rate for age was reached; 2) respiratory quotient was above 1.1; 3) oxygen consumption remained stable or decreased with an increase in workload or 4) a Borg scale rating of ≥ 19 was reported by the participant. Peak oxygen consumption was considered as the highest VO_2 value during the test. Lastly, participants were given a biaxial accelerometer (SenseWear Pro 3 Armbands©, HealthWear Bodymedia, Pittsburgh, PA) and were instructed to wear it for a period of 7 days upon waking and remove it just prior to going to bed.

The prescribed 25% caloric restriction for the DIET and EXDIET sessions is relative to the amount of energy intake that would otherwise keep each individual in a state of relative energy balance and the macronutrients' proportion was fixed for all participants (55% of carbohydrates, 30% of lipids, and 15% of proteins). In order to calculate the caloric restriction, REE measured with indirect calorimetry was first added to PAEE estimated with average 7-day accelerometry data. Twenty-five percent was then subtracted from this value and prescribed for the 3-day dietary interventions as follow: 3-day dietary energy intake = $(REE+PAEE) \times 0.75$. As previously shown by Jameason *et al.* (submitted), a 25% caloric restriction administered for 3 consecutive days increased energy intake when compared to the control condition (653.9±215.7 vs. 1185.7±312.8 kcal).

Experimental sessions

Participants were asked to arrive at the laboratory at 0800 following a 12-hour overnight fast and were weighed upon arrival. REE was measured as described in the previous section. At 0915, a standardized breakfast was served during each session. Participants were offered a food menu for breakfast (as shown in **Appendix 1**) at the first experimental session and the food items and quantities that were consumed were standardized for the subsequent experimental sessions as previously described in Riou, M.-È. *et al.* (submitted). Food items on the breakfast menu list were validated by McNeil, J. *et al.* (2012). After breakfast, participants were asked to remain seated until the exercise bout. They were allowed to read, study or rest during this time. At 1100, participants performed exercise that consisted of running on a

treadmill at a mean intensity of 60% of the participant VO_{2peak} for an average of 50 min. (**Table 2**). VO_2 and maximal heart rate were obtained during the VO_{2peak} testing at the preliminary session. Intensity was calculated with Karvonen formula (Karvonen, Kentala, & Mustala, 1957). ExEE was calculated using exercise heart rate and corresponding VO_2 ml/kg/min measured during the VO_{2peak} measurement. The target heart rate was fixed at +/- 5 bpm from this value. Lastly, during the CTL and DIET sessions, participants remained seated for the duration of the session and were only allowed to read, study or rest.

Post-resting and Post-exercise

A lunch was served at 1230 following each intervention. Food items for the *ad libitum* lunch meal were supplied from our validated food menu, as previously described in McNeil *et al.* (2012). After lunch, participants were asked to select the foods from the menu that they wanted to consume later that day (until bedtime), and for the following day (upon waking until bedtime). The selected food items were prepared, according to McNeil *et al.* (2012). Energy intake and macronutrient composition were measured with Food Processor SQL software (version 9.6.2; ESHA Research). At the same time, participants were fitted with a biaxial accelerometer (SenseWear Pro 3 Armbands©, HealthWear Bodymedia, Pittsburgh, PA) that was worn for the remainder of the day (Day 1) and the following day (Day 2) until bedtime. The accelerometer was placed around the upper arm (mid-distance between the acromion and the olecranon) and was used to estimate PAEE. The SenseWear Professional software (version 8.1; Bodymedia, Pittsburg, PA) was used to retrieve the data from accelerometers. One participant's

accelerometry data for Day 2 was excluded due to omission to wear it on that day. Finally, an adapted version of the visual analog scales (VAS) (Marsh-Richard, Hatzis, Mathias, Venditti, & Dougherty, 2009) was administered throughout each experimental session at the lab to measure appetite during fasting (time 0), as well as 30, 120 min, and 210min following breakfast. The same VAS were administered immediately after lunch.

Calculations – Energy Compensation (PEEC) and Non-Exercise Activity Thermogenesis (NEAT)

Based on energy intake, energy expenditure and ExEE, two additional variables were calculated: total PEEC and NEAT.

$$EC = \left(\frac{[(EI - EI_{ctrl}) + (TEE_{ctrl} - TEE)]}{ExEE} \right) \times 100$$

$$NEAT = EE - REE - TEF$$

$$NEAT = EE - REE - (EI \times 0.1)$$

where EI is the energy intake *ad libitum* (food consumed either at lunch, during Day 1 or over the entire measurement period (Day 1 + Day 2), ExEE is the energy cost of the exercise session, TEE is the energy expenditure measured with the accelerometers (calculated at Day 1 and over the entire measurement period), CTL is the control session, REE is measured with indirect calorimetry, and TEF is the thermic effect of food.

Statistical analyses

Statistical analyses were performed using SPSS software (version 21.0). A one-factor ANOVA for repeated measures (CTL, EX DIET, EXDIET) was used to assess the effects of caloric restriction on energy intake, TEE, NEAT, PEEC, macronutrient intake, body weight, and REE. Repeated measures ANOVA with 2 within subject factors (effects of intervention (CTL, EX, DIET, EXDIET) and effects of time) were used for appetite scores. Effects were considered significant at $p < 0.05$ and data are presented as means \pm standard deviations.

Results

Characteristics of the participants

Participant characteristics are shown in **Table 1**. Despite the 3-day caloric restriction, there were no significant differences in body weight between conditions (CTL = 60.7 ± 7.6 kg; EX = 61.0 ± 7.3 kg; DIET = 60.3 ± 7.6 kg; EXDIET = 60.6 ± 8.3 kg; $P = \text{NS}$).

Experimental conditions

There were no significant differences in REE between conditions (CTL = 1351.9 ± 116.4 kcal/day; EX = 1283.4 ± 123.1 kcal/day; DIET = 1281.5 ± 112.3 kcal/day; EXDIET = 1262.0 ± 158.2 kcal/day; $P = \text{NS}$).

Energy intake

As presented in **Figure 2**, no significant differences in energy intake were observed between experimental conditions. There were no significant differences in energy intake at lunch between conditions (CTL = 436.5±241.7kcal; EX = 429.9±170.4kcal; DIET = 467.3±163.9kcal; EXDIET = 438.8±171.0kcal; $P = \text{NS}$). Energy intake for Day 1 tended to be greater for the DIET session, but this difference was not significant when compared with CTL (1123.0±246.6kcal vs. 851.9±142.2kcal; $P = \text{NS}$; $h_p^2 = 0.274$). Furthermore, no significant differences in energy intake for Day 2 were observed between conditions (CTL = 1999.5±540.7kcal; EX = 2187.1±359.9kcal; DIET = 1975.3±503.7kcal; EXDIET = 2056.1±261.6kcal; $P = \text{NS}$), and no significant differences in total energy intake were observed between conditions (CTL = 3835.9±812.3kcal; EX = 4079.6±658.5kcal; DIET = 4113.6±477.8kcal; EXDIET = 4018.1±685.3kcal; $P = \text{NS}$). Absolute (grams) intake of macronutrient was considered as shown in **Table 3**. No significant differences between conditions were observed for carbohydrate, protein and lipid intakes at lunch, and for Days 1 and 2.

Energy expenditure

Data for TEE are shown in **Table 4**. No significant differences for TEE were found between the four conditions for Day 1 and the total of both days. There were also no significant differences observed for NEAT between conditions.

Post exercise energy compensation

As presented in **Table 5**, no differences were found for PEEC for Day 1 and the total of both days.

Appetite

Daily VAS measurements are presented in **Figure 3**. As expected, we observed a significant effect of time during the day across conditions. However, no effect of the intervention was noted.

Discussion

The present study was performed to investigate the combined effects of a caloric-restricted diet and an exercise bout on post-exercise energy intake and energy expenditure in inactive young adult women. The main hypotheses of this study were that post-exercise energy intake would be increased and energy expenditure (TEE and NEAT) decreased when an exercise bout is performed following a 3-day energy restriction. Lastly, we hypothesized that a 3-day caloric restriction and the exercise bout would lead to increased post-exercise PEEC. Three main findings emerged from this study. First, the caloric restriction and the exercise bout did not elicit an increase in energy intake at lunch and over the first 2 days following the intervention. Second, no changes in TEE were seen following each session

suggesting that there were no acute effect of the caloric restriction and the exercise bout on NEAT. Third, there were no changes in PEEC between the two exercise sessions following the short-term caloric restriction. Our hypotheses were not supported despite rigorous experimental conditions.

Previous studies examining the effect of acute exercise on post-exercise energy intake have mainly focused on individuals on a eucaloric diet. To our knowledge, no study has investigated the effect of a short-term caloric restriction on post-exercise energy intake. Only a few studies have investigated the influence of short-term energy restriction on energy intake following exercise (Hubert *et al.*, 1998; Deighton *et al.*, 2012; Gonzalez *et al.*, 2013). Of these three studies, one (Deighton *et al.*, 2012) compared the sequence of exercise (fasted vs. postprandial) rather than omission of breakfast *per se* and two of them compared the omission of breakfast vs. breakfast consumption (Hubert *et al.*, 1998; Gonzalez *et al.*, 2013). Although our results were not significant, they tended to be similar to those of Hubert *et al.* (1998) where energy intake is greater in a state of caloric restriction when compared to the combination of caloric restriction and exercise, regardless of the duration of the caloric restriction (3 days vs. one meal). Our findings were not supportive of those of Miller *et al.* (1997), where a compensatory response to exercise was greater during prolonged caloric restriction than when subjects have only dieting. In our study, no significant changes were found in energy intake across conditions (caloric restriction with exercise, caloric restriction alone, exercise alone and control). We expected that the additive effects of the two procedures (caloric restriction with exercise) would have resulted in a greater energy intake. This outcome supports what previous

studies have shown where exercise has no effect on energy intake within a single day (King *et al.*, 1996; King, & Blundell, 1995; Westerterp-Plantenga, *et al.*, 1997; Lluch *et al.*, 1998; Blundell, & King, 1999; King, *et al.*, 1997). However, we measured energy intake over two days in order to detect delayed compensatory responses that could occur later during the day (Day 1) or the following day instead (Day 2). Again, no effect was observed on post-exercise energy intake. Thus, our results do not support the findings of Rocha *et al.* (2015) who observed that energy intake was lower in inactive women on the first day after exercise compared with control. This discrepancy in results may be partly explained by the difference in protocol designs. In the latter study, the standardized breakfast was based on the participant's weight (23.6 kJ/kg of body mass), therefore if individuals are normally not eating breakfast, these extra calories at breakfast could have been compensated by decreasing energy intake at the experimental meal. Moreover, although our exercise bout was performed at a similar intensity (50% of their VO_{2max} vs. 57% of VO_{2peak}) and duration (1 hour vs. 51 min), the inactive participants' VO_{2max} in Rocha *et al.* (2015) was lower ($29.9 \pm 4.1 \text{ ml O}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$ vs. $44.2 \pm 4.7 \text{ ml O}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$), and as previously shown by Schubert, Desbrow, Sabapathy, & Leveritt (2013), inactive individuals tend to compensate less than their active counterparts when exercise.

Our results showed no significant differences in TEE and NEAT over two days across sessions. This outcome suggests that neither a 3-day caloric restriction of 25%, moderate intensity exercise, or the combination of both has an effect on TEE and NEAT in healthy inactive young adult women. Few studies (Alhamadi *et al.*, 2011; Cadieux *et al.*, 2014; Rocha *et al.*, 2013; Rocha *et al.*, 2015; Sim *et al.*, 2014) have measured TEE during the free-living period of

the study for more than one day following exercise, and findings from these studies are consistent with ours. Moreover, only two of these studies (Alhamadi *et al.*, 2011; Cadieux *et al.*, 2014) measured NEAT and Alhamadi *et al.* (2011) showed an increase in NEAT during the 3 days subsequent to the experimental session. However, none of these studies has investigated the effect of caloric restriction on TEE or NEAT. Most studies that have examined the effect of caloric restriction on TEE have shown a decrease (Drenowatz, 2015; Heyman *et al.*, 1992; Jaime *et al.*, 2015; Martin *et al.*, 2011; Rosenbaum, Hirsch, Gallagher, & Leibel, 2008) in TEE, contrary to our results. According to Drenowatz's review (2015), calorie restriction is generally associated with a decrease in PAEE, but studies that examined the effect of calorie restriction on PAEE were administering long-term energy restriction interventions (8 weeks to 12 months). The discrepancy in results could be partly explained by the fact that calorie restriction was measured over a longer period of time rather than over 3 days. Therefore, long-term calorie restriction, which normally leads to a decrease in body weight, also seems to favour a decrease in PAEE. Considering that most of weight loss interventions use calorie restriction and exercise to induce greater energy deficits, it is imperative to consider NEAT when prescribing weight loss programs, given its highly variable nature (Ravussin *et al.*, 1986). Consequently, more studies are needed to investigate the effect of caloric restriction and exercise on TEE and NEAT under free-living conditions.

Determining the effect of a 3-day caloric restriction on PEEC by measuring energy intake and energy expenditure over 2 days after the intervention represents one of the novel contributions of this study. No significant differences in PEEC were found between the caloric

restriction with exercise condition and the exercise condition. Our results do corroborate those of Cadieux *et al.* (2014) where no significant differences in PEEC were found over 2 experimental days. Based on our findings on energy intake and TEE, this is not surprising as no significant differences were found on both component of the energy balance, energy intake and energy expenditure.

Doucet *et al.* (2004) previously reported significant differences in body weight (-1.3 kg) after a 4-day caloric restricted diet in men. In our study, we measured body weight at the beginning of each experimental session and no significant differences in body weight were observed across conditions. The discrepancy in results may be explained by the lack of adherence to the caloric restriction. As previously reported, body weight is a good proxy for compliance during studies of caloric restriction (Thomas, Ciesla, & Levine, 2009). We also measured REE using indirect calorimetry at the beginning of each experimental session and no significant differences were found across experimental conditions. Our results are in line with the findings of Doucet *et al.* (2004), where no significant differences were found in REE after a 4-day caloric restricted diet (-800 kcal/day). Based on Jaime *et al.* (2015) study, it is not surprising that REE was not significantly different after a 3-day energy restriction considering the lack of differences in body weight.

Limitations in this study should be acknowledged. Participants were young, healthy adult woman, therefore this limits the generalizability of the results. Also, we could not control energy intake during the free-living period for Day 1 and Day 2 and therefore it is possible that

participants ate foods other than that provided to them, but compliance was verified via self-report for each experimental session. Similar, participants were instructed to not perform any structured activities during data collection, and if otherwise, it would have had influenced NEAT, but compliance was as well verified via self-report for each experimental session. Also, weight was not different across conditions regardless of the 3-day energy restriction, and this observation suggest that the meal plan prescribed may have not properly been respected, but diet compliance was verified as participants had to return their food journal at the following experimental session. Moreover, we were initially aiming at setting the exercise intensity at 70% of the participants' VO_{2peak} and ExEE at 300 kcal, but due to a calculation error, participants exercised at a lower than anticipated intensity ($57 \pm 5.7\%$ of VO_{2peak}) and expended more than anticipated (382.4 ± 54.8 min). Consequently, the exercise intensity and ExEE were not standardized for the group, but were at least standardized for each participant as each participant exercised at the same intensity and the exercised-induced energy expenditure was the same for both exercise sessions. Lastly, a larger number of participants could influence the outcome of this study as energy intake tended to be higher at Day 1 when compared to CTL (1123.0 ± 246.6 kcal vs. 851.9 ± 142.2 kcal; $P = NS$; $h_p^2 = 0.274$).

