



HAL
open science

Étude des compartiments corporels et de la dépense énergétique de repos chez des sujets obèses

Pauline Mariani

► **To cite this version:**

Pauline Mariani. Étude des compartiments corporels et de la dépense énergétique de repos chez des sujets obèses. Endocrinologie et métabolisme. 2021. dumas-03578348

HAL Id: dumas-03578348

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03578348v1>

Submitted on 17 Feb 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



UNIVERSITÉ DE PICARDIE JULES VERNE
FACULTÉ DE MÉDECINE
2021

THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN MÉDECINE

**Étude des compartiments corporels et de la dépense
énergétique de repos chez des sujets obèses**

N° 2021-230

Spécialité Endocrinologie-Diabétologie-Nutrition

Présentée et soutenue publiquement le 28 octobre 2021
par Pauline Mariani

Jury :

Président :

Monsieur le Professeur Jean-Daniel Lalau

Assesseurs :

Monsieur le Professeur Julien Maizel

Monsieur le Docteur Abdallah Al-Salameh

Directrice de thèse :

Madame le Docteur Ornella Raad

Monsieur le Professeur Jean-Daniel LALAU

Professeur des Universités-Praticien Hospitalier (Nutrition)

Chef du Service Endocrinologie, Maladies métaboliques et Nutrition

Pôle "Médico-chirurgical digestif, rénal, infectieux, médecine interne et endocrinologie"

(D.R.I.M.E)

Je vous suis sincèrement reconnaissante d'avoir accepté de présider ce jury de thèse et pour l'aide précieuse que vous avez apportée à ce travail. Merci pour votre bienveillance. Soyez assuré de mon profond respect.

Monsieur le Professeur Julien MAIZEL

Professeur des Universités–Praticien Hospitalier (Réanimation, Médecine d’urgence)

Assesseur du 2ème cycle

Chef du Service de Médecine Intensive Réanimation

Vous me faites l’honneur de participer à ce jury de thèse et de juger ce travail. Veuillez recevoir toute ma reconnaissance et ma gratitude.

Monsieur le Docteur Abdallah AL-SALAMEH

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier
Service d'Endocrinologie, Maladies Métaboliques et Nutrition
CHU Amiens Picardie – Site Nord

Vous me faites l'honneur de juger ce travail en participant à ce jury de thèse. J'ai énormément appris auprès de vous ces dernières années. Merci pour votre pédagogie et votre bienveillance, ainsi que pour votre disponibilité.

Madame le Docteur Ornella RAAD

Praticien hospitalier contractuel

DES Endocrinologie, Diabète, Maladies métaboliques

Je te remercie sincèrement d'avoir accepté de diriger ce travail, pour ton regard précis et rigoureux, ta prévenance et ta gentillesse. Merci aussi pour ton soutien.

REMERCIEMENTS

À *ma chère Mère*, j'aurais donc fini d'écrire cette thèse avant que tu ne finisses ton livre ! Merci pour ton soutien pendant toutes ces (longues) années, de t'être occupée de mon linge beaucoup trop longtemps... Je t'aime.

À *ma Mamie chérie*, la meilleure mamie du monde, merci pour ton amour, ton soutien indéfectible, et pour tous les petits plats que tu m'amènes, je t'aime ; et à *Papy* pour les légumes du jardin qui composent les petits plats sus-cités !

À *Ivan*, mon humain préféré sur cette planète, sachez que vous êtes merveilleux et que j'ai bien de la chance de pouvoir compter sur vous, votre amour, votre soutien. Merci de m'avoir supportée, surtout ces dernières semaines. Je vous aime, ou je t'aime !

À *Franck* mon tonton adoré, à tata *Sophie* qui j'espère ne va pas trop me poursuivre avec son appareil photo ;), à *Célian* et *Nina* dont je suis la cousine préférée parce qu'ils sont bien obligés.

À *mon père*, mes frères *Jimmy* et *Sasha*, à *Lélia* avec qui je regrette de ne pas avoir passé plus de temps ces dernières années, mais on va rattraper ça !

Au *Professeur Rachel Desailoud*, je regrette votre absence de mon jury, merci pour vos enseignements si riches, et d'avoir été à l'origine de mon choix d'aller vers notre belle (la plus belle même !) spécialité, lors de vos cours de premier cycle et de mon tout premier stage de (pré)externat.

À *Agnès* qui attire toujours l'action, merci pour ce que tu m'as appris, et pour le covoiturage unilatéral du premier semestre. À *Marie*, tu es certainement celle qui m'a le plus appris, merci pour ta patience et ton intégrité. À *Marine*, merci pour ce que tu m'as appris, ton pragmatisme, ta bonne humeur, et merci de nous avoir nourris, et d'avoir parfois fleuri notre bureau ! À *Nacera*, dont je ne connais toujours pas l'animal totem, merci pour nos gardes partagées qui sont dans mon top des meilleures gardes de l'internat, et pour ce que tu m'as appris bien sûr.

À *l'équipe de Néphrologie du CHU*, avec une mention particulière pour *Mathilde* et *Maïté*, aux côtés desquelles j'ai passé un excellent semestre et appris tellement de choses..., et merci pour les pauses café sur le fameux banc !

À l'équipe du CHAM, **Julie** et **Joëlle** pour l'accueil chaleureux dans vos contrées venteuses dont je n'ai malheureusement pas bien pu profiter en raison des conditions sanitaires, et aussi à **Chandra** pour ton enjouement et tes commentaires quotidiens sur mes petits plats végétariens.

À l'équipe du CH de Saint Quentin, messieurs les **Docteurs Cimino** et **Chiah**, et, à l'époque, **Franklin** et **Mickaël**, pour ce que vous m'avez appris, pour votre bonne humeur et pour les petits restaurants du midi.

À **Steven**, mon binôme de la médecine, présent depuis le presque tout début ! Merci d'avoir partagé toutes ces années mes joies et mes plaintes (surtout ? je ne sais pas quel est le ratio). *Parkingman* est dans la place désormais !

À **Maxime**, ou *Maximus*, je suis vraiment touchée que tu viennes aujourd'hui de si loin, merci pour tous les souvenirs, depuis si longtemps, et ceux futurs bien sûr, on a bien évolué quand même !

À **Clémence**, c'est toujours un tel plaisir de te retrouver et je suis tellement contente que tu puisses être présente en ce jour. On a passé les dix ans d'amitié depuis bien longtemps déjà, mais je nous vois bien nous retrouver dans cinquante ans pour un petit thé et écoutant un peu de musique !

À **Marine**, ou *Marino*, tu as le trophée de mon amie la plus vieille, euh, ma plus vieille amie, enfin, tu as compris ! J'ai hâte que tu m'invites en ta nouvelle demeure, et j'attends surtout de refaire de la luge dans les dunes !

À **Emilie**, j'aurais aimé que tu puisses venir en ce jour, mais on fêtera ça plus tard, je me souviens de notre rencontre quand on chantait les Wiggles pendant un cours de Mme D..., et tout ça pour en arriver jusqu'à aujourd'hui et t'appeler Maître, c'est classe quand même.

À mes co-internes : à **Juliette** pour ta douceur (ou ton calme !), le semestre en HJ et les trop nombreuses pauses café, bounce-tu longtemps sur ton ballon ; à **Joe** le magicien, tu as égayé ce semestre, et tu vas entrer dans la postérité comme modèle photo, merci de m'avoir cédé ton droit à l'image ; à **Simon** (*Antoine* ?) le basilic de l'HJ ; à **Elisa** merci d'avoir mis du soleil dans le bureau de tradi' ; à **Sébastien**, finalement, d'accord, j'accepte de te mettre dans mes remerciements, tu n'as pas fait que me fatiguer, parfois tu as été de bon conseil aussi ! tu feras un très bon CCA j'en suis certaine ; à **Caterina** pour ta gentillesse et ta bonne humeur ; à **Lise**

avec sa coupe d'Auvergnate ; à **Edgardo** grâce à qui j'ai pu goûter le Ratafia ; à **Imane** de la team Milka.

À **Sana** et **Ninon**, franchement, on formait la meilleure équipe. Je suis vraiment ravie de vous avoir rencontrées. J'ai hâte de retravailler avec toi ma chère Sana ! Ninon, merci de m'avoir fait découvrir Malo-les-Bains ! Je suis si heureuse que vous soyez présentes aujourd'hui !

À *mes co-internes non endoc* : **Marion**, ma première co-interne à avoir partagé la tradi', puis les retrouvailles à St Q, merci aussi à **Sylvain** parce que bon, avouons que la grosse Bertha restera légendaire ; à **Charlotte** autre membre de la team Milka ! ; à **Lydiane** mon binôme de courriers tardifs en Néphro' ; à **Gwendoline** pour ce dernier semestre dans la joie et la bonne humeur !

Aux *co-externes* les plus cools : **Florence** une des premières, que je trouvais trop forte quand j'ai débarqué comme bébé-externe ; à **Raphaëlle**, **Clotilde junior** et **Clotilde sénior** parce que certes c'était de la chirurgie (brr) mais j'ai passé un de mes meilleurs stages d'externat avec vous ; à **Philippe** et **Raoul** avec qui nous formions la team *Patrick*, on s'est bien amusés !

A **Nathalie**, pour la précieuse relecture qui m'a notamment évité d'imprimer la thèse avec « Picadie » écrit en première page ;)

Aux équipes paramédicales, en particulier **Jocelyne**, **Elodie**, **Sandra**, **Annick** et **Nathalie**.

RÉSUMÉ

Introduction : la prise en charge de l'obésité porte notamment sur l'évaluation de l'adéquation entre les apports caloriques et la dépense énergétique, cette dernière que l'on peut mesurer au repos (DER) par calorimétrie indirecte (CI) ou estimer avec l'impédancemétrie et des équations de prédiction. L'objectif du travail a été de savoir si les méthodes d'estimation de la DER pouvaient se substituer de façon satisfaisante à la mesure de la DER.

Méthodes : l'étude est rétrospective monocentrique, menée chez des patients obèses ayant bénéficié d'une étude de la composition corporelle par impédancemétrie et de la DER par CI. Pour les estimations de la DER, trois équations de prédiction ont été utilisées : celles de Harris et Benedict, Black, et de Mifflin-St Jeor.

Résultats : 64 patients ont été inclus, majoritairement des femmes, avec les valeurs médianes suivantes : IMC, 42,3 kg/m² ; masse grasse, 42,9% ; DER, 1950 kcal/j et quotient respiratoire, 0,93. Les valeurs estimées de la DER (kcal/jour) étaient : 2117 avec l'impédancemétrie ; de 2006, 1912 et 1938 avec les équations de Harris-Benedict, Black et Mifflin, respectivement. La DER mesurée était fortement corrélée à la masse maigre et au poids, plus faiblement à la MG. Les DER mesurées et prédites étaient également corrélées étroitement, mais avec une grande dispersion des valeurs individuelles.

Conclusion : au-delà des corrélations, l'analyse des valeurs de DER à l'échelon individuel fragilise l'usage des valeurs estimées en pratique clinique.

Mots-clés : obésité, masse maigre, masse grasse, impédancemétrie, dépense énergétique de repos, calorimétrie indirecte.

ABSTRACT

Introduction : obesity management includes the assessment of the balance between caloric intakes and energy expenditure which can be measured at rest (REE) by indirect calorimetry (IC) or predicted by impedancemetry or by dedicated equations. Our work aimed at assessing whether the prediction equations could replace the measure of the REE by IC.

Methods : the study is retrospective and single-centred and was conducted on obese patients who had the body composition estimated by impedancemetry and the REE measured by IC. To predict the REE, three equations have been tested : Harris and Benedict, Black, and Mifflin-St Jeor.

Results : 64 patients were included, mostly female, with those median values : BMI, 42.3 kg/m² ; fat mass, 42.9% ; REE, 1950 kcal/d and respiratory quotient 0.93. The predicted values of REE (kcal/d) were 2117 in impedancemetry, and respectively 2006, 1912 and 1938 with the equations of Harris and Benedict, Black, and Mifflin. Measured REE were highly correlated with fat-free mass and with weight, and, but more lightly, correlated with fat mass. The measured and predicted REE were also strongly correlated but with a major interindividual values dispersion.

Conclusion : beyond correlations, the REE values analysis, at the individual level, weakens the use of estimated values in clinical practice.

Keywords : obesity, fat-free mass, fat mass, bioimpedance analysis, resting energy expenditure, indirect calorimetry.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	7
RÉSUMÉ	11
ABSTRACT	12
TABLE DES MATIÈRES	13
ABRÉVIATIONS	14
1. INTRODUCTION	15
2. PARAMÈTRES D'INTÉRÊTS ET MÉTHODES DE MESURE	16
2.1. Les compartiments corporels.....	16
2.2. Les méthodes de mesure des compartiments corporels.....	17
2.3. Les dépenses énergétiques.....	19
2.4. Facteurs influençant la dépense énergétique de repos.....	20
2.5. La calorimétrie.....	22
2.6. Équations de prédiction de la dépense énergétique de repos.....	25
3. MATÉRIEL ET MÉTHODES	29
3.1. Population d'étude.....	29
3.2. Critères de jugement.....	29
3.3. Données recueillies.....	30
3.4. Conditions de mesure	30
3.5. Analyses statistiques.....	31
4. RÉSULTATS	32
4.1. Caractéristiques démographiques de la population étudiée.....	32
4.2. Données relatives aux critères d'intérêt.....	34
4.3. Études corrélatives.....	35
5. DISCUSSION	39
6. CONCLUSION	44
ANNEXES	45
Annexe 1a – Présentation des résultats de l'impédancemétrie.....	45
Annexe 1b – Présentation des résultats de l'impédancemétrie.....	46
Annexe 2 – Présentation des résultats de la calorimétrie	46
BIBLIOGRAPHIE	47

ABRÉVIATIONS

ATP : adénosine triphosphate

CI : calorimétrie indirecte

DEQ ou DE des 24h : dépense énergétique quotidienne ou dépense énergétique des 24h

DER : dépense énergétique de repos

DEXA : *dual x-ray absorptiometry*

IMC : indice de masse corporelle (poids [kg]/taille² [m])

INSERM : Institut national de la santé et de la recherche médicale

MB : métabolisme basal

MG : masse grasse

MM : masse maigre

OMS : Organisation mondiale de la santé

PNNS : Plan national nutritionnel santé

QA : quotient alimentaire

QR : quotient respiratoire

SAOS : syndrome d'apnées obstructives du sommeil

SOPK : syndrome des ovaires polykystiques

TIA : thermogénèse induite par l'alimentation

1. INTRODUCTION

L'obésité se caractérise par un excès de masse grasse. De nombreuses comorbidités, telles que le diabète ou l'hypertension artérielle, peuvent s'y associer. La prévalence de l'obésité est croissante et n'a pas cessé de s'accroître au cours des dernières décennies ; elle atteint actuellement 22% dans les Hauts-de-France.¹

La prise en charge est d'abord et avant tout nutritionnelle. Pour ce faire, deux modalités peuvent être proposées, selon que la problématique des apports est celle de l'apport quantitatif (c.à.d. le niveau énergétique) ou celle de l'apport qualitatif (c.à.d. la densité énergétique). En regard de la première, les recommandations d'apport calorique dans la visée d'une réduction pondérale sont un niveau inférieur à la dépense énergétique totale, par réduction de l'apport d'environ 600 kcal/jour ou la réduction de 15 à 30% des apports antérieurs.²

La dépense énergétique quotidienne (DEQ) est constituée pour environ 70% de la dépense énergétique de repos (DER).³ Aussi, proposer des apports caloriques minimaux équivalents à la valeur de la DER semble-t-il un objectif pertinent. En effet, une restriction plus importante fait courir le risque de réduire le niveau de DER du fait des modifications corporelles induites, et ainsi à une reprise pondérale à la levée de la restriction de l'apport énergétique.

