

Impact de la perte de poids sur le métabolisme de base et la composition corporelle

Travail de Bachelor

Emma Biolley et Elisa Hérault

N° matricules : 18544833 et 15317928

Directrice de TBSc :

Aline Robert Cornide – diététicienne diplômée, chargée d'enseignement HES
Haute École de Santé de Genève, filière Nutrition et Diététique

Membres du jury :

Aline Robert Cornide – diététicienne diplômée, chargée d'enseignement HES
Haute École de Santé de Genève, filière Nutrition et Diététique

Dr. Virgile Lecoultre – responsable physiologie du sport et de l'exercice
Hôpital de la Tour, Genève

Genève, le 31 juillet 2021

Les prises de position, la rédaction et les conclusions de ce travail n'engagent que la responsabilité de ses auteures et en aucun cas celle de la Haute École de Santé de Genève, du Jury ou de la directrice de Travail de Bachelor.

Nous attestons avoir réalisé seules le présent travail, sans avoir utilisé d'autres sources que celles indiquées dans la liste des références bibliographiques.

Genève, le 31 juillet 2021

Emma Biolley et Elisa Hérault

Table des matières

| | |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| Abréviations | 6 |
| Résumé | 7 |
| I. Introduction | 8 |
| II. Cadre de référence | 9 |
| A. Dépense énergétique totale | 9 |
| 1. Définition..... | 9 |
| 2. Évaluation..... | 10 |
| a) Eau doublement marquée..... | 10 |
| b) Chambre respiratoire ou chambre calorimétrique..... | 11 |
| c) Calorimétrie directe | 11 |
| B. Métabolisme de base et dépense énergétique de repos | 12 |
| 1. Définitions..... | 12 |
| 2. Évaluation du métabolisme de base | 12 |
| 3. Évaluation de la dépense énergétique de repos | 12 |
| a) Calorimétrie indirecte | 12 |
| b) Équations de prédiction..... | 13 |
| C. Composition corporelle | 14 |
| 1. Définitions..... | 14 |
| a) Dépense énergétique et masse non grasse | 14 |
| b) Dépense énergétique et masse grasse | 14 |
| 2. Évaluation..... | 14 |
| a) Modèles d'étude de la composition corporelle | 14 |
| b) Impédancemétrie..... | 16 |
| c) Absorptiométrie biphotonique à rayons X | 17 |
| d) BodPod..... | 17 |
| e) Hydrométrie par dilution isotopique au deutérium | 18 |
| D. Thermogenèse adaptative | 18 |
| E. Synthèse | 19 |
| III. Définition de l'étude | 20 |
| A. Question de recherche | 20 |
| B. But | 20 |
| C. Objectifs | 20 |
| D. Hypothèse | 20 |
| IV. Méthodologie de recherche | 21 |
| A. Design | 21 |
| B. Stratégie de recherche documentaire | 21 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| C. Équation de recherche | 22 |
| D. Critères d'inclusion et d'exclusion | 22 |
| E. Sélection des études | 23 |
| F. Évaluation de la qualité des études | 24 |
| G. Extraction des données | 24 |
| V. Résultats | 25 |
| A. Résultats descriptifs | 25 |
| 1. Caractéristiques et qualité des études | 25 |
| 2. Caractéristiques de la population..... | 25 |
| 3. Caractéristiques des interventions | 27 |
| B. Résultats des études | 27 |
| 1. Composition corporelle | 30 |
| a) Évaluation de la composition corporelle | 30 |
| b) Résultats de la composition corporelle | 30 |
| 2. Dépense énergétique | 31 |
| a) Évaluation de la dépense énergétique..... | 31 |
| b) Résultats de la dépense énergétique | 31 |
| 3. Thermogenèse adaptative | 32 |
| a) Évaluation de la thermogenèse adaptative..... | 32 |
| b) Résultats de la thermogenèse adaptative..... | 32 |
| VI. Discussion | 33 |
| A. Rappel des résultats saillants | 33 |
| B. Interprétation des résultats et mise en perspective | 34 |
| 1. Définition et évaluation de la thermogenèse adaptative | 34 |
| 2. Influence de la balance énergétique sur la thermogenèse adaptative | 35 |
| 3. Biais et limites des études incluses..... | 36 |
| a) Études mesurant la DET | 36 |
| b) Études mesurant la DER..... | 36 |
| c) Biais de confirmation | 38 |
| C. Biais, limites et points forts de notre travail | 39 |
| 1. Biais..... | 39 |
| 2. Limites | 39 |
| 3. Points forts..... | 39 |
| VII. Conclusion | 40 |
| Remerciements | 41 |
| Références bibliographiques | 42 |
| Bibliographie | 49 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Annexes..... | 50 |
| Annexe 1 : grille d'analyse qualité de l'Academy of Nutrition and Dietetics | 50 |
| Annexe 2 : grille de lecture descriptive | 56 |
| Annexe 3 : protocole du travail de Bachelor | 57 |
| Annexe 4 : caractéristiques des interventions..... | 78 |

Table des figures

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1 : composantes de la dépense énergétique totale..... | 9 |
| Figure 2 : représentation schématique du principe de la méthode DLW..... | 10 |
| Figure 3 : schéma conceptuel de la chambre respiratoire..... | 11 |
| Figure 4 : représentation schématique de la calorimétrie directe..... | 11 |
| Figure 5 : représentation schématique de la calorimétrie indirecte..... | 13 |
| Figure 6 : différents modèles à multi-compartiments de composition corporelle..... | 16 |
| Figure 7 : représentation schématique de l'impédancemétrie..... | 16 |
| Figure 8 : imagerie par DXA montrant la composition corporelle..... | 17 |
| Figure 9 : principaux composants du système BodPod..... | 17 |
| Figure 10 : estimation de l'ECT par dilution isotopique au deutérium..... | 18 |
| Figure 11 : définition des concepts à partir de la question de recherche..... | 21 |
| Figure 12 : flow-chart de la sélection des études..... | 24 |

Table des tableaux

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 1 : mots-clés et MeSH terms utilisés pour la recherche documentaire..... | 22 |
| Tableau 2 : caractéristiques des études incluses et de leur population..... | 26 |
| Tableau 3 : synthèse des résultats de la composition corporelle, DE et AT..... | 28 |
| Tableau 4 : caractéristiques des interventions..... | 78 |

Abréviations

| | |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AET | Apport énergétique total |
| AP | Activité physique |
| AT | Adaptive thermogenesis // thermogenèse adaptative |
| BE | Balance énergétique |
| BIA | Bioelectrical impedance analysis // impédancemétrie |
| CR | Caloric restriction // restriction calorique |
| DE | Dépense énergétique |
| DER | Dépense énergétique de repos |
| DER_m | Dépense énergétique de repos mesurée |
| DER_p | Dépense énergétique de repos prédite |
| DET | Dépense énergétique totale |
| DET_m | Dépense énergétique totale mesurée |
| DET_p | Dépense énergétique totale prédite |
| DLW | Doubly labeled water // Eau doublement marquée |
| DXA | Dual-energy Xray Absorptiometry // absorptiométrie biphotonique à rayons X |
| EAT | Exercise activity thermogenesis // dépense énergétique liée à l'activité physique volontaire |
| ECT | Eau corporelle totale |
| FAO | Food and Agriculture Organization // Organisation des Nation Unies pour l'alimentation et l'agriculture |
| FFM | Fat-free mass // masse non grasse |
| FM | Fat mass // masse grasse |
| IMC | Indice de masse corporelle |
| LCD | Low-calorie diet // régime faible en calories |
| MB | Métabolisme de base |
| NEAT | Non-exercise activity thermogenesis // dépense énergétique liée à l'activité physique involontaire |
| OMS | Organisation Mondiale de la Santé |
| PAEE | Physical activity energy expenditure // dépense énergétique liée à l'activité physique |
| QR | Quotient respiratoire |
| SMR | Sleep metabolic rate // dépense énergétique durant le sommeil |
| TCA | Troubles du comportement alimentaire |
| TEF | Thermic effect of food // thermogenèse alimentaire |
| VLCD | Very low-calorie diet // régime très faible en calories |

Résumé

Introduction

L'augmentation de la prévalence du surpoids et de l'obésité est devenue un problème de santé mondiale. L'OMS considère que l'épidémie actuelle démontre la nécessité urgente de mettre en place des actions de prévention et de prise en charge. Actuellement, les moyens thérapeutiques employés sont multiples et variés mais la stratégie la plus utilisée reste la restriction calorique. Toutefois, malgré les effets bénéfiques connus d'une perte de poids sur l'amélioration des comorbidités, il semblerait que la plupart des individus y rencontrent des difficultés. De nombreuses recherches tendant à expliquer cette résistance à la perte de poids se sont penchées sur l'implication de facteurs métaboliques dans la régulation du poids corporel. Cette idée, suscitant la controverse, a poussé la société savante à s'intéresser à d'autres alternatives pour la perte de poids chez les personnes en surpoids ou obèses.

But

Ce travail de recherche a pour but d'étudier les conséquences d'une perte de poids sur la DER et la composition corporelle chez le sujet en surpoids ou obèse. Par ailleurs, la notion de l'AT est explorée, en y apportant un regard nouveau et critique.

Méthode

Une revue quasi-systématique a été effectuée dans les bases de données PubMed, CINAHL, et Google Scholar. Les critères d'inclusion suivants ont été utilisés : études observationnelles avec suivi ou interventionnelles, adultes ≥ 18 ans en surpoids ou obèses, taille d'échantillon ≥ 10 sujets, perte de poids statistiquement significative, durée d'intervention ≥ 4 semaines et mesures objectives de la DER/DET et de la composition corporelle.

Résultats

Parmi les 154 articles sélectionnés, 10 ont été inclus. Une réduction de la FM, FFM et DE suite à la perte de poids a été observée. Une perte plus importante de FM que de FFM a été constatée ($\sim 82\%$ et $\sim 18\%$). Une diminution significative de la DER et/ou de la DET a été rapportée dans 9 études. Des valeurs statistiquement significatives d'AT, généralement moindres (50-100 kcal/j) par rapport aux besoins énergétiques, ont été observées dans 9 études. De plus, aucune corrélation avec la reprise de poids n'a été objectivée. Enfin, une grande hétérogénéité dans les méthodes utilisées pour mesurer l'AT et entre les individus concernant l'ampleur de la perte de poids et/ou de l'AT a été signalée.

Conclusion

L'impact de l'AT sur la BE est plutôt faible ($\sim 2-4\%$ des besoins énergétiques). La variabilité inter-individuelle étant considérablement plus importante ($\pm 9\%$), il est néanmoins plausible que l'adaptation métabolique joue un rôle, bien que mineur, dans la régulation du poids corporel. De plus, les méthodes de mesure étant disparates, il serait nécessaire d'établir une définition universelle et un protocole d'évaluation de l'AT. Finalement, les résultats suggèrent de s'intéresser à l'implication des mécanismes neurobiologiques, afin d'avoir une meilleure connaissance de l'ensemble des processus impliqués dans l'adaptation métabolique en réponse à une perte de poids.

Mots-clés : perte de poids, dépense énergétique de repos, thermogenèse adaptative, composition corporelle, surpoids, obèses

I. Introduction

L'augmentation de la prévalence du surpoids et de l'obésité est devenue un problème de santé mondiale. En effet, il est estimé qu'à présent, presque un tiers de la population mondiale est en situation de surpoids ou d'obésité, un chiffre triplé depuis 1975 d'après l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (1). Cette dernière considère que l'épidémie actuelle démontre la nécessité urgente de mettre en place des actions de prévention et de prise en charge.

Les moyens thérapeutiques actuellement utilisés dans la prise en charge de l'obésité sont multiples et variés, allant des traitements médicamenteux et chirurgicaux aux régimes et autres programmes diététiques. Ils reposent sur un unique et même principe : la perte de poids induite par un déficit calorique. En effet, à l'état d'équilibre, l'apport énergétique est égal à la dépense énergétique (DE). Afin de créer une balance énergétique (BE) négative et ainsi perdre du poids, la DE doit être supérieure à l'apport énergétique. En ce sens, la restriction calorique (CR) est la stratégie thérapeutique de choix pour créer un déficit calorique.

La perte de poids par le biais de la CR a prouvé son efficacité sur l'amélioration des comorbidités liées à la surcharge pondérale et de la qualité de vie (2, 3, 4). Toutefois, malgré ces effets bénéfiques sur la santé, il semblerait que la plupart des individus rencontrent des difficultés à rester en CR sur le long terme et ont tendance à reprendre le poids initialement perdu (5). Ces observations soulèvent la question de l'implication de facteurs métaboliques dans la régulation du poids corporel. La théorie qui en résulte soutient que l'organisme mettrait en place un certain nombre de réponses adaptatives et compensatoires, qui augmenteraient l'envie de manger et diminueraient la production d'énergie (6). L'idée que la difficulté à maintenir une perte de poids puisse être due à une diminution adaptative du métabolisme de base a suscité la controverse et des opinions divergentes (7). C'est pourquoi, il paraît donc justifié que la société savante s'intéresse au potentiel d'approches alternatives pour réduire le poids corporel, et plus particulièrement la masse grasse, chez les personnes en surpoids ou obèses.

Le but de ce travail est d'étudier les changements induits par la perte de poids sur le métabolisme de base et la composition corporelle chez le sujet en surpoids ou obèse. Pour ce faire, une revue quasi-systématique de littérature a été effectuée sur ce thème.

Ce travail sera tout d'abord composé d'une partie explicative sur les différentes composantes du métabolisme, ainsi que leurs principales méthodes de mesure. Puis, la méthodologie de recherche documentaire sera détaillée. Enfin, les résultats des études sélectionnées et la discussion seront présentés.

II. Cadre de référence

A. Dépense énergétique totale

1. Définition

La dépense énergétique totale (DET) peut être divisée en différentes composantes (schématisées dans la figure 1). Selon Lam et Ravussin (8), la DET se compose de trois éléments : le métabolisme de base (MB), la thermogénèse alimentaire (TEF pour "thermic effect of food") et la dépense énergétique liée à l'activité physique (PAEE pour "physical activity energy expenditure"). (traduction libre)

- Métabolisme de base : il représente 60 à 70% de la DET chez les personnes sédentaires. Cet élément s'assure de fournir suffisamment d'énergie à l'organisme pour maintenir et réguler les fonctions vitales durant les phases de sommeil et d'éveil
- Dépense énergétique liée à l'activité physique : c'est l'élément le plus variable de la DET car il peut représenter ~15% à ~50% de celle-ci selon le degré d'activité physique (AP) de la personne. Il est divisé en deux catégories : la DE liée à l'AP volontaire (EAT pour "exercise activity thermogenesis") et la DE liée à l'AP involontaire comme être debout, parler, se déplacer etc. (NEAT pour "non-exercise activity thermogenesis")
- Thermogénèse alimentaire : cet élément représente l'énergie utilisée pour la digestion, l'absorption et le stockage des nutriments. Il varie selon la quantité d'aliments et de macronutriments : il faut compter 5 à 10% pour les glucides, 0 à 3% pour les lipides et 20 à 30% pour les protéines. Pour un régime de type occidental, on prend 10% de la DET (8, 9)

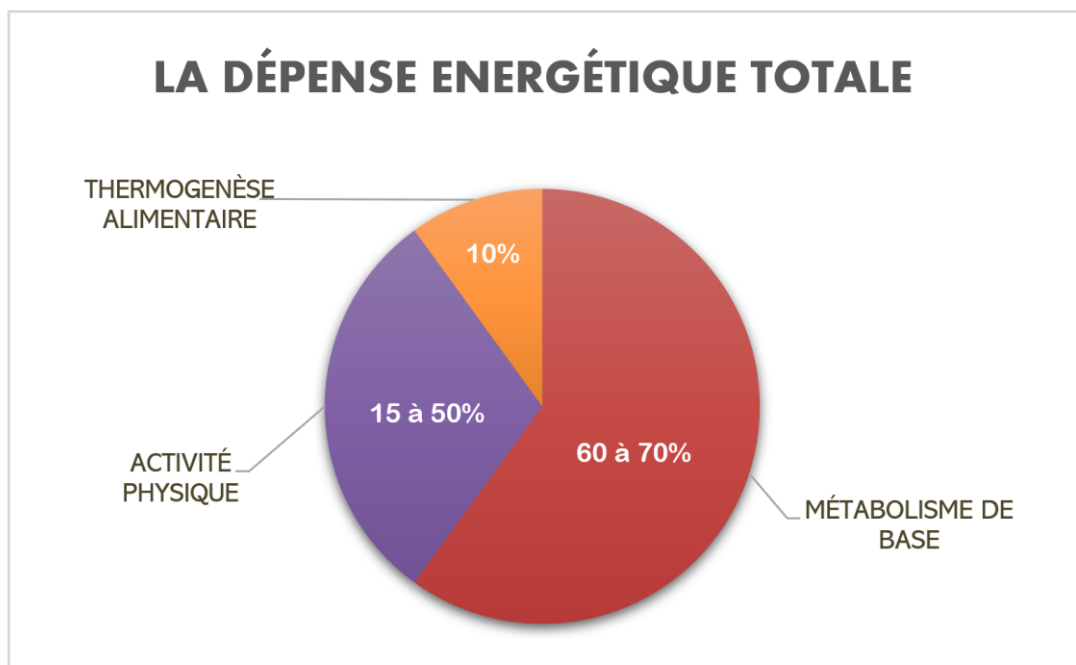


Figure 1 : composantes de la dépense énergétique totale

Ces éléments varient selon l'âge, la composition corporelle, l'ethnie et le sexe de l'individu.

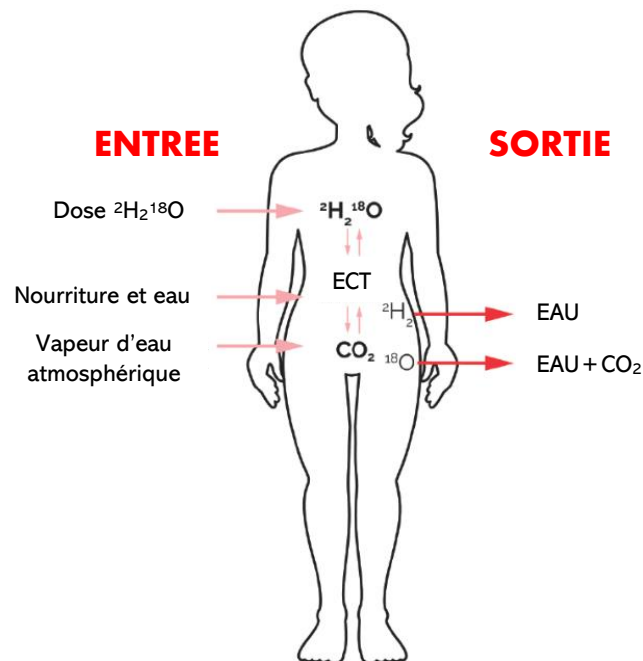
L'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO pour "Food and Agriculture Organization") ajoute à cette définition les précisions suivantes : la DET représente l'énergie dépensée, en moyenne, sur une période de 24 heures par un individu ou un groupe d'individus. Par définition, elle reflète la quantité moyenne d'énergie dépensée dans un jour mais ce n'est pas la quantité exacte d'énergie dépensée chaque jour (10). (traduction libre)

2. Évaluation

a) Eau doublement marquée

La mesure par eau doublement marquée (DLW pour "doubly labeled water") est actuellement la méthode la plus pertinente, bien que coûteuse, pour mesurer la DET chez les animaux et les humains dans les conditions habituelles de vie (11).

Cette technique repose sur la différence de cinétique de deux isotopes stables d'hydrogène ($^2\text{H}_2$) et d'oxygène (^{18}O) dans l'eau corporelle totale (ECT) (figure 2) (12). L'ECT est marquée après une prise unique per os d'eau doublement marquée par ces deux isotopes ($^2\text{H}_2^{18}\text{O}$). Sous l'action de l'anhydrase carbonique, ^{18}O est éliminé sous forme d'eau ($^2\text{H}_2^{18}\text{O}$) et de gaz carbonique (CO_2), alors que $^2\text{H}_2$ n'est éliminé que sous forme d'eau ($^2\text{H}_2^{18}\text{O}$). La différence entre les cinétiques de disparition des deux isotopes permet de calculer la production de CO_2 (VCO_2). La DET peut alors être déterminée avec précision à l'aide du quotient respiratoire (QR) estimé ou mesuré. (13)



$$\text{Élimination } ^{18}\text{O} (\text{eau} + \text{CO}_2) - \text{élimination } ^2\text{H}_2 (\text{eau}) = \text{production de CO}_2$$

Figure 2 : représentation schématique du principe de la méthode DLW. **DLW**, doubly labeled water ; **ECT**, eau corporelle totale ; **CO₂**, gaz carbonique ; **²H₂**, isotope d'hydrogène ; **¹⁸O**, isotope d'oxygène

La technique DLW n'est cependant pas sans limites, car elle repose sur plusieurs hypothèses telles qu'une production constante de CO_2 et une teneur constante en ECT pendant toute la période de mesure. En outre, sa marge d'erreur se situe au-dessus de 5%. (11)

b) Chambre respiratoire ou chambre calorimétrique

La chambre respiratoire reprend le principe de la calorimétrie indirecte et consiste en un circuit ouvert dans lequel la consommation d'oxygène (VO_2) et la production de gaz carbonique (VCO_2) d'un sujet peuvent être mesurées en continu (figure 3) (14). Cette technique permet de mesurer la DET durant un ou plusieurs jours. Elle permet également d'évaluer la contribution des substrats énergétiques à la fourniture d'énergie en mesurant la thermogénèse alimentaire à partir du calcul du QR. (15)

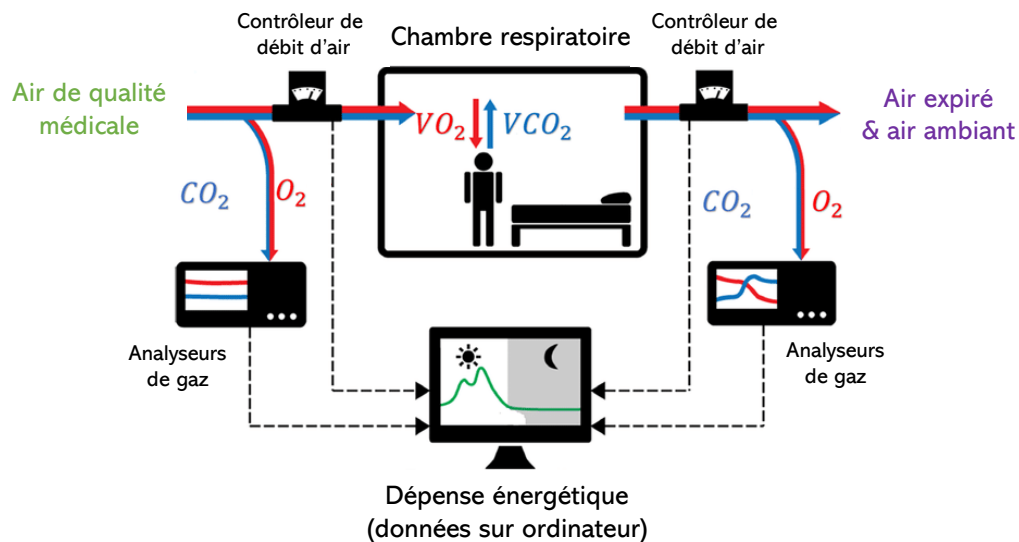


Figure 3 : schéma conceptuel de la chambre respiratoire. CO_2 , gaz carbonique ; O_2 , oxygène ; VCO_2 , production de gaz carbonique ; VO_2 , consommation d'oxygène

c) Calorimétrie directe

La calorimétrie directe est une méthode d'évaluation de la DET reposant sur le principe de la thermodynamique (figure 4) (16). Elle consiste à mesurer les pertes thermiques par rayonnement, convection et évaporation (17). La réalisation de la mesure s'opère dans une chambre de taille réduite et hermétique, ce qui limite considérablement la durée tolérable des mesures. Une autre limite est le non-respect du rythme de vie du sujet, qui ne peut pas s'adonner à ses activités quotidiennes habituelles. En pratique clinique, cette méthode est peu utilisée en raison de ses limites, malgré qu'elle soit une méthode de référence. (18)

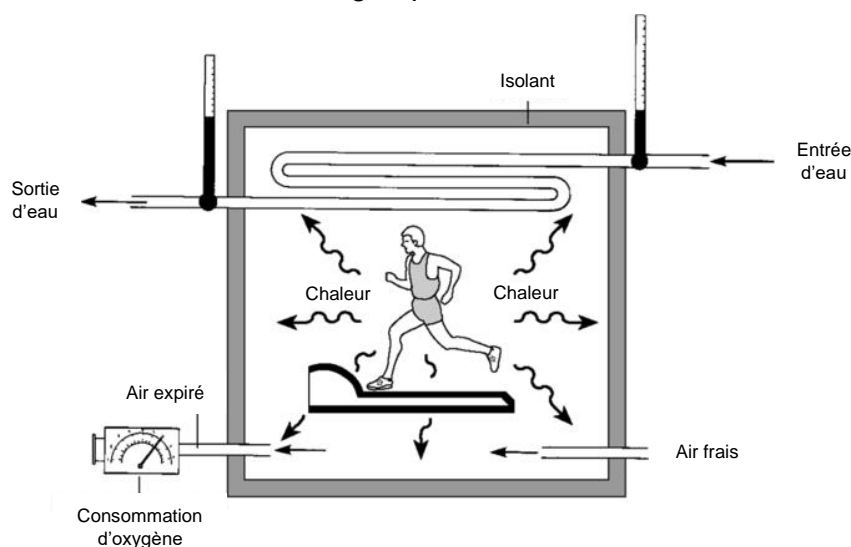


Figure 4 : représentation schématique de la calorimétrie directe

B. Métabolisme de base et dépense énergétique de repos

1. Définitions

Le MB est un des éléments faisant partie de la DET. Il y a deux catégories composant le MB : la DE durant le sommeil (SMR pour "sleep metabolic rate") et la DE à l'éveil sans AP. Le MB et le SMR sont utilisés pour représenter la DE indépendamment de l'AP et de la TEF. Il comprend une série de fonctions essentielles à la vie, telles que le fonctionnement, le remplacement et la synthèse des cellules, la sécrétion et le métabolisme des enzymes et des hormones, le maintien de la température corporelle, le travail des muscles cardiaques et respiratoires et le fonctionnement du cerveau. (8, 10)

Un des facteurs le plus déterminant du MB est la masse non grasse (FFM pour "fat-free mass"), elle représente 70% du MB. La masse grasse (FM pour "fat mass"), le sexe, l'âge et l'ethnie sont des variantes mineures du MB. En revanche, le MB contribue de manière importante à la production de chaleur pour maintenir la température corporelle autour des 37°C. La température est un élément déterminant de la DE, puisque l'élévation d'1°C de température corporelle induit une augmentation de 10 à 13% du MB. (8, 10)

La dépense énergétique de repos (DER) est souvent confondue, à tort, avec le MB. Pourtant, elle s'en distingue par le fait qu'elle englobe le MB et la TEF (8).