Conclusion

Our results demonstrated that a 3-day caloric restriction does not impact post-exercise energy intake, total energy expenditure, non-exercise activity thermogenesis and post-exercise energy compensation. As such, a longer period of dieting and exercise may be

needed to observe increased post-exercise energy compensation during dietary intervention aimed at inducing weight loss.

References

- Alahmadi, M.A., Hills, A.P., King, N.A., & Byrne, N.M. (2011). Exercise Intensity Influences Nonexercise Activity Thermogenesis in Overweight and Obese Adults. *Science in Sports and Exercise*, 43(4), 624-631.
- Blundell, J.E., & King, N.A. (1999). Physical activity and regulation of food intake: current evidence. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(11 Suppl), 573-583.
- Borg, G.A.V. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and science in sports and exercise*, 14(5), 377-381.
- Cadieux, S., McNeil, J., Lapierre, M.P., Riou, M-È, Doucet, É. (2014). Resistance and aerobic exercises do not affect post-exercise energy compensation in normal weight men and women. *Physiology and Behavior*, 130, 113-119.
- Canadian Society for Exercise Physiology (1998). *Professional Fitness and Lifestyle Consultant: Resource Manual*. Ottawa, ON: Canadian Society for Exercise Physiology.
- Canadian Society for Exercise Physiology (2002). *Physical Activity Readiness Questionnaire – PAR-Q* [PDF file]. Retrieved from <http://www.csep.ca/cmfiles/publications/parq/par-q.pdf>
- Canadian Society for Exercise Physiology (2011). *New Canadian Physical Activity Guidelines released* [PDF file]. Retrieved from <http://www.csep.ca/CMFiles/Guidelines/Backgroundinfo/CSEP%20PAG%20Launch%20-%20National%20Release%20-%20FINAL%20-%2019Jan.pdf>
- Deighton, K., Zahra, J. C., & Stensel, D. J. (2012). Appetite, energy intake and resting metabolic responses to 60 min treadmill running performed in a fasted versus a postprandial state. *Appetite*, 58(3), 946-954.
- Diabetes Québec (2011). *Meal Planning for People with Diabetes* [PDF file]. Retrieved from <file:///C:/Users/HBOILARD/Downloads/Guide-alimentationEN.pdf>
- Doucet, E., Pomerleau, M., & Harper, M-E. (2004). Fasting and postprandial total ghrelin remain unchanged after short-term energy restriction. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 89(4), 1727-1732.
- Drenowatz, C. (2015). Reciprocal compensation to changes in dietary intake and energy expenditure within the concept of energy balance. *Advances in Nutrition*, 6(5), 592-599.

- Gonzalez, J.T., Veasey, R.C., Rumbold, P.L.S., & Stevenson, E.J. (2013). Breakfast and exercise contingently affect postprandial metabolism and energy balance in physically active males. *British Journal of Nutrition*, *110*, 721-732.
- Heyman, M.B., Young, V.R., Fuss P., Tsay R., Joseph L., Roberts S.B. (1992). Underfeeding and body weight regulation in normal-weight young men. *American Journal of Physiology Regulatory Integrative Comparative Physiology*, *263*, R250–R257.
- Hubert, P., King, N. A., & Blundell, J. E. (1998). Uncoupling the effects of energy expenditure and energy intake: Appetite response to short-term energy deficit induced by meal omission and physical activity. *Appetite*, *31*(1), 9-19.
- Jaime, T.J., Balich, L.L., Acevedo, G.B., de la Maza Cave, M.P., Birn, S.H., Parada, S.H., Silva, J.R., & Barnett, D.B. (2015). Effect of calorie restriction on energy expenditure in overweight and obese adult women. *Nutricion Hospitalaria*, *31*, 2428-2436.
- Jokisch, E., Coletta, A., & Raynor, H. A. (2012). Acute energy compensation and macronutrient intake following exercise in active and inactive males who are normal weight. *Appetite*, *58*(2), 722-729.
- Karvonen, M.J., Kentala, E., & Mustala, O. (1957). The effects of training on heart rate. *Annales Medicinae Experimentalis et Biologiae Fenniae*, *35*, 307-315.
- King, N.A., & Blundell, J.E. (1995) High-fat foods overcome the energy expenditure induced by high-intensity cycling or running. *European Journal of Clinical Nutrition*, *49*, 114-123.
- King, N. A., Lluch, A., Stubbs, R. J., & Blundell, J. E. (1997) High dose exercise does not increase hunger or energy intake in free living males. *European Journal of Clinical Nutrition*, *51*, 663-667.
- King, N.A., Snell, L., Smith R.D., & Blundell, J.E. (1996) Effects of short-term exercise on appetite responses in unrestrained females. *European Journal of Clinical Nutrition*, *50*, 663-667.
- Levine, A.L. (2004). Nonexercise activity thermogenesis (NEAT): environment and biology. *The American Journal of Physiology and Endocrinology Metabolism*, *286*, E675-E685.
- Levine, A.L., Eberhardt, N.L., & Jensen, M.D. (1999). Role of Nonexercise Activity Thermogenesis in Resistance to Fat Gain in Humans. *Science*, *283*(5399), 212-214.
- Linda, H.E., Bennett, A.G., Egan, B.M., Ray, J.W., Michelle, C.O., Smith, M.A., & Klesges, R.C. (1997). Differences in macronutrient selections in users and nonusers of an oral contraceptive. *American Journal of Clinical Nutrition*, *65*, 419-424.

- Lluch, A., King, N.A., & Blundell, J.E. (1998). Exercise in dietary restrained women: no effect on energy intake but change in hedonic ratings. *European Journal of Clinical Nutrition*, *52*, 300-307.
- Marsh-Richard D.M., Hatziz, E.S., Mathias, C.W., Venditti, N., Dougherty, D.M. (2009). Adaptive Visual Analog Scales (AVAS): a modifiable software program for the creation, administration, and scoring of visual analog scales. *Behavior Research Methods*, *41*(1), 99-106.
- Martins, C., Morgan, L., Bloom, S. R., & Robertson, M. D. (2007). Effects of exercise on gut peptides, energy intake and appetite. *The Journal of Endocrinology*, *193*(2), 251-257.
- Martin K.C., Das, S.K., Lindblad, L., Racette, S.B., McCrory, M.A., Weiss, E.P., DeLany, J.P., Kraus, W.E. (2011). Effect of calorie restriction on the free-living physical activity levels of nonobese humans: results of three randomized trials. *Journal of Applied Physiology* *110*(4), 956-963.
- Matthews, C. E., Ainsworth, B. E., Thompson, R. W., & Bassett, D. R., Jr. (2002). Sources of variance in daily physical activity levels as measured by an accelerometer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *34*, 1376-1381.
- Mayer, J., & Thomas, D. W. (1967). Regulation of food intake and obesity. *Science (New York, N.Y.)*, *156*(3773), 328-337.
- McNeil, J., Riou, M.-È., Razmjou, S., Cadieux, S., & Doucet, E. (2012). Reproducibility of a food menu to measure energy and macronutrient intakes in a laboratory and under real-life conditions. *The British journal of nutrition*, *108*(7), 1316–1324.
- Melzer, K., Kayser, B., Saris, W. H., & Pichard, C. (2005). Effects of physical activity on food intake. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, *24*(6), 885-895.
- Miller, W.C., Koceja, D.M., & Hamilton, E.J. (1997). A meta-analysis of the past 25 years of weight loss research using diet, exercise or diet plus exercise intervention. *International Journal of Obesity*, *21*, 941-947.
- Ravussin, E., Lillioja, S., Anderson, T.E., Christin, L., Bogardus, C. (1986). Determinants of 24-hour energy expenditure in man. Methods and results using a respiratory chamber. *The Journal of Clinical Investigation*, *78*(6), 1568-1578.
- Rocha, J., Paxman, J., Dalton, C., Winter, E., & Broom, D. (2013). Effects of an acute bout of aerobic exercise on immediate and subsequent three-day food intake and energy expenditure in active and inactive men. *Appetite*, *71*, 369-378.

- Rocha, J., Paxman, J., Dalton, C., Winter, E., & Broom, D. (2015). Effects of an acute bout of aerobic exercise on immediate and subsequent three-day food intake and energy expenditure in active and inactive pre-menopausal women taking oral contraceptives. *Appetite*, *89*, 183-191.
- Rosenbaum, M., Hirsch, J., Gallagher, D.A., Leibel, R.L. (2008). Long-term persistence of adaptive thermogenesis in subjects who have maintained a reduced body weight. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *88*, 906–912.
- Schubert, M.M., Desbrow, B., Sabapathy, S., & Leveritt, M. (2013). Acute exercise and subsequent energy intake. A meta-analysis. *Appetite*, *63*, 92-104.
- Shorten, A. L., Wallman, K. E., & Guelfi, K. J. (2009). Acute effect of environmental temperature during exercise on subsequent energy intake in active men. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *90*(5), 1215-1221.
- Sim, A.Y., Wallman, K.E., Fairchild, T.J., & Guelfi, K.J. (2014). High-intensity intermittent exercise attenuates *ad-libitum* energy intake. *International Journal of Obesity*, *38*, 417-422.
- Stunkard, A.J., & Messick, S. (1985). The three-factor questionnaire to measure dietary restraint, disinhibition and hunger. *Journal of Psychosomatic Research*, *29*(1), 71-83.
- Thomas, D.M., Ciesla, A., Levine, J.A., Stevens, J.G., & Martin, C.K. (2009). A mathematical model of weight change with adaptation. *Mathematical Biosciences and Engineering*, *6*(4), 873–887.
- Westerterp-Plantenga, M.S., Verwegen, C.R., Ijeda, M.J., Wijckmans, N.E., & Saris, W.H. (1997). Acute effects of exercise or sauna on appetite in obese and nonobese men. *Physiology & Behavior*, *62*, 1345-1354.

Table 1. Characteristics of subjects (N=8).

Variables	Means	SD	Range
Age (y)	24.8	3.9	20.0-30.0
Body weight (kg)	60.8	8.3	49.9-79.0
Height (m)	1.66	0.07	1.57-1.77
Body fat (%)	29.0	5.3	20.9-37.0
BMI (kg/m ²)	22.0	1.8	20.3-25.4
VO _{2peak} (mlO ₂ /kg ⁻¹ min ⁻¹)	44.2	4.7	37.4-51.0
Restraint*	8.4	5.0	1.0-14.0
Hunger*	4.1	3.1	1.0-10.0
Desinhibition*	5.6	2.7	2.0-10.0

Y = years; kg = kilograms; m = meters; kg/m² = kilograms per meter square; mlO₂/kg⁻¹min⁻¹ = millilitres of oxygen per kilogram of bodyweight per minute; % = a fraction of 100; * these values are scores obtained through the TFEQ questionnaire.

Table 2. Intensity, duration, ExEE and targeted heart rate of the exercise sessions (N=8).

Variable	Mean	SD	Range
Intensity (%)	57.1	5.7	54.0-70.0
Duration (min)	51.3	6.6	36.0-55.6
ExEE (kcal)	382.4	54.8	300.0-486.0
Heart rate (bpm)	137.8	9.4	131.0-160.0

Table 3. Macronutrient intake for experimental sessions (N=8).

Variables	CTL	EX	DIET	EXDIET
Macronutrient intake	Means ± SD	Means ± SD	Means ± SD	Means ± SD
Lunch				
CHO (g)	48.9 ± 30.7	57.8 ± 18.0	60.1 ± 25.5	50.2 ± 19.7
Lipids (g)	19.9 ± 17.4	12.4 ± 12.5	15.7 ± 9.4	18.3 ± 14.9
Proteins (g)	16.8 ± 7.1	22.3 ± 9.4	22.7 ± 9.5	19.9 ± 7.3
Day 1				
CHO (g)	118.9 ± 29.0	123.2 ± 53.5	147.9 ± 37.4	134.0 ± 43.2
Lipids (g)	28.3 ± 5.1	34.3 ± 7.7	43.4 ± 12.6	34.9 ± 25.6
Proteins (g)	34.9 ± 13.7	33.7 ± 9.5	39.8 ± 15.6	35.0 ± 16.5
Day 2				
CHO (g)	275.9 ± 101.5	284.9 ± 58.5	277.6 ± 86.1	250.6 ± 95.9
Lipids (g)	70.5 ± 23.6	86.9 ± 17.8	69.0 ± 21.4	74.9 ± 17.1
Proteins (g)	78.1 ± 19.8	79.6 ± 22.5	72.8 ± 19.9	75.9 ± 11.1

Table 4. Energy expenditure throughout the experimental sessions.

Variables	Means \pm SD				<i>p</i> Modality
	CTL	EX	DIET	EXDIET	
Energy Expenditure (Kcal)					
Day 1 (n = 8)	1110.0 \pm 301.3	1089.0 \pm 275.2	1143.0 \pm 330.6	1060.4 \pm 131.6	NS
Total (n = 7)	2919.0 \pm 383.1	3061.4 \pm 470.0	2954.7 \pm 333.8	2995.7 \pm 269.9	NS
NEAT (Kcal)					
Day 1 (n = 8)	375.8 \pm 252.8	382.4 \pm 258.3	398.5 \pm 243.7	332.9 \pm 96.4	NS
Total (n = 7)	791.1 \pm 376.1	1005.6 \pm 502.3	880.1 \pm 236.9	970.1 \pm 164.9	NS

Table 5. Post-exercise energy compensation throughout the experimental sessions.

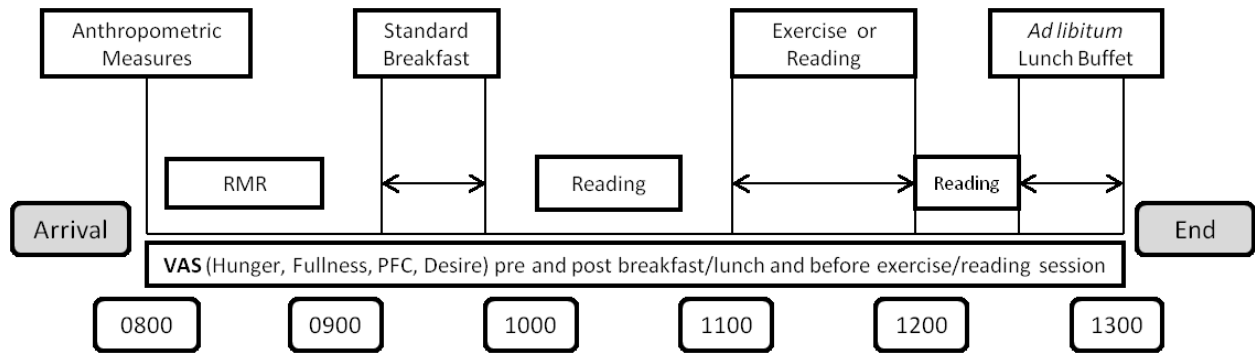
Post-Exercise Energy Compensation (%)	Means \pm SD		<i>p</i>
	EX	EXDIET	Modality
Day 1 (n = 8)	21.5 \pm 68.4%	36.9 \pm 120.8%	NS
Total (n = 7)	16.9 \pm 150.8%	-3.0 \pm 192.6.0%	NS