Il existe différentes manières de mesurer ou d'estimer la DER. Le « *gold standard* » pour la mesure en pratique clinique est la calorimétrie indirecte (CI). De nombreuses équations permettent d'estimer la DER à partir du poids, de la taille, de l'âge et du sexe des sujets. La plupart de ces équations ont été élaborées à partir de sujets de poids normal ; ainsi a-t-il été montré dans plusieurs études qu'elles manquaient de précisions chez les patients obèses, et plus particulièrement encore dans le cas de l'obésité morbide.^{4,5,6,7,8,9,10}

Dans le présent travail nous avons étudié les compartiments corporels par impédancemétrie bioélectrique et la DER par CI dans une population de sujets obèses avec l'objectif principal de savoir si les estimations de la DER faites par impédancemétrie et aussi par les équations de prédiction de la DER sont satisfaisantes comparativement à la mesure faite par CI, cette dernière étant peu accessible en pratique clinique courante. Les équations choisies ont été celles d'*Harris et Benedict*¹¹ et de *Black*¹² car ce sont les plus couramment utilisées, et aussi celle de *Mifflin St-Jeor*¹³ car son usage semble plus satisfaisant dans le cas particulier, mais fréquent, de l'obésité.^{4,8,9}

2. PARAMÈTRES D'INTÉRÊTS ET MÉTHODES DE MESURE

2.1. Les compartiments corporels

La masse totale d'un sujet, considérée « idéale », est composée pour les tissus suivants de : 40% de muscle squelettique, 20% de tissu adipeux, 7% d'os, 8% de sang, 5% de peau, 2% de cerveau, 2,5% de foie, 1,5% d'intestin, 1,5% de poumons, 0,5% de cœur, 0,5% de rein...^{3,14,15}

Wang *et al.*¹⁵ décrivent 5 niveaux différents de composition corporelle : atomique, moléculaire, cellulaire, tissulaire, et corps entier (*Figure 1*). Le niveau moléculaire par exemple est constituée d'eau, de lipides, de protides.¹⁵ (*Tableau 1*).

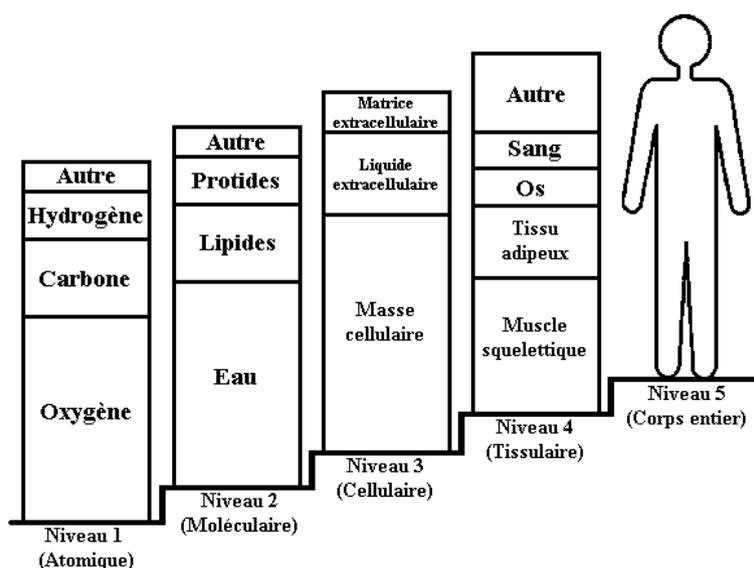


Figure 1 – *Modèle des 5 niveaux de composition corporelle (d'après Wang¹⁵)*

Tableau 1 – *Composition corporelle biochimique pour un homme de 70 kg (d'après Wang¹⁵)*

Composants	Masse (kg)	Pourcentage de la masse du corps (%)
Eau		60
- Extracellulaire	18	26
- Intracellulaire	24	34
Lipides		19,1
- Non essentiels (triglycérides)	12	17
- Essentiels	1,5	2,1
Protéines	10,6	15
Minéraux	3,7	5,3
Total	69,8	99,4

Plusieurs modèles physiologiques ou fonctionnels sont communément utilisés.³ (*Figure 2*)

Modèle à deux compartiments : masse grasse (MG) constituée des triglycérides stockés dans les adipocytes, et masse maigre (MM), ou non grasse, qui est la somme de l'eau qui est son constituant majoritaire, des os et des organes.

Modèle à trois compartiments : il comporte un compartiment supplémentaire : la masse minérale osseuse, au sein de la MM.

Modèle à quatre compartiments : l'eau extracellulaire (liquides interstitiels et plasma) et la masse cellulaire active sont scindées, cette dernière représente les cellules des différents organes et muscles et dont l'intensité métabolique détermine les besoins énergétiques de l'organisme.

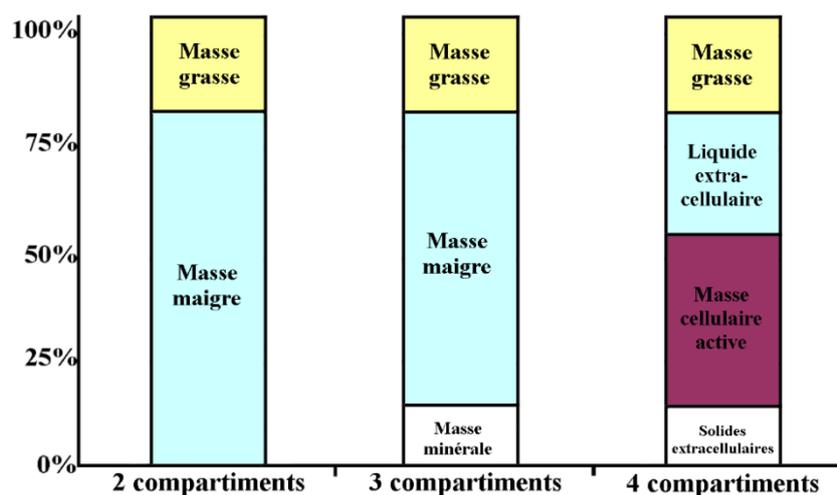


Figure 2 – Différents modèles selon le nombre de compartiments (d'après Barbe¹⁴)

2.2. Les méthodes de mesure des compartiments corporels

Il est impossible de quantifier directement les différents compartiments corporels, hormis par dissection. Pour des raisons de faisabilité, cependant, il existe des méthodes indirectes permettant d'approcher la quantification effective de ces compartiments.³

Les méthodes de **quantification** *in vitro* des constituants spécifiques de l'organisme : activation neutronique, émission de potassium 40... Ces méthodes ne sont pas utilisées couramment (matériel, coût...).

Il est possible de procéder à une **estimation** *in vivo* par différentes mesures (densité, volume de l'eau totale...) en se référant à un des modèles de composition corporelle et en acceptant une hypothèse. Ces méthodes sont représentées par exemple par l'**hydrodensitométrie** (principe d'Archimède), mais il faut alors une cuve et le moyen de déterminer le volume des gaz respiratoires et intestinaux – on comprend ainsi qu'elle est peu accessible en pratique. La **pléthysmographie** est un autre exemple (loi de Boyle Mariotte ; pression * volume = constante), elle pose le même problème que la méthode précédente puisqu'elle nécessite l'introduction du corps dans une cabine de volume connu, et une mesure

de la modification de pression de la cabine ; le volume corporel d'un individu peut toutefois être mesuré en quelques minutes.

Les méthodes basées sur la **mesure de l'eau totale** font partie des méthodes d'estimation. On considère dans le modèle à deux compartiments que la MG est dépourvue d'eau alors que la MM en contient une proportion fixe (73%).³ À partir de l'estimation de l'eau corporelle totale, il est ainsi possible de calculer la MM en divisant l'eau totale par 0,73.

Dans le modèle à trois ou quatre compartiments, l'eau corporelle totale et l'eau extracellulaire sont considérées comme des compartiments. Les différents volumes d'eau peuvent être déterminés :

- Par la technique de l'**eau marquée** : le sujet boit une dose connue de traceur (eau marquée au deutérium ou à l'oxygène 18), des prélèvements de plasma, d'urine, ou de salive sont réalisés 4 à 6h après. La concentration en traceur reflète alors le volume de dilution de la dose. La nécessité d'un équipement lourd ne permet pas d'utiliser cette méthode en pratique clinique courante, cependant, elle peut servir à étalonner les autres méthodes.
- Par **impédancemétrie bioélectrique**, ou bioimpédancemétrie (nous dirons par la suite « impédancemétrie ») : technique basée sur la capacité des tissus hydratés à conduire l'énergie électrique. L'impédance (Z) d'un corps est liée à la résistance spécifique (r), la longueur (L), et le volume conducteur (V) : $V = r L^2/Z$; avec L la taille de l'individu et r une constante déterminée lors de l'étalonnage du système. La technique de bioimpédancemétrie la plus répandue utilise un courant de 800 μ Amp avec une fréquence de 50 kHz, et quatre électrodes. La fréquence du courant détermine le compartiment : si la fréquence est supérieure à 50 kHz, le volume mesuré est assimilé à l'eau corporelle totale, et si elle est inférieure à 5 kHz, à l'eau extracellulaire. Des mesures avec plusieurs fréquences de courant permettent une approche des différents secteurs hydriques, et à partir d'un modèle électrique simple, l'eau corporelle totale puis la MM sont déterminées. C'est une technique simple d'utilisation, le matériel est abordable et assez largement répandu.

Enfin, il existe des méthodes de **prédiction**, qui, par définition, sont encore plus indirectes.³ Elles utilisent des équations reprenant les paramètres anthropométriques (poids, taille, plis cutanés, circonférences, ...) ou électriques, et tentent de prédire la valeur des compartiments. Peu précises, ces méthodes restent les plus utilisées en pratique clinique en raison de leur accessibilité, avec l'absence de matériel spécifique nécessaire. Par exemple, la

méthode des plis cutanés consiste à mesurer l'épaisseur de quatre plis : bicipital, tricipital, sous-scapulaire et supra-iliaque, et d'inclure la somme de ces quatre mesures dans des équations prédictives, qui comprennent également l'âge et le sexe, afin d'estimer la densité corporelle. Cette méthode a tendance à sous-estimer les obésités gynoïdes et viscérales puisqu'elle ne prend en compte que la graisse sous-cutanée.

L'**absorptiométrie biphotonique** (*Dual x-ray absorptiometry*, DEXA) : **c'est la référence pour l'étude de la composition corporelle.** Elle a été développée dans les années 80 pour la mesure du contenu minéral osseux (ostéodensitométrie), elle permet en fait d'analyser les trois différents composants suivants : MG, MM et masse osseuse, par traitement informatique des mesures physiques (balayage du corps dans son ensemble par rayons X à deux niveaux d'énergie, dont le rapport des atténuations permet de déterminer la matière traversée). L'irradiation imposée au patient n'est pas supérieure à celle d'une simple radiographie pulmonaire. La limite réside dans le coût, la rareté des installations actuelles et, souvent, leur inadaptation aux patients présentant une obésité massive.

Enfin, la **tomodensitométrie computérisée** qui permet de réaliser des coupes anatomiques abdominales et d'identifier dans un plan horizontal les tissus en fonction de leur densité qui atténue les rayons X. On peut décrire un rapport d'adiposité viscérale sur adiposité sous-cutanée. La méthode prend quelques minutes si on se limite à une seule coupe, et la précision est bonne. C'est une méthode intéressante puisque c'est la graisse périvercérale intra-abdominale qui intervient dans le déterminisme des complications métaboliques et cardio-vasculaires de l'obésité.

2.3. Les dépenses énergétiques

La **dépense énergétique quotidienne** (DEQ) est l'énergie totale utilisée sur 24h ; c'est la somme des différentes composantes suivantes^{3,16} :

- Dépense énergétique basale ou **métabolisme basal** (MB) : c'est l'énergie nécessaire au maintien des fonctions vitales (fonctionnement des pompes ioniques, *turnover* de substrats, travail cardiaque et respiratoire, activité du système nerveux, maintien de la température...), et ce dans des conditions très standardisées (à jeun, au repos, à température neutre). Il est souvent confondu avec la DER.
- **Dépense énergétique de repos** (DER) : c'est l'énergie requise pour faire face aux besoins basiques du corps pour ses activités métaboliques ; elle peut être 3 à 10% plus élevée que

le MB. Elle représente théoriquement 60-75% de la DEQ. Pendant le sommeil, elle diminue d'environ 5%.

- **Dépense énergétique d'activité** : c'est l'énergie utilisée pour les activités physiques. C'est la part la plus variable, entre 15 et 30%, puisqu'elle dépend de la nature de l'activité, de sa durée et de son intensité. A titre d'exemple, le fait de se tenir debout par rapport à la position assise augmente la dépense énergétique de 12%.¹⁷ Elle contribue à la DEQ possiblement autant que la DER pour une personne sportive ; et contribue ainsi de façon variable à la DER, de façon directe en activant le métabolisme et de façon indirecte en augmentant le ratio MM/MG.
- Dépense énergétique post-prandiale ou **thermogenèse induite par l'alimentation (TIA)** : c'est l'énergie requise après l'ingestion du bol alimentaire pour la digestion, l'absorption, l'utilisation et le stockage des nutriments (glycogène dans le foie et les muscles, triglycérides...), ainsi que la thermogenèse facultative (par activation du système nerveux sympathique). L'ensemble de ces processus coûte de l'énergie, un coût variable selon les voies biochimiques empruntées : 5 à 10% de la valeur calorique ingérée sous forme de glucides, 20 à 30% pour les protéines, et moins de 5% pour les lipides. La TIA représente environ 10% de la DEQ.
- On peut ajouter les dépenses temporaires selon les différentes étapes du cours de la vie ou pathologiques : la croissance (faible coût) ; la réparation ou cicatrisation des tissus (par exemple chez les grands brûlés¹⁸) ; les mécanismes de défenses anti-infectieux (un patient en sepsis peut atteindre une DER de 3400 kcal/j¹⁹), anti-inflammatoires ; certaines pathologies.

2.4. Facteurs influençant la dépense énergétique de repos

La dépense énergétique des 24h et le métabolisme de repos varient de façon proportionnelle au **poids** et à la **MM**.^{13,20,21,22} La MM occasionnerait une dépense énergétique 3,4 à 4,4 fois plus importante que la MG.²³

*Nelson et al.*²⁴ en 1992 suggèrent que la DER dépendrait également de la **MG** quand celle-ci se trouve en quantité importante. La MM ne représenterait que 53 à 88% de la variation interindividuelle de DER. Dans leur étude reprenant les données de la littérature sur 213 patients, et après ajustement sur la MM, il persistait une différence significative entre les patients minces et les patients obèses, laquelle n'était pas observée quand la MG était incluse comme covariable. D'autres auteurs sont parvenus à la même conclusion d'un rôle métabolique de la MG quand elle est abondante.^{22,23,25}

Quant au **sexe**, la question a été discutée dans les années 90 avec plusieurs études aux résultats contradictoires ^{20,24,26,27}. En 1993, *Arciero et al.*²⁷ ont étudié le métabolisme basal chez plus de 300 patients. La DER était 23% supérieure chez les hommes et, après ajustement sur la composition corporelle, et le niveau habituel d'activité physique notamment, une différence de 3% persistait entre les sexes. A noter qu'il n'y avait pas d'influence de la ménopause.

Le MB dépend également de l'**âge**. Une approximation est de dire qu'il se réduit de 2% tous les 10 ans, par la réduction de la MM et la diminution de l'activité physique.³ Dans une étude récente de 6421 patients dont la DEQ a été calculée par la méthode de l'eau doublement marquée et avec une DER mesurée par calorimétrie indirecte (CI) pour le tiers des patients, *Pontzer et al.*²⁸ décrivent des niveaux de dépense énergétique distincts dans **quatre périodes de la vie** : un niveau faible pendant la première année de vie ; un niveau de 50% supérieur à celui de l'adulte de 1 à 20 ans ; une stabilité ensuite à l'âge adulte, de 20 à 60 ans – à noter une stabilité (relative par rapport au poids) pendant la grossesse ; enfin, une décroissance du métabolisme basal ensuite, de $-0,7\% \pm 0,1\%$ par an, et ce, indépendamment de la diminution de la MM et de l'activité physique.