2. Évaluation du métabolisme de base

Le MB est mesuré de manière standardisée comme suit : le sujet, éveillé, en position de décubitus dorsal, est à jeun depuis 10 à 12 heures et au repos depuis 8 heures (idéalement, le matin directement au réveil). Il est dans un état de relaxation mentale et dans un environnement qui ne nécessite pas d'ajustement de la température corporelle (production de chaleur ou libération de chaleur). Le MB peut se mesurer en minutes, heures ou 24 heures. (10, 19)

3. Évaluation de la dépense énergétique de repos

La mesure de la DER diffère peu. En effet, les mêmes conditions standardisées sont requises, excepté pour celle d'effectuer la mesure au réveil. La DER peut varier de 10% comparé au MB. Généralement, la DER est plus souvent calculée, car elle est plus pratique.

Pour étudier les effets durables ou reportés de l'alimentation et de l'exercice physique, il est préférable de mesurer le MB (19, 20). Toutefois, la DER est principalement calculée à jeun et n'est pas considérée comme différente du MB dans les études parcourues. C'est pourquoi, uniquement le terme de DER est utilisé dans ce travail.

a) Calorimétrie indirecte

La calorimétrie indirecte est la méthode de référence pour mesurer la DER et s'impose donc comme un *gold standard* (21). Les principes de base de la calorimétrie indirecte sont les mêmes que ceux de la chambre respiratoire : ils dérivent du principe affirmant que l'énergie est produite dans l'organisme par oxydation des substrats énergétiques, impliquant des échanges gazeux avec une consommation d'oxygène (VO_2) et une production de gaz carbonique (VCO_2) (21, 22). La calorimétrie indirecte est une technique très précise ; sa marge d'erreur se situe entre 1 et 3% (22).

En pratique, un appareil de calorimétrie indirecte comporte (figure 5) (23) :

- Un canopy, grande cloche transparente qui va recouvrir de façon hermétique la tête du sujet (21). Pour les patient.e-s ne respirant pas spontanément, les échanges gazeux sont recueillis par un débitmètre jetable (24)
- Des cellules, afin d'analyser les concentrations en O_2 et CO_2 de l'air inspiré et de l'air expiré, ce qui permet de mesurer les échanges respiratoires (VO_2 et VCO_2) (21)

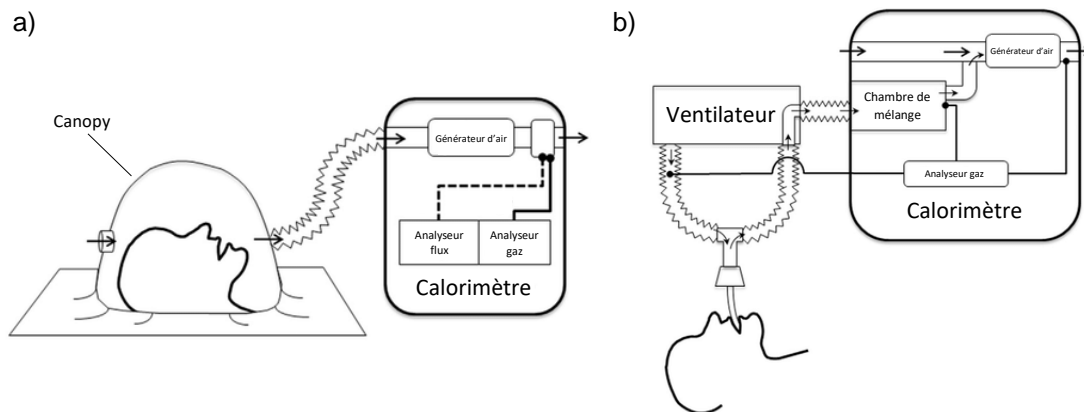


Figure 5 : représentation schématique de la calorimétrie indirecte sous a) canopy ; b) ventilateur

b) Équations de prédiction

En pratique clinique, la DER est dans la majorité des cas évaluée par des équations prédictives. Parmi plus de 200 équations de prédiction, on peut citer l'équation d'Harris-Benedict (25), l'équation de Schofield (26) utilisée par l'OMS et la FAO, l'équation d'Owen (27) et l'équation de Mifflin-St Jeor (28) comme les plus utilisées (29). Cependant, les équations de prédiction sont inexactes dans plus de 30% des cas et peuvent avoir une valeur prédictive encore moindre (22).

L'estimation de la DER chez les personnes en surpoids et obèses soulève des questions quant à leur précision. Les équations les plus couramment utilisées (25, 26) ont été développées d'après une population de poids normal et ne sont généralement pas applicables à la population en surpoids ou obèse (30).

Une revue systématique de 2016 s'intéressant à l'estimation de la DE à l'aide d'équations de prédiction chez les adultes en surpoids et obèses recommande d'utiliser l'équation de Mifflin-St Jeor, bien qu'elle soit supérieure de 10 à 25% par rapport à la DER mesurée (DER_m) (31). Une autre revue systématique appuie ce choix d'équation (29). La revue de 2016 souligne également qu'aucune équation suffisamment exacte ou précise n'a été identifiée pour cette population (31). L'utilisation de la calorimétrie indirecte pour mesurer la DER reste donc la technique de choix (30).

La surestimation de la DER chez les personnes en surpoids ou obèses peut s'expliquer par le fait que la plupart des équations utilisent un modèle à deux compartiments et prédisent la DER à partir de la FFM, car celle-ci explique entre 53 et 88% de la variance de la DER (32, 33). Généralement, ces équations incluent également comme variables le poids, la taille, le sexe et l'âge (34). Les limites de ces équations et les modifications rapides de la DER montrent l'intérêt de la mesurer précisément (21).

C. Composition corporelle

1. Définitions

a) Dépense énergétique et masse non grasse

La FFM contient deux catégories d'organes et tissus différents : ceux à haut taux métabolique, tels que le cœur, le foie, le cerveau et les reins, et ceux à bas taux métabolique, tels que la masse musculaire et la masse minérale osseuse. Les organes et tissus à haut taux métabolique représentent une petite partie de la FFM, 12%, et ~5% de la masse corporelle, mais participent à 60-80% de la DER. Les organes et tissus à bas taux métabolique composent plus de 50% de la FFM et 35 à 40% de la masse corporelle, mais participent seulement jusqu'à 20-25% de la DER. Par conséquent, la contribution de la masse des organes à la DER est proportionnellement plus importante que la masse des muscles squelettiques. Ainsi, il est possible qu'un changement dans le poids ait pour conséquence un changement dans les deux catégories de la FFM. Ceci aurait un impact significatif sur la DER et de ce fait, sur la DET. (35, 36, 37, 38)

b) Dépense énergétique et masse grasse

Le coût métabolique de la FM est considéré comme 3 à 7 fois plus bas que le coût métabolique de la FFM. Il a été montré que celui de la FM contribue de manière variable à la DER. L'impact de la FM sur la variabilité de la DER dépend de sa proportion et augmente jusqu'à un taux de FM de 40%. À des taux plus élevés de FM (> 40%), l'impact de la FM sur la DER est considérablement réduit. (39, 40)

La FM n'a donc qu'un bas taux métabolique. La DE de la FM s'explique plutôt par la sécrétion d'hormones et d'adipocytokines et par les perturbations métaboliques et inflammatoires associées avec le surpoids et l'obésité. Chez l'humain, l'implication de la FM dans la DE n'est pas encore totalement expliquée. (38)

2. Évaluation

Aujourd'hui pour mesurer la composition corporelle, les clinicien-ne-s ont la possibilité d'utiliser trois principales méthodes : l'impédancemétrie ou bio-impédance (BIA pour "Bioelectrical impedance analysis"), l'absorptiométrie biphotonique à rayons X (DXA pour "Dual-energy Xray Absorptiometry") et la pléthysmographie par déplacement d'air (système BodPod). L'utilisation de modèles de représentation du corps est également courante.

a) Modèles d'étude de la composition corporelle

L'utilisation de modèles dans l'évaluation de la composition corporelle permet une mesure indirecte des compartiments corporels. Un compartiment corporel peut se définir comme un regroupement de composants fonctionnellement liés entre eux, indépendamment de leur nature ou de leur localisation anatomique (41). En nutrition, les modèles les plus utilisés sont le modèle à deux (2C), trois (3C) et quatre compartiments (4C).

Le modèle à deux compartiments (2C)

Ce modèle est le plus couramment utilisé et divise la masse corporelle totale en deux compartiments : la FM et la FFM. Ce modèle suppose que la FM et la FFM ont des densités respectives de 0,9 g/ml et de 1,1 g/ml (42).

Pour estimer le pourcentage de FM, le modèle utilise usuellement les équations suivantes (42)

- L'équation de Siri (43) : $\% \text{ FM} = [(4.95 / \text{densité} - 4.50)] \times 100$
- L'équation de Brozek (44) : $\% \text{ FM} = [(4.570 / \text{densité} - 4.142)] \times 100$

La pléthysmographie par déplacement d'air (BodPod), l'hydrométrie (dilution isotopique) et l'hydro-densitométrie sont quelques-unes des méthodes les plus couramment utilisées sur la base du modèle 2C (45). Cependant, ce dernier présente des limites en lien avec la variation inter-individuelle de la composition de la FFM. En effet, ce modèle part du principe que la teneur en eau, la densité de la FFM et le contenu minéral osseux sont des valeurs constantes, alors qu'elles varient selon l'âge, l'ethnie, le statut pubertaire ou chez les patient·e·s ayant un état d'hydratation perturbé (insuffisance rénale chronique, œdèmes, ascite). Le modèle 2C n'est pas idéal pour évaluer la FFM dans ces conditions et circonstances ; il n'est donc pas une méthode de référence. (42)

Le modèle à trois compartiments (3C)

Le modèle 3C divise la FFM en FFM sèche (protéines et minéraux) et en ECT (41). Le troisième compartiment est la FM. Contrairement au modèle précédent, le modèle 3C contrôle la variation inter-individuelle de la teneur en eau de la FFM, mais présume un rapport constant entre protéines et minéraux de la FFM sèche (= 0.359). Par conséquent, il doit être utilisé avec précaution chez les patient·e·s dénutri·e·s (appauvrissement en protéines) ou les personnes âgées (masse minérale osseuse diminuée). (41, 44, 45)

Ce modèle nécessite des mesures de densitométrie (BodPod par exemple) et d'hydrométrie (dilution isotopique ou BIA) (42).

Le modèle à quatre compartiments (4C)

Le modèle 4C sépare la FFM sèche en protéines (= masse cellulaire active) et en minéraux (= contenu minéral osseux). Ce modèle requiert les mêmes mesures que le modèle 3C, auxquelles s'ajoute la mesure du contenu minéral osseux par DXA. La séparation de la FFM sèche en deux compartiments permet d'écarter l'hypothèse selon laquelle le rapport entre les protéines et les minéraux dans la FFM est constant. Le modèle 4C suppose cependant que le rapport entre le contenu minéral osseux et le contenu minéral non-osseux est constant. (42)

La méthode 4C est souvent limitée en pratique clinique, en raison du temps, du coût et de l'équipement nécessaires pour les mesures. Elle devrait donc principalement être utilisée pour la validation des méthodes de composition corporelle et pour les équations prédictives. (45)

Le modèle à multi-compartiments

D'autres modèles à 5 ou 6 compartiments ont été développés. Le modèle à 5 compartiments (5C) mesure l'eau, la FM, la masse cellulaire active, la masse minérale osseuse et la masse minérale non-osseuse. (42)

Le modèle à 6 compartiments (6C) inclut des estimations pour les composantes de la masse résiduelle que sont les minéraux des tissus mous et le glycogène. Ce modèle nécessite une analyse par activation neutronique pour la mesure de la teneur totale en éléments (calcium, sodium, chlorure, phosphore, azote, hydrogène, oxygène et carbone). (42)

Toutefois, en raison du manque d'installations appropriées, de leurs coûts élevés et de l'exposition aux radiations, ces modèles sont moins fréquemment utilisés que le modèle 4C, qui reste la méthode de référence pour l'évaluation de la composition corporelle (42).

Les éléments qui composent les différents modèles sont résumés dans la figure 6 (42).

| 2-compartiments | 3-compartiments | 4-compartiments | 5-compartiments | 6-compartiments |
|-------------------------|--------------------------------------|-------------------|----------------------------|----------------------------|
| Masse grasse (FM) | Masse grasse (FM) | Masse grasse (FM) | Masse grasse (FM) | Masse grasse (FM) |
| Masse non grasse* (FFM) | Eau | Eau | Eau | Eau |
| | Masse non grasse sèche** (FFM sèche) | Protéines | Protéines | Protéines |
| | | Minéraux | Contenu minéral osseux | Contenu minéral osseux |
| | | | Contenu minéral non-osseux | Contenu minéral non-osseux |
| | | | | Glycogène |

Figure 6 : différents modèles à multi-compartiments de composition corporelle

* Inclut l'eau, les protéines, le glycogène, le contenu minéral osseux et le contenu minéral non-osseux

** Inclut les protéines, le glycogène, le contenu minéral osseux et le contenu minéral non-osseux

b) Impédancemétrie

La BIA est une mesure de la résistance des tissus biologiques à la traversée d'un courant électrique alternatif (46) (figure 7) (47). Cette technique permet l'estimation du volume de l'ECT, et donc de la FFM (contenant 75% d'eau) et de la FM (différence entre le poids corporel et la FFM) (46, 48).

À l'heure actuelle, c'est le seul examen qui couvre l'ensemble des compartiments corporels (46).

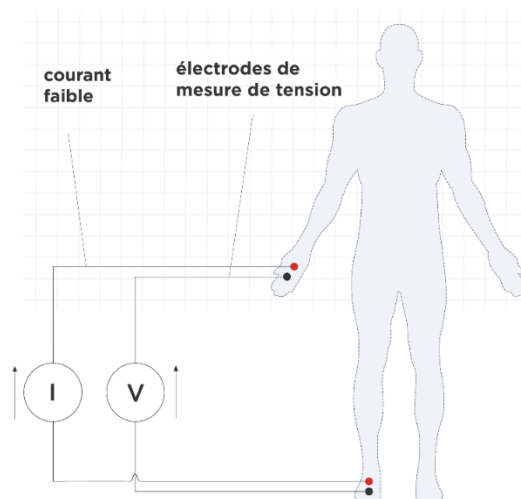


Figure 7 : représentation schématique de l'impédancemétrie

c) Absorptiométrie biphotonique à rayons X

La DXA permet la mesure de la FM, de la FFM et du contenu minéral osseux en un seul examen, rapide et peu irradiant (49) (figure 8) (50). Cette méthode, qui consiste à balayer le corps entier de rayons X à deux niveaux d'énergie, s'est présentée comme la méthode de référence pour l'étude de la composition corporelle. La limite réside dans le coût et la rareté des appareils actuels. En comparaison de la BIA, la DXA permet une mesure réelle de la masse osseuse, et non une estimation (48) ; toutefois, cette méthode ne mesure pas l'ECT (46).

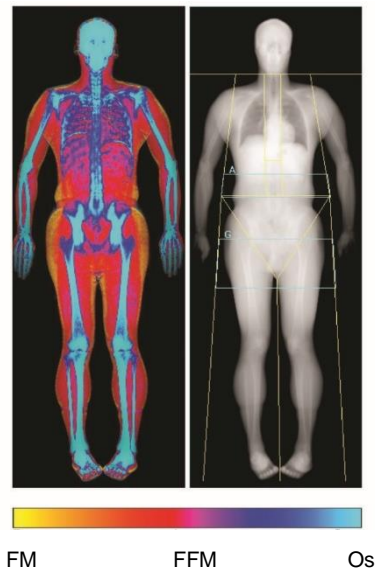


Figure 8 : imagerie par DXA montrant la composition corporelle. **DXA**, Dual-energy Xray Absorptiometry ; **FM**, masse grasse ; **FFM**, masse non grasse

d) BodPod

Le BodPod mesure la composition corporelle par pléthysmographie à déplacement d'air (51) (figure 9) (52). Cette méthode implique la mesure de la densité de tout le corps (masse corporelle divisée par le volume corporel) (53). Le volume corporel est indirectement calculé en soustrayant le volume d'air restant dans la chambre (lorsque le sujet est à l'intérieur) par le volume d'air présent dans la chambre lorsqu'elle est vide (54) (traduction libre). La densité corporelle est ensuite utilisée dans un modèle à deux compartiments pour déterminer le pourcentage de FM et de FFM (53). Grâce à sa vitesse, sa précision et sa sécurité, le BodPod est reconnu comme le *gold standard* pour l'évaluation de la composition corporelle (55). Enfin, cette technique est validée pour les patient·e·s obèses (jusqu'à 250 kg) (55), ce qui n'est pas le cas pour la DXA et la BIA (46, 56, 57).

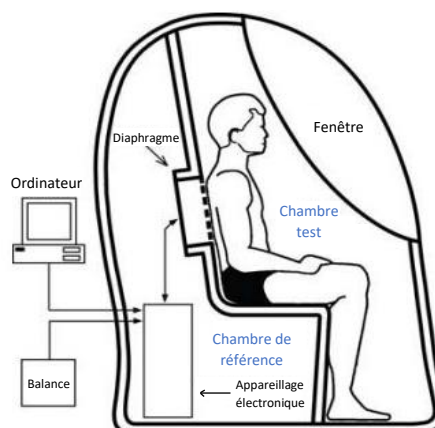


Figure 9 : principaux composants du système BodPod

e) Hydrométrie par dilution isotopique au deutérium

L'hydrométrie ou l'ECT par dilution isotopique est une méthode courante d'évaluation de la composition corporelle au niveau moléculaire (figure 10) (58). Le principe derrière cette méthode est que l'eau est distribuée dans toutes les parties du corps, excepté dans la FM ; l'eau se trouve exclusivement dans la FFM. Ainsi, la quantité de FFM peut être estimée à l'aide de l'hydrométrie par dilution isotopique (58).

La technique de l'équilibration est utilisée : elle consiste à administrer une quantité connue d'eau deutérée ($^2\text{H}_2\text{O}$) au sujet. L'eau corporelle contient naturellement une proportion de deutérium (^2H) et se mélange à l'eau deutérée après 2 à 5 heures. Le surplus de deutérium présent dans cette eau à la fin des 2 à 5 heures est appelé enrichissement de l'eau corporelle et permet, à l'aide de calculs, de mesurer l'ECT et d'estimer la FFM (59). La FM peut ensuite être calculée par la différence entre le poids corporel et la FFM (58).

L'avantage de cette technique est qu'elle peut être utilisée pour évaluer les changements longitudinaux de la composition corporelle avant et après une intervention nutritionnelle (58, 59). Il est plus prudent d'utiliser cette méthode conjointement avec la DXA ou le BodPod, au vu de sa limitation à mesurer la FM et FFM (58).

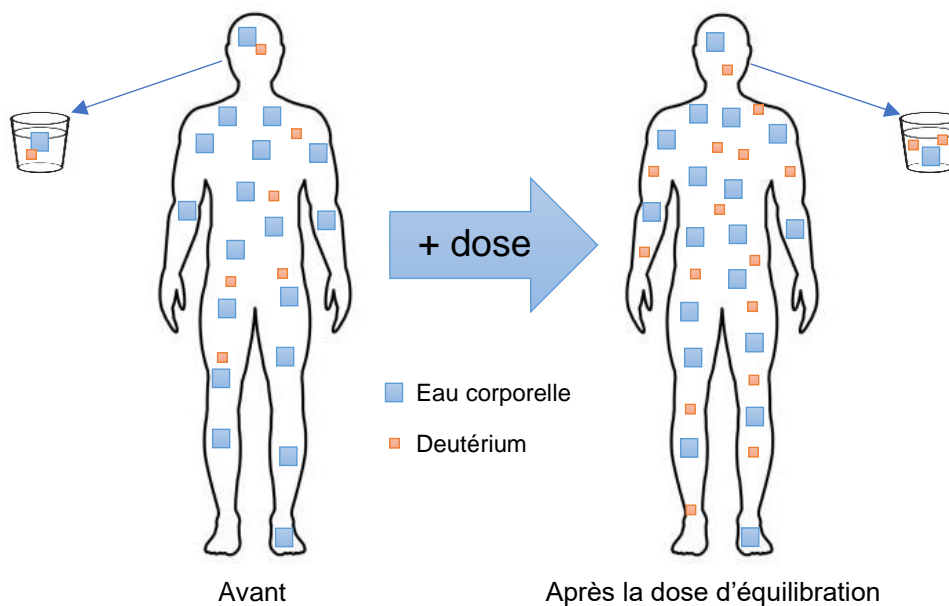


Figure 10 : estimation de l'ECT par dilution isotopique au deutérium

D. Thermogenèse adaptative

De nombreuses études semblent s'être intéressées au lien entre perte de poids et baisse du métabolisme. Depuis plus d'un siècle perdure la question de l'existence ou non d'une composante adaptative de la DE. En effet, au début du siècle dernier ont été rapportées les premières preuves documentant l'existence possible de ce qu'on appelle plus communément la "thermogenèse adaptative". Les expériences de Neumann en 1902 et de Gulick en 1922 ont ainsi permis de démontrer la stabilité du poids corporel malgré des variations importantes de l'apport énergétique journalier. (60)

On entend par thermogénèse adaptative (AT) « la différence entre la [DE] mesurée et celle calculée à partir de la masse des organes, symbolisant ainsi la diminution de la [DE] non expliquée par la variation de la composition corporelle » (61). Cette baisse inexpliquée de la DE pourrait ainsi justifier les difficultés que peuvent rencontrer certaines personnes à perdre du poids ou à maintenir le poids perdu.

L'étude de Taylor & Keys dans leur expérience du Minnesota (62) ont démontré une diminution adaptative de la DE en réponse à une CR. Dans cette étude, la DER, le poids et la composition corporelle ont été mesurés chez 32 hommes volontaires soumis à une restriction alimentaire sévère, à la moitié de leurs besoins énergétiques (*semi-starvation*) pendant 24 semaines (62, 63). À la suite de l'intervention, la DER avait diminué en moyenne de 39% (~600 kcal/j), dont 35% qui n'était pas expliqué par la diminution de FFM, correspond à une AT d'environ 200 kcal/j (62, 64). Dans ce cas, l'AT était une conséquence d'une perte de poids menaçant le pronostic vital chez des personnes maigres. Son application à la population en surpoids ou obèse reste donc à discuter.

E. Synthèse

En résumé, plusieurs composants sont impliqués dans la perte de poids et peuvent l'influencer positivement ou négativement. Leurs méthodes d'évaluation varient et donnent lieu à des questionnements ou contradictions. La DET est composée de trois éléments : le MB, la TEF et la PAEE, représentant chacun une part plus ou moins importante de la DET. Il existe plusieurs méthodes d'évaluation de la DET comme la DLW, la chambre respiratoire et la calorimétrie directe. Actuellement, la plus pertinente reste la DLW, car elle estime avec précision la DET à l'aide du QR estimé ou mesuré.

La méthode *gold standard* pour la mesure de la DER est la calorimétrie indirecte. Cependant, en pratique clinique, la DER est majoritairement évaluée par des équations prédictives, bien qu'elles soient inexactes dans 30% des cas. Les éléments composant la DER sont la FFM et la FM, représentant respectivement 70% et 30% du coût métabolique. La part de coûts métaboliques du compartiment de la FFM se divise ainsi : 60-80% pour les organes à haut taux métabolique (cœur, foie, cerveau, reins) et 20-25% pour les organes à bas taux métabolique (masse musculaire et os). La méthode *gold standard* pour les mesurer est le BodPod, qui contrairement à la BIA et la DXA, est validée pour les personnes en surpoids ou obèses. Cette mesure peut être utilisée conjointement à l'hydrométrie par dilution isotopique au deutérium afin d'estimer l'ECT.

En ce qui concerne l'AT, à l'heure actuelle, aucun consensus ne la confirme comme étant un frein à la perte de poids ou au maintien du poids perdu, et de ce fait de nombreuses études s'intéressent à cette problématique.

Finalement, d'autres composantes influencent la perte de poids et le maintien de celle-ci. Les changements hormonaux comme par exemple, une diminution des concentrations de triiodothyronine libre et de leptine, et les changements neuronaux comme une réduction de l'activité du système nerveux sympathique peuvent diminuer la DE (65). La réponse génétique et épigénétique à la CR et à la perte de poids reste également un sujet à explorer. Pour ce travail, il a été choisi de ne pas traiter ces facteurs et d'uniquement se concentrer sur la DE et la composition corporelle, afin de pouvoir mieux approfondir ces éléments et leurs rôles respectifs.

III. Définition de l'étude

A. Question de recherche

« *Quel est l'impact de la perte de poids volontaire sur la dépense énergétique de repos et la composition corporelle chez l'adulte en surpoids ou obèse ?* »

Les composantes de la question de recherche selon l'acronyme PICO sont les suivantes :

| | |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Population (P) | adultes en surpoids ou obèses, avec ou sans pathologie chronique (sans pathologie aiguë) |
| Intervention (I) | perte de poids volontaire |
| Comparaison (C) | - (ou groupe contrôle sans intervention) |
| Outcome (O) | impact sur la DER et la composition corporelle |

B. But

Ce travail de Bachelor a pour but d'établir un bilan des connaissances actuelles sur les conséquences d'une perte de poids sur la DER et la composition corporelle chez le sujet en surpoids ou obèse. Par ailleurs, la notion de l'AT est explorée, en y apportant un regard nouveau et critique. De plus, nous cherchons à savoir si une perte de poids volontaire subséquente à une CR entraîne ou non une diminution de la DER et pourrait expliquer la difficulté pour certaines personnes à maintenir leur perte de poids. Les résultats de ce travail ont pour but de permettre une prise en charge plus consciente des personnes en surpoids ou obèses quant à la modification corporelle et à la DER.

C. Objectifs

Les objectifs de ce travail sont :

- Chercher et sélectionner des études interventionnelles ou observationnelles répondant à la question de recherche et respectant les critères d'inclusion et d'exclusion choisis
- Analyser la qualité des études sélectionnées selon la « Grille d'analyse qualité » de l'Academy of Nutrition and Dietetics (annexe 1)
- Extraire les données pertinentes à l'aide de la grille « Lecture Critique : grille de lecture descriptive » (annexe 2)
- Comparer et discuter des résultats pour aboutir à une conclusion et des perspectives pour la recherche
- Élaborer une synthèse sous forme de poster en tant que support de communication scientifique principal

D. Hypothèse

Le moyen thérapeutique principalement utilisé pour la perte de poids reste la CR. Notre hypothèse première est que la perte de poids entraîne une diminution de la FM, de la FFM et de la DER. Même si la CR a démontré être bénéfique pour la santé de l'individu, elle est difficile à maintenir sur le long terme et favorise la reprise pondérale (2 - 5). Ainsi, notre hypothèse secondaire est que l'existence d'une AT pourrait représenter un frein à la perte pondérale induite par une CR.