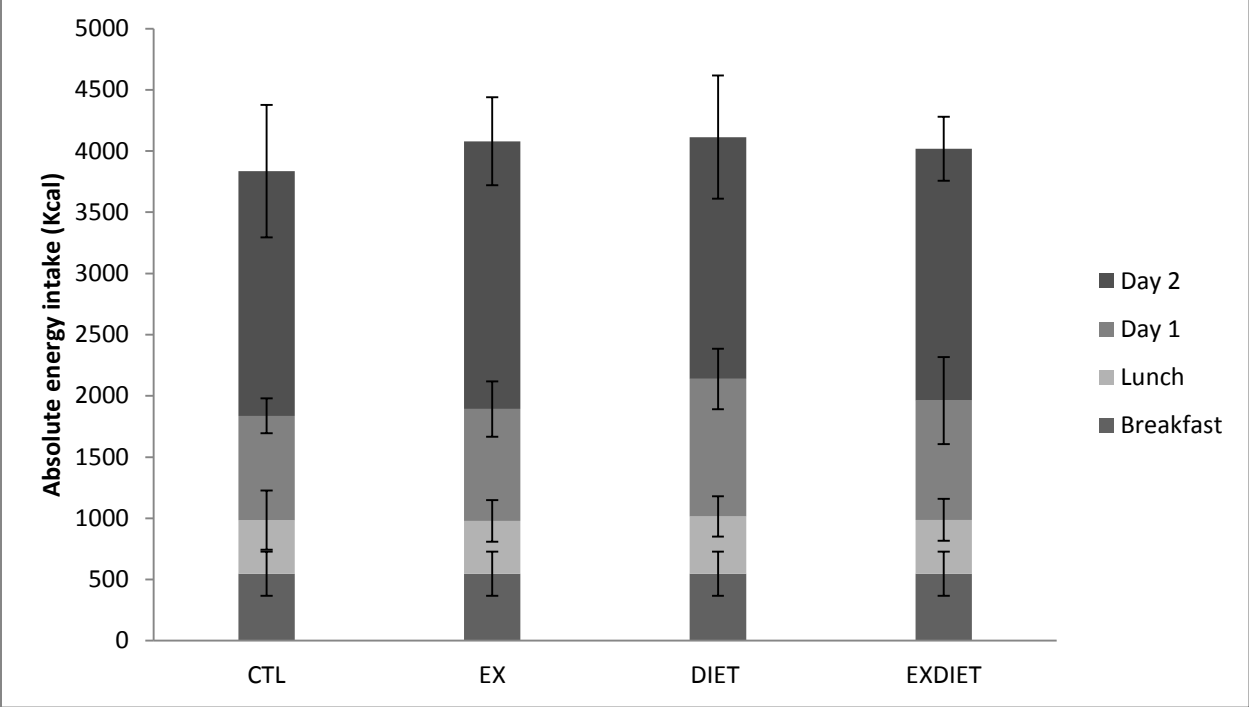
Figure legends:

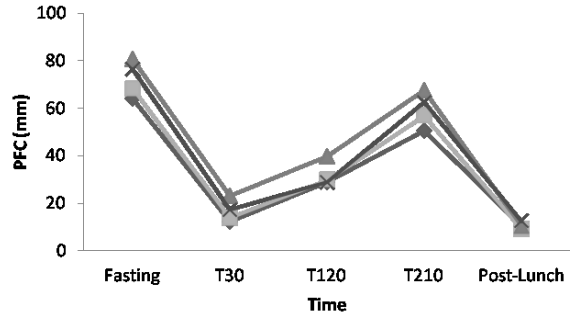
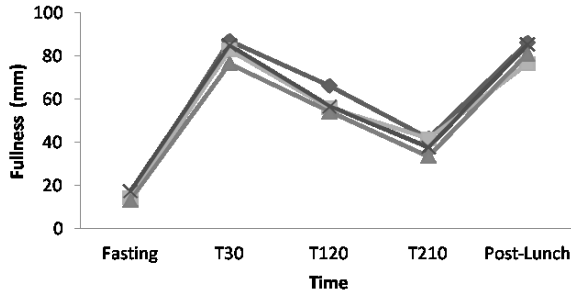
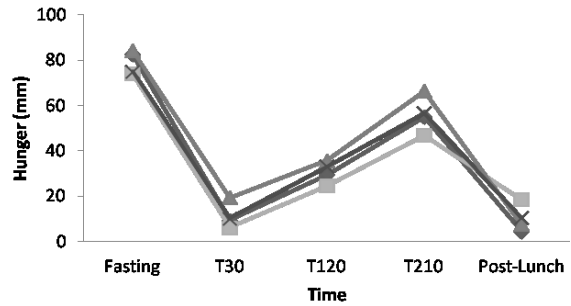
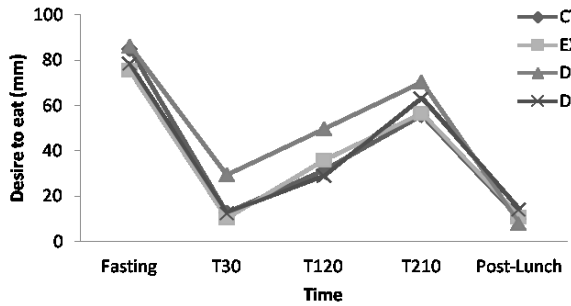
Figure 1 – Experimental design.

Figure 2 – Absolute energy intake at breakfast, lunch, Day 1 and Day 2 for the four experimental sessions: Control, Exercise, Caloric restriction and Exercise/caloric restriction.

Figure 3 – Visual analogue scale measurements for appetite scores throughout each experimental session: Control, Exercise, Caloric restriction and Exercise/caloric restriction - for desire to eat, hunger, fullness and prospective of food consumption.







Appendix 1. Food items on the standardized breakfast menu.

Food items
Nature bagel
Whole wheat bagel
White bread
Whole wheat bread
Orange
Apple
Banana
Apple juice
Orange juice
Water
1% milk
2% milk
Chocolate milk
Butter
Cheddar cheese
Creamy peanut butter
Cream cheese
Strawberry jam

Chapitre 5

Conclusions et perspectives

5.1 Conclusions

L'obésité demeure un problème de santé publique important qui ne cesse d'affecter un plus grand nombre d'individus. L'excès de poids corporel augmente le risque de développer une panoplie de maladies chroniques qui ont des implications importantes pour l'individu et la société. L'obésité est associée (ou présente) à 17,3% des cas de maladies coronariennes, 61% des cas de diabète de type II, 24% des cas d'ostéoarthrite, 20,8-35,4% des cas de cancer colorectal, 26,9% des cas de cancer du pancréas, 35,5% des cas de cancer de la vésicule biliaire et 42,5% des cas de cancer des reins (Eckel, 2003; Calle, & Kaaks, 2004). L'augmentation de la prévalence de l'obésité (WHO, 2015) est probablement plus intimement liée à une augmentation des apports caloriques qu'à une diminution de la dépense énergétique (Swinburn, Sacks, & Ravussin, 2009). À ce jour, la perte de poids demeure la stratégie de choix afin de réduire les risques associés à l'obésité, mais l'efficacité des interventions de perte de poids est très variable (Boutcher, & Dunn, 2009). Les interventions comprenant la combinaison d'une diète et de l'exercice sont communes. Ceci dit, l'exercice pratiqué à long-terme semble occasionner une réponse compensatoire et ce qui explique les résultats de perte de poids qui ne reflètent pas les attentes escomptées.

L'objectif de notre projet de recherche était d'investiguer les effets combinés d'un déficit calorique et d'une séance d'exercice sur la compensation énergétique post-exercice. Les résultats de notre étude démontrent que la combinaison d'un déficit calorique à court-terme et de l'exercice n'influence pas la compensation énergétique post-exercice. L'absence d'effet sur la compensation énergétique post-exercice est possiblement expliquée par la durée des interventions. Le déficit calorique administré à nos participantes était d'une courte durée, soit de 3 journées consécutives et nous avons évalué l'effet aiguë d'une séance d'exercice. La durée des interventions combinant le déficit calorique à l'exercice dans la méta-analyse de Miller *et al.* (1997) était en moyenne de 15.6 semaines. Il est ainsi possible qu'un déficit calorique d'une durée prolongée soit nécessaire afin d'observer une augmentation de la compensation énergétique post-exercice. Tout de même, d'après nos résultats, nous pouvons donc supposer que l'administration d'une intervention à court-terme composée d'une diète, accompagnée d'une séance d'exercice n'est pas suffisante pour entraîner un changement au niveau de la compensation énergétique post-exercice, et possiblement entraver la perte de poids. Cependant, nos résultats reflètent ceux d'une intervention à court-terme, et conséquemment, ne peuvent être extrapolés sur des interventions d'une durée prolongée. Toutefois, les effets bénéfiques liés à la pratique d'activité physique surpassent les effets de la compensation énergétique qui résulte lorsque cette dernière est accompagnée d'une restriction calorique à long-terme. Tel que rapporté par Ortega, Lavie, & Blair (2016), une amélioration de la capacité cardiorespiratoire chez les individus obèses diminue le risque de mortalité associé aux maladies cardiovasculaires même en l'absence de perte de poids. D'après ces observations, la recommandation de la pratique régulière d'activité physique aux adultes avec un surplus de poids ou une obésité peut leur être bénéfique même en l'absence d'une

perte de poids.

Bref, la pratique régulière d'activité physique devrait faire partie des recommandations pour adopter un mode de vie sain plutôt que d'être utilisé uniquement comme un outil pour favoriser la perte de poids.

5.2 Perspectives

Le sujet de cette étude est pertinent considérant que les interventions visant une perte de poids basées sur la combinaison d'une diète hypocalorique et de l'exercice sont d'une popularité invraisemblable. Cependant, nous reconnaissons les contraintes de notre projet de recherche. Malgré nos efforts à standardiser toutes nos variables, une erreur s'est produite au niveau des calculs pour standardiser l'intensité de l'exercice ainsi que du coût énergétique lié à l'exercice. Ceci dit, il aurait été très intéressant d'observer si ces dernières valeurs auraient induites des résultats différents dans les mêmes conditions expérimentales. On visait une standardisation de l'intensité d'exercice à 70% de la VO_{2peak} , alors que la moyenne d'intensité d'exercice était de 60% de la VO_{2peak} . Il est possible que nous aurions observé une augmentation de la compensation énergétique post-exercice avec une intensité d'exercice à 70% de la $VO_{2crête}$, tel que démontré par Pomerleau *et al.* (2004). De plus, le niveau de la $VO_{2crête}$ des participantes était plus élevé que la moyenne pour le même groupe d'âge (Canadian Health Measures Survey (2007-2009), alors qu'on s'attendait à l'inverse. Il est probable que si le niveau de la $VO_{2crête}$ des participantes avait été plus faible, les résultats

aurait peut-être été différents tel que montré par Schubert *et al.* (2013), en effet ces individus ont plus tendance à expérimenter un effet anorexigène suite à l'exercice. D'ailleurs, tel que démontré par Rocha *et al.* (2013) et Rocha *et al.* (2015), une séance d'exercice a élicité une réponse retardée de la prise alimentaire chez les femmes et les hommes ayant une faible $VO_{2crête}$. Toutefois, il n'est pas possible de comparer nos résultats avec ces études puisque ces dernières n'administraient pas une restriction calorique avant les séances expérimentales. Néanmoins, une puissance aérobie plus élevée peut être observée chez de jeunes adultes, même en l'absence de la pratique d'activité régulière, tel qu'observé dans l'étude de Cadieux *et al.* (2014).

Dans de futures études, il serait intéressant et pertinent de reproduire cette recherche chez des femmes et des hommes avec un surpoids ou une obésité, et ce, avec un plus grand nombre de sujets afin d'avoir la puissance statistique nécessaire et en évaluant les interventions de perte de poids qui sont les plus utilisées. De plus, l'administration d'un déficit calorique sur une période plus prolongée, ainsi de même pour l'exercice, serait un protocole sans pareille puisque cette étude pourrait à la fois mesurer les effets à long-terme combinés et indépendants du déficit calorique et de l'exercice sur l'apport et la dépense énergétique post-exercice.

Bibliographie

- Adrian, T.E., Bloom, S.R., Bryant, M.G., Polak, J.M., & Heitz, P. (1976). Proceedings: radioimmunoassay of a new gut hormone-human pancreatic polypeptide. *Gut*, *17*(5), 393-394.
- Alahmadi, M.A., Hills, A.P., King, N.A., & Byrne, N.M. (2011). Exercise Intensity Influences Nonexercise Activity Thermogenesis in Overweight and Obese Adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *43*(4), 624-631.
- Alajmi, N., Deighton, K., King, J.A., Reischak-Oliveira, A., Wasse, L.K., Jones, J., Batterham, R.L., & Stensel, D.J. (2016). Appetite and energy intake responses to acute energy deficits in females versus males. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *48*(3), 412-420.
- Blundell, J.E., & King, N.A. (1999). Physical activity and regulation of food intake: current evidence. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *31*(11 Suppl), 573-583.
- Borg, G.A.V. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and science in sports and exercise*, *14*(5), 377-381.
- Boutcher, S., Dunn, S. (2009). Factors that may impede the weight loss response to exercise-based interventions. *Obesity Reviews*, *10*, 671–680.
- Brubaker, P.L., Anini, Y. (2003). Direct and indirect mechanisms regulating secretion of glucagon-like peptide-1 and glucagon-like peptide-2. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, *81*, 1005-1012.
- Cadioux, S., McNeil, J., Lapierre, M.P., Riou, M-È, Doucet, É. (2014). Resistance and aerobic exercises do not affect post-exercise energy compensation in normal weight men and women. *Physiology and Behavior*, *130*, 113-119.
- Calle, E.E., Kaaks, R. (2004). Overweight, obesity and cancer: epidemiological evidence and proposed mechanisms. *Nature Reviews Cancer*, *4*, 579–591.
- Canadian Health Measures Survey (2007-2009). Retrieved from <http://www.statcan.gc.ca/pub/82-003-x/2010001/article/11064/tables/tbl1-eng.htm>
- Canadian Society for Exercise Physiology (1998). *Professional Fitness and Lifestyle Consultant: Resource Manual*. Ottawa, ON: Canadian Society for Exercise Physiology.
- Canadian Society for Exercise Physiology (2002). *Physical Activity Readiness Questionnaire – PAR-Q* [PDF file]. Retrieved from <http://www.csep.ca/cmfiles/publications/parq/par-q.pdf>

Canadian Society for Exercise Physiology (2011). *New Canadian Physical Activity Guidelines released* [PDF file]. Retrieved from <http://www.csep.ca/CMFiles/Guidelines/Backgroundinfo/CSEP%20PAG%20Launch%20-%20National%20Release%20-%20FINAL%20-%2019Jan.pdf>

Colley, R.C., Hills, A.P., King, N.A., Byrne, N.M. (2010). Exercise-induced energy expenditure: implications for exercise prescription and obesity. *Patient Education and Counseling*, 79, 327–332.

Cummings, D.E., Overduin, J. (2007). Gastrointestinal regulation of food intake. *Journal of Clinical Investigation*, 117, 13-23.

Curioni, C.C., & Lourenço, P.M. (2005). Long-term weight loss after diet and exercise: a systematic review. *International Journal of Obesity*, 29, 1168-1174.

Deighton, K., Zahra, J. C., & Stensel, D. J. (2012). Appetite, energy intake and resting metabolic responses to 60 min treadmill running performed in a fasted versus a postprandial state. *Appetite*, 58(3), 946-954.

Diabetes Québec (2011). *Meal Planning for People with Diabetes* [PDF file]. Retrieved from <file:///C:/Users/HBOILARD/Downloads/Guide-alimentationEN.pdf>

Dick, J.J. (2004). Weight loss interventions for adult obesity: evidence for practice. *Worldviews on Evidence-Based Nursing*, 1(4), 209-214.

Doucet, E., Pomerleau, M., & Harper, M-E. (2004). Fasting and postprandial total ghrelin remain unchanged after short-term energy restriction. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 89(4), 1727-1732.

Drenowatz, C. (2015). Reciprocal compensation to changes in dietary intake and energy expenditure within the concept of energy balance. *Advances in Nutrition*, 6(5), 592-599.

Drucker, D.J. (2006). The biology of incretin hormones. *Cell Metabolism*, 3(3), 153-165.