La **taille**, indépendamment du poids et de la proportion MG/MM, influence aussi la DER : cela a été expliqué par le fait que les personnes de grande taille ont une masse d'organes rapportée à la taille plus faible que chez les sujets de moindre taille.^{29,30}

Le **poids** avec le cas particulier de l'**obésité**³¹ : la DER d'une personne obèse est dans l'absolu supérieure à celle d'un individu mince. Toutefois, et bien que le MB chez les obèses soit évidemment variable selon les sujets, il est observé une tendance à des valeurs moindres aux valeurs obtenues avec les méthodes de prédiction. Dans l'étude de *Hirsch*³¹ chez 49 patients en surpoids ou obèses, les DER s'échelonnaient de 1292 à 2466 kcal par jour, 44,9% avaient une DER inférieure à celle prédite par l'équation de *Harris et Benedict*¹¹, et seulement 6,1% avaient une DER supérieure à la valeur prédite (l'infériorité et la supériorité étaient définies comme ± 125 kcal/j par rapport à la prédiction). Plusieurs hypothèses sont avancées, et celle notamment de la réduction de l'activité métabolique suite à la restriction calorique chronique.^{32,33} Toutefois, une revue de la littérature agrégeant 21 études ne rapporte pas d'association entre obésité et modification de la DER.³⁴

Enfin, la variabilité **génétique**³⁵ : la dépense énergétique de repos peut varier jusqu'à 500 kcal/jour d'une famille à l'autre. En revanche, au sein d'une même famille, la différence interindividuelle n'est que de l'ordre de 100 kcal/jour.³

À ces facteurs, il faut encore ajouter certaines **situations pathologiques**, ou **traitements médicamenteux**, par exemple les bêtabloquants qui diminuent la DEQ par effet sur la thermogenèse périphérique médiée par les catécholamines.³⁶

2.5. La calorimétrie

La calorie, de *calor*, « chaleur » en latin, est une unité de mesure de l'énergie. L'unité de référence est d'ailleurs le joule ; 1 kcal équivaut à environ 4,18 kJ. Une kilocalorie est l'énergie nécessaire pour augmenter la température d'un litre d'eau de 15 à 16°C.

Les calorimètres sont les appareils de mesure de cette énergie, qui sont considérés comme des systèmes fermés ; la mesure peut être **directe** (mesure de la production de chaleur) ou **indirecte** (mesure de la consommation d'oxygène).

En **calorimétrie directe**, pour l'application médicale, il faut considérer qu'il y a égalité entre production de chaleur et dépense d'énergie de l'individu. La mesure nécessite une enceinte de taille réduite et hermétique ou une combinaison calorimétrique, ce qui limite la durée des mesures. Le système doit avoir une excellente isolation thermique pour permettre aux réactions de s'effectuer en milieu adiabatique. Cette méthode est actuellement peu utilisée en raison de ces limitations et du nombre réduit d'institutions disposant de l'équipement nécessaire.³

La calorimétrie indirecte est actuellement la méthode de référence pour estimer la DER en pratique clinique, sa précision peut atteindre 96%.³⁷ Elle repose sur l'équivalence entre l'énergie utilisée dans l'organisme et celle convertie à partir de l'oxydation des nutriments.

Les macronutriments (glucides, lipides, protéines), qu'ils aient pour origine l'alimentation ou les réserves endogènes, constituent l'unique source énergétique pour l'homme. Pour être utilisable, cette énergie doit être transformée en adénosine triphosphate (ATP), notamment par phosphorylation oxydative, processus consommant de l'oxygène et produisant du gaz carbonique (CO₂) et de la chaleur. Il est donc possible d'utiliser la consommation globale d'oxygène comme témoin de la dépense d'énergie.

La mesure des échanges gazeux respiratoires (consommation d'oxygène, production de gaz carbonique) peut être réalisée en **chambres calorimétriques**, dans des conditions où le sujet pourra reproduire ses activités quotidiennes, ce qui permet d'estimer la DEQ.

La mesure peut également être réalisée sous une **capote ventilée** ; cet appareil est plus léger mais ne permet que des mesures limitées dans le temps (MB ou DER et effet thermique des aliments).³

En pratique, sont mesurés la **VO₂** ([volume inspiré x fraction inspirée en O₂] – [volume expiré x fraction expirée en CO₂]) qui est la consommation en oxygène en litre par minute, et la **VCO₂** (volume expiré x fraction expirée en CO₂) qui est la production de dioxyde de carbone en litre par minute.

L'**équation de Weir**³⁸ permet à partir de ces volumes d'estimer la DER :

$$\text{Dépense énergétique (kcal par jour)} = 1440 (3.94 \text{ VO}_2 + 1.11 \text{ VCO}_2)$$

(1440 étant le nombre de minutes dans une journée)

La durée de la mesure pour obtenir l'évaluation la plus exacte a été discutée. Il a été proposé 30 minutes dans les années 1990 ; pour leur part, *Cunningham et al.*²⁶ conclurent qu'une durée de 5 minutes s'avérait suffisante, dans des conditions stables, pour une estimation avec une marge d'erreur de moins de 5% chez la majorité des patients, un résultat qui s'est vu confirmé en 2020 par *Popp et al.*³⁹

L'intérêt en pratique clinique d'une évaluation précise de la DER, qui servira à estimer les apports caloriques nécessaires, a été évalué dans une étude rétrospective italienne⁴⁰ chez 355 patients en surpoids et obèses. Le critère de jugement principal était de comparer la perte de poids entre un groupe dont les apports avaient été déterminés suite à une mesure de la DER par CI, et un groupe dont les apports dépendaient de la DER estimée par l'équation de *Harris et Benedict*. Le groupe dont la DER avait été déterminée par CI perdait significativement plus de poids. Les résultats de cette étude⁴⁰ sont d'autant plus marquants que les équations de prédiction de la DER sont moins fiables chez les patients obèses, particulièrement dans le cas de l'obésité morbide.^{41,42,43,44}

Le **quotient respiratoire (QR)** est le rapport entre la quantité de CO₂ produit par l'oxydation totale d'un substrat (VCO₂ qui est un débit, en ml/min/kg) sur la quantité d'oxygène nécessaire à cette oxydation complète (VO₂ en ml/min/kg).

$$QR = \frac{VCO_2}{VO_2}$$

Le QR varie en fonction du substrat considéré pour assurer son besoin en ATP. Schématiquement, le QR est égal à 1 pour les glucides, à 0,7 pour les lipides et à 0,8 pour les protéines.³ Il y a aussi les cas particuliers de la néoglucogenèse, la lipogenèse et la céto-genèse.⁴⁵ (*Tableau 2*).

La quantité d'énergie produite peut être extrapolée à partir des nutriments ingérés³ répartis en glucides (C), protéines (P) et lipides (L). Ainsi la consommation d'oxygène (VO_2) peut être estimée par $VO_2 = 0,829xC + 0,967xP + 2,019xL$; la production de CO_2 (VCO_2) = $0,829xC + 0,775P + 1,427L$.

Tableau 2 – D'après *Faisy et al.*⁴⁵ (2008) : variations du QR en fonction du métabolisme prédominant.

Métabolisme	QR
Oxydation Glucides	1
Oxydation Lipides	0.7
Oxydation Protéines	0.8
Néoglucogenèse Acides aminés → glucose	0.4
Oxydation Glucides → lipides	> 1
Céto-genèse Acides gras → corps cétoniques	< 0.7

La mesure du QR sur 24h chez un grand nombre de sujets appartenant à des familles différentes montre une agrégation familiale du QR. Il existe des familles dont le QR est élevé et d'autres dont le QR est plus bas.³⁵ Les familles ayant un QR plus bas oxydent une plus grande quantité de lipides par 24 heures : face à une alimentation hyperlipidique, ils constituent moins de réserve et prennent moins de poids que les familles dont le QR est élevé.

L'intérêt de la mesure du QR en pratique clinique est de personnaliser la prescription diététique, puisque pour stabiliser le poids, il convient que les apports et les dépenses énergétiques soient équivalents, certes, mais aussi que les substrats sources d'énergie soient oxydés en proportion des apports.

En ce qui concerne la notion de **quotient alimentaire** (QA), il est possible de calculer le QR théorique d'une alimentation mixte en connaissant les contributions relatives des glucides, lipides et protéines (et alcool) qui la composent. Ainsi une alimentation apportant 55% de glucides (QR = 1), 35% de lipides (QR = 0,7) et 10% de protéines (QR = 0,8) – soit les

apports recommandés par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation (ANSES) – sera associée à un QA égal à : $0,55 \times 1 + 0,35 \times 0,7 + 0,10 \times 0,8 = 0,875$, niveau qui devrait permettre la stabilisation du poids corporel. Si le QA est inférieur au QR, l'apport en lipides dépasse les capacités d'oxydation lipidique de l'organisme, de sorte que le sujet concerné est alors à risque de prendre du poids. A l'inverse, si le QA est supérieur au QR, le sujet est en situation favorable vis-à-vis de la réduction pondérale.

Chez les patients obèses, dans l'étude de *Hirsch et al.*³¹, sur une cohorte de 49 patients en surpoids ou obèses, les QR s'évaluaient de 0,77 à 0,98, dont au-dessus de 0,88 et en-deçà de 0,82 dans 16% et 26 % des cas, respectivement. Il n'y avait pas de différence significative entre les patients en surpoids et les patients obèses. *Zurlo et al.*⁴⁶ notaient des résultats similaires dans une population de 152 indiens Pimas non diabétiques (cette communauté étant connue pour être la population avec l'une des plus hautes prévalence de diabète et d'obésité dans le monde), avec des QR entre 0,799 et 0,903. Ces résultats concordent avec l'étude initiale en 1982 de *Ravussin et al.*⁴⁷, qui sur une petite cohorte de 30 patients (14 obèses, 6 obèses modérés et 10 contrôles), avait mis en évidence des QR plus bas chez les patients obèses que les sujets contrôles ($0,792 \pm 0,009$ p < 0,05 vs $0,819 \pm 0,006$), suggérant ainsi une plus grande contribution de l'oxydation lipidique à la DER due à la plus grande disponibilité d'acides gras libres chez les sujets obèses.

Les apports riches en glucides de manière chronique sont aussi un facteur associé à une augmentation du QR.^{48,49,50} En outre d'une DER réduite, il a été montré qu'une plus grande utilisation de l'oxydation des glucides au repos était associée à une prise de poids plus aisée et un état d'insulinorésistance.^{32,46,51,52}

A noter que dans l'étude de *Hirsch et al.*³¹, il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre les QR des hommes et des femmes, contrairement à ce qui avait été montré auparavant et qui allait dans le sens d'une oxydation des lipides plus efficace chez les femmes.^{53,54}

2.6. Équations de prédiction de la dépense énergétique de repos

En pratique clinique, les équations de prédiction de la DER sont bien plus souvent utilisées puisque plus simples à mettre en œuvre, du fait de l'absence de support matériel.

La plupart utilisent comme variables le sexe, l'âge, la taille, le poids ; et donc des caractéristiques facilement accessibles ; d'autres un peu plus sophistiquées peuvent prendre

en compte des paramètres anthropométriques tels que la MM et la MG (par exemple : *Owen*^{55,56}, *Müller*⁵⁷, *Lazzer*⁵⁸).

L'équation la plus connue et la plus utilisée est certainement celle de *Harris et Benedict*¹¹, basée sur l'étude en 1918 d'une cohorte de 239 personnes. Plus récente, l'équation de *Black*¹² devient une des plus couramment utilisées également.

Cinq équations sont citées dans le PNNS actualisé en 2016 : *Harris et Benedict*¹¹ (1918), *Schofield et al.*⁵⁹ (1985), *Henry*⁶⁰ (2005), *Mifflin-St Jeor et al.*¹³ (1990), *Muller et al.*⁵⁷ (2004). Il a été considéré qu'aucune ne s'avérait plus satisfaisante que les autres, suite aux conclusions de l'*European Food Safety Authority* en 2013.

*Pivois et al.*⁶¹ ont considéré que le principal problème de performance des équations de prédiction est leur tendance à surestimer la MM puisqu'elles ont été développées chez des sujets de poids normal : en surestimant la MM elles surestiment la DER^{9,10}, excepté pour celle de *Black* qui la sous-estimerait⁶². Une corrélation étroite a été observée chez 21 patients entre les équations étudiées (*Harris et Benedict*, *Black*, *Mifflin-St Jeor*, équation de l'*Organisation Mondiale de la Santé (OMS)*, *Lazzer*^{58,63}) (**Tableau 3**) et la DER estimée par CI. Les valeurs estimées par ces équations n'étaient pas significativement différentes de la DER mesurée par calorimétrie, en dehors de l'équation de *Black* qui la sous-estimait comme chez *Feurer et al.*⁶²

Tableau 3 – Tableau des équations utilisées par *Pivois*⁶¹

Équations	DER (kcal/24h)	
Harris et Benedict ¹¹	Homme : 66,47 + 13,75 P + 5,00 T - 6,76 A Femme : 655,10 + 9,56 P + 1,85 T - 4,68 A	
Black ¹²	Homme : 259.1 * P ^{0.48} * T ^{0.50} * A ^{-0.13} Femme : 230.4 * P ^{0.48} * T ^{0.50} * A ^{-0.13}	
Mifflin-St Jeor ¹³	Homme : 10 P + 6,25 T - 5 A + 5 Femme : 10 P + 6,25 T - 5 A - 161	
OMS ⁶⁴	Homme 18-30 ans : 15,3 P + 679 31-60 ans : 11,6 P + 879 > 60 ans : 13,5 P + 487	Femme 18-30 ans : 14,7 P + 496 31-60 ans : 8,7 P + 829 > 60 ans : 10,5 P + 596
Lazzer ^{58,63}	Homme : 0,048 P + 4,655 T - 0,020 A - 3,605 Femme : 0,042 P + 3,619 T - 2,678 (résultats exprimés en mégajoules/24h, à multiplier par 238.892 pour obtenir des kcal/24h)	

(P : poids en kg, T : taille en cm, A : âge en années, kcal : kilocalories).

Dans la plupart des publications, la fiabilité des équations a été évaluée par comparaison de la DER prédite et de la DER mesurée, l'équation testée étant considérée comme fiable si la DER prédite est comprise entre 90% et 110% de la DER mesurée chez plus de 70% des sujets.⁶¹

Plusieurs études^{22,27,55,56,65,66} ont reporté que l'équation de *Harris et Benedict* surestimait la DER de 15% en moyenne dans les populations des années 80-90, comparativement à celle des années 1910, ce que l'on imagine aisément, intuitivement.

*Weijs et al.*⁴ ont testé 27 équations chez 239 Américains d'IMC moyen 29,5 kg/m² ; seules les formules de *Harris et Benedict*¹¹, *Mifflin-St Jeor*¹³, *Livingstone et Kohlstadt*⁶⁷, *Henry*⁶⁰, *Müller*⁵⁷ et *Huang*⁶⁸ délivraient des résultats satisfaisants.

En 2017, *Marra et al.*⁵ ont comparé la DER estimée par diverses équations à la DER mesurée par CI. L'étude a porté sur 1851 sujets adultes obèses (IMC médian 43 kg/m²), séparés en trois groupes selon l'IMC : 30-39,9, 40-49,9 et > 50 kg/m², avec l'usage de 25 équations différentes, dont certaines prenaient en compte la composition corporelle : les meilleures estimations de la DER étaient apportées par les équations de la *FAO*⁶⁴, de *Henry*⁶⁰ et de *Müller*⁵⁷ (cette dernière avec prise en compte de la composition corporelle). Il n'y avait pas de différence dans les groupes d'IMC chez les hommes ; en revanche, toutes les équations étaient prises en défaut chez les femmes en obésité sévère.