IV. Méthodologie de recherche

Afin de répondre à la question de recherche, une revue de littérature quasi-systématique a été réalisée, dont le protocole a été validé en janvier 2021 (annexe 3). Tout article retenu étudiant l'impact de la perte de poids volontaire sur la DER et la composition corporelle chez l'adulte en surpoids ou obèse a été analysé. Bien qu'il existe quelques revues de littérature sur ce sujet, aucune regroupant uniquement la DER et la composition corporelle en tant qu'outcomes a été trouvée, ceci justifiant le choix d'en réaliser une.

A. Design

La revue systématique est reconnue comme ayant un des plus hauts niveaux de preuve scientifique (niveau de recommandation A) et de pertinence lors d'une synthèse d'études portant sur une question de recherche similaire (66).

B. Stratégie de recherche documentaire

La méthode PICO a permis de mettre en valeur les quatre concepts principaux de la question de recherche (figure 11).

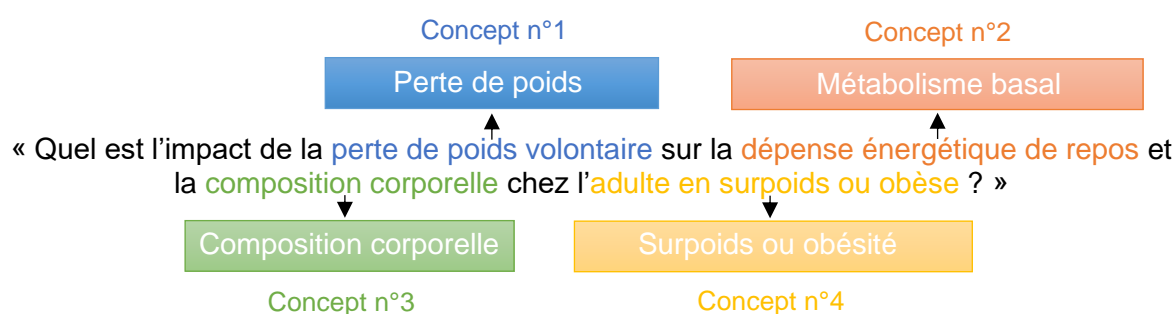


Figure 11 : définition des concepts à partir de la question de recherche

Ces mots-clés ont tout d'abord fait l'objet d'une transcription en MeSH¹ terms en français, puis ils ont été traduits en MeSH terms en anglais grâce au site HeTOP². Quand cela était possible, plusieurs MeSH terms ont été sélectionnés pour élargir le champ de recherche. Quelques termes ont également été inclus en tant que mots-clés libres, revenant régulièrement dans les études.

La recherche d'articles a été effectuée dans les bases de données suivantes :

- Medline via PubMed
- CINHAL
- Embase
- EM Premium
- Google Scholar

Seuls des articles provenant de PubMed, CINHAL et Google Scholar ont été retenus.

¹ MeSH = Medical Subject Headings

² HeTOP = Health Terminology / Ontology Portal

Voici un tableau regroupant les mots-clés sélectionnés et leurs MeSH terms associés :

Tableau 1 : mots-clefs et MeSH terms utilisés pour la recherche documentaire

| Concepts | Mots-clefs | HeTOP (MeSH en français) | HeTOP (MeSH en anglais) | Mots-clés libres |
|------------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|
| Perte de poids volontaire | Perte de poids | Perte de poids | Weight loss | |
| Dépense énergétique de repos | Dépense énergétique | Métabolisme énergétique | Energy metabolism | Resting metabolic rate |
| | Métabolisme de base | Métabolisme basal | Basal metabolism | Adaptive thermogenesis |
| Composition corporelle | Composition corporelle | Composition corporelle | Body composition | |
| Surpoids ou obèse | Surpoids Obèses | Surpoids Obésité | Overweight Obesity | |

C. Équation de recherche

Après définition des MeSH terms en anglais, l'équation de recherche a été rédigée, puis utilisée pour chaque base de données. Ainsi, les termes ont été liés entre eux grâce aux opérateurs booléens ET, OU (AND, OR en anglais).

L'équation utilisée dans PubMed était :

((Weight loss[MeSH Terms]) AND (energy metabolism[MeSH Terms] OR basal metabolism[MeSH Terms] OR resting metabolic rate[MeSH Terms]) OR adaptive thermogenesis[MeSH Terms]) AND (body composition[MeSH Terms]) AND (overweight[MeSH Terms] OR obesity[MeSH Terms])

Les filtres "Humans" et "Adult: 19+ years" ont également été appliqués, ainsi qu'un filtre pour les langues (français, anglais et espagnol).

D. Critères d'inclusion et d'exclusion

Types d'études : au vu de la thématique ne permettant pas d'avoir systématiquement un groupe contrôle, la grande majorité des études retenues étaient des études d'intervention non contrôlées (niveau de recommandation B). Il a été décidé d'inclure des études observationnelles avec suivi, en privilégiant toutefois les études interventionnelles.

Exclusions : études transversales, méta-analyses et revues systématiques

Population : adultes de plus de 18 ans en surpoids ou obèses (indice de masse corporelle (IMC) > 25 kg/m²) avec ou sans pathologie chronique. Échantillon final d'au moins 10 participant·e·s. Aucune distinction entre les hommes et les femmes, ou entre les ethnies et/ou origines n'a été faite.

Exclusions : enfants (moins de 18 ans) ou adultes de plus de 65 ans, adultes en surpoids ou obèses avec une ou des pathologies aiguës, adultes ayant un IMC < 25 kg/m², femmes enceintes ou allaitantes, échantillon de moins de 10 participant·e·s.

Intervention : toutes les interventions ayant mesuré une perte de poids statistiquement significative ont été incluses, avec ou sans groupe contrôle. Durée d'intervention d'au moins 4 semaines.

Exclusions : perte de poids involontaire (et tout particulièrement en cas de maladie), perte de poids non statistiquement significative, durée d'intervention inférieure à 4 semaines

Outcomes : les études évaluant les outcomes principaux par mesures objectives, c'est-à-dire l'impact sur la DE (évaluée par calorimétrie indirecte, chambre respiratoire ou DLW) et sur la composition corporelle (évaluée par DXA, BodPod, BIA ou modèles à multi-compartiments).

Exclusions : toutes les études ne mesurant pas ces deux outcomes principaux et/ou dont les mesures n'étaient pas objectives

Langue : les études de langue anglaise ont été incluses

Dates de publication : pas de limite dans les dates de publication (jusqu'au 29 mars 2021)

E. Sélection des études

L'équation dans les différentes bases de données sélectionnées a généré 280 études au total. Après la suppression des doublons, il restait 154 études. À la suite de la lecture du titre et de l'abstract, 66 études ont été retenues. Ce chiffre s'est réduit à 8 études après l'application des critères d'inclusion et d'exclusion.

Deux autres études figurant régulièrement dans les bibliographies ont été retenues en analysant les études présélectionnées. Ces deux dernières études mesuraient la DET et non la DER. Même si cet outcome différait de ce qui a été défini dans la question de recherche, nous trouvions pertinent d'inclure ces études pour apporter d'autres éléments de réflexion à la discussion. En effet, la première étude était intéressante par le fait qu'elle comparait plusieurs groupes de CR (essai clinique randomisé), dont un groupe associant la CR à l'AP. La deuxième étude datait de 2020 et faisait donc partie des études les plus récentes sur le sujet. Ces deux études ont utilisé des *gold standards* pour mesurer la DET et ont évalué les deux autres outcomes d'intérêt : la composition corporelle et l'AT.

Ainsi, cette revue inclut 10 études. La sélection des études dans sa totalité est schématisée par la figure 12.

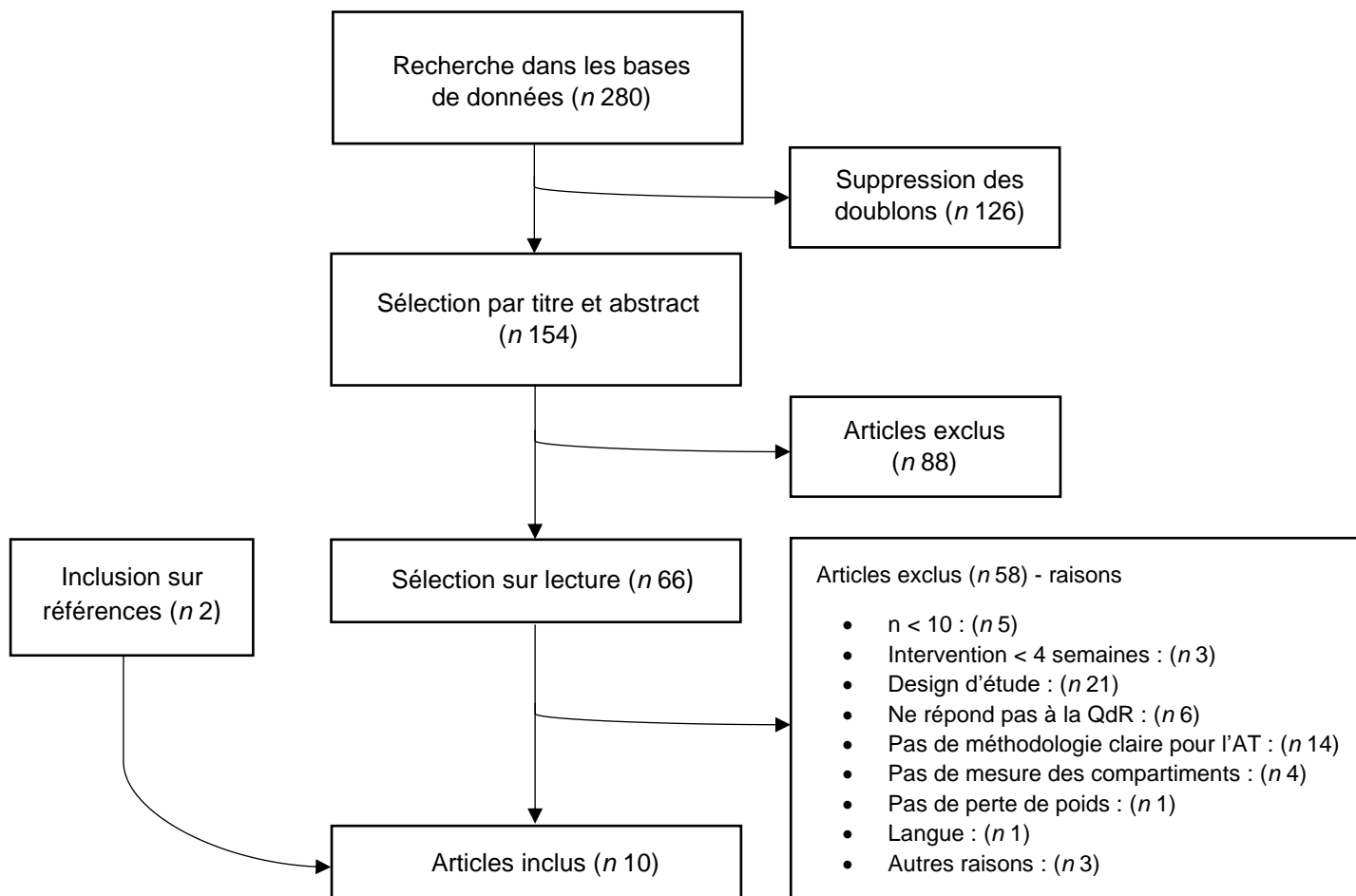


Figure 12 : flow-chart de la sélection des études. **QdR**, question de recherche ; **AT**, thermogénèse adaptative (adaptive thermogenesis) ; **n**, nombre

F. Évaluation de la qualité des études

Pour évaluer la qualité des articles retenus, la grille d'analyse qualité de l'Academy of Nutrition and Dietetics (AND) traduite en français a été utilisée. Ainsi, les études retenues ont été classées en trois catégories : positives, neutres ou négatives. Cela a permis d'identifier les critères d'inclusion et d'exclusion, les biais, l'analyse des données et de pondérer les résultats selon la catégorie de l'étude.

Afin d'analyser les articles retenus de manière similaire, un seul a été analysé à deux. Puis, les articles restants ont été lus et évalués individuellement. Les résultats ont par la suite été mis en commun. La grille a permis de réaliser un tableau présentant une synthèse des résultats (tableau 3) afin de comparer les études entre elles.

G. Extraction des données

Pour l'extraction des données, la grille de lecture descriptive réalisée par la filière Nutrition & Diététique de la Haute École de Santé Genève a été utilisée. Parmi les données extraites se trouvaient : l'auteur, la date, le design et la qualité de l'étude, le pays, les caractéristiques de la population, de l'intervention et les outcomes mesurés.

Au fur et à mesure de la lecture des articles retenus, une thématique récurrente apparaissait : l'AT. Pour mieux appréhender cette revue, il a fallu l'ajouter en tant qu'outcome. C'est pourquoi, ce travail est composé de plusieurs chapitres discutant de l'AT.

V. Résultats

Dans ce chapitre, les caractéristiques descriptives des études retenues, ainsi que les résultats en lien avec les outcomes sont présentés.

A. Résultats descriptifs

1. Caractéristiques et qualité des études

Pour réaliser cette revue, 10 études (67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76) ont été analysées. Parmi ces 10 études incluses, 1 était un essai clinique randomisé (grade A), 6 étaient des études d'intervention non contrôlée (grade B), 1 était une étude prospective observationnelle (grade B) et 2 étaient des études rétrospectives observationnelles (grade C). Leurs dates de publication étaient comprises entre 2009 et 2020.

La grande majorité des études analysées (67-70, 72-76) ont obtenu un niveau de qualité positif selon la grille d'évaluation. L'étude de Camps et al. (71) a été jugée de niveau neutre, car elle n'apportait que peu de précisions sur les facteurs d'exclusion et les caractéristiques principales des sujets, ainsi que sur les co-interventions et les traitements supplémentaires.

2. Caractéristiques de la population

Ces études ont inclus en totalité 535 participant·e·s. Les sujets étaient différents selon les études : 3 études étaient uniquement composées de femmes (68, 69, 75) et les 7 autres étaient mixtes. La taille des échantillons variait entre 11 et 156 participant·e·s. La totalité des études incluait une population âgée entre 31 et 47 ans en moyenne.

Les études ont été menées dans différents pays : 3 aux États-Unis (30%), 3 en Norvège (30%), 2 en Allemagne (20%), 1 aux Pays-Bas (10%) et 1 en Espagne (10%). La population étudiée était probablement majoritairement blanche ; seule l'étude de Martins et al. (75) a précisé lorsque les participantes étaient noires (n = 77). Il a été choisi de ne pas analyser différemment cette étude pour la thématique.

La majorité des études incluait des participant·e·s obèses, excepté 2 études (67, 75) où les participant·e·s avaient un IMC moyen de 28 kg/m².

Les principales caractéristiques des études et de la population ont été rassemblées sous forme d'un tableau (tableau 2).

Tableau 2 : caractéristiques des études incluses et de leur population (ordre chronologique de publication)

| ÉTUDE | | | | POPULATION | | | | | |
|---------------------------------------------|----------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Auteur-e-s [ref] Année, pays | Design | Qualité* | But de l'étude | Participant-e-s (n) | Âge (an) | Poids (kg) | IMC (kg/m ²) | FM (kg) | FFM (kg) |
| Redman et al. [67] 2009, États-Unis | RCT | + | Présence ou non d'AT lors de la perte de poids, persistance lors de la phase de maintien du poids. | 46 | 38 ± 7 ♂ 38 ± 6 ♀ | 89.2 ± 9.0 ♂ 76.1 ± 7.0 ♀ | 27.9 ± 1.7 ♂ 27.7 ± 1.8 ♀ | 22.1 ± 3.8 ♂ 28.8 ± 5.1 ♀ | 67.1 ± 6.8 ♂ 47.3 ± 3.6 ♀ |
| Goele et al. [68] 2009, Allemagne | NRT | + | Lien entre AT et composition de la perte de poids. | 48 ♀ | 31.5 ± 6.1 | 100.6 ± 17.6 | 35.4 ± 4.4 | 47.6 ± 12.6 | 52.9 ± 7.1 |
| Bosy-Westphal et al. [69] 2009, Allemagne | NRT | + | Contribution relative de la masse des organes métaboliquement actifs (cœur, foie, cerveau et reins) à l'AT. | 45 ♀ | 32.9 ± 6.7 | 102.2 ± 16.8 | 35.9 ± 4.2 | 45.8 ± 12.1 | 56.7 ± 7.7 |
| Johannsen et al. [70] 2012, États-Unis | O (prospective) | + | Préservation de la FFM et maintien de la DER lorsqu'un programme associe CR et exercice physique. | 16 (7 ♂ et 9 ♀) | 33 ± 10 | 149.2 ± 38.0 | 49.4 ± 9.4 | 73.5 ± 21.1 | 75.7 ± 20.2 |
| Camps et al. [71] 2013, Pays-Bas | NRT | ∅ | Présence ou non d'AT durant une perte de poids. | 91 (22 ♂ et 69 ♀) | 44 ± 7 ♂ 39 ± 10 ♀ | 103.6 ± 13.0 ♂ 89.0 ± 10.0 ♀ | 31.0 ± 2.5 ♂ 32.1 ± 3.1 ♀ | 38.7 ± 7.2 | 54.2 ± 10.1 |
| Gomez-Arbelaez et al. [72] 2018, Espagne | NRT | + | Changements de la DER et altérations hormonales après une perte de poids induite par un régime cétogène faible en calories. | 20 (8 ♂ et 12 ♀) | 47.2 ± 10.2 | 95.9 ± 16.3 | 35.5 ± 4.4 | 42.2 ± 9.1 | 52.8 ± 10.2 |
| Nymo et al. [73] 2018, Norvège | NRT | + | Délai au cours duquel les changements dans les variables de la DE se produisent durant une perte de poids progressive. | 31 (18 ♂ et 13 ♀) | 43 ± 10 | 124.1 ± 18.1 ♂ 102.7 ± 16.3 ♀ | 36.7 ± 4.5 | 49.9** ♂ 47.1** ♀ | 74.2 ± 11.6 ♂ 55.6 ± 9.1 ♀ |
| Heinitz et al. [74] 2020, États-Unis | NRT | + | Prédiction des changements ultérieurs de poids et de composition corporelle lorsque l'AT est mesurée pendant la phase précoce de la CR. | 11 (7 ♂ et 4 ♀) | 34.5 ± 9.2 | 112.3 ± 20 | 40.2 ± 6.7 | 40.7 ± 6.4 | 71.6 ± 16.3 |
| Martins et al. [75] 2020, Norvège | O (rétrospective) | + | Présence ou non d'AT durant une perte de poids. | 156 ♀ | 35.2 ± 6.3 † | 77.6 † | 28.3 ± 1.3 † | 32.3 † | 45.3 † |
| Martins et al. [76] 2020, Norvège | O (rétrospective) | + | Impact de la BE sur l'AT, lien avec la reprise de poids. | 71 (33 ♂ et 38 ♀) | 45.4 ± 8.2 | 104.0 ± 14.6 | 34.6 ± 3.4 | 43.3 ± 9.1 | 60.9 ± 10.9 |

+, positive ; ∅, neutre ; ♂, hommes ; ♀, femmes ; AT, thermogenèse adaptative ; BE, balance énergétique ; CR, restriction calorique ; DE, dépense énergétique ; DER, dépense énergétique de repos ; FFM, masse non grasse ; FM, masse grasse ; IMC, indice de masse corporelle ; n, nombre de participant-e-s ; NRT, étude d'intervention non contrôlée ; O, étude observationnelle ; RCT, essai clinique randomisé ; ref, référence

Les valeurs sont présentées sous forme de moyenne ± écart-type, sauf exceptions.

* L'évaluation globale de la qualité des études a été réalisée à l'aide de la grille d'évaluation de l'AND

** FM calculée en soustrayant la FFM au poids corporel moyen

† Données de l'échantillon de départ (n = 171), car données manquantes pour n = 156

3. Caractéristiques des interventions

La plupart des interventions étaient des restrictions alimentaires par le biais de régime hypocalorique variant de 480 à 1000 kcal/j. Cinq études ont utilisé un régime faible en calories (LCD pour "low-calorie diet") (67-69, 75, 76) et 3 études ont utilisé un régime très faible en calories (VLCD pour "very low-calorie diet") (71-73). Les LCD se définissent par un apport énergétique quotidien d'environ 800 à 1500 kcal et les VLCD de 450 à 800 kcal (77). Les deux dernières études ont calculé l'apport énergétique en pourcentage des besoins énergétiques des sujets : 50% des besoins pour l'étude d'Heinitz et al. (74) et ~70% des besoins pour l'étude de Johannsen et al. (70).

La répartition des macronutriments était différente selon chaque étude. Trois études ont recouru à un régime riche en protéines : 43% de l'apport énergétique total (AET) pour l'étude de Camps et al. (71), 36% de l'AET pour Nymo et al. (73) et 30% de l'AET pour Martins et al. (76). L'équipe d'Heinitz a prescrit un régime exclusivement liquide, composé de 58% de glucides, 27% de lipides et 15% de protéines (74). Dans l'étude rétrospective de Martins et al. (75), le régime utilisé dans l'étude ROMEO avait pour répartition 56-58 % de glucides, 20-22% de lipides et 20-22 % de protéines. L'étude de Gomez et al. a utilisé un régime cétogène (72). Deux études donnaient des détails sur la composition nutritionnelle des substituts de repas, mais pas sur la répartition des macronutriments (68, 69). Enfin, deux études ne donnaient pas d'information sur la répartition des macronutriments (67, 70).

Les durées d'intervention variaient entre 4 et 30 semaines de restriction alimentaire. Des périodes de suivi avec un maintien du poids existaient pour la majorité des études (71-76), d'une durée de 2 semaines à 2 ans.

Quatre interventions (67, 70, 72, 75) étaient complétées par de l'AP de 3 à 6 fois par semaine et allant jusqu'à 90 min par jour. Pour l'étude de Johannsen et al. (70), il n'y a pas eu de monitoring de l'AP et des régimes hypocaloriques, les sujets recevant seulement des conseils et des recommandations.

Dans ces études, deux types d'interventions ont été identifiés :

- La perte de poids par le biais d'un régime hypocalorique seul
- La perte de poids par le biais d'un régime hypocalorique couplé à de l'AP

Une synthèse des interventions est présentée en annexe (annexe 4).

B. Résultats des études

Pour rappel, la question de recherche est la suivante : « *Quel est l'impact de la perte de poids volontaire sur la dépense énergétique de repos et la composition corporelle chez l'adulte en surpoids ou obèse ?* ». Une synthèse des résultats des études permettant d'y répondre est présentée ci-après (tableau 3).

Ce dernier met en évidence les résultats obtenus en fonction des variables étudiées et des études sélectionnées. Les différentes mesures de composition corporelle, de DE et d'AT y sont également présentées. Enfin, un bref récapitulatif des types d'interventions et de la durée de celles-ci a été ajouté pour faciliter la compréhension aux résultats. Pour une meilleure comparaison des résultats de DE et d'AT, ces derniers ont été convertis en kcal/j.