Eckel, R.H. (2003). *Obesity: Mechanisms and Clinical Management*. Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, PA

Finlayson, G., Bryant, E., Blundell, J.E., & King, N.A. (2009). Acute compensatory eating following exercise is associated with implicit hedonic wanting for food. *Physiology & Behavior*, 97, 62-67.

Fock, K.M., & Khoo, J. (2013). Diet and exercise in management of obesity and overweight. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 28(Suppl. 4), 59-63.

- Franz, M.J., VanWormer, J.J., Crain, A.L., Boucher, J.L., Histon, T., Caplan, W., Bowman, J.D., & Pronk, N.P. (2007). Weight-loss outcomes: a systematic review and meta-analysis of weight-loss clinical trials with a minimum 1-year follow-up. *Journal of the American Dietetic Association, 107*, 1755-1767.
- Gonzalez, J.T., Veasey, R.C., Rumbold, P.L.S., & Stevenson, E.J. (2013). Breakfast and exercise contingently affect postprandial metabolism and energy balance in physically active males. *British Journal of Nutrition, 110*, 721-732.
- Harris, C. L., & George, V. A. (2008). The impact of dietary restraint and moderate-intensity exercise on post-exercise energy intake in sedentary males. *Eating Behaviors, 9*(4), 415-422.
- Haskell, W. L., Lee, I. M., Pate, R. R., Powell, K. E., Blair, S. N., Franklin, B. A., & Bauman, A. (2007). Physical activity and public health: Updated recommendation for adults from the American college of sports medicine and the American heart association. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 39*(8), 1423-1434.
- Heyman, M.B., Young, V.R., Fuss P., Tsay R., Joseph L., Roberts S.B. (1992). Underfeeding and body weight regulation in normal-weight young men. *American Journal of Physiology Regulatory Integrative Comparative Physiology, 263*, R250–R257.
- Hill, A. J., Magson, L. D., & Blundell, J. E. (1984). Hunger and palatability: tracking ratings of subjective experience before, during and after the consumption of preferred and less preferred food. *Appetite, 5*, 361-371.
- Hill, J. O., Melby, C., Johnson, S. L., & Peters, J. C. (1995). Physical activity and energy requirements. *The American Journal of Clinical Nutrition, 62*(5 Suppl), 1059S-1066S.
- Hollowell, R.P., Willis, L.H., Slentz, C.A., Topping, J.D., Bhakpar, M., Kraus, W.E. (2009). Effects of exercise training amount on physical activity energy expenditure. *Medicine of Science Sports Exercise, 41*, 1640-1644.
- Hubert, P., King, N. A., & Blundell, J. E. (1998). Uncoupling the effects of energy expenditure and energy intake: Appetite response to short-term energy deficit induced by meal omission and physical activity. *Appetite, 31*(1), 9-19.
- Jakicic, J. M., & Otto, A. D. (2006) Treatment and prevention of obesity: what is the role of exercise? *Nutrition Reviews, 64*(2 Pt 2), S57-61.
- Jaime, T.J., Balich, L.L., Acevedo, G.B., de la Maza Cave, M.P., Birn, S.H., Parada, S.H., Silva, J.R., & Barnett, D.B. (2015). Effect of calorie restriction on energy expenditure in overweight and obese adult women. *Nutricion Hospitalaria, 31*, 2428-2436.

- Jokisch, E., Coletta, A., & Raynor, H. A. (2012). Acute energy compensation and macronutrient intake following exercise in active and inactive males who are normal weight. *Appetite*, 58(2), 722-729.
- Karra, E. & Batterham, R.L. (2010). The role of gut hormones in the regulation of body weight and energy homeostasis. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 316, 120-128.
- King, N. A. (1999) What processes are involved in the appetite responses to moderate increase in exercise-induced energy expenditure? *The Proceedings of the Nutrition Society*, 58, 107-113.
- King, N.A., & Blundell, J.E. (1995) High-fat foods overcome the energy expenditure induced by high-intensity cycling or running. *European Journal of Clinical Nutrition*, 49, 114-123.
- King, N. A., Burley, V. J., & Blundell, J. E. (1994). Exercise-induced suppression of appetite: Effects on food intake and implications for energy balance. *European Journal of Clinical Nutrition*, 48(10), 715-724.
- King, N. A., Lluch, A., Stubbs, R. J., & Blundell, J. E. (1997). High dose exercise does not increase hunger or energy intake in free living males. *European Journal of Clinical Nutrition*, 51, 663-667.
- King, N.A., Snell, L., Smith R.D., & Blundell, J.E. (1996). Effects of short-term exercise on appetite responses in unrestrained females. *European Journal of Clinical Nutrition*, 50, 663-667.
- King, N. A., Tremblay, A., & Blundell, J. E. (1997). Effects of exercise on appetite control: implications for energy balance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(8), 1076-1089.
- King, J.A., Wasse, L.K., Ewens, J., Crystallis, K., Emmanuel, J., Batterham, R.L., & Stensel, D.J. (2011). Differential acylated ghrelin, peptide YY3-36, appetite, and food intake response to equivalent energy deficits created by exercise and food restriction. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 96(4), 1114-1121.
- Kojima, M., Hosoda, H., Date, Y., Nakazato, M., Matsuo, H., & Kangawa, K. (1999). *Ghrelin is a growth-hormone-releasing acylated peptide from stomach*. *Nature*, 402, 656-660.
- Levine, A.L. (2004). Nonexercise activity thermogenesis (NEAT): environment and biology. *The American Journal of Physiology and Endocrinology Metabolism*, 286, E675-E685.
- Levine, A.L., Eberhardt, N.L., & Jensen, M.D. (1999). Role of Nonexercise Activity Thermogenesis in Resistance to Fat Gain in Humans. *Science*, 283(5399), 212-214.

- Linda, H.E., Bennett, A.G., Egan, B.M., Ray, J.W., Mitchelle, C.O., Smith, M.A., & Klesges, R.C. (1997). Differences in macronutrient selections in users and nonusers of an oral contraceptive. *American Journal of Clinical Nutrition*, *65*, 419-424.
- Lluch, A., King, N.A., & Blundell, J.E. (1998). Exercise in dietary restrained women: no effect on energy intake but change in hedonic ratings. *European Journal of Clinical Nutrition*, *52*, 300-307.
- Lluch, A., King, N.A., & Blundell, J.E. (2000). No energy compensation at the meal following exercise in dietary restrained and unrestrained women. *British Journal of Nutrition*, *84*, 219-225.
- Maraki, M., Tsofliou, F., Pitsiladis, Y.P., Malkova, D., Mutrie, N., & Higgins, S. (2005). Acute effects of a single exercise class on appetite, energy intake and mood. Is there a time of day effect? *Appetite*, *45*, 272-278.
- Marsh-Richard D.M., Hatziz, E.S., Mathias, C.W., Venditti, N., Dougherty, D.M. (2009). Adaptive Visual Analog Scales (AVAS): a modifiable software program for the creation, administration, and scoring of visual analog scales. *Behavior Research Methods*, *41*(1), 99-106.
- Martins, C., Morgan, L., Bloom, S. R., & Robertson, M. D. (2007). Effects of exercise on gut peptides, energy intake and appetite. *The Journal of Endocrinology*, *193*(2), 251-257.
- Martin K.C., Das, S.K., Lindblad, L., Racette, S.B., McCrory, M.A., Weiss, E.P., DeLany, J.P., Kraus, W.E. (2011). Effect of calorie restriction on the free-living physical activity levels of nonobese humans: results of three randomized trials. *Journal of Applied Physiology* *110*(4), 956-963.
- Matthews, C. E., Ainsworth, B. E., Thompson, R. W., & Bassett, D. R., Jr. (2002). Sources of variance in daily physical activity levels as measured by an accelerometer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *34*, 1376-1381.
- Mayer, J., & Thomas, D. W. (1967). Regulation of food intake and obesity. *Science (New York, N.Y.)*, *156*(3773), 328-337.
- McNeil, J., Riou, M.-È., Razmjou, S., Cadieux, S., & Doucet, E. (2012). Reproducibility of a food menu to measure energy and macronutrient intakes in a laboratory and under real-life conditions. *The British journal of nutrition*, *108*(7), 1316-1324.
- Meijer, G.A., Janssen, G.M., Westerterp, K.R., Verhoeven, F., Saris, W.H., ten Hoor, F. (1991). The effect of a 5-month endurance-training programme on physical activity: evidence for a sex-difference in the metabolic response to exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *62*, 11-7.

- Meijer, E.P., Westerterp, K.R., Verstappen, F.T. (1999) Effect of exercise training on total daily physical activity in elderly humans. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 80, 16–21.
- Meijer, E.P., Westerterp, K.R., & Verstappen, F.T. (2000). Effect of exercise training on physical activity and substrate utilization in the elderly. *International Journal of Sports Medicine*, 21, 499–504.
- Melanson, E.L., Keadle, S.K., Donnelly, J.E., Braun, B., & King, N.A. (2013). Resistance to exercise-induced weight loss: compensatory behavioral adaptations. *Medicine Science Sports Exercise*, 45, 1600-1609.
- Melzer, K., Kayser, B., Saris, W. H., & Pichard, C. (2005). Effects of physical activity on food intake. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 24(6), 885-895.
- Miller, W.C., Koceja, D.M., & Hamilton, E.J. (1997). A meta-analysis of the past 25 years of weight loss research using diet, exercise or diet plus exercise intervention. *International Journal of Obesity*, 21, 941-947.
- Ortega, F.B., Lavie, C.J., & Blair, S.N. (2016). Obesity and Cardiovascular Disease. *Circulation Research*, 118(11), 1752-1770.
- Pomerleau, M., Imbeault, P., Parker, T., & Doucet, E. (2004). Effects of exercise intensity on food intake and appetite in women. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 80(5), 1230-1236.
- Rangan, V.V., Willis, L.H., Slentz, C.A., Bateman, L.A., Shields, A.T., Houmard, J.A., Kraus, W.E. (2011). Effects of an 8-month exercise training program on offexercise physical activity. *Medicine of Science Sports Exercise*, 43, 1744–1751.
- Ravussin, E., Lillioja, S., Anderson, T.E., Christin, L., Bogardus, C. (1986). Determinants of 24-hour energy expenditure in man. Methods and results using a respiratory chamber. *The Journal of Clinical Investigation*, 78(6), 1568-1578.
- Reiner, M., Niermann, C., Jekauc, D., & Woll, A. (2013). Long-term health benefits of physical activity -- a systematic review of longitudinal studies. *BMC Public Health*, 13(1), 813.
- Rocha, J., Paxman, J., Dalton, C., Winter, E., & Broom, D. (2013). Effects of an acute bout of aerobic exercise on immediate and subsequent three-day food intake and energy expenditure in active and inactive men. *Appetite*, 71, 369-378.

- Rocha, J., Paxman, J., Dalton, C., Winter, E., & Broom, D. (2015). Effects of an acute bout of aerobic exercise on immediate and subsequent three-day food intake and energy expenditure in active and inactive pre-menopausal women taking oral contraceptives. *Appetite, 89*, 183-191.
- Rosenkilde, M., Auerback, P., Reichkender, M.H., Ploug, T., Stallknecht, B.M., Sjodin, A. (2012). Body fat loss and compensatory mechanisms in response to different doses of aerobic exercise – a randomized controlled trial in overweight sedentary males. *American Journal of Physiology Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, 303*, R571-579.
- Rosenbaum, M., Hirsch, J., Gallagher, D.A., Leibel, R.L. (2008). Long-term persistence of adaptive thermogenesis in subjects who have maintained a reduced body weight. *The American Journal of Clinical Nutrition, 88*, 906–912.
- Schubert, M.M., Sabapathy, S., Leveritt, M., & Desbrow, B. (2014). Acute exercise and hormones related to appetite regulation: a meta-analysis. *Sports Medicine, 44*(3), 387-403.
- Schutz, Y., Nguyen, D.M., Byrne, N.M., Hills, A.P. (2014). Effectiveness of three different walking prescription durations on total physical activity in normal- and overweight women. *Obesity Facts, 7*, 264–273.
- Sim, A.Y., Wallman, K.E., Fairchild, T.J., & Guelfi, K.J. (2014). High-intensity intermittent exercise attenuates *ad-libitum* energy intake. *International Journal of Obesity, 38*, 417-422.
- Simpson, K., Parker, J., Plumer, J., Bloom, S. (2012). CCK, PYY and PP: the control of energy balance. *Handbook of Experimental Pharmacology, 209*, 209-230.
- Shorten, A. L., Wallman, K. E., & Guelfi, K. J. (2009). Acute effect of environmental temperature during exercise on subsequent energy intake in active men. *The American Journal of Clinical Nutrition, 90*(5), 1215-1221.
- Stunkard, A.J., & Messick, S. (1985). The three-factor questionnaire to measure dietary restraint, disinhibition and hunger. *Journal of Psychosomatic Research, 29*(1), 71-83.
- Swinburn, B., Sacks, G., Ravussin, E. (2009). Increased food energy supply is more than sufficient to explain the US epidemic of obesity. *American Journal of Clinical Nutrition, 90*, 1453–1456.
- Thomas, D.M., Ciesla, A., Levine, J.A., Stevens, J.G., & Martin, C.K. (2009). A mathematical model of weight change with adaptation. *Mathematical Biosciences and Engineering, 6*(4), 873–887.
- Tschop, M., Smiley, D.L., Heiman, M.L. (2000). Ghrelin induces adiposity in rodents. *Nature, 407*, 908-913.

- Turner, J.E., Markovitch, D., Betts, J.A., Thompson, D. (2010). Nonprescribed physical activity energy expenditure is maintained with structured exercise and implicates a compensatory increase in energy intake. *American Journal of Clinical Nutrition*, 92, 1009–1016.
- Van Etten, L.M., Westerterp, K.R., Verstappen, F.T., Boon, B.J., Saris, W.H. (1997) Effect of an 18-week weight-training program on energy expenditure and physical activity. *Journal of Applied Physiology*, 82, 298–304.
- Visona, C., & George, V.A. (2002). Impact of dieting status and dietary restraint on postexercise energy intake in overweight women. *Obesity Research*, 10(12), 1251-1258.
- Verger, P., Lanteaume, M. T., & Louis-Sylvestre, J. (1992). Human intake and choice of foods at intervals after exercise. *Appetite*, 18(2), 93-99.
- Verger, P., Lanteaume, M. T., & Louis-Sylvestre, J. (1994). Free food choice after acute exercise in men. *Appetite*, 22(2), 159-164.
- Willis, E.A., Herrmann, S.D., Honas, J.J., Lee, J., Donnelly, J.E., Washburn, R.A. (2014). Nonexercise energy expenditure and physical activity in the midwest exercise trial 2. *Medicine of Science Sports Exercise*, 46, 2286–2294.
- Westerterp-Plantenga, M.S., Verwegen, C.R., Ijedema, M.J., Wijckmans, N.E., & Saris, W.H. (1997). Acute effects of exercise or sauna on appetite in obese and nonobese men. *Physiology & Behavior*, 62, 1345-1354.
- World Health Organization (2015). *Fact Sheet N°311 on Obesity and Overweight*. Retrieved from <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>

Annexe 1

Approbation déontologique



Université d'Ottawa **University of Ottawa**
 Bureau d'éthique et d'intégrité de la recherche Office of Research Ethics and Integrity

Certificat d'approbation éthique
CÉR Sciences et science de la santé

Chercheur principal / Superviseur / Co-chercheur(s) / Étudiant(s)

<u>Prénom</u>	<u>Nom de famille</u>	<u>Affiliation</u>	<u>Rôle</u>
Eric	Doucet	Sciences de la santé / Activité physique	Superviseur
Heidi	Boilard	Sciences de la santé / Activité physique	Étudiant-chercheur

Numéro du dossier: H11-14-11

Type du projet: Thèse de maîtrise

Titre: L'effet de l'exercice et la restriction énergétique sur la compensation post-exercice chez les femmes adultes inactives

Date d'approbation (mm/jj/aaaa)	Date d'expiration (mm/jj/aaaa)	Approbation
12/22/2014	12/21/2015	Ia

(Ia: Approbation complète, Ib: Autorisation préliminaire de libération de fonds de recherche)

Conditions Spéciales / Commentaires:
 N/A



Université d'Ottawa **University of Ottawa**
 Bureau d'éthique et d'intégrité de la recherche Office of Research Ethics and Integrity

La présente confirme que le Comité d'éthique de la recherche (CER) de l'Université d'Ottawa identifié ci-dessus, opérant conformément à l'Énoncé de politique des Trois conseils et toutes autres lois et tous règlements applicables de l'Ontario, a examiné et approuvé la demande d'approbation éthique du projet de recherche ci-nommé. L'approbation est valide pour la durée indiquée plus haut et est sujette aux conditions énumérées dans la section intitulée "Conditions Spéciales / Commentaires".