*Poli et al.*⁶ ont réalisé une étude sur 40 femmes obèses en 2016 et ont conclu que les équations de *Harris et Benedict* et celle de l'*OMS* étaient celles avec la moindre différence par rapport à la DER mesurée par CI, mais en raison d'une précision de prédiction qu'autour de 40%, l'usage de cette équation doit s'avérer très prudent. Les équations incluant les données d'impédancemétrie n'étaient pas plus satisfaisantes dans l'ensemble. Selon *Wilms et al.*⁷ dans une population de femmes en obésité modérée à sévère (IMC moyen 42,8 kg/m²), même l'équation considérée comme la plus satisfaisante ne permet pas une évaluation fiable de la DER chez plus de 70% des femmes testées.

En définitive, c'est l'équation de *Mifflin-St Jeor*¹³ qui a montré la plus grande précision chez les patients obèses^{4,8,9}, et notamment pour un IMC compris entre 30 et 39,9 kg/m².¹⁰ Elle perd en précision ensuite chez les sujets dont l'IMC est > 40 kg/m².⁹

Au total, beaucoup d'études se sont attelées à établir l'équation la plus fiable chez les sujets obèses mais il n'existe finalement pas de consensus. Aucune équation n'est unanimement considérée comme fiable à ce jour.

2.7. Obésité

L'Organisation mondiale de la santé (OMS)¹ définit l'obésité comme une accumulation anormale ou excessive de MG qui peut nuire à la santé. Cette obésité résulte d'un déséquilibre

« positif » entre les apports énergétiques et la dépense énergétique. De nombreux facteurs interviennent : la génétique, l'environnement, les facteurs psychosociaux.

Trois classes d'obésité sont décrites par l'OMS selon l'IMC, bien que ce soit un indicateur imparfait (pris en défaut quand les valeurs de taille ou de masse musculaire sont très supérieures à la moyenne) : classe 1 de 30 à 34,9 kg/m², classe 2 de 35 à 39,9 kg/m² et classe 3 \geq 40 kg/m².

En 2020, les chiffres français ont été mis à jour suite à la nouvelle édition de l'étude Obépi-Roche⁶⁹ menée depuis 1997 avec l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM) : 11827 Français ont été interrogés en septembre et en octobre 2020 et les chiffres ont été extrapolés à la population du pays. La prévalence de l'obésité (IMC > 30 kg/m²) atteint 17% (contre 15% en 2012, et 8,5% en 1997), ce qui correspond à 8,5 millions de Français, dont 2,0%, ou un million, au stade d'obésité massive (IMC > 40 kg/m²) contre 1,2% en 2012, et 0,3% en 1997. Le nombre de patients obèses a donc doublé en 25 ans, et même en l'espace de 9 ans seulement dans le cas de l'obésité morbide. Au niveau mondial, ce sont 1,9 milliards d'individus adultes qui sont en surpoids (soit 39%), dont 650 millions en situation d'obésité (soit 13%) selon le rapport de l'OMS en 2016.

En France, notre région des Hauts-de-France est la plus impactée, avec une prévalence de l'obésité à 22,1% (contre 14,2% en Île-de-France, région la moins touchée). Les classes socio-professionnelles les plus défavorisées sont plus touchées (avec notamment 18% chez les ouvriers contre 9,9% chez les cadres).

Les chiffres de prévalence diffèrent peu entre femmes et hommes, avec respectivement 17,4% et 16,7% ; on constate en revanche plus de surpoids chez les hommes avec 36,9% contre 23,9% chez les femmes. La prévalence de l'obésité augmente aussi en fonction de l'âge (9,2% chez les 18-24 ans, avec une progression croissante jusque 19,9% chez les 65 ans et plus).

De multiples affections peuvent être secondaires à l'obésité⁷⁰ : hypertension artérielle, diabète, hypercholestérolémie, syndrome d'apnée du sommeil, pathologies cardiovasculaires, reflux gastro-œsophagien, arthrose, dépression ou autres troubles psychologiques, cancers, ...

L'obésité constitue donc un problème de santé publique majeur, à très large échelle, et c'est précisément pourquoi la présente étude s'intéresse à une telle population.

3. MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1. Population d'étude

La population d'étude est celle de patients obèses ayant bénéficié d'une hospitalisation de jour au Centre Hospitalier Universitaire (CHU) d'Amiens pendant la période du 09/01/2020 au 26/08/2021.

Les critères d'inclusion étaient :

- un IMC ≥ 30 kg/m²
- un âge de 18 ans ou plus
- la réalisation d'une calorimétrie indirecte et d'une impédancemétrie le même jour
- et ce, pendant la période du 09/01/2020 au 26/08/2021.

Quatre-vingt-six patients ont bénéficié d'une étude calorimétrique pendant cette période, mais 22 n'ont pas eu d'impédancemétrie simultanée ou avaient un IMC < 30 kg/m² et n'ont pas été inclus. Ont donc été inclus 64 patients.

Le motif de l'hospitalisation de jour était près d'une fois sur deux un projet de chirurgie bariatrique (chez 28 patients). Les autres patients avaient bénéficié d'un hôpital de jour pour une recherche étiologique et/ou de retentissement de l'obésité ; ou plus exceptionnellement pour le suivi de diverses pathologies endocriniennes.

Les données ont été recueillies de façon rétrospective à partir des dossiers informatiques du CHU d'Amiens. Ce travail a été déclaré à la direction de recherche clinique et d'innovation (DRCI) du CHU d'Amiens dans le cadre de la Commission de Recherche « hors Loi Jardé », son numéro d'enregistrement est PI2021_843_0218. L'approbation d'un comité d'éthique n'a pas été nécessaire compte-tenu de la conception de l'étude. Aucun patient n'a exprimé son opposition à la collecte de données analysées de façon anonyme. Ce travail a ainsi été enregistré auprès de la Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL) en lien avec le CHU.

3.2. Critères de jugement

Les critères de jugement ont été des éléments descriptifs et des corrélations, comme suit :

- les compartiments corporels, objectivés par impédancemétrie ;
- la DER, obtenue par calorimétrie indirecte ;
- la corrélation entre la DER mesurée, d'une part, et le poids, l'IMC, la MM et la MG, d'autre part ;

- la corrélation entre la DER mesurée d'une part, et celle estimée par impédancemétrie, et aussi à l'aide des équations de *Harris et Benedict*¹¹, de *Black*¹² et de *Mifflin-St Jeor*¹³, d'autre part.

3.3. Données recueillies

Les données collectées ont été les suivantes :

Des données démographiques :

- les caractéristiques sociodémographiques : âge, sexe
- les caractéristiques biométriques : poids, taille, IMC, tour de taille
- la pression artérielle et la fréquence cardiaque
- au plan biologique : glycémie à jeun, hémoglobine glyquée, HDLémie, LDLémie, triglycéridémie, TSH, albumine, CRP
- les antécédents médicaux personnels suivants : diabète, hypertension artérielle, pathologies endocriniennes, chirurgie bariatrique
- les traitements médicamenteux
- les consommations de tabac et d'alcool.

Des données relatives aux critères de jugement :

- pour l'impédancemétrie : MM en % et en kg, MG en % et en kg, masse hydrique en % et en kg, masse osseuse en kg, et le taux métabolique basal calculée par l'équation développée par le fabricant de l'appareil (TANITA®) basée sur une analyse de régression multiple utilisant l'estimation de la MM
- pour la calorimétrie indirecte : la DER et le QR
- la DER a été calculée pour chaque patient selon trois équations : *Harris et Benedict*, *Black* et *Mifflin-St Jeor*.

3.4. Conditions de mesure

L'**impédancemètre** utilisé est l'appareil Multi-Frequency Body Composition Analyzer MC-180MA™ (TANITA®). Les conditions de mesure ont été les suivantes : patients à pieds nus, correctement positionnés sur les électrodes, les bras le long du corps en tenant les électrodes supérieures dans les mains. Un exemple de figuration des données est présenté dans les *annexes 1a et 1b*.

Le **calorimètre** est l'appareil Q-NRG™ (COSMED) avec système CANOPY™, adapté aux sujets sains et en respiration spontanée. Les gaz expirés par le patient sont dilués par un

flux d'air connu dans le CANOPY™ et la mesure du débit de dilution et des concentrations en O₂ et CO₂ permet de calculer la VO₂ et la VCO₂.

Les sujets avaient reçu la consigne d'être à jeun depuis la veille au soir. La mesure a été réalisée en matinée de l'hôpital de jour, après un temps de repos, en position allongée. La durée d'enregistrement était de 10 à 15 minutes, pour l'obtention de 5 minutes en état stabilisé. (*Figure 3*) Exemple de présentation des données cf. *Annexe 2*.



Figure 3 – Sujet en cours de mesure calorimétrique

3.5. Analyses statistiques

Les statistiques descriptives ont été calculées pour toutes les variables d'intérêt. Les résultats ont été décrits avec la médiane et l'écart interquartile. La corrélation entre deux paramètres quantitatifs a été analysée à l'aide du test de corrélation de Pearson, une valeur de p (bilatérale) inférieure à 0,05 a été considérée comme statistiquement significative. L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel IBM SPSS Statistics®.

4. RÉSULTATS

4.1. Caractéristiques démographiques de la population étudiée

Soixante-quatre patients obèses ayant bénéficié d'une calorimétrie indirecte et d'une impédancemétrie ont été inclus. La population d'étude était majoritairement féminine (45 femmes pour 19 hommes, soit 70%), et avait un âge médian assez jeune à 40,5 ans.

L'IMC médian était de 42,3 kg/m² (30,9 kg/m² pour le plus bas, 60,6 kg/m² pour le plus élevé, avec les proportions de patients suivantes : 12,5% entre 30 et 35 kg/m², soit une obésité de classe 1 ; 15,6% entre 35 et 40 kg/m², soit une obésité de classe 2, 71,9% ≥ 40 kg/m², soit une obésité de classe 3, dont 34,4% entre 40 et 45 kg/m², 25% entre 45 et 50 kg/m² et 12,5% ≥ 50 kg/m² (**Figure 4**). Le tour de taille médian était à 127 cm, aucun n'était < 93 cm.

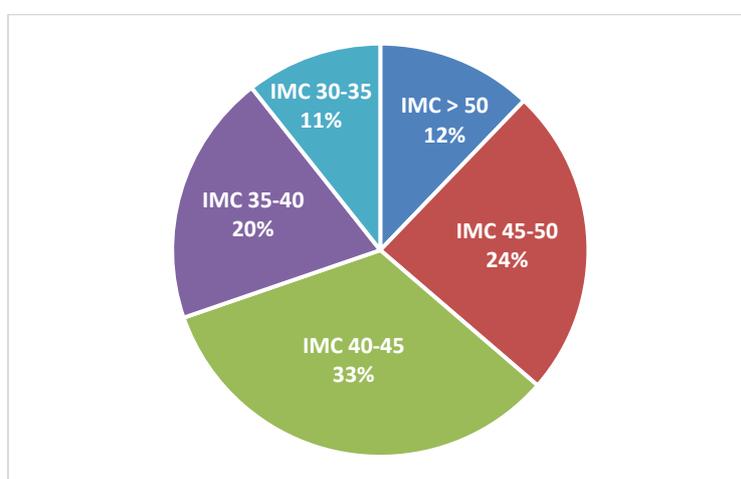


Figure 4 - Répartition des niveaux d'IMC (en % de la population étudiée)

Le tabagisme et le mésusage de l'alcool n'ont pas été systématiquement relevés. Parmi les données disponibles, on dénombrait 16 sujets avec un tabagisme actif (soit 28%, avec 6 données manquantes), un éthylysme chronique a été notifié pour 1 patient.

Cinq patients avaient un antécédent de chirurgie bariatrique (chaque fois par sleeve gastrectomie). Cinq patients étaient diabétiques connus, et 16 présentaient une hypertension artérielle connue également (à noter pour ces deux entités valeurs des données manquantes dans 2 et 12 cas, respectivement). Treize patients étaient traités par Lévothyroxine (6 pour insuffisance thyroïdienne, 6 pour hypothyroïdie périphérique, 1 pour une hypothyroïdie mixte) ; Quatre patients prenaient de l'hydrocortisone pour une insuffisance corticotrope. Concernant les autres pathologies endocriniennes, on trouvait : 5 syndromes des ovaires polykystiques, 2 craniopharyngiomes, 3 macroadénomes hypophysaires non sécrétants, 1 maladie de Cushing, un micro- et un macroprolactinome, 1 maladie de Basedow. (**Tableau 4**)

Tableau 4 – Données démographiques*(présentées avec la valeur médiane et l'intervalle interquartile Q1-Q3)*

	Total (n= 64)
Sex-ratio (H/F)	19/45
Âge, années	40,5 [29-48,75]
Poids, kg	117,5 [106-136]
Taille, m	168 [160-175]
IMC, kg/m²	42,3 [39,0-46,4]
Tour de taille, cm	127 [115,8-136,3] (n = 46)*
Antécédent de chirurgie bariatrique (Sleeve), n (%)	5 (7%) (n=64)*
Diabète, n (%)	5 (8%) (n=62)*
Hypertension artérielle, n (%)	16 (25%) (n=63)*
Syndrome des ovaires polykystiques, n	5
Craniopharyngiome, n	2
Macroadénome hypophysaire non sécrétant, n	3
Macroprolactinome, n	1
Microprolactinome, n	1
Maladie de Cushing, n	1
Maladie de Basedow, n	1
Caractéristiques biologiques :	
- Glycémie à jeun, g/l	0,95 [0,84-1,05] (n=63)*
- HbA1c, %	5,60 [5,30-6,20] (n=47)*
- Triglycérides, g/l	1,31 [1,00-1,81] (n=62)*
- HDLc, g/l	0,42 [0,36-0,52] (n=62)*
- LDLc, g/l	1,33 [1,14-1,61] (n=62)*
- Albumine, g/l	38,7 [37,3-40,5] (n=50)*
- T3L, 3,5-6,5 pmol/l**	5,70 [5,11-6,23] (n=57)*
- T4L, 0,89-1,76 ng/l**	1,10 [1,01-1,24] (n=57)*
- CRP, mg/l	9,0 [4,0-15,0] (n=59)*

* Données non manquantes. ** Normes du laboratoire.

Parmi les caractéristiques biologiques en lien avec le métabolisme qui ont été relevées, on trouve une glycémie à jeun médiane à 0,95 g/l, une HbA1c à 5,6%, des triglycérides à 1,31 g/l, un HDLc à 0,42 g/l, un LDLc à 1,33 g/l, l'albumine médiane était à 38,7 g/l, la CRP à 9 mg/l, la T3L à 5,7 pmol/l (norme 3,5-6,5), et la T4L à 1,1 ng/l (norme 0,89-1,76).

La CRP médiane était de 9 mg/l (norme < 5 mg/l) avec une valeur maximale constatée à 35 mg/l – il n’y avait pas de cause infectieuse ou néoplasique évolutive connue chez les patients dont les valeurs étaient élevées. Une seule patiente présentait une valeur abaissée d’albumine (albumine à 31 g/l) mais en regard d’une CRP augmentée à 21 mg/l. (**Tableau 4**)

4.2. Données relatives aux critères d’intérêt

En impédancemétrie, la MM médiane était estimée à 57,1% et la MG 42,9%. La masse hydrique était de 40,8% (dont 46% extracellulaire et 54% intracellulaire). La masse osseuse médiane était de 3,45 kg. (**Tableau 5**)

Tableau 5 – Données de l’impédancemétrie

Composition corporelle		Total (n= 64)
Masse maigre	<i>en kg</i>	67,8 [59,3-77,9]
	<i>en % de la masse totale</i>	57,1 [52,8-59,6]
Masse grasse	<i>en kg</i>	52,3 [41,8-63,0]
	<i>en % de la masse totale</i>	42,9 [40,4-47,2]
Masse hydrique	<i>en kg</i>	48,5 [42,4-56,0]
	<i>en % de la masse totale</i>	40,8 [37,7-43,5]
Masse osseuse	<i>en kg</i>	3,45 [3-3,9]

En calorimétrie, la DER était estimée à 1950 kcal/24h [1718-2354] et le quotient respiratoire à 0,93 [0,88-0,98]. (**Tableau 6**)

Tableau 6 – Données de la calorimétrie indirecte

	Total (n= 64)
DER, kcal/j	1950 [1718-2354]
Quotient respiratoire	0,93 [0,88-0,98]

L’estimation de la DER par l’équation du constructeur de l’impédancemètre, laquelle n’est pas connue précisément mais dont on sait qu’elle utilise notamment comme variable la MM estimée était à 2117 kcal/j, à un niveau supérieur donc de 167 kcal/j par rapport à la valeur mesurée.