Tableau 3 : synthèse des résultats de la composition corporelle, DE et AT

| Auteur-e-s Année [ref] | Description | Durée + suivi | Mesure composition corporelle | Différence poids (kg) | Différence FM (kg) | Différence FFM (kg) | Mesure de la DER/DET | Différence DER/DET (kcal/j) | Méthode de calcul de l'AT | Résultats de l'AT (kcal/j) |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Redman 2009 [67] | G1 : CR 25% G2 : CR 12.5%+ AP G3 : LCD (890kcal/j) GC : Ø | 6 mois | Modèle 2C † DXA | <u>G1</u> : -8.3 ± 0.8 (-10%) <u>G2</u> : -8.4 ± 0.8 (-10%) <u>G3</u> : -11.2 ± 0.6 (-14%) | G1 : √ G2 : √ G3 : √ | G1 : √ G2 : √ G3 : √ | Chambre respiratoire DLW AP: estimée à partir de la DET et du SMR | <u>G1</u> : -454 ± 76 (M3) -316 ± 118 (M6) <u>G2</u> : ns à M3 + M6 <u>G3</u> : -633 ± 66 (M3) -389 ± 124 (M6) (DET) | DET _p : équation de prédiction basée sur la FM, FFM, âge et sexe <u>AT</u> : DET _m – DET _p (à M3 et M6) par ANOVA | <u>G1</u> : -371 ± 75* à M3 ns à M6 <u>G2</u> : ns à M3 et à M6 <u>G3</u> : -496 ± 68* à M3 ns à M6 |
| Goele 2009 [68] | LCD 850-1000 kcal/j | 13.9 ± 2.4 sem | Modèle 2C † BodPod | -8.4 ± 3.9** (-8.4%) | -7.8 ± 3.6** (-16.4%) | -0.6 ± 2.0**** (-1.1%) | Calorimétrie indirecte AP : podomètre | -92 ± 134** | <u>AT</u> : comparaison entre DER _m et DER _m ajustée pour la FFM | -3.2 ± 1.2** kcal/kg FFM chez 26 sur 48 femmes |
| Bosy- Westphal 2009 [69] | LCD 800-1000 kcal/j | 12.7 ± 2.2 sem | Modèle 4C BodPod DXA Dilution isotopique IRM | -9.5 ± 3.4** (-9.3%) | -8.0 ± 2.9** (-17.5%) | -1.5 ± 3.1*** (-2.7%) | Calorimétrie indirecte | -136 ± 153** | DER _p : somme des 8 compartiments multipliée par leurs taux métaboliques <u>AT</u> : DER _m – DER _p | -55 ± 155**** |
| Johannsen 2012 [70] | RC à ~70% + AP : 6x/sem 90 min/j | 30 sem | Modèle 2C † DXA | -57.6 ± 23.8**** (-38%) | -47.1**** (-64.1%) | -10.5**** (-13.9%) | Calorimétrie indirecte DLW | -789 ± 483**** (DER) | DER _p : équation de prédiction basée sur la FM, FFM, âge et sexe <u>AT</u> : DER _m – DER _p par ANOVA | -504 ± 171**** |
| Camps 2013 [71] | VLCD (478 kcal/j) 50.2 g HdC, 51.9 g P, 6.9 g L | 8 sem + 44 sem | Modèle 3C BodPod Dilution isotopique | S8 : -9.6 ± 4.1** (-10%) S52 : -6.0 ± 5.7** (-6.5%) | S8 : -7.8** (-20.2%) S52 : -5.0** (-12.9%) | S8 : -1.8** (-3.3%) S52 : -0.4**** (-0.7%) | Calorimétrie indirecte | S8 : -160** S52 : -81** | DER _p : équation de prédiction basée sur la FM et la FFM <u>AT</u> : DER _m / DER _p ratio < 1 = AT | S8 : 0.97 ± 0.007*** S52 : 0.98 ± 0.007**** (ratio) |
| Gomez- Arbelaez 2018 [72] | VLCK 600-800 kcal/j, < 50 g/j HdC et 0.8-1.2 g/kg/j P + AP | 4 mois | Modèle 3C † DXA BIA | -20.7 ± 6.9**** (-21.6%) | -16.5**** (-39.1%) | -3.8**** (-7.2%) | Calorimétrie indirecte | -202 ± 314 ns | DER _p : équation de prédiction basée sur la FFM <u>AT</u> : DER _m – DER _p | -61 ± 299 ns |

Tableau 3 : suite

| Auteur-e-s Année [ref] | Description | Durée + suivi | Mesure composition corporelle | Différence poids (kg) | Différence FM (kg) | Différence FFM (kg) | Mesure de la DER/DET | Différence DER/DET (kcal/j) | Méthode de calcul de l'AT | Résultats de l'AT (kcal/j) |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Nymo 2018 [73] | VLCD 550-670 kcal/j, 42% HdC, 36% P, 18% L et 4% fibres | 8 sem + 4 sem | Modèle 2C † BodPod | -18.7 ± 4.1** (-16.2%) | -12.8 ± 0.8** (-26.3%) | -5.2 ± 1.0** (-7.8%) | Calorimétrie indirecte AP : bracelet podomètre | -161 ± 29** (après 5% de perte de poids) | DER _p : équation de prédiction basée sur la FM, FFM, sexe, âge et taille AT : comparaison entre la DER _m et la DER _p par test-t | -111 ± 165** (après 10% de perte de poids) |
| Heinitz 2020 [74] | RC à 50% 58% HdC, 15% P, 27% L | 6 sem + 2 sem | Modèle 2C † DXA | -8.7 ± 4.0** (-7.7%) | -3.1* (-7.6%) | -5.7*** (-8%) | Chambre respiratoire AP : accéléro- mètre | S1 : -188 S3 : -275 S7 : -386 (DET) | DET _p : équation de prédiction basée sur la FM et la FFM AT : DET _m – DET _p | S1 : -178 ± 137 S3 : -154 ± 222 S7 : -165 ± 140 |
| Martins 2020 [75] | LCD (800 kcal/j) + AP 3x/semaine | 4 sem + 2 ans | Modèle 4C BodPod DXA Dilution isotopique | S4 : -12.2 ± 2.6** ‡ (-15.7%) 1 an : -6.3** ‡ (-8.1%) 2 ans : -2.9**** ‡ (-3.7%) | S4 : -11.5** ‡ (-36.1%) 1 an : -6.1** ‡ (-19.1%) 2 ans : -3*** ‡ (-9.4%) | S4 : -0.8 ‡ (-1.7%) ns 1 an : -0.1 ‡ (-0.2%) ns 2 ans : +0.2 ‡ (+0.4%) ns | Calorimétrie indirecte | S4 : -85** ‡ 1 an : -34 ‡ ns 2 ans : -23 ‡ ns | DER _p : équation de prédiction basée sur la FM, FFM, âge et ethnologie AT : comparaison entre DER _m et DER _p par test-t | -54 ± 105** <i>Pas d'AT observée après 1 ou 2 ans de suivi</i> |
| Martins 2020 [76] | LCD : 1000 kcal/j dont 75 g/j P | 8 sem + 4 sem | Modèle 3C † BodPod BIA | S9 : -14.1 ± 0.4** (-13.6%) | S9 : -10.9** (-25.2%) S13 : -11.9** (-27.5%) | S9 : -2.4** (-4%) S13 : -1.7** (-2.8%) | Calorimétrie indirecte AP : bracelet podomètre | S9 : -202** S13 : -141** | DER _p : équation de prédiction basée sur la FM, FFM, âge et sexe AT : comparaison entre DER _m et DER _p par test-t | S9 : -92 ± 110** S13 : -38 ± 124*** |

2C, 2-compartiments ; 3C, 3-compartiments ; 4C, 4-compartiments ; AP, activité physique ; AT, thermogenèse adaptative ; BIA, impédancemétrie ; CR, restriction calorique ; DER, dépense énergétique de repos ; DER_m, DER mesurée ; DER_p, DER prédite ; DET, dépense énergétique totale ; DET_m, DET mesurée ; DET_p, DET prédite ; DLW, eau doublement marquée ; DXA, absorptiométrie biphotonique à rayons X ; FFM, masse non grasse ; FM, masse grasse ; GC, groupe contrôle ; HdC, hydrates de carbone ; IRM, imagerie par résonance magnétique ; L, lipides ; LCD, régime faible en calories ; M, mois ; min, minutes ; ns, non significatif ; P, protéines ; sem ou S, semaine ; SMR, dépense énergétique durant le sommeil ; VLCD, régime très faible en calories ; VLCK, régime cétogène très faible en calories

Pourcentages calculés : $\frac{\text{nombre de kg perdus}}{\text{valeur de départ}} \times 100$. Différence significative entre les mesures pré et post-intervention : * $P < .0001$, ** $P < .001$, *** $P < .01$, **** $P < .05$

Les valeurs sont présentées sous forme de moyenne ± écart-type, sauf exceptions (dans ce cas, différence calculée en soustrayant la valeur post-intervention à la valeur *at baseline*)

† Les modèles, non-explicités par les auteur-e-s, ont été déduits à partir des mesures de composition corporelle

‡ Données d'un sous-groupe de femmes (n = 46), car données manquantes pour n = 156

1. Composition corporelle

a) Évaluation de la composition corporelle

Trois études ont utilisé la DXA pour mesurer les pourcentages de la FM et la FFM à partir du poids corporel (67, 70, 74). Une seule étude a utilisé la DXA et la BIA pour mesurer la composition corporelle (72). Deux études ont uniquement utilisé le BodPod (68, 73). Les études de Martins et al. (76) et de Camps et al. (71) ont respectivement utilisé la BIA et la dilution isotopique au deutérium pour mesurer l'eau intracellulaire, en plus du BodPod.

Deux études (69, 75) ont combiné toutes ces méthodes et ont utilisé le BodPod pour la mesure de la composition corporelle (FM et FFM), la dilution isotopique pour la mesure de l'ECT et la DXA pour la mesure de la masse osseuse (et les tissus maigres pour l'étude de Bosy-Westphal).

b) Résultats de la composition corporelle

Perte de poids et IMC

La perte de poids liée à la CR a été significative dans toutes les études analysées. Les LCD de 800 à 1000 kcal/j ou à 50% des besoins énergétiques journaliers ont engendré une perte de poids variant de ~8 à ~14 kg (68, 69, 74, 76). Les études de Martins et al. (75) et de Redman et al. (67) avec une CR d'environ 800 kcal/j couplée à de l'AP ont également amené à une perte de poids entre ~8 et ~12 kg. Gomez et al. (72) ont rapporté une perte de poids plus conséquente d'environ 20 kg avec un régime cétogène de 600 à 800 kcal/j et un programme standard d'AP.

Un régime plus restrictif comme celui de l'étude de Camps et al. (71) à 478 kcal/j n'a pas résulté en une perte de poids plus importante. Cependant, Nymo et al. (73) ont constaté une perte de poids de 18.7 kg avec un régime VLCD de 550 à 670 kcal/j et une perte de poids plus importante chez les hommes. Dans l'étude de Johannsen et al. (70), les sujets participant à la compétition télévisée ont perdu en moyenne 57 kg avec une restriction de plus de 70% de leurs besoins énergétiques et une AP conséquente.

Les études de Camps et de Martins ont montré une reprise de poids à la 52^{ème} semaine post-intervention (71) et à 1-2 ans respectivement (75).

Il est important d'également considérer d'autres co-facteurs à la perte de poids comme les antécédents d'effet « yo-yo », les précédents régimes plus au moins proches de l'étude, la perte de poids rapide et les troubles du comportement alimentaire (TCA). Trois études avaient comme critères d'inclusion une absence de régime alimentaire et un poids stable proche de l'étude (72, 73, 76), 1 étude avait pour critère d'exclusion les TCA (67) et 2 études prenaient en compte les mesures durant les premières phases de la perte de poids : au 3^{ème} jour (73) et à la fin de la 1^{ère} semaine (74).

Tout comme le poids corporel, l'IMC a significativement diminué dans les études à la suite des interventions. La baisse de l'IMC a varié entre 3.0 kg/m² pour l'étude de Goele (68) et 19 kg/m² pour l'étude de Johannsen (70). Dans l'étude de Camps et al. (71), la diminution de l'IMC s'est atténuée au fil des semaines, concordant avec la reprise du poids. Les données sur l'IMC final étaient manquantes pour 5 des 10 études analysées (67, 73-76).

Masse grasse

En concordance avec la perte de poids, une diminution significative de la FM a été observée dans toutes les études. Chez Martins (75) et Camps (71), la FM a diminué de manière conséquente directement après la perte de poids, respectivement de -11.5 kg et -7.8 kg, mais a ré-augmenté pour les deux à 1 an (+5.4 kg (75) et +2.8 kg (71)) après l'intervention. Pour une des études (76), la FM a continué à diminuer tout au long de l'étude, mais de manière minimale. La perte de FM la plus conséquente a été observée par Johannsen et al. (70) avec une diminution de -47.1 kg. Enfin, une grande hétérogénéité dans la baisse de FM a été constatée, puisqu'elle varie entre 8 et 64% de la FM initiale.

Masse non grasse

En comparaison de la FM, la FFM a diminué de manière réduite dans la majorité des études (68-73, 76). Dans une des études (74), la FFM a plus diminué que la FM suite à l'intervention : -5.7 kg de FFM vs -3.1 kg de FM. La baisse de la FFM était statistiquement significative dans toutes les études, excepté celle de Martins et al. (75). Tout comme pour la FM, une grande variabilité a été observée, allant de 1 à 14% de la FFM initiale.

2. Dépense énergétique

a) Évaluation de la dépense énergétique

Toutes les études mesurant la DER ont utilisé la calorimétrie indirecte sous canopy (68-73, 75, 76). Les trois études mesurant la DET ont utilisé la mesure par DLW (67, 70) ou la mesure par chambre respiratoire (74).

b) Résultats de la dépense énergétique

Dépense énergétique de repos

Une diminution significative de la DER après perte de poids a été observée dans 7 études sur les 8 mesurant la DER. Les diminutions de DER se situaient entre 85 et 202 kcal/j, excepté pour une étude. L'étude de Johannsen et al. (70) a en effet, rapporté une diminution de la DER de -789 kcal/j, pouvant s'expliquer par la perte de poids considérable de -57.6 kg. Au vu des résultats, la variation de la DER dépendait fortement de l'ampleur de la perte de poids et de la préservation de la FFM.

Dans l'étude de Gomez (72), la DER_m n'était significativement pas différente de celle mesurée avant intervention, et ceci à tout moment de l'étude, malgré l'observation d'une diminution de cette dernière (-1.0% à C-2, -2.4% à C-3 et -8.3% à C-4).

Dépense énergétique totale

Deux études sur les dix ont seulement mesuré la DET (67, 74). En plus de la mesure de la DER, l'étude de Johannsen et al. (70) a également mesuré la DET. Une diminution significative de la DET de -386 kcal/j après 7 semaines de CR a été rapportée dans l'étude d'Heinitz et al. (74).

Dans l'étude de Redman et al. (67), la DET n'était significativement pas différente dans le groupe contrôle (GC) et dans le groupe associant une CR à une AP (G2) à 3 et à 6 mois.

Dans les deux groupes ayant pour seule intervention une CR (G1 et G3), la DET avait significativement diminué durant la perte de poids (respectivement -454 et -633 kcal/j). Pour ces deux groupes, la DET à 6 mois était augmentée (respectivement -316 et -389 kcal/j) par rapport à celle à 3 mois, mais toujours significativement plus basse que les valeurs de départ et significativement différente des valeurs du GC.

3. Thermogenèse adaptative

a) Évaluation de la thermogenèse adaptative

Pour rappel, l'AT est « la différence entre la [DE] mesurée et la [DE] calculée à partir de la masse des organes » (61). La différence dans les études pour évaluer l'AT résidait exclusivement dans la prédiction de la DER (DER_p), puisque toutes les études mesurant la DER ont utilisé la calorimétrie indirecte.

Sept études ont donc calculé l'AT en comparant la DER_m à la DER_p par équation de prédiction, à l'aide d'analyses statistiques comme l'analyse de la variance (ANOVA) ou le test de Student (68, 70-73, 75, 76). Pour les équations, 2 études ont uniquement inclus la FFM et la FM (71, 74). Les études de Redman (67), Johannsen (70) et Martins (76) ont ajouté l'âge et le sexe. L'étude de Nymo (73) a ajouté comme variable la taille et celle de Martins (75), l'ethnie. Enfin, 2 études avaient pour seule variable la FFM (68, 72).

L'équipe de Bosy-Westphal et al. (69) a calculé la DER en se basant sur la somme des 8 compartiments du corps (cœur, foie, cerveau, reins, masse musculaire squelettique, masse osseuse, tissu adipeux et masse résiduelle) multipliée par leurs coûts métaboliques respectifs. Cette DER calculée a ensuite été soustraite à la DER_m par calorimétrie indirecte pour calculer la TA.

Les trois études mesurant la DET par DLW (67, 70) ou par chambre respiratoire (74) l'ont comparée par analyse statistique (ANOVA ou test de Student) à la DET prédite (DET_p) par équation de prédiction.

b) Résultats de la thermogenèse adaptative

L'AT était significative dans 6 des 7 études ayant pour seule intervention la CR (68, 69, 71, 73-75). Les études de Nymo (73), Goele (68) et Bosy-Westphal (69) ont obtenu une AT de -111, -79 et -55 kcal/j respectivement.

Lorsqu'elle était mesurée plusieurs fois au cours de l'étude, Heinitz et al. (74) ont décelé une AT plus élevée après la première semaine (-178 ± 137) qu'à la fin de l'intervention (-165 ± 140). Pour Martins et al. (76), l'AT à la fin de l'intervention était de -92 ± 110 kcal/j et a diminué lors de la phase du maintien du poids pour atteindre -38 ± 124 kcal/j. Camps et al. (71) ont observé un phénomène différent, puisque l'AT était la même à la fin de l'intervention (semaine 8) et à la fin de la phase de maintien du poids (semaine 52).

Pour 2 études couplant l'AP à la CR, l'AT était statistiquement significative (70, 75). L'étude de Johannsen (70) avait obtenu l'AT la plus conséquente des études analysées, étant de -504 kcal/j. Martins et al. (75) se sont rapprochés de l'AT trouvée par Bosy-Westphal et al. (69) avec une AT de -54 kcal/j.

Dans l'étude de Redman (67), l'AT était significative à 3 mois dans les 2 groupes de restriction alimentaire (G1 = -371 et G3 = -496), mais pas dans le groupe associant CR et AP (G2). Aucun des groupes n'a présenté d'AT significative à 6 mois, excepté lorsque les groupes G1 et G3 étaient combinés.

Il est important de noter qu'il existe une grande variabilité dans les AT calculées, puisque l'écart-type allait jusqu'à ± 222 . Enfin, l'étude de Gomez et al. (72) est la seule étude à ne pas avoir trouvé d'AT significative.

VI. Discussion

A. Rappel des résultats saillants

Cette revue quasi-systématique a analysé 10 articles de 2009 à 2020, dans le but de déterminer si les changements de composition corporelle et de DE en lien avec la perte de poids étaient anormaux chez des personnes en surpoids ou obèses. Les résultats ont montré qu'une perte de poids entraînait une diminution de la FM, de la FFM et de la DE. De manière logique, les réductions les plus importantes ont été observées lorsque la perte de poids était plus grande, démontrant une corrélation positive.

Au-delà de 4 semaines de CR, la perte de poids concernait principalement la FM (82%), à l'exception de l'étude d'Heinitz (74), où les participant·e·s avaient perdu en moyenne 35% de FM et 65% de FFM de manière inexpliquée. Généralement, plus le régime était restrictif (71, 73), plus la part de FFM perdue était grande, et ce malgré un régime riche en protéines.

Une diminution significative de la DER ou de la DET après perte de poids a été observée dans 9 des 10 études analysées. La diminution de la DE après la perte de poids était principalement due aux pertes de FFM et FM (32, 78). Corrélativement avec la diminution de FM et de FFM, plus le régime était restrictif, plus la diminution de DER était importante. Une seule étude (67) comparant la CR à la CR associée à l'AP a montré une diminution significative de la DER dans les groupes de CR, mais pas de diminution significative dans le groupe avec AP.

Des valeurs statistiquement significatives d'AT ont été rapportées dans 9 des 10 études incluses. Seule l'étude de Gomez et al. (72) a rapporté ne pas avoir trouvé d'AT significative. Les valeurs d'AT étaient généralement moindres, d'environ 50 à 100 kcal/j, par rapport aux besoins énergétiques. Une seule étude a mesuré une AT d'environ 500 kcal/j (70). Trois études (69, 71, 74) ont fait état d'une grande variabilité inter-individuelle. De plus, l'écart-type de l'AT était large pour quatre études (69, 73, 75, 76), démontrant une grande marge d'erreur.

Enfin, l'étude de Camps (71) a mesuré une AT après 1 an (ratio : 0.98 à S52 vs 0.97 à S8) suggérant que l'AT a été maintenue durant 44 semaines. Les résultats de Martins et al. (75) ont quant à eux démontré l'absence d'AT après 1 et 2 ans de suivi (< 20 kcal/j ; ns) et l'absence de corrélation avec la reprise de poids.

Ces résultats concordent avec les résultats de l'étude ayant suivi les participant·e·s de l'étude de Johannsen 6 ans après la fin de l'émission. Dans cette étude (79), la reprise de poids n'était significativement pas corrélée à l'AT.

B. Interprétation des résultats et mise en perspective

1. Définition et évaluation de la thermogenèse adaptative

Conformément aux observations initiales de Taylor & Keys dans leur expérience du Minnesota (62), l'AT renvoie aux changements de la DER ne pouvant pas être prédits par les changements de FFM et sa composition. Par conséquent, la définition de l'AT implique de tenir compte de la composition corporelle, et notamment lorsque celle-ci est modifiée. Un manque de cohérence au niveau de la définition de l'AT et de sa méthode d'évaluation pourrait expliquer les divergences observées d'une étude à l'autre concernant les résultats.

Comme l'a mis en évidence l'analyse des études, la méthodologie la plus couramment utilisée pour évaluer l'AT est la comparaison des DER mesurée et prédite. Pour rappel, la DER_p est calculée à partir d'équations de prédiction. Ces dernières se basent dans la majorité des cas sur un modèle à 2-compartiments (FM et FFM), utilisé par la moitié des études incluses dans la revue. Le modèle 2C repose sur l'hypothèse que les densités de la FM et de la FFM sont uniformes et constantes. Pourtant, un changement dans la composition de la FFM résulterait inéluctablement en une modification de la densité de celle-ci, et influencerait donc la DER. Un changement dans la composition de la FM a également un impact non négligeable. L'impact de la FM sur la DER étant considérablement réduit à des taux de FM supérieurs à 40%, ceci pourrait entraîner une surestimation de la DER (et donc de l'AT) chez les personnes avec un taux de FM initiale très élevé (39, 40).

Trois études ont utilisé un modèle à 3-compartiments, en mesurant l'ECT par dilution isotopique au deutérium ou par BIA. Ce modèle suppose un rapport constant entre les protéines et minéraux de la FFM. Tout comme le modèle 2C, ce modèle présente donc la limite de ne pas prendre en compte les variations de ces composants. Il est admis que la perte de poids au stade précoce se caractérise par une perte en eau, protéines et en glycogène (80, 81). Une diminution de la teneur en eau de la FFM conduit à une surestimation de la perte en FM par mesure de BIA ou BodPod (78). À contrario, la dilution isotopique au deutérium surestime la perte en FFM et sous-estime la perte en FM (78). L'utilisation de ratios mathématiques négligeant les changements dans cette composition de FFM, ce modèle n'est donc pas adapté pour mesurer l'AT.

Seuls Bosy-Westphal et Martins ont utilisé un modèle à 4-compartiments pour mesurer la composition corporelle (69, 75). Ce modèle permet de considérer la masse des tissus et organes métaboliquement actifs dans la physiopathologie de l'AT. L'utilisation de l'imagerie par résonance magnétique (IRM) comme dans l'étude de Bosy-Westphal, permet une mesure précise des masses des organes à haut et bas taux métabolique, et non une estimation (78). Étant construit sur la base d'une combinaison de méthodes de références (DXA, BodPod, dilution isotopique ou BIA) (82), le modèle 4C représente donc un *gold standard* pour la mesure de la composition corporelle (83). Toutefois, le coût de l'équipement et le temps requis limitent grandement son utilisation en pratique, pouvant expliquer pourquoi très peu d'études l'ont utilisé.

Les équations prédictives se basant sur des modèles de composition corporelle, il est aisé de comprendre qu'investiguer l'existence de l'AT dépend fortement de la précision de la technique utilisée pour mesurer la composition corporelle.

2. Influence de la balance énergétique sur la thermogénèse adaptative

La BE est composée de l'apport énergétique, la DE et le stockage d'énergie. Lorsque l'apport énergétique n'est pas égal à la DE sur une période donnée, le poids corporel peut varier. Une BE neutre survient lorsque l'apport énergétique est égal à la DE. Dans ce cas-là, le poids corporel est stable. Une BE positive survient lorsque l'apport énergétique est supérieur à la DE. Ceci provoque une augmentation du poids corporel, dont 60 à 80% généralement constituée de FM. À l'inverse, une BE négative, c'est-à-dire une DE supérieure à l'apport énergétique, a pour conséquence une perte de poids corporel. (84) À l'instar de la perte de poids corporel, l'AT serait également influencée par la BE. En effet, selon Camps et al. (71), plus la BE est négative, plus l'adaptation métabolique serait importante. En d'autres mots, plus une perte de poids est importante, plus l'AT serait conséquente.

Un élément important à considérer lorsque l'on étudie la présence ou non d'AT, est le statut de la BE au moment des mesures. L'étude de Martins et al. (75) a rapporté une AT moindre (-54 kcal/j) lorsque les mesures étaient conduites après une période de maintien de poids (4 semaines), et non pas directement après la perte de poids. Dans une deuxième étude observationnelle (76), ces mêmes auteur·e·s ont voulu comparer les mesures faites directement après perte de poids, à celles faites après 4 semaines de stabilité pondérale. À la fin de la phase de perte de poids (= BE négative), l'AT était de -92 kcal/j, puis presque réduite de moitié après 4 semaines de stabilité pondérale (-38 kcal/j). De plus, dans un sous-groupe de 33 participant·e·s ayant pris du poids pendant la période de stabilisation (= BE positive), aucune AT n'a été observée. Ces résultats mettent en évidence que l'AT dépend donc du statut de la BE ou du statut hydrique des tissus et organes.

La persistance de l'AT durant la phase de stabilisation du poids peut s'expliquer par le fait que les participant·e·s n'étaient peut-être pas réellement en BE neutre (même si leur poids était stable) (75, 76). Les auteur·e·s expliquent cela par le fait qu'un régime LCD (~800 kcal/j), provoquant une cétose, entraîne une déplétion des stocks de glycogène et une perte massive en eau. Durant la réalimentation, la prise de poids initiale est liée à la reconstitution des stocks glycogène et à une augmentation de la teneur en eau (76, 85). Cela veut donc dire qu'il faut s'attendre à une légère prise de poids (entre 1.6 et 2.5 kg d'après Martins) lors d'une réalimentation. Dans la deuxième étude de Martins (76), les participant·e·s ont continué à perdre 0.8 kg de FM et ont pris 0.9 kg de FFM lors de la période de maintien de poids. Par conséquent, les participant·e·s étaient donc probablement en BE négative, ce qui peut expliquer la persistance de l'AT durant une phase de maintien de poids.

Le design de l'étude peut également être source de confusion sur la présence ou non d'une AT lors de la phase de maintien du poids. En effet, les études transversales ne montrent aucune AT lorsque des sujets de même poids (obèses ayant perdu du poids vs sujets contrôles n'en ayant pas perdu) sont comparés. À contrario, les études longitudinales chez des sujets en surpoids ou obèses décèlent toujours une AT lors de la phase de maintien du poids, probablement parce que les sujets ne sont pas réellement en BE négative. (76)

Malgré le potentiel lien entre BE et AT, il est difficile de conclure formellement si l'AT n'était présente que lorsque la BE serait négative. Afin de déterminer le statut réel de la BE des sujets, il serait nécessaire de mesurer les changements au niveau des stocks de glycogène. Toutefois, il est compréhensible que peu d'études ne le fassent, car le *gold standard* pour mesurer les stocks de glycogène nécessite une biopsie du muscle (86).

3. Biais et limites des études incluses

a) Études mesurant la DET

Les changements adaptatifs de la DET sont plus difficiles à évaluer du fait des sous-compartiments qui la compose (87). Pour rappel, la DET comprend deux composantes : la DER et la PAEE, elle-même composée de l'EAT et la NEAT (*cf. II.A. 1*).

L'importance de considérer cette NEAT dans la régulation du poids a été mise en lumière par Ravussin et al. (88) qui ont démontré que même dans des conditions où les sujets étaient confinés dans une chambre respiratoire, la NEAT représentait 8 à 15% de la DET et variait entre 100 et 680 kcal/j (87). L'utilisation de la DLW dans des études de CR a également montré que la diminution de la DET était largement expliquée par une diminution de la PAEE (EAT + NEAT) (35, 89, 90). Ces résultats soulignent ainsi la possibilité qu'une NEAT réduite puisse contribuer à l'AT (87).

Dans les études de Redman (67) et d'Heinitz (74), l'AT était calculée de la même manière que la DER, en soustrayant la DET_p à la DET mesurée (DET_m). Cette approche pourrait conduire à des calculs inexacts, car elle ne tient pas compte des changements de la PAEE (et donc de la NEAT) qui pourraient influencer la DET indépendamment de la présence d'une AT. De plus, les équipements utilisés pour mesurer la DET présentent des limites. La DLW, méthode utilisée par Redman et al. (67), présente un risque d'accumulation d'erreurs en lien avec la longue durée des mesures (35). Cette méthode donne également une estimation indirecte de la PAEE ; aucune distinction ne peut donc être faite entre la diminution de l'EAT et de la NEAT (87). La chambre respiratoire, méthode utilisée par Redman (67) et Heinitz (74), permet de mesurer toutes les composantes de la DET. Toutefois, cette méthode n'est pas adaptée pour explorer les changements dans l'AP, car la variété, l'intensité et le type des activités sont largement limités par la petite taille de la chambre.