Lors de l'étude, le protocole ne peut être modifié sans approbation préalable écrite du CER sauf si le sujet doit être retiré en raison d'un danger immédiat ou s'il s'agit d'un changement ayant trait à des éléments administratifs ou logistiques de l'étude comme par exemple un changement de numéro de téléphone. Les chercheurs doivent aviser le CER dans les plus brefs délais de tout changement pouvant augmenter le niveau de risque aux participants ou affecter considérablement le déroulement du projet. Ils devront aussi rapporter tout événement imprévu et / ou dommageable et devront soumettre toutes les nouvelles informations pouvant nuire à la conduite du projet et/ou à la sécurité des participants. Toutes modifications apportées au projet, aux lettres d'information / formulaires de consentement ainsi qu'aux documents de recrutement doivent être soumises pour approbation à ce Service en utilisant le document intitulé "Modification au projet de recherche" au: http://www.ssrp.uottawa.ca/deontologie/application_dwn_f.asp.

Veillez soumettre un rapport annuel au responsable de l'éthique de la recherche, quatre semaines avant la date d'échéance indiquée afin de fermer le dossier ou demander un renouvellement de l'approbation éthique. Le document nécessaire est disponible en ligne au: <http://www.recherche.uottawa.ca/deontologie/formulaires.html>.

Pour toutes questions, vous pouvez communiquer avec le bureau d'éthique en composant le poste 5387 ou en nous contactant par courriel à: ethique@uOttawa.ca.

Germain Zongo
 Responsable de l'éthique de la recherche
 Pour Dr. Daniel Lagarec, président du CER en Sciences de la santé et Sciences

Annexe 2

Formulaire de consentement



Université d'Ottawa • University of Ottawa

Faculté des sciences de la santé
École des sciences de l'activité physique

Faculty of Health Sciences
School of Human Kinetics

Formulaire de consentement

L'EFFET DE L'EXERCICE ET LA RESTRICTION ALIMENTAIRE SUR LA RÉCUPÉRATION POST-EXERCICE

Chercheure principale: Heïdi Boilard

Projet de thèse de maîtrise

Unité de recherche sur le comportement et le métabolisme (URMC)

École des sciences de l'activité physique Université d'Ottawa Ottawa, ON, K1N 6N5

Superviseur : Dr Éric Doucet

Unité de recherche sur le comportement et le métabolisme (URMC)

École des sciences de l'activité physique Université d'Ottawa Ottawa, ON, K1N 6N5

edoucet@uottawa.ca

Téléphone : 613-562-5800, poste 7364

1. Objectif de l'étude

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer l'effet de l'exercice et la restriction énergétique sur la récupération post-exercice et l'appétit.

2. Description de l'étude

Lors de cette étude, vous serez invitée à vous présenter au laboratoire à 5 reprises au total (1 session préliminaire et 4 sessions expérimentales). Votre première visite consistera en une séance d'information sur les différents aspects de l'étude, à donner votre consentement éclairé et à effectuer quelques mesures, si vous acceptez de participer à l'étude. Le tout devrait évaluer une durée de 3,5 heures. Ensuite, vous serez invitée à participer à deux séances expérimentales d'entraînement et deux séances expérimentales contrôles. Pour ces quatre séances, vous serez invitée à vous présenter au laboratoire le matin à 7h00 et demeurer sur les lieux pour une durée totale de 5,5 heures. La durée totale de cette étude est donc APPROXIMATIVEMENT 25,5 HEURES AU LABORATOIRE. De plus, vous serez invitée à respecter un menu personnalisé pour une période de 3 jours précédant les sessions expérimentales, et ce, à seulement 2 reprises.

A. Première visite (8h00 – 11h30)

8h00-8h10 : Arrivée au laboratoire après un jeûne de 12 heures. Le questionnaire d'évaluation de votre capacité à prendre part à une activité physique sera révisé par la chercheuse. De plus, les différents instruments qui seront utilisés lors de chaque session vous seront présentés.

8h10-9h10 : Votre métabolisme de repos sera mesuré à l'aide de la calorimétrie indirecte.

9h10-9h30 : Votre poids corporel et votre taille seront respectivement mesurés à l'aide d'une balance digitale et d'un indicateur de niveau placé sur le mur. La méthode de la DXA (Dual Energy X-ray Absorptiometry) sera utilisée afin de mesurer votre pourcentage de graisse corporelle.

9h30-9h45 : Vous serez invitée à répondre au questionnaire au sujet des habitudes alimentaires. Ce questionnaire sera disponible en français et en anglais.

9h45-10h00 : Période de repos afin de préparer le test de capacité aérobie maximale sur tapis roulant.

10h00-10h45 : Test de capacité aérobie maximale.

10h45-11h00 : Vous serez invitée à prendre une douche.

11h00-11h20 : Éducation des équivalents alimentaires pour le menu personnalisé.

11h20-11h30 : Un accéléromètre vous sera remis afin que vous le portez pendant une période de 7 jours, et ce, du réveil jusqu'au coucher. L'accéléromètre devra être retourné au laboratoire lors de la prochaine séance. Fin de la séance.

B. Sessions expérimentales (7h00-12h30)

7h00-8h00 : Arrivée au laboratoire après un jeûne de 12 heures. Votre métabolisme de repos sera mesuré. Des mesures de l'appétit au moyen d'une échelle visuelle seront également effectuées chaque 30 minute à partir de ce moment.

8h00 – 8h45 : Un petit-déjeuner standardisé que vous sélectionnerez lors de la première séance vous sera offert. Vous serez invitée à le consommer en totalité.

8h45 – 10h15 : Période de lecture et de repos. Durant cette période, vous pourrez choisir les aliments dont vous désirez consommer lors du repas expérimental.

10h15 – 11h15 : Vous serez invitée à effectuer une des deux séances d'exercice ou l'une des deux séances contrôles qui vous seront assignées de façon aléatoire. Chaque session d'exercice sera réalisée sur un tapis roulant et occasionnera la même dépense énergétique, soit 300kcal. Lors des séances contrôles vous serez invitée à lire ou relaxer.

11h15 - 11h30 : Vous serez invitée à prendre une douche.

11h30-12h00 : Un dîner vous sera offert. Vous pourrez consommer la quantité désirée du plat offert qui vous convient.

12h00 – 12h10 : Vous pourrez sélectionner, au moyen d'un menu, les aliments que vous désirez consommer pour le reste de la journée ainsi que la journée suivante.

12h30 : La nourriture vous sera remise dans des glacières pour apporter chez vous pour les 2 prochains jours. Un accéléromètre vous sera également remis afin que vous le portiez pour le restant de la journée, ainsi que la journée subséquente. Fin de la séance.

Description des mesures

Mesures anthropométriques

Votre poids sera mesuré grâce à une balance électronique et votre taille avec un ruban standardisé. Votre composition corporelle (pourcentages de tissus gras et de tissus maigres) sera analysée avec un ostéodensitomètre. Cette dernière procédure implique que vous soyez étendue sur l'appareil, vêtue d'une chemise d'hôpital et exposée à une faible dose de rayons X soit de 0,02-0,05 millirem ou l'équivalent d'une journée d'exposition au soleil.

Mesure du métabolisme de repos

Lors de chaque séance, vous serez convoquée à 7h00 (séance expérimentale) ou à 8h00 (séance préliminaire) afin de procéder à la mesure de votre métabolisme de repos. Il s'agit de la quantité de calorie brûlée au repos mesurée grâce à la calorimétrie indirecte (Deltatrac II Metabolic Monitor, Sensor Medics Corporation, Yorba Linda, CA, USA). Cette mesure se fait suite à une période de repos de 30 minutes et implique que vous soyez étendue pendant 30 minutes sans dormir et respirez normalement dans une bulle de plastique permettant la mesure des échanges gazeux.

Test de la capacité aérobie maximale

Cette mesure est utilisée comme indicateur de votre santé cardiorespiratoire. L'intensité de l'exercice sera augmentée à chaque trois minutes jusqu'à ce que vous atteigniez l'épuisement. Ce test est d'une durée moyenne de 10 à 15 minutes mais la durée totale du test (préparation, échauffement, la mesure, et le retour au calme) est d'environ une heure. Les personnes responsables mettront fin au test à tout moment si tel est votre désir. Votre consommation

d'oxygène sera mesurée par l'entremise d'un embout de caoutchouc dans lequel vous serez invitée à respirer pendant toute la durée de ce test. Vous serez également invitée à porter un pince-nez. Les risques associés à cette mesure sont la dyspnée (difficulté à respirer), la fatigue extrême et les douleurs musculaires. Quoique peu probable, des arythmies cardiaques et même un infarctus peuvent survenir lors de ce genre d'épreuve. Afin de prévenir ces situations, un électrocardiogramme sera analysé avec minutie tout au long du test et ce dernier sera arrêté si une anomalie se présente. Le matériel nécessaire pour intervenir en situation d'urgence sera disponible dans le local où aura lieu cette mesure. Le personnel de recherche qui effectuera le test sera certifié en RCR et aura la certification adéquate de la Société canadienne de physiologie de l'exercice (CSEP). De plus, un défibrillateur externe automatisé (DEA) sera présent sur les lieux de la collecte de donnée en tout temps. En dépit du fait que cette épreuve soit très intense, il est peu probable qu'une situation d'urgence se produise.

Séance d'entraînement

Lors des sessions d'exercice, vous serez invitée à vous entraîner sur un tapis roulant à une intensité élevée (70% de VO₂max- Course). La séance d'exercice se terminera lorsque la dépense énergétique cible aura été atteinte (300kcal). La fréquence cardiaque sera également mesurée tout au long de la session.

Séance contrôle (de repos)

Lors de cette session contrôle vous serez invitée à lire ou vous reposer pendant une période d'environ une heure.

Le questionnaire au sujet des habitudes alimentaires

Ce questionnaire comporte 40 questions et vous sera administré afin de mieux caractériser vos habitudes alimentaires.

Mesures d'appétit (échelle visuelle analogue)

Les mesures d'appétit seront réalisées à l'aide d'échelles visuelles analogues. Vous n'aurez qu'à indiquer à l'aide d'un trait sur une ligne l'intensité de différentes sensations reliées à l'appétit à plusieurs reprises pendant votre séjour au laboratoire. Cette évaluation sera effectuée avant et après chaque repas et ainsi qu'à toutes les 30 minutes au courant des sessions expérimentales.

Mesures de la prise alimentaire : le déjeuner standardisé

Lors de chacune des sessions expérimentales, vous recevrez un déjeuner standardisé que vous sélectionnerez lors de la première visite et que vous serez invitée à le consommer en totalité.

Mesures de la prise alimentaire : le repas expérimental

Le repas expérimental se prendra dans un local fermé et calme dans l'URMC. Vous pourrez choisir les aliments dont vous désirez consommer au repas expérimental lors de la période de repos/lecture suivant le déjeuner expérimental. Vous pourrez en consommer la quantité désirée.

Mesures de la prise alimentaire à l'extérieur du laboratoire

Avant de quitter le laboratoire, un menu contenant une cinquantaine d'items typiquement consommés pour le déjeuner, le dîner, le souper et les collations vous sera remis. Vous aurez à y inscrire les aliments que vous désirez manger pour le reste de la journée et la suivante. Une glacière contenant une portion suffisante de chacun de ces aliments vous sera ensuite préparée. Vous pourrez consommer la portion qui vous convient de chacun des items et vous serez invitée à rapporter au laboratoire tous les restes ainsi que les emballages des produits. Seuls ces aliments pourront être consommés pour la durée de l'expérimentation.

Menu personnalisé

À deux reprises, vous serez invitée à suivre un menu personnalisé pour une période de 3 jours précédant les séances expérimentales. Le menu personnalisé sera établi à partir de votre dépense énergétique totale afin de créer un déficit calorique quotidien de 25% et sera utilisé afin d'établir votre plan alimentaire lors des deux sessions comprenant un déficit énergétique. L'éducation des équivalents alimentaires, qui servira à contrôler les portions des repas, sera exécutée lors de la séance préliminaire et un rappel pourra être fait par entretien téléphonique. Le menu personnalisé sera envoyé par courriel afin d'éviter les déplacements.

Dépense énergétique liée à l'activité physique

Afin de calculer la dépense énergétique totale, la dépense énergétique liée à l'activité physique, qui comprend les activités structurées et non-structurées, sera mesurée à partir de l'accéléromètre. L'accéléromètre devra être porté pendant une période de 7 jours, et ce, du réveil jusqu'au coucher, et devra être retourné à la chercheuse principale lors de la prochaine séance au laboratoire.

3. Risques prévisibles

Les risques associés à la participation à cette étude sont peu nombreux et très faibles. Les procédures vous seront expliquées de façon détaillée avant que vous participiez à quelconque aspect de l'étude. La mesure de la composition corporelle (DXA) présente peu de risques. Il importe toutefois de souligner que cet appareil vous exposera à un minimum de radiation (0.02-0.05 millirem, ce qui est moins que l'équivalent d'une journée exposé au soleil). Les entraînements ainsi que les tests à l'effort comportent peu de risques, et il importe de souligner que ce test sera supervisé par un spécialiste de l'exercice. Suite à l'entraînement, il se peut que vous vous sentiez fatiguée et endolorie (comme après tout exercice physique à intensité modérée ou plus). En ce

qui concerne les tests à l'effort, il importe de spécifier que les responsables mettront fin au test dans le cas où ils soupçonneraient la présence d'étourdissements, de douleurs à la poitrine, d'arythmies cardiaques, ou d'infarctus. L'incidence d'infarctus est de 1 décès par 10,000 tests chez des individus n'ayant aucune histoire de maladie du cœur. Votre tension artérielle, votre fréquence cardiaque ainsi que votre respiration seront suivis de très près par le spécialiste de l'exercice lors de cette épreuve. Cette mesure sera effectuée par un membre de l'équipe de recherche certifié par la Société canadienne de physiologie d'exercice. De plus, tout le personnel du laboratoire possède une certification RCR et un défibrillateur externe automatisé (DEA) est présent en tout temps sur les lieux du test.

4. Avantages

Votre participation à cette étude vous permettra de recevoir les valeurs de votre composition corporelle ainsi que plusieurs autres mesures physiologiques, comme votre métabolisme de repos ainsi que votre consommation maximale d'oxygène. Vous obtiendrez aussi de l'information quant à votre fréquence cardiaque.

5. Inconvénient

Votre investissement complet à cette étude peut être un inconvénient considérant que votre participation en laboratoire représentera en moyenne 25,5 heures. Toutefois, vous pouvez vous retirer de l'étude à tout moment puisque vos intérêts vont prévaloir sur les objectifs de l'étude.