Trois équations de la DER ont été utilisées, toutes trois prenant en compte la taille, le poids, le sexe et l’âge des sujets : l’équation de *Harris et Benedict* qui estimait la DER la plus élevée à 2006 kcal/j, et donc la seule à donner un résultat supérieur à la valeur mesurée en

calorimétrie ; celles de *Black* et de *Mifflin-St Jeor* donnaient, elles, des valeurs légèrement inférieures à la valeur mesurée, avec respectivement à 1912 kcal/j et 1938 kcal/j. (**Tableau 7**)

Tableau 7 – Valeurs de la DER estimées par l'impédancemétrie et les équations de prédiction

	Total (n= 64)
Selon l'impédancemétrie	2117 [1844-2470]
Selon Harris et Benedict ¹¹	2006 [1776-2295]
Selon Black ¹²	1912 [1718-2146]
Selon Mifflin-St Jeor ¹³	1938 [1722-2192]

4.3. Études corrélatives

Une corrélation positive est retrouvée entre, d'une part, la DER, et d'autre part, le poids corporel : $r = 0,769$ ($p < 0,01$) (**Figure 5**), la MM : $r = 0,816$ ($p < 0,01$) (**Figure 6**) ainsi qu'avec la MG mais cette fois de manière moins forte : $r = 0,567$ ($p < 0,01$). (**Figure 7**) (**Tableau 8**)

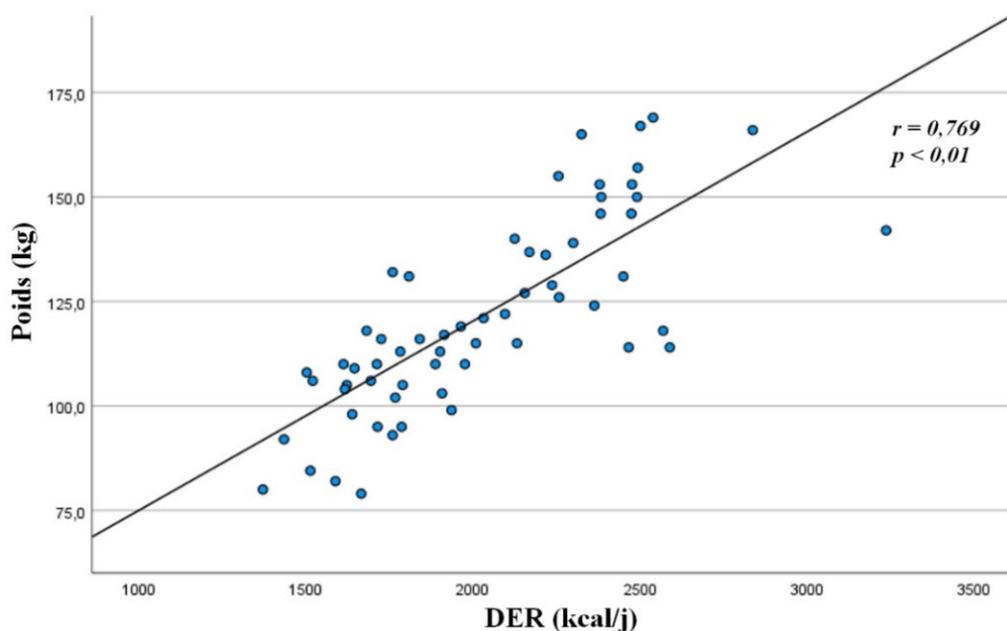


Figure 5 – Corrélation entre DER et poids

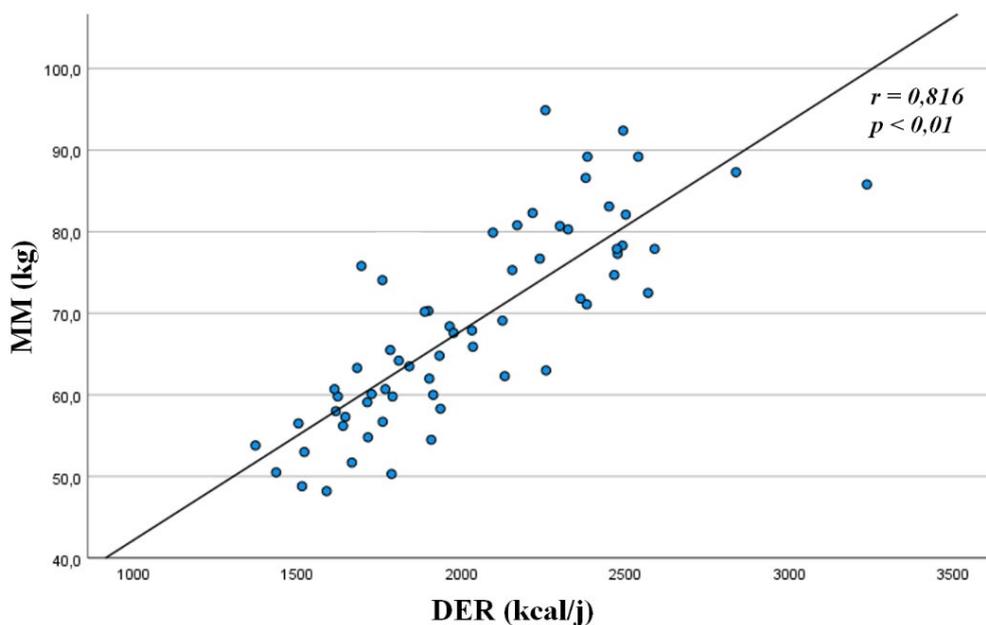


Figure 6 – Corrélation entre DER et MM

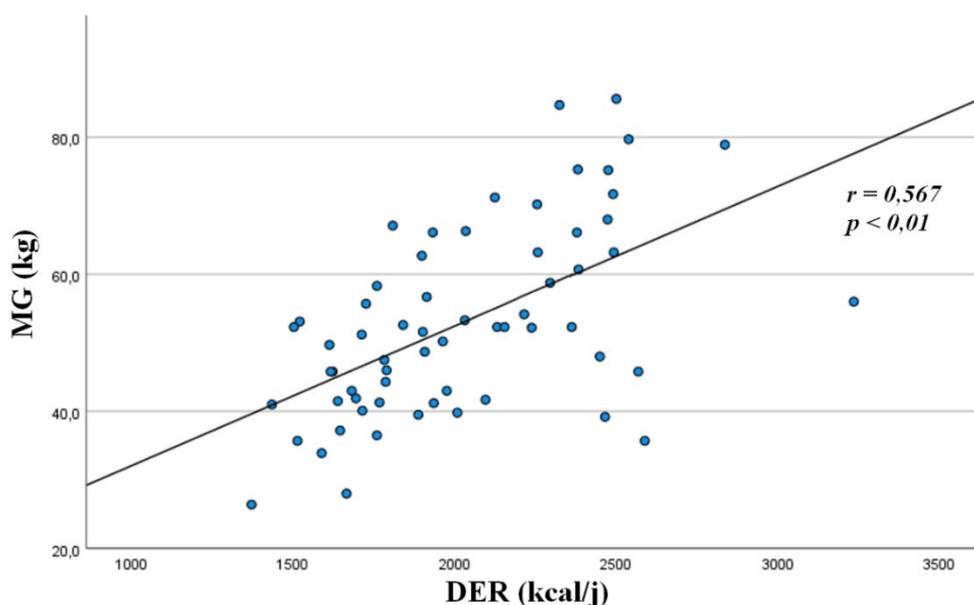


Figure 7 – Corrélation entre DER et MG

Tableau 8 – Corrélations entre DER et poids, MM et MG

	Poids		MM		MG	
	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
DER (kcal/j)	0,769	< 0,01	0,816	< 0,01	0,567	< 0,01

De même, il existait une corrélation positive entre la DER mesurée et la DER obtenue avec l'impédancemètre : $r = 0,820$ ($p < 0,01$) (**Figure 8**) et avec les trois équations utilisées : l'équation de *Harris et Benedict*¹¹ : $r = 0,795$ ($p < 0,01$) (**Figure 9**), celle de *Black*¹² : $r = 0,791$ ($p < 0,01$) (**Figure 10**), et celle de *Mifflin-St Jeor*¹³ avec $r = 0,802$ ($p < 0,01$). (**Figure 11**) (**Tableau 9**)

Tableau 9 – Corrélations entre la DER mesurée et les équations de prédiction

DER estimée (kcal/j)	Impédancemètre		Harris et Benedict		Black		Mifflin St-Jeor	
	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
	0,820	< 0,01	0,795	< 0,01	0,791	< 0,01	0,802	< 0,01

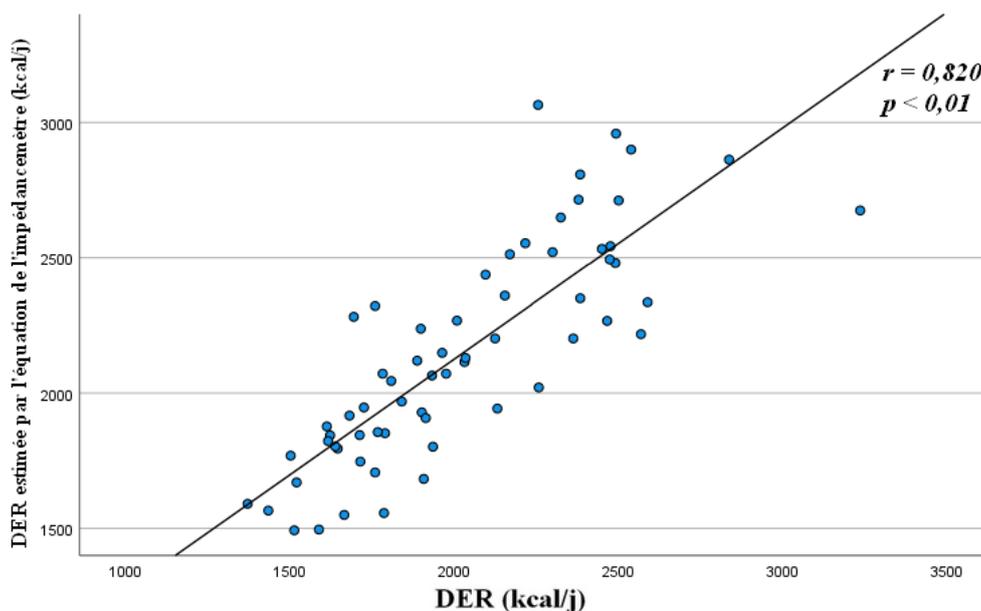


Figure 8 – Corrélacion entre la DER mesurée et celle estimée avec l'impédancemètre.

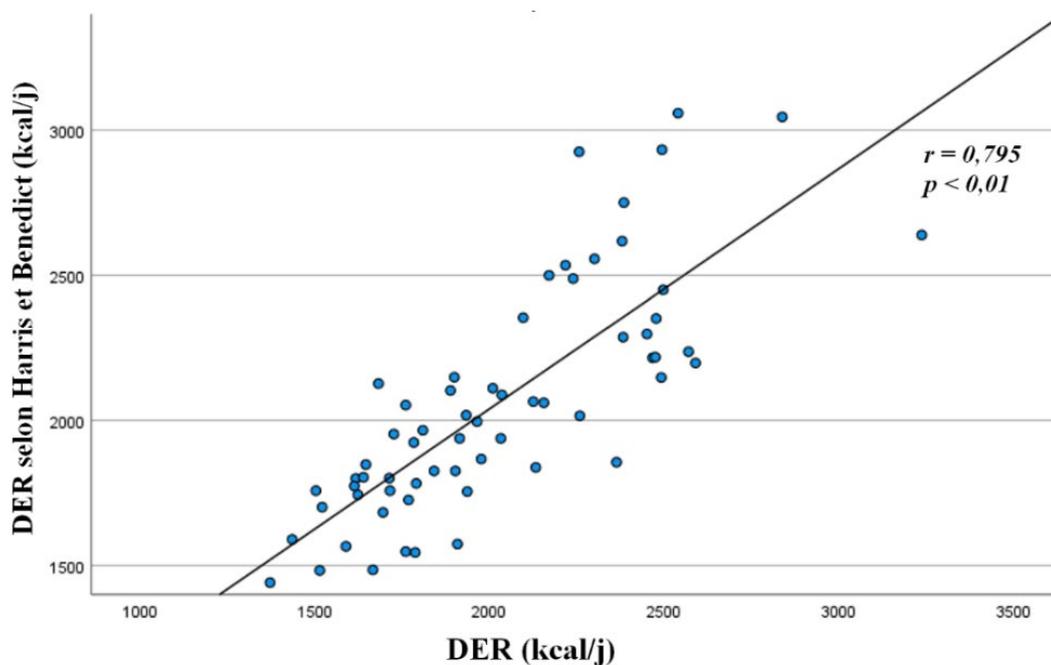


Figure 9 – Corrélacion entre la DER mesurée et celle estimée avec l'équation de Harris et Benedict.

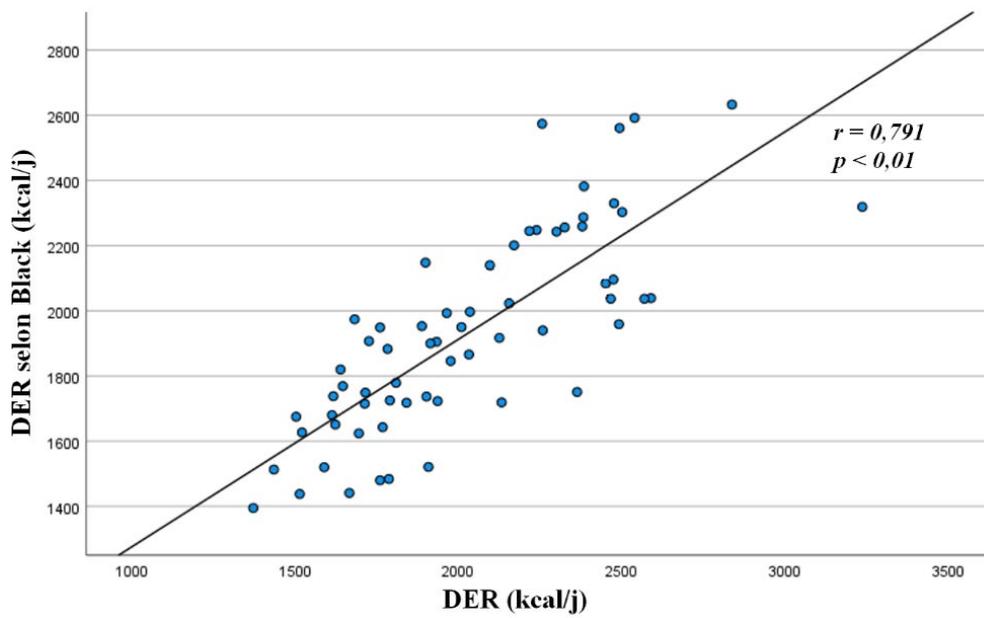


Figure 10 – Corrélation entre la DER mesurée et celle estimée selon l'équation de Black.

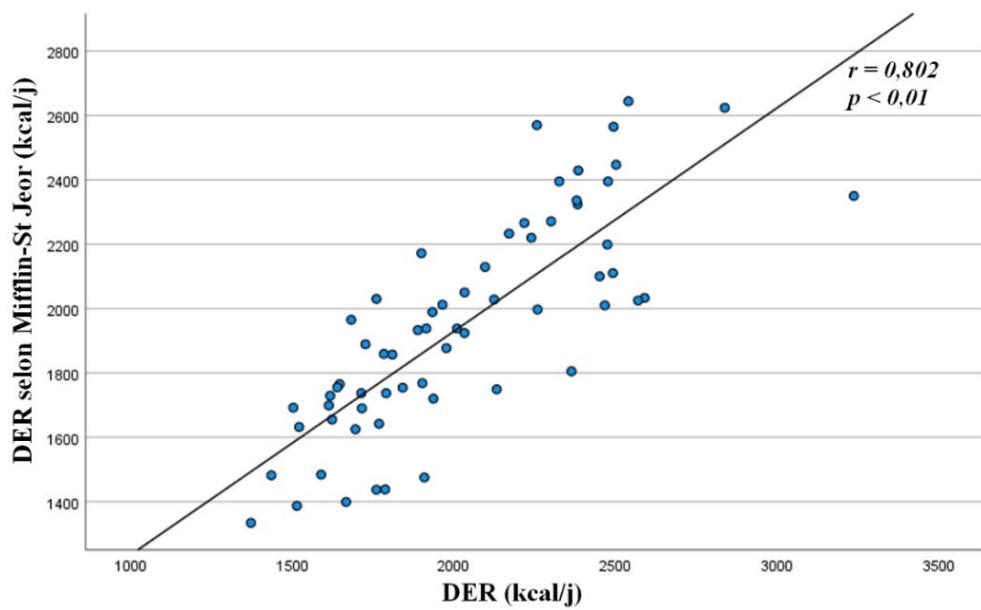


Figure 11 – Corrélation entre la DER mesurée et celle estimée selon l'équation de Mifflin.

5. DISCUSSION

Soixante-quatre patients obèses ayant bénéficié d'une évaluation de la composition corporelle par impédancemétrie et de la DER par CI ont été analysés, rétrospectivement, dans cette étude. Les sujets avaient bénéficié de ces examens pour la majeure partie dans le cadre d'un bilan préparatoire à la chirurgie bariatrique, raison pour laquelle ces sujets étaient majoritairement des femmes (à hauteur de 70%, dans une proportion comparable à ce qui a été observé au niveau national en 2016 (80%)⁷¹). Ce recrutement rend compte aussi de l'âge médian relativement jeune de nos patients (40,5 ans), lui égal même à ce qui a été observé au niveau national⁷¹.

L'IMC médian de 42,3 kg/m² correspondait à des valeurs d'obésité dite « morbide » (de stade 3), ce qui encore une fois peut être mis en lien avec le motif d'hospitalisation principal de la population d'étude puisqu'il s'agit du principal critère d'éligibilité à la chirurgie bariatrique selon la Haute Autorité de Santé⁷². Quant au tour de taille médian à 127 cm, il était bien supérieur aux critères diagnostiques du syndrome métabolique, *a fortiori* pour une patientèle essentiellement féminine, comme nous l'avons vu ; aucun patient n'avait de valeur en-deçà du seuil de 80 cm chez les femmes et de 94 cm chez les hommes, témoignant de la forte prévalence de l'obésité abdominale de notre patientèle. En effet, nous avons retenu pour critère d'obésité un niveau d'IMC ≥ 30 kg/m², lequel est un indicateur pris en défaut en cas de taille extrême ou d'une musculature hors normes. Ceci explique que certains auteurs, comme Nelson²⁴ et Pureza⁷³, ont pu prendre en outre en considération un niveau de MG élevé (> 20% chez les hommes et > 30% chez les femmes pour le premier auteur, et > 35% pour les femmes pour le second). Toujours est-il qu'en dépit de l'obésité sévère et du tour de taille médian très large, facteur de risque majeur de syndrome métabolique, il y avait peu de cas de diabète (5 seulement). Il serait très intéressant à ce sujet d'étudier plus avant le ratio MG périviscérale/sous-cutanée (avec l'hypothèse qu'un excès portant surtout sur la graisse sous-cutanée pourrait jouer un rôle de protection, vis-à-vis du risque de dépôt adipeux en secteur périviscéral).

Seize de nos patients étaient fumeurs (soit 28% – données manquantes pour 8 patients sur 64) – une étude néerlandaise⁷⁴ sur plus de 1000 patients dont la DER a été mesurée par CI mettait en évidence une augmentation de la DER chez les patients tabagiques actifs au moment de l'étude (leurs résultats étaient ajustés sur la MM). Il n'y avait en revanche pas d'association avec le nombre de paquets-années.

Les patients présentant une pathologie endocrinienne ou métabolique n'ont pas été exclus de notre étude. Or, bon nombre de perturbations hormonales ont un retentissement sur le MB.

Les dysthyroïdies sont au premier plan ; remarquablement, tous les composants de la DEQ sont modulés par les hormones thyroïdiennes⁷⁵ qui ont un rôle direct sur les cycles métaboliques (lipolyse/lipogenèse, glycogénolyse/gluconéogenèse, synthèse protéique, catabolisme...) ^{76,77}. La T3 libre (T3L), la T3 totale et la T4 libre (T4L) étaient corrélées à la DER dans une étude de *Kim et al.*⁷⁸ sur une petite cohorte de patients atteints de la maladie de Basedow, la DER des malades pouvait atteindre 140%. Sur le versant hypothyroïdie, *Al-Adsani et al.*⁷⁹ a étudié la DER par CI sur un petit groupe de neuf patients en hypothyroïdie, en modifiant leur posologie de Lévothyroxine pour viser une TSH légèrement au-dessus ou en dessous de la normale, dans leur série la DER était inversement corrélée à la TSH. Treize de nos patients prenaient de la Lévothyroxine (6 pour une insuffisance thyroïdienne, 6 pour une hypothyroïdie périphérique, 1 pour une hypothyroïdie mixte) ; un seul patient avait une T4L supérieure à la norme et deux avaient une T4L inférieure à la norme ; pour la T3L, respectivement 9 sujets au-dessus de la norme et un seul en-deçà de la borne inférieure. Un homme était porteur de la maladie de Basedow, mais en euthyroïdie avec un traitement antithyroïdien au moment de l'analyse.

Onze de nos patients présentaient un syndrome d'apnées obstructives du sommeil (SAOS). La DE de ce type de patients a aussi été étudiée sur une petite cohorte de onze patients (5 patients atteints et 6 sains) par *Stenlöf et al.*⁸⁰ : leur DEQ a été mesurée en chambre calorimétrique, avant traitement les patients avec un SAOS avaient une DEQ plus élevée, après trois mois de traitement par pression positive continue, la DE nocturne diminuait.

Huit patientes étaient atteintes d'un syndrome des ovaires polykystique (SOPK). Il ne semble pas y avoir de différence de DER mesurée par CI entre les sujets sains et ceux porteurs d'un SOPK selon l'étude de *Larsson et al.*⁸¹ sur 72 patientes atteintes de SOPK versus groupe contrôle. Dans une autre étude, *Romualdi et al.*⁸² observaient une DER plus faible seulement chez les femmes avec SOPK qui avaient un rapport taille/hanches élevé (et donc avec une répartition androïde de la graisse). *Rodrigues et al.*⁸³ se sont intéressés à la validité des équations de prédiction dans cette population ils ont étudié 30 patientes atteintes de SOPK et leur ont appliqué 10 équations : la plus performante dans ce cadre, était celle de l'OMS, avec toutefois une importante variabilité individuelle.

Il est notable que seulement 5 de nos patients étaient diabétiques, soit moins de 10% de notre population, alors que selon l'INSERM⁶⁹, le diabète de type 2 touche 20 à 30% des

patients obèses selon la classe de 1 à 3 (respectivement 20%, 21%, 31%). Deux autres patients ont été diagnostiqués comme intolérants au glucose. Deux des patients diabétiques avaient un diabète décompensé lors de leur hospitalisation de jour, l'un avec une glycémie à jeun à 5,6 g/l, et pour l'autre à 2,83 g/l avec une valeur d'HbA1c à 10%. Un seul autre patient avait une valeur d'HbA1c > 8%. Nous soulignons ce point concernant le diabète dans la mesure où une augmentation de la DER a pu être discutée dans le diabète, mais sans faire de consensus dans la littérature.^{84,85,86,87,88}

Deux de nos patients étaient porteurs d'un craniopharyngiome, dont un traité par radiothérapie ; les deux patients présentaient une insuffisance thyroïdienne et corticotrope et, chez un seul, une insuffisance somatotrope surajoutée, toutes insuffisances bien supplémentées. Les craniopharyngiomes, du fait de leur localisation, pourraient être responsables d'une obésité hypothalamique. En 2010, *Kim et al.*⁸⁹ a comparé une cohorte de onze enfants atteints de craniopharyngiome, tous opérés, dont huit étaient obèses, à un groupe contrôle sans craniopharyngiome. Les enfants atteints de craniopharyngiomes avaient une MM plus élevée (57 vs 50%) mais une DER de repos 17% inférieure à celle prédite (par l'équation de l'OMS), ce qui constituait une différence de 268 kcal/j, ce qui est considérable dans le régime d'un enfant. Les auteurs proposaient plusieurs explications, incriminant les insuffisances hormonales et aussi leur substitution, ou encore le fait que la MM de ces patients serait moins active métaboliquement. Enfin, ils évoquent le rôle de protéines découplantes (de la phosphorylation, vis-à-vis de l'oxydation), lesquelles sont exprimées principalement dans le tissu adipeux brun, mais aussi au niveau de l'hypophyse et de l'hypothalamus, avec, dans ce cas, une altération structurale de la protéine impliquée^{90,91}.

Concernant les données biologiques, la médiane de la LDLémie était à 1,33 [1,14-1,61] g/l, ce qui est relativement élevé et constitue en soi un facteur de risque cardiovasculaire, selon les dernières recommandations de la *Société Européenne de Cardiologie*⁹². Pour sa part, dans une série de 100 patients obèses dont l'IMC moyen était de 38 kg/m², soit un niveau un peu inférieur au nôtre, *Sfar et al*⁹³ ont trouvé un LDLc moyen à 1,09±0,33 g/l. A noter que 11 de nos sujets (soit 17%) étaient déjà traités par statines. Les triglycérides, eux, étaient à 1,3 g/l en valeur médiane, soit un niveau inférieur à la valeur de 1,5 g/l qui représente un des critères du syndrome métabolique ; 40% de nos patients (25 sur 62 ; données manquantes chez deux patients) avaient une hypertriglycéridémie, contre 19% dans le travail de *Sfar*.

Avec l'impédancemétrie nous obtenons une MG médiane à 42,9%. Il est nécessaire de rappeler à ce sujet que l'impédancemétrie n'est pas le « *gold standard* » pour l'évaluation de la composition corporelle ; elle fait, en effet, l'objet de critiques et il a notamment été montré que la MM était surestimée chez les patients obèses, et particulièrement en cas de MG > 42%⁹⁴. Ceci peut s'expliquer en partie par le fait que les patients obèses ont plus tendance à présenter des œdèmes, ou être en rétention hydrosodée, du fait des comorbidités souvent associées, la masse musculaire étant estimée en impédancemétrie à partir de la MM incluant la masse hydrique. Par ailleurs, nos mesures n'ont pas été réalisées dans les conditions idéales, à savoir une température de la pièce contrôlée et un appareil permettant la position allongée. La surestimation de la MM avec l'impédancemétrie expliquerait pourquoi la DER médiane estimée avec cette méthode s'avère supérieure à ce qui est mesuré en calorimétrie (2117 vs 1950 kcal/jour).

La médiane de la DER mesurée par CI était de 1950 kcal/j [1718-2354], avec une valeur minimale de 1372 kcal/j (chez une femme de 56 ans dont l'IMC était de 32,9 kg/m²) et une valeur maximale 3236 kcal/j (chez un homme de 40 ans dont l'IMC était de 43,8 kg/m²), soit un écart considérable. Les valeurs estimées par les 3 équations (*Harris et Benedict*, *Black*, *Mifflin St-Jeor* dans l'ordre) pour ces deux patients étaient, respectivement, de 1441 kcal/j, 1395 kcal/j et 1334 kcal/j, et de 2639, 2319 et 2350 kcal/j, soit pour ce dernier un écart par rapport à la DER mesurée de 300 à près de 600 kcal selon l'équation utilisée. Ceci va dans le sens des données de la littérature qui présentent souvent l'équation de *Mifflin-St Jeor* comme étant la plus satisfaisante chez les patients dont l'IMC se situe entre 30 et 40 kg/m², mais qui perdait en précision en revanche dans l'obésité morbide^{4,8,9,10} ; situation dans laquelle aucune équation ne fait consensus, *a fortiori* chez les femmes^{5,7}. Il aurait été intéressant à ce sujet d'étudier dans le présent travail les corrélations entre la DER mesurée par CI et celle prédite par les différentes équations selon les classes d'obésité et aussi selon le sexe.

Le QR médian était à 0,93, témoignant d'un métabolisme portant préférentiellement sur l'utilisation des glucides au moment des mesures, alors que les patients avaient pour consigne d'être à jeun depuis la veille au soir et que la mesure a été faite dans la matinée. Les QR se répartissaient de 0,76 à 1,17, dont 22% et 78% respectivement inférieurs et supérieurs à 0,875. Nos données diffèrent de celles de la littérature^{31,46,47}, dans laquelle les données rapportées s'avèrent généralement inférieures à 0,88. Pour nos valeurs de QR > 1 (chez 14 patients, dont 2 avec un QR > à 1,15), s'est posée la question de savoir si nous pouvions les maintenir dans l'étude, dans l'hypothèse d'un artefact de mesure, ou si le résultat tenait au fait que les patients étaient à jeun ; nous les avons malgré tout conservées dans nos études

statistiques. Il aurait également été intéressant de connaître précisément l'alimentation habituelle de ces patients, notamment pour la raison que des apports riches en glucides de manière chronique sont associés à une augmentation du QR^{48,49,50}. De même, un QR élevé est associé à une prise de poids et à une insulino-résistance^{32,46,51,52}.

La DER mesurée et la MM étaient fortement corrélées, comme attendu au vu des connaissances actuelles^{13,20,21,22}, la DER et le poids l'étaient aussi. Il est intéressant de noter que la DER et la MG étaient également corrélées chez nos patients, de manière moins franche cependant ; la littérature est moins riche à ce propos, mais le rôle métaboliquement actif de la MG a déjà été évoqué, notamment par *Nelson et al.*²⁴, d'autant plus quand cette MG était abondante, ce qui était le cas chez nos patients puisque 71,9% d'entre eux étaient en obésité morbide. Ainsi, chez ces patients, il est important de prendre en compte cette dépense énergétique. Par ailleurs, cette variable contribue probablement au fait que les équations de prédiction sont moins précises dans les populations obèses.

Les corrélations entre la DER mesurée et les DER estimées par l'impédancemètre et par les trois équations prédictives étaient satisfaisantes, avec une valeur de r globalement à 0,8 et même un peu supérieur (0,82) pour l'impédancemètre. La valeur médiane de DER obtenue avec l'impédancemètre donnait un écart de + 9%, assez nettement supérieur à ce qui a été observé avec l'équation de *Harris et Benedict*, avec laquelle la valeur médiane de DER était un peu supérieure à la valeur mesurée : +3% ; le différentiel était plus faible encore pour les équations de *Black et Mifflin-St Jeor* : respectivement -2% et -1%. Toutefois, à l'analyse des graphiques, on constate une importante dispersion des valeurs individuelles dans les 4 cas. Ceci est de nature à remettre en cause l'usage des méthodes estimant la DER, à l'échelon de l'individu obèse.