Ces deux études présentent une limite au niveau de la taille de l'échantillon. D'après Redman et al. (67), cela pourrait expliquer l'échec de détection d'AT d'un point de vue statistique (observée cliniquement mais pas statistiquement) au 6^{ème} mois. Il aurait fallu au moins 22 sujets (contre 12 pour G1) pour détecter un changement significatif après intervention (d'après une analyse de la puissance).

Enfin, ces études n'ont pas mesuré l'ECT, ce qui aurait pu expliquer la variabilité des résultats en matière de perte de poids.

b) Études mesurant la DER

Comme expliqué précédemment, les différences dans les résultats peuvent s'expliquer par les différences dans les instruments utilisés pour mesurer la composition corporelle et la DE, ou dans l'échantillon de population.

L'étude de Johannsen et al. (70) a trouvé une AT très élevée ($- 504 \pm 171$ kcal/j) après une perte de poids massive ($- 57.6$ kg), malgré une préservation de la FFM ($17.4 \pm 7.8\%$ de la perte pondérale). Si on s'intéresse à la méthodologie pour évaluer l'AT, cette étude a utilisé une équation de prédiction (par analyse de variance) basée sur la FM, la FFM, l'âge et le sexe. Ils ont ensuite soustrait cette DER_p à la DER_m pour calculer l'AT.

L'analyse de variance à partir des valeurs *at baseline* était valide pour un pourcentage de FM de $49 \pm 5\%$; par conséquent, elle ne peut pas être applicable pour un pourcentage de FM plus faible ($28 \pm 10\%$ après perte de poids). De plus, cette équation ne prend pas compte de la masse des organes, alors qu'ils contribuent à 60-80% de la DER. Cela pourrait donc entraîner une surestimation de l'adaptation métabolique, et expliquer les valeurs élevées d'AT trouvées par Johannsen et son équipe. (33) À ceci s'ajoute le fait que la surestimation de l'AT calculée à partir de la FM et FFM *at baseline* augmente à partir d'une perte de poids > 50 kg chez les sujets sévèrement obèses (87). Dans leur étude comparant différentes méthodes de normalisation de la DER (33), Bosity-Westphal et al. ont appliqué leur équation de régression à l'étude de Johannsen et al. pour comparer la DER avant et après perte de poids. Il s'est avéré que l'AT était réduite à ~ 115 kcal/j, et non plus 504 kcal/j, ce qui coïncide avec la majorité des études analysées.

L'étude de Goele et al. (68) a rapporté que l'AT expliquait 38% de la différence entre la perte de poids mesurée et prédite. Ces résultats sont corroborés par une étude récente de Martins et al. de 2021 (91), qui a démontré que plus l'AT était grande, moins la perte de poids et de FM était grande. Toutefois, il est important de discuter des limites de l'étude de Goele et al. Premièrement, l'association entre AT et perte de poids a seulement été observée dans un sous-groupe (22 femmes sur 48 femmes = 54%). Deuxièmement, l'AT a été exprimée en kcal par kg de FFM. Bien que la FFM soit le principal déterminant de la DER, il est important de rappeler que la FM y contribue également et devrait être intégrée dans le modèle de régression linéaire. Troisièmement, le modèle de régression n'a pas pris en compte le niveau d'AP, ce qui peut influencer les résultats. (91)

L'étude de Bosity-Westphal (69) a démontré qu'en réponse à une perte de poids, la diminution relative de la masse des organes à haut taux métabolique était significativement plus élevée que celle des organes à bas taux métabolique, et pourrait ainsi expliquer la diminution importante de la DER. Même si cette étude a utilisé la technique la plus précise de toutes les études pour mesurer l'AT, elle n'est cependant pas sans limites. La mesure à partir de la différence entre les DER_m et les DER calculées (masses d'organes multipliées par leurs taux métaboliques spécifiques) repose sur certaines hypothèses concernant la composition moléculaire des organes et leurs taux métaboliques respectifs (92). Ces taux métaboliques ne sont cependant pas constants et varient avec l'adolescence, l'âge (> 55 ans), l'obésité, les changements de poids et le stress (78, 93, 94). Ensuite, les auteur-e-s ont utilisé l'équation de Kim et al. (95) pour calculer la masse musculaire. Cette équation n'est pas validée chez les sujets sévèrement obèses, car elle l'est seulement jusqu'à 35 kg/m^2 (69). Or, dans la population de son étude, 20 femmes avaient un BMI supérieur à 35 kg/m^2 .

Dans les études restantes, quatre principaux biais ont été identifiés : l'absence de mesure de l'ECT, l'absence de monitoring de l'AP, la taille de l'échantillon et la marge d'erreur liée aux techniques de mesures de la DE.

Absence de mesure de l'ECT : tout d'abord, la moitié des études n'ont pas mesuré l'ECT et ont supposé qu'elle était constante, ce qui pourrait biaiser les résultats au niveau de la DER ajustée et donc de l'AT. En effet, la CR peut entraîner des pertes d'eau allant jusqu'à 2-3 litres, résultant en une modification de 3.6% de la teneur en eau de la FFM (96). Cette sous-estimation de la perte en FFM entraînerait ainsi une surestimation de la perte en FM (68, 78). Ce biais peut avoir contribué à la surestimation de la FFM après la perte de poids, ce qui entraînerait une surestimation de l'AT dans ces études.

Absence de monitoring de l'AP : plusieurs études (69-72, 75) n'ont pas monitoré l'AP, ce qui peut représenter un biais de confusion. En effet, le fait de ne pas l'avoir mesurée précisément ne permet pas de savoir s'il y a eu des changements dans l'AP qui auraient pu affecter les résultats de l'étude.

Taille de l'échantillon : tout comme les études de Redman (67) et Heinitz (74), la taille de l'échantillon des études de Johannsen (70) et de Gomez (72) étaient faibles (respectivement 16 et 20 participant·e·s), pouvant expliquer les résultats statistiquement non significatifs en termes de DER et d'AT pour cette dernière étude. De plus, les échantillons de taille faible ($n < 50$) rendent difficile la généralisation des résultats.

Marge d'erreur : pour la calorimétrie indirecte, elle se situe entre 1 et 3% ; pour la DLW, elle se situe au-dessus de 5% (11, 22, 35, 78). Malgré ce degré élevé de précision, le risque d'erreur peut être augmenté en raison de la méthodologie, du moment et de la durée des mesures. Prenons par exemple un individu avec une DET à 2500 kcal/j (= 25 kcal/kg/j (34) d'un poids de 100 kg), cela veut donc dire qu'une AT de 50 à 100 kcal/j représenterait 2 à 4% de la DET. On peut donc conclure que les estimations actuelles de l'AT se situent approximativement dans les marges d'erreur des méthodes d'évaluation de la DE.

c) Biais de confirmation

Les études analysées pourraient présenter un biais de confirmation. Ce biais cognitif consiste à sélectionner les informations confirmant ses idées préconçues ou ses hypothèses au détriment des informations allant à leur rencontre (97).

Dans le domaine de la recherche, le biais de confirmation prend 3 formes : le *Publish or Perish*, la valorisation des résultats positifs au détriment des résultats dits négatifs, et la tendance des éditeur·rice·s des revues scientifiques à privilégier les recherches inédites au détriment des études menées en vue de reproduire les résultats. (97)

- *Publish or Perish* : le/la chercheur·se subit une pression à publier des résultats inédits pour maintenir et poursuivre une carrière
- La valorisation des résultats positifs : la découverte de résultats positifs permet au/à la chercheur·se une plus grande probabilité d'être publié et le prestige. Ainsi, il/elle peut être amené à discuter des hypothèses à la fin de la recherche afin qu'elles s'alignent aux résultats, ou alors altérer les résultats ne lui convenant pas
- Prédilection des recherches inédites : les études de reproductibilité n'apportent pas le même prestige qu'une recherche avec des résultats inédits

L'être humain a tendance à interpréter les nouvelles informations de sorte à confirmer ses croyances préexistantes. Le sujet de l'AT étant étudié depuis longtemps (XX^{ème} siècle), il peut être difficile pour les chercheur·se·s d'être totalement objectif·ve·s.

C'est pourquoi, la présence de biais de confirmation dans les études peut être supposée et pourrait expliquer les résultats disparates dans chacune d'entre elles.

C. Biais, limites et points forts de notre travail

1. Biais

Un biais de sélection a été identifié dans les études analysées, ce qui pourrait impacter la qualité de notre travail. En effet, dans certaines études, le recrutement a été fait à l'aide de publicités dans les journaux ou d'affiches distribuées. Ceci implique que les participant·e-s, volontaires, inclus·es dans ces études portaient un intérêt pour la perte de poids et pourraient être plus compliant·e-s à suivre l'intervention que la population générale. Cependant, pour une question d'éthique, la perte de poids se devait d'être volontaire.

Un autre biais réside dans le fait que 8 de nos références bibliographiques proviennent de la collaboration de deux auteur·e-s : Bosy-Westphal A. et Müller MJ. Mais, en raison de notre thématique quelque peu spécifique, il n'est pas étonnant de retrouver les mêmes auteur·e-s.

2. Limites

La première limite se trouve dans le design de cette étude. Une revue quasi-systématique dans un cadre scolaire n'étant pas aussi complète et détaillée qu'une vraie revue systématique, il a fallu se limiter à l'analyse de 10 articles. Étant donné la limite dans le temps, nous avons été poussées à arrêter la recherche d'articles en mars. La revue contient une autre limite identifiée concernant les mesures de la DE. En effet, différentes méthodes existent pour mesurer la DE, la composition corporelle et l'AT. Ceci résulte en une grande hétérogénéité dans les résultats et rend donc la comparaison des différents articles complexe.

Les pourcentages dans les tableaux, ainsi que certaines différences, ont été calculés par nous-mêmes. De plus, afin de faciliter la comparaison entre les études, une interprétation des modèles de composition corporelle utilisés a été faite pour les études ne les précisant pas. Ces éléments représentent des limites car il peut en résulter des erreurs d'interprétation ou de calcul. Cependant, tous nos calculs ont été méticuleusement vérifiés plusieurs fois.

Une autre limite pourrait prendre place dans l'interprétation des résultats. Les articles choisis étant en anglais, nous avons dû les traduire à l'aide de nos propres connaissances ou d'un traducteur en ligne afin d'en comprendre le contenu. Des erreurs d'interprétation peuvent donc avoir été faites, dues à des erreurs de traduction. La relecture faite par chacune limite cependant ces erreurs-là. Enfin, ne parlant que français, anglais et espagnol, les autres langues ont été exclues, ce qui constitue une limite dans nos recherches.

3. Points forts

Pour la recherche de littérature, cinq bases de données différentes ont été utilisées (PubMed, CINHALL, Embase, EM Premium et Google Scholar). Même si les articles retenus provenaient uniquement de PubMed, CINHALL et Google Scholar, la recherche initiale sur les 5 bases de données a permis de récolter un grand nombre d'études traitant du sujet et des outcomes. De plus, il existe des revues de littérature analysant certains des articles sélectionnés, ce qui permet de conjecturer que cette revue de littérature est complète. Tout au long du travail, de nouveaux articles sur la thématique ont été recherchés afin de ne pas négliger de nouveaux éléments.

La sélection des articles s'est faite en binôme. Afin d'avoir le même procédé pour une meilleure objectivité, un premier article a été analysé à deux.

Une fois tous les articles analysés indépendamment, les résultats ont été mis en commun.

Les études sélectionnées avaient un haut niveau de preuve (grade A et B), sauf pour 2 études (grade C). Seulement des études longitudinales ont été incluses, afin d'évaluer l'influence des interventions dans le temps.

Les différentes composantes de la DE ont été détaillées, ainsi que leurs méthodes de mesure. Le cadre de référence permet d'avoir une vue d'ensemble sur la DE et de mieux s'approprier la thématique de la revue. Les différentes unités caloriques ont été converties en kcal/jour afin de faciliter la compréhension.

Enfin, la significativité statistique des résultats a été prise en compte lors de l'interprétation, appuyant la qualité de ce travail.

VII. Conclusion

Ce travail de Bachelor a permis d'explorer la thématique de la perte de poids et ses conséquences chez le sujet en surpoids ou obèse. Les résultats des études analysées ont montré qu'une perte de poids subséquente à une restriction calorique entraînait des modifications dans la composition corporelle et dans la dépense énergétique.

Dans cette population, une perte plus importante de masse grasse que de masse non grasse a été observée. Une diminution significative de la dépense énergétique de repos a également été rapportée. L'existence de la thermogenèse adaptative a été confirmée dans 9 des 10 études analysées à des valeurs de 50 à 100 kcal/j, malgré une grande variabilité inter-individuelle. Il semblerait également que cette thermogenèse adaptative soit corrélée à la balance énergétique, puisqu'en période de stabilisation du poids ou de balance énergétique neutre, elle est atténuée voire inexistante.

Malgré le fait que la majorité des études ont attesté de l'importance de la thermogenèse adaptative dans la prévention de l'obésité, l'impact de cette dernière sur la balance énergétique est plutôt faible (~2-4% des besoins énergétiques). La variabilité inter-individuelle étant considérablement plus importante ($\pm 9\%$), il est néanmoins plausible que l'adaptation métabolique joue un rôle, bien que mineur, dans l'échec d'un maintien de la perte de poids chez certains individus.

L'absence de consensus a contribué à alimenter la controverse sur le rôle de la thermogenèse adaptative en tant que frein à la perte de poids et au maintien de celle-ci. La nécessité d'établir une définition universelle et un protocole d'évaluation de la thermogenèse adaptative semble justifié et même primordial. Standardiser les méthodes d'évaluation de cette dernière permettrait ainsi la réduction du risque de biais et une meilleure comparaison des études.

Tout comme la prédisposition à l'obésité, il n'est pas à exclure que la thermogenèse adaptative soit génétiquement déterminée. Les futures recherches devraient également chercher à clarifier les mécanismes neurobiologiques (hormones, système nerveux, tissu adipeux brun etc.), car à ce jour, l'implication de ces derniers reste floue. Ainsi, une meilleure connaissance de l'ensemble des mécanismes impliqués dans l'adaptation métabolique en réponse à une perte de poids pourrait permettre d'améliorer l'efficacité des stratégies de perte de poids et de maintien de celle-ci, et ainsi contribuer à une prise en charge plus consciente de l'obésité.

Remerciements

Nous tenons à remercier chaleureusement toutes les personnes qui nous ont accompagnées et aidées dans la réalisation de ce travail de Bachelor.

Nous remercions particulièrement Mme Maaïke Kruseman pour ses précieux conseils, son soutien et son aide dans l'orientation du travail dont le thème lui est familier.

Merci également à notre directrice, Mme Aline Robert pour sa supervision, ses encouragements et sa relecture.

Merci à M. Jean-David Sandoz, bibliothécaire du centre de documentation des Caroubiers, pour son aide et ses conseils concernant les recherches et le référencement.

Finalement, nous souhaitons remercier nos proches, M. Guillaume Hérault, Mme Myrtille Rochon et Mme Oliwia Michaluk pour leur relecture attentive et leur soutien tout au long de ce travail.

Références bibliographiques

1. Organisation mondiale de la Santé (OMS). Obésité et surpoids [En ligne]. 2020 [cité 7 juillet 2021]. Disponible sur: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
2. Wing RR, Lang W, Wadden TA, Safford M, Knowler WC, Bertoni AG, et al. Benefits of modest weight loss in improving cardiovascular risk factors in overweight and obese individuals with type 2 diabetes. *Diabetes Care*. 2011;34(7):1481-1486. doi:10.2337/dc10-2415
3. Pasanisi F, Contaldo F, de Simone G, Mancini M. Benefits of sustained moderate weight loss in obesity. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2001;11(6):401-406. PMID: 12055705
4. Goldstein DJ. Beneficial health effects of modest weight loss. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders : Journal of the International Association for the Study of Obesity*. 1992;16(6):397-415. PMID: 1322866
5. Hall KD, Kahan S. Maintenance of Lost Weight and Long-Term Management of Obesity. *Med Clin North Am*. 2018;102(1):183-197. doi:10.1016/j.mcna.2017.08.012
6. Doucet É, McInis K, Mahmoodianfard S. Compensation in response to energy deficits induced by exercise or diet. *Obesity Reviews*. 2018;19(S1):36-46. doi:10.1111/obr.12783
7. Flatt JP. Body composition, respiratory quotient, and weight maintenance. *Am J Clin Nutr*. 1995;62(5 Suppl):1107S-1117S. doi:10.1093/ajcn/62.5.1107S
8. Lam YY, Ravussin E. Analysis of energy metabolism in humans: A review of methodologies. *Mol Metab*. 2016;5(11):1057-1071. doi:10.1016/j.molmet.2016.09.005
9. Melanson EL. The effect of exercise on non-exercise physical activity and sedentary behavior in adults. *Obes Rev*. 2017;18(1):40-9. doi:10.1111/obr.12507
10. Food and Agriculture Organization (FAO). Human energy requirements - report of a joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation [En ligne]. 2001 [cité 7 juillet 2021]. Disponible sur: <http://www.fao.org/3/a-y5686e.pdf>
11. Buchowski MS. Doubly Labeled Water Is a Validated and Verified Reference Standard in Nutrition Research. *J Nutr*. 2014;144(5):573-4. doi:10.3945/jn.114.191361
12. Cortec Health. Doubly labeled water (DLW) [En ligne]. 2020 [cité 7 juillet 2021]. Disponible sur: <https://cortecnet.com/applications/pet-imaging/dlw.html>
13. Gottrand F. Mesure de la dépense énergétique dans les conditions habituelles de vie chez l'enfant. *Archives de Pédiatrie*. 1998;5(9):1020-2. doi:10.1016/S0929-693X(98)80017-1
14. Shanshan C, Wohlers-Kariesch E, Ruud E, Moon J, Bin N, Francesco C. Improving temporal accuracy of human metabolic chambers for dynamic metabolic studies. *PLOS ONE*. 2018;13(4):e0193467. doi:10.1371/journal.pone.0193467
15. Montaurier C. Chambres calorimétriques pour l'homme et analyse de gaz. *Cahier des Techniques de l'INRA*. 2016;Art05-ns-J2M:98-106. doi:hal-01578232
16. PEP 6305. Topic 13 : Measuring Physical Activity. Section 13.3 [En ligne]. [cité 1 juill 2021]. Disponible sur: <https://grants.hhp.uh.edu/doconnor/PEP6305/Section%2013.3.html>

17. Melchior JC, Potel G, Angel L, Rigaud D. Evaluation et mesure des dépenses d'énergie : de la théorie à l'intérêt clinique. *Nutrition Clinique et Métabolisme*. 1989;3(2):67-76. doi:10.1016/s0985-0562(89)80028-7
18. Pompilus R. Détection des augmentations de 5 et de 10% de la dépense énergétique totale : comparaison des estimations de deux accéléromètres. [Travail de mémoire en ligne]. Montréal: Université de Montréal; 2011 [cité le 7 juillet 2021]. Disponible sur: <http://hdl.handle.net/1866/5472>
19. European Society for Paediatric Gastroenterology Hepatology and Nutrition (ESPGHAN). Guidelines Energy [En ligne]. 2005 [cité 5 déc 2020]. Disponible sur: http://espen.info/documents/A174-02PaedPNGuidel_ESPGHANESPENPNGuidelines2Energy.pdf
20. Molé PA. Impact of Energy Intake and Exercise on Resting Metabolic Rate. *Sports Medicine*. 1990;10(2):72-87. doi:10.2165/00007256-199010020-00002
21. Fagour C, Cherifi B, Gonzalez C, Maury E, Gin H, Rigalleau V. Mesurer la dépense énergétique en pratique clinique. *Médecine des Maladies Métaboliques*. 2013;7(6):525-32. doi:10.1016/S1957-2557(13)70703-X
22. Singer P, Singer J. La calorimétrie indirecte : un outil précis trop peu utilisé. *Réanimation*. 2012;21:406-410. doi:10.1007/s13546-012-0486-5
23. Oshima T, Berger MM, Waele ED, Guttormsen AB, Heidegger C-P, Hiesmayr M, et al. Indirect calorimetry in nutritional therapy. A position paper by the ICALIC study group. *Clin Nutr*. 2017;36(3):651-62. doi:10.1016/j.clnu.2016.06.010
24. COSMED France. Q-NRG+ - La nouvelle génération de moniteur métabolique pour une calorimétrie indirecte en soins intensifs [En ligne]. 2021 [cité 7 juillet 2021]. Disponible sur: <https://www.cosmed.com/fr/produits/calorimetrie-indirecte/q-nrg-plus>
25. Harris JA, Benedict FG. A Biometric Study of Human Basal Metabolism. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1918;4(12):370-3. doi:10.1073/pnas.4.12.370
26. Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr*. 1985;39 Suppl 1:5-41. PMID: 4044297
27. Owen OE, Kavle E, Owen RS, Polansky M, Caprio S, Mozzoli MA, et al. A reappraisal of caloric requirements in healthy women. *Am J Clin Nutr*. 1986;44(1):1-19. doi:10.1093/ajcn/44.1.1
28. Mifflin MD, St Jeor ST, Hill LA, Scott BJ, Daugherty SA, Koh YO. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *Am J Clin Nutr*. 1990;51(2):241-7. doi:10.1093/ajcn/51.2.241
29. Frankenfield D, Roth-Yousey L, Compher C. Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: a systematic review. *J Am Diet Assoc*. 2005;105(5):775-89. doi:10.1016/j.jada.2005.02.005

30. Ritz P, Becouarn G, Topart P, Gohier B, Garré J-B, Arnaud J-P, et al. Peut-on prédire la dépense énergétique de repos au cours de l'obésité morbide ? *Obésité*. 2007;2:234-8. doi:10.1007/s11690-007-0067-3
31. Madden AM, Mulrooney HM, Shah S. Estimation of energy expenditure using prediction equations in overweight and obese adults: a systematic review. *J Hum Nutr Diet*. 2016;29(4):458-76. doi:10.1111/jhn.12355
32. Nelson KM, Weinsier RL, Long CL, Schutz Y. Prediction of resting energy expenditure from fat-free mass and fat mass. *Am J Clin Nutr*. 1992;56:848-56. doi:10.1093/ajcn/56.5.848
33. Bosy-Westphal A, Braun W, Schautz B, Müller MJ. Issues in characterizing resting energy expenditure in obesity and after weight loss. *Front Physiol*. 2013;4:47. doi:10.3389/fphys.2013.00047
34. Jésus P, Coëffier M. Comment évaluer les besoins énergétiques et protéiques du sujet obèse ? *Nutrition Clinique et Métabolisme*. 2017;31(4):260-7. doi:10.1016/j.nupar.2017.09.008
35. Dulloo AG, Jacquet J, Montani J-P, Schutz Y. Adaptive thermogenesis in human body weight regulation: more of a concept than a measurable entity ? Adaptive thermogenesis in humans. *Obes Rev*. 2012;13:105-21. doi:10.1111/j.1467-789X.2012.01041.x
36. Geisler C, Braun W, Pourhassan M, Schweitzer L, Glüer C-C, Bosy-Westphal A, et al. Age-Dependent Changes in Resting Energy Expenditure (REE): Insights from Detailed Body Composition Analysis in Normal and Overweight Healthy Caucasians. *Nutrients*. 2016;8(6):322. doi:10.3390/nu8060322
37. Müller MJ, Bosy-Westphal A, Kutzner D, Heller M. Metabolically active components of fat-free mass and resting energy expenditure in humans: recent lessons from imaging technologies. *Obes Rev*. 2002;3(2):113-22. doi:10.1046/j.1467-789x.2002.00057.x..
38. Müller MJ, Bosy-Westphal A, Later W, Haas V, Heller M. Functional body composition: insights into the regulation of energy metabolism and some clinical applications. *Eur J Clin Nutr*. 2009;63(9):1045-56. doi:10.1038/ejcn.2009.55
39. Kruseman M. HOMAWLO : How to maintain weight loss ? [Thèse de doctorat en ligne]. Lausanne: Université de Lausanne, Faculté de biologie et médecine; 2018 [cité 7 juillet 2021]. Disponible sur: https://serval.unil.ch/notice/serval:BIB_1FAA8F2AC608
40. Bosy-Westphal A, Müller MJ, Boschmann M, Klaus S, Kreymann G, Lührmann PM, et al. Grade of adiposity affects the impact of fat mass on resting energy expenditure in women. *Br J Nutr*. 2008;101(4):474-7. doi:10.1017/s0007114508020357
41. Barbe P, Ritz P. Composition corporelle. *Cah Nutr Diététique*. 2005;40(3):172-6. doi:10.1016/S0007-9960(05)80484-5
42. DAPA Measurement Toolkit. Multi-Component Models [En ligne]. [cité 9 juillet 2021]. Disponible sur: <https://dapa-toolkit.mrc.ac.uk/anthropometry/objective-methods/multi-component-models>

43. Siri WE. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. *Techniques for measuring body composition*. Washington, DC: National Academy of Sciences, 1961:223–44
44. Brozek J, Grande F, Anderson JT, Keys A. Densitometric analysis of body composition: Revision of some quantitative assumptions. *Ann N Y Acad Sci*. 1963;110:113–40.
45. Kuriyan R. Body composition techniques. *Indian J Med Res*. 2018;148(5):648-58. doi:10.4103/ijmr.IJMR_1777_18
46. Rigaud D. L'impédancemétrie. *Médecine des Maladies Métaboliques*. 2009;3(1):65-7. doi:10.1016/S1957-2557(09)70107-5
47. Withings. Tout savoir sur l'analyse d'impédance bioélectrique et la mesure de la composition corporelle [En ligne]. 2021 [cité 7 juillet 2021]. Disponible sur: <https://www.withings.com/fr/fr/health-insights/about-bioelectrical-impedance-analysis>
48. Barbe P. Les méthodes d'étude de la composition corporelle. *Act. Méd. Int* [En ligne]. 2000 [cité 7 juillet 2021];8(4):196-203. Disponible sur: <http://robin.candau.free.fr/Barbe2000.pdf>
49. Braillon P, Peretti N. Absorptiométrie biphotonique à rayons X. *Nutrition Clinique et Métabolisme*. 2011;25(2):91-5. doi:10.1016/j.nupar.2011.04.007
50. Sand Lake Imaging. Bone Density Test [En ligne]. 2019 [cité 7 juillet 2021]. Disponible sur: <https://www.sandlakeimaging.com/procedures/bone-density-test/>
51. Cosmed The Metabolic Company. Solutions Gold Standard pour la calorimétrie indirecte et pour la composition corporelle [En ligne]. 2016 [cité 7 juillet 2021]. Disponible sur: https://pdf.medicaexpo.fr/pdf/cosmed/solutions-gold-standard-calorimetrie-indirecte-composition-corporelle/68117-200173-_10.html
52. Hope College - Kinesiology Department. Meet the BodPod [En ligne]. 2017 [cité 7 juillet 2021]. Disponible sur: <https://blogs.hope.edu/kinesiology/kinesiology/meet-the-bodpod/>
53. Technidis-agro.com. Un nouveau pléthysmographe à déplacement d'air pour mesurer la composition corporelle des nourrissons [En ligne]. 2021 [cité 7 juillet 2021]. Disponible sur: <https://fre.technidis-agro.com/new-air-displacement-plethysmograph-15659526>
54. Fields DA, Goran MI, McCrory MA. Body-composition assessment via air-displacement plethysmography in adults and children: a review. *Am J Clin Nutr*. 2002;75(3):453-467. doi:10.1093/ajcn/75.3.453
55. COSMED France. BOD POD GS-X [En ligne]. 2021 [cité 7 juillet 2021]. Disponible sur: <https://www.cosmed.com/fr/produits/densitometrie-corporelle/bod-pod-gs-x>
56. Shafer KJ, Siders WA, Johnson LK, Lukaski HC. Validity of segmental multiple-frequency bioelectrical impedance analysis to estimate body composition of adults across a range of body mass indexes. *Nutrition*. 2009;25(1):25-32. doi:10.1016/j.nut.2008.07.004

57. Pateyjohns IR, Brinkworth GD, Buckley JD, Noakes M, Clifton PM. Comparison of Three Bioelectrical Impedance Methods with DXA in Overweight and Obese Men. *Obesity*. 2006;14(11):2064-70. doi:10.1038/oby.2006.241
58. DAPA Measurement Toolkit. Hydrometry [En ligne]. [cité 9 juillet 2021]. Disponible sur: <https://dapa-toolkit.mrc.ac.uk/anthropometry/objective-methods/hydrometry>
59. International Atomic Energy Agency (IAEA). Introduction to body composition assessment using the deuterium dilution technique with analysis of urine samples by isotope ratio mass spectrometry. [En ligne]. 2010 [cité 9 juillet 2021]. Disponible sur: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1451_web.pdf
60. Tremblay A, Major G, Doucet E, Trayhurn P, Astrup A. Role Of Adaptive Thermogenesis In Unsuccessful Weight-Loss Intervention. *Future Lipidology*. 2007;2(6):651-658. doi:10.2217/17460875.2.6.651
61. Caron N. Estimation de la dépense énergétique chez des personnes diabétiques de type 2 à l'aide de capteurs "intelligents" [Thèse de doctorat en ligne]. Saint-Denis: Université de la Réunion. 2017 [cité 5 dec 2020]. Disponible sur: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01820631>
62. Taylor HL, Keys A. Adaptation to caloric restriction. *Science*. 1950;112(2904):215-8. doi:10.1126/science.112.2904.215
63. Major GC, Doucet E, Trayhurn P, Astrup A, Tremblay A. Clinical significance of adaptive thermogenesis. *Int J Obes (Lond)*. 2007;31(2):204-12. doi:10.1038/sj.ijo.0803523
64. Müller MJ, Enderle J, Pourhassan M, Braun W, Eggeling B, Lagerpusch M, et al. Metabolic adaptation to caloric restriction and subsequent refeeding: the Minnesota Starvation Experiment revisited. *Am J Clin Nutr*. 2015;102(4):807-19. doi:10.3945/ajcn.115.109173
65. Müller MJ, Bosy-Westphal A. Adaptive thermogenesis with weight loss in humans. *Obesity (Silver Spring)*. 2013;21(2):218-28. doi:10.1002/oby.20027
66. Haute autorité de Santé (HAS). État des lieux - Niveau de preuve et gradation des recommandations de bonne pratique [En ligne]. 2013 [cité 7 juillet 2021]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2013-06/etat_des_lieux_niveau_preuve_gradation.pdf
67. Redman LM, Heilbronn LK, Martin CK, de Jonge L, Williamson DA, Delany JP, et al. Metabolic and behavioral compensations in response to caloric restriction: implications for the maintenance of weight loss. *PLoS One*. 2009;4(2):e4377. doi:10.1371/journal.pone.0004377
68. Goele K, Bosy-Westphal A, Rümcker B, Lagerpusch M, Müller MJ. Influence of Changes in Body Composition and Adaptive Thermogenesis on the Difference between Measured and Predicted Weight Loss in Obese Women. *Obes Facts*. 2009;2(2):105-9. doi:10.1159/000210369
69. Bosy-Westphal A, Kossel E, Goele K, Later W, Hitze B, Settler U, Heller M, Glüer CC, Heymsfield SB, Müller MJ. Contribution of individual organ mass loss to weight loss-associated decline in resting energy expenditure. *Am J Clin Nutr*. 2009;90(4):993-1001. doi:10.3945/ajcn.2008.27402

70. Johannsen DL, Knuth ND, Huizenga R, Rood JC, Ravussin E, Hall KD. Metabolic slowing with massive weight loss despite preservation of fat-free mass. *J Clin Endocrinol Metab.* 2012;97(7):2489-96. doi:10.1210/jc.2012-1444
71. Camps SGJA, Verhoef SPM, Westerterp KR. Weight loss, weight maintenance, and adaptive thermogenesis. *Am J Clin Nutr.* 2013;97(5):990-4. doi:10.3945/ajcn.112.050310
72. Gomez-Arbelaez D, Crujeiras AB, Castro AI, Martinez-Olmos MA, Canton A, Ordoñez-Mayan L, et al. Resting metabolic rate of obese patients under very low calorie ketogenic diet. *Nutr Metab.* 2018;15:18. doi:10.1186/s12986-018-0249-z
73. Nymo S, Coutinho SR, Torgersen L-CH, Bomo OJ, Haugvaldstad I, Truby H, et al. Timeline of changes in adaptive physiological responses, at the level of energy expenditure, with progressive weight loss. *Br J Nutr.* 2018;120(2):141-9. doi:10.1017/S0007114518000922
74. Heinitz S, Hollstein T, Ando T, Walter M, Basolo A, Krakoff J, et al. Early adaptive thermogenesis is a determinant of weight loss after six weeks of caloric restriction in overweight subjects. *Metabolism.* 2020;110:154303. doi:10.1016/j.metabol.2020.154303
75. Martins C, Gower BA, Hill JO, Hunter GR. Metabolic adaptation is not a major barrier to weight-loss maintenance. *Am J Clin Nutr.* 2020;112(3):558-65. doi:10.1093/ajcn/nqaa086
76. Martins C, Roekenes J, Salamati S, Gower BA, Hunter GR. Metabolic adaptation is an illusion, only present when participants are in negative energy balance. *Am J Clin Nutr.* 2020;112(5):1212-8. doi:10.1093/ajcn/nqaa220
77. Romeijn MM, Kolen AM, Holthuijsen DDB, Janssen L, Schep G, Leclercq WKG, et al. Effectiveness of a Low-Calorie Diet for Liver Volume Reduction Prior to Bariatric Surgery: a Systematic Review. *Obes Surg.* 2021;31(1):350-6. doi:10.1007/s11695-020-05070-6
78. Müller MJ, Enderle J, Bosy-Westphal A. Changes in Energy Expenditure with Weight Gain and Weight Loss in Humans. *Curr Obes Rep.* 2016;5(4):413-23. doi:10.1007/s13679-016-0237-4
79. Fothergill E, Guo J, Howard L, Kerns JC, Knuth ND, Brychta R, et al. Persistent metabolic adaptation 6 years after The Biggest Loser competition. *Obesity (Silver Spring).* 2016;24(8):1612-9. doi:10.1002/oby.21538
80. Müller MJ, Bosy-Westphal A. Effect of Over- and Underfeeding on Body Composition and Related Metabolic Functions in Humans. *Curr Diab Rep.* 2019;19(11):108. doi:10.1007/s11892-019-1221-7
81. Thomas DM, Gonzalez MC, Pereira AZ, Redman LM, Heymsfield SB. Time to Correctly Predict the Amount of Weight Loss with Dieting. *J Acad Nutr Diet.* 2014;114(6):857-61. doi:10.1016/j.jand.2014.02.003
82. Fuller NJ, Jebb SA, Laskey MA, Coward WA, Elia M. Four-component model for the assessment of body composition in humans: comparison with alternative methods, and evaluation of the density and hydration of fat-free mass. *Clin Sci.* 1992;82(6):687-93. doi:10.1042/cs0820687
83. Wilson JP, Mulligan K, Fan B, Sherman JL, Murphy EJ, Tai VW, et al. Dual-energy X-ray absorptiometry-based body volume measurement for 4-compartment body composition. *Am J Clin Nutr.* 2012;95(1):25-31. doi:10.3945/ajcn.111.019273

84. Hill JO, Wyatt HR, Peters JC. Energy Balance and Obesity. *Circulation*. 2012;126(1):126-32. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.111.087213
85. Kreitzman SN, Coxon AY, Szaz KF. Glycogen storage: illusions of easy weight loss, excessive weight regain, and distortions in estimates of body composition. *Am J Clin Nutr*. 1992;56(1 Suppl):292S-293S. doi:10.1093/ajcn/56.1.292S
86. Greene J, Louis J, Korostynska O, Mason A. State-of-the-Art Methods for Skeletal Muscle Glycogen Analysis in Athletes-The Need for Novel Non-Invasive Techniques. *Biosensors*. 2017;7(1):11. doi:10.3390/bios7010011
87. Dulloo AG, Schutz Y. Adaptive Thermogenesis in Resistance to Obesity Therapies: Issues in Quantifying Thrifty Energy Expenditure Phenotypes in Humans. *Curr Obes Rep*. 2015;4(2):230-40. doi:10.1007/s13679-015-0156-9
88. Ravussin E, Lillioja S, Anderson TE, Christin L, Bogardus C. Determinants of 24-hour energy expenditure in man. Methods and results using a respiratory chamber. *J Clin Invest*. 1986;78(6):1568-78. doi:10.1172/JCI112749
89. Westerterp KR. Physical activity, food intake, and body weight regulation: insights from doubly labeled water studies. *Nutr Rev*. 2010;68(3):148-54. doi:10.1111/j.1753-4887.2010.00270.x
90. Martin CK, Das SK, Lindblad L, Racette SB, McCrory MA, Weiss EP, et al. Effect of calorie restriction on the free-living physical activity levels of nonobese humans: results of three randomized trials. *J Appl Physiol*. 2011;110(4):956-63. doi:10.1152/jappphysiol.00846.2009
91. Martins C, Roekenes J, Gower BA, Hunter GR. Metabolic adaptation is associated with less weight and fat mass loss in response to low-energy diets. *Nutr Metab*. 2021;18(1):60. doi:10.1186/s12986-021-00587-8
92. Elia M. Organ and tissue contribution to metabolic rate. In: Kinney JM, Tucker HN, eds. *Energy metabolism: tissue determinants and cellular corollaries*. New York, NY: Raven, 1992:61–79.
93. Müller MJ, Wang Z, Heymsfield SB, Schautz B, Bosy-Westphal A. Advances in the understanding of specific metabolic rates of major organs and tissues in humans. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2013;16(5):501-8. doi:10.1097/MCO.0b013e328363bdf9
94. Pourhassan M, Eggeling B, Schautz B, Johannsen M, Kiosz D, Glüer C-C, et al. Relationship between submaximal oxygen uptake, detailed body composition, and resting energy expenditure in overweight subjects. *Am J Hum Biol*. 2015;27(3):397-406. <https://doi.org/10.1002/ajhb.22666>
95. Kim J, Wang Z, Heymsfield SB, Baumgartner RN, Gallagher D. Total-body skeletal muscle mass: estimation by a new dual-energy X-ray absorptiometry method. *Am J Clin Nutr*. 2002;76(2):378-83. doi:10.1093/ajcn/76.2.378
96. Müller MJ, Bosy-Westphal A. Reply to MG Browning. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2016;103(3):953-4. doi:10.3945/ajcn.115.127282
97. Larivée S, Sénéchal C, St-Onge Z, Sauvé M-R. Le biais de confirmation en recherche. *psyedu*. 2019;48(1):245-63. doi:10.7202/1060013AR

Bibliographie

- Kruseman M. HOMAWLO : How to maintain weight loss ? [Thèse de doctorat en ligne]. Lausanne: University of Lausanne, Faculté de biologie et médecine ; 2018 [cité 18 juillet 2021]. Disponible sur: https://serval.unil.ch/resource/serval:BIB_1FAA8F2AC608.P001/REF
- Magkos F. On adaptive thermogenesis: just another weight-loss tale? *Am J Clin Nutr.* 2020;112(5):1157-9. doi:10.1093/ajcn/nqaa262
- Nunes CL, Casanova N, Francisco R, Bosy-Westphal A, Hopkins M, Sardinha LB, et al. Does adaptive thermogenesis occur after weight loss in adults? A systematic review. *Br J Nutr.* 2021;1-19. doi:10.1017/S0007114521001094
- Ravussin E, Redman LM. Metabolic adaptation: is it really an illusion? *Am J Clin Nutr.* 2020;112(6):1653-4. doi:10.1093/ajcn/nqaa308
- Rey M, Yacoub Maroun M. Évaluation de la dépense énergétique chez l'adulte : un champ à explorer pour les diététiciens [Travail de Bachelor en ligne]. Genève: Haute École de Santé; 2018.

Annexes

Annexe 1 : grille d'analyse qualité de l'Academy of Nutrition and Dietetics³

Résumé descriptif

| | |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Référence | |
| Devis d'étude | |
| Niveau de qualité | <input type="checkbox"/> + (Positif) <input type="checkbox"/> - (Négatif) <input type="checkbox"/> ⊖ (Neutre) |
| But de la recherche | |
| Critères d'inclusion | |
| Critères d'exclusion | |
| Description du protocole de l'étude | Recrutement : Design : Aveuglement (si applicable) : Intervention (si applicable) : Analyses statistiques : |
| Recueil de données | Moments de mesure : Variables dépendantes : Variables indépendantes : Autres variables en lien : |
| Description de l'échantillon étudié | N initial sujets : (..... Hommes ; Femmes) N final analysé : (Taux de retrait :) Age (moyenne ; groupes ; etc.) : Origine : Autres caractéristiques démographiques : Données anthropométriques : Lieu de recrutement : |

³ Traduction libre de Worksheet template and Quality criteria checklist : Primary Research. Academy of Nutrition and Dietetics, Evidence Analysis Library®. <http://www.andean.org/evidence-analysis-manual> (accédé le 18 janvier 2017)

| | |
|------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Résumé des résultats | Constatations principales : Constatations secondaires : |
| Conclusion des auteurs | |
| Commentaires | |
| Source de financement | |

Analyse qualité

| Symboles | Légende |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| + | Positif : Indique que l'article a abordé clairement les critères d'inclusion et d'exclusion, les biais, la généralisabilité, le recueil et l'analyse des données. |
| - | Négatif : Indique que les éléments ci-dessus n'ont pas été abordés de manière suffisante. |
| ⊖ | Neutre : Indique que l'article n'est ni particulièrement robuste ni particulièrement faible. |

Checklist

| Questions de pertinence | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 1. En cas de résultat positif de l'intervention étudiée, est-ce que sa mise en application résulterait en une amélioration pour le groupe cible ? (Non applicable pour certaines études épidémiologiques). | O N PP NA |
| 2. Est-ce que l'outcome ou le thème étudié (variable dépendante) est important du point de vue du groupe cible ? | O N PP NA |
| 3. Est-ce que l'intervention ou la procédure (variable indépendante) ou le thème de l'étude est une préoccupation fréquente en pratique diététique ? | O N PP NA |
| 4. Est-ce que l'intervention ou la procédure est réalisable/faisable ? (Non applicable pour certaines études épidémiologiques). | O N PP NA |

Oui = O ; Non = N ; Peu de précisions = PP ; Ne s'applique pas = NA

| Questions de validité | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1. Est-ce que la <u>question de recherche</u> a été clairement posée ?</p> <p>1.1 Est-ce que l'intervention ou la procédure (variable indépendante) a été identifiée ?</p> <p>1.2 Est-ce que les variables de résultat (outcome, variables dépendantes) ont été clairement indiquées ?</p> <p>1.3 Est-ce que la population cible et le cadre de l'étude ont été spécifiés ?</p> | <p>O-N-PP-NA</p> <p>O-N-PP-NA</p> <p>O-N-PP-NA</p> <p>O-N-PP-NA</p> |
| <p>2. Est-ce que la <u>sélection des sujets de l'étude</u> était exempte de biais ?</p> <p>2.1 Est-ce que les critères d'inclusion et d'exclusion étaient spécifiés (facteurs de risque, stade de la maladie, critères de diagnostic, comorbidités, etc.) et avec suffisamment de détails, sans omettre ceux essentiels pour l'étude ?</p> <p>2.2 Est-ce que les critères ont été appliqués de manière identique dans tous les groupes étudiés ?</p> <p>2.3 Est-ce que les caractéristiques de santé, les caractéristiques sociodémographiques et les autres caractéristiques des sujets sont décrites ?</p> <p>2.4 Est-ce que les sujets peuvent être considérés comme un échantillon représentatif de la population cible ?</p> | <p>O-N-PP-NA</p> <p>O-N-PP-NA</p> <p>O-N-PP-NA</p> <p>O-N-PP-NA</p> <p>O-N-PP-NA</p> |
| <p>3. Est-ce que les groupes étudiés étaient <u>comparables</u> ?</p> <p>3.1 Est-ce que la méthode de répartition des sujets dans les groupes était décrite et non biaisée ? En cas d'essai contrôlé randomisé, est-ce que la méthode de randomisation était explicitée ?</p> <p>3.2 Est-ce qu'au début de l'étude la distribution des caractéristiques (stade de la maladie, facteurs pronostiques ou sociodémographiques) était similaire dans les groupes de l'étude ?</p> <p>3.3 Est-ce que les sujets du groupe contrôle étaient inclus en même temps que les autres sujets d'étude ? (suivi en parallèle préféré au suivi rétrospectif)</p> <p>3.4 S'il s'agit d'une étude de cohorte ou transversale, est-ce que les groupes étaient comparables en termes de facteurs de confusion et est-ce que les différences préexistantes étaient prises en compte lors des analyses statistiques ? (ajustement, p.ex.).</p> <p>3.5 S'il s'agit d'une étude cas-témoin, est-ce que les facteurs de confusion potentiels étaient similaires chez les cas et les témoins ? (s'il s'agit d'une étude de cas ou si les sujets étaient leur propre contrôle [cross-over] ce critère n'est pas applicable ; idem dans certaines études transversales).</p> <p>3.6 S'il s'agit d'une étude visant à évaluer un test diagnostique, est-ce qu'il y avait une comparaison indépendante faite en aveugle avec un <i>Gold standard</i> ?</p> | <p>O-N-PP-NA</p> <p>O-N-PP-NA</p> <p>O-N-PP-NA</p> <p>O-N-PP-NA</p> <p>O-N-PP-NA</p> <p>O-N-PP-NA</p> <p>O-N-PP-NA</p> |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>4. Est-ce que la gestion des <u>retraits</u> (sujets ayant arrêté l'étude volontairement ou non) a été décrite ?</p> <p>4.1 Est-ce que les méthodes de suivi des sujets ont été décrites et étaient-elles identiques pour tous les groupes ?</p> <p>4.2 Est-ce que le nombre de retraits et les motifs (abandons, perdus de vue, etc.) ou le taux de réponse (études transversales) étaient décrits pour chaque groupe ? (Le taux de suivi pour une étude robuste est de 80%).</p> <p>4.3 Est-ce que tous les sujets inclus dans l'échantillon de départ ont été pris en compte dans l'analyse ?</p> <p>4.4 Est-ce que les raisons de retrait étaient similaires dans tous les groupes ?</p> <p>4.5 S'il s'agit d'une étude visant à évaluer un test diagnostique : est-ce que la décision d'effectuer le test de référence (gold standard) n'était pas influencée par les résultats du test étudié (nouveau test) ?</p> | <p>O-N-PP-NA</p> <p>O-N-PP-NA</p> <p>O-N-PP-NA</p> <p>O-N-PP-NA</p> <p>O-N-PP-NA</p> <p>O-N-PP-NA</p> |
| <p>5. Est-ce que des <u>méthodes en aveugle</u> ont été utilisées pour empêcher les biais ?</p> <p>5.1 S'il s'agit d'une étude d'intervention, est-ce que les cliniciens et les investigateurs étaient aveugles concernant l'attribution des groupes ?</p> <p>5.2 Est-ce que les personnes chargées de recueillir les données étaient aveugles concernant l'évaluation des résultats ? (<i>si le résultat était évalué par un test objectif, p.ex. une valeur biologique, ce critère est d'emblée acquis</i>).</p> <p>5.3 S'il s'agit d'une étude de cohorte ou d'une étude transversale, est-ce que les mesures de résultat et de facteurs de risque des sujets ont été effectuées à l'aveugle ?</p> <p>5.4 S'il s'agit d'une étude cas-témoins, est-ce que la définition d'un cas était explicite et son attribution au groupe « cas » non-influencée par le fait qu'il ait été exposé ou non au facteur étudié ?</p> <p>5.5 S'il s'agit d'une étude visant à évaluer un test diagnostique, est-ce que les résultats du test étaient traités en aveugle, relativement à l'histoire du patient et aux résultats d'autres tests ?</p> | <p>O-N-PP-NA</p> <p>O-N-PP-NA</p> <p>O-N-PP-NA</p> <p>O-N-PP-NA</p> <p>O-N-PP-NA</p> <p>O-N-PP-NA</p> |
| <p>6. Est-ce que <u>l'intervention</u>, les plans de traitement, les facteurs d'exposition ou la procédure, ainsi que les comparaisons ont été décrites en détail ?</p> <p>6.1 S'il s'agit d'un essai randomisé contrôlé ou d'une autre étude d'intervention, est-ce que les protocoles étaient décrits pour chacun des plans de traitement étudiés ?</p> <p>6.2 S'il s'agit d'une étude d'observation, est-ce que les interventions, le cadre de l'étude et les professionnels impliqués étaient décrits ?</p> <p>6.3 Est-ce que l'intensité et la durée de l'intervention ou du facteur d'exposition étaient suffisantes pour produire un effet significatif ?</p> | <p>O-N-PP-NA</p> <p>O-N-PP-NA</p> <p>O-N-PP-NA</p> <p>O-N-PP-NA</p> |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 6.4 Est-ce que l'ampleur de l'exposition et, le cas échéant, la compliance du sujet, était mesurée ? | O-N-PP-NA |
| 6.5 Est-ce que les co-interventions (traitements auxiliaires, autres thérapies, etc.) étaient décrites ? | O-N-PP-NA |
| 6.6 Est-ce que les traitements supplémentaires ou non planifiés étaient décrits ? | O-N-PP-NA |
| 6.7 Est-ce que les données relatives aux questions, 6.4, 6.5, et 6.6 étaient évaluées de la même manière pour tous les groupes ? | O-N-PP-NA |
| 6.8 S'il s'agit d'une étude visant à évaluer un test diagnostique, est-ce que la manière d'effectuer les tests et leur reproduction étaient suffisamment décrits ? | O-N-PP-NA |
| 7. Est-ce que les <u>variables de résultats</u> étaient clairement définies et les <u>mesures valides et fiables</u> ? | O-N-PP-NA |
| 7.1 Est-ce que les critères de résultats (endpoints) primaires et secondaires étaient décrits et pertinents pour répondre à la question ? | O-N-PP-NA |
| 7.2 Est-ce que les mesures nutritionnelles étaient appropriées pour étudier la question et les résultats d'intérêt ? | O-N-PP-NA |
| 7.3 Est-ce que la période de suivi était suffisamment longue pour que les résultats puissent se produire ? | O-N-PP-NA |
| 7.4 Est-ce que les observations et les mesures étaient basées sur des instruments, tests ou procédures de recueil de données standardisés, valides et fiables ? | O-N-PP-NA |
| 7.5 Est-ce que la mesure de l'effet était d'un niveau de précision approprié ? | O-N-PP-NA |
| 7.6 Est-ce que d'autres facteurs pouvant influencer les résultats étaient pris en compte ? | O-N-PP-NA |
| 7.7 Est-ce que les mesures étaient conduites de façon systématique dans chacun des groupes ? | O-N-PP-NA |
| 8. Est-ce que les <u>analyses statistiques</u> étaient appropriées pour le design d'étude et pour le type de variables de résultat ? | O-N-PP-NA |
| 8.1 Est-ce que les analyses statistiques étaient suffisamment décrites et les résultats rapportés de manière adéquate ? | O-N-PP-NA |
| 8.2 Est-ce que les tests statistiques utilisés étaient corrects et est-ce que les hypothèses des tests étaient respectées ? | O-N-PP-NA |
| 8.3 Est-ce que les résultats statistiques étaient rapportés avec les niveaux de signification ou les intervalles de confiance ? | O-N-PP-NA |
| 8.4 Est-ce que l'analyse des résultats était effectuée pour l'ensemble des sujets en « intention de traiter » ? (<i>le cas échéant, y avait-il une analyse des résultats pour les personnes les plus exposées ou une analyse dose-effet</i>) ? | O-N-PP-NA |
| 8.5 Est-ce que des ajustements pour les facteurs de confusion potentiels étaient faits de manière adéquate ? (analyses multivariées p.ex.) | O-N-PP-NA |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 8.6 Est-ce que la signification clinique ainsi que la signification statistique étaient mentionnées ? | O-N-PP-NA |
| 8.7 Si les résultats étaient négatifs, est-ce qu'un calcul de puissance permettait d'identifier une éventuelle erreur de type II ? | O-N-PP-NA |
| 9. Est-ce que <u>les conclusions étaient étayées par les résultats</u> et tenaient compte des biais et des limites ? | O-N-PP-NA |
| 9.1 Est-ce qu'il y a une discussion des résultats ? | O-N-PP-NA |
| 9.2 Est-ce que les biais et les limites de l'étude sont identifiés et discutés ? | O-N-PP-NA |
| 10. Est-ce qu'un biais dû au <u>financement ou au sponsoring</u> de l'étude est peu probable ? | O-N-PP-NA |
| 10.1 Est-ce que les sources de financement et les affiliations des investigateurs sont mentionnées ? | O-N-PP-NA |
| 10.2 Est-ce qu'il n'y avait pas de conflit d'intérêt apparent ? | O-N-PP-NA |

Cotation

| |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| POSITIF (+) <i>Si la majorité des réponses aux questions de validité ci-dessus sont « Oui », y compris les critères 2, 3, 6 et 7 ainsi qu'au moins une réponse « Oui » à une autre question, l'article devrait être désigné par le symbole plus (+).</i> |
| NEGATIF (-) <i>Si la plupart ($\geq 6/10$) des réponses aux questions de validité ci-dessus sont « Non », l'article devrait être désigné par le symbole moins (-).</i> |
| NEUTRE (⊖) <i>Si les réponses aux questions de validité 2, 3, 6 et 7 n'indiquent pas que l'étude est particulièrement robuste, l'article devrait être désigné par le symbole neutre (⊖).</i> |

Annexe 2 : grille de lecture descriptive

| | |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Quelle est la question posée par les auteurs ?</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Quelle est la question de recherche ? <ol style="list-style-type: none"> a. Population b. Intervention / Exposition c. Comparaison d. Outcome <p>Est-ce que la question est suffisamment argumentée et justifiée dans l'introduction ? (Expliquez brièvement)</p> 2. Une hypothèse est-elle formulée de manière explicite ? Si oui, quelle est-elle ? |
| <p>Quel type d' étude a été effectué ?</p> | <ol style="list-style-type: none"> 3. La récolte de données était-elle longitudinale ou transversale ? 4. La récolte de données était-elle rétrospective ou prospective ? 5. Y a-t-il eu une comparaison entre groupes ? Si oui, quels étaient les groupes ? 6. Y a-t-il eu une (ou des) intervention(s) ou une exposition ? 7. Quel était le devis d'étude ? (cohorte, cas-témoins, enquête, étude de cas, essai contrôlé randomisé ?) |
| <p>Quelles sont les méthodes utilisées ?</p> | <ol style="list-style-type: none"> 8. De quelle population les sujets étaient-ils issus ? 9. Quels étaient les principaux critères d'inclusion et d'exclusion ? 10. Comment les sujets ont-ils été sélectionnés ? <p>Y a-t-il un risque de biais de sélection ?</p> 11. Quelles étaient les variables étudiées ? <p>Les outils de mesure étaient-ils valides et fiables ?</p> 12. Quelles étaient les principales analyses statistiques effectuées ? |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Quels sont les résultats de l'étude ?</p> | <p>13. Quels sont les principaux résultats ?</p> <p>Que signifient-ils concrètement ?</p> <p>Permettent-ils de répondre à la question de recherche ?</p> <p>Les tableaux et graphiques sont-ils pertinents, clairement légendés ?</p> <p>Selon vous, manque-il des résultats pertinents ?</p> |
| <p>Puis-je appliquer ces résultats à ma pratique ?</p> <p>Analyse personnelle</p> | <p>14. Quels sont les éléments principaux de la discussion ?</p> <p>15. Les auteurs présentent-ils les limites et les biais ? Si oui, quels sont-ils ?</p> <p>16. Les auteurs citent-ils leurs sources (références) ?</p> <p>Les références citées sont-elles récentes ?</p> <p>Les auteurs citent-ils plusieurs de leurs propres travaux ?</p> <p>Certains aspects importants manquent-ils de références ?</p> <p>17. Quelle est la conclusion de l'étude ?</p> <p>Est-elle logique et découle-t-elle des résultats de l'étude ?</p> <p>Selon vous, les résultats sont-ils plausibles ? En lien avec ce que vous connaissez ?</p> <p>Que pensez-vous de cette étude ? Appliqueriez-vous les résultats ?</p> |

Protocole de Travail de Bachelor

Perte de poids volontaire : impact sur le métabolisme de base et la composition corporelle

Emma BIOLLEY

Elisa HÉRAULT

Sous la direction de : Aline Robert Cornide, diététicienne diplômée,
chargée d'enseignement HES

18 décembre 2020

Tables des matières

| | |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| I. Résumé du travail | 3 |
| II. Abréviations | 4 |
| III. Introduction | 5 |
| A. Présentation du thème | 5 |
| B. Définitions | 5 |
| 1. Dépense énergétique totale | 5 |
| 2. Métabolisme de base vs dépense énergétique de repos | 6 |
| 3. Composition corporelle | 6 |
| C. Justification du thème | 7 |
| D. But | 8 |
| IV. Question de recherche | 8 |
| V. Méthode | 8 |
| A. Introduction | 8 |
| 1. Brève explication du déroulement prévu | 8 |
| 2. Revue de littérature systématique | 8 |
| B. Design | 9 |
| 1. Justification | 9 |
| 2. Rappel méthodologique | 9 |
| C. Stratégie de recherche | 10 |
| D. Critères d'inclusion et d'exclusion | 11 |
| E. Sélection des études | 12 |
| 1. Sélection par titre | 12 |
| 2. Sélection par abstract | 12 |
| 3. Sélection par critères d'inclusion et d'exclusion | 12 |
| 4. Analyse de la qualité..... | 12 |
| F. Analyse et extraction des données | 13 |
| 1. Définition des variables..... | 13 |
| 2. Outil de collecte des données | 14 |
| VI. Déroulement | 14 |
| VII. Budget et ressources | 15 |
| A. Ressources matérielles | 15 |
| B. Ressources humaines | 15 |
| C. Ressources financières | 16 |
| VIII. Considérations éthiques | 16 |
| IX. Références bibliographiques | 17 |

I. Résumé du travail

Introduction

L'augmentation de la prévalence du surpoids et de l'obésité est devenue un problème de santé mondiale. L'OMS considère que l'épidémie actuelle démontre la nécessité urgente de mettre en place des actions de prévention et de prise en charge. Actuellement, les moyens thérapeutiques utilisés sont multiples et variés mais, ils reposent sur un unique et même principe : la perte de poids induite par un déficit calorique. Toutefois, malgré les effets bénéfiques connus d'une perte de poids sur l'amélioration des comorbidités, il semblerait que la plupart des individus y rencontrent des difficultés. De nombreuses recherches cherchant à expliquer cette résistance à la perte de poids se sont alors penchées sur la notion de baisse du métabolisme de base et de thermogenèse adaptative. À ce jour, aucun consensus n'a été établi quant au rôle de la thermogenèse adaptative et du métabolisme de base en tant que freins à la perte de poids ou au maintien de celle-ci. Les nombreuses études réalisées sont ainsi souvent controversées voire contradictoires. C'est pourquoi, ce travail permettra de prendre du recul sur les recherches déjà effectuées, dans le but d'apporter plus de clarté sur cette thématique et de confirmer les facteurs entrant en jeu dans le mécanisme de perte de poids ou de maintien de la perte de poids.

But

Ce travail de recherche a pour but d'établir un bilan sur les connaissances actuelles des conséquences d'une perte de poids sur la dépense énergétique de repos et la composition corporelle chez le sujet en surpoids ou obèse. Nous explorerons, par ailleurs, la notion de thermogenèse adaptative et tenterons d'y apporter un regard nouveau et critique. Les résultats de notre travail pourraient ainsi représenter une aide précieuse dans la prise en charge des personnes en surpoids ou obèses, en appréhendant mieux les modifications corporelles et les facteurs pouvant limiter la perte de poids ou le maintien de la perte de poids.

Question de recherche

La question de recherche est donc la suivante : « *Quel est l'impact de la perte de poids volontaire sur la dépense énergétique de repos et la composition corporelle chez l'adulte en surpoids ou obèse ?* »

Méthode

Afin de répondre à notre question de recherche, nous effectuerons une revue quasi-systématique dans les bases de données PubMed, Cinhal, Embase, EM Premium et Google Scholar. Pour cela, nous utiliserons les concepts suivants : "perte de poids volontaire", "dépense énergétique de repos", "composition corporelle" et "surpoids ou obèses", concepts que nous aurons au préalable transcrits en mots-clés. Pour cette revue quasi-systématique, nous nous concentrerons prioritairement sur les essais cliniques randomisés, les études de cohorte et possiblement les revues systématiques et méta-analyses. Nous sélectionnerons nos articles selon un schéma prédéfini et rigoureux, tout en tenant compte de nos critères d'inclusion et d'exclusion. Enfin, l'analyse et l'extraction de données se fera à l'aide de deux tableaux : l'un regroupant les différentes études avec leurs caractéristiques principales et l'autre regroupant nos variables mesurées et une synthèse des résultats des articles.

Mots-clés : perte de poids, dépense énergétique, métabolisme de base, composition corporelle, surpoids, obèses

II. Abréviations

| | |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DE : | Dépense énergétique |
| DER : | Dépense énergétique de repos |
| DET : | Dépense énergétique totale |
| FAO : | Food and Agriculture Organization / Organisation des Nation Unies pour l'alimentation et l'agriculture |
| FFM : | Fat-free mass / masse non-grasse |
| FM : | Fat mass / masse grasse |
| HEdS : | Haute École de Santé |
| IMC : | Indice de masse corporelle |
| MB : | Métabolisme de base |
| OMS : | Organisation Mondiale de la Santé |
| PAEE : | Physical activity energy expenditure / dépense énergétique liée à l'activité physique |
| SMR : | Sleep metabolic rate / dépense énergétique durant le sommeil |
| TBSsc : | Travail de Bachelor |
| TEF : | Thermic effect of food / thermogénèse alimentaire |

III. Introduction

A. Présentation du thème

L'augmentation de la prévalence du surpoids et de l'obésité est devenue un problème de santé mondiale. En effet, il est estimé qu'à présent, presque un tiers de la population mondiale est en situation de surpoids ou d'obésité, un chiffre triplé depuis 1975 d'après l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (1). Cette dernière considère ainsi que l'épidémie actuelle démontre la nécessité urgente de mettre en place des actions de prévention et de prise en charge.

Les moyens thérapeutiques actuellement utilisés sont multiples et variés, allant des traitements médicamenteux et chirurgicaux aux régimes et autres programmes diététiques. Toutefois, ils reposent sur un unique et même principe : la perte de poids induite par un déficit calorique. En effet, à l'état d'équilibre, l'apport énergétique est égal à la dépense énergétique (DE). Par conséquent, afin de créer une balance énergétique négative et ainsi perdre du poids, la DE doit être supérieure à l'apport énergétique. En ce sens, la restriction calorique est la stratégie thérapeutique de choix pour créer un déficit calorique.

La perte de poids par le biais de la restriction calorique a prouvé son efficacité sur l'amélioration des comorbidités liées à la surcharge pondérale et de la qualité de vie (2, 3, 4). Toutefois, malgré ces effets bénéfiques sur la santé, il semblerait que la plupart des individus rencontrent des difficultés à rester en restriction calorique sur le long-terme et auraient tendance à reprendre le poids initialement perdu (5). C'est pourquoi, il paraît donc essentiel d'explorer le potentiel d'approches alternatives pour réduire le poids corporel, et plus particulièrement la masse grasse, chez les personnes en surpoids ou obèses.

Les changements dans le poids corporel résultant inévitablement de modifications dans le métabolisme, nous tenterons de définir au mieux les différentes composantes de ce dernier.

B. Définitions

1. Dépense énergétique totale

Selon Lam et Ravussin (6), « la dépense énergétique totale (DET) se compose de trois éléments : le métabolisme de base (MB) ou la dépense énergétique de repos (DER), la thermogénèse alimentaire (TEF pour "thermic effect of food") et la dépense énergétique liée à l'activité physique (PAEE pour "physical activity energy expenditure") ». (traduction libre)

- Métabolisme de base : il représente 60 à 70% de la DET chez les personnes sédentaires. Cet élément s'assure de fournir suffisamment d'énergie pour maintenir une activité métabolique minimale durant les phases de sommeil et d'éveil
- Dépense énergétique liée à l'activité physique : c'est l'élément le plus variable de la DET car il peut représenter de ~15% jusqu'à ~50% de celle-ci selon le degré d'activité physique de la personne. Il est divisé en deux catégories : la DE liée à l'activité physique planifiée et structurée et la DE liée l'activité physique du quotidien (être debout, parler, se déplacer etc...)
- Thermogénèse alimentaire : cet élément représente l'énergie utilisée dans l'alimentation pour la digestion, l'absorption et le stockage des aliments/nutriments. Il varie selon la quantité d'aliments et de macronutriments : il faut compter de 5 à 10%

pour les glucides, 0 à 3% pour les lipides et 20 à 30% pour les protéines. Pour un régime de type occidental, on prend 10% de la DET (6, 7)

Tous ces éléments varient selon l'âge, la composition corporelle, l'ethnie et le sexe de l'individu. L'organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO pour "Food and Agriculture Organization") ajoute à cette définition ces précisions suivantes : « la DET représente l'énergie dépensée, en moyenne, sur une période de 24 heures par un individu ou un groupe d'individus. Par définition, elle reflète la quantité moyenne d'énergie dépensée dans un jour mais ce n'est pas la quantité exacte d'énergie dépensée chaque jour » (8). (traduction libre)

2. Métabolisme de base vs dépense énergétique de repos

Le MB est un des éléments faisant partie de la DET. Il y a deux catégories composant le MB : la dépense énergétique durant le sommeil (SMR pour "sleep metabolic rate") et la DE à l'éveil sans activité physique. Le MB et le SMR sont utilisés pour représenter la DE indépendamment de l'activité physique et de la TEF. Il comprend une série de fonctions essentielles à la vie, telles que le fonctionnement, le remplacement et la synthèse des cellules, la sécrétion et le métabolisme des enzymes et des hormones, le maintien de la température corporelle, le travail continu des muscles cardiaques et respiratoires et le fonctionnement du cerveau. (6, 8)

Un des facteurs le plus déterminant du MB est la masse non-grasse (FFM pour "fat-free mass"), elle représente 70% du MB. La masse grasse, le sexe, l'âge et l'ethnie sont des variantes moindres du MB. En revanche, le MB contribue de manière importante à la production de chaleur pour maintenir la température corporelle autour des 37°C. La température est un élément déterminant de la DE, puisque l'élévation d'1°C de température corporelle se reflète avec une augmentation de 10 à 13% du MB. (6, 8)

Le MB est mesuré de manière standardisée comme suit : le sujet, éveillé, en position de décubitus dorsal, est à jeun depuis 10-12 heures et au repos depuis 8 heures (idéalement, le matin directement au réveil). Il est dans un état de relaxation mentale et dans un environnement qui ne nécessite pas d'ajustement de la température corporelle (production de chaleur ou libération de chaleur). Le MB peut s'utiliser en termes de minutes, d'heures ou de 24 heures. (8, 9)

La mesure de la DER diffère peu. En effet, les mêmes conditions standardisées sont requises, exceptée pour celle d'effectuer la mesure au réveil. La DER peut varier de 10% comparé au MB. Généralement, la DER est plus souvent calculée, car elle est plus pratique. Cependant, pour étudier les effets durables ou reportés de l'alimentation et de l'exercice physique, il est préférable de mesurer le MB (9, 10). Toutefois, la DER est principalement calculée à jeun et n'est pas considérée comme différente au MB dans les études parcourues. C'est pourquoi, nous utiliserons indifféremment le terme de DER englobant les deux termes.

3. Composition corporelle

Métabolisme de repos et masse non-grasse

La FFM contient deux catégories d'organes et tissus différents : ceux à haut taux métabolique, tels que le cœur, le foie et le cerveau et ceux à bas taux métabolique comprenant la masse musculaire et les os squelettiques. Les organes et tissus à haut taux métabolique

constituent une faible partie de la FFM, 12%, mais compteraient pour 60% du MB. En contraste, les organes et tissus à bas taux métabolique composeraient plus de 50% de la FFM et 35 à 40% de la masse corporelle mais seulement jusqu'à 25% du MB. Par conséquent, la contribution de la masse des organes au MB est disproportionnellement plus importante que la masse des muscles squelettiques. De ce fait, il est possible qu'un changement dans le poids ait pour conséquence une modification des proportions des deux catégories de la FFM. Ceci aurait un effet significatif dans le MB et de ce fait dans la DET. (11, 12, 13, 14)

Métabolisme de repos et masse grasse

La DE de la masse grasse (FM pour "fat mass") est considérée comme 3 à 7 fois plus basse que la DE de la FFM. Il a été montré que la DE de la FM contribuerait de manière variable au MB. En effet, elle serait élevée lorsque 40% du poids corporel serait de la FM. En revanche, lorsque 40 à 50% du poids corporel serait composé de FM (stade extrême d'obésité), la DE diminuerait fortement. (14)

En outre, les cellules graisseuses n'ont qu'un bas taux métabolique. Ainsi, la DE de la FM s'explique plutôt par la sécrétion d'hormones et d'adipocytokines par la FM et par les perturbations métaboliques et inflammatoires associées avec le surpoids. Toutefois, chez les humains, le rôle de la FM dans la DE reste à être totalement expliqué. (14)

C. Justification du thème

De nombreuses études semblent s'être intéressées au lien entre un MB bas et le risque de prendre du poids. Depuis plus d'un siècle perdure la question de l'existence ou non d'une composante adaptative de la DE. En effet, au début du siècle dernier, ont été rapportées les premières preuves documentant l'existence possible de ce qu'on appelle plus communément la "thermogénèse adaptative". Les expériences de Neumann en 1902 et de Gulick en 1922 ont ainsi permis de démontrer la stabilité du poids corporel malgré des variations importantes de l'apport énergétique journalier. (15)

Mais alors, qu'est-ce que la thermogénèse adaptative ? Par thermogénèse adaptative, on entend « la différence entre la [DER] mesurée et celle calculée à partir de la masse des organes, symbolisant ainsi la diminution de la [DER] non expliquée par la variation de la composition corporelle » (16). Cette baisse inexpliquée de la DER pourrait ainsi justifier les difficultés que peuvent rencontrer certaines personnes à perdre du poids ou à maintenir le poids perdu.

Malgré un grand nombre d'études qui soutiennent la théorie de la thermogénèse adaptative en tant que facteur de résistance à la perte de poids, certains travaux dont celui de Bosy-Westphal et al. (17) ont suggéré que la majorité de la diminution de la DER pourrait s'expliquer par la diminution du poids des organes. Cependant, cette étude conclue également que la thermogénèse adaptative subséquente à la perte de poids est restée significative malgré la prise en compte de la diminution du poids des organes. Nonobstant le fait qu'il n'existe, à l'heure actuelle, aucun consensus relatif à la question de la thermogénèse adaptative en tant que frein à la perte de poids ou au maintien du poids perdu, de nombreuses études se sont intéressées à cette problématique. Et même si elles se veulent controversées ou parfois contradictoires, elles ont pour but de vouloir apporter des réponses aux interrogations qui subsistent quant aux facteurs pouvant rendre plus difficile la perte de poids ou le maintien de la perte de poids à long terme.

D. But

Ce travail de recherche aura pour but d'établir un bilan sur les connaissances actuelles des conséquences d'une perte de poids sur la DER et la composition corporelle chez le sujet en surpoids ou obèse. Nous souhaiterions également explorer la théorie de la thermogénèse adaptative, afin d'y apporter un regard nouveau et critique. De plus, nous chercherons à savoir si une perte de poids volontaire subséquente à une restriction calorique entraîne ou non un ralentissement du MB et pourrait expliquer la difficulté pour certaines personnes à maintenir leur perte de poids. Les résultats de notre travail pourraient permettre de prendre en charge de manière plus consciente les personnes en surpoids ou obèses quant à la modification corporelle et la DER.

IV. Question de recherche

« Quel est l'impact de la perte de poids volontaire sur la dépense énergétique de repos et la composition corporelle chez l'adulte en surpoids ou obèse ? »

Les composantes de la question de recherche selon l'acronyme PICO sont les suivantes :

Population (P) : adultes en surpoids ou obèses avec ou sans pathologie chronique (sans pathologie aiguë)

Intervention (I) : perte de poids volontaire

Comparaison (C) : - (ou groupe contrôle sans intervention)

Outcome (O) : impact sur la DER et la composition corporelle

V. Méthode

A. Introduction

1. Brève explication du déroulement prévu

Nous allons répondre à notre question de recherche en effectuant une revue de littérature quasi-systématique des études déjà publiées sur le sujet. En effet, le but de notre travail est d'exposer l'état des connaissances actuelles sur les conséquences d'une perte de poids sur la DER et la composition corporelle chez le sujet en surpoids ou obèses

2. Revue de littérature systématique

Pour réaliser notre travail de Bachelor (TBSsc), nous allons chercher, sur les bases de données choisies, tous types d'études et de revues de littérature pour approfondir notre recherche et pour répondre à notre question plus précisément. Nous effectuerons également une analyse de fiabilité et de qualité des articles en nous basant notamment sur les références utilisées. Puis, nous analyserons les articles sélectionnés avec les grilles d'analyse mises à disposition par la Haute École de Santé (HEdS) : « Recherche : grille de lecture » et « Recherche : analyse-qualité ».

B. Design

1. Justification

Une revue systématique est « l'étude et l'interprétation de l'ensemble de la littérature qui traite d'un sujet en particulier » (18). La procédure pour en réaliser une requiert un travail standardisé qui peut s'avérer lourd et long. Une revue narrative, à l'inverse, n'apporte pas la précision et le haut niveau de preuve que fournit une revue de littérature, c'est pourquoi elle n'est pas pertinente dans le cadre de ce travail.

Pour effectuer une revue quasi-systématique, il est nécessaire d'appliquer une certaine méthode afin de s'assurer de la validité et fiabilité des études. Cela nous permettra également de rester sur une pratique « evidence-based » tout en limitant les biais et la subjectivité.

2. Rappel méthodologique

Dans une revue de littérature, les points suivants doivent être traités : question de recherche, critères d'inclusion et exclusion, stratégie pour identifier les études, sélection des études, recueil/extraction de données, analyse des données et recommandations pour la clinique et la recherche. Ces éléments sont tous mentionnés dans des chapitres de la revue, se présentant comme suit : introduction, méthode, résultats et discussion.

Pour commencer, « l'introduction » d'une revue systématique se doit de préciser le sujet, la portée et la raison d'être de la revue. On peut également y inclure une explication des termes, définitions et concepts-clés qui sont essentiels à la compréhension des informations contenues dans la revue. L'essentiel de l'introduction consistera à présenter un argument clair et convaincant quant à l'existence de cette revue, à justifier le type de revue effectuée (narrative, méta-analyse, etc...) et les avantages de cette dernière sur le sujet discuté. (19)

Ensuite, la partie « méthode » servira à décrire clairement chaque étape de la méthodologie utilisée pour effectuer la revue et le raisonnement qui la justifie. En bref, il s'agit de détailler ce que nous avons fait et pourquoi nous l'avons fait ainsi. Nous y présenterons notamment la sélection d'articles. (19)

Dans la partie « résultats », il s'agit de résumer et d'évaluer de manière critique les résultats acquis durant notre recherche et notre analyse. Ils se doivent d'être présentés sans biais, de manière structurée, claire et directe. Pour ce faire, il est possible d'utiliser des tableaux et/ou diagrammes. (19)

Enfin, la partie « discussion » est la conclusion de la revue systématique. Celle-ci doit résumer et discuter des conclusions de la revue en s'appuyant sur les preuves examinées. Il est également nécessaire de discuter des points forts et des limites de la revue en tenant compte de la qualité de chacune des études analysées. Ainsi, il est possible de commenter, évaluer et étendre la théorie discutée à l'aide de l'état actuel des preuves. (19)

C. Stratégie de recherche

Grâce à la définition de notre question de recherche d'après la méthode PICO, nous avons ainsi pu mettre en valeur les quatre concepts principaux :

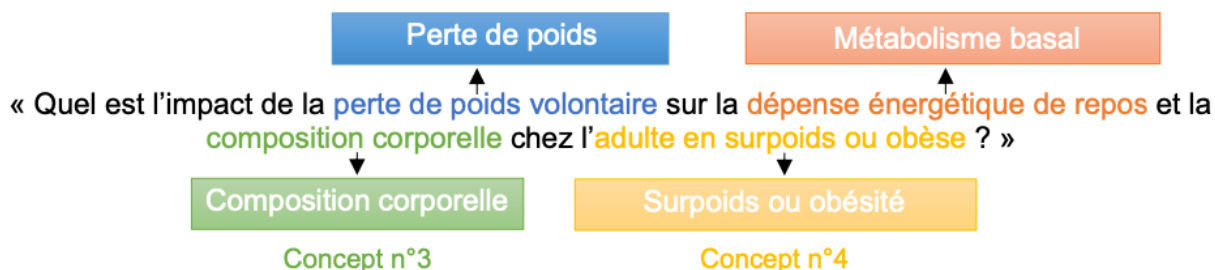


Figure 1 : définition des concepts à partir de la question de recherche

Ces mots-clés ont tout d'abord fait l'objet d'une transcription en MeSH¹ terms en français, puis ils ont été traduits en MeSH terms en anglais grâce au site HeTOP². Quand cela était possible, nous avons sélectionné plusieurs MeSH terms pour élargir notre champ de recherche. Nous avons également inclus en tant que mots-clés libres quelques termes se retrouvant régulièrement dans les études.

Voici un tableau regroupant les mots-clés sélectionnés et leurs MeSH terms associés :

| Concepts | Mots-clefs | HeTOP (MeSH en français) | HeTOP (MeSH en anglais) | Mots-clés libres |
|------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------|
| Perte de poids volontaire | Perte de poids | Perte de poids | Weight loss | |
| Dépense énergétique de repos | Dépense énergétique | Métabolisme énergétique Calorimétrie indirecte | Energy metabolism Calorimetry, indirect | Resting metabolic rate |
| | Métabolisme de base | Métabolisme basal | Basal metabolism | Adaptative thermogenesis |
| Composition corporelle | Composition corporelle | Composition corporelle | Body composition | |
| Surpoids ou obèse | Surpoids | Surpoids | Overweight | |
| | Obèses | Obésité | Obesity | |

Tableau 1 : l'impact de la perte de poids volontaire sur la DER et la composition corporelle

Concernant les bases de données, nous en avons sélectionné cinq principales :

- Medline via PubMed
- Cinhal

¹ MeSH = Medical Subject Headings

² HeTOP = Health Terminology / Ontology Portal

- Embase
- EM Premium
- Google Scholar

Après définition des mots-clefs en MeSH terms en anglais, nous avons pu rédiger notre équation de recherche, que nous utiliserons pour chaque base de données. Ainsi, nous avons lié les termes entre eux grâce aux opérateurs booléens ET, OU (AND, OR en anglais) :

Equation de recherche utilisée sur PubMed :

((Weight loss[Title/Abstract] AND (energy metabolism[Title/Abstract] OR calorimetry, indirect[Title/Abstract] OR basal metabolism[Title/Abstract] OR resting metabolic rate[Title/Abstract]) OR adaptative thermogenesis[Title/Abstract])) AND (body composition[Title/Abstract]) AND (overweight[Title/Abstract] OR obesity[Title/Abstract])

Nous avons également ciblé notre tranche d'âge aux adultes (18 – 65 ans) à l'aide des filtres dans les différentes bases de données.

D. Critères d'inclusion et d'exclusion

Types d'études : seules les études prospectives seront incluses. Ainsi, nous avons décidé d'inclure en priorité les essais cliniques randomisés (niveau de recommandation A), puis les études de cohorte (niveau de recommandation B). Il se peut que des méta-analyses et revues systématiques soient également incluses.

Exclusions : études transversales car pas de suivi dans le temps et faible niveau de preuve scientifique

Population : adultes de plus de 18 ans en surpoids ou obèses (indice de masse corporelle (IMC) > 25 kg/m²) avec ou sans pathologie chronique. Nous ne ferons aucune distinction entre les hommes et les femmes, ou entre les ethnies et/ou origines.

Exclusions : enfants (moins de 18 ans) ou personnes âgées (plus de 65 ans), adultes en surpoids ou obèses avec une ou des pathologies aiguës, adultes ayant un IMC inférieur à 25 kg/m², femmes enceintes ou allaitantes

Intervention : toutes les interventions visant une perte de poids seront incluses, avec ou sans groupe contrôle

Exclusions : perte de poids involontaire, et tout particulièrement en cas de maladie

Outcomes : les études qui évaluent nos outcomes principaux, c'est-à-dire l'impact sur la DER et sur la composition corporelle, seront incluses.

Exclusions : toutes les études qui ne mesurent pas ces deux outcomes principaux

Langues : les études de langue française, anglaise et espagnole seront incluses

Dates de publication : afin d'élargir aux maximum nos recherches, nous ne mettrons pas de limite dans les dates de publication

E. Sélection des études

Pour cette revue quasi-systématique, nous nous concentrerons prioritairement sur les essais cliniques randomisés, les études de cohorte et possiblement les revues systématiques et méta-analyses. Nous effectuerons la sélection des articles en binôme. Nous commencerons par rechercher les MeSH terms sur Pubmed, grâce à l'équation de recherche citée précédemment (*cf. partie V.C*). La sélection sera ainsi faite sur plusieurs étapes que nous décrivons ci-dessous.

1. Sélection par titre

Nous ferons une première sélection en lisant les titres de toutes les études trouvées grâce à l'équation de recherche et après application des filtres. Ainsi, nous sélectionnerons toutes les études que nous pensons répondre à notre question de recherche.

2. Sélection par abstract

Dans un deuxième temps, nous éliminerons les doublons. Nous lirons ensuite les abstracts des études sélectionnées à l'étape précédente et excluons les études qui ne sembleront pas répondre à notre question de recherche.

3. Sélection par critères d'inclusion et d'exclusion

Dans un troisième temps, nous lirons les articles en entier pour voir s'ils sont pertinents, mais également pour voir si les articles respectent nos critères d'inclusion et d'exclusion. Ceci nous donnera également l'occasion de voir si un de nos outcomes est évalué.

4. Analyse de la qualité

Pour finir, nous nous appuyerons sur les critères d'analyse de la qualité définis par la grille « Analyse qualité d'articles de recherche » mise à disposition par la HEdS. En outre, ces critères permettent d'évaluer le degré de qualité de l'étude. Autrement dit, leur but est d'évaluer la méthodologie, les possibles biais, les conflits d'intérêts et le niveau de preuve de chaque étude.

Nous effectuerons cette analyse en deux fois : tout d'abord, de manière individuelle, en nous répartissant les articles puis, en ayant une discussion des résultats de l'analyse effectuée, afin d'avoir une meilleure prise de recul sur la qualité de notre travail.

Analyse descriptive

L'analyse descriptive permet de comprendre l'étude et d'extraire les données dans le but de pouvoir, ensuite, les exploiter pour répondre à la problématique de notre travail. Nous effectuerons cette analyse en même temps que l'analyse de qualité, à l'aide de la même grille d'analyse.

Ci-dessous, vous trouverez un schéma récapitulatif de la procédure de sélection des études :

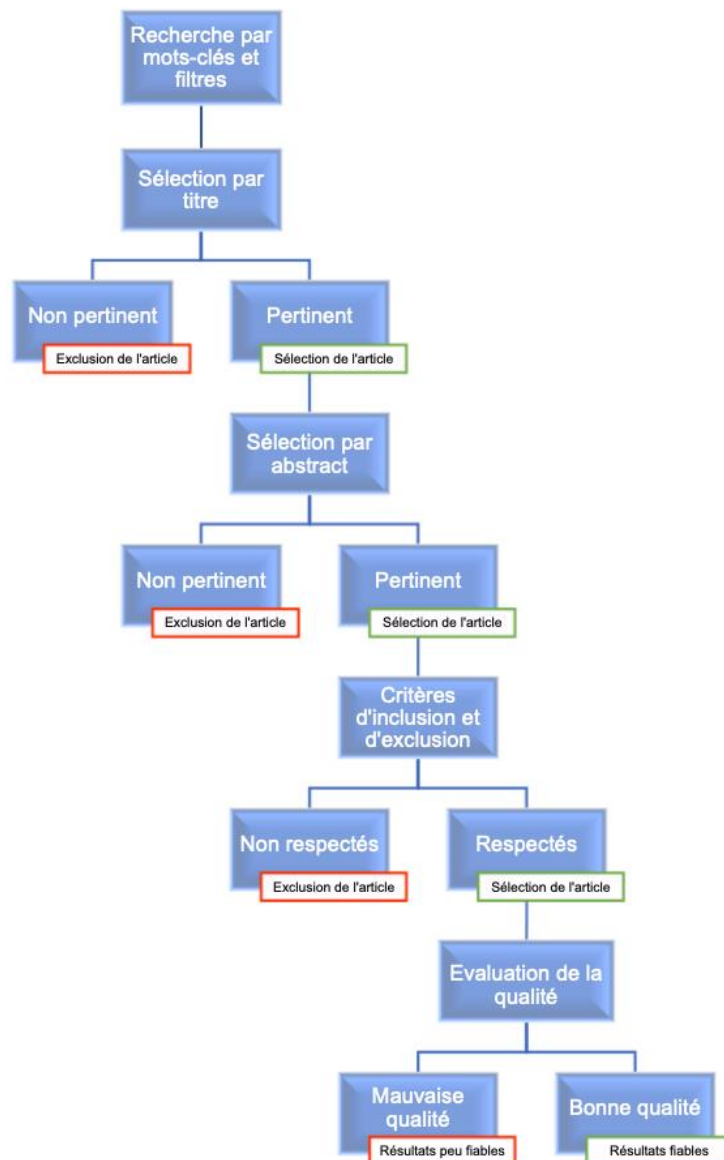


Figure 2 : schéma récapitulatif des étapes de sélection des études

F. Analyse et extraction des données

Une fois les articles sélectionnés, nous les lirons grâce à la grille de lecture citée précédemment et en extrairons les résultats.

1. Définition des variables

- Variables descriptives de la population
 - Taille (cm)
 - Poids (kilogrammes (kg))
 - IMC (kg/m^2)
 - Activité physique

- Variables descriptives de l'intervention
 - Type d'intervention
 - Perte de poids : nombre de kg perdus
- Variables descriptives des outcomes
 - Changements dans la DER
 - Augmentation ? Diminution ?
 - Changements dans la composition corporelle
 - Changement de la masse grasse (% ou nombre de kg)
 - Changement de la masse maigre (% ou nombre de kg)

2. Outil de collecte des données

Pour l'extraction des données, nous nous aiderons de deux tableaux sur Excel : le premier, où nous y regrouperons les différentes études avec leurs caractéristiques principales : auteurs, date, design de l'étude, caractéristiques de la population, type d'intervention et qualité de l'étude.

Tableau 2 : exemple de tableau regroupant les caractéristiques des études

| Etude | | | | Population | | | Intervention | Qualité |
|---------|------|--------|------|----------------|------|----------|--------------|---------|
| Auteurs | Date | Design | Pays | n participants | Âges | Origines | | |
| ... | | | | | | | | |
| ... | | | | | | | | |
| ... | | | | | | | | |
| ... | | | | | | | | |

Nous utiliserons également un deuxième tableau pour regrouper nos variables et faire une synthèse des résultats de l'impact de la perte de poids volontaire sur nos deux outcomes principaux : la DER et la composition corporelle.

Tableau 3 : exemple de tableau présentant une synthèse des résultats

| Auteurs et date | Intervention | | IMC (kg/m ²) | DER | Composition corporelle | |
|-----------------|---------------------|-----------------|--------------------------|-------------|-------------------------|-------------------------|
| | Type d'intervention | Nb de kg perdus | | Changements | Changement masse grasse | Changement masse maigre |
| ... | | | | | | |
| ... | | | | | | |
| ... | | | | | | |
| ... | | | | | | |

VI. Déroutement

Nous réaliserons l'ensemble de notre TBSsc en binôme, à l'exception de la lecture approfondie des articles, qui pourra se faire de manière individuelle. Pour ce faire, nous avons décidé de lire et analyser un premier article chacune de notre côté, puis nous comparerons ensemble nos résultats. Ainsi, cela nous permettra d'être attentive aux mêmes éléments lors de l'analyse et de garantir une certaine homogénéité pour les prochains articles, analysés individuellement. La synthèse des résultats sera faite ensemble.

Tout au long de notre travail, nous resterons en contact étroit avec notre directrice de TBS c, Mme Aline Robert Cornide, afin de faire le point et d'évaluer l'avancement de notre travail. À l'issue de chaque rendez-vous, nous rédigerons des procès-verbaux (PV) regroupant le contenu de nos discussions, les décisions prises, les tâches à effectuer et leurs délais.

Ébauche du calendrier

Le calendrier ci-dessous reprend les grandes étapes de notre travail, en s'inspirant de notre tableau de planification (cf. *annexe 1*). Ainsi, il résume l'ensemble des tâches à réaliser et leurs délais respectifs.

| CALENDRIER | |
|----------------------------------------|------------------------|
| Étapes du projet | Délai |
| Reddition du protocole | 18 décembre |
| Présentation du protocole au séminaire | 11 janvier |
| Sélection et lecture des articles | Jusqu'à fin avril |
| Extraction et analyse des résultats | Fin avril – début mai |
| Séminaire présentant les résultats | 25 mai |
| Séminaire présentant la discussion | 04 juin |
| Rédaction du TBS c | Jusqu'à mi-juillet |
| Relecture | Mi-juillet |
| Impression et reddition du TBS c | 30 juillet |
| Réalisation du poster | Début – mi-août |
| Préparation de la soutenance orale | Août |
| Soutenance orale | 39 août – 17 septembre |

2020

2021

Tableau 4 : ébauche du calendrier

VII. Budget et ressources

A. Ressources matérielles

Nous utiliserons les bases de recherche pour la littérature citées précédemment. Pour réaliser ce travail, des logiciels informatiques comme Word, Excel, Google drive seront nécessaires. De plus, au vu de la situation actuelle liée au Covid-19, nous aurons recours au logiciel de communication Microsoft Teams qui nous permettra de contacter à distance, si besoin, les différentes personnes autour de ce travail. Finalement, le logiciel Zotero sera appliqué pour référencer notre travail.

B. Ressources humaines

Tout au long de notre TBS c, nous pouvons faire appel à différentes personnes si besoin :

- M. Sandoz Jean-David, le bibliothécaire de la HEdS aux Caroubiers, pour les questions sur la recherche de littérature et l'utilisation des bases de recherche ;
- Mme Robert Cornide Aline, notre directrice de TBS c, pour nous aiguiller dans la réalisation de ce dernier ainsi que nous relire ;
- Mme Kruseman Maaïke, responsable de module, pour toute question plus générale sur la réalisation du TBS c

Nous solliciterons également un ou plusieurs proches n'ayant pas de connaissances spécifiques sur le thème pour la relecture du travail.

C. Ressources financières

Nous prévoyons des coûts pour l'impression des articles/études nécessaires à notre travail ainsi que des coûts pour l'impression et la reliure de notre travail final.

La HEdS met à disposition un budget permettant d'acheter 10 articles scientifiques par personne, soit 20 articles pour notre TBSsc.

VIII. Considérations éthiques

Dans le cadre de notre TBSsc, la question éthique n'est pas soulevée en particulier, car il s'agit d'une revue quasi-systématique : nous collecterons les informations nécessaires directement dans les articles/études, et non pas auprès de participants à l'aide d'un questionnaire. De plus, le concept de bénéfices et risques ne s'applique pas dans une revue de littérature. Notre travail ne nécessite donc pas l'approbation du Comité d'éthique.

Enfin, nous veillerons à respecter, tout au long de notre travail, les principes de base de l'éthique (bienfaisance et non-malfaisance, justice et équité ainsi que l'autonomie) en sélectionnant des articles et études les respectant.

IX. Références bibliographiques

1. Organisation mondiale de la Santé (OMS). Obésité et surpoids [En ligne]. 2020 [cité 15 juin 2020]. Disponible sur: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
2. Wing RR, Lang W, Wadden TA, Safford M, Knowler WC, Bertoni AG, et al. Benefits of modest weight loss in improving cardiovascular risk factors in overweight and obese individuals with type 2 diabetes. *Diabetes Care*. 2011;34(7):1481-1486. doi:10.2337/dc10-2415
3. Pasanisi F, Contaldo F, de Simone G, Mancini M. Benefits of sustained moderate weight loss in obesity. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2001;11(6):401-406.
4. Goldstein DJ. Beneficial health effects of modest weight loss. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders : Journal of the International Association for the Study of Obesity*. 1992;16(6):397-415.
5. Hall KD, Kahan S. Maintenance of Lost Weight and Long-Term Management of Obesity. *Med Clin North Am*. 2018;102(1):183-197. doi:10.1016/j.mcna.2017.08.012
6. Lam YY, Ravussin E. Analysis of energy metabolism in humans: A review of methodologies. *Mol Metab*. 2016;5(11):1057-1071. doi:10.1016/j.molmet.2016.09.005
7. Melanson EL. The effect of exercise on non-exercise physical activity and sedentary behavior in adults. *Obes Rev*. 2017;18(1):40-9.
8. Food and Agriculture Organization (FAO). Human energy requirements - report of a joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation [En ligne]. 2001 [cité 6 déc 2020]. Disponible sur: <http://www.fao.org/3/a-y5686e.pdf>
9. European Society for Paediatric Gastroenterology Hepatology and Nutrition (ESPGHAN). Guidelines Energy [En ligne]. 2005 [cité 5 déc 2020]. Disponible sur: http://espen.info/documents/A174-02PaedPNGuidel_ESPGHANESPENPNGuidelines2Energy.pdf
10. Molé PA. Impact of Energy Intake and Exercise on Resting Metabolic Rate. *Sports Medicine*. 1990;10(2):72-87. doi:10.2165/00007256-199010020-00002
11. Dulloo AG, Jacquet J, Montani J-P, Schutz Y. Adaptive thermogenesis in human body weight regulation: more of a concept than a measurable entity ? Adaptive thermogenesis in humans. *Obes Rev*. 2012;13:105-21. doi:10.1111/j.1467-789X.2012.01041.x
12. Geisler C, Braun W, Pourhassan M, Schweitzer L, Glüer C-C, Bosy-Westphal A, et al. Age-Dependent Changes in Resting Energy Expenditure (REE): Insights from Detailed Body Composition Analysis in Normal and Overweight Healthy Caucasians. *Nutrients* [En ligne]. 2016;8(6):322. doi: 10.3390/nu8060322
13. Müller MJ, Bosy-Westphal A, Kutzner D, Heller M. Metabolically active components of fat-free mass and resting energy expenditure in humans: recent lessons from imaging technologies. *Obes Rev*. 2002;3(2):113-22. doi:10.1046/j.1467-789x.2002.00057.x.
14. Müller MJ, Bosy-Westphal A, Later W, Haas V, Heller M. Functional body composition: insights into the regulation of energy metabolism and some clinical applications. *Eur J Clin Nutr*. 2009;63(9):1045-56. doi:10.1038/ejcn.2009.55

15. Tremblay A, Major G, Doucet E, Trayhurn P, Astrup A. Role Of Adaptive Thermogenesis In Unsuccessful Weight-Loss Intervention. *Future Lipidology*. 2007;2(6):651-658. doi:10.2217/17460875.2.6.651
16. Caron N. Estimation de la dépense énergétique chez des personnes diabétiques de type 2 à l'aide de capteurs "intelligents" [Thèse de doctorat en ligne]. Saint-Denis: Université de la Réunion. 2017 [cité 5 dec 2020]. Disponible sur: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01820631/document>
17. Bosy-Westphal A, Kossel E, Goele K, Later W, Hitze B, Settler U, et al. Contribution of individual organ mass loss to weight loss-associated decline in resting energy expenditure. *Am J Clin Nutr*. 2009;90(4):993-1001. doi:10.3945/ajcn.2008.27402
18. Aveyard H. *Doing A Literature Review In Health And Social Care: A Practical Guide*. McGrawHill Education. 2nd édition. Maidenhead : Mc Graw-Hill - Open University Press; 2010:170.
19. Siddaway A, Wood A, Hedges L. How to Do a Systematic Review: A Best Practice Guide for Conducting and Reporting Narrative Reviews, Meta-Analyses, and Meta-Syntheses. *Annual Review of Psychology*. 2019;70(1). doi:10.1146/annurev-psych-010418-102803

| | 2020 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2021 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|--------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|--------|--------|--------|--------|
| | Novembre | | | | Décembre | | | | | Janvier | | | | Février | | | | Mars | | | | Avril | | | | Mai | | | | Juin | | | | Juillet | | | | Août | | | | Septembre | | | | |
| | sem 45 | sem 46 | sem 47 | sem 48 | sem 49 | sem 50 | sem 51 | sem 52 | sem 53 | sem 1 | sem 2 | sem 3 | sem 4 | sem 5 | sem 6 | sem 7 | sem 8 | sem 9 | sem 10 | sem 11 | sem 12 | sem 13 | sem 14 | sem 15 | sem 16 | sem 17 | sem 18 | sem 19 | sem 20 | sem 21 | sem 22 | sem 23 | sem 24 | sem 25 | sem 26 | sem 27 | sem 28 | sem 29 | sem 30 | sem 31 | sem 32 | sem 33 | sem 34 | sem 35 | sem 36 | sem 37 |
| Cours | [orange] | | | | | | | | | | | | | | | | | | [orange] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vacances | [red] | | | | | | | | | | | | | | | | | | [red] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Stage 3b | [blue] | | | | | | | | | | | | | | | | | | [blue] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Examens | [purple] | | | | | | | | | | | | | | | | | | [purple] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RDVs avec Aline Robert, directrice du TBSc | [green] | | | | | | | | | | | | | | | | | | [green] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rédaction PVs | [green] | | | | | | | | | | | | | | | | | | [green] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| JALON 1 : Rédaction du protocole | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Activité 1.1 : définition de la question de recherche | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Activité 1.2 : recherche de littérature | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Activité 1.3 : rédaction de la partie "méthode" | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Activité 1.4 : rédaction de la partie "introduction" | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Activité 1.5 : rédaction du résumé | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Activité 1.6 : reddition du protocole | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| JALON 2 : Séminaires | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Activité 2.1 : préparation du séminaire pour le protocole | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Activité 2.2 : présentation du protocole au séminaire | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Activité 2.3 : rédaction synthèse du séminaire | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Activité 2.4 : préparation du séminaire "Résultats" | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Activité 2.5 : présentation des résultats au séminaire | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Activité 2.6 : préparation du séminaire "Discussion" | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Activité 2.7 : présentation de la discussion au séminaire | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| JALON 3 : Recherche de littérature approfondie | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Activité 3.1 : sélection finale des articles | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Activité 3.2 : lecture des articles (avec grille de lecture) | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Activité 3.3 : extraction et analyse des résultats | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| JALON 4 : Rédaction du travail de Bachelor (TBSc) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Activité 4.1 : rédaction de l'introduction | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Activité 4.2 : rédaction du cadre de référence | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Activité 4.3 : rédaction de la méthodologie | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Activité 4.4 : rédaction des résultats | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Activité 4.5 : rédaction de la discussion | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | [grey] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Annexe 4 : caractéristiques des interventions

Tableau 4 : caractéristiques des interventions

| Auteur-e-s Année [ref] | PARTICIPANT-E-S (n) | PHASE DE PERTE DE POIDS | AUTRE(S) INTERVENTION(S) |
|-------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Redman 2009 [67] | 46 | <p><u>Groupe 1</u> : CR (25% des besoins énergétiques) <u>Groupe 2</u> : CR (-12.5%) + AP¹ (+12.5%) <u>Groupe 3</u> : CR sévère (890 kcal/j) pour atteindre une diminution du poids de 15% <u>Groupe contrôle</u> : pas d'intervention (alimentation couvrant les besoins)</p> <p><u>Durée</u> : 6 mois</p> <p>¹Programme qui consiste en des exercices aérobiques 5x par semaine</p> | Réunions hebdomadaires (individuelles ou en groupe) : apprentissage de techniques cognitivo-comportementales pour augmenter l'adhérence au régime |
| Goele 2009 [68] | 48 ♀ | <p>Régime hypocalorique et équilibré, contenant 850 à 1000 kcal/j :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2 repas à 205 kcal chacun (18.7 g de protéines, 17.4 g de glucides et 6.7 g de lipides) - 1 repas libre à faible teneur en lipides (maximum 450 kcal) - 7 portions bonus de 100 kcal autorisées pour la semaine <p><u>Durée</u> : 13.9 ± 2.2 semaines</p> | Conseils individuels hebdomadaires sur les principes du régime hypocalorique dispensés par un-e diététicien-ne |
| Bosy-Westphal 2009 [69] | 45 ♀ | <p>Régime hypocalorique et équilibré, contenant 800 à 1000 kcal/j :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2 shakes à 217 kcal chacun (18.7 g de protéines, 19.4 g de glucides et 6.8 g de lipides) - 1 repas libre à faible teneur en lipides (maximum 400 kcal) - 7 portions bonus de 100 kcal autorisées pour la semaine <p><u>Durée</u> : 12.7 ± 2.2 semaines</p> | Conseils individuels hebdomadaires sur les principes du régime hypocalorique dispensés par un-e diététicien-ne |
| Johannsen 2012 [70] | 16 (7 ♂ et 9 ♀) | <p>Compétition nationale télévisée de perte de poids</p> <p>Pas de supervision de l'alimentation mais les participant-e-s ont reçu pour conseil de faire une CR de plus de 70% de leurs besoins énergétiques, calculés à l'aide de la formule de Cunningham : $370 + [21.6 \text{ kcal/kg/j} \times \text{FFM (kg)}]$</p> <p><u>Durée</u> : 30 semaines</p> | AP supervisée : 6 x 90 min par semaine de circuit-training ou exercices d'aérobie + encourag-e-s à faire 3h d'AP de leur côté |
| Camps 2013 [71] | 91 (22 ♂ et 69 ♀) | <p>Régime VLCD apportant 478 kcal/j :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 3 substituts de repas, enrichis en protéines (51.9 g de protéines, 50.2 g de glucides et 6.9 g de lipides) <p><u>Durée</u> : 8 semaines</p> | Phase de maintien de la perte de poids avec pour seule intervention des mesures anthropométriques, de composition corporelle et de DER <u>Durée</u> : 44 semaines |
| Gomez-Arbelaez 2018 [72] | 20 (8 ♂ et 12 ♀) | <p>Régime cétogène en 5 étapes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Étapes 1, 2 et 3</u> : régime VLCK à 600-800 kcal/j (dont < 50g/j de glucides amenés par les légumes, maximum 10 g d'huile d'olive par jour et 0.8-1.2 g/kg/j de protéines) - <u>Étapes 4 et 5</u> : régime VLCK remplacé par un régime LCD à 800-1500 kcal/j avec réintroduction progressive des différents groupes d'aliments <p><u>Durée totale</u> (perte de poids + maintien) : 4 mois</p> | Phase de maintien de la perte de poids : 1500 à 2000 kcal/j <u>AP</u> : programme standard |

Tableau 4 : suite

| Auteur-e-s Année [ref] | PARTICIPANT-E-S (n) | PHASE DE PERTE DE POIDS | AUTRE(S) INTERVENTION(S) |
|------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nymo 2018 [73] | 31 (18 ♂ et 13 ♀) | Régime VLCD (550 kcal/j pour les ♀ et 670 kcal/j pour les ♂) consistant en : <ul style="list-style-type: none"> - Des substituts de repas (42% glucides, 36% protéines, 18% lipides, 4% fibres) - Des légumes pauvres en amidon (max. 100 g/j) - Des boissons non-caloriques Durée : 8 semaines | Phase de maintien de la perte de poids : introduction progressive d'une alimentation équilibrée et adaptée aux besoins énergétiques du sujet (50-60% de glucides, 15-20% de protéines, et 20-30% de lipides) Durée : 4 semaines |
| Heinitz 2020 [74] | 11 (7 ♂ et 4 ♀) | CR (alimentation exclusivement liquide) à 50% des besoins énergétiques (58% de glucides, 15% de protéines et 27% de lipides) Durée : 6 semaines | Phase de maintien de la perte de poids : alimentation couvrant 100% des besoins calculés à la fin de la CR Durée : 2 semaines |
| Martins 2020 [75] | 156 ♀ | Intervention de l'étude ROMEO : <ul style="list-style-type: none"> - Régime hypocalorique apportant 800 kcal/j (56-58% de glucides, 20-22% de protéines et 20-22% de lipides) jusqu'à atteindre un IMC < 25 kg/m² Intervention de l'étude JULIET : <ul style="list-style-type: none"> - <u>Groupe 1</u> : entraînement aérobique 3x par semaine - <u>Groupe 2</u> : entraînement par résistance 3x par semaine - <u>Groupe 3</u> : CR seule (même régime que dans l'étude ROMEO) Durée : 4 semaines | Phase de maintien de la perte de poids : poursuite de l'AP et cours d'éducation nutritionnelle réguliers (2x par mois durant les 6 premiers mois, puis 1x par mois durant les 6 mois suivants) Durée : 2 ans |
| Martins 2020 [76] | 71 (33 ♂ et 38 ♀) | Étude ASKED. Régime hypocalorique apportant 1000 kcal/j (dont 75 g/j de protéines et quantités variables de glucides et lipides selon les 3 groupes assignés) : <ul style="list-style-type: none"> - <u>Groupe 1</u> : 70 g de glucides // 47 g de lipides - <u>Groupe 2</u> : 100 g de glucides // 33 g de lipides - <u>Groupe 3</u> : 130 g de glucides // 20 g de lipides Durée : 8 semaines | Phase de maintien de la perte de poids : introduction progressive d'une alimentation équilibrée et adaptée aux besoins énergétiques du sujet (50-60% de glucides, 15-20% de protéines et 20-30% de lipides) Durée : 4 semaines |

n, nombre de participant-e-s ; CR, restriction calorique (caloric restriction) ; AP, activité physique ; VLCD, régime très faible en calories (very low-calorie diet) ; VLCK, régime cétogène très faible en calories (very low-calorie ketogenic diet) ; LCD, régime faible en calories (low-calorie diet) ; IMC, indice de masse corporelle ; kcal, kilocalorie ; ♂, hommes ; ♀, femmes ; ref, référence