5. Compensation

Aucune compensation monétaire n'est prévue pour cette expérimentation. Toutefois, vous serez remboursé pour les frais de déplacement au laboratoire.

6. Confidentialité et anonymat

Afin de garantir votre confidentialité et votre anonymat, toutes les précautions et mesures nécessaires seront suivies afin d'assurer que vos résultats et votre information personnelle seront gardés sous la confidentialité la plus sévère.

- Les seules personnes qui auront accès à vos données seront la chercheuse principale (Heïdi Boilard) et son superviseur de recherche (Éric Doucet).

-Votre nom n'apparaîtra dans aucun rapport. Un code numérique sera utilisé pour vous identifier dans tous les documents de recherche.

-Si les résultats sont utilisés pour des analyses subséquentes, seul votre code numérique apparaîtra sur les documents de recherche et une demande sera faite au comité de déontologie.

-Tous les matériaux et l'information auxquels vous pourriez être associés ne seront pas disponibles au public, et seront gardés dans la confidentialité la plus sévère, sauf dans les cas requis par la loi.

-Les données recueillies seront gardées dans un dossier sous clé dans une pièce à accès limité qui sera également verrouillée. Enfin, l'accès au laboratoire est également limité par des portes avec code d'accès. Tous les documents sur ordinateur seront protégés par un mot de passe.

-Les données seront détruites 5 ans après la publication des résultats.

7. Participation volontaire

Vous avez le choix de refuser de participer à cette étude. Si vous choisissez de participer, vous pouvez vous retirer de l'étude en tout temps. À tout moment lors de cette étude, les intérêts des participants vont prévaloir sur les objectifs de l'étude.

Toute question au sujet de vos droits en tant que participant peut être adressées au :

Responsable de la déontologie en recherche,
Université d'Ottawa, 550 rue Cumberland, Pavillon Tabaret, salle 154
Ottawa, Ontario, K1N 6N5;
Tél. : 613-562-5387
Courrier électronique : ethics@uottawa.ca

Advenant des questions au sujet de la conduite du projet de recherche, vous pouvez contacter la responsable du projet de recherche, Heidi Boilard.

Il y a deux copies du formulaire de consentement dont une que vous pouvez garder.

Dans l'éventualité où vous décideriez de vous retirer du projet avant la fin, accepteriez-vous que les données qui ont été recueillies jusque-là soient tout de même utilisées lors de l'analyse des résultats ?

Oui

Non

Il se peut que les résultats obtenus dans cette étude donnent lieu à d'autres recherches. Dans cette éventualité, autorisez-vous la chercheuse principale de ce projet à vous contacter pour vous demander si vous seriez intéressé(e) à participer à une nouvelle recherche ?

Oui

Non

Je suis invitée à participer à cette étude concernant l'effet de l'exercice et la restriction énergétique sur la récupération post-exercice. Je, _____, consens à participer à l'étude mentionnée ci-haut. Ce projet sera dirigé par Heidi Boilard (candidate à la maîtrise).

Notez que vous êtes invitée à amener le formulaire de consentement à la maison afin de discuter de l'étude avec vos proches ainsi que votre médecin.

SIGNATURE DU PARTICIPANT :

Je consens à participer à cette étude,

Signature

Date: _____

SIGNATURE DU CHERCHEUR :

Heidi Boilard
École des sciences de l'activité physique
Université d'Ottawa
Ottawa, Ontario
Canada
K1N 6N5

Date: _____

Annexe 3

Questionnaire sur l'aptitude à l'activité physique

Q-AAP et VOUS

(Un questionnaire pour les gens de 15 à 69 ans)

L'exercice physique pratiqué d'une façon régulière constitue une occupation de loisir saine et agréable. D'ailleurs, de plus en plus de gens pratiquent une activité physique de façon régulière. Règle générale, augmenter la pratique sportive n'entraîne pas de risques de santé majeurs. Dans certains cas, il est cependant conseillé de passer un examen médical avant d'entreprendre un programme régulier d'activités physiques. Le Q-AAP (questionnaire sur l'aptitude à l'activité physique) vise à mieux cerner les personnes pour qui un examen médical est recommandé.

Si vous prévoyez modifier vos habitudes de vie pour devenir un peu plus actif(ve), commencez par répondre aux 7 questions qui suivent. Si vous êtes âgé(e) de 15 à 69 ans, le Q-AAP vous indiquera si vous devez ou non consulter un médecin avant d'entreprendre votre nouveau programme d'activités. Si vous avez plus de 69 ans et ne participez pas d'une façon régulière à des activités physiques exigeantes, vous devez consulter votre médecin avant d'entreprendre ces activités.

Lisez attentivement et répondez honnêtement à chacune des questions suivantes. Le simple bon sens sera votre meilleur guide pour répondre correctement à ces questions. 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 et que vous ne devriez pas 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 participez 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 une autre raison pour laquelle vous ne devriez pas faire de l'activité physique?

Si vous avez répondu

OUI à une ou plusieurs questions

Consultez votre médecin AVANT d'augmenter votre niveau de participation à une activité physique et AVANT de faire évaluer votre condition physique. Dites à votre médecin que vous avez complété le questionnaire sur l'aptitude à l'activité physique et expliquez-lui précisément à quelles questions vous avez répondu «OUI».

- Il se peut que vous n'ayez aucune contre-indication à l'activité physique dans la mesure où vous y allez lentement et progressivement. Par ailleurs, il est possible que vous ne puissiez faire que certains types d'efforts adaptés à votre état de santé. Indiquez à votre médecin le type d'activité physique que vous comptez faire et suivez ses recommandations.
- Informez-vous quant aux programmes d'activités spécialisés les mieux adaptés à vos besoins, offerts dans votre localité.

NON à toutes ces questions

Si, en toute honnêteté, vous avez répondu «NON» à toutes les questions du Q-AAP, vous êtes dans une certaine mesure, assuré(e) que :

- vous pouvez augmenter votre pratique régulière d'activités physiques en commençant lentement et en augmentant progressivement l'intensité des activités pratiquées. C'est le moyen le plus simple et le plus sécuritaire d'y arriver.
- vous pouvez faire évaluer votre condition physique. C'est le meilleur moyen de connaître votre niveau de condition physique de base afin de mieux planifier votre participation à un programme d'activités physiques.

REMETTRE À PLUS TARD L'AUGMENTATION DE VOTRE PARTICIPATION ACTIVE :

- si vous souffrez présentement de fièvre, d'une grippe ou d'une autre affection passagère, attendez d'être remis(e) ; ou
- si vous êtes enceinte ou croyez l'être, consultez votre médecin avant de modifier votre niveau de pratique sportive régulière.

Veillez noter que si votre état de santé se trouve modifié de sorte que vous deviez répondre «OUI» à l'une ou l'autre des questions précédentes, consultez un professionnel de la santé ou de la condition physique, afin de déterminer s'il vous faut modifier votre programme d'activités.

Formulaire de consentement du Q-AAP : La Société canadienne de physiologie de l'exercice, Santé Canada et ses représentants n'assument aucune responsabilité vis-à-vis des accidents qui pourraient survenir lors de l'activité physique. Si, après avoir complété le questionnaire ci-dessus, un doute persiste quant à votre aptitude à faire une activité physique, consultez votre médecin avant de vous y engager.

Toute modification est interdite. Nous vous encourageons à copier le Q-AAP dans sa totalité.

Dans la mesure où le Q-AAP est administré avant que la personne ne s'engage dans un programme d'activités ou qu'elle fasse évaluer sa condition physique, la section suivante constitue un document ayant une valeur légale et administrative.

«Je soussigné(e) affirme avoir lu, compris et complété le questionnaire et avoir reçu une réponse satisfaisante à chacune de mes questions.»

NOM _____

SIGNATURE _____

DATE _____

SIGNATURE D'UN PARENT
ou TUTEUR (pour les mineurs) _____

TITRE _____

N.B. — Cette autorisation de faire de l'activité physique est valide pour une période maximale de 12 mois à compter du moment où le questionnaire est rempli. Elle n'est plus valide si votre état de santé change de telle sorte que vous répondez «OUI» à l'une des sept questions.



Annexe 4

Questionnaire au sujet des habitudes alimentaires

Questionnaire au sujet des habitudes alimentaires de Stunkard & Mesick (3-Factor Eating Questionnaire)

1. Questions générales sur vos habitudes alimentaires (V=Vrai ; F=Faux) :

	V	F
a. Lorsque je vois un steak grésillant ou un plat de viande juteuse, j'ai beaucoup de difficulté à me retenir de manger, même si je viens juste de terminer un repas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Habituellement, je mange trop lors des rencontres à caractère social, comme les fêtes ou les pique-niques.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Habituellement, j'ai tellement faim que je mange plus de trois repas par jour.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Lorsque j'ai atteint mon quota de calories, je réussis habituellement à ne pas manger davantage.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. J'ai énormément de difficulté à suivre un régime, car je deviens tout simplement trop affamée.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Pour contrôler mon poids, je prends délibérément de petites portions.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. Parfois, les aliments sont tellement délicieux que je continue de manger même si je n'ai plus faim.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. Comme j'ai souvent faim, je souhaiterais parfois que, quand je mange, un expert me dise que j'ai assez mangé ou que je peux encore manger.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i. Lorsque je me sens anxieuse, je mange.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j. La vie est trop courte pour se préoccuper de suivre un régime.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
k. Comme mon poids fluctue, j'ai suivi plus d'un régime amaigrissant.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
l. Il m'arrive souvent d'avoir tellement faim, qu'il faille absolument que je mange.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
m. Habituellement, quand je suis avec quelqu'un qui mange trop, je mange trop également.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
n. J'ai une assez bonne idée du nombre de calories contenues dans les aliments courants.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o. Parfois, lorsque je commence à manger, il semble que je sois tout simplement incapable de m'arrêter.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
p. Je n'ai pas de difficulté à laisser des aliments dans mon assiette.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
q. À certains moments de la journée, je sens venir la faim, car j'ai simplement pris l'habitude de manger à ces moments-là.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
r. Lorsque je suis un régime, si je mange des aliments interdits, je réduis alors délibérément la quantité de nourriture que je mange pendant un certain temps pour me reprendre.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
s. Le fait d'être en compagnie de quelqu'un qui mange souvent m'incite à manger également.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
t. Lorsque je me sens triste, j'ai souvent tendance à trop manger.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
u. J'aime tellement manger que je ne veux pas gâcher ce plaisir en comptant des calories ou en surveillant mon poids.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	V	F
v. Lorsque je vois de vrais délices, je deviens tellement affamée que je dois immédiatement manger.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
w. Afin de limiter la quantité de nourriture, je m'arrête souvent de manger même si je ne suis pas entièrement rassasiée.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
x. Il m'arrive d'avoir tellement faim que mon estomac semble souvent être un gouffre sans fond.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
y. Mon poids a à peine changé au cours des dix dernières années.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
z. J'ai toujours faim de sorte qu'il m'est difficile d'arrêter de manger avant d'avoir terminé mon assiette.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
aa. Lorsque je me sens seule, je me console en mangeant.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ab. Pour ne pas prendre de poids, je me retiens volontairement de ne pas trop manger aux repas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ac. Il m'arrive parfois d'avoir faim tard le soir ou durant la nuit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ad. Je mange tout ce que je veux, quand je veux.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ae. Sans même y porter attention, je prends beaucoup de temps pour manger.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
af. Pour contrôler mon poids, je compte délibérément les calories.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ag. Je ne mange pas certains aliments, car ils me font engraisser.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ah. Peu importe le moment, j'ai toujours assez faim pour manger.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ai. Je porte beaucoup d'attention aux changements de ma silhouette.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
aj. Lorsque je suis au régime, si je mange un aliment interdit, je me laisse alors énormément aller et je mange d'autres aliments contenant beaucoup de calories.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Questions générales relatives aux régimes :

a. À quelle fréquence suivez-vous un régime dans le cadre d'un effort conscient visant à contrôler votre poids?

- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| rarement | parfois | habituellement | toujours |

b. Est-ce qu'une variation de poids de cinq livres a des répercussions sur votre façon de vivre?

- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| pas du tout | un peu | modérément | beaucoup |

c. À quelle fréquence ressentez-vous la faim?

- | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 |
| seulement
aux repas | parfois
entre les repas | souvent
entre les repas | presque
toujours |

d. Est-ce le fait de vous sentir coupable de trop manger vous aide à contrôler votre apport alimentaire?

- | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 |
| jamais | rarement | souvent | toujours |

e. Trouveriez-vous difficile de cesser de manger au milieu d'un repas et de ne pas manger pendant les 4 heures suivantes?

- | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 |
| facile | un peu
difficile | modérément
difficile | très
difficile |

f. Êtes-vous consciente de ce que vous mangez?

- | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 |
| pas du tout | un peu | modérément | extrêmement |

g. À quelle fréquence évitez-vous de vous de faire des réserves d'aliments tentants?

- | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 |
| presque
jamais | rarement | la plupart
du temps | presque
toujours |

h. À quel point est-il probable que vous magasiniez pour des aliments à faible teneur en calories?

- | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 |
| improbable | peu
probable | modérément
probable | très
probable |

i. Avez-vous l'habitude de manger de manière raisonnable en présence d'autres personnes mais de ne pas vous retenir lorsque vous êtes seule?

<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
jamais	rarement	souvent	toujours

j. Dans quelle mesure mangez-vous consciemment lentement afin de réduire la quantité d'aliments que vous mangez?

<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
improbable	peu	modérément	très
	probable	probable	probable

k. À quelle fréquence vous passez-vous de dessert parce que vous n'avez plus faim?

<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
presque jamais	rarement	au moins une fois par semaine	presque chaque jours

l. À quel point êtes-vous susceptible de choisir volontairement de manger moins que ce que vous ne le voudriez?

<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
improbable	peu	modérément	très
	probable	probable	probable

m. Est-ce que vous vous « empiffrez » même si vous n'avez pas faim?

<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
jamais	rarement	parfois	au moins une fois par semaine

n. Sur une échelle de 0 à 5, dans laquelle « 0 » signifie que vous ne vous restreignez pas de manger (c.-à-d. manger ce que vous voulez, quand vous le voulez) et où « 5 » représente le fait que vous vous restreignez sans cesse (c.-à-d. que vous limitez toujours l'apport alimentaire sans jamais « vous laissez aller »), quel chiffre vous accorderiez-vous? Cochez seulement une réponse.

- 0 Manger ce que vous voulez quand vous le voulez.
- 1 Manger habituellement ce que vous voulez quand vous le voulez.
- 2 Manger souvent ce que vous voulez quand vous le voulez.
- 3 Limiter souvent l'apport alimentaire mais vous « laissez aller » souvent.
- 4 Limiter habituellement l'apport alimentaire mais vous vous « laissez aller » rarement.
- 5 Limiter constamment l'apport alimentaire sans jamais vous « laissez aller ».

o. Dans quelle mesure la phrase suivante décrit-elle vos comportements alimentaires? « Le matin, je respecte mon régime, mais compte tenu des différentes choses qui se passent dans la journée, une fois le soir arrivé, je laisse tomber et je mange ce que je veux, en me promettant de me remettre au régime le lendemain. »

- | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 |
| ça | c'est | c'est une | c'est |
| ne me | un peu | assez bonne | exactement |
| ressemble | comme moi | description | moi |
| pas du tout | | de moi | |

Annexe 5

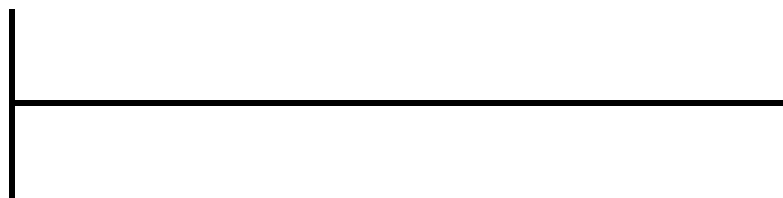
Échelles visuelles analogues

Échelle Visuelle Analogue (100 mm)

Désir de manger

Consigne	S.V.P quantifiez votre sensation pour l'aspect mentionné ci-dessous. Considérez la ligne comme étant les écarts extrêmes de votre sensation. Tracez un trait vertical sur cette ligne au niveau qui représente le mieux votre sensation à ce moment précis.
-----------------	---

1. Dans quelle mesure avez-vous envie de manger?



Envie très faible

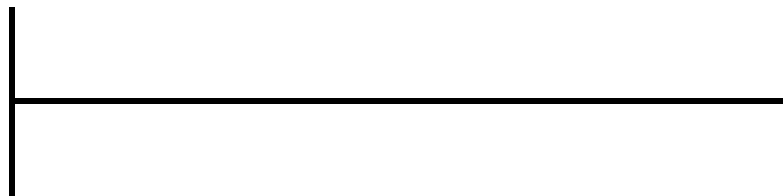
Envie très forte

Échelle Visuelle Analogue (100 mm)

Faim

Consigne	S.V.P quantifiez votre sensation pour l'aspect mentionné ci-dessous. Considérez la ligne comme étant les écarts extrêmes de votre sensation. Tracez un trait vertical sur cette ligne au niveau qui représente le mieux votre sensation à ce moment précis.
-----------------	---

2. Dans quelle mesure avez-vous l'impression d'avoir faim?



Envie très faible

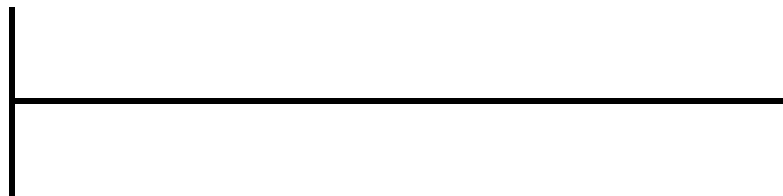
Envie très forte

Échelle Visuelle Analogue (100 mm)

Satiété

Consigne	S.V.P quantifiez votre sensation pour l'aspect mentionné ci-dessous. Considérez la ligne comme étant les écarts extrêmes de votre sensation. Tracez un trait vertical sur cette ligne au niveau qui représente le mieux votre sensation à ce moment précis.
-----------------	---

3. À quel point vous-sentez-vous rempli?



Pas rempli du tout

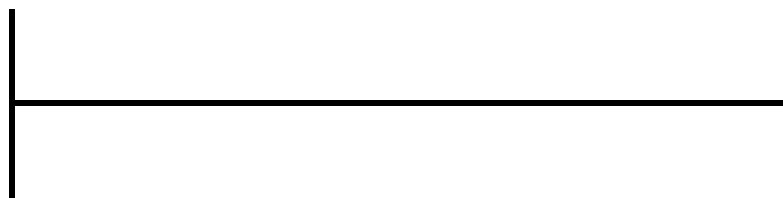
Très rempli

Échelle Visuelle Analogue (100 mm)

Quantité de nourriture anticipée

Consigne	S.V.P quantifiez votre sensation pour l'aspect mentionné ci-dessous. Considérez la ligne comme étant les écarts extrêmes de votre sensation. Tracez un trait vertical sur cette ligne au niveau qui représente le mieux votre sensation à ce moment précis.
-----------------	---

4. Quelle quantité de nourriture pourriez-vous manger immédiatement?



Absolument rien

Une grande quantité

Annexe 6

Menu pour la prise alimentaire

Menu alimentaire - Diner

- Bagel Nature
- Bagel Blé Entier
- Pain Blanc
- Pain Blé

- Orange
- Pomme
- Banane
- Compote aux pommes

- Raisin Bran
- Corn Flakes
- Croque Nature
- Cheerios Miel et Noix

- Barre Tendre Val Nature
- Barre Tendre Enrobées de Chocolat avec Pépites de Chocolat (Chewy Quaker)
- Barre Tendre aux Fraises Nutri-Grain

- Jus de Pomme Tropicana
- Jus d'Orange Tropicana
- 7up

- Skittle
- Kit Kat
- Caramilk
- Chocolat Hershey aux Amandes
- Chocolat Noir 70% (Lindt)
- Biscuits avec Pépites de Chocolat

- Croustille Nature Lays
- Croustille BBQ Lays

- Eau
- Lait 1%
- Lait 2%
- Lait au Chocolat

- Beurre
- Yogourt 0% Silhouette
- Yogourt 1.5% Danone

- Piment Rouge
- Bébé Carotte
- Concombre
- Trempette au Ranch

- Fromage cheddar
- Fromage Mozzarella en tranche

- Biscuit Breton Original
- Craquelins aux Riz Original

- Pizza aux Trois Fromages
- Lasagne à la Viande
- Cannelloni aux Trois Fromages
- Poulet Grillé Marinara
- Poulet Sucré Sésame
- Bœuf Teriyaki

- Soupe aux Légumes
- Soupe Poulet Nouille
- Soupe aux Bœufs et Légumes

- Beurre d'Arachide Crémeux
- Fromage à la Crème
- Confiture aux Fraises

- Moutarde
- Mayonnaise
- Ketchup

Menu alimentaire - Jour 1

- Bagel Nature
 - Bagel Blé Entier
 - Pain Blanc
 - Pain Blé

 - Orange
 - Pomme
 - Banane
 - Compote aux pommes

 - Raisin Bran
 - Corn Flakes
 - Croque Nature
 - Cheerios Miel et Noix

 - Barre Tendre Val Nature
 - Barre Tendre Enrobées de Chocolat avec Pépites de Chocolat (Chewy Quaker)
 - Barre Tendre aux Fraises Nutri-Grain

 - Jus de Pomme Tropicana
 - Jus d'Orange Tropicana
 - 7up

 - Skittle
 - Kit Kat
 - Caramilk
 - Chocolat Hershey aux Amandes
 - Chocolat Noir 70% (Lindt)
 - Biscuits avec Pépites de Chocolat

 - Croustille Nature Lays
 - Croustille BBQ Lays
- Eau
 - Lait 1%
 - Lait 2%
 - Lait au Chocolat

 - Beurre
 - Yogourt 0% Silhouette
 - Yogourt 1.5% Danone

 - Piment Rouge
 - Bébé Carotte
 - Concombre
 - Tremlette au Ranch

 - Fromage cheddar
 - Fromage Mozzarella en tranche

 - Biscuit Breton Original
 - Craquelins aux Riz Original

 - Pizza aux Trois Fromages
 - Lasagne à la Viande
 - Cannelloni aux Trois Fromages
 - Poulet Grillé Marinara
 - Poulet Sucré Sésame
 - Bœuf Teriyaki

 - Soupe aux Légumes
 - Soupe Poulet Nouille
 - Soupe aux Bœufs et Légumes

 - Beurre d'Arachide Crémeux
 - Fromage à la Crème
 - Confiture aux Fraises

 - Moutarde
 - Mayonnaise
 - Ketchup

Menu alimentaire - Jour 2

- Bagel Nature
 - Bagel Blé Entier
 - Pain Blanc
 - Pain Blé

 - Orange
 - Pomme
 - Banane
 - Compote aux pommes

 - Raisin Bran
 - Corn Flakes
 - Croque Nature
 - Cheerios Miel et Noix

 - Barre Tendre Val Nature
 - Barre Tendre Enrobées de Chocolat avec Pépites de Chocolat (Chewy Quaker)
 - Barre Tendre aux Fraises Nutri-Grain

 - Jus de Pomme Tropicana
 - Jus d'Orange Tropicana
 - 7up

 - Skittle
 - Kit Kat
 - Caramilk
 - Chocolat Hershey aux Amandes
 - Chocolat Noir 70% (Lindt)
 - Biscuits avec Pépites de Chocolat

 - Croustille Nature Lays
 - Croustille BBQ Lays
- Eau
 - Lait 1%
 - Lait 2%
 - Lait au Chocolat

 - Beurre
 - Yogourt 0% Silhouette
 - Yogourt 1.5% Danone

 - Piment Rouge
 - Bébé Carotte
 - Concombre
 - Trempeur au Ranch

 - Fromage cheddar
 - Fromage Mozzarella en tranche

 - Biscuit Breton Original
 - Craquelins aux Riz Original

 - Pizza aux Trois Fromages
 - Lasagne à la Viande
 - Cannelloni aux Trois Fromages
 - Poulet Grillé Marinara
 - Poulet Sucré Sésame
 - Bœuf Teriyaki

 - Soupe aux Légumes
 - Soupe Poulet Nouille
 - Soupe aux Bœufs et Légumes

 - Beurre d'Arachide Crémeux
 - Fromage à la Crème
 - Confiture aux Fraises

 - Moutarde
 - Mayonnaise
 - Ketchup

Annexe 7

Menu pour le déjeuner standard

Menu du déjeuner

Aliments	
Bagel nature	
Bagel à blé entier	
Pain blanc	
Pain à blé entier	
Orange	
Pomme	
Banane	
Jus de pomme	
Jus d'orange	
Eau	
Lait 1%	
Lait 2%	
Lait au chocolat	
Beurre	
Fromage cheddar	
Beurre d'arachides crémeux	
Fromage à la crème	
Confiture aux fraises	

Annexe 8

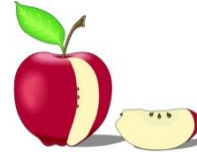
Plan alimentaire pour la restriction énergétique

*Plan
alimentai
re*

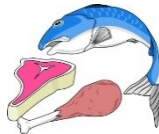
Code du participant : REPAS-XX

Plan alimentaire

**École des sciences de l'activité physique
Université d'Ottawa
Ottawa, Ontario
K1N 6N5**



**ÉQUIVALENTS
ALIMENTAIRES**



- ✓ ***Les pages suivantes présentent les quantités d'aliments correspondant à l'équivalent pour chaque groupe d'aliments.***

Votre prescription personnalisée :

- ✓ ***Vous trouverez au début de chaque groupe alimentaire le nombre d'équivalents que vous devez consommer chaque jour pour atteindre vos objectifs.***

Pour vous aider ...

à manger sainement!

Équivalents recommandés par jour :

- 5 ✂ Produits céréaliers : □□□□□□□□□□□□□□
- 8 ✂ Légumes : □□□□□□□□□□□□□□
- 3 ✂ Fruits : □□□□□□□□□□□□□□
- 2 ✂ Produits laitiers : □□□□□□□□□□□□□□
- 4 ✂ Viande et substituts : □□□□□□□□□□□□□□
- 7 ✂ Gras : □□□□□□□□□□□□□□
- 1 ✂ Autres aliments : □□□□□□□□□□□□□□

Consigne : À chaque repas, remplir le nombre de carreaux correspondant au nombre d'équivalents consommés et comparer votre profil quotidien avec celui de votre plan alimentaire personnalisé.

Équivalents	Date : _____	Date : _____
Pr.Céréaliers	□□□□□□□□□□□□□□	□□□□□□□□□□□□□□
Légumes :	□□□□□□□□□□□□□□	□□□□□□□□□□□□□□
Fruits :	□□□□□□□□□□□□□□	□□□□□□□□□□□□□□
Pr. Laitiers :	□□□□□□□□□□□□□□	□□□□□□□□□□□□□□
Viandes :	□□□□□□□□□□□□□□	□□□□□□□□□□□□□□
Gras :	□□□□□□□□□□□□□□	□□□□□□□□□□□□□□
Autres alim :	□□□□□□□□□□□□□□	□□□□□□□□□□□□□□

Équivalents	Date : _____
Pr.Céréaliers	□□□□□□□□□□□□□□
Légumes :	□□□□□□□□□□□□□□
Fruits :	□□□□□□□□□□□□□□
Pr. Laitiers :	□□□□□□□□□□□□□□
Viandes :	□□□□□□□□□□□□□□
Gras :	□□□□□□□□□□□□□□
Autres alim :	□□□□□□□□□□□□□□

Produits céréaliers



équivalents/jour



Biscottes et amuse-gueules

- Biscottes, Ryvita, Wasa.....2
- Biscuits soda.....7
- Bretzels salés.....35 bâtons/6 torsades
- Galettes de riz Quaker (nature, cheddar).....2
- Maïs soufflé éclaté, nature.....750 ml
- Pains bâtons Grissol.....3 bâtons
- Petits pains grillés (toasts suédois).....2
- Toasts Melba rectangulaires.....4

Pour ces choix, calculer en plus 1 échange de matières grasses

- Biscuits Ritz.....8
- Craquelins Breton original.....5

Céréales à déjeuner

- All-Bran original (Kellogg's).....125 ml
- All-Bran Buds avec psyllium (Kellogg's).....125 ml
- All-Bran Flakes (Kellogg's).....175 ml
- Blé soufflé (Quaker).....375 ml
- Cheerios (General Mills)
nature, grains entiers et multigrain.....175 ml
- Corn Flakes (Kellogg's).....175 ml
- Crème de blé (Kraft).....1 sachet
- Fibre 1 (General Mills).....175 ml
- Germe de blé (Quaker).....75 ml
- Gruau instantané, aromatisé.....1 sachet
- Gruau nature, avant cuisson.....75 ml
- Guardian (Kellogg's).....175 ml
- Mini-Wheats (Kellogg's).....10 biscuits
- Raisin Bran (Kellogg's).....75 ml
- Rice Krispies (Kellogg's).....150 ml
- Shredded Wheat, blé filamenté (Post).....1 biscuit
- Shredded Wheat'n Bran original Spoon Size (Post).....125 ml
- Shreddies (Post).....125 ml
- Son d'avoine, céréale chaude (Quaker) – avant cuisson.....75 ml
- Spécial K (Kellogg's).....175 ml
- Spécial K (Kellogg's) – Baies rouges.....125 ml
- Squares à l'avoine (Quaker).....75 ml
- Squares au son de maïs (Quaker).....175 ml
- Weetabix.....1 biscuit

Pour ce choix, calculer en plus 1 échange de matières grasses

- Céréales Croque-Nature original (Quaker).....75 ml

Légumes

- Banane plantain.....1/4 fruit ou 75 ml
- Courges d'hiver en cubes, cuites.....250 ml
- Igname (Yam).....125 ml
- Maïs
 - en épi.....1/2 épi
 - en crème.....75 ml

- en grains.....	125 ml
▪ Panais.....	175 ml
▪ Patate douce en purée.....	60 ml
▪ Pois verts.....	250 ml
▪ Pomme de terre – bouillie ou au four.....	1 petite
▪ Pomme de terre – en purée.....	125 ml
Pour ce choix, calculer en plus 1 échange de matières grasses	
▪ Frites.....	10 moyennes
Pour ce choix, calculer en plus 2 échanges de matières grasses	
▪ Croustilles.....	15
Légumineuses	
Pour ces choix, calculer en plus 1 échange de viandes et substituts	
▪ Haricots (blancs, mungo, noirs, pinto, rouges), lentilles – cuits	125 ml
▪ Pois chiches - cuits.....	75 ml
▪ Soupe aux pois.....	250 ml
Pour ce choix, calculer en plus 1 échange de viandes et substituts + 3 échanges de matières grasses	
▪ Humus.....	125 ml
Pains	
▪ Bagel (90g).....	1/3
▪ Chapelure.....	45 ml
▪ Croûtons nature.....	125 ml
▪ Muffin anglais, pain hot-dog et hamburger, pain pita (18 cm diamètre)	1/2
▪ Pain blanc, pain blanc enrichi de fibres, de blé entier, multigrain, de seigle, aux raisins.....	1 tranche (30 g)
▪ Pain léger (ex. : Weight Watchers).....	2 tranches
▪ Pain français (baguette).....	1 tranche de 5 cm (30 g)
▪ Petit pain à salade.....	1 (30 g)
▪ Tortilla de maïs ou de blé (18 cm diamètre).....	1
Pour ces choix, calculer en plus 1 échange de matières grasses	
▪ Croissant.....	1/2 moyen (30 g)
▪ Taco (coquille de 13 cm diamètre).....	2
Pâtes alimentaires et autres céréales cuites	
▪ Boulghour, quinoa - cuit.....	125 ml
▪ Couscous, millet, orge et riz - cuit.....	75 ml
▪ Pâtes alimentaires blanches ou blé entier (macaroni, spaghetti, etc.) – cuites.....	75 ml
Pour ce choix, calculer en plus 1 échange de matières grasses	
▪ Nouilles chinoises – cuites.....	125 ml
Soupes	
▪ Soupe aux nouilles, au riz ou contenant tout autre féculent	250 ml
▪ Crème de tomate en conserve, préparée avec une quantité égale de lait	150 ml
▪ Crème en sachet, préparée avec du lait (asperges, chou-fleur, poireau)	375 ml
Pour ces choix, calculer en plus 1 à 2 échanges de matières grasses	
▪ Crème de céleri ou crème de champignons en conserve, préparée avec une quantité égale de	

lait.....250 ml

Produits dérivés à base de farine

- Crêpe mince (10 cm diamètre).....1/2
- Croûte à pizza (30 cm diamètre, 2cm d'épaisseur).....1/12 (35 g)

Pour ce choix, calculer en plus 1 échange de matières grasses

- Gaufre (10 cm diamètre).....1

Pour ces choix, calculer en plus 2 échanges de matières grasses

- Croûte à tarte (23 cm diamètre)
 - double (fond et dessus).....1/8 tarte (40 g)
 - simple (fond ou dessus seulement).....1/4 tarte (40 g)

Fruits



équivalents/jour



Fruits

- Abricots (frais ou séchés).....4
- Ananas
 - frais.....2 tranches
 - en conserve.....125 ml
- Banane.....1/2 grosse ou 12 cm
- Bleuets.....175 ml
- Canneberges fraîches.....500 ml
- Cantaloup.....1/3 melon ou 250 ml
- Caramboles, fruit étoile.....3
- Cerises.....15
- Clémentines.....2
- Compote de fruits sans sucre ajouté.....125 ml
- Dattes séchées.....3
- Figs.....1 grosse ou 2 petites
- Fraises entières.....500 ml
- Framboises.....375 ml
- Groseilles.....375 ml
- Kaki (plaquemine).....2
- Kiwi.....2 petits
- Litchis.....10
- Mangue.....1/2 moyenne
- Melon d'eau.....1/2 tranche de 2,5 cm d'épaisseur
- Melon miel.....1/8 melon ou 250 ml
- Mûres.....250 ml
- Nectarine.....1
- Orange.....1
- Pamplemousse rose ou blanc.....1 petit ou 1/2 gros
- Papaye.....1 petite ou 1/2 grosse
- Pêche
 - fraîche.....1 grosse
 - en conserve.....125 ml
- Poire
 - fraîche.....1 petite
 - en conserve.....125 ml
- Pomme
 - fraîche.....1 moyenne
 - compote, non sucrée.....125 ml

- Pruneaux.....3 moyens
- Prunes
 - fraîches.....2 moyennes
 - en conserve.....4
- Raisins
 - frais.....15 gros
 - secs.....30 ml
- Rhubarbe.....à volonté
- Tangerine, mandarine
 - fraîche.....1 grosse
- Mandarines en conserve dans un sirop léger.....75 ml

Jus de fruits 100% purs, non additionnés de sucre

- Jus d’ananas, d’orange, de pamplemousse, de pomme ou mélange de ces jus
.....125 ml
- Jus de pruneaux, de raisin.....75 ml
- Mélange de jus à 100% aux canneberges.....100 ml
- Nectar de pêche et de poire.....125 ml

Légumes

équivalents/jour



- Légumes frais, surgelés, en conserve ou jus de légumes..125 ml
- Légumes feuillus crus.....250 ml
- Légumes feuillus cuits.....125 ml

Produits laitiers

équivalents/jour

- Kéfir nature.....325 ml
- Lait : écrémé et 1% M.G.....250 ml
- Lait concentré non-sucré (Carnation).....125 ml
- Lait en poudre.....60 ml
- Yogourt nature (2% M.G. ou moins).....175 ml (175 g)

Pour ce choix, calculer en plus 1 échange de matières grasses

- Lait 2% M.G.....250 ml

Pour ce choix, calculer en plus 2 échanges de matières grasses

- Lait entier 3,25% M.G.....250 ml

Produits dérivés à base de lait

- Boisson au yogourt
 - Danactive.....1 contenant de 94 ml
 - Danino Go.....1 contenant de 93 ml
 - Yop.....1/2 contenant de 200 ml
- Fromage frais
 - Minigo, Danino DHA/ADH.....1 contenant de 100 g
- Kéfir aux fruits.....125 ml
- Yogourt
 - Aux fruits ou aromatisés sans gras et sans sucre ajouté
(Source, Silhouette).....2 contenants de 100 g
 - Aux fruits ou aromatisé (ex. : vanille, café.....).....100 ml (100 g)

- En tube (Yoplait).....1 ½ contenant de 60 g



Viandes et substituts **équivalents/jour**

Viandes et volailles cuites sans gras

- Agneau.....30 g
- Bacon de dos.....30 g
- Bœuf très maigre et maigre (côtes croisées, côte d'ailoyau, filet, contre-filet,faux-filet, flanc, surlonge, ronde).....30 g
- Charcuteries : jambon à l'ancienne, noix de ronde fumée, poitrine de dinde fumée.....30 g
- Chevreuil, orignal.....30 g
- Dinde (sans peau, brun ou blanc).....30 g
- Jambon maigre.....30 g
- Lapin.....30 g
- Porc (intérieur de ronde désossé, milieu de longe, filet...30 g
- Poulet (sans la peau).....30 g
- Veau et veau haché maigre.....30 g
- Viande chevaline.....30 g

Abats cuits sans gras

- Cœur, foie de bœuf, foie de poulet, ris de veau, rognons30 g

Poissons et fruits de mer

- Frais ou congelés, cuits sans gras :
 - Crabe des neiges.....75 ml
 - Crevettes.....6 grosses ou 10 moyennes
 - Escargots.....50 g
 - Homard.....60 ml
 - Huîtres.....5 moyennes
 - Moules.....10 petites
 - Palourdes.....3 grosses
 - Pétoncles.....2 gros
 - Poissons variés (saumon, truite, arc-en-ciel, sole....30 g
- En conserve, égoutté :
 - Thon, saumon (dans l'eau).....60 ml (30 g)
 - Sardines, dans l'huile, avec arêtes.....30 g

Fromages

- Cottage (2% M.G. ou moins).....75 ml
- Fromage fondu en tranche Lactancia léger, Kraft sans gras2 tranches
- Quark.....60 ml (60 g)

Légumineuses

Pour ces choix, calculer en plus 1 échange de féculents

- Haricots (blancs, noirs, rouges, mungo, pinto, lentilles) – cuits125 ml
- Pois chiches – cuits.....75 ml

Abats cuits sans gras

- Foie de veau.....30 g
- Langue de bœuf et de porc.....30 g

Bœuf haché maigre ou extra maigre cuit sans gras....30 g**Cretons de veau maigre.....45 ml (45 g)****Fromages**

- Mozzarella partiellement écrémé (environ 15% M.G.....30 g
- Parmesan râpé léger (Kraft).....45 ml

Œuf.....1 gros**Dérivés du soya**

- Tofu ferme.....50 g
- Saucisse au tofu.....1

Pour ces choix, calculer en plus 1 échange de matières grasses**Abats cuits gras**

- Cerveau de bœuf ou de veau.....75 g

Fromages

- Fromages à 20% ou plus (ex. : brie, cheddar, suisse.....30 g
- Feta, Ricotta.....75 ml
- Fromage fondu à tartiner léger.....60 ml
- Fromage fondu en tranches (cheddar, mozzarella, suisse)
.....30 g

Cretons réguliers.....45ml**Pour ces choix, calculer en plus 2 échanges de matières grasses****Charcuteries**

- Boudin.....60 g
- Salami.....3 tranches/60 g
- Saucisson de Bologne.....2 tranches/60 g
- Saucisse de porc frais.....1 grosse/75 g
- Saucisse fumée (bœuf, dinde, poulet, porc).....2/75 g
- Viande pressée (simili poulet).....2 tranches/60 g

Beurre d'arachides.....30 ml**Matières grasses****équivalents/jour****Sources de gras monoinsaturés**

- Avocat.....1/6 d'unité
- Huile de canola, olive, noisette, arachide.....5 ml
- Margarine molle, non hydrogénée.....5 ml (1 c. à thé)
- Margarine à teneur réduite en énergie.....10 ml

- Noix et graines nature
 - amandes, arachides, noix d'acajou, noisettes, pacanes, pistaches
.....15 ml
- Olives vertes ou noires marinées.....5 moyennes ou 10 petites
- Vinaigrette commerciales régulières ou recette maison à base d'huile de canola, d'olive, de noisette ou d'arachide.....10 ml

Sources de gras polyinsaturés

- Huile de carthame, lin, maïs, noix, sésame, soya, tournesol
.....5 ml
- Mayonnaise
 - Légère.....15 ml
 - Régulière.....7 ml
- Noix et graines nature
 - Graines de citrouille, graines de tournesol, graines de sésame, noix de Grenoble, noix du Brésil.....15 ml
 - Graines de lin moulues.....30 ml
 - Noix de soya rôties.....30 ml
- Sauce à salade de type mayonnaise (Miracle Whip)
 - Calorie Wise.....35 ml
 - Régulière.....20 ml
- Vinaigrette commerciales régulières ou recette maison à base d'huile polyinsaturée
.....10 ml

Sources de gras saturés, de gras trans ou de cholestérol

- Bacon bien cuit.....2 petites tranches
- Beurre.....5 ml
- Crème
 - 10% M.G.....45 ml
 - 15% M.G.....30 ml
 - 35% M.G. liquide.....15 ml
 - 35% M.G. fouettée.....30 ml
- Crème sure (14% M.G.).....30 ml
- Fromage à la crème.....15 ml
- Fromage à la crème, léger.....30 ml
- Fromage fondu à tartiner (ex. : Cheez Whiz).....30 ml
- Garniture fouettée (Cool-Whip, Nutri-Whip).....60 ml
- Huile de noix de coprah, de coco et de palmiste.....5 ml
- Margarine hydrogénée.....5 ml
- Noix de coco fraîche, râpée.....30 ml
- Noix de coco séchée, non sucrée.....15 ml
- Pâté de foie.....15 ml
- Saindoux, graisse végétale, shortening.....5 ml

Autres aliments



équivalents/jour

Biscuits

- Thé social, Petit beurre.....4
- À la mélasse (8 cm diamètre).....1
- Arrow Root, Graham, au gingembre.....3
- Goglu, Village, croquants au son Lifestyle, croquignoles à l'avoine PC Menu bleu, canneberges et

orange PC Menu bleu.....2

Pour ces choix, calculer en plus 1 échange de matières grasses

- Biscuits aux pépites de chocolat, sandwiches au chocolat
.....2

Boissons

- Boisson ou punch aux fruits, cocktail de canneberges.....125 ml
- Boisson désaltérante (ex. : Gatorade).....250 ml
- Boissons gazeuses régulières.....125 ml
- Jus de palourde et tomate.....250 ml
- Lait au chocolat.....125 ml
- Mélange au malt pour breuvage nature ou chocolat (Ovaltine)
.....30 ml
- Poudre sucrée pour thé glacé (Nestea).....30 ml

Sauces

- Sauces sucrées (cerises, aigre-douce, canneberges).....30 ml
- Sauce barbecue originale (pour grillades).....30 ml

Desserts et collations

- Barre de lait glacé au fudge.....1 barre de 60 ml
- Barre Fibre Source (Val Nature).....1 barre de 32 g
- Barre Vital (Leclerc).....1 barre de 35 g
- Canneberges séchées, sucrées.....30 ml
- Gélatine aromatisée (Jell-O).....125 ml
- Lait glacé (ex. : Coaticook).....125 ml
- Pouding Jell-O sans gras (vendu en poudre et reconstitué)
.....125 ml
- Roulés aux fruits.....1 languette
- Sucrette glacée (ex. : Popsicle).....1 bâton de 75 ml

Pour ces choix, calculer en plus 1 échange de matières grasses

- Barre muffin multigrain (Hop & Go).....1 barre de 38 g
- Crème glacée (vanille, fraise, chocolat).....125 ml
- Glaçage à gâteau.....20 ml

Friandises

- Bonbons durs (6 g).....3
- Caramels mous, bonbons.....2 cubes
- Guimauves.....3 grosses
- Jujubes.....4
- Sucre d'érable.....1 cube de 2,5 cm ou 15 g
- Tire d'érable.....15 ml

Pour ce choix, calculer en plus 1 échange de matières grasses

- Chocolat au lait.....20 g

Pour ce choix, calculer en plus 5 échanges de matières grasses

- Chocolat noir (70% cacao).....60 g

Produits à tartiner, sirops et sucre

- Caramel à tartiner, beurre d'érable.....15 ml
- Confiture, gelée, marmelade – régulière.....15 ml
- Mélasse.....15 ml
- Miel.....15 ml
- Sirop (de maïs, de table, d'érable).....15 ml
- Sucre blanc, sucre roux, cassonade.....3 sachets ou 15 ml

Boissons

- Déjeuner « en tout temps » poudre (Nestlé Carnation)
.....1 sachet (40 g)

Pour ce choix, calculer en plus 1 échange de matières grasses

- Déjeuner « en tout temps » prêt-à-boire (Nestlé Carnation)
.....250 ml

Desserts et collations

- Barre de céréales (ex. : Nutri-Grains).....1 barre (40 g)
- Pouding faible en gras (ex. : Choix santé).....1 contenant (90 g)
- Sorbet.....125 ml

Chaque portion indiquée dans la liste suivante représente 3 échanges d'autres aliments

Desserts : tartes et gâteaux

Pour ce choix, calculer en plus 2 échanges de matières grasses

- Tartes au citron, aux cerises ou aux pommes (20 cm diamètre)
.....1/6

Chaque portion indiquée dans la liste suivante représente 4 échanges d'autres aliments

Pour ce choix, calculer en plus 3 échanges de matières grasses

- Gâteau avec glaçage (23 cm diamètre).....1/12, 2 étages

Pour ce choix, calculer en plus 4 échanges de matières grasses

- Tarte aux pacanes (20 cm diamètre).....1/6

Aliments à volonté

Assaisonnements

- Épices
- Sauce soya
- Sauce Worcestershire
- Vinaigrette italienne faible en gras
- Vinaigre

Boissons

- Boissons gazeuses hypocaloriques (diète)
- Bouillon clair dégraissé
- Café, thé, tisane
- Chocolat chaud, poudre, léger.....1 sachet/13 g
- Cristal léger
- Thé glacé citron, léger.....250 ml

Condiments

- Cornichons à l'aneth
- Ketchup.....15 ml
- Moutarde préparée
- Moutarde sèche
- Relish.....10 ml
- Salsa.....45 ml

- Sauce à bifteck ou sauce barbecue.....10 ml
- Sauce chili.....15 ml
- Raifort