

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLAB - BLIDA 1



FACULTE DE MEDECINE  
DEPARTEMENT DE  
PHARMACIE

## Obésité et nouveaux indices anthropométriques

Mémoire de fin d'études

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Docteur en  
Pharmacie

Session : juillet 2022

Présentée par :

**HANI Hadda Meroua**

**KERROUCHE Asma**

Encadré par :

- Promotrice : **Pr BENNOUAR.S**, Professeure en Biochimie, laboratoire des urgences, **CHU Frantz Fanon- Blida.**
- Co-promoteur : **Pr BACHIR CHERIF**, Professeur en médecine interne, **CHU Frantz Fanon- Blida**

Devant le jury :

- Présidente : **Pr. ABDI S.** Professeur en Biochimie, Chef de service Laboratoire central, **CHU Frantz Fanon, Blida.**
- Examineur : **Pr TALEB**, maitre de conférence A en médecine interne, **CHU Frantz Fanon- Blida.**
- Examineur : **Dr DJEBBAR. Y**, assistante en médecine interne, **CHU Frantz Fanon- Blida.**

## Remerciements

Nous remercions **DIEU** le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui nous voudrions témoigner toute notre gratitude :

Nous voudrions dans un premier temps remercier, notre directrice de mémoire, **Professeure Bennouar Salam**, de nous avoir fait le grand honneur de nous confier ce mémoire ainsi que de nous avoir encadré, orienté, aidé et conseillé. Nous la remercions également pour le temps qu'elle a consacré à nous apporter les outils méthodologiques indispensables à la conduite de cette recherche. Son exigence nous a grandement stimulé.

Nous voudrions aussi exprimer notre reconnaissance à **Professeur Bachir Cherif**, notre co-promoteur, pour avoir relu et corrigé mon mémoire.

Nous exprimons toute notre gratitude au **Professeure Abdi. S**, de l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant la présidence du jury.

Nos remerciements vont également à **Professeure Taleb** et au **Dcoteur Djebari**, qui ont pris le temps de juger et discuter de notre sujet.

Nos remerciements sincères à Monsieur **Bouyaiche Kamel** ainsi que l'équipe de l'entreprise Inbody, de nous avoir permis d'effectuer notre projet et qui nous ont fourni les outils nécessaires à la réalisation de ce mémoire

À tous ces intervenants, nous présentons nos remerciements, notre respect et notre gratitude.

## **Dédicaces :**

### **A mes chers parents,**

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance, ma profonde gratitude et mon respect pour les sacrifices qu'ils ont consentis pour mon instruction et mon bien-être. Les amours, soutien, et prières m'ont fait de moi ce qu'on je suis aujourd'hui.

### **A mes sœurs Meriem et Fairouz et mon frère Zakaria,**

qui m'ont toujours soutenu et encouragé durant ces années d'études.

Merci pour votre amour.

### **A ma meilleure amie Meroua et ma chère Zahrat El Zohor,**

pour leur soutien inconditionnel et leurs encouragements, merci de m'avoir motivé lorsque j'avais besoin.

Enfin, à toute personne qui a participé à faire de cette année une des meilleures.

**Hadda Meroua.**

## **Dédicaces :**

### **A mon très cher père,**

Pour m'avoir soutenu moralement et matériellement jusqu'à ce jour, pour son amour, Et ses encouragements. Que ce travail, soit pour vous, un faible témoignage de ma Profonde affection et tendresse. Qu'ALLAH le tout puissant te préserve, t'accorde Santé, bonheur et te protège de tout mal.

### **Ma très chère mère,**

Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour toi. Tu m'as comblé avec ta tendresse et affection tout au long de mon parcours. Tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études. Qu'ALLAH te protéger et te donner la santé, le bonheur et longue vie.

### **A mon cher frère et mon adorable sœur,**

qui n'ont pas cessée de me conseiller encourager et soutenir tout au long de mes études que dieu les protèges et leurs offre la chance et le bonheur.

A la mémoire de ma grand-mère.

***Asma...***

## TABLES DES MATIERES :

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

LISTE DES ABREVIATIONS

<b>Introduction :</b> .....	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I : Obésité :</b> .....	<b>3</b>
<b>1. Définitions :</b> .....	<b>4</b>
1.1. <b>Indice de masse corporelle :</b> .....	<b>4</b>
1.2. <b>Insuffisance pondérale :</b> .....	<b>4</b>
1.3. <b>Obésité et surpoids :</b> .....	<b>5</b>
<b>2. Epidémiologie de l'obésité :</b> .....	<b>12</b>
2.1. <b>Dans le monde :</b> .....	<b>12</b>
2.2. <b>En Afrique :</b> .....	<b>13</b>
2.3. <b>En Algérie :</b> .....	<b>14</b>
<b>3. Aspect physiologique de l'obésité :</b> .....	<b>15</b>
<b>4. Causes de l'obésité :</b> .....	<b>17</b>
<b>5. Complications de l'obésité :</b> .....	<b>19</b>
5.1. <b>Complications cardio-vasculaires :</b> .....	<b>19</b>
5.2. <b>Complications métaboliques :</b> .....	<b>19</b>
5.3. <b>Complications respiratoires :</b> .....	<b>20</b>
5.4. <b>Complications ostéo-articulaires :</b> .....	<b>20</b>
5.5. <b>Cancers :</b> .....	<b>20</b>
5.6. <b>Complications dermatologiques :</b> .....	<b>20</b>
<b>6. Prise en charge de l'obésité :</b> .....	<b>21</b>
6.1. <b>Education thérapeutique :</b> .....	<b>21</b>
6.2. <b>Activité physique :</b> .....	<b>21</b>
6.3. <b>Traitement diététique :</b> .....	<b>21</b>
6.4. <b>Traitement médicamenteux de l'obésité :</b> .....	<b>22</b>
6.5. <b>Traitement chirurgical : les chirurgies bariatriques :</b> .....	<b>22</b>
<b>7. Prévention de l'obésité :</b> .....	<b>22</b>

## **CHAPITRE II : Anthropométrie :.....23**

1. Définition : .....	24
2. Mesures : .....	24
2.1. Mesures de base : poids, taille : .....	24
2.2. Circonférences : .....	24
3.3. Plis cutanés : .....	25
4. Analyse de la composition corporelle : .....	27
4.1. Modèle anatomique : .....	27
4.2. Modèle biochimique : .....	27
4.3. Modèle physiologique : .....	27
5. Indices anthropométriques traditionnels : .....	29
5.1. Indice de masse corporelle : .....	29
5.2. Taille en fonction de l'âge : .....	29
5.3. Poids en fonction de la taille : .....	29
5.4. Poids en fonction de l'âge : .....	29
5.5. Rapport taille/hanche : (T/H).....	30
5.6. Rapport tour de taille/taille : (TT/T).....	30
5.7. Rapport poids/taille <sup>3</sup> : Indice de Rohrer.....	30

## **CHAPITRE III : mesure de la composition corporelle : .....31**

1. Techniques de mesure directe de la composition corporelle : .....	32
1.1. Impédance Bio-Electrique (impédancemètre) : .....	32
1.2. Absorptiométrie biphotonique à rayon-X (DEXA) : .....	35
1.3. Densité corporelle : .....	36
1.4. Résonance magnétique quantitative (QMR) : .....	39
1.5. Imagerie par résonance magnétique (IRM) : .....	40
2. Les nouveaux indices anthropométriques : .....	42
2.1. Intérêt : .....	42
2.2. Equations d'estimation de la masse grasse : .....	42
1. Objectifs : .....	47
1.1. Objectif principal : .....	47
1.2. Objectifs secondaires : .....	47
2. Méthodologie : .....	48
2.1. Type et cadre de l'étude : .....	48
2.2. Population : .....	48
2.3. Méthodes : .....	49

2.4. Analyse statistique :.....	54
3. Résultats :.....	55
3.1. Analyse descriptive :.....	55
3.2. Établissement et validation de l'équation :.....	69
4. Discussion :.....	80
5. Conclusion :.....	83
<b>Références bibliographiques :.....</b>	<b>84</b>

## LISTE DES TABLEAUX :

### **PARTIE THEORIQUE**

<b>Tableau 1</b>	Classification de la maigreur selon l'IMC.
<b>Tableau 2</b>	Étiologies de maigreur/ amaigrissement.
<b>Tableau 3</b>	Normes du Tour de taille selon les définitions Américaine, Européenne et Asiatique.
<b>Tableau 4</b>	Obésité et surpoids selon l'IMC (OMS) chez l'enfant et l'adulte.

### **PARTIE PRATIQUE**

<b>Tableau 1</b>	Moyennes d'âge de notre population.
<b>Tableau 2</b>	Moyennes des mesures de bases de notre population.
<b>Tableau 3</b>	Moyennes de l'IMC de notre population.
<b>Tableau 4</b>	Moyennes des circonférences de notre population.
<b>Tableau 5</b>	Moyennes de MG et PMG de notre population.
<b>Tableau 6</b>	Comparaison entre les deux groupes d'établissement et de validation chez les hommes.
<b>Tableau 7</b>	Comparaison entre les deux groupes d'établissement et de validation chez les femmes.
<b>Tableau 8</b>	Corrélation entre le PMG et les différents paramètres anthropométriques chez les hommes.
<b>Tableau 9</b>	Corrélation entre le PMG et les différents paramètres anthropométriques chez les femmes.
<b>Tableau 10</b>	Test VIF de colinéarité du modèle 1 chez les hommes.
<b>Tableau 11</b>	Test VIF de colinéarité du modèle 1 chez les femmes.
<b>Tableau 12</b>	Test VIF de colinéarité du modèle 2 chez les hommes.
<b>Tableau 13</b>	Test VIF de colinéarité du modèle 2 chez les femmes.
<b>Tableau 14</b>	Analyse de la variance dans le modèle 2 par F ANOVA chez les hommes et les femmes.
<b>Tableau 15</b>	Test d'autocorrélation de Durbin Watson et le coefficient de détermination de Pearson chez les hommes et les femmes.
<b>Tableau 16</b>	Coefficients de régression du modèle 2 chez les hommes.
<b>Tableau 17</b>	Coefficients de régression du modèle 2 chez les femmes.
<b>Tableau 18</b>	Test VIF de colinéarité du modèle 3 chez les hommes.
<b>Tableau 19</b>	Test VIF de colinéarité du modèle 3 chez les femmes.
<b>Tableau 20</b>	Test d'autocorrélation de Durbin Watson et le coefficient de détermination de Pearson ( $R^2$ ) chez les hommes et les femmes.
<b>Tableau 21</b>	Comparaison entre PMGm et PMGc chez les deux sexes dans le groupe de validation : test de Student pour échantillons appariés.
<b>Tableau 22</b>	Corrélation entre PMGm et PMGc chez les hommes pour le groupe de validation.
<b>Tableau 23</b>	Corrélation entre PMGm et PMGc chez les femmes pour le groupe de validation.



## LISTE DES FIGURES :

<b>PARTIE THEORIQUE</b>	
<b>Figure 1</b>	La courbe de corpulence avec les seuils de l'International Obesity Task Force (IOTF).
<b>Figure 2</b>	Courbes de corpulence du Programme National Nutrition Santé (PNNS) 2010 avec les seuils de l'IOTF : IMC/âge.
<b>Figure 3</b>	Type de l'obésité selon la répartition de la masse corporelle. A gauche la forme gynoïde. A droite la forme androïde.
<b>Figure 4</b>	Données sur la surcharge pondérale de certains pays africains.
<b>Figure 5</b>	Prévalence de l'IMC, selon le sexe, STEPwise OMS Algérie 2016/2017.
<b>Figure 6</b>	Dialogue adipo-musculaire pour le contrôle du métabolisme des acides gras.
<b>Figure 7</b>	Dépôts ectopiques de tissu adipeux et liens avec les comorbidités.
<b>Figure 8</b>	Contributeurs potentiels de l'obésité. Tiré d'Obesity society (2015).
<b>Figure 9</b>	La mesure du pli bicipital.
<b>Figure 10</b>	La mesure du pli tricipital.
<b>Figure 11</b>	La mesure du pli sous-scapulaire.
<b>Figure 12</b>	La mesure du pli supra-iliaque.
<b>Figure 13</b>	La mesure du pli du mollet.
<b>Figure 14</b>	Les modèles de la composition corporelle.
<b>Figure 15</b>	Les compartiments du modèle physiologique.
<b>Figure 16</b>	Mesure de l'impédance corporelle.
<b>Figure 17</b>	L'absorptiométrie à rayons X (Dual X-ray Absorptiometry, DEXA).
<b>Figure 18</b>	Pesée hydrostatique.
<b>Figure 19</b>	Pléthysmographie par déplacement d'air : modèle PEA POD.
<b>Figure 20</b>	Pléthysmographie par déplacement d'air : modèle BOP POD.

<b>PARTIE PRATIQUE</b>	
<b>Figure 1</b>	Appareils InBody 570 (à gauche) et 770 (à droite).
<b>Figure 2</b>	Mesure segmentaire par MSD-BIA par InBody.
<b>Figure 3</b>	Système des électrodes tactiles à 8 points par InBody.
<b>Figure 4</b>	Mesure directe par InBody.
<b>Figure 5</b>	Mesure multifrequence par InBody.
<b>Figure 6</b>	Un exemple d'un bilan InBody.
<b>Figure 7</b>	Constitution de la population d'étude.
<b>Figure 8</b>	Répartition de la population selon le sexe.
<b>Figure 9</b>	Répartition des classes d'âge chez les deux sexes de notre population.

<b>Figure 10</b>	Répartition de l'obésité chez notre population.
<b>Figure 11</b>	Répartition des classes d'IMC chez notre population.
<b>Figure 12</b>	Répartition des classes de tour de taille chez les deux sexes de notre population.
<b>Figure 13</b>	Répartition des classes de TT/TH chez les deux sexes de notre population.
<b>Figure 14</b>	Répartition des classes de PMG chez les deux sexes de notre population.
<b>Figure 15</b>	Répartition des classes de SGV chez les deux sexes de notre population.
<b>Figure 16</b>	Répartition de la population avec un IMC < 18,5kg/m <sup>2</sup> selon les classes de PMG chez les deux sexes.
<b>Figure 17</b>	Répartition de la population avec un IMC 18,5 – 25kg/m <sup>2</sup> selon les classes de PMG chez les deux sexes.
<b>Figure 18</b>	Répartition de la population avec un IMC 25 – 30kg/m <sup>2</sup> selon les classes de PMG chez les deux sexes.
<b>Figure 19</b>	Répartition de la population avec un IMC >30kg/m <sup>2</sup> selon les classes de PMG chez les deux sexes.
<b>Figure 20</b>	Répartition de notre population en groupe d'établissement et de validation.
<b>Figure 21</b>	Diagramme de corrélation entre le PMG et l'IMC chez les hommes et les femmes.
<b>Figure 22</b>	Diagramme de corrélation entre le PMG et le TT chez les hommes et les femmes.
<b>Figure 23</b>	Diagramme de corrélation entre le PMG et le TH chez les hommes et les femmes.
<b>Figure 24</b>	Diagramme de corrélation entre le PMG et le ratio TT/TH chez les hommes et les femmes.
<b>Figure 25</b>	Test de Bland Altman du groupe de validation chez les hommes.
<b>Figure 26</b>	Test de Bland Altman du groupe de validation chez les femmes.

**LISTE DES ABREVIATIONS :**

<b>Abréviation</b>	<b>Signification</b>
<b>IMC</b>	Indice de masse corporelle.
<b>OMS</b>	L'Organisation mondiale de la santé.
<b>NCEP ATP III</b>	National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III.
<b>HDL</b>	High Density Lipoprotein.
<b>LDL</b>	Low Density Lipoprotein.
<b>HTA</b>	Hypertension artérielle.
<b>IOTF</b>	International Obesity Task Force.
<b>PNNS</b>	Programme National Nutrition Santé.
<b>SAS</b>	Syndrome d'apnée du sommeil.
<b>T/H</b>	Rapport Taille/Hanche.
<b>TT</b>	Tour de taille.
<b>IDF</b>	International diabetes federation.
<b>SM</b>	Syndrome métabolique.
<b>VLDL</b>	Very Low Density Lipoprotein.
<b>NASH</b>	Non alcoholic steatohepatitis.
<b>HAS</b>	Haute Autorité de santé.
<b>ETP</b>	Éducation thérapeutique du patient.
<b>GLP1</b>	Glucagon-Like Peptide.
<b>TT/TH</b>	Rapport Tour de Taille/tour de Hanche.
<b>DEXA</b>	Dual-energy Xray absorptiometry.
<b>BIA</b>	L'impédance bioélectrique.
<b>MG</b>	Masse grasse.
<b>MM</b>	Masse maigre.
<b>Db</b>	Densité du corps.
<b>Ma</b>	Masse dans l'air.
<b>Mw</b>	Masse dans l'eau.
<b>Dw</b>	Densité de l'eau.
<b>RV</b>	Volume résiduel.
<b>ADP</b>	Pléthysmographie par déplacement d'air.
<b>QMR</b>	Résonance magnétique quantitative.
<b>IRM</b>	Imagerie par résonance magnétique.
<b>CUN-BAE</b>	Clinica Universidad de Navarra-Body Adiposity Estimator.
<b>PMG</b>	Pourcentage de la masse grasse.
<b>MCA</b>	Masse cellulaire active.
<b>ECT</b>	Eau corporelle totale.
<b>BIA</b>	Impédance Bio-Electrique.
<b>MSD-BIA</b>	L'Impédance Bioélectrique multifréquence segmentaire directe.
<b>VIF</b>	Facteurs d'inflation de la variance.
<b>SGV</b>	Surface de graisse viscérale.

## **Introduction :**

L'obésité est considérée comme une épidémie émergente autour du monde car elle présente une menace pour la santé de la population. C'est une maladie complexe qui se caractérise par un excès ou d'une distribution anormale ou des deux, du tissu adipeux donnant naissance à des troubles métaboliques, des altérations endocriniennes et à des modifications du système immunitaire, entraînant une augmentation de la morbidité et de la mortalité et une baisse de l'espérance de vie (1,2).

L'adiposité peut être mesurée in vivo par de nombreuses méthodes précises mais qui nécessitent du matériel coûteux et des techniciens expérimentés et ne peuvent pas être utilisées au quotidien, comme l'absorptiométrie biphotonique à rayon X, l'impédancemètre, la pesée hydrostatique ... (3)

Pour cette raison, l'Organisation Mondiale de la Santé recommande l'utilisation de l'indice de masse corporelle en raison de sa simplicité, sa fiabilité et de son accessibilité. (4) Mais il a été prouvé qu'il ne reflète pas précisément la graisse corporelle et ne tient pas en compte des changements physiologiques de la composition corporelle qui se produisent au cours des différentes périodes de la vie ; ou d'un sexe à l'autre. (5,6) par exemple il surestime l'adiposité chez les athlétiques et la sous-estime chez les personnes âgées. (7)

Pour faire face à ce problème, le développement de nouveaux indices anthropométriques s'est avéré utile. De nombreuses études ont proposé d'établir des équations prédictives de la masse grasse et de son pourcentage à partir de différents variables : âge, sexe, mesures anthropométrique... Ces équations sont spécifiques à la population d'où elles sont dérivées et ne sont pas applicables chez les différents groupes ethniques sans une validation précédente. (3,8)

De ce fait, nous avons réalisé ce travail afin de développer une équation simple et fiable propre à notre population.

## **PARTIE THEORIQUE**

# **CHAPITRE I : Obésité :**

## 1. Définitions :

### 1.1. Indice de masse corporelle :

L'indice de masse corporelle (IMC) est une mesure simple du poids par rapport à la taille couramment utilisée pour estimer le statut pondéral chez l'adulte. Il correspond au poids divisé par le carré de la taille, exprimé en kg/m<sup>2</sup>. (2)

L'IMC se calcule comme suit :

Système métrique :

$$IMC = \frac{\text{poids (kg)}}{\text{taille (m)}^2}$$

Système non métrique :

$$IMC = \frac{\text{poids (lb)}}{\text{taille (po)}^2} \times 703$$

### 1.2. Insuffisance pondérale :

L'insuffisance pondérale se caractérise par un poids inférieur au poids normal par rapport à la taille.

Selon la définition de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), l'insuffisance pondérale est définie par un indice de masse corporelle (IMC) inférieur à 18,5kg/m<sup>2</sup>. La sous-pondération est dite prononcée pour un IMC inférieur à 17,5kg/m<sup>2</sup> (9).

Un IMC inférieur à 16,0kg/m<sup>2</sup> correspond à une maigreur sévère. Il constitue un facteur de risque de mauvaise santé, de mauvaises performances physiques, de léthargie et même de mortalité. (10)

Tableau 1 : Classification de la maigreur selon l'IMC. (10)	
IMC < 18,5 (kg/m <sup>2</sup> )	<b>Insuffisance pondérale.</b>
IMC < 17,0 (kg/m <sup>2</sup> )	<b>Maigreur modérée.</b>
IMC < 16,0 (kg/m <sup>2</sup> )	<b>Maigreur sévère.</b>

Plusieurs étiologies de l'insuffisance pondérale ont été rapportées dans la littérature, elles sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2 : Etiologies de maigreur / amaigrissement. (3)

<b>Causes socio-économiques</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Pauvreté</li><li>• Famine</li><li>• Torture</li></ul>
<b>Causes somatiques</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Cancer ou traitement du cancer</li><li>• Tuberculose, sepsis</li><li>• Grands brûlés</li><li>• Hyperthyroïdie</li><li>• Insuffisance hypophysaire</li><li>• Insuffisance surrénalienne</li><li>• Diabète sucré</li><li>• Maladies inflammatoires chroniques intestinales (maladie de Crohn, rectocolite hémorragique)</li><li>• Maladies intestinales avec malabsorption</li><li>• SIDA</li><li>• Maigreur constitutionnelle</li></ul>
<b>Causes psychologiques / psychiques</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Toxicomanie</li><li>• Anxiété, dépression</li><li>• Boulimie</li><li>• Anorexie Mentale</li><li>• Activité physique excessive</li></ul>

### **1.3 Obésité et surpoids :**

Le surpoids et l'obésité se définissent comme une accumulation anormale ou excessive de graisse corporelle.

#### **1.3.1 Obésité globale selon l'IMC (OMS) :**

Les définitions du surpoids et de l'obésité reposent sur l'IMC. Il est fortement en corrélation avec la quantité de tissu adipeux et est largement utilisé afin d'indiquer les risques pour la santé. Selon l'OMS, l'IMC des adultes est réparti en six catégories, représentant chacune un niveau de risque différent : (11)

- Le surpoids : défini par un IMC compris entre 25.0 et 25.9Kg/m<sup>2</sup>.
- Obésité type I ou modérée : définie par un IMC compris entre 30.0 et 34.9kg/m<sup>2</sup>, avec un risque de maladies élevé.
- Obésité type II ou sévère : définie par un IMC compris entre 35.0 et 39.9kg/m<sup>2</sup>, avec un risque de maladies très élevé.
- Obésité type III ou massive (morbide) : définie par un IMC supérieur à 40kg/m<sup>2</sup>, avec un risque de maladie extrêmement élevé voir même mortelle.



### **1.3.2 Obésité abdominale (selon le tour de taille) :**

Le tour de taille (exprimé en centimètres) est mesuré à l'endroit le plus étroit de la taille. On parle de périmètre abdominal. C'est un bon indicateur de la graisse viscérale (graisse abdominale).

L'IMC donne une première indication, cependant, cet indice de masse corporelle ne suffit pas pour décrire la répartition de la graisse corporelle, notamment au niveau abdominal.

Or, c'est cette masse grasse abdominale qui est nuisible pour la santé. (12)

Il faut savoir qu'il existe une corrélation entre circonférence du tour de taille et les risques cardio-vasculaires. Plus le taux de graisses au niveau abdominal est élevé, et plus le risque cardio-métaboliques est élevé. (13)

Il existe plusieurs définitions d'obésité abdominale :

- ✓ La définition Américaine selon la National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III (NCEP ATP III) : (14)
  - Femmes : TT > 88 cm.
  - Hommes : TT > 102 cm.
- ✓ La définition Européenne selon l'International Diabetes Federation (IDF) : (14)
  - Femmes : TT > 80 cm.
  - Hommes : TT > 94cm.
- ✓ Dans les populations Asiatiques, les normes sont encore revues à la baisse : (15)
  - Femmes : TT > 80 cm.
  - Hommes : TT > 90 cm.

Dans ce type d'obésité on observe une importante accumulation de graisse péri-viscérale à l'origine d'un syndrome métabolique (anciennement dénommé syndrome X). Ce syndrome expose à un risque accru de : (16)

- Diabète de type 2 (diabète non insulino-dépendant), 80% des diabétiques de type 2 sont obèses, et pour la plupart avec une répartition androïde.
- Dyslipidémies, surtout mixte avec une hypertriglycéridémie prédominante, HDL bas et LDL petites et denses.
- Hypertension artérielle (HTA).
- Le risque cardiovasculaire et en particulier coronarien.
- L'accroissement probable du risque de néphropathie vasculaire.

### **1.3.3. Obésité selon le sexe :**

La prévalence des personnes obèses et en surpoids augmente dans le monde depuis plusieurs années. En 2016, 15,1 % des femmes et 11,1 % des hommes âgés de 18 ans et plus étaient obèses, tandis que 39,2 % des femmes et 38,5 % des hommes étaient en surpoids ; les femmes affichaient une prévalence d'obésité plus élevée que les hommes, bien que la probabilité d'être en surpoids était à peu près la même entre les hommes et les femmes. Cependant, la prévalence et les tendances selon le sexe différaient selon les pays et les régions. Dans certains pays, comme le Japon, la Corée, la Chine, l'Allemagne, la France, le Royaume-Uni et les États-Unis d'Amérique, l'obésité était plus répandue chez les hommes, ce qui contraste avec la moyenne mondiale. (17)

Les hormones féminines jouent un rôle dans la prise de poids. En effet, l'œstrogène favorise la lipogenèse et le stockage des triglycérides au niveau du tissu adipeux. Un taux de cortisol trop élevé pousse aussi le corps à stocker de la graisse. (18)

### **1.3.4. Obésité selon l'âge :**

#### **1.3.4.1. Obésité chez l'enfant :**

L'obésité de l'enfant et de l'adolescent représente un triple défi qu'il faut relever. Défi épidémiologique : si sa prévalence semble se stabiliser dans de nombreux pays ce n'est pas le cas dans toutes les populations. Défi sociétal : l'obésité est un marqueur de fragilité et d'inégalités de santé tant sociales que territoriales, et un défi médical. (19)

Chez l'enfant et l'adolescent, il faut tenir compte de l'âge et du sexe et l'on se réfère à des courbes de référence. (19)

Il est normal qu'un enfant en bas âge soit en surpoids particulièrement à l'âge de 1 an où, naturellement, la corpulence est élevée. Après cet âge et jusqu'à l'âge de 5-7 ans, la silhouette commence à s'amincir du fait notamment de l'augmentation de l'activité physique et de l'augmentation de la taille (croissance). Ensuite et jusqu'à la fin de la croissance, la corpulence augmente de nouveau, particulièrement au moment de l'adolescence, pour rejoindre la morphologie de l'adulte. Cette évolution doit être suivie par le médecin traitant de l'enfant sur la courbe de corpulence, dans l'idéale 2 ou 3 fois par an. (20)

On utilise les courbes de référence françaises et les seuils de l'International Obesity Task Force (IOTF).

Le surpoids est défini par une corpulence qui se situe au-delà du 97<sup>e</sup> percentile des courbes de référence françaises. L'obésité est définie par une corpulence qui se situe au-dessus du seuil de l'IOTF-30. Cette mesure est complétée idéalement par celle du tour de taille ; si le ratio tour de taille/taille est supérieur à 0,5, il existe une obésité abdominale, considérée comme un facteur de risque métabolique (21).

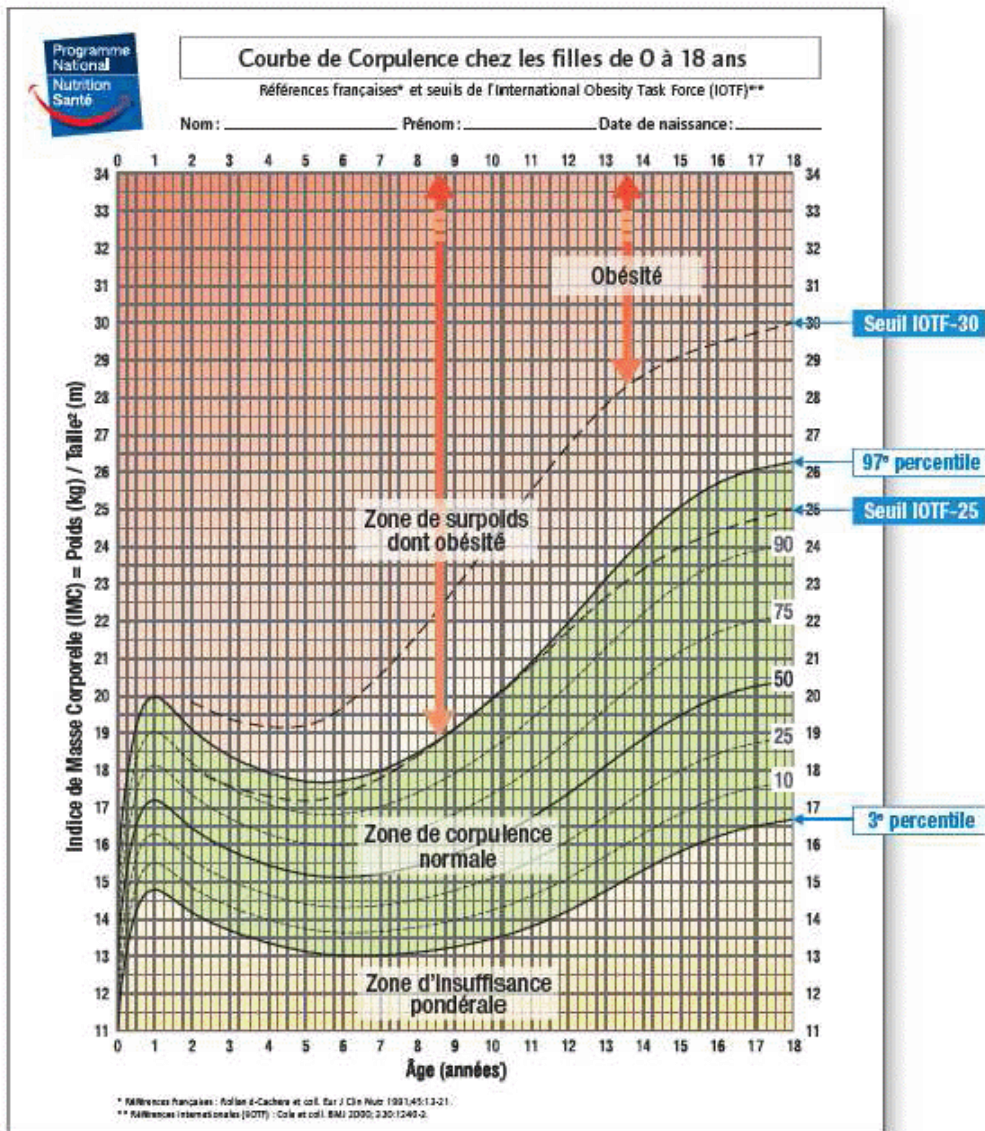


Figure 1 : La courbe de corpulence avec les seuils de l'International Obesity Task Force (IOTF). (22)

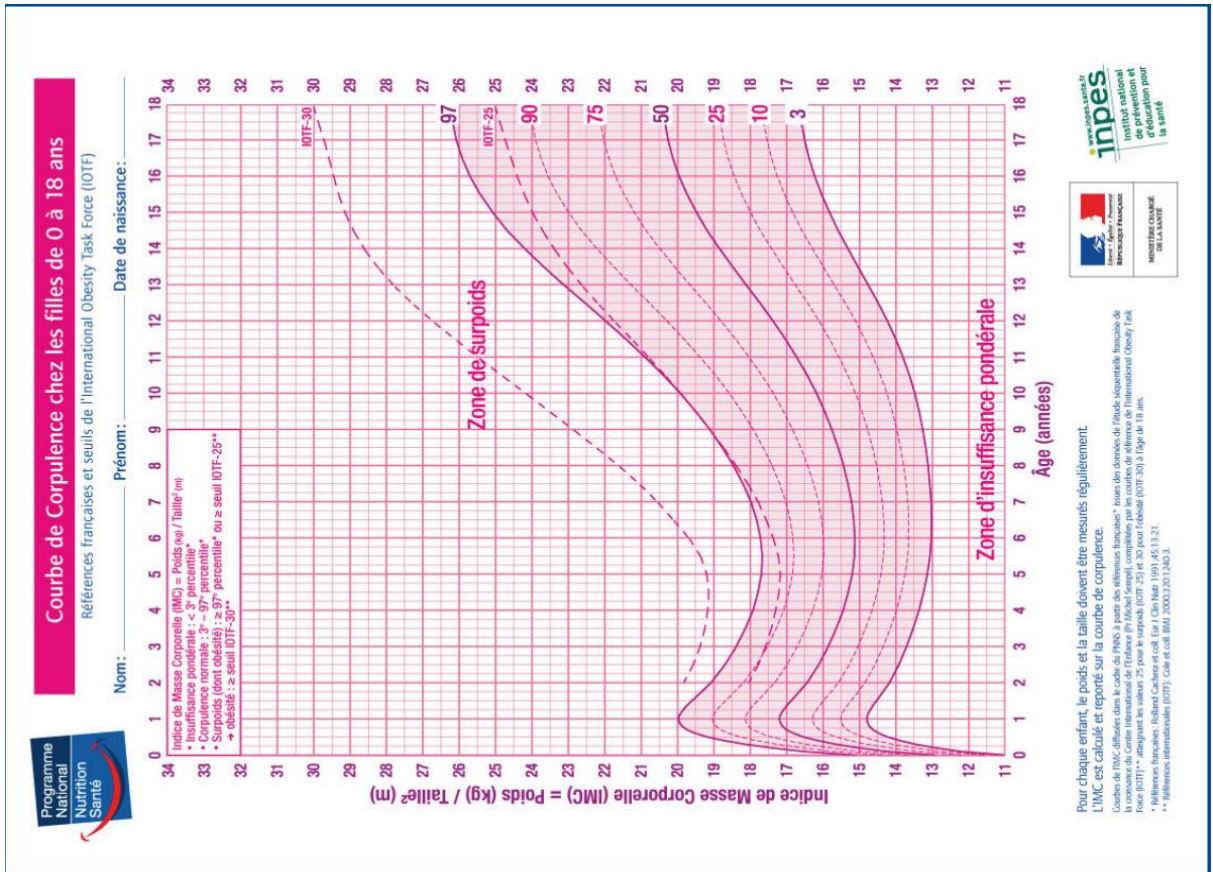
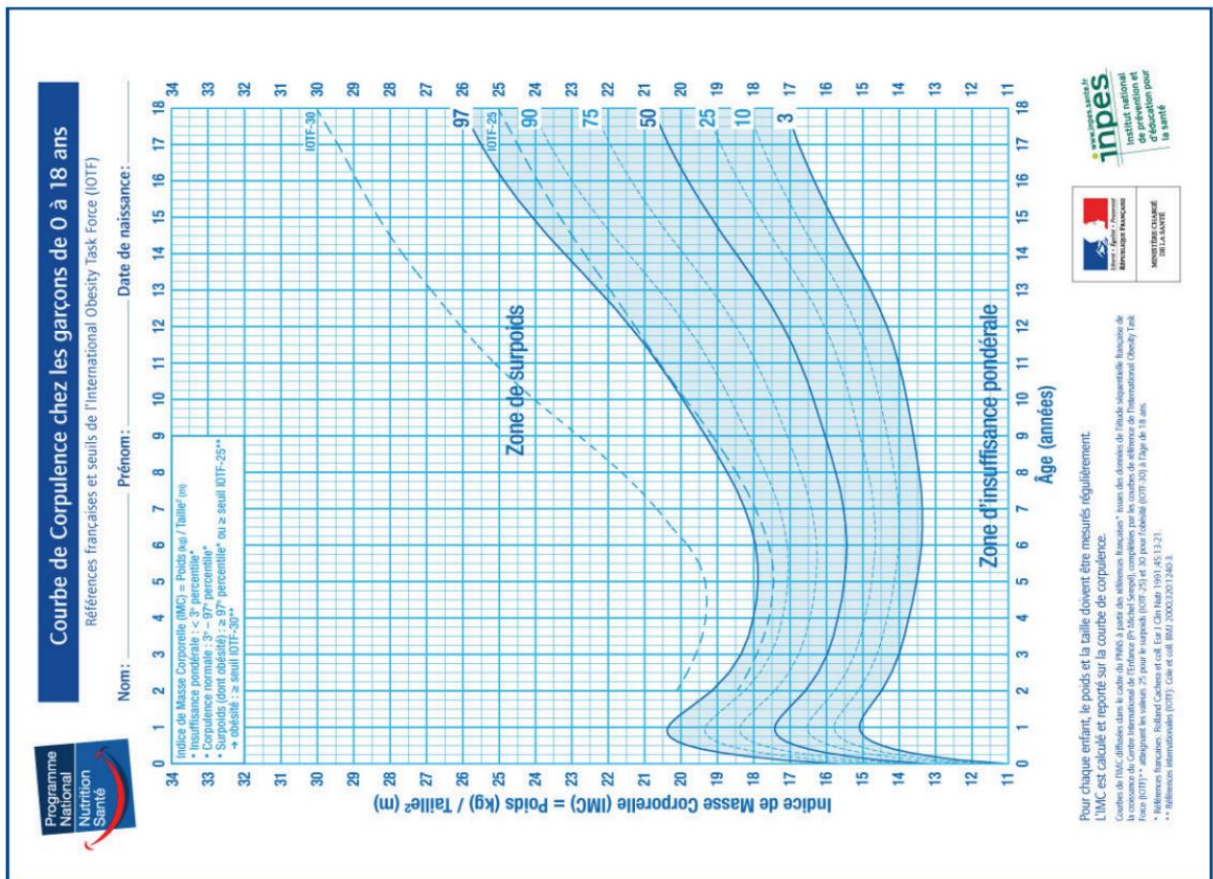


Figure 2 : Courbes de corpulence du Programme National Nutrition Santé (PNNS) 2010 avec les seuils de l'IOTF : IMC/âge. (23)

#### **1.3.4.3. Obésité chez l'adulte :**

L'obésité chez l'adulte de plus de 18 ans, se définit, de manière internationale, par un IMC supérieur ou égale à 30 kg/m<sup>2</sup>. (22)

#### **1.3.4.4. L'obésité chez les sujets âgés :**

L'obésité se définit par un IMC  $\geq 30$  chez la personne âgée (de 60ans et plus), comme chez l'adulte.(23)

Ce seuil est discuté, en raison d'une part de l'évolution de la corpulence avec l'âge, des modifications de la composition corporelle, et de l'atténuation des associations entre IMC  $\geq 30$ kg/m<sup>2</sup> et morbidité dans la population âgée. Ainsi, on ne parle pas de surcharge pondérale pour des IMC à 25-29,9kg/m<sup>2</sup> considérés comme normaux à cet âge.

La prévalence de l'obésité augmente avec l'âge avec un pic à 18-20 % à 55-65 ans.

L'étude Obepi (obésité épidémiologie) 2012 rapporte un taux d'obésité de 18,7% dans la population âgée de 65 ans et plus.

Après 80 ans, la prévalence diminue un peu et est de l'ordre de 16 %. (24)

Avec l'âge, la composition corporelle se modifie. La masse maigre se raréfie et la masse grasse a tendance à s'accumuler au niveau viscéral. La perte de poids entraîne par conséquent une diminution de la masse grasse mais aussi de la masse maigre, raison pour laquelle on demeure prudent avec la réduction pondérale chez une personne âgée. Toutefois, l'obésité nécessite une perte pondérale afin de limiter les complications cardio-métaboliques et améliorer la qualité de vie en termes de mobilité dans un contexte d'arthrose invalidante.

Les personnes âgées et obèses ont plus de risques de comorbidités telles que l'hypertension artérielle, le diabète, la dyslipidémie, la maladie coronarienne, l'attaque cérébrale, les problèmes de vésicule biliaire, l'arthrose, le syndrome d'apnées du sommeil (SAS), les problèmes respiratoires et les cancers de l'endomètre, du sein, de la prostate et du côlon.(25)

### **1.3.5. Obésité selon la répartition de la masse corporelle :**

Dès 1956, l'obésité a été divisé en deux types selon la localisation de la graisse : (26)

- Obésité androïde (abdomino-mésentérique).
- Et obésité gynoïde (fessio-crurale).

Cette distinction n'est pas sans importance d'un point de vue médical. L'obésité androïde est associée à un risque plus important des maladies métaboliques que l'obésité gynoïde.

L'obésité androïde touche surtout les hommes, alors que l'obésité gynoïde touche plus particulièrement les femmes. (27)

#### **1.3.5.1. Obésité androïde :**

L'obésité centrale, où la distribution de graisses est principalement abdominale. Décrite souvent sous forme de pomme (Figure 1). (16)

Cliniquement, elle est définie par le rapport Taille/Hanche (T/H) (16) selon les critères suivants:

- Femmes :  $T/H > 0.85$ .
- Hommes :  $T/H > 1$ .

Ou plus simplement par les valeurs du tour de taille (TT) selon les trois définitions ; Américaine, Européenne et Asiatique : (16)

Tableau (3) : normes du Tour de taille selon les définitions Américaine, Européenne et Asiatique.	
	Tour de taille (TT)
<b>Définition Américaine la NCEP ATP III</b>	Femmes > 88cm. Hommes > 102cm.
<b>Définition Européenne selon l'IDF</b>	Femmes >80cm. Hommes >94cm
<b>Définition Asiatique</b>	Femmes >80cm. Hommes >90cm.

### **1.3.5.2. Obésité gynoïde :**

Décrite sous forme de poire (figure 3). Dans ce cas, la distribution de graisse est principalement au niveau de la région glutéo-femorale. (27) Elle ne se complique qu'exceptionnellement de diabète et très rarement de maladies cardiovasculaires. (16) (28)



Figures 3 : Type de l'obésité selon la répartition de la masse corporelle.  
A gauche la forme gynoïde. A droite la forme androïde. (30)

## **2. Epidémiologie de l'obésité :**

L'obésité est considérée comme étant la deuxième raison principale de mort évitable après le tabagisme.

Elle touche près de 18% de la population mondiale. (29) Elle concerne aussi bien les pays industrialisés que les pays en voies de développement.(30)

### **2.1. Dans le monde :**

Selon l'OMS, la prévalence de l'obésité a presque triplé au niveau mondial entre 1975 et 2016.

- Chez les adultes :

En 2016, 13% de la population adulte mondiale (650 millions d'adultes) étaient obèses (11% des hommes et 40% des femmes). Et 39% des adultes étaient en surpoids (39% des hommes et 40% des femmes).

- Chez les enfants et les adolescents :

Enfants âgés de 5 à 19 ans : La prévalence de surpoids et de l'obésité a augmenté de façon spectaculaire, passant de 4% en 1975 à plus de 18% en 2016.

Enfants de moins de 5ans : en 2019, 38,2 millions d'enfants de moins de 5 ans étaient en surpoids ou obèses.

## 2.2. En Afrique :

Dans plusieurs pays en Afrique en 2014, l'obésité a atteint des proportions épidémiques et des niveaux supérieurs à 30% chez les adultes (figure 4). (31)

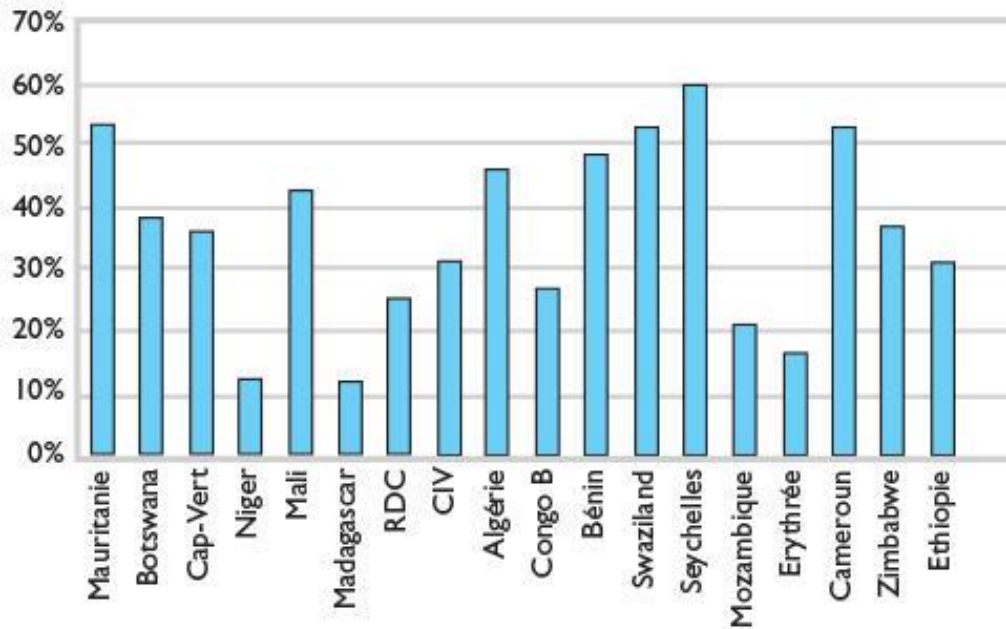


Figure 4 : Données sur la surcharge pondérale de certains pays africains. (33)



### 2.3. En Algérie :

D'après l'enquête nationale sur la mesure du poids des facteurs de risque des Maladies Non Transmissibles selon l'approche STEPwise de l'OMS 2016/2017 établie par le Ministère Algérien de la Santé, de la Population et de la Réforme Hospitalière, la prévalence globale du surpoids et de l'obésité ( $IMC \geq 25 \text{ Kg/m}^2$ ) était de 55,6% (48,3% pour les hommes et 63,3% pour les femmes), soit près d'un homme sur deux et deux femmes sur trois (figure 5) (32).

Selon la même enquête, le TT moyen était de (32) :

- Femmes : 92,2 cm.
- Hommes : 92,8cm.

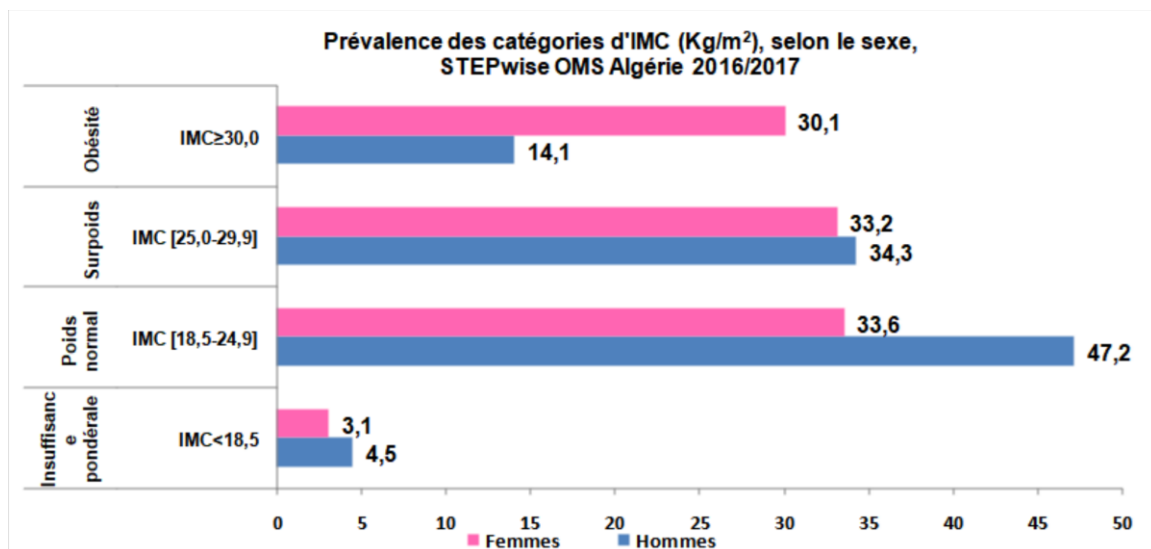


Figure 5 : Prévalence de l'IMC, selon le sexe, STEPwise OMS Algérie 2016/2017. (34)

### 3. Aspect physiologique de l'obésité :

L'obésité est une « maladie de société » avec des déterminants biologiques (facteurs génétiques, hormonaux, pharmacologiques, métaboliques), comportementaux (facteurs psychologiques et sociaux), économiques et environnementaux, qui interagissent entre eux. (33)

Elle résulte naturellement d'un déséquilibre de la balance énergétique entre les apports et les dépenses énergétiques. Globalement, on distingue l'étape constitutive de l'obésité où peu de complications sont observées, et l'obésité maladie qui s'accompagne de complications multiples.

Elle est souvent associée à l'insulino-résistance (l'étape qui précède l'apparition du diabète de type 2) qui est liée à l'infiltration des tissus, notamment musculaires, par les lipides en raison d'un flux permanent et accru d'acides gras libres plasmatiques dans ces tissus. Ces perturbations métaboliques s'accompagnent généralement d'un dysfonctionnement mitochondrial du muscle squelettique ; récemment proposé comme le principal facteur causal responsable des pathologies métaboliques associées à l'obésité.

Le tissu adipeux possède des caractéristiques métaboliques uniques lui conférant un véritable statut de glande endocrine. En effet, il sécrète des substances médiatrices de l'inflammation, de l'athérosclérose, de l'hypertension, et d'autres impliqués dans le développement du syndrome métabolique. Parmi ces hormones adipeuses, autrement appelées adipokines, on trouve l'adiponectine dont le rôle est de stimuler l'oxydation des acides gras dans le muscle squelettique, pouvant donc contrecarrer la diminution des capacités du muscle à oxyder les lipides. La leptine, également sécrétée par le tissu adipeux, et dont le rôle est de signaler au système nerveux central l'état des réserves adipeuses corporelles. La qualité du dialogue entre le tissu adipeux et le muscle peut donc participer à l'induction ou à la correction du dysfonctionnement mitochondrial et contribuer au déséquilibre métabolique (figure 6). (34)

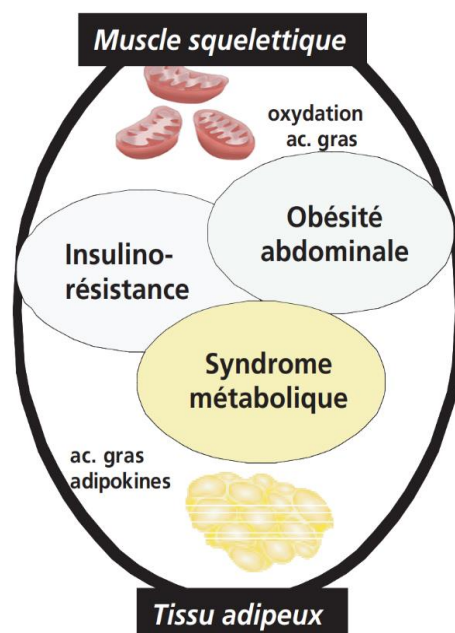


Figure 6 : Dialogue adipo-musculaire pour le contrôle du métabolisme des acides gras. (36)

Certaines études récentes proposent une théorie microbienne, notamment de la microflore intestinale. En effet, le changement de flore microbienne intestinale est capable à la fois de modifier les capacités digestives et d'activer l'inflammation postprandiale physiologique. (34) (35)

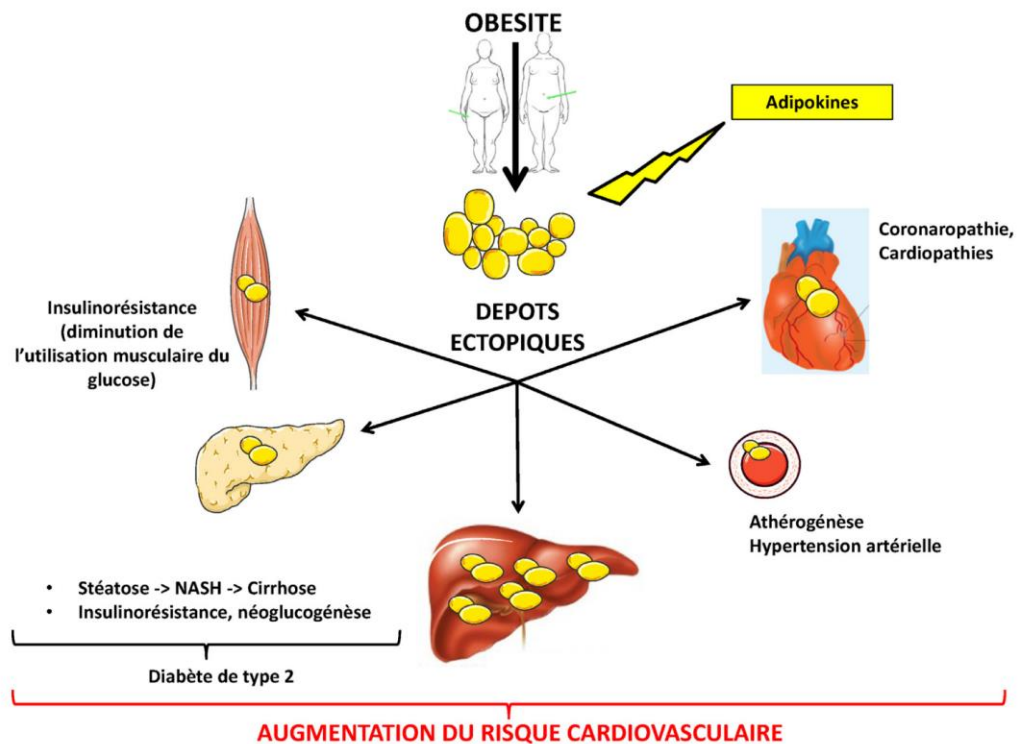


Figure 7 : Dépôts ectopiques de tissu adipeux et liens avec les comorbidités. (37)

#### **4. Causes de l'obésité :**

Selon The Obesity Society, l'obésité est due à des facteurs associés aux comportements de l'individu ainsi que d'autres facteurs externes à l'individu (figure 8) : (36)

- Facteurs périnataux : les facteurs environnementaux qui se présentent tôt au début de la vie fœtale peuvent avoir une influence sur la santé pendant l'âge adulte. De ce fait, il a été prouvé qu'une mère affectée d'un diabète gestationnel peut avoir un enfant obèse. Ceci est expliqué par l'hyperinsulinisme fœtal, provoqué par les hyperglycémies, et qui est responsable des modifications de la composition corporelle. (29)  
De même, il a été démontré que l'allaitement pour plus de 4mois est associé avec un risque faible de surpoids et d'obésité infantile. (37)
- Facteurs génétiques : l'existence d'une prédisposition génétique de l'obésité a été confirmé par de nombreuses études. Celles faite sur des enfants adoptés ont montré qu'il existait une forte corrélation entre l'IMC de l'enfant et des parents biologiques que des parents adoptifs. D'autres études faites sur des jumeaux montrent que l'hérédité pourrait être impliquée dans 50% à 90% des cas d'obésité, avec une concordance plus forte chez les jumeaux monozygotes, élevés ensemble ou pas. (38)
- Les habitudes alimentaires : la composition et la qualité de l'aliment (la consommation importante des lipides et des glucides) est associée à une prise de poids corporel. (39)
- Niveau d'activité physique : des études ont montrés qu'au moins 150 min/semaine d'activité physique d'intensité modérée pourrait induire des avantages substantiels pour le poids corporel et pour la santé générale. (40)
- Facteurs socio-environnementaux : abondance d'aliments riches en calories, publicité, aménagement urbain défavorable à l'activité physique, rythme de vie stressant...
- Facteurs psychologiques : Certains facteurs tels que l'anxiété, dépression, stress ou traumatisme contribuent parfois à l'obésité en provoquant un mécanisme de compensation incitant à une prise excessive d'aliments. Il n'existe toutefois pas de profil psychologique type pour les personnes obèses. (41)

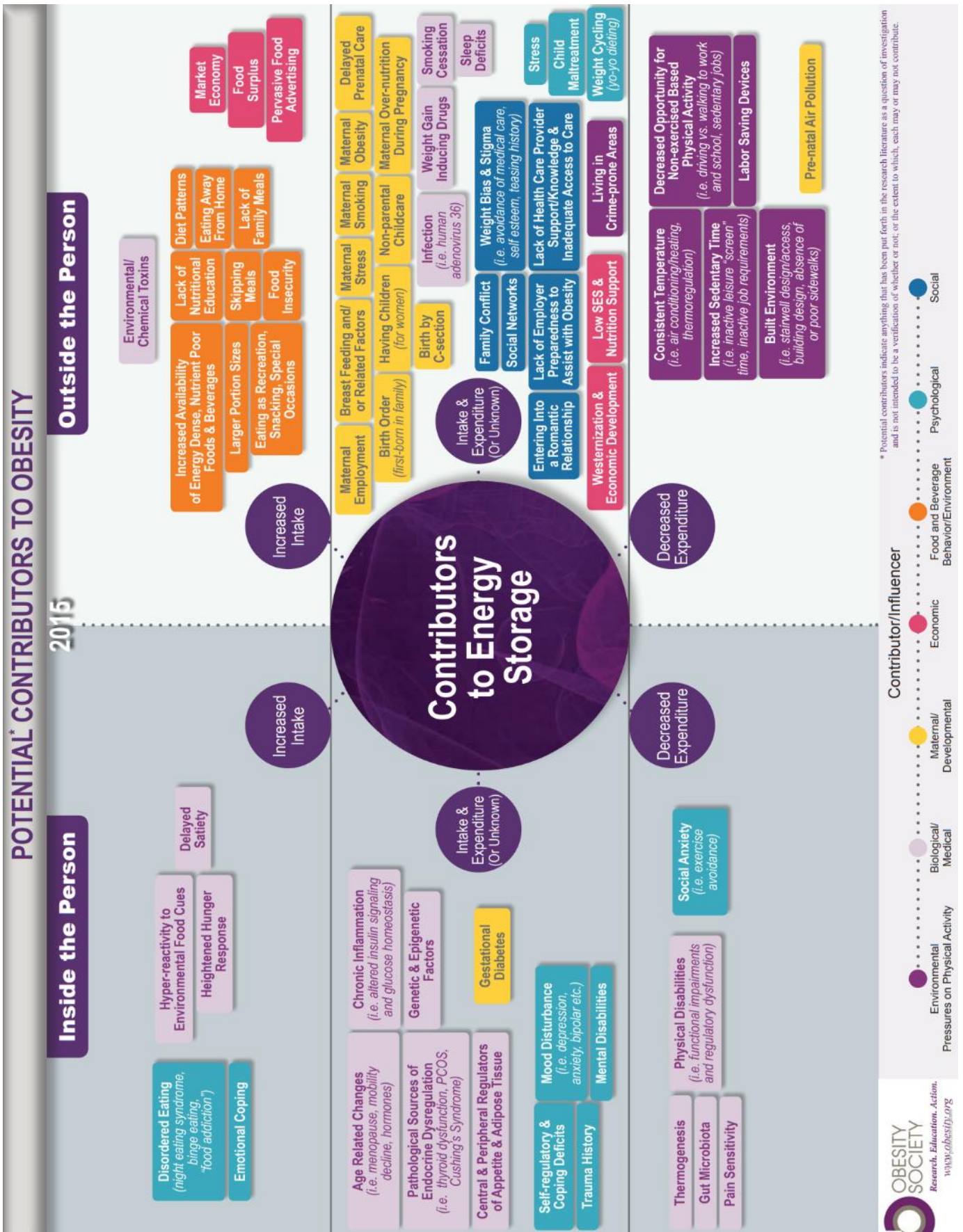


Figure 8 : Contributeurs potentiels de l'obésité. Tiré d'Obesity society (2015). (38)

## **5. Complications de l'obésité :**

### **5.1. Complications cardio-vasculaires :**

- Hypertension artérielle est la complication plus fréquente de l'obésité (34,7% des obèses sont des hypertendus selon l'étude ObEpi réalisée en France 2012). (42) Parmi les mécanismes physiopathologiques, certains chercheurs ont rapporté que l'augmentation du tissu adipeux, en particulier viscéral, aboutit à l'activation du système rénine-angiotensine, entraînant ainsi une élévation de la pression artérielle.(33)
- Hypertrophie ventriculaire gauche.
- Insuffisance cardiaque.
- Coronaropathies.
- Troubles du rythme cardiaque.
- Pathologies thromboemboliques. (43)

### **5.2. Complications métaboliques :**

- Le syndrome métabolique (SM) est l'un des complications majeures de l'obésité. Selon les guidelines de l'American Heart Association et National Heart, Lung and Blood Institute, un SM est diagnostiqué lorsqu'une personne présente 3 des 5 critères suivants : (44)
  - Glycémie à jeun > 1,0 g/l (ou la prise d'un traitement antidiabétique). (44)
  - Pression artérielle (PA) > 130/85 mmHg (ou prise d'un traitement antihypertenseur). (44)
  - Triglycérides > 1,50 g/l (ou prise d'un traitement hypolipémiant). (44)
  - HDL-cholestérol bas < 0,40 g/l chez l'homme, et < 0,50 g/l chez la femme (ou prise d'un traitement hypolipémiant) (44).
  - Tour de taille > 102 cm chez l'homme, et > 88 cm chez la femme. (44)
- Le diabète de type 2 et l'insulino-résistance sont très fréquents chez les sujets obèses. L'insulino-résistance est la résultante d'une faible capacité de stockage des graisses dans le compartiment sous-cutané abdominal, entraînant une accumulation ectopique des graisses ; au niveau intra-abdominal, hépatique et musculaire. Ceci s'accompagne d'une augmentation des acides gras libres circulants dans le sang et aboutit à une insulino-résistance. Il en résulte une diminution des phénomènes contrôlés par l'insuline ; une baisse du catabolisme du glucose et une inhibition de la lipolyse. (33)
- Dyslipidémies : représentées essentiellement par l'hypertriglycémie et l'hypo-HDL-cholestérolémie. Il s'agit d'une conséquence de l'augmentation des acides gras libres circulants, qui stimule la synthèse hépatique de triglycérides sous la forme VLDL (Very Low Density Lipoprotein) et la diminution des HDL-cholestérol (HDL : High Density Lipoprotein). (33)
- Stéatohépatite métabolique (NASH, non alcoholic steatohepatitis), elle est liée à l'insulino-résistance, la lésion initiale serait un stress oxydatif et une apoptose, entraînant une augmentation des acides gras libres intra-hépatique, constituant la stéatose hépatique, puis des lésions secondaires nécrotico-inflammatoires et enfin une

fibrose hépatique. Celle-ci pouvant se compliquer d'une cirrhose puis d'un carcinome hépatocellulaire. (33)

- Hyperuricémie qui est très fréquente chez les sujets obèses. Elle est favorisée par les comorbidités adjacentes (HTA, diabète...), mais également par les excès alimentaires. (33)

### **5.3. Complications respiratoires :**

Les problèmes respiratoires liés à l'obésité sont avant tout les problèmes d'hypoventilation alvéolaire et les apnées du sommeil (l'apnée est définie par une interruption du débit aérien de plus de 10 secondes et l'apnée du sommeil en France est définie par une fréquence de survenue d'apnées pendant le sommeil > 10 apnées / heure). Ces apnées du sommeil affectent 20 à 30 % des sujets obèses. (34)

### **5.4. Complications ostéo-articulaires :**

Il est estimé que près de 60% des sujets obèses souffrent de douleurs musculo-squelettiques. Parmi ces affections, on cite : (33)

- L'arthrose est très fréquente, la gonarthrose en particulier est très liée à l'obésité.
- La goutte, du fait de l'hyperuricémie persistante, liée aux excès alimentaires de purines, notamment d'origine carnée.

### **5.5. Cancers :**

Chez l'homme, l'incidence des cancers gastriques, prostatiques et rénaux sont majorées chez l'obèse. Tandis que chez les femmes la même tendance est observée pour les cancers mammaires et utérins. (34)

### **5.6. Complications dermatologiques :**

Elles sont bénignes, et très fréquentes chez le sujet obèse : les mycoses des plis, l'acné, la cellulite, l'hyperhidrose, les vergetures, l'acanthosis nigricans (hyperpigmentation et épaissement des grands plis), l'hyperkératose plantaire et les molluscum pendulum (excroissances cutanées bénignes pédiculées). (33)

## **6. Prise en charge de l'obésité :**

L'obésité est une maladie chronique multifactorielle. Les traitements actuels ne se focalisent plus sur la seule perte de poids mais sur une approche thérapeutique multidisciplinaire intégrant médecins nutritionnistes, psychiatres, endocrinologues et parfois des chirurgiens afin d'établir des stratégies thérapeutiques adaptées à chaque patient. (34)

### **6.1. Education thérapeutique :**

Selon la HAS Française (Haute Autorité de santé), l'éducation thérapeutique du patient (ETP) vise à aider les patients à gérer au mieux leur vie avec une maladie chronique. Elle est un processus continu, qui fait partie intégrante et de façon permanente de la prise en charge du patient. (45)

Elle comprend des activités organisées, y compris un soutien psychosocial, conçues pour rendre les patients conscients et informés de leur maladie, des soins, de l'organisation et des procédures hospitalières, et des comportements liés à la santé et à la maladie. Ceci a pour but de les aider (ainsi que leur entourage) à comprendre leur maladie et leur traitement et assumer leurs responsabilités dans leur propre prise en charge dans le but de les aider à maintenir et améliorer leur qualité de vie. (46)

### **6.2. Activité physique :**

L'activité physique est un élément essentiel du traitement de l'obésité dans le cadre d'une prise en charge globale. L'activité physique favorise le maintien du poids après la perte de ce dernier (rôle majeur), aide à préserver la masse maigre lors de la perte de poids, à diminuer le risque de comorbidités (diabète de type 2), à maintenir la capacité physique (capacité cardiorespiratoire et force musculaire) et à améliorer la qualité de vie. (47)

### **6.3. Traitement diététique :**

La prescription d'un régime n'est pas obligatoire, elle peut même être délétère chez certains patients. Selon les recommandations de la HAS, il est nécessaire d'évaluer les habitudes alimentaires pour estimer les apports énergétiques et d'évaluer l'activité physique pour estimer la dépense énergétique. À la suite de l'évaluation nutritionnelle, il peut être proposé des mesures simples destinées à donner au patient la possibilité de retrouver une alimentation équilibrée et diversifiée, adaptée à ses besoins et à ses habitudes de vie. Le but n'est pas d'imposer des « normes alimentaires »

contraignantes mais plutôt de s'adapter au mieux à la personnalité du patient, à son contexte et à ses demandes. (46)



#### **6.4. Traitement médicamenteux de l'obésité :**

Il existe deux médicaments de 2 classes différentes et qui sont actuellement prescrits dans la plupart des pays, car agréés pour une utilisation de longue durée(30), mais qui ne sont pas disponibles en Algérie :

- L'Orlistat : inhibiteur des lipases gastro-intestinales, empêche l'hydrolyse des triglycérides alimentaires en monoglycérides et en acides gras libres absorbables. (48)
- La sibutramine : est un anorexigène. Elle inhibe la recapture de la noradrénaline, de la sérotonine et de la dopamine au niveau central.
- Le Liraglutide : C'est un analogue de l'hormone gastro-intestinale Glucagon-Like Peptide (GLP-1) (49). Il s'agit d'un traitement antidiabétique autorisé par la US Food and drug administration comme un traitement de l'obésité. (50)

En Algérie, il est utilisé dans le traitement de l'obésité et de la surcharge pondérale notamment chez les sujets qui présentent au moins un facteur de comorbidité comme le prédiabète, le diabète sucré de type 2, l'hypertension artérielle, la dyslipidémie ou le syndrome des apnées du sommeil. (49)

. Plusieurs travaux chez l'animal montrent que l'action du Liraglutide sur l'appétit est médiée par la stimulation du récepteur du GLP-1 (GLP-1R) situé dans l'hypothalamus ce qui stimule les neurones POMC/CART, d'où son effet anorexigène. (51)

#### **6.5. Traitement chirurgical : les chirurgies bariatriques :**

Ils sont réservés pour les sujets massivement obèses ( $IMC > 40Kg/m^2$ ) ou pour les sujets qui souffrent de comorbidités sévères et qui ont un  $IMC > 35kg/m^2$ , motivés et bien informés. (30)

### **7. Prévention de l'obésité :**

L'obésité, étant classée comme maladie chronique par l'OMS, fait partie des problèmes de santé évitables, c'est-à-dire qu'il est possible d'en modifier les facteurs de risque en adoptant de saines habitudes de vie et en inculquant celles-ci aux enfants dès leur plus jeune âge. Cela est possible en évitant la sédentarité par la pratique régulière de l'activité physique, et en adoptant un régime alimentaire sain (augmentation de la consommation des fruits, légumes et de fibres complètes, et éviter de consommer des aliments riches en gras et en sucre). (52)

## **CHAPITRE II : Anthropométrie :**

## **1. Définition :**

Anthropométrie (dérivée du Grec Anthropos : humain, et metron : mesure) est la collection des différentes mesures du statut physique du corps humain, plus communément, le poids, la taille et la forme du corps. Elle est très utilisée, simple, non-invasive et pas chère (53).

L'anthropométrie est utilisée pour évaluer et prédire la performance, la santé et la survie des individus et reflète le bien-être économique et social des populations. (54) Il a été prouvé que les indicateurs anthropométriques peuvent prévenir les maladies non transmissibles tel que le diabète ou les maladies cardiovasculaires. (55)

## **2. Mesures :**

### **2.1. Mesures de base : poids, taille :**

Le poids en kilogramme (kg), la taille en mètre (m) sont les mesures les plus faciles à prendre, et qui donneront naissance par la suite, avec l'âge, à des indices très utilisés pour décrire l'état nutritionnel d'une personne.

### **2.2. Circonférences :**

#### **2.2.1. Tour de taille (TT) :**

La mesure du tour de taille en centimètre (cm), fournit une indication sur la distribution de la graisse au niveau abdominale (synonymes : viscérale ou centrale).

Il a été démontré qu'une simple mesure clinique à l'aide d'un mètre-ruban à mi-distance entre le rebord costal inférieur et l'épine iliaque antéro-supérieure sur la ligne médio axillaire, peut prédire un risque de pathologie métabolique et vasculaire. (56). Des valeurs normales du TT ont été proposées pour plusieurs populations (Américaine, Européenne et Asiatique). Cependant, à l'heure actuelle, aucune valeur normale n'a été proposée pour la population de l'Algérie, des pays du Maghreb et des pays Arabes.

#### **2.2.2. Tour de la hanche :**

Le tour de la hanche (TH), exprimé en centimètre, n'est pas une mesure de base, mais il donne une idée sur la forme de l'obésité (rapport TT/TH). La mesure est prise par un mètre ruban à l'endroit le plus large au-dessus des fesses avec les bras relâchés. (57)

#### **2.2.3. Tour du bras :**

La mesure du tour du bras (cm), à mi-hauteur, est considérée comme un indicateur de l'état nutritionnel des enfants.

Pour des raisons de simplicité de cout et dans les situations d'urgences, elle est utilisée comme indicateur de l'état nutritionnel protéino-énergétique chez le jeune enfant. Elle est présentée comme une alternative à la mesure du poids lorsque l'âge de l'enfant n'est pas connu (58).

#### **2.2.4. Tour du cou :**

Il ne fait pas partie des mesures de bases, la mesure se fait à la base du cou avec un mètre ruban. Le tour du cou est exprimé en centimètre.

### **3.3. Plis cutanés :**

Une pince à pli cutané est utilisée pour évaluer l'épaisseur de la graisse sous-cutanée, mais aussi pour prédire la masse grasse totale et le pourcentage de graisse corporelle. (59)

Les sites classiques de mesure des plis cutanés sont :

- Le pli bicipital : après mesure de la distance entre la pointe de l'olécrane et celle de l'acromion, la peau est pincée dans le sens de la longueur du biceps, à la mi-distance calculée, en regard de la face antérieure du bras (figure 9). (60)
- Le pli tricipital : à mi-distance calculée, dans le sens de la longueur du triceps, en regard de la face postérieure du bras (figure 10). (60)
- Le pli sous-scapulaire : à deux travers de doigt sous la pointe de l'omoplate, le pli cutané est formé et orienté en haut et en dedans formant un angle d'environ  $45^\circ$  avec l'horizontale (figure 11). (60)
- Le pli supra-iliaque : à mi-distance entre le rebord inférieur des côtes et le sommet de la crête iliaque, sur la ligne médioaxillaire, le pli est formé verticalement (figure 12). (60)
- Le pli du mollet : le sujet se tient debout, le pied droit appuyé sur une marche, détendu, le genou plié à un angle de  $90^\circ$  (figure 13). (61)

Bien qu'elle soit simple à mettre en œuvre et son coût est faible, cette méthode estime mal le tissu adipeux profond et a tendance à sous-estimer l'obésité viscérale. Ce qui a conduit au développement de nombreuses équations prédictives spécifiques de sous-populations particulières. (60)

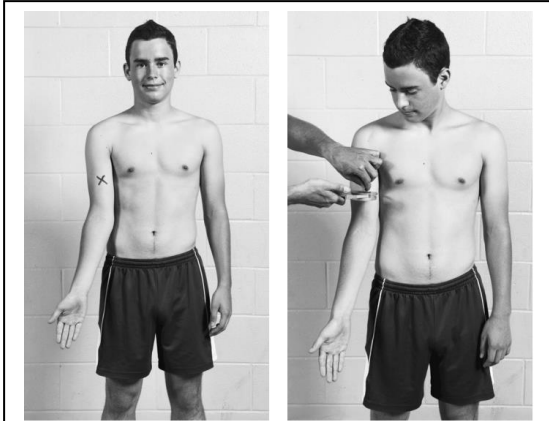


Figure 9 : La mesure du pli bicipital. (63)

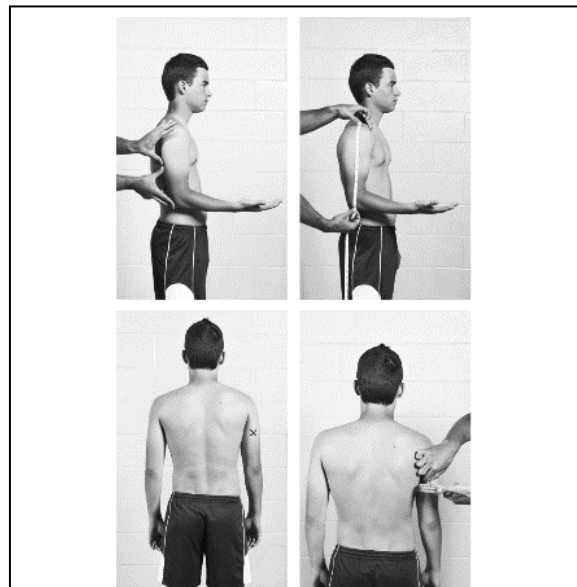


Figure 10 : La mesure du pli tricipital. (63)

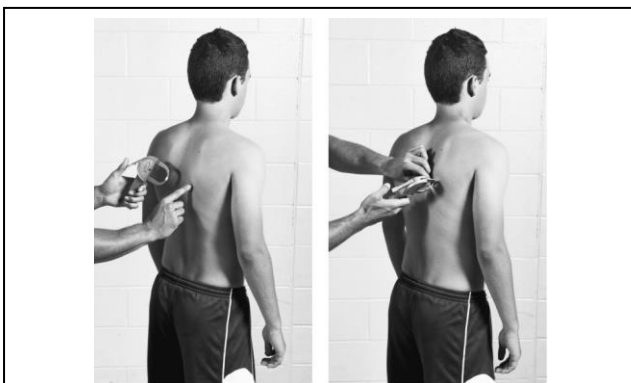


Figure 11 : La mesure du pli sous-scapulaire. (63)

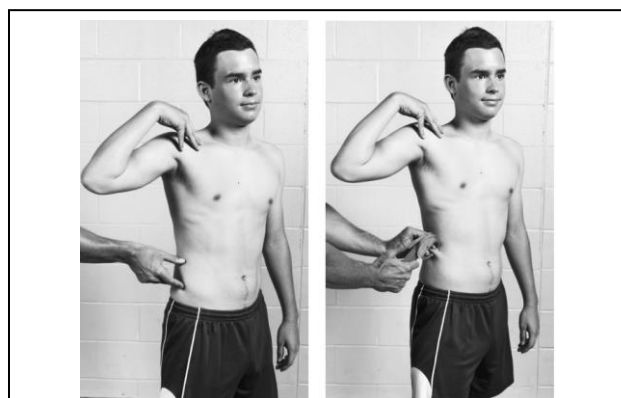


Figure 12 : La mesure du pli supra-iliaque. (63)



Figure 13 : La mesure du pli du mollet. (63)

#### 4. Analyse de la composition corporelle :

En médecine de sport, la mesure du poids ne suffit pas à comprendre comment améliorer la performance d'un segment de membre au cours d'un exercice spécifique, déterminer la masse musculaire de ce segment est plus rationnel. De même, au cours d'une stratégie de réduction pondérale chez un obèse, il est intéressant de cibler une perte de masse grasse et d'épargner la masse musculaire ou de certains organes. D'où l'intérêt d'analyser la composition corporelle du corps humain (ou animal) en compartiments (figure 14). (62,63)

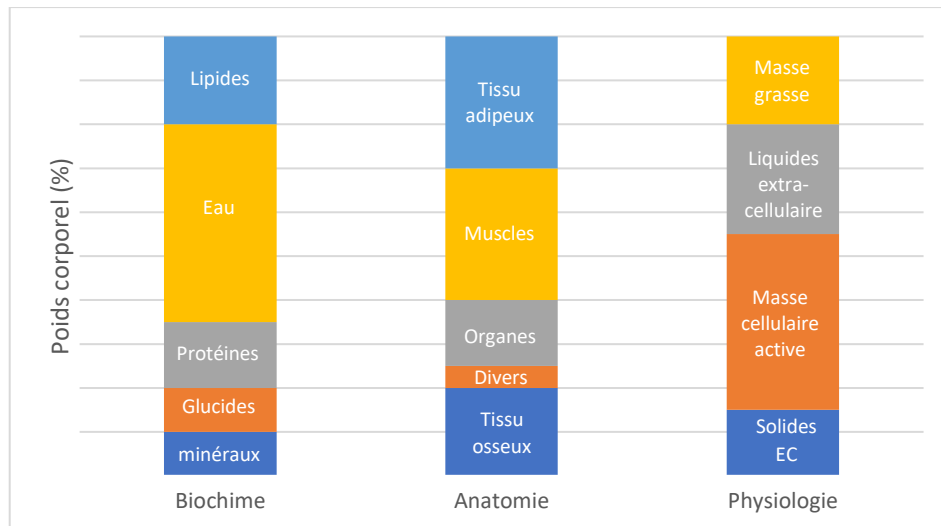


Figure 14 : Les modèles de la composition corporelle. (64)

##### 4.1. Modèle anatomique :

C'est le plus ancien, il sépare le corps en différents tissus (tissu musculaire, tissu adipeux, osseux, organes...). C'est un modèle descriptif qui permet de comprendre l'organisation spatiale des différents constituants et leur niveau d'interconnexion. (62)

##### 4.2. Modèle biochimique :

Il permet de séparer les composants de l'organisme en fonction de leurs propriétés chimiques (l'eau, les lipides, les protéines, les glucides, les minéraux...). Les données biochimiques directes sur la composition corporelle de l'organisme humain sont cependant très limitées. Elles reposent sur quelques études effectuées sur quelques dizaines de cadavres. (62)

##### 4.3. Modèle physiologique :

Il permet d'introduire la notion de compartiments. Un compartiment regroupe des composants corporels fonctionnellement liés entre eux, et qui sont indépendant par rapport à leur localisation anatomique ou de leur nature chimique. Les modèles physiologiques les plus utilisés (figure 15) : (62)

#### 4.3.1. Modèle à deux compartiments :

Il divise le corps en masse grasse et masse maigre (masse non grasse) :

- La masse grasse : représentée par les triglycérides stockés dans les adipocytes, quelle que soit leur localisation anatomique. Ce compartiment est virtuellement dépourvu d'eau.
- La masse maigre : regroupe les muscles, l'eau, les os, les organes, en excluant la partie grasse. Elle est essentiellement constituée d'eau. Le rapport entre l'eau et la masse maigre définit l'hydratation de la masse maigre.

#### 4.3.2. Modèle à trois compartiments :

Dans ce modèle, la masse maigre est séparée en masse cellulaire active et eau extracellulaire :

- La masse cellulaire active : correspond à l'ensemble des cellules des différents organes et muscles. L'intensité du métabolisme de cette masse détermine les besoins énergétiques de l'organisme. Elle constitue la majorité des protéines de l'organisme.
- L'eau extracellulaire : correspond à l'ensemble des liquides interstitiels et au plasma. Elle s'ajoute à l'eau intracellulaire pour constituer l'eau corporelle totale.
- La masse grasse est le troisième compartiment.

#### 4.3.3. Modèle à quatre compartiments :

Un compartiment supplémentaire est introduit à la masse maigre, par rapport au modèle à trois compartiments :

La masse minérale osseuse : correspond aux cristaux de phosphates tricalciques du squelette. Cette masse constitue l'essentiel de la masse minérale de l'organisme, sous forme de calcium. (62)

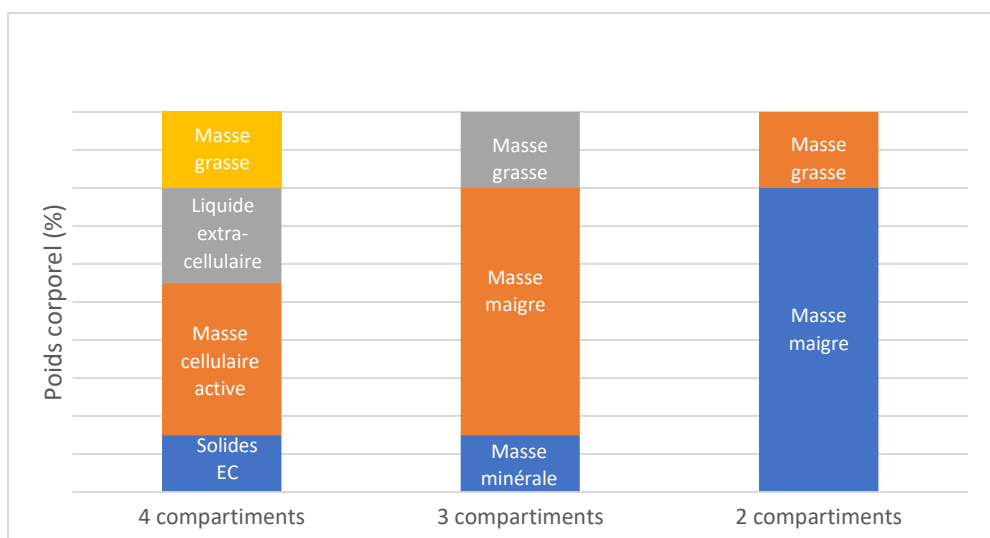


Figure 15 : Les compartiments du modèle physiologique. (64)

## **5. Indices anthropométriques traditionnels :**

Les indices anthropométriques sont l'association des différentes mesures : poids, taille en plus de l'âge et du sexe, d'une personne pour décrire son état nutritionnel.

### **5.1. Indice de masse corporelle :**

L'indice de masse corporelle (IMC) est une norme anthropométrique connue depuis le 19ème siècle, très utilisée pour estimer la composition de la masse corporelle.

L'IMC ou l'indice de Quetelet (d'après son inventeur), se calcule en divisant le poids exprimé en kilogrammes (kg) par le carré de la taille exprimée en mètres (m).

$$\text{IMC (kg/m}^2\text{)} = \frac{\text{poids (kg)}}{\text{taille}^2\text{(m)}}$$

Depuis les années 90, l'OMS s'est basée sur l'indice de masse corporelle pour estimer le surpoids et l'obésité chez les populations. (64).

A partir de l'âge de 5ans, l'OMS définit le surpoids et l'obésité selon l'IMC comme suit :

	Enfants de 5 à 19ans	Adultes
Surpoids	IMC pour l'âge supérieur à un écart-type au-dessus de la médiane de la croissance de référence de l'OMS.	IMC égal ou supérieur à 25.
Obésité	IMC pour l'âge supérieur à 2 écarts-types au-dessus de la médiane de la croissance de référence de l'OMS.	Obésité modérée : $30 \leq \text{IMC} < 35$ .
		Obésité sévère : $35 \leq \text{IMC} < 40$
		Obésité morbide ou massive : $30 \leq \text{IMC} < 35$

### **5.2. Taille en fonction de l'âge :**

C'est un indice de rabougrissement ou retard de croissance des enfants, il signale une sous-alimentation passée ou une malnutrition chronique. (54)

### **5.3. Poids en fonction de la taille :**

Reflète la malnutrition aigüe, c'est un indice d'émaciation des enfants. (54)

### **5.4. Poids en fonction de l'âge :**

Marqueur d'insuffisance pondérale chez les enfants. Reflète une situation de mal nutrition chronique et/ou aigüe. (54)



### **5.5. Rapport taille/hanche : (T/H)**

C'est un bon indicateur pour connaître le type d'obésité (si elle est gynoïde ou androïde).

On dit que la personne a une obésité androïde lorsque : (16) (65)

$T/H > 0.85$  chez la femme.

Et  $T/H > 1$  chez l'homme.

### **5.6. Rapport tour de taille/taille : (TT/T)**

De nombreuses études s'accordent qu'il existe une relation entre le rapport tour de taille/taille et la survenue des complications métaboliques. Ce rapport est estimé en (cm/m).

Une étude faite sur une population d'adolescents algériens, démontre que le seuil de 80cm (tour de taille) et 0,5 (TT/T) offrent une excellente sensibilité et une bonne spécificité pour le dépistage du syndrome métabolique dans les deux sexes. (66)

Une autre étude sur 134 adultes obèses tunisiens stipule que le rapport tour de taille/taille est corrélé à de multiples paramètres anthropométriques et métaboliques et peut être considéré comme marqueur de risque cardio-vasculaire. (67)

Une étude chinoise a indiqué que le rapport TT/T peut être un indicateur du risque cardio-métabolique chez une population chinoise non-obèse (avec un IMC et un TT normaux), plus particulièrement chez les femmes. (68)

### **5.7. Rapport poids/taille<sup>3</sup> : Indice de Rohrer**

Indice de Rohrer ( $\text{kg/m}^3$ ) ou indice de corpulence, proposé par le médecin suisse Fritz Rohrer en 1921, pour une mesure de la maigreur d'une personne. C'est le rapport du poids en kilogrammes sur la taille en mètre cube.

$$\text{Indice de ROHRER} = \frac{\text{poids (kg)}}{\text{taille}^3(\text{m})}$$

Une étude prouve que l'indice de ROHRER estime les niveaux de graisse corporelle avec plus de précision que l'IMC chez les adolescents blancs non hispaniques âgés de 8 à 17 ans. (69)

## **CHAPITRE III : mesure de la composition corporelle :**

## **1. Techniques de mesure directe de la composition corporelle :**

Actuellement, pour les mesures directes de la composition corporelle, les cliniciens ont ainsi la possibilité d'utiliser deux types d'examen : l'impédancemétrie (ou BIA) et l'absorptiométrie biphotonique à rayons X ou dual-energy Xray absorptiometry (DEXA). (70) Mais il existe d'autres techniques non utilisées en pratique courantes.

### **1.1. Impédance Bio-Electrique (impédancemètre) :**

L'impédance bioélectrique (BIA) est l'une des techniques les plus utilisées pour la mesure de la composition corporelle. C'est une méthode non invasive et indolore basée sur la mesure des effets de la réaction du milieu biologique au passage d'un faible courant. (71).

On distingue trois grandes catégories d'appareils :

- A une seule fréquence (à 50 kHz, corps entier ou segmentaire, permettant le calcul de l'eau totale et de la masse maigre d'un sujet dont l'hydratation est normale. (72) Cette technique peut s'utiliser aussi à différentes fréquences, mais toujours sur un mode unique discontinu. (71)),
- A plusieurs fréquences (de 5 à 10000 kHz, permettant une distinction et un calcul direct des volumes extra et intracellulaires, de l'eau corporelle totale et de la masse maigre du corps entier ou segmentaires. (72) Cette technique nécessite le recours à des théories et des équations spécifiques pour établir des relations entre la mesure de la résistance à différentes fréquences et la composition corporelle (71)),
- A spectroscopie : cette technique mesure la résistance à des fréquences comprises entre 0 et l'infini (72). (73)

Le fait de pouvoir quantifier la composition du corps permet aussi de déceler des variations anormales de celle-ci. Ainsi, il est possible de détecter des pathologies comme l'obésité viscérale ou les retentions d'eau, mais aussi de détecter les cas de dénutrition ; un indicateur de nombreuses pathologies comme le cancer. (74).

#### **1.1.1. Histoire :**

A la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle, les premières mesures de bio-impédance sur les tissus biologiques ont été réalisées par Galvani où il observa que des étincelles électriques avaient stimulé le muscle d'une grenouille à se contracter. (75,76)

Dès 1911, Hoerber étudie la conductivité de certaines cellules et posa l'existence d'une membrane cellulaire. (76)

En 1938, Cole et Curtis prouvent l'existence des processus d'échange non linéaires au niveau des membranes cellulaires et modélisent le phénomène, ce qui leur a permis d'emporter un Prix Nobel. (76)

Plus tardivement, l'introduction des microélectrodes ainsi que l'identification des processus de polarisation ont ouvert de nouvelles perspectives, en particulier dans l'exploitation des très hautes fréquences. (76)

En 1940, fut le développement de la théorie de bio-impédance par Nyboer, en identifiant le corps étudié à un cylindre et introduit la notion de résistivité du sang. Puis en 1970, Il a montré que l'impédance du corps, soumis à un courant alternatif était corrélée aux changements de volumes sanguins. (76)

C'était grâce à Thomasset (en 1962-1965) et Hoffer (en 1969), qui étaient les premiers à démontrer que les mesures de bioimpédance peuvent être utilisées pour l'estimation des volumes des liquides corporeaux, que tous ces efforts ont été fournis pour le développement de la bioimpédance pour la mesure de la composition corporelle.(75)

Ensuite, Ischerwood et Pullen proposèrent l'idée d'une imagerie d'impédance utilisant les différences de conductivité entre les tissus. (76)

A partir des années 70, fut le développement d'équations empiriques pour déterminer la composition corporelle, celle de Lukaski par comparaison de mesures avec des techniques de dilution, et celle de Jenin par l'utilisation de plusieurs fréquences aboutissant au développement de plusieurs techniques d'exploration (électrocardiographie, imagerie d'impédance, myographie...), de laboratoire (quantification des cellules, l'analyse tissulaire...) et la mise au point de biocapteurs. (76)

### 1.1.2. Principe :

La bio-impédancemétrie mesure l'impédance du corps, c'est-à-dire la résistance des différents tissus biologiques à un courant électrique alternatif à de basses fréquences générées par des électrodes mises en place sur le corps du sujet.

BIA applique un modèle de cylindre pour la relation entre l'impédance et un corps humain : (77)

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (*)$$

Avec :

R est la résistance.

$\rho$  est la résistance du tissu.

L est la longueur du cylindre.

A est la surface d'une section transversale du cylindre.

Sachant que :

$$Volume (V) = L * A$$

Avec réarrangement de l'équation (\*) on aura le volume (V) :

$$V = \rho * \frac{L^2}{R}$$

Dans le corps humain, la même formule s'applique, où L serait la taille de la personne.

### 1.1.3. Avantages :

- Technique non invasive, sans danger, facilement applicable, rapide, fiable et sensible aux changements. (73)
- Coût relativement bas par rapport à d'autres techniques (par exemple, l'absorptiométrie biphotonique à rayon-X ou DEXA). (73)
- Appareils portables et ne nécessitent pas un personnel expérimenté pour effectuer l'analyse. (77)

### 1.1.4. Inconvénients :

Même si le développement remarquable dans la technologie de bioimpédance, elle n'est pas considérée comme méthode de référence (à l'inverse de l'absorptiométrie biphotonique à rayon-X qui est considérée comme le gold standard de la mesure de la composition corporelle) et cela est due à des hypothèses spécifiques, la plus importante étant celle d'une hydratation constante. Car, pour les exemples cliniques où l'hydratation du sujet étant changé et non fixe (le cas d'une femme enceinte), l'utilisation de BIA pour l'estimation de la composition corporelle est dans ce cas non fiable. (78)

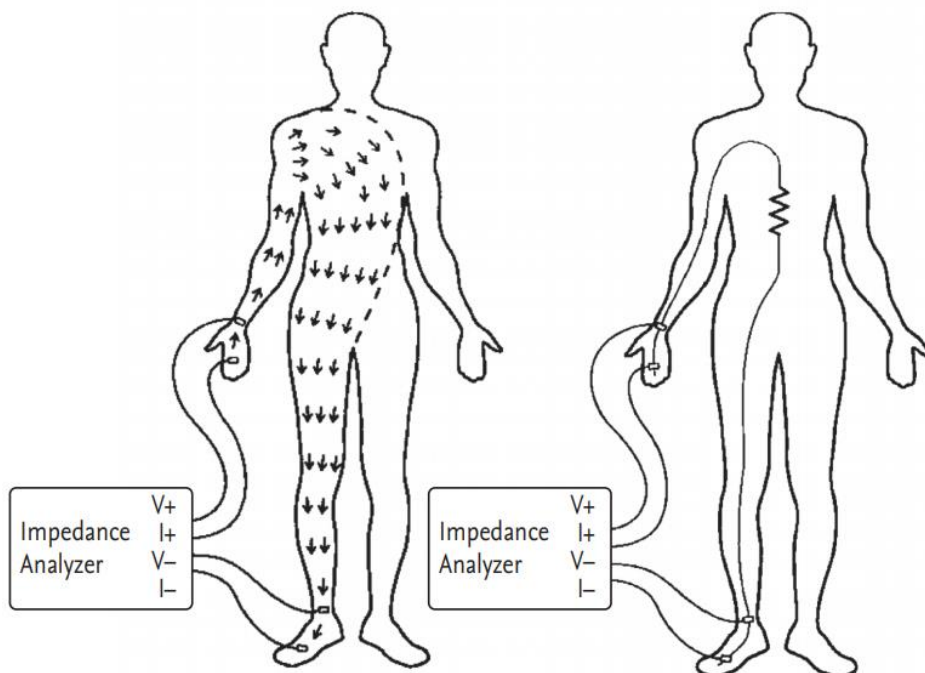


Figure 16 : Mesure de l'impédance corporelle. (80)

## **1.2. Absorptiométrie biphotonique à rayon-X (DEXA) :**

DEXA (Dual-Energy X-ray Absorptiometry) ou l'absorptiométrie biphotonique à rayon-X est la technique de choix dans le diagnostic d'une ostéoporose par la mesure de la densité minérale osseuse. (79) Elle est considérée comme le nouveau gold standard, selon certains auteurs, dans l'étude de la composition corporelle. (78) Elle représente actuellement la technique la plus largement employée pour l'estimation de la composition corporelle.

La mesure de la composition corporelle se fait sur un scanner du corps entier. Trois composantes peuvent être distinguées : la masse grasse, la masse musculaire et le contenu minéral osseux. (80)

### **1-2-1- Principe de la technique :**

Le principe de la DXA est celui de la transmission et de l'atténuation des rayons X à travers le corps humain à deux niveaux d'énergie différents.

Cette atténuation dépend de la densité et de l'épaisseur des structures anatomiques et des tissus ; les tissus à haute densité, tels que les os, atténuent davantage le faisceau de rayons X que les tissus à faible densité, tels que les tissus mous, ainsi que de l'intensité de l'énergie émise ; plus l'énergie du photon est élevée, plus l'atténuation est faible et vice-versa. (81)

### **1-2-2- Avantages de la technique :**

- Rapidité d'exécution (moins de deux secondes par centimètre de taille). (70)
- Très faible irradiation. (70)
- Utilisation chez les adultes et chez les enfants. (78)
- Appareil ouvert limitant les risques de claustrophobie et rendant la sédation non nécessaire pour les enfants. (70)
- Très bonne reproductibilité des mesures (de 1 à 2 % de variabilité selon le site exploré), élément important dans le suivi de la croissance et des traitements. (70)
- Obtention de résultats pour l'ensemble du corps ou par régions d'intérêt. (70)

### **1-2-3- Inconvénients de la technique :**

- Nécessité d'un radiologue pour la réalisation de cette technique. (78)
- Non indiquée chez les femmes enceintes. (78)
- Les parents ont tendance à refuser son utilisation chez leurs enfants. (78)



Figure 17 : l'absorptiométrie à rayons X (Dual X-ray Absorptiometry, DEXA). (84)

### **1.3. Densité corporelle :**

Dans le modèle à deux compartiments, si une densité fixe est attribuée à chaque compartiment (0,9 g par ml pour la masse grasse, et 1,1 g par ml pour la masse maigre), la proportion de chacun des compartiments peut être calculée à partir de la densité du corps entier. Celle-ci est le rapport masse sur volume (D). L'équation de Siri permet de calculer le pourcentage de masse grasse :

$$\% \text{ MG} = 100 (4,95/D - 4,50)$$

Cette méthode a longtemps été considérée comme la référence et a fourni une grande partie de nos connaissances de la composition corporelle. (82) La densité corporelle peut être déterminée de deux façons :

#### **1.3.1. La pesée hydrostatique :**

Egalement appelée pesée sous-marine, analyse de la composition corporelle hydrostatique et hydro densitométrie est une technique de mesure de la densité du corps d'une personne vivante. C'est une application directe du principe d'Archimède, qu'un objet déplace son propre volume d'eau. (82)

- **Principe de la technique :**

La masse du corps est trouvée en pesant simplement une personne sur une balance. Le volume du corps est déterminé le plus facilement et avec précision en immergeant complètement une personne dans l'eau et en calculant le volume d'eau à partir du poids de l'eau déplacée. (83)

$$D_b = M_a / ((M_a - M_w) / D_w - RV)$$

Où :

$D_b$  = Densité du corps ;

$M_a$  = "Masse dans l'air" (c'est-à-dire poids sec) ;

$M_w$  = "Masse dans l'eau" (c'est-à-dire poids sous l'eau) ;

$D_w$  = Densité de l'eau (basée sur la température de l'eau) ;

$RV$  = Résiduel volume (l'espace vide enfermé par le corps - par exemple volume d'air dans les poumons + voies respiratoires après une expiration maximale).

Une fois que la densité corporelle a été calculée à partir des données obtenues par pesée hydrostatique, la composition corporelle peut être estimée. Les équations les plus couramment utilisées pour estimer le pourcentage de graisse corporelle à partir de la densité sont celles de Siri et Brozek. (84)

Siri (1956) : (85)

$$\% \text{ de graisse} = [4,950 / \text{densité} - 4,500] \times 100$$

Brozek et coll. (1963) : (86)

$$\% \text{ de matières grasses} = [4,570 / \text{densité} - 4,142] \times 100$$

- **Inconvénients de la technique :**

- Il faut donc un équipement adapté (une cuve de taille suffisante, une capacité à déterminer les volumes des gaz respiratoires et intestinaux).
- Cette technique ne peut être utilisée chez les enfants, les malades, les personnes âgées à mobilité réduite, les patients à coopération réduite. (87)





Figure 18 : pesée hydrostatique. (91)

### **Pléthysmographie par déplacement d'air :**

La pléthysmographie par déplacement d'air (ADP, également connue sous le nom de pléthysmographie par déplacement d'air du corps entier) est une méthode densitométrique reconnue et validée scientifiquement pour mesurer la composition corporelle humaine. L'ADP repose sur les mêmes principes que la méthode de référence de la pesée hydrostatique (graisse et la masse sans graisse).

- **Principe de la technique :**

Les sujets pénètrent dans une chambre scellée qui mesure leur volume corporel par le déplacement d'air dans la chambre. Ensuite, le volume corporel est combiné avec le poids corporel (masse) pour déterminer la densité corporelle. La technique estime ensuite le pourcentage de graisse corporelle et de masse corporelle maigre (LBM) à l'aide d'équations dérivées empiriquement similaires à celles utilisées avec la pesée sous-marine (pour la densité de la masse. (88)

Deux modèles disponibles sur le marché qui utilisent « le déplacement d'air pléthysmographie pour mesurer la composition corporelle : BOP POD (enfants et adultes) (Figure 18) et PEA POD (bébé) (Figure 17). (89)

- **Avantage de la technique :**

Par rapport aux méthodes de référence établies, cette méthode se caractérise par un processus de mesure rapide, confortable, automatisé, non invasif et sûr, et s'adapte à divers types de sujets (par exemple, enfants, obèses, personnes âgées et personnes handicapées).

La PEA POD est connue comme la seule technique commercialisée qui donne de bons résultats pour les nouveaux nés (depuis leur naissance jusqu'à l'âge de 6 mois, équivalent à 8kg, et pour les enfants de plus de 5 ans. (78)

- **Inconvénients de la technique :**

La densité de la masse maigre (MM) risque d'être sous-estimée lorsque la masse maigre est plus hydratée par rapport à l'hypothèse et, cependant, la MM sera sous-estimée et la masse grasse (MG) surestimée. Si la MM est déshydratée, l'inverse se produit. (78)



Figure 19 : pléthysmographie par déplacement d'air : modèle PEA POD. (90)



Figure 20 : pléthysmographie par déplacement d'air : modèle BOD POD. (90)

#### **1.4. Résonance magnétique quantitative (QMR) :**

La résonance magnétique quantitative (QMR) applique un champ magnétique au corps et mesure la différence de taux de relaxation des atomes d'hydrogène dans la graisse par rapport à la masse maigre. (91) Elle fonctionne de manière similaire à l'imagerie par résonance magnétique (IRM), mais au lieu de fournir une image comme l'IRM, le QMR donne des quantités de masse grasse, de masse maigre et d'eau corporelle totale. QMR est également largement utilisé pour l'analyse de la composition corporelle des animaux, y compris les animaux de laboratoire comme les souris, et la faune, y compris les oiseaux. (92)

### **1.5. Imagerie par résonance magnétique (IRM) :**

Une IRM (imagerie par résonance magnétique) est un examen de radiologie qui permet d'obtenir des clichés précis de l'intérieur du corps humain, en deux ou trois dimensions, grâce à une résolution à fort contraste. Elle utilise un appareil émettant des ondes électromagnétiques, grâce à un gros aimant. Soumis à ces ondes, les atomes d'hydrogène composant les tissus de l'organisme se mettent à vibrer. Ils émettent alors des signaux, captés par une caméra spécifique et retranscrits en images sur un écran d'ordinateur. (93)

- **Principe de la technique :**

L'IRM est constituée d'une bobine qui crée un champ magnétique qui va magnétiser les tissus de la zone ciblée. Des ondes radios plus faibles appelées « radiofréquences » vont ensuite permettre de mesurer le signal électromagnétique renvoyé par les tissus, par un effet de résonance. Cette technique couplée à un système informatique va permettre de transformer ces données en images, en véritables photographies des tissus de l'organisme. (93)

- **Avantages de la technique :**

L'IRM est un examen indolore, permettant d'obtenir des images de l'intérieur du corps humain, en 2 ou 3 dimensions. On le prescrit notamment pour visualiser les "tissus mous" (cerveau, moelle épinière, viscères, muscles, tendons, etc.)

Cette technologie, qui n'utilise pas les rayons X, est sans risque d'irradiation pour le patient. (94)

- **Inconvénients de la technique :**

Dans l'état actuel des connaissances, il n'y a aucun risque connu lié à l'IRM. En revanche, les conditions imposées par l'utilisation de l'imagerie par résonance magnétique peuvent entraîner un certain inconfort du fait de devoir rester immobile pendant l'examen et d'être exposé au bruit que génère le fonctionnement de l'appareil. Cependant, puisque l'appareil d'IRM induit un champ magnétique, il est nécessaire de prendre certaines précautions. C'est pourquoi chaque participant ou participante doit obligatoirement remplir un questionnaire détaillé afin de détecter toute contre-indication à la passation de cet examen. (95)

Voici les principales contre-indications à l'examen d'IRM :

- Une grossesse.
- Un stimulateur (ou pacemaker) ou défibrillateur cardiaque, ou électrodes épiscopardiques ;
- Un neurostimulateur ou stimulateur électronique pour les os ;

- Une prothèse valvulaire cardiaque, un cathéter Swan-Ganz (un tube dans l'artère pulmonaire sur le thorax), un filtre ou cathéter sanguin ;
- Une pompe à insuline ou à chimiothérapie métallique sous la peau ne pouvant être retirée en toute sécurité pour la durée de l'examen ;
- Un clip sur un anévrisme cérébral
- Une prothèse ou des tiges métalliques (à la suite d'une chirurgie), un implant cochléaire ou oculaire (un implant dans l'oreille ou dans l'œil) ;
- Un fragment métallique intraoculaire;
- Un patch sur la peau pour l'administration d'un médicament ;
- Des piercings qu'il est impossible de retirer pour l'examen ;
- Du maquillage permanent ;
- Des appareils dentaires non compatibles IRM ;
- De la claustrophobie. (95)

## **2. Les nouveaux indices anthropométriques :**

### **2.1. Intérêt :**

L'IMC est l'indice le plus utilisé en raison de sa simplicité et de sa fiabilité. Cependant, il tend à sous-estimer la prévalence de l'obésité à 50%, en comparaison avec des techniques de mesures directes de la MG, car il néglige les facteurs d'âge, du sexe et de la race (populations)(1,96) (97).

D'où vient l'utilité de la recherche et du développement de nouveaux indices et équations permettant l'estimation de la masse grasse, et qui sont dépendants de ces trois facteurs (âge, sexes et race) et mêmes d'autres mesures (plis cutanés, tour de taille...). Ces équations sont applicables uniquement dans les populations où elles ont été établies.

### **2.2. Equations d'estimation de la masse grasse :**

#### **2.2.1. Equation de CUN-BAE :**

Une étude cohorte Espagnole, faite sur une population d'individus blancs, a développé une équation en 2012 appelée CUN-BAE (Clinica Universidad de Navarra-Body Adiposity Estimator) basée sur l'IMC, le sexe et l'âge pour estimer le pourcentage de la masse grasse (PMG) corporelle :

$$\begin{aligned} \text{PMG (\%)} = & -44.988 + (0.503 \times \text{age}) + (10.689 \times \text{sexe}) + (3.172 \times \text{IMC}) - (0.026 \times \text{IMC}^2) \\ & + (0.181 \times \text{IMC} \times \text{sexe}) - (0.02 \times \text{IMC} \times \text{age}) - (0.005 \times \text{IMC}^2 \times \text{sexe}) \\ & + (0.00021 \times \text{IMC}^2 \times \text{age}) \end{aligned}$$

Avec :

- Le sexe : homme = 0. Femme = 1.
- L'âge exprimé en années.

Il a été démontré que le PMG calculé par l'équation CUN-BAE est mieux corrélé avec le PMG réel mesuré par la Pléthysmographie par Déplacement d'Air que celui estimé par les autres indices anthropométriques dans un échantillon de 6510 individus des deux sexes avec un large intervalle de l'IMC, du PMG et de l'âge (98).

### **2.2.2. Equation de RAMIREZ-ZEA ET AL :**

Dans cette étude, les auteurs ont développé des équations pour estimer le PMG dans une population d'adultes Guatémaltèques des deux sexes à partir de différentes mesures anthropométriques (poids (Kg), taille (cm), quatre plis cutanés (mm) et six circonférences (cm)) :

$$\text{PMG}(\%) = -80.261 - (\text{poids} \times 0.623) + (\text{taille} \times 0.214) + (\text{pli tricipital} \times 0.379) \\ + (\text{pli abdominal} \times 0.202) + (\text{tour de taille} \times 0.940) + (\text{tour de cuisse} \times 0.316)$$

$$\text{PMG}(\%) = 15.471 + (\text{pli tricipital} \times 0.332) + (\text{pli sous scapulaire} \times 0.154) \\ + (\text{pli abdominal} \times 0.119) + (\text{tour de hanche} \times 0.356)$$

$$\text{PMG}(\%) = -48.472 - (\text{poids} \times 0.257) + (\text{tour de taille} \times 0.989)$$

$$\text{PMG}(\%) = 19.420 + (\text{poids} \times 0.385) - (\text{taille} \times 0.215) + (\text{tour de taille} \times 0.265)$$

Il a été démontré que ces équations sont les premières équations valides pour l'estimation du PMG des adultes Amérindiens-Européens jeunes et d'âge moyen. Les résultats obtenus sont bien corrélés avec ceux obtenus par pesée hydrostatique. (99)

### **2.2.3. Equation 1 et 2 de Juan C ET AL :**

Un groupe d'auteurs ont développé deux équations permettant d'estimer le PMG sur une population de 151 femmes Colombiennes âgées entre 18 et 59 ans à partir de leurs poids (kg), taille (cm), huit plis cutanés (mm) et six différentes circonférences :

$$\text{PMG}(\%) = 11.76 + (0.324 \times \text{pli tricipital}) + (0.133 \times \text{pli de la jambe}) + (0.347 \times \text{tour de taille}) \\ + (0.068 \times \text{age}) - (0.135 \times \text{taille})$$

$$\text{PMG}(\%) = 11.37 + (0.404 \times \text{pli tricipital}) + (0.153 \times \text{pli axillaire}) + (0.264 \times \text{tour de taille}) \\ + (0.069 \times \text{age}) - (0.099 \times \text{taille})$$

Selon ces auteurs, ces deux équations ont donné de meilleurs résultats sur l'estimation du PMG des femmes colombiennes que d'autres équations d'après leur étude faite en utilisant la pesée hydrostatique. (100)

#### **2.2.4. Equation de MARTARELLI ET AL :**

Une étude faite sur une population de 764 Italiens des deux sexes âgés entre 11 et 80 ans, a développée deux séries d'équations, une pour les femmes et l'autre pour les hommes, pour estimer la composition corporelle de ces deux derniers à partir de leurs IMC, poids et Age :

Femmes :

$$MG = 1.9337 \times IMC - 26.422$$

$$MM = \text{poids} - MG$$

$$MCA = 0.3655 \times MM + 4.865$$

$$ECT = 0.5863 \times MM + 7.1732$$

Hommes :

$$MG = 1.407 \times IMC - 21.389$$

$$MM = \text{poids} - MG$$

$$MCA = 0.4485 \times MM + 3.3534$$

$$ECT = 0.6997 \times MM + 1.4567$$

Avec :

- MG : Masse grasse.
- MM : Masse maigre.
- MCA : Masse cellulaire active.
- ECT : Eau corporelle totale.

Cette étude a démontré que l'estimation de la composition corporelle est possible et performante sur la population italienne et ce en utilisant seulement deux paramètres : le poids et la taille, et les résultats obtenus sont mieux corrélés avec les PMG réels mesurés par l'Impédance Bio-Electrique (BIA) que d'autres équations déjà développées. (101)

### **2.2.5. Equations de BENNO KRACHLER ET AL :**

Ces auteurs ont développé des équations d'estimation de PMG basées sur l'anthropométrie, pour déterminer si elles ont une capacité discriminative similaire pour les marqueurs de risque cardio-métaboliques que la catégorie d'obèses basée sur IMC :

Première équation :

$$\text{Pour femme : } PMG (\%) = \frac{-24.18 + 1.181 * \left(\frac{poids}{taille}\right)}{poids}$$

$$\text{Pour homme : } PMG (\%) = \frac{-30.84 + 1.120 * \left(\frac{poids}{taille}\right)}{poids}$$

Deuxième équation :

$$PMG (\%) = 64.5 - 848 * \left(\frac{1}{IMC}\right) + 0.079 * age - 16.4 * sexe - 0.05 * sexe * age + 39.0 \\ * sexe * \left(\frac{1}{IMC}\right)$$

Troisième équation :

$$PMG (\%) = 1.2 * IMC + 0.23 * age - 10.8 * sexe - 5.4$$

Avec : sexe = 1 pour les hommes et 0 pour les femmes.

Cette étude est faite sur une population de 593 adultes femmes et hommes Finlandais âgés entre 40 et 79 ans par deux techniques différentes, l'absorptiométrie biphotonique à rayon-X (DEXA) et l'Impédance Bio-Electrique (BIA), a pour résultats que l'IMC et les équations de PMG prédisent toutes les deux le risque cardio-métabolique (que ça soit avec la technique DEXA ou BIA avec un même degré).



# Partie Pratique

## **1. Objectifs :**

### **1.1.Objectif principal :**

Développement et validation d'une équation d'estimation de pourcentage de masse grasse selon le sexe chez une population Algérienne générale.

### **1.2.Objectifs secondaires :**

- Prévalence de l'insuffisance pondérale, du surpoids et de l'obésité dans notre population.
- Comparaison de la prévalence de l'insuffisance pondérale, du surpoids et de l'obésité selon les deux définitions ; par l'IMC et par le PMG mesuré par impédancemètre.

## **2. Méthodologie :**

### **2.1. Type et cadre de l'étude :**

C'est une étude transversale rétrospective.

### **2.2. Population :**

Cette étude a inclus une population de sujets Algériens, volontaires, ayant bénéficiée d'un bilan de composition corporelle par les deux appareils : Inbody 570 / 770, entre avril et décembre 2021.

- Critère d'inclusion :
  - Les sujets âgés entre 17 et 93 ans.
  
- Critères d'exclusion :
  - Grossesse
  - Enfants et adolescents (de moins de 17 ans).
  - Chirurgies pour obésité (chirurgies bariatriques ...)
  - Syndromes de grande rétention d'eau (cirrhose, syndrome néphrotique...)
  - Sujets athlétiques.
  
- Considération éthique :

Selon la déclaration d'Helsinki, un consentement éclairé n'était pas indispensable, étant donné qu'il ne s'agit pas d'une étude interventionnelle ; et que le fichier des données était anonyme.

## **2.3. Méthodes :**

### **2.3.1. Appareil de mesure :**

Tous les bilans corporels ont été effectués par la technique InBody-570 (94 bilans) et Inbody-770 (813), ce qui fait un total de 907 bilans.



Figure 1 : appareils InBody 570 (à gauche) et 770 (à droite). (102)

### **2.3.2. Principe de la technique :**

La technique InBody est une analyse d'impédance bioélectrique multifréquence segmentaire directe (MSD-BIA). Elle s'appuie sur quatre principes techniques (une mesure directe, segmentaire, multi-fréquentielle avec des électrodes tactiles à 8 points) :

- Mesure segmentaire directe :

La mesure de la masse maigre et de la masse grasse se fait pour chaque segment du corps séparément : membre supérieur droit, membre supérieur gauche, tronc, membre inférieur droit et membre inférieur gauche. (102)

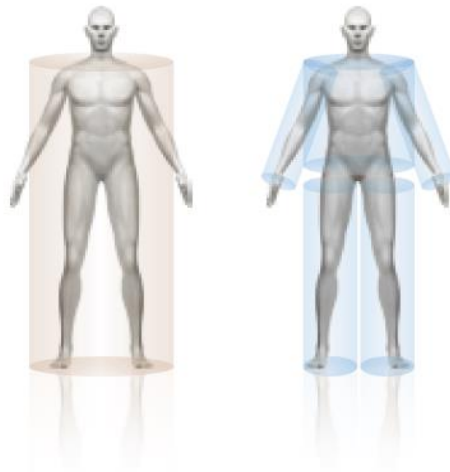


Figure 2 : Mesure segmentaire par MSD-BIA par InBody. (102)

- Electrodes tactiles à 8 points :

Chaque poignée contient deux électrodes de courant palmaire et une électrode de voltage. De même pour les semelles qui contiennent 4 électrodes, ce qui fait un total de 8 électrodes. Cette conception est faite pour faciliter d'utilisation pour des mesures successives. De plus,

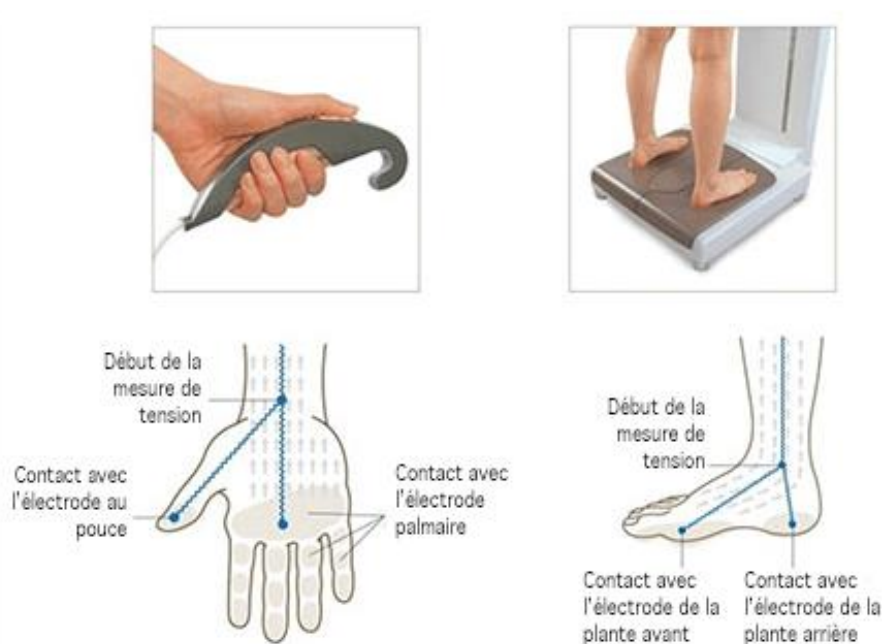


Figure 3 : Système des électrodes tactiles à 8 points par InBody. (102)

les mesures commencent et se terminent toujours au même point : les poignets et les chevilles.

- Mesure directe :

Aucune estimation empirique des paramètres comme l'âge, le sexe ou l'ethnicité de l'utilisateur. La mesure de la composition corporelle est directe, sans recours à aucune formule.

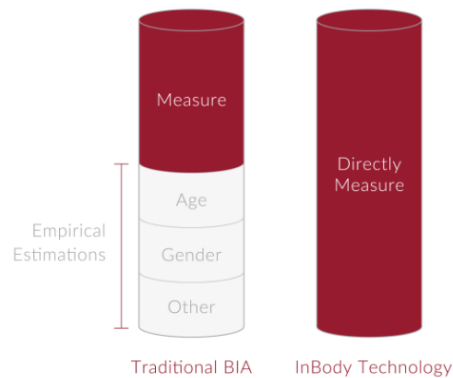


Figure 4 : Mesure directe par InBody. (102)

- Multifréquences :

L'analyse à plusieurs fréquences permet de calculer l'eau intracellulaire et extracellulaire avec précision.

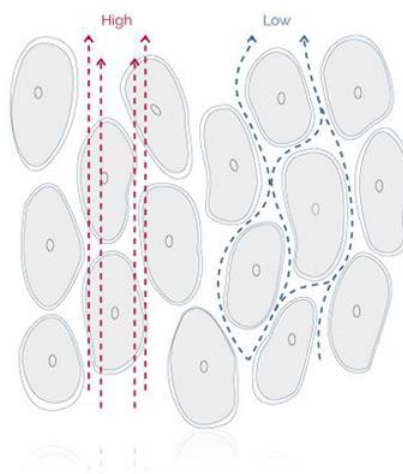


Figure 5 : Mesure multifréquences par InBody. (102)

# InBody

ID	Taille	Âge	Sexe	Date / Heure du test
jp	177cm	23	Homme	30.06.2016. 11:29

## Analyse de Composition Corporelle

	Valeurs	Eau Corporelle Totale	Masse Maigre	Masse non Grasse	Poids
Eau Corporelle Totale (L)	48,3 (38,8~47,4)	48,3	62,4 (49,8~60,8)	66,3 (52,7~64,4)	78,9 (58,6~79,2)
Protéines (kg)	13,3 (10,4~12,6)				
Minéraux (kg)	4,69 (3,58~4,38)	non osseux			
Masse grasse (kg)	12,6 (8,3~16,6)				

## Analyse Muscle-Graisse

	Au-dessous	Normal	Au-dessus
Poids (kg)	55 70 85 100 115 130 145 160 175 190 205 %		
MMS (kg)	70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 %		
Masse Grasse (kg)	40 60 80 100 160 220 280 340 400 460 520 %		

Poids: 78,9 kg  
 MMS: 38,0 kg  
 Masse Grasse: 12,6 kg

## Bilan morphologique

	Au-dessous	Normal	Au-dessus
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	10,0 15,0 18,5 22,0 25,0 30,0 35,0 40,0 45,0 50,0 55,0		
TGC (%)	0,0 5,0 10,0 15,0 20,0 25,0 30,0 35,0 40,0 45,0 50,0		

IMC: 25,2  
 TGC: 16,0

## Analyse Segmentaire de la Masse Maigre

	Au-dessous	Normal	Au-dessus	Ratio EEC
Bras Droit (kg)	55 70 85 100 115 130 145 160 175 %			0,367
(%)				
Bras Gauche (kg)	55 70 85 100 115 130 145 160 175 %			0,368
(%)				
Tronc (kg)	70 80 90 100 110 120 130 140 150 %			0,367
(%)				
Jambe Droite (kg)	70 80 90 100 110 120 130 140 150 %			0,360
(%)				
Jambe Gauche (kg)	70 80 90 100 110 120 130 140 150 %			0,364
(%)				

## Analyse du ratio EEC

	Au-dessous	Normal	Au-dessus
Ratio EEC	0,320 0,340 0,360 0,380 0,390 0,400 0,410 0,420 0,430 0,440 0,450		

Ratio EEC: 0,365

## Historique de la Composition Corporelle

	26.06.16	30.06.16	30.06.16
Poids (kg)	80,9	79,0	78,9
MMS (kg)	39,3	38,6	38,0
TGC (%)	14,9	15,1	16,0
Ratio EEC	0,371	0,366	0,365

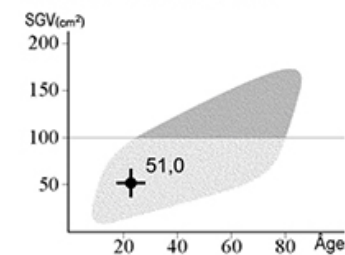
Récent  Total  
 26.06.16 17:01 | 30.06.16 11:17 | 30.06.16 11:29

## Score InBody

87 / 100 Points

\* Le score InBody reflète l'évaluation de la composition corporelle. Une personne musclée peut avoir plus de 100 points.

## Surface de Graisse Viscérale



## Contrôle du poids

Poids Cible	78,0 kg
Contrôle du poids	- 0,9 kg
Contrôle de la masse grasse	- 0,9 kg
Contrôle du muscle	0,0 kg

## Analyse segmentaire de la masse grasse

Bras Droit (0,5 kg)	79,6%
Bras Gauche (0,5 kg)	87,9%
Tronc (6,8 kg)	155,9%
Jambe Droite (1,8 kg)	102,6%
Jambe Gauche (1,8 kg)	100,5%

## Paramètres de recherche

Eau Intracellulaire	30,7 L	(24,0~29,4)
Eau Extracellulaire	17,6 L	(14,8~18,0)
Métabolisme de Base	1801 kcal	
Contenu Minéral Osseux	3,91 kg	(2,95~3,61)
Masse Cellulaire Active	43,9 kg	(34,4~42,0)
Apport calorique recommandé	2896 kcal	

## Interprétation des résultats QR code

Scannez le code QR pour obtenir des détails sur les résultats



## Angle de phase corps entier

$\phi(\text{°})$  50 kHz | 7,5 °

## Impédance

Z(fz)	BD	BG	TR	JD	JG
1 kHz	335,0	341,0	24,7	293,6	302,5
5 kHz	323,1	330,0	23,6	285,2	293,8
50 kHz	270,0	279,0	19,1	238,0	247,5
250 kHz	238,8	248,0	15,5	209,7	218,3
500 kHz	230,6	239,4	14,5	203,3	211,4
1000 kHz	226,1	234,8	12,8	198,9	207,1

Figure 6 : Un exemple d'un bilan InBody. (102)

### **Les paramètres mesurés par l'impédancemètre :**

Les paramètres mesurés sont : le poids, l'eau corporelle totale, eau intracellulaire, eau extracellulaire, protéines, minéraux, masse grasse par segment, masse musculaire squelettique, indice de masse corporelle, pourcentage de graisse corporelle, masse maigre par segment, angles de phase par segment, surface de graisse viscérale.

La taille est mesurée manuellement sur place.

### **Interprétation de la feuille des résultats : (Figure 6)**

- Analyse de la composition corporelle : dans cette partie se croise deux modèles : l'analyse biochimique (eau corporelle, protéines, minéraux et graisse) et l'analyse physiologique (eau corporelle, masse maigre, masse grasse). Le poids est la somme de ces éléments.
- Analyse muscle-graisse : pour une analyse comparative entre le poids, la masse musculaire squelettique et la masse grasse.
- Bilan morphologique : pour une comparaison entre l'IMC et le Taux de graisse corporelle (pourcentage de la masse grasse).
- Analyse segmentaire de la masse maigre : analyse comparative des muscles, des os et des liquides corporels.
- Analyse du ratio eau extracellulaire/eau corporelle totale : permet de détecter des problèmes de rétention d'eau.
- Analyse segmentaire de la masse grasse.
- Surface de graisse viscérale.
- Angle de phase du corps entier : représente l'intégralité de la membrane cellulaire.



## 2.4. Analyse statistique :

Pour l'analyse descriptive, les paramètres quantitatifs ont été présentés sous forme de moyennes  $\pm$  écart type, et les paramètres qualitatifs sous forme d'effectifs et de pourcentages.

Pour comparer entre les paramètres quantitatifs, le test t de student pour échantillons indépendants a été utilisé, et pour comparer les paramètres qualitatifs, le test Chi<sup>2</sup> ( $\chi^2$ ) a été utilisé.

L'équation d'estimation du PMG a été réalisée séparément pour les deux sexes, selon les étapes suivantes :

La population a été divisée, arbitrairement, en deux groupes :

- Un groupe d'établissement, constitué de 302 hommes et 275 femmes
- Un groupe de validation constitué de 151 hommes et 149 femmes.

Les deux groupes, d'établissement et de validation, ont été comparés en utilisant le test t pour échantillons indépendants.

Dans le groupe d'établissement, les étapes analytiques suivantes ont été effectuées :

- Étude de la corrélation entre le PMG et les paramètres anthropométriques afin de sélectionner les paramètres à introduire dans l'équation de prédiction.

Lorsque le coefficient de corrélation de Pearson (r) est compris entre:

- 0 et 0,1 : aucun lien ou un très faible lien.
- 0,2 et 0,3 : lien faible.
- 0,4 et 0,5 : lien modéré.
- 0,6 et 0,7 : lien fort.
- 0,8 à 1 : lien très fort.

- Pour l'établissement de l'équation, les paramètres dont la corrélation est significative ont été introduits dans une régression linéaire. Plusieurs modèles ont été créés, le plus valide a été sélectionné.

Les critères de validation sont :

- ✓ Colinéarité : le test de VIF (facteurs d'inflation de la variance).
  - ✓ Le test F d'ANOVA.
  - ✓ Test de significativité d'un coefficient beta de régression.
  - ✓ Test de Durbin Watson.
- 
- Pour la validation, toutes les étapes ont été effectuées sur le groupe de validation séparément chez les hommes et les femmes. Les tests utilisés sont :
    - ✓ Test t pour échantillon appariés pour comparer le PMG calculé et mesuré.
    - ✓ Test de corrélation entre PMG calculé et mesuré.
    - ✓ Test de Bland et Altman pour comparer les deux méthodes de mesure du PMG calculé et mesuré.

Pour tous les paramètres, un  $p < 0.05$  été considéré comme significatif.

Les analyses statistiques ont été effectuées par le logiciel SPSS.25.0, les graphes par le logiciel Excel-stat.

### 3. Résultats :

#### 3.1. Analyse descriptive :

##### 3.1.1. Description de la population :

Dans notre étude, nous avons eu accès à 907 bilans de sujets Algériens ayant bénéficié d'une analyse par le bio-impédancemètre InBody 570 et 770 durant l'année 2021. 877 bilans ont été retenus après élimination de ceux qui font partie des critères d'exclusion : des enfants et adolescents âgés moins de 17 ans (26 sujets) et de des athlétiques (4 sujets).

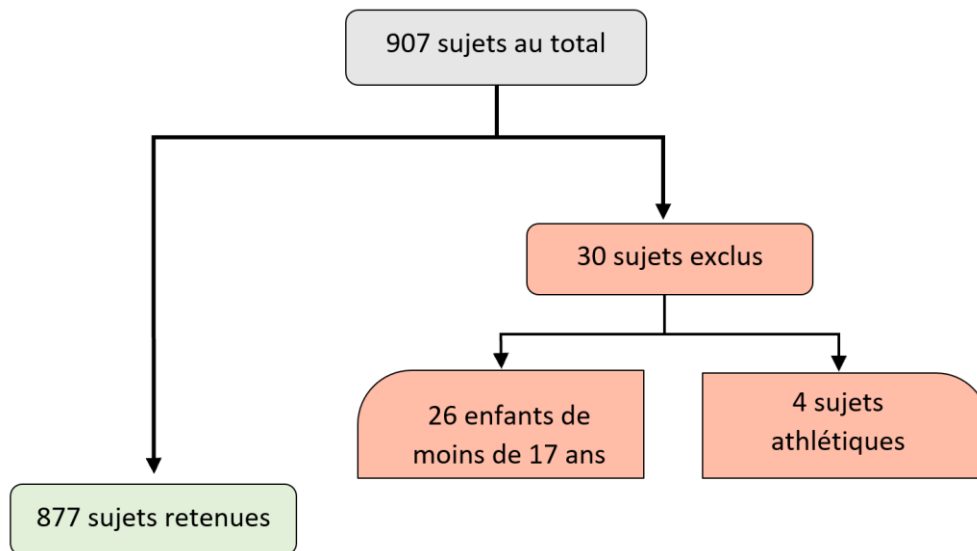


Figure 7 : constitution de la population d'étude.

### 3.1.2. Données démographiques :

#### 3.1.2.1. Répartition de la population totale selon le sexe :

Selon la figure (8) qui représente la répartition de notre population selon le sexe, on remarque une légère prédominance masculine avec un sex-ratio (H/F) de 1,07.

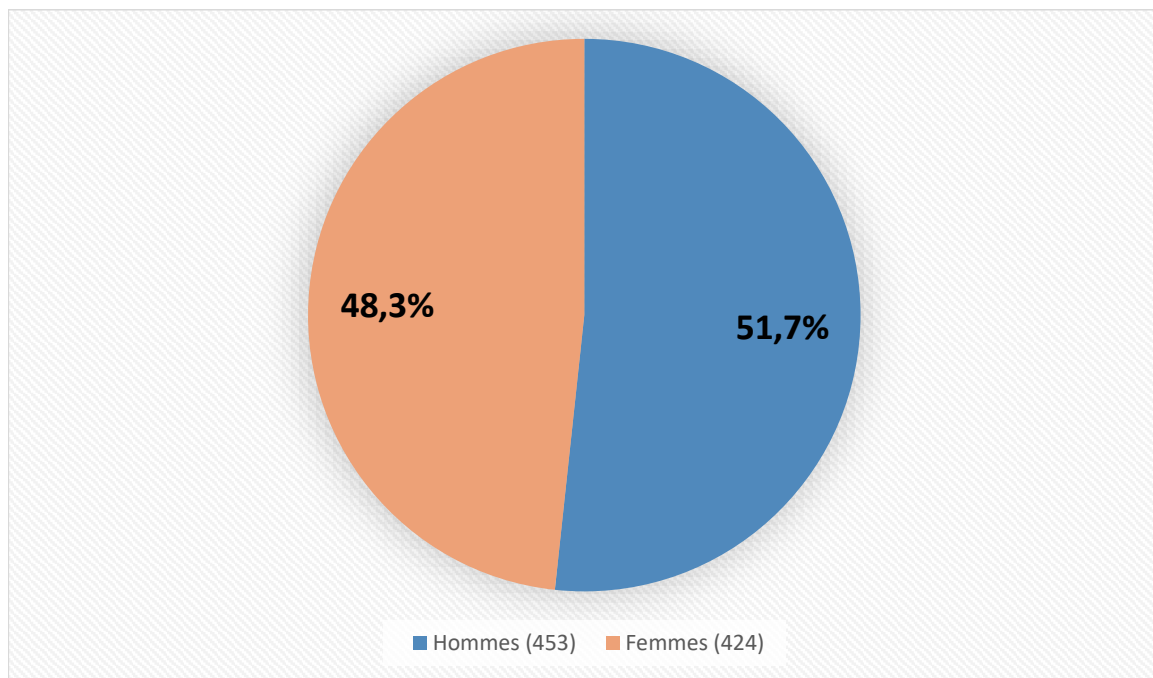


Figure 8 : répartition de la population selon le sexe.

#### 3.1.2.2. Age de la population :

L'âge des sujets inclus dans notre étude est compris entre 17 et 93 ans.

Dans le tableau (1), on remarque que l'âge moyen de notre population est de  $38,8 \pm 13,4$  ans. Les hommes étant significativement plus âgés que les femmes.

	Total n = 877	Hommes n = 453 (51,7%)	Femmes n = 424 (48,3%)	P
Moyenne	$38,8 \pm 13,4$	$40,4 \pm 13,9$	$37,0 \pm 12,6$	<b>&lt; 0,0001</b>
Minimum	17	17	17	-
Maximum	93	93	82	-

Selon la figure (9), qui représente la répartition des classes d'âge (< 65 ans et >65ans), on observe que la majorité des participants ont un âge inférieur à 65 ans dans les deux sexes.

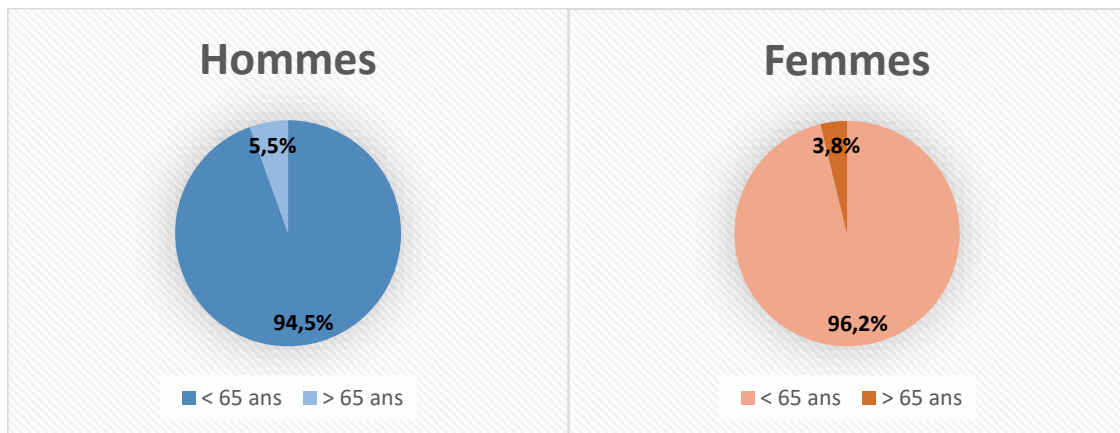


Figure 9 : répartition des classes d'âge chez les deux sexes de notre population.

### 3.1.3. Données anthropométriques :

#### 3.1.3.1. Mesures de base de la population :

Les mesures de bases sont la taille et le poids.

Selon le tableau (2), la taille et le poids moyens de notre population sont de 169,1±9,6 cm et 79,1±18,0 Kg respectivement. La taille et le poids des hommes étant significativement plus élevés que ceux des femmes ( $p < 0,0001$ ).

Tableau 2 : moyennes des mesures de bases de notre population :				
	Total n = 877	Hommes n = 453 (51,7%)	Femmes n = 424 (48,3%)	p
<b>Taille (cm)</b>				
Moyenne	169,1±9,6	175,7±7,2	162,1±6,1	<b>&lt; 0,0001</b>
Minimum	140	153,3	140	-
Maximum	200	200	179,9	-
<b>Poids (kg)</b>				
Moyenne	79,1±18,0	85,5±17,7	72,3±15,7	<b>&lt; 0,0001</b>
Minimum	39,6	49,2	39,6	-
Maximum	173,2	173,2	135,2	-

### 3.1.3.2. Indice de masse corporelle (IMC) de notre population :

L'IMC moyen de notre population est  $27,5 \pm 4,8 \text{ kg/m}^2$  (tableau 3). Il n'existe aucune

	Total n = 877	Hommes n = 453 (51,7%)	Femmes n = 424 (48,3%)	P
Moyenne	27, 5±5,3	27,6±4,8	27,5±5,7	0,89
Minimum	16,4	16,7	16,4	-
Maximum	54,7	54,7	47,3	-

différence significative entre les deux sexes.

### La prévalence de l'insuffisance pondérale, poids normal, surpoids et obésité de notre population (population algérienne générale) :

D'après la répartition de notre population selon l'obésité et selon le sexe (figure 10), 70% de notre population est non obèse.

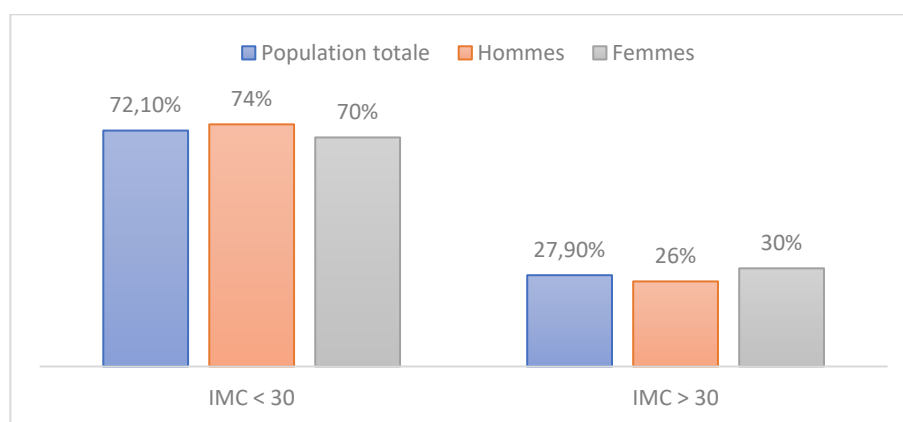


Figure 10 : répartition de l'obésité chez notre population.  $p=0,19$ .

D'après la répartition de notre population selon les classes d'IMC et selon le sexe (figure 11), la plus grande partie dans les deux sexes sont en surpoids (IMC entre 25 et 30kg/m<sup>2</sup>).

Insuffisance pondérale (IMC < 18,5kg/m<sup>2</sup>) : 2,60% de la population totale sont en insuffisance pondérale. 1,10% des hommes et 4,2% des femmes.

Poids normal (IMC 18,5 – 25kg/m<sup>2</sup>) : 30,4% de la population totale ont un poids normal. 28,8% des hommes et 27,4% des femmes.

Surpoids (IMC 25 – 30kg/m<sup>2</sup>) : 40,6% de la population totale sont en surpoids. 45,5% des hommes et 35,4% des femmes.

Obésité (IMC > 30kg/m<sup>2</sup>) : 27,9% de la population totale sont obèses. 26% des hommes et 30% des femmes.

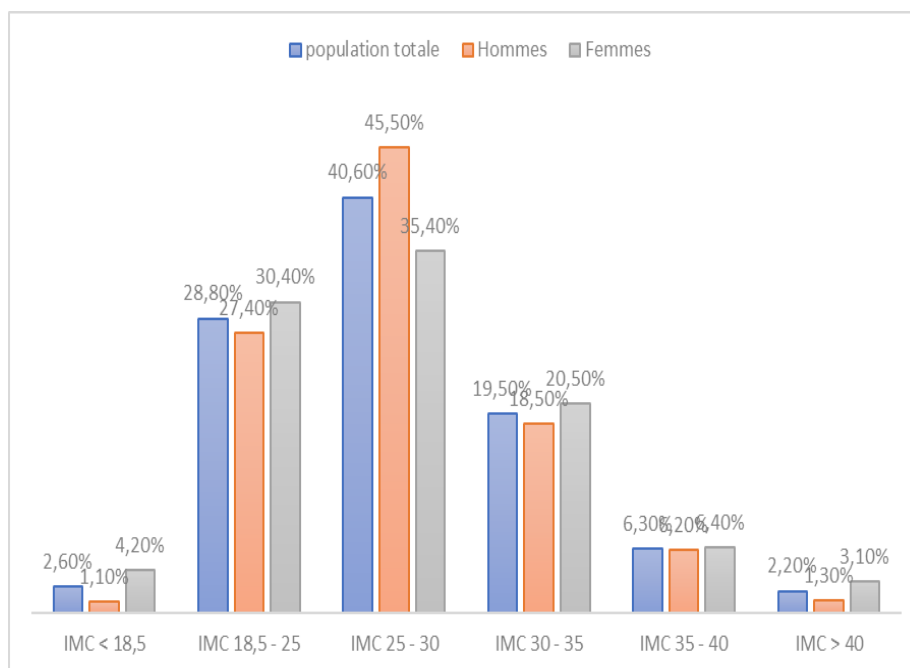


Figure (11) : répartition des classes d'IMC chez notre population. p=0,003.

### 3.1.3.3. Mesure des circonférences dans la population totale :

Le tableau (4) représente les différentes moyennes des différentes circonférences de notre population.

Tableau 4 : moyennes des circonférences de notre population :				
	Total n = 877	Hommes n = 453 (51,7%)	Femmes n = 424 (48,3%)	P
<b>Tour de taille (TT) (cm)</b>				
Moyenne	95,5±14,8	97,7±15,4	93,1±13,7	< 0,0001
Minimum	64,1	67,7	64,1	-
Maximum	152,6	152,6	137,8	-
<b>Tour de hanche (TH) (cm)</b>				
Moyenne	101,8±8,4	103,271±7,8	100,2±8,8	< 0,0001
Minimum	81	85,7	81	-
Maximum	141,8	141,8	136,1	-
<b>Ratio TT / TH</b>				
Moyenne	0,93±0,07	0,94±0,09	0,92±0,07	< 0,0001
Minimum	0,75	0,75	0,76	-
Maximum	1,22	1,22	1,14	-
<b>Tour du bras (cm)</b>				
Moyenne	33,6±4,6	34,5±4,5	32,6±4,5	< 0,0001
Minimum	23,1	24,9	23,1	-
Maximum	77,1	77,1	50,9	-
<b>Tour du cou (cm)</b>				
Moyenne	37,6±3,9	39,0±2,9	36,2±4,2	< 0,0001
Minimum	27,5	32,5	27,5	-
Maximum	57	55,7	57	-
<b>Tour de poitrine (cm)</b>				
Moyenne	99,7±9,9	103,8±8,4	95,4±9,5	< 0,0001
Minimum	74,2	83,9	74,2	-
Maximum	134,6	134,6	131,8	-

- Les TT, TH et ratio TT/TH moyens de notre population sont de 95,5±14,8 cm, 101,8±8,4 cm et 0,93±0,07 cm respectivement.
- Toutes les circonférences sont significativement plus élevées chez les hommes (p < 0,0001).

○ **Répartition des classes de TT chez les deux sexes de notre population :**

La plus grande partie de notre population masculine a un  $TT < 102$  cm, et celle de la population féminine a un  $TT > 88$  cm (figure 12).

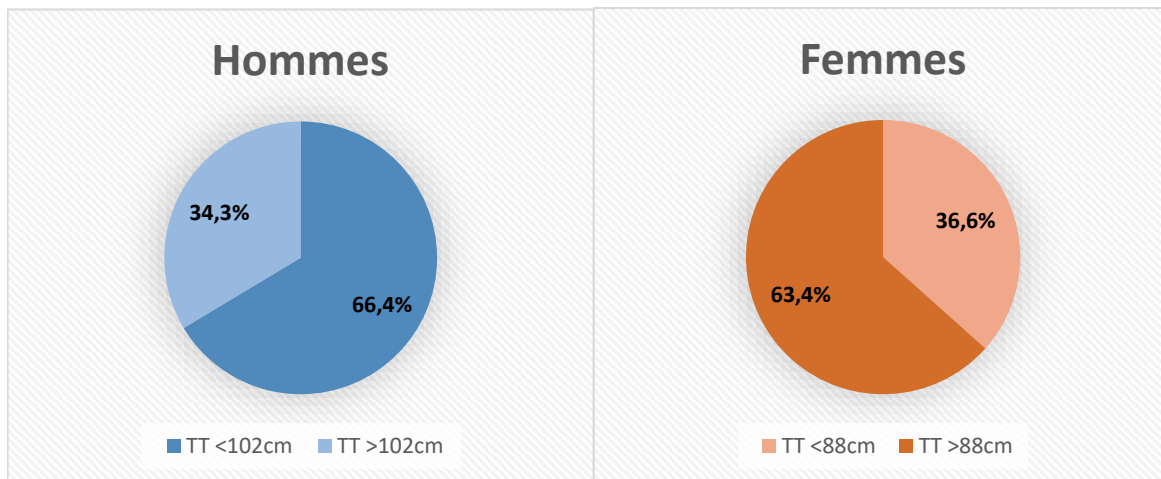


Figure 12 : répartition des classes de tour de taille chez les deux sexes de notre population.

○ **Répartition des classes TT/TH chez les deux sexes de notre population :**

Dans notre étude, la majorité de la population a un ratio  $TT/TH > 0,85$  dans les deux sexes (figure 13).

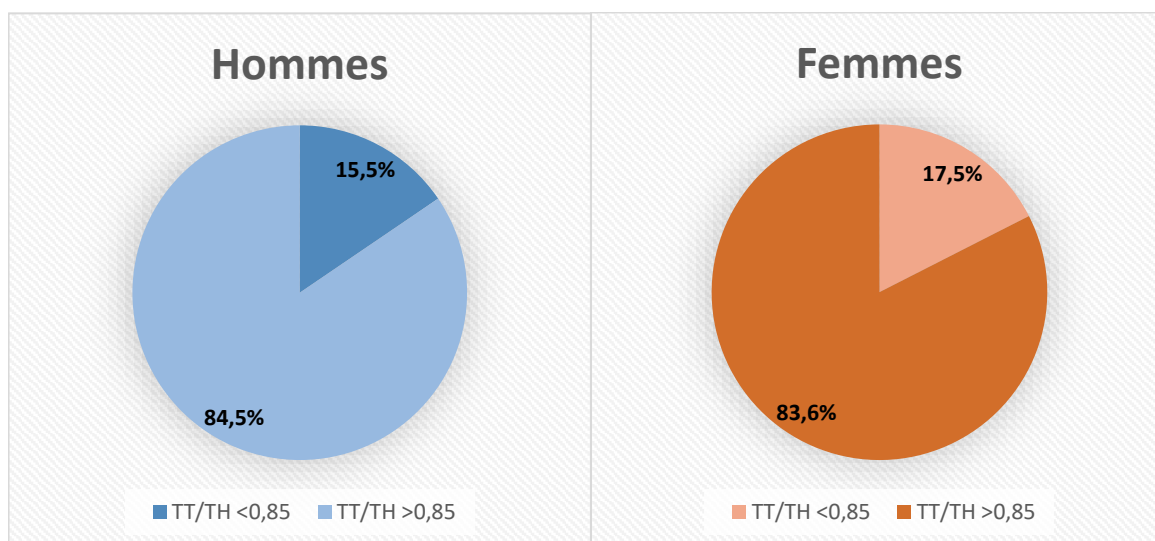


Figure 13 : répartition des classes de TT/TH chez les deux sexes de notre population.



### 3.1.3.4. Masse grasse des différentes parties du corps :

Le tableau (5) représente les moyennes de MG et des PMG des différentes parties du corps de notre population.

Tableau 5 : Moyennes de MG et PMG de notre population :				
	Total n = 877	Hommes n = 453 (51,7%)	Femmes n = 424 (48,3%)	P
<b>Masse grasse totale</b>				
Moyenne	27,4±11,7	23,8±11,6	29,1±11,2	< 0,0001
Minimum	3,3	3,3	5,4	-
Maximum	95,3	95,3	75,5	-
<b>Pourcentage de masse grasse totale</b>				
Moyenne	32,7±10,0	26,8±8,3	39,0±7,5	< 0,0001
Minimum	6	6	13,7	-
Maximum	55,8	55	55,8	-
<b>Surface de graisse viscérale</b>				
Moyenne	124,0±57,5	106,6±54,7	142,5±54,7	< 0,0001
Minimum	5,4	5,4	20,9	-
Maximum	305,6	305,6	295,6	-
<b>Masse grasse du tronc</b>				
Moyenne	13,3±5,5	12,5±5,7	14,2±5,1	< 0,0001
Minimum	0,5	0,5	1,7	-
Maximum	32,1	32,1	29,2	-
<b>Pourcentage de masse grasse du tronc</b>				
Moyenne	279,7±115,3	289,2±129,4	269,5±97,1	< 0,01
Minimum	10,5	10,5	35,5	-
Maximum	701,8	701,8	548,1	-
<b>Masse grasse du membre supérieur droit</b>				
Moyenne	2,1±1,5	1,7±1,6	2,4±1,4	< 0,0001
Minimum	0,1	0,1	0,4	-
Maximum	18	18	10,5	-
<b>Pourcentage de masse grasse du membre supérieur droit</b>				
Moyenne	269,0±204,4	280,3±244,3	257,0±150,0	0,09
Minimum	12,7	12,7	43,4	-
Maximum	2861,4	2861,4	1043,1	-
<b>Masse grasse du membre supérieur gauche</b>				
Moyenne	2,1±1,5	1,7±1,6	2,4±1,4	< 0,0001
Minimum	0,1	0,1	0,4	-
Maximum	17,9	17,9	10,6	-
<b>Pourcentage de masse grasse du membre supérieur gauche</b>				
Moyenne	271,3±205,2	282,3±245,3	259,6±150,4	0,10
Minimum	12,7	12,7	45,4	-
Maximum	2853,9	2853,9	1048,3	-
<b>Masse grasse du membre inférieur droit</b>				

Moyenne	3,8±1,6	3,3±1,4	4,4±1,6	< 0,0001
Minimum	0,8	0,8	1,1	-
Maximum	13,6	12,9	13,6	-
<b>Pourcentage de masse grasse du membre inférieur droit</b>				
Moyenne	185,3±73,5	187,2±78,8	183,2±67,3	0,41
Minimum	45,6	45,6	48,8	-
Maximum	714,9	714,9	529	-
<b>Masse grasse du membre inférieur gauche</b>				
Moyenne	3,8±1,6	3,3±1,4	4,4±1,6	< 0,0001
Minimum	0,8	0,8	1,1	-
Maximum	13,3	12,7	13,3	-
<b>Pourcentage de masse grasse du membre inférieur gauche</b>				
Moyenne	183,8±72,5	185,4±77,8	182,1±66,5	0,49
Minimum	44,5	44,5	48,9	-
Maximum	705,9	705,9	519,3	-

Selon le tableau (5) :

- Les moyennes de la MG totale et le PMG total de notre population sont 27,4±11,7kg et 32,7±10,0% respectivement.
- La Surface de graisse viscérale (SGV) moyenne de notre population est de 124,0±57,5cm<sup>2</sup>.
- La MG du tronc moyenne dans notre population est 13,3±115,3kg.
- Les moyennes de MG des membres supérieurs et membres inférieurs sont 2,1±1,5kg et 3,8±1,6kg respectivement.
- Les MG (totale, du tronc et des membres), le PMG total et la SGV sont significativement plus élevés chez les femmes de notre population.

○ Répartition de la population selon les classes de PMG et le sexe :

Dans notre population et selon la figure (14), la majorité des hommes ont un PMG totale >20%, et la majorité des femmes ont un PMG totale >28%. (20% et 28% étant les limites supérieures de la valeur normale du PMG totale chez les hommes et les femmes respectivement).

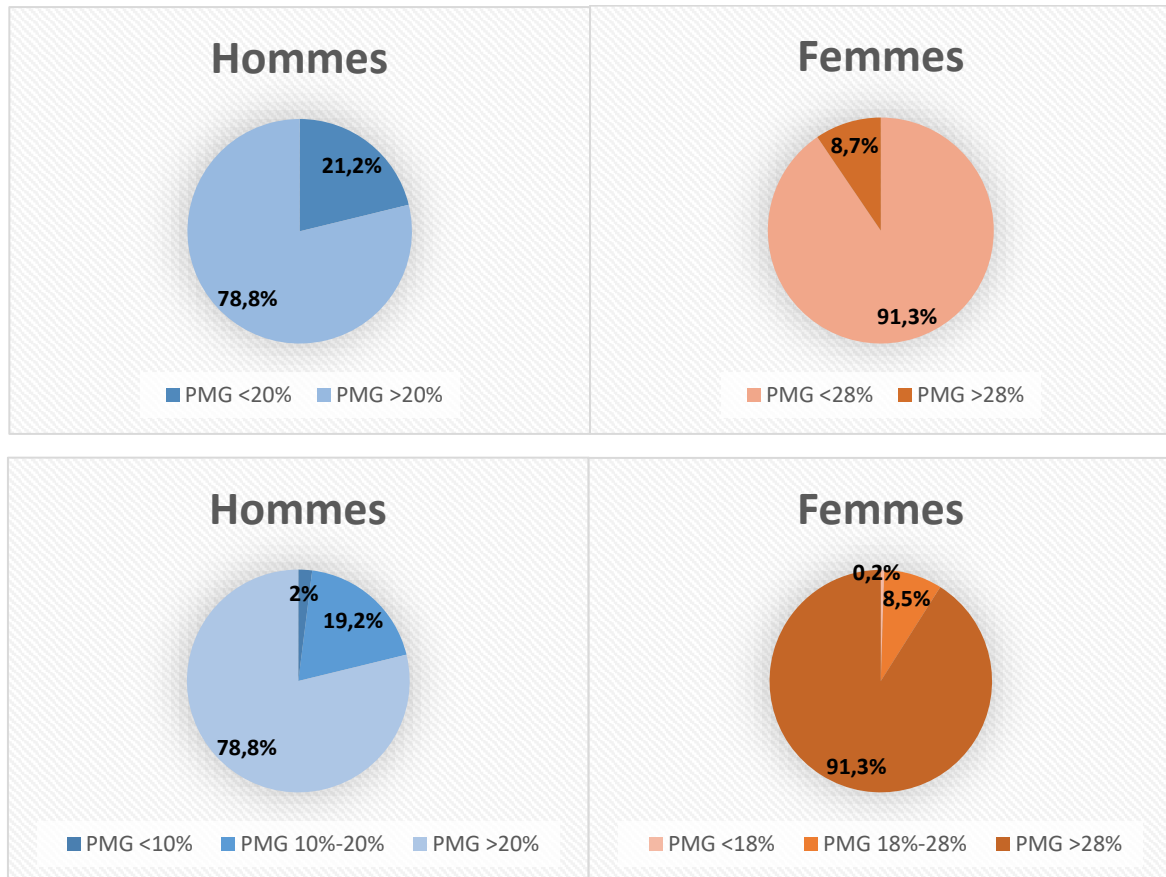


Figure 14 : Répartition des classes de PMG chez les deux sexes de notre population.

- **Répartition de la population selon la surface de graisse viscérale (SGV) et le sexe :**

Selon la figure (15), on remarque qu'il y a une légère différence entre les hommes ayant une SGV < 100 cm<sup>2</sup> et une SGV > 100 cm<sup>2</sup> avec des pourcentages de 51,7% et 48,3% respectivement. Alors que chez les femmes la plupart (avec un pourcentage de 75,7%) ont une SGV > 100 cm<sup>2</sup>.

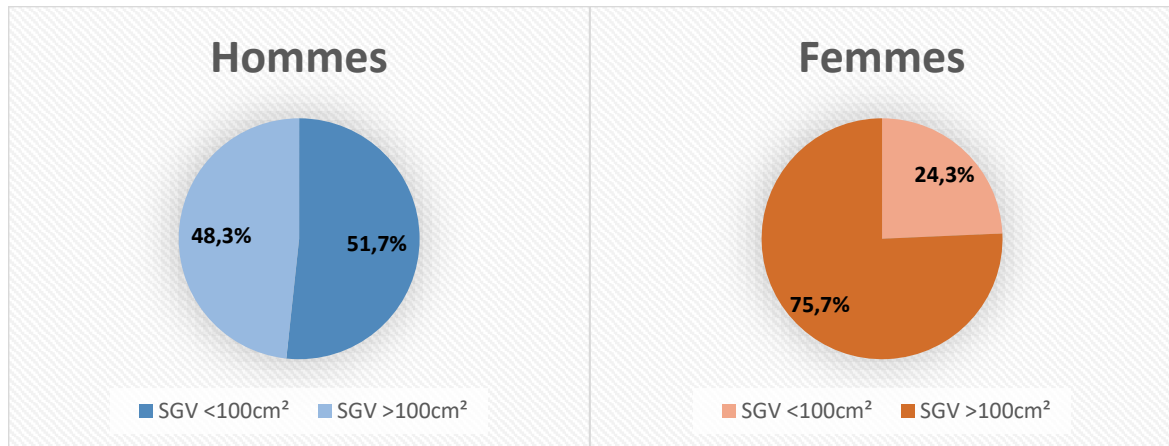


Figure 15 : répartition des classes de SGV chez les deux sexes de notre population.

### 3.1.4. Comparaison entre la prévalence de l'insuffisance pondérale, poids normal, surpoids et obésité selon les deux définitions, par l'IMC et le PMG mesuré :

Nous avons comparé les prévalences de l'insuffisance pondérale, du poids normal, du surpoids et de l'obésité selon l'IMC et le PMG mesuré.

- Insuffisance pondérale (IMC <18,5kg/m<sup>2</sup>) :

Selon la figure (16), la totalité des hommes ayant un IMC < 18,5 ont également un PMG < 20%, alors que chez les femmes, 38,8% ont un PMG élevé (> 28%).

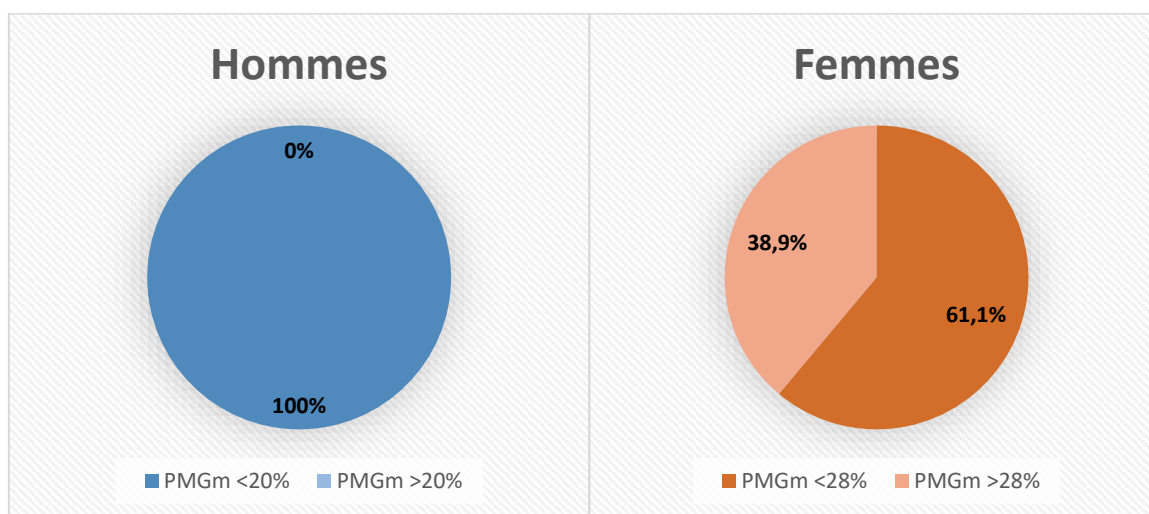


Figure (16) : répartition de la population avec un IMC < 18,5kg/m<sup>2</sup> selon les classes de PMG chez les deux sexes.

- Poids normal (IMC 18,5 – 25kg/m<sup>2</sup>) :

Selon la figure (17), un peu plus de la moitié (51,6%) des hommes ayant un poids normal, avec un IMC entre 18,5 et 25 avaient un PMG >20%. Chez les femmes, la majorité des femmes ayant un IMC normal avaient un PMG >28% (80,6%).

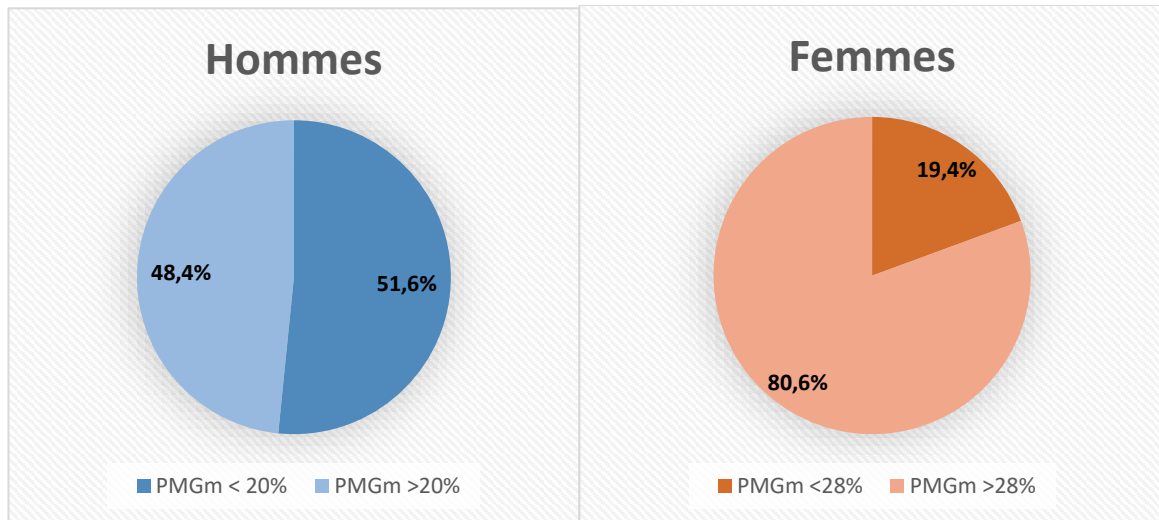


Figure (17) : répartition de la population avec un IMC 18,5 – 25kg/m<sup>2</sup> selon les classes de PMG chez les deux sexes.

- Surpoids (IMC 25 – 30kg/m<sup>2</sup>) :

Selon la figure (18), 12% des hommes en surpoids ont un PMG < 20% et une minorité des femmes en surpoids (0,7%) ont un PMG <28%.

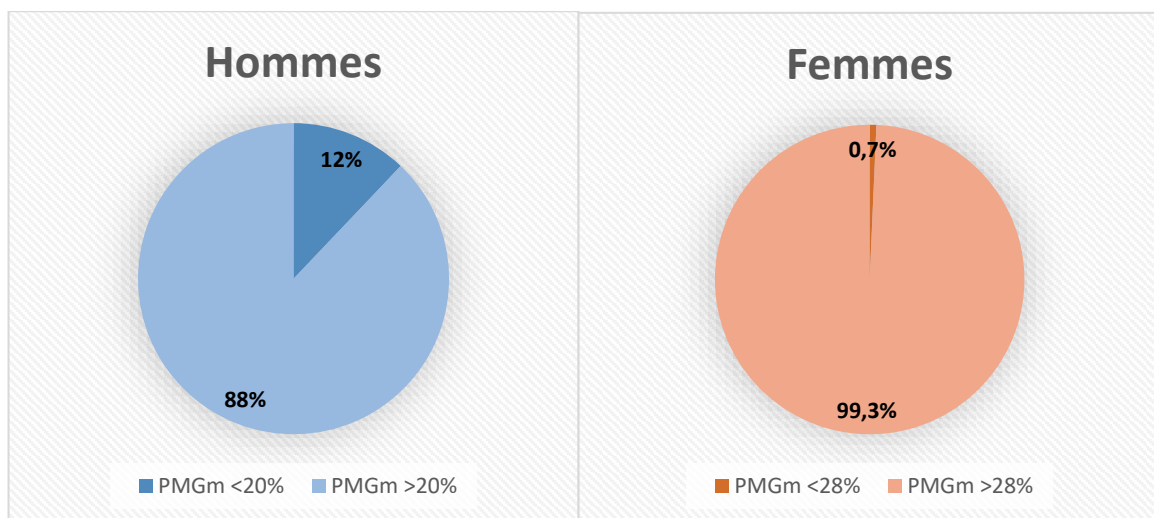


Figure (18) : répartition de la population avec un IMC 25 – 30kg/m<sup>2</sup> selon les classes de PMG chez les deux sexes.

- Obésité (IMC > 30kg/m<sup>2</sup>) :

Selon la figure (19), une minorité des hommes obèses selon l'IMC (1,7%) ont un PMG<20%, alors que la totalité des femmes obèses ont un PMG supérieur à la normale.

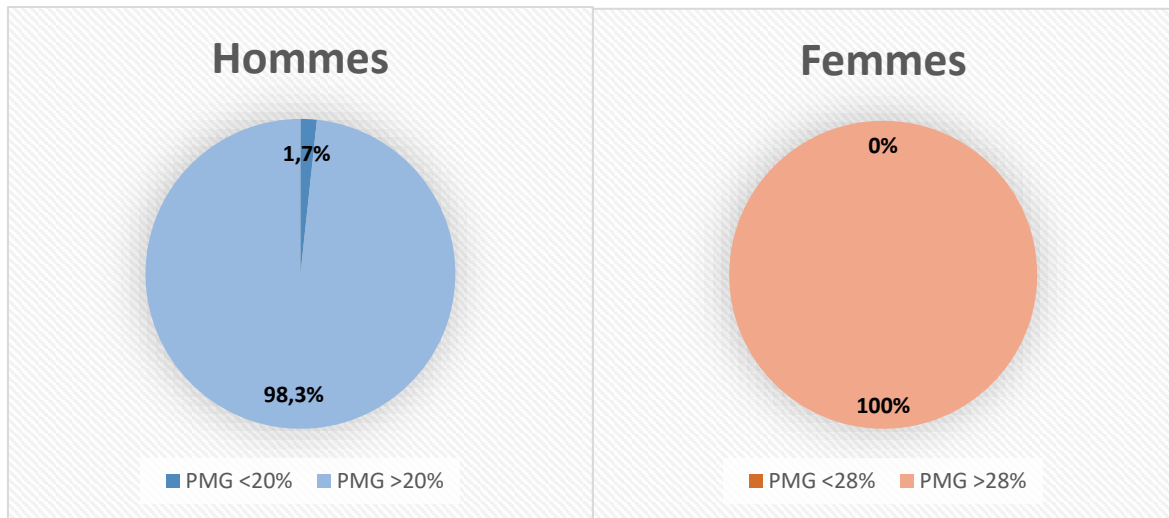
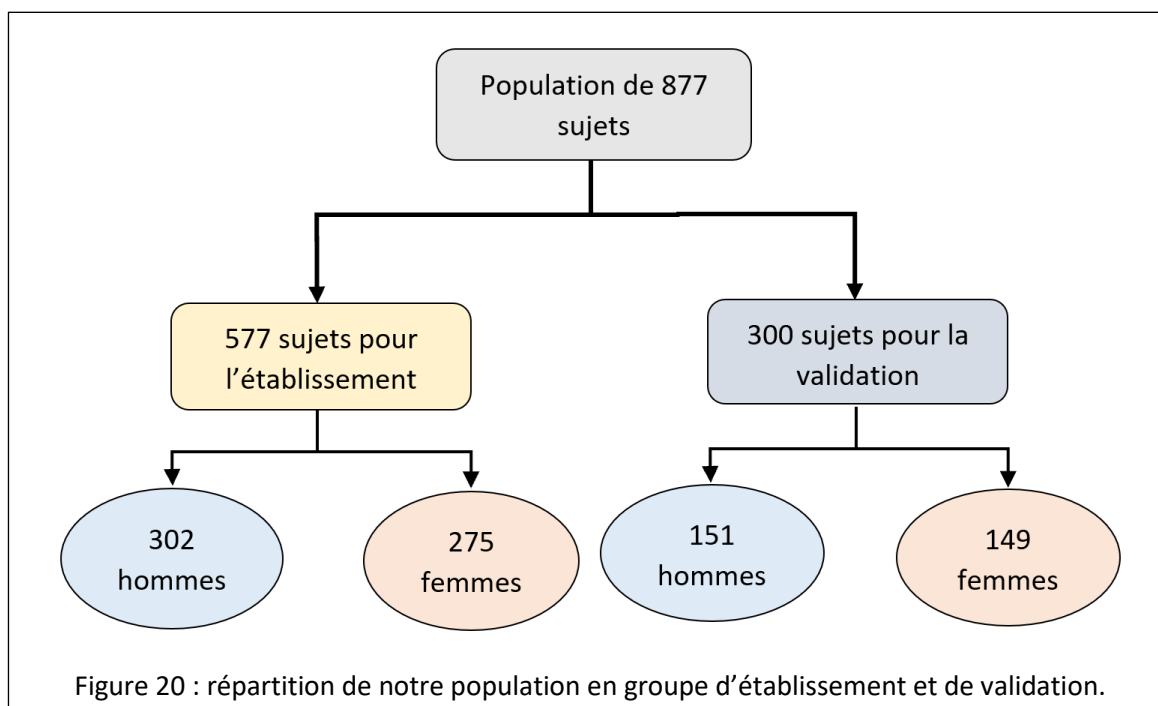


Figure (19) : répartition de la population avec un IMC >30kg/m<sup>2</sup> selon les classes de PMG chez les deux sexes.

## 3.2. Établissement et validation de l'équation :

### 3.2.1. Description et comparaison des deux groupes d'établissement et de validation :

Notre population est divisée entre un groupe d'établissement (n= 577) et un groupe de validation (n= 300).



Les caractéristiques des deux groupes sont représentées dans les deux tableaux séparément chez les deux sexes.

Le tableau (6) représente les caractéristiques des deux groupes ; groupe d'établissement (n= 302) et groupe de validation (n= 151) chez les hommes.

Le tableau (7) représente les caractéristiques des deux groupes ; groupe d'établissement (n=275) et groupe de validation (n=149) chez les femmes.

On remarque qu'il n'existe aucune différence entre les deux groupes dans tous les paramètres (pas de significativité,  $p > 0,05$ ).



Tableau 6 : comparaison entre les deux groupes d'établissement et de validation chez les hommes :

	Groupe d'établissement n = 302	Groupe de validation N = 151	P
Age (an)	39,6 (±13,1)	42,0 (±15,2)	0,1
Taille (cm)	176,1 (±7,1)	175,0 (±7,4)	0,124
Poids (Kg)	85,7 (±17,7)	85,1 (±17,5)	0,743
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	27,5 (±4,9)	27,7 (±4,8)	0,789
Masse grasse totale (kg)	24,1 (±11,7)	23,3 (±11,3)	0,513
PMG totale (%)	27,0 (±7,9)	26,4 (±9,0)	0,485
Masse musculaire (kg)	34,7 (±5,3)	34,9 (±6,3)	0,765
Tour de taille (cm)	98,0 (±15,4)	97,2 (±15,5)	0,594
Tour de hanche (cm)	103,3 (±7,7)	103,2 (±7,9)	0,923
Ratio Taille/Hanche	0,9 (±0,1)	0,9 (±0,1)	0,403
SGV (cm <sup>2</sup> )	107,4 (±54,5)	105,0 (±55,2)	0,66
Tour du bras (cm)	34,5 (±4,6)	34,6 (±4,3)	0,754
Tour du cou (cm)	39,0 (±2,9)	39,0 (±2,8)	0,829
Tour de poitrine (cm)	103,7 (±8,1)	104,0 (±8,8)	0,746
MG du tronc (kg)	12,6 (±5,7)	12,2 (±5,9)	0,546
PMG du tronc (%)	290,6 (±126,7)	286,3 (±135,0)	0,74
MG du MSD (kg)	1,8 (±1,6)	1,6 (±1,4)	0,453
PMG du MSD (%)	284,8 (±258,1)	271,125 (±214,4)	0,574
MG du MSG (kg)	1,8 (±1,7)	1,7 (±1,4)	0,448
PMG du MSG (%)	287,5 (±259,3)	272,0 (±215,0)	0,527
MG du MID (kg)	3,3 (±1,4)	3,2 (±1,4)	0,501
PMG du MID (%)	188,2 (±79,1)	185,4 (±78,3)	0,724
MG du MIG (kg)	3,3 (±1,4)	3,2 (±1,3)	0,511
PMG du MIG (%)	186,3 (±78,2)	183,7 (±77,3)	0,742

Tableau 7 : comparaison entre les deux groupes d'établissement et de validation chez les femmes :

	Groupe d'établissement n = 275	Groupe de validation n = 149	P
Age (an)	37,6 (±12,6)	36 (±12,5)	0,209
Taille (cm)	162,5 (±6,0)	161,3 (±6,2)	0,055
Poids (Kg)	72,5 (±14,8)	72,0 (±17,4)	0,783
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	27,4 (±5,3)	27,7 (±6,4)	0,677
Masse grasse totale (kg)	29,3 (±10,5)	28,9 (±12,4)	0,761
PMG totale (%)	39,3 (±7,2)	38,6 (±8,1)	0,414
Masse musculaire (kg)	23,5 (±3,5)	23,5 (±3,9)	0,832
Tour de taille (cm)	93,5 (±13,2)	92,5 (±14,5)	0,485
Tour de hanche (cm)	100,2 (±8,2)	100,2 (9,8)	0,995
Ratio Taille/Hanche	0,9 (±0,1)	0,9 (±0,1)	0,174
SGV (cm <sup>2</sup> )	144,0 (±53,0)	139,7 (±57,7)	0,437
Tour du bras (cm)	32,5 (±4,2)	32,6 (±5,1)	0,804
Tour du cou (cm)	36,2 (±3,9)	36,1 (±4,8)	0,897
Tour de poitrine (cm)	95,4 (±9,0)	95,4 (±10,5)	0,979
MG du tronc (kg)	14,3 (±4,9)	14,0 (±5,5)	0,522
PMG du tronc (%)	270,7 (±93,1)	267,4 (±104,6)	0,74
MG du MSD (kg)	2,4 (±1,3)	2,4 (±1,7)	0,855
PMG du MSD (%)	255,2 (±136,9)	260,2 (±171,9)	0,747
MG du MSG (kg)	2,4 (±1,3)	2,5 (1,7)	0,854
PMG du MSG (%)	257,8 (±137,2)	262,9 (±172,6)	0,738
MG du MID (kg)	4,4 (±1,5)	4,4 (±1,8)	0,823
PMG du MID (%)	183,2 (±62,9)	183,1 (±75,0)	0,994
MG du MIG (kg)	4,4 (±1,5)	4,3 (±1,8)	0,773
PMG du MIG (%)	183,0 (±62,2)	182,0 (±73,9)	0,985

### 3.2.2. Etablissement de l'équation :

#### 3.2.2.1. Corrélation entre le PMG et les différents paramètres :

La corrélation entre le PMG et les différents paramètres est représentée dans les tableaux séparément chez les deux sexes.

Une corrélation significative est indispensable pour l'introduction des différents paramètres dans notre équation.

Chez les hommes (tableau 8), il existe une forte corrélation significative entre le PMG et l'IMC (entre 0,7 et 0,8) une très forte corrélation significative entre le PMG, le tour de taille et le ratio taille/hanche (entre 0,8 et 1).

Cependant, il n'y a pas de corrélation significative entre le PMG et la taille ( $r = -0,07$  ;  $p = 0,12$ ).

Chez les femmes (tableau 9), la corrélation est significative et est forte entre le PMG, le ratio taille/hanche et le tour de poitrine (entre 0,7 et 0,8) et elle est très forte avec l'IMC, tour de taille et tour de hanche (entre 0,8 – 1).

	Coefficient de corrélation de pearson (r) avec le PMG	p
Age (an)	0,321	< <b>0,0001</b>
Taille (cm)	-0,07	0,12
Poids (kg)	0,641	< <b>0,0001</b>
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	0,786	< <b>0,0001</b>
Tour de taille (cm)	0,811	< <b>0,0001</b>
Tour de hanche (cm)	0,693	< <b>0,0001</b>
Ratio taille/hanche	0,814	< <b>0,0001</b>
Tour du bras (cm)	0,680	< <b>0,0001</b>
Tour du cou (cm)	0,651	< <b>0,0001</b>
Tour de poitrine (cm)	0,551	< <b>0,0001</b>

	Coefficient de corrélation de pearson (r) avec le PMG	p
Age (an)	0,373	< <b>0,0001</b>
Taille (cm)	-0,137	<b>0,01</b>
Poids (kg)	0,768	< <b>0,0001</b>
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	0,852	< <b>0,0001</b>
Tour de taille (cm)	0,833	< <b>0,0001</b>
Tour de hanche (cm)	0,804	< <b>0,0001</b>
Ratio taille/hanche	0,715	< <b>0,0001</b>
Tour du bras (cm)	0,817	< <b>0,0001</b>
Tour du cou (cm)	0,787	< <b>0,0001</b>
Tour de poitrine (cm)	0,774	< <b>0,0001</b>

Figures (21,22,23 et 24) représentent les diagrammes de corrélation entre le PMG et l'IMC, TT, TH et ratio TT/TH respectivement chez les hommes et les femmes séparément.

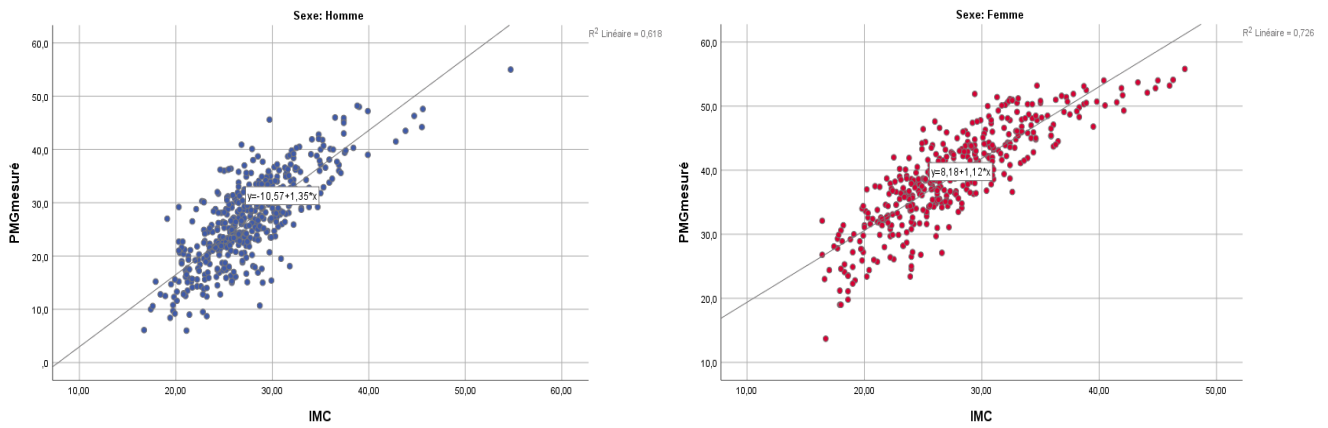


Figure (21) : diagramme de corrélation entre le PMG et l'IMC chez les hommes et les femmes.

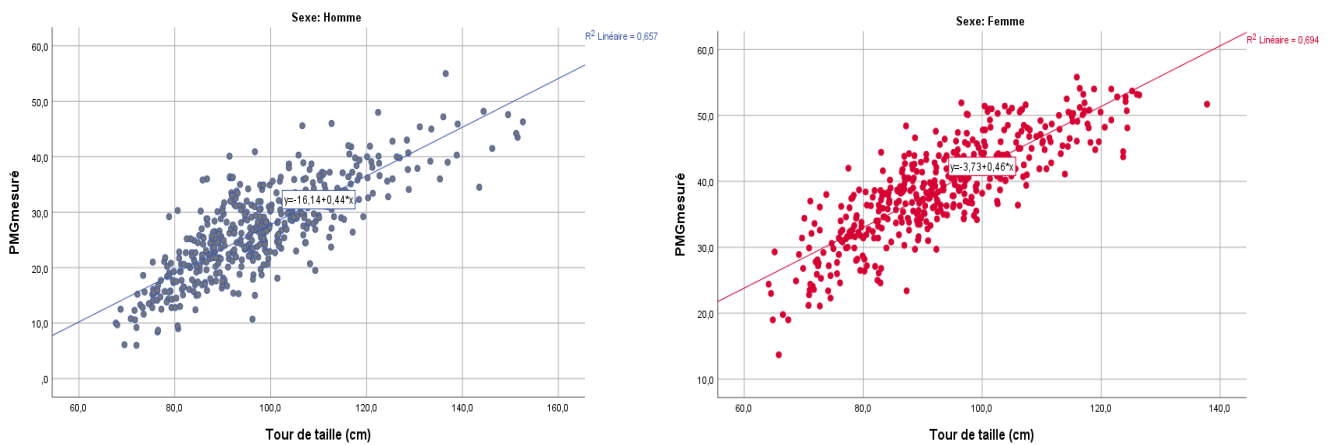


Figure (22) : diagramme de corrélation entre le PMG et le TT chez les hommes et les femmes.

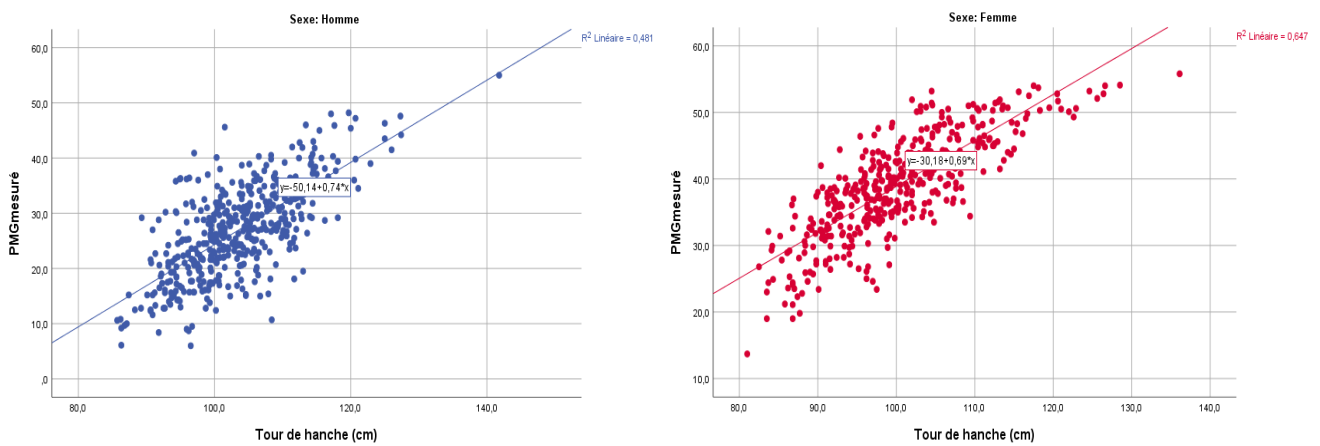


Figure (23) : diagramme de corrélation entre le PMG et le TH chez les hommes et les femmes.

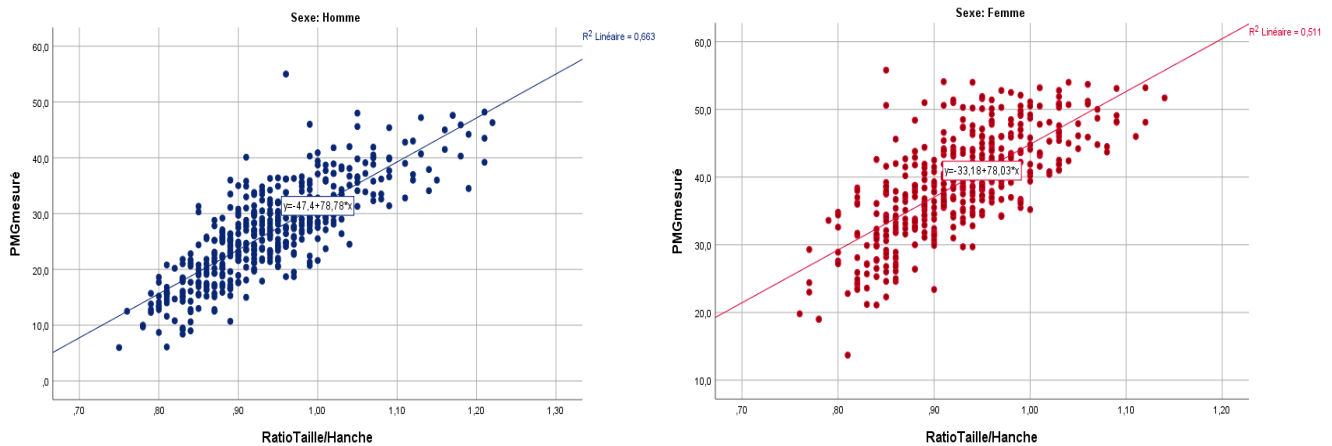


Figure (24) : diagramme de corrélation entre le PMG et le ratio TT/TH chez les hommes et les femmes.

### 3.2.2.2. Développement de l'équation :

- **Modèle 1 : IMC, TT et TH**

En prenant en considération les résultats de corrélation entre le PMG et les différents paramètres anthropométriques, nous avons proposé un premier modèle avec l'IMC, TT et TH.

Pour accepter ou rejeter ce modèle, nous avons mesuré la colinéarité en examinant les facteurs d'inflation de la variance (le test VIF). Les résultats sont résumés dans les tableaux (10) et (11) chez les deux sexes séparément.

Tableau 10 : test VIF de colinéarité du modèle 1 chez les hommes :

	VIF	p
IMC	15,485	< 0,0001
Tour de taille	6,82	< 0,0001
Tour de hanche	15,329	< 0,0001

Tableau 11 : test VIF de colinéarité du modèle 1 chez les femmes :

	VIF	p
IMC	19,401	< 0,0001
Tour de taille	7,657	< 0,0001
Tour de hanche	19,382	< 0,0001

Dans ce modèle, et selon les tableaux (10) et (11), le VIF est supérieur à 10 pour l'IMC et le TH donc il existe un problème de colinéarité. Ce qui signifie que ce modèle est rejeté.

Pour remédier à ce problème, nous avons introduit un autre modèle utilisant le ratio Tour de Taille/Tour de hanche.

- **Modèle 2 : IMC et TT/TH**

Le deuxième modèle a été créé après introduction du ratio TT/TH au lieu de ces deux paramètres (TT et TH) séparément avec l'IMC.

Pour accepter ce modèle, plusieurs tests ont été faits (test de colinéarité VIF, test F d'ANOVA, test d'autocorrélation de Durbin Watson et les coefficients de régression).

- **Test de colinéarité VIF :**

Les tableaux (12) et (13) représentent les résultats du test de colinéarité (test VIF) du modèle 2 séparément chez les deux sexes.

Le VIF des deux paramètres (IMC et ratio TT/TH) est inférieur à 10 chez les deux sexes. Ce qui signifie qu'il n'y a pas de problème de colinéarité.

Tableau 12 : test VIF de colinéarité du modèle 2 chez les hommes :		
	VIF	p
IMC	2,39	< 0,0001
Ratio TT/TH	2,39	< 0,0001

Tableau 13 : test VIF de colinéarité du modèle 2 chez les femmes :		
	VIF	p
IMC	2,044	< 0,0001
TT/TH	2,044	< 0,0001

- **Test F d'ANOVA (analyse de la variance) :**

Pour dire que le modèle est valide, le F ANOVA doit être significatif ( $p < 0,05$ ) et c'est le cas de ce modèle où  $p < 0,0001$  (tableau 14).

Tableau (14) : analyse de la variance dans le modèle 2 par F ANOVA chez les hommes et les femmes :		
	F ANOVA	p
Hommes	491,569	< 0,0001
Femmes	422,703	< 0,0001

- **Test d'autocorrélation de Durbin Watson :**

Dans le tableau (15), le test d'autocorrélation (Durbin Watson) montre des valeurs de 1,74 et 1,855 pour les hommes et les femmes respectivement et qui sont compris entre 1,5 et 2,5 donc le modèle de régression est valide selon Durbin Watson.

Tableau 15 : Test d'autocorrélation de Durbin Watson et le coefficient de détermination de Pearson chez les hommes et les femmes :			
	R <sup>2</sup>	Durbin Watson	Std d'erreur de l'estimation (SEE)
Hommes	0,767	1,74	3,8487
Femmes	0,757	1,855	3,5743

- **Coefficients de régression :**

Le coefficient standardisé (beta) est utilisé pour comparer les effets des différents prédicteurs Xi (dans notre cas IMC et TT/TH) sur Y (PMG). La beta la plus élevée contribue le plus à expliquer la variable étudiée.

D'après le tableau (16) chez les hommes, l'analyse de régression s'interprète :

$$Y = 0,81 X' + 40,1 X'' - 33,3$$

Avec :

Y : PMG chez les hommes (PMGh).

X' : IMC.

X'' : ratio TT/TH.

	B (Coefficient non standardisé)	Beta (Coefficient standardisé)	p
Constante	- 33,322	-	< <b>0,0001</b>
IMC	0,815	0,501	< <b>0,0001</b>
Ratio TT/TH	40,106	0,432	< <b>0,0001</b>

D'après le tableau (17) chez les femmes, les résultats s'interprètent :

$$Y = 0,97 X' + 20,44 X'' - 6,45$$

Avec :

	B (Coefficient non standardisé)	Beta (Coefficient standardisé)	p
Constante	- 6,453	-	<b>0,05</b>
IMC	0,974	0,721	< <b>0,0001</b>
Ratio TT/TH	20,44	0,194	< <b>0,0001</b>

Y : PMG chez les femmes (PMGf).

X' : IMC.

X'' : ratio TT/TH.

- De ce fait, nos deux équations d'estimation de PMG calculé (PMGc) chez les deux sexes séparément sont :

Chez les hommes (PMGcH):

$$PMGcH = 0,81 IMC + 40,1 ratioTT/TH - 33,3$$

Chez les femmes : (PMGcF)

$$PMGcF = 0,97 IMC + 20,44 ratioTT/TH - 6,45$$

○ **Modèle 3 : IMC, ratio TT/TH, Age, TB, TC, TP :**

Dans le but d'améliorer le modèle 2, nous avons proposé un troisième modèle en ajoutant d'autres paramètres anthropométriques (âge, TB, TC et TP).

Pour l'acceptation de ce modèle, le test d'autocorrélation de Durbin Watson et le test VIF ont été fait.

• **Test de colinéarité VIF :**

D'après les résultats obtenus dans les tableaux (18 et 19), il existe un problème de colinéarité (VIF > 10 ; p > 0,05).

Tableau (18) : test VIF de colinéarité du modèle 3 chez les hommes :		
	VIF	p
IMC	14,733	< <b>0,0001</b>
Ratio TT/TH	3,346	< <b>0,0001</b>
Age	1,403	0,109
TB	13,653	0,703
TC	8,966	0,858
TP	9,517	< <b>0,0001</b>

Tableau (19) : test VIF de colinéarité du modèle 2 chez les femmes :		
	VIF	p
IMC	23,558	< <b>0,0001</b>
Ratio TT/TH	3,862	< <b>0,0001</b>
Age	1,233	0,314
TB	49,564	<b>0,002</b>
TC	20,564	<b>0,03</b>
TP	41,379	< <b>0,0001</b>

• **Test d'autocorrélation de Durbin Watson :**

Dans le tableau (20), le test de corrélation est inférieur à 1,5 chez les deux sexes.

Tableau 20 : Test d'autocorrélation de Durbin Watson et le coefficient de détermination de Pearson (R <sup>2</sup> ) chez les hommes et les femmes :		
	R <sup>2</sup>	Durbin Watson
Hommes	0,916	1,003
Femmes	0,9	1,343

Selon les résultats des tableaux (18,19 et 20), ce modèle est rejeté et les paramètres anthropométriques ajoutés n'améliorent pas le deuxième modèle.



### 3.2.3. Validation de l'équation :

Pour la validation de nos équations chez les deux sexes, homme (n=151) et femme (n=149), on a utilisé trois tests ; le test pour échantillons appariés pour comparer les moyennes de PMGm mesurés et PMGc obtenus par calcul, le test de corrélation entre ces deux derniers et le test de Bland Altman.

#### 3.2.3.1. Comparaison entre PMGm et PMGc :

Selon le tableau (21), il n'y a pas de différence significative entre le PMGm et le PMGc chez les deux sexes ( $p > 0,5$ ), ce qui explique une concordance parfaite entre ces deux paramètres mesurés et calculés

Tableau 21 : comparaison entre PMGm et PMGc chez les deux sexes dans le groupe de validation : test de Student pour échantillons appariés.			
	PMGm	PMGc	p
Homme (n=151)	26.4±9.0	26.7±7.0	0.5
Femme (n=149)	38.6±8.1	39.2±7.2	0.09

#### 3.2.3.2. Corrélation entre PMGm et PMGc :

Selon les tableaux (22 et 23) qui représentent la corrélation entre le PMGm et PMGc chez les deux sexes séparément, on remarque qu'il existe une très forte corrélation (0,805 et 0,871 chez les hommes et les femmes respectivement) et qui est fortement significative ( $p < 0,0001$ ).

Tableau 22 : corrélation entre PMGm et PMGc chez les hommes pour le groupe de validation.		
	PMG m	
PMG c	r	0.805
	p	<b>&lt;0.0001</b>

Tableau 23 : corrélation entre PMGm et PMGc chez les femmes pour le groupe de validation.		
	PMG m	
PMG c	r	0.871
	p	<b>&lt;0.0001</b>

### 3.2.3.3. Test de Bland Altman :

Le test de Bland Altman est utilisé pour comparer les deux méthodes de mesure ; par impédancemètre et par nos équations.

Les figures (23 et 24) représentent les limites d'accord entre le PMGm et le PMGc chez les deux sexes séparément.

Chez les hommes, la moyenne de différence est  $-0,28 \pm 5,38$ , les limites  $[-10,82 - +10,26]$ ,  $p=0,54$  (figure 23).

Chez les femmes, la moyenne est  $-0,55 \pm 3,99$  et les limites sont  $[-8,37 - +7,27]$   $P=0,09$  (figure 24).

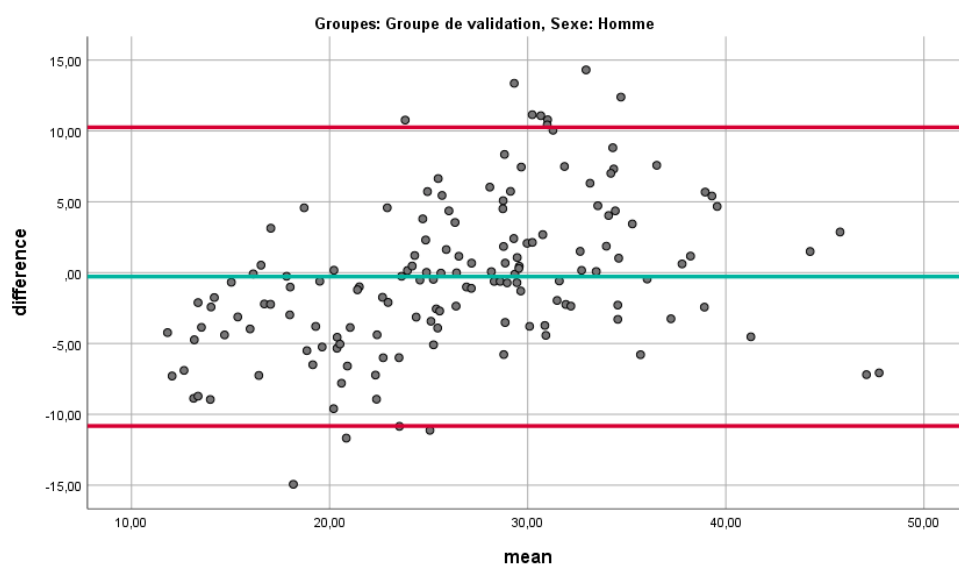


Figure 25 : test de Bland Altman du groupe de validation chez les hommes  $-0,28 \pm 5,38$   $[-10,82 - +10,26]$ .  $p=0,54$ .

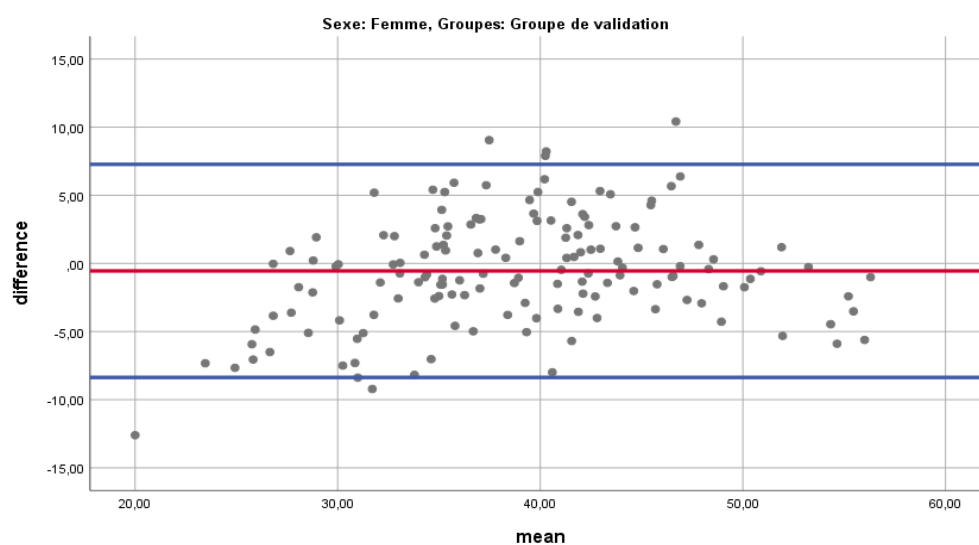


Figure 26 : test de Bland Altman du groupe de validation chez les femmes  $-0,55 \pm 3,99$   $[-8,37 - 7,27]$ .  $P=0,09$

#### 4. Discussion :

L'obésité est un excès de MG, cet excès est un facteur de risque de comorbidité. (103) Elle est le plus souvent définie par l'IMC, en raison de sa simplicité. Cependant, il ne peut pas être un bon indicateur de PMG car il ne différencie pas entre la masse maigre et la MG. (104). D'un autre côté, mesurer la MG demande des techniques onéreuses et parfois lourdes, difficile à utiliser au quotidien. Il est donc très utile de développer de nouvelles méthodes, simples et non invasives, d'estimation de PMG.

Dans cette présente étude, nous avons développé une équation d'estimation de PMG, à partir de paramètres anthropométriques, chez les deux sexes séparément. Notre équation a été développée sur une large population Algérienne âgée entre 17 et 93ans. L'équation a également été validée dans une population séparée.

Pour le développement de l'équation, nous avons utilisé des données de composition corporelle mesurées par la technique BIA. Cette technique ne représente pas la méthode de référence. Cependant, , selon de nombreuses études, elle donne des résultats très similaires aux méthodes radiologiques de référence comme la DEXA.(105,106)

Notre équation présente les critères qu'une bonne équation anthropométrique doit avoir selon Heyward et Stolarczyk : (107)

- Utilisation d'une technique de référence ou d'une technique avec des résultats acceptables.
- Utilisation d'un échantillon large.
- Avoir une bonne corrélation entre le PMG mesuré et calculé.
- Avoir un SEE bas.
- Faire une cross-validation sur un échantillon apart, indépendant de celui ayant servi pour l'établissement.

L'utilisation en statistique d'une population large (dans notre étude : 877 sujets, 453 hommes et 424 femmes) avec un large intervalle d'âge (de 17 à 93 ans) et d'adiposité (IMC de 16,4 kg/m<sup>2</sup> à 54,7 kg/m<sup>2</sup>) permet d'exclure un nombre maximal de variables qui peuvent affecter la prédiction.

Les résultats de validation ont démontré qu'il existe une forte corrélation significative entre le PMG calculé par nos équations et le PMG mesuré par impédancemètre ( $r= 0,805$  chez les hommes et  $r= 0,871$  chez les femmes avec  $p<0,0001$  chez les deux sexes). Des résultats identiques ont été rapportés dans la littérature. Dans une étude Espagnole menée en 2012 sur 6510 sujets, une équation d'estimation de PMG a été développée, appelée CUN-BAE, qui a rapporté une très forte corrélation avec la méthode de référence utilisée (Déplacement d'air par pléthysmographie) ( $r= 0,81$  chez les hommes et  $r=0,89$  chez les femmes). (98) Une autre étude chinoise de Liu Xin et al, menée sur 1059 sujets, a démontré que leurs équations présentaient une très forte corrélation avec les résultats de leur méthode de référence (DEXA) ( $r= 0,905$ ). (104)

Une légère prédominance masculine a été enregistrée dans notre étude avec un sex-ratio de 1,07. Cette prédominance a été proche de celle rapportée dans l'étude de L. Dong Hoon et al (108) et l'étude de Martarelli et al menée sur une population de 763 Italiens, (101) avec un sex-ratio de 1,15 et 1,23 respectivement. Mais ceci n'influence pas le résultat étant donné que les équations ont été développées chez les deux sexes séparément.

Les moyennes des différents paramètres (poids, IMC, TT, TH et PMG) dans notre étude diffèrent de celles rapportées par les autres études ; en particulier celles réalisées dans les populations asiatiques ou en Amérique centrale. Exemple: étude de Ramirez-Zea et al menée sur une population d'adultes Guatémaltèques (99) et l'étude de C. Pongchaiyakul et al menée sur une population Thaïlandaise (109). Les moyennes de ces paramètres dans notre étude sont plus élevées que ceux des deux études citées précédemment. L'IMC moyen dans notre population tend vers le surpoids ( $27,5 \pm 5,3$  kg/m<sup>2</sup>), alors que ceux des deux études précédentes tendent vers un intervalle de poids normal ( $23,9$  kg/m<sup>2</sup> et  $23,2$  kg/m<sup>2</sup> respectivement).

Selon deux études qui comparent la composition corporelle entre les différents groupes ethniques (étude de P Deurenberg et al (110) et étude de j Wang et al (111) ), cette différence est expliquée par le fait qu'il existe une variation de la composition corporelle spécifique à chaque ethnologie.

De même, les moyennes de taille et de poids étaient significativement plus élevées chez les hommes ( $p < 0,0001$ ). Ce qui a été rapporté dans plusieurs études ; l'étude de C. Pongchaiyakul et al (109), étude de