La présente étude présente quelques forces : elle a été menée dans un seul centre, chez un nombre de patients assez important, avec un seul et même appareillage, avec des mesures simultanées des compartiments corporels et de la DER, et avec la disponibilité d'un grand nombre de paramètres démographiques (du fait du caractère complet de l'investigation réalisée en hôpital de jour).

Le caractère rétrospectif, lui, pourrait apparaître comme une faiblesse. Il n'en est pas véritablement une, en fait, en raison de la nature de l'étude et dans la mesure où peu de patients ont été exclus de l'étude, et avec de ce fait la limitation d'un biais. Un biais cependant tient à la nature de notre patientèle, à savoir des femmes principalement et une hétérogénéité des situations cliniques.

6. CONCLUSION

Nous avons mis en regard dans le présent travail différentes méthodes d'évaluation de la DER, avec le but d'une analyse critique des résultats obtenus.

Le principal enseignement que nous pouvons tirer de nos résultats est que si les études corrélatives réalisées entre la DER mesurée et celle estimée par impédancemétrie ou par équation montrent une corrélation étroite statistiquement, *à l'échelon groupal* donc ; de tels résultats ne dénie en rien des écarts de valeur en absolu (surtout avec l'impédancemétrie) et une dispersion des valeurs obtenues avec les études corrélatives *à l'échelon individuel*. Aussi nous paraît-il périlleux de proposer dans la prise en charge de l'individu obèse un apport énergétique sur la base du niveau de DER estimé. Ceci *a fortiori* quand on sait que la problématique de l'obésité ne tient pas qu'à un déséquilibre énergétique quantitatif.

ANNEXES

Annexe 1a – Présentation des résultats de l'impédancemétrie

Health Monitor
„INDICATE Health Risks - RATE professionally - REACT prophylacticy”

Analyseur de Composition corporelle MC-180

Mesures sur [REDACTED] à 11:48 heure

(homme 41 Années)

Mode: NORMAL

Masse graisseuse: 54,2 kg
=39,7 %

Masse maigre: 82,3 kg

Graisse viscérale: 24 level

Taille: 177 cm

Poids: 136,4 kg

IMC: 43,5 kg/m²

Taux métabolique basal:
10695 kJ
=2554 kcal

Masse musculaire: 78,3 kg

Masse osseuse: 4,0 kg

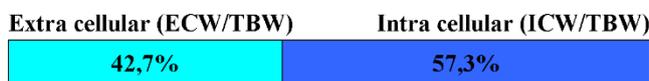
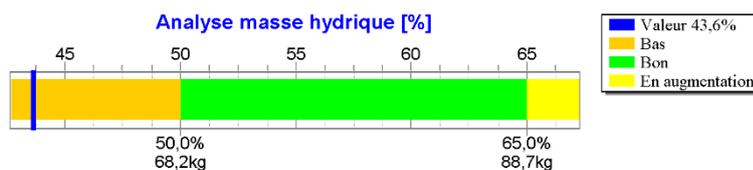
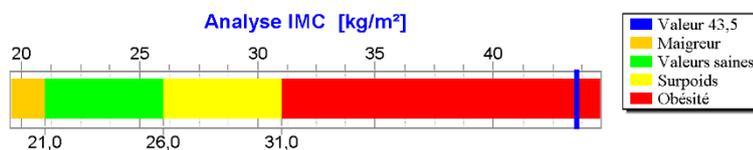
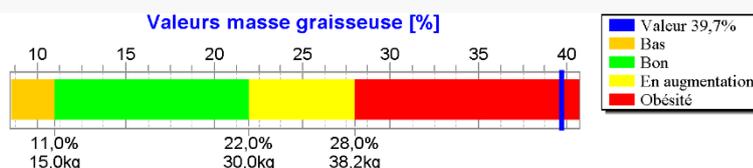
Masse hydrique: 59,5 kg
=43,6 %

Impédance: 454 Ohm

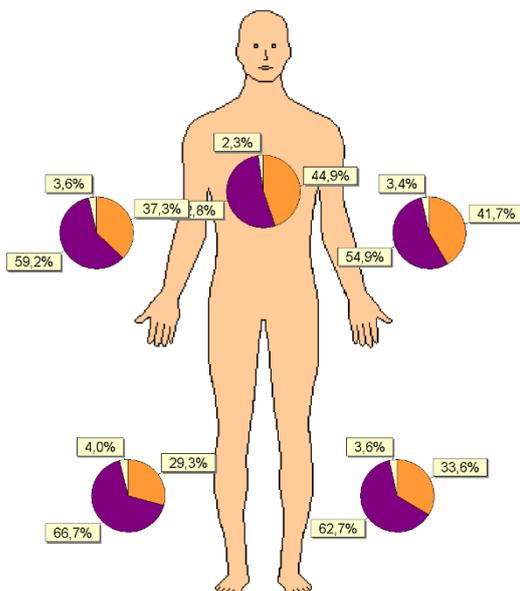
ECW: 25,4 kg

ICW: 34,1 kg

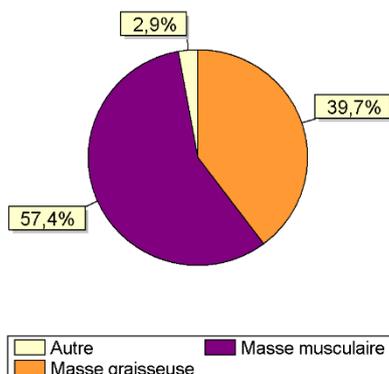
ECW/ICW: 0,74



Segment Distribution	Tronc	Bras droit	Bras gauche	Jambe droite	Jambe gauche	Total
Masse graisseuse	32,8kg	3,2kg	3,7kg	6,7kg	7,8kg	54,2kg
Masse musculaire	38,6kg	5,0kg	4,8kg	15,1kg	14,6kg	78,2kg
Autre	1,7kg	0,3kg	0,3kg	0,9kg	0,9kg	4,1kg



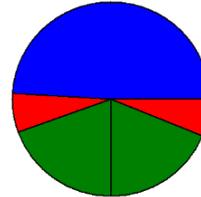
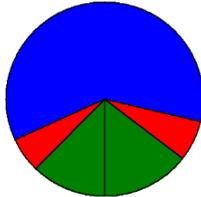
Répartition de la masse corporelle



Annexe 1b – Présentation des résultats de l'impédancemétrie

Segment Distribution Symétrie

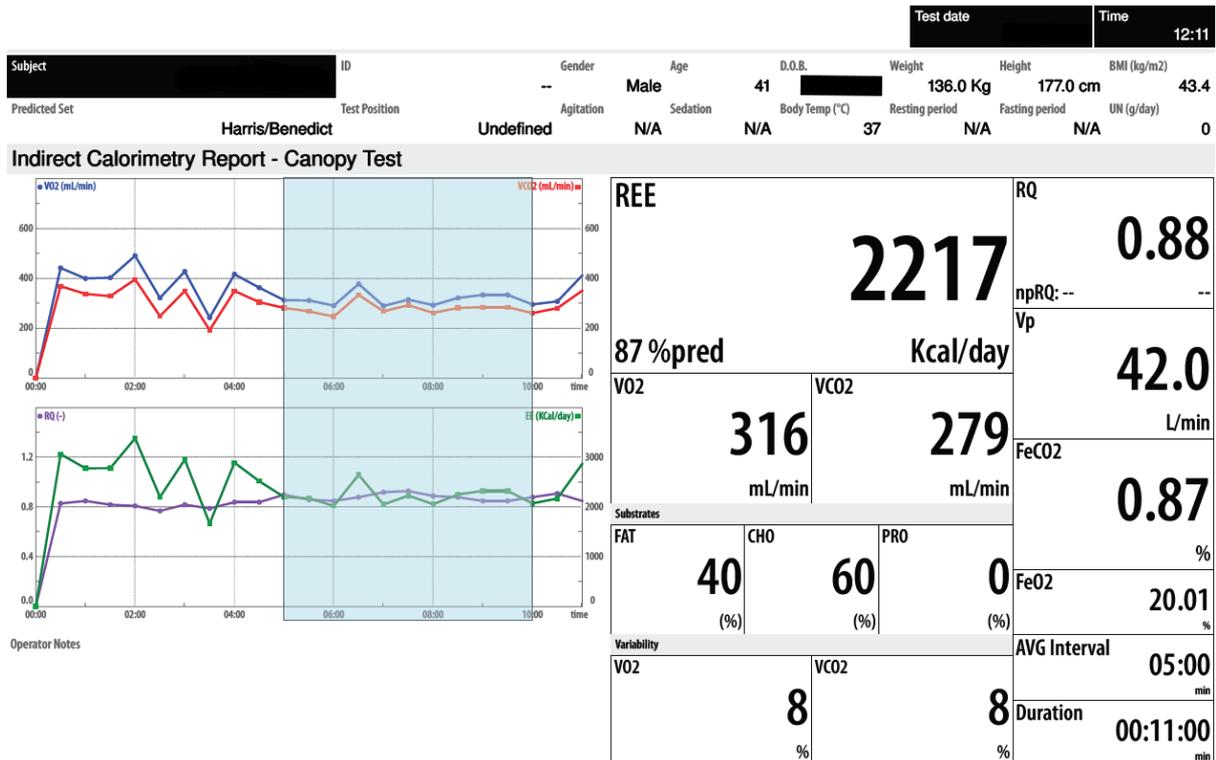
	Graisse	Masse maigre
Total:	39,7% (54,2kg)	60,3% (82,3kg)
Tronc:	44,9% (32,8kg)	55,1% (40,3kg)
Bras droit:	37,2% (3,2kg)	62,8% (5,3kg)
Bras gauche:	41,7% (3,7kg)	58,3% (5,1kg)
Jambe droite:	29,3% (6,7kg)	70,7% (16,0kg)
Jambe gauche:	33,6% (7,8kg)	66,4% (15,5kg)



Segment - Reactance Resistance Phase angle

	5kHz		50kHz		250kHz		500kHz					
H-L	28,6	525,3	3,1°	50,9	451,6	6,4°	41,3	402,1	5,9°	42,6	390,9	6,2°
RL	10,0	185,1	3,1°	15,4	163,1	5,4°	10,8	149,4	4,1°	10,4	145,5	4,1°
LL	11,6	210,3	3,2°	18,4	184,1	5,7°	13,6	167,3	4,6°	14,0	162,5	4,9°
RH	16,7	279,8	3,4°	30,7	237,9	7,4°	26,7	208,1	7,3°	27,5	201,4	7,8°
LH	15,9	290,6	3,1°	30,6	249,9	7,0°	27,6	219,4	7,2°	29,1	213,4	7,8°
L-L	22,1	397,4	3,2°	35,1	343,1	5,8°	25,7	310,6	4,7°	24,7	302,1	4,7°

Annexe 2 – Présentation des résultats de la calorimétrie



BIBLIOGRAPHIE

1. Dossier en ligne de l'OMS sur l'obésité - disponible sur www.who.int/fr/health-topics/obesity#tab=tab_1.
2. Yumuk, V. *et al.* European Guidelines for Obesity Management in Adults. *Obes. Facts* **8**, 402–424 (2015).
3. CEN – Collège des enseignants de nutrition Elsevier Masson 2014 Nutrition : Enseignement intégré - UE Nutrition (les cours de L2-L3 Médecine) de Stephane Schneidek.
4. Weijs, P. J. M. Validity of predictive equations for resting energy expenditure in US and Dutch overweight and obese class I and II adults aged 18-65 y. *Am. J. Clin. Nutr.* **88**, 959–970 (2008).
5. Marra, M. *et al.* Prediction and evaluation of resting energy expenditure in a large group of obese outpatients. *Int. J. Obes.* **41**, 697–705 (2017).
6. Poli, V. F. S. *et al.* Resting energy expenditure in obese women: comparison between measured and estimated values. *Br. J. Nutr.* **116**, 1306–1313 (2016).
7. Wilms, B. *et al.* Poor prediction of resting energy expenditure in obese women by established equations. *Metabolism.* **59**, 1181–1189 (2010).
8. Carrasco, F. *et al.* Agreement between measured and calculated by predictive formulas resting energy expenditure in severe and morbid obese women. *Nutr. Hosp. Organo Of. Soc. Esp. Nutr. Parenter. Enter.* **22**, 410–6 (2007).
9. 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.* **105**, 775–789 (2005).
10. Madden, A. M., Mulrooney, H. M. & Shah, S. Estimation of energy expenditure using prediction equations in overweight and obese adults: a systematic review. *J. Hum. Nutr. Diet.* **29**, 458–476 (2016).
11. Harris, J. A. & Benedict, F. G. A Biometric Study of Human Basal Metabolism. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* **4**, 370–373 (1918).
12. Black, A. E., Coward, W. A., Cole, T. J. & Prentice, A. M. Human energy expenditure in affluent societies: an analysis of 574 doubly-labelled water measurements. *Eur. J. Clin. Nutr.* **50**, 72–92 (1996).
13. Mifflin, M. D. *et al.* A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *Am. J. Clin. Nutr.* **51**, 241–247 (1990).
14. Barbe, P. & Ritz, P. Composition corporelle. *Cah. Nutr. Diététique* **40**, 172–176 (2005).
15. Wang, Z. M., Pierson, R. N. & Heymsfield, S. B. The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *Am. J. Clin. Nutr.* **56**, 19–28 (1992).
16. Singer, P. & Singer, J. La calorimétrie indirecte : un outil précis trop peu utilisé. *Réanimation* **21**, 406–410 (2012).
17. Betts, J. A. *et al.* The Energy Cost of Sitting versus Standing Naturally in Man. *Med. Sci. Sports Exerc.* **51**, 726–733 (2019).
18. Wise, A. K., Hromatka, K. A. & Miller, K. R. Energy Expenditure and Protein Requirements Following Burn Injury. *Nutr. Clin. Pract.* **34**, 673–680 (2019).
19. Kreymann, G. *et al.* Oxygen consumption and resting metabolic rate in sepsis, sepsis syndrome, and septic shock. *Crit. Care Med.* **21**, 1012–1019 (1993).

20. Ferraro, R. *et al.* Lower sedentary metabolic rate in women compared with men. *J. Clin. Invest.* **90**, 780–784 (1992).
21. Ravussin, E., Lillioja, S., Anderson, T. E., Christin, L. & Bogardus, C. Determinants of 24-hour energy expenditure in man. Methods and results using a respiratory chamber. *J. Clin. Invest.* **78**, 1568–1578 (1986).
22. Cunningham, J. J. A reanalysis of the factors influencing basal metabolic rate in normal adults. *Am. J. Clin. Nutr.* **33**, 2372–2374 (1980).
23. Garby, L. *et al.* Relation between energy expenditure and body composition in man: specific energy expenditure in vivo of fat and fat-free tissue. *Eur. J. Clin. Nutr.* **42**, 301–305 (1988).
24. Nelson, K. Prediction of resting energy expenditure from fat-free mass and fat mass. (1992).
25. Heymsfield SB, Lohman TG, Wang Z, Going SB. *Human Body Composition, 2nd edn. Springer-Verlag: New York, 1987.*
26. Cunningham, K. F., Aeberhardt, L. E., Wiggs, B. R. & Phang, P. T. Appropriate interpretation of indirect calorimetry for determining energy expenditure of patients in intensive care units. *Am. J. Surg.* **167**, 547–549 (1994).
27. Arciero, P. J., Goran, M. I. & Poehlman, E. T. Resting metabolic rate is lower in women than in men. *J. Appl. Physiol.* **75**, 2514–2520 (1993).
28. Pontzer, H. *et al.* Daily energy expenditure through the human life course. *Science* (2021).
29. Scaling of human body composition to stature: new insights into body mass index - PubMed. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17616766/>.
30. Heymsfield, S. B. Energy expenditure—body size associations: molecular coordination. *Eur. J. Clin. Nutr.* **72**, 1314–1319 (2018).
31. Hirsch, K. R. *et al.* Metabolic characterization of overweight and obese adults. *Phys. Sportsmed.* **44**, 362–372 (2016).
32. Weyer, C., Snitker, S., Rising, R., Bogardus, C. & Ravussin, E. Determinants of energy expenditure and fuel utilization in man: effects of body composition, age, sex, ethnicity and glucose tolerance in 916 subjects. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord. J. Int. Assoc. Study Obes.* **23**, 715–722 (1999).
33. Fothergill, E. *et al.* Persistent metabolic adaptation 6 years after ‘The Biggest Loser’ competition. *Obes. Silver Spring Md* **24**, 1612–1619 (2016).
34. Carneiro, I. P. *et al.* Is Obesity Associated with Altered Energy Expenditure? *Adv. Nutr.* **7**, 476–487 (2016).
35. Toubro, S., Sørensen, T. I. A., Hindsberger, C., Christensen, N. J. & Astrup, A. Twenty-Four-Hour Respiratory Quotient: The Role of Diet and Familial Resemblance. **83**, 7 (1998).
36. Jung, R. T., Shetty, P. S. & James, W. P. T. The effect of beta-adrenergic blockade on metabolic rate and peripheral thyroid metabolism in obesity. *Eur. J. Clin. Invest.* **10**, 179–182 (1980).
37. Schoeller, D. A. Making Indirect Calorimetry a Gold Standard for Predicting Energy Requirements for Institutionalized Patients. *J. Am. Diet. Assoc.* **107**, 390–392 (2007).
38. Weir, J. B. D. B. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J. Physiol.* **109**, 1–9 (1949).
39. Popp, C. J. *et al.* Evaluating steady-state resting energy expenditure using indirect calorimetry in adults with overweight and obesity. *Clin. Nutr.* **39**, 2220–2226 (2020).

40. Massarini, S. *et al.* Routine resting energy expenditure measurement increases effectiveness of dietary intervention in obesity. *Acta Diabetol.* **55**, 75–85 (2018).
41. Reeves, M. M. & Capra, S. Predicting energy requirements in the clinical setting: are current methods evidence based? *Nutr. Rev.* **61**, 143–151 (2003).
42. Flancbaum, L., Choban, P. S., Sambucco, S., Verducci, J. & Burge, J. C. Comparison of indirect calorimetry, the Fick method, and prediction equations in estimating the energy requirements of critically ill patients. *Am. J. Clin. Nutr.* **69**, 461–466 (1999).
43. McClave, S. *et al.* Clinical use of the respiratory quotient obtained from indirect calorimetry. *J. Parenter. Enter. Nutr.* **27**, 21–26 (2003).
44. Boullata, J., Williams, J., Cottrell, F., Hudson, L. & Compher, C. Accurate determination of energy needs in hospitalized patients. *J. Am. Diet. Assoc.* **107**, 393–401 (2007).
45. Faisy, C. *et al.* Impact of energy deficit calculated by a predictive method on outcome in medical patients requiring prolonged acute mechanical ventilation. *Br. J. Nutr.* **101**, 1079–1087 (2008).
46. Zurlo, F. *et al.* Low ratio of fat to carbohydrate oxidation as predictor of weight gain: study of 24-h RQ. *Am. J. Physiol.* **259**, E650–657 (1990).
47. Ravussin, E., Burnand, B., Schutz, Y. & Jéquier, E. Twenty-four-hour energy expenditure and resting metabolic rate in obese, moderately obese, and control subjects. *Am. J. Clin. Nutr.* **35**, 566–573 (1982).
48. Achten, J. & Jeukendrup, A. E. Optimizing fat oxidation through exercise and diet. *Nutr. Burbank Los Angel. Cty. Calif* **20**, 716–727 (2004).
49. Schmidt, S. L., Kealey, E. H., Horton, T. J., VonKaenel, S. & Bessesen, D. H. The effects of short-term overfeeding on energy expenditure and nutrient oxidation in obesity-prone and obesity-resistant individuals. *Int. J. Obes. 2005* **37**, 1192–1197 (2013).
50. Kahlhöfer, J. *et al.* Carbohydrate intake and glycemic index affect substrate oxidation during a controlled weight cycle in healthy men. *Eur. J. Clin. Nutr.* **68**, 1060–1066 (2014).
51. Ravussin, E. *et al.* Reduced rate of energy expenditure as a risk factor for body-weight gain. *N. Engl. J. Med.* **318**, 467–472 (1988).
52. Goodpaster, B. H., Katsiaras, A. & Kelley, D. E. Enhanced fat oxidation through physical activity is associated with improvements in insulin sensitivity in obesity. *Diabetes* **52**, 2191–2197 (2003).
53. Horton, T. J., Pagliassotti, M. J., Hobbs, K. & Hill, J. O. Fuel metabolism in men and women during and after long-duration exercise. *J. Appl. Physiol. Bethesda Md 1985* **85**, 1823–1832 (1998).
54. Gender differences in substrate for endurance exercise - PubMed. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2179207/>.
55. Owen, O. E. *et al.* A reappraisal of caloric requirements in healthy women. *Am. J. Clin. Nutr.* **44**, 1–19 (1986).
56. Owen, O. E. *et al.* A reappraisal of the caloric requirements of men. *Am. J. Clin. Nutr.* **46**, 875–885 (1987).
57. Müller, M. J. *et al.* World Health Organization equations have shortcomings for predicting resting energy expenditure in persons from a modern, affluent population: generation of a new reference standard from a retrospective analysis of a German database of resting energy expenditure. *Am. J. Clin. Nutr.* **80**, 1379–1390 (2004).
58. Lazzar, S., Agosti, F., Silvestri, P., Derumeaux-Burel, H. & Sartorio, A. Prediction of resting energy expenditure in severely obese Italian women. *J. Endocrinol. Invest.* **30**, 20–27 (2007).

59. Schofield, W. N. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum. Nutr. Clin. Nutr.* **39 Suppl 1**, 5–41 (1985).
60. Henry, C. J. K. Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations. *Public Health Nutr.* **8**, 1133–1152 (2005).
61. Pivois, L. *et al.* Comparaison de la mesure de la dépense énergétique de repos par calorimétrie indirecte à plusieurs formules de la littérature ainsi qu'aux niveaux énergétiques de régime proposés par le bilan diététique dans une cohorte de patients obèses. *Cah. Nutr. Diététique* **47**, 139–146 (2012).
62. Feurer, I. D., Crosby, L. O., Buzby, G. P., Rosato, E. F. & Mullen, J. L. Resting energy expenditure in morbid obesity. *Ann. Surg.* **197**, 17–21 (1983).
63. Lazzar, S. *et al.* Prediction of resting energy expenditure in severely obese Italian males. *J. Endocrinol. Invest.* **30**, 754–761 (2007).
64. OMS. FAO/WHO/UNU. Energy and protein requirements. Geneva, Switzerland: World Health Organ Tech Rep Ser, 1985.
65. Daly, J. M. *et al.* Human energy requirements: overestimation by widely used prediction equation. *Am. J. Clin. Nutr.* **42**, 1170–1174 (1985).
66. Cunningham, J. J. Body composition and resting metabolic rate: the myth of feminine metabolism. *Am. J. Clin. Nutr.* **36**, 721–726 (1982).
67. Livingston, E. H. & Kohlstadt, I. Simplified resting metabolic rate-predicting formulas for normal-sized and obese individuals. *Obes. Res.* **13**, 1255–1262 (2005).
68. Huang, K.-C., Kormas, N., Steinbeck, K., Loughnan, G. & Caterson, I. D. Resting metabolic rate in severely obese diabetic and nondiabetic subjects. *Obes. Res.* **12**, 840–845 (2004).
69. Charles Marie-Aline. Obepi - Etude transversale répétée sur la prévalence de l'obésité en France [en ligne - disponible sur www.sraenutrition.fr]. (2020).
70. Haslam, D. W. & James, W. P. T. Obesity. *Lancet Lond. Engl.* **366**, 1197–1209 (2005).
71. OBERLIN, P. Données du Ministère des Solidarités et de la Santé [En ligne - disponible sur data.drees.solidarites-sante.gouv.fr / <https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/sites/default/files/2020-10/er1051.pdf>]. (2016).
72. HAS - Définition des critères de réalisation des interventions de chirurgie bariatrique chez les moins de 18 ans [En ligne - disponible sur has-sante.fr/jcms/c_2010309/fr/definition-des-criteres-de-realisation-des-interventions-de-chirurgie-bariatrique-chez-les-moins-de-18-ans]. Haute Autorité de Santé https://www.has-sante.fr/jcms/c_2010309/fr/definition-des-criteres-de-realisation-des-interventions-de-chirurgie-bariatrique-chez-les-moins-de-18-ans (2016).
73. Pureza, I. R. de O. M. *et al.* Agreement between equations-estimated resting metabolic rate and indirect calorimetry-estimated resting metabolic rate in low-income obese women. *Arch. Endocrinol. Metab.* (2020) doi:10/gj6ngr.
74. Blauw, L. L. *et al.* Smoking is associated with increased resting energy expenditure in the general population: The NEO study. *Metabolism.* **64**, 1548–1555 (2015).
75. Thyroid Hormone Mediated Modulation of Energy Expenditure - PubMed. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26193258/>.
76. Yavuz, S., Salgado Nunez del Prado, S. & Celi, F. S. Thyroid Hormone Action and Energy Expenditure. *J. Endocr. Soc.* **3**, 1345–1356 (2019).
77. Oppenheimer, J. H., Schwartz, H. L., Lane, J. T. & Thompson, M. P. Functional relationship of thyroid hormone-induced lipogenesis, lipolysis, and thermogenesis in the rat. *J. Clin. Invest.* **87**, 125–132 (1991).

78. Kim, M. J. *et al.* Changes in Body Compositions and Basal Metabolic Rates during Treatment of Graves' Disease. *Int. J. Endocrinol.* **2018**, e9863050 (2018).
79. al-Adsani, H., Hoffer, L. J. & Silva, J. E. Resting energy expenditure is sensitive to small dose changes in patients on chronic thyroid hormone replacement. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* **82**, 1118–1125 (1997).
80. Stenlöf, K., Grunstein, R., Hedner, J. & Sjöström, L. Energy expenditure in obstructive sleep apnea: effects of treatment with continuous positive airway pressure. *Am. J. Physiol.* **271**, E1036-1043 (1996).
81. Larsson, I. *et al.* Dietary intake, resting energy expenditure, and eating behavior in women with and without polycystic ovary syndrome. *Clin. Nutr. Edinb. Scotl.* **35**, 213–218 (2016).
82. Romualdi, D. *et al.* The resting metabolic rate in women with polycystic ovary syndrome and its relation to the hormonal milieu, insulin metabolism, and body fat distribution: a cohort study. *J. Endocrinol. Invest.* **42**, 1089–1097 (2019).
83. Rodrigues, A. M. dos S. *et al.* Low validity of predictive equations for calculating resting energy expenditure in overweight and obese women with polycystic ovary syndrome. *J. Hum. Nutr. Diet.* **31**, 266–275 (2018).
84. Bitz, C. *et al.* Increased 24-h energy expenditure in type 2 diabetes. *Diabetes Care* **27**, 2416–2421 (2004).
85. Martin, K., Wallace, P., Rust, P. F. & Garvey, W. T. Estimation of resting energy expenditure considering effects of race and diabetes status. *Diabetes Care* **27**, 1405–1411 (2004).
86. Buscemi, S. *et al.* Resting energy expenditure in type 2 diabetic patients and the effect of insulin bolus. *Diabetes Res. Clin. Pract.* **106**, 605–610 (2014).
87. Ryan, M. *et al.* Resting energy expenditure is not increased in mildly hyperglycaemic obese diabetic patients. *Br. J. Nutr.* **96**, 945–948 (2006).
88. Franssila-Kallunki, A. & Groop, L. Factors associated with basal metabolic rate in patients with type 2 (non-insulin-dependent) diabetes mellitus. *Diabetologia* **35**, 962–966 (1992).
89. Kim, R. J. *et al.* Energy expenditure in obesity associated with craniopharyngioma. *Childs Nerv. Syst.* **26**, 913–917 (2010).
90. Dulloo, A. G. & Samec, S. Uncoupling proteins: their roles in adaptive thermogenesis and substrate metabolism reconsidered. *Br. J. Nutr.* **86**, 123–139 (2001).
91. Diano, S. *et al.* Mitochondrial uncoupling protein 2 (UCP2) in the nonhuman primate brain and pituitary. *Endocrinology* **141**, 4226–4238 (2000).
92. Baigent, C. *et al.* 2019 ESC/EAS Guidelines for the management of dyslipidaemias: lipid modification to reduce cardiovascular risk. 78.
93. Sfar, H. *et al.* P106: Troubles lipidiques associés à l'obésité à propos de 100 cas. *Nutr. Clin. Métabolisme* **28**, S123 (2014).
94. Gray, D. S., Bray, G. A., Gemayel, N. & Kaplan, K. Effect of obesity on bioelectrical impedance. *Am. J. Clin. Nutr.* **50**, 255–260 (1989).

Étude des compartiments corporels et de la dépense énergétique de repos chez des sujets obèses

Introduction : la prise en charge de l'obésité porte notamment sur l'évaluation de l'adéquation entre les apports caloriques et la dépense énergétique, cette dernière que l'on peut mesurer au repos (DER) par calorimétrie indirecte (CI) ou estimer avec l'impédancemétrie et des équations de prédiction. L'objectif du travail a été de savoir si les méthodes d'estimation de la DER pouvaient se substituer de façon satisfaisante à la mesure de la DER.

Méthodes : l'étude est rétrospective monocentrique, menée chez des patients obèses ayant bénéficié d'une étude de la composition corporelle par impédancemétrie et de la DER par CI. Pour les estimations de la DER, trois équations de prédiction ont été utilisées : celles de Harris et Benedict, Black, et de Mifflin-St Jeor.

Résultats : 64 patients ont été inclus, majoritairement des femmes, avec les valeurs médianes suivantes : IMC, 42,3 kg/m² ; masse grasse, 42,9% ; DER, 1950 kcal/j et quotient respiratoire, 0,93. Les valeurs estimées de la DER (kcal/jour) étaient : 2117 avec l'impédancemétrie ; de 2006, 1912 et 1938 avec les équations de Harris-Benedict, Black et Mifflin, respectivement. La DER mesurée était fortement corrélée à la masse maigre et au poids, plus faiblement à la MG. Les DER mesurées et prédites étaient également corrélées étroitement, mais avec une grande dispersion des valeurs individuelles.

Conclusion : au-delà des corrélations, l'analyse des valeurs de DER à l'échelon individuel fragilise l'usage des valeurs estimées en pratique clinique.

Mots-clés : obésité, masse maigre, masse grasse, impédancemétrie, dépense énergétique de repos, calorimétrie indirecte.

Study of body composition and resting energy expenditure in obese patients

Introduction : obesity management includes the assessment of the balance between caloric intakes and energy expenditure which can be measured at rest (REE) by indirect calorimetry (IC) or predicted by impedancemetry or by dedicated equations. Our work aimed at assessing whether the prediction equations could replace the measure of the REE by IC.

Methods : the study is retrospective and single-centred and was conducted on obese patients who had the body composition estimated by impedancemetry and the RRE measured by IC. To predict the REE, three equations were tested : Harris and Benedict, Black, and Mifflin- St Jeor.

Results : 64 patients were included, mostly female, with those median values : BMI, 42.3 kg/m² ; fat mass, 42.9% ; REE, 1950 kcal/d and respiratory quotient 0.93. The predicted values of REE (kcal/d) were 2117 in impedancemetry, and respectively 2006, 1912 and 1938 with the equations of Harris and Benedict, Black, and Mifflin. Measured REE were highly correlated with fat-free mass and with weight, and, but more lightly, correlated with fat mass. The measured and predicted REE were also strongly correlated but with a major interindividual values dispersion.

Conclusions : beyond correlations, the REE values analysis, at the individual level, weakens the use of estimated values in clinical practice.

Keywords : obesity, fat-free mass, fat mass, bioimpedance analysis, resting energy expenditure, indirect calorimetry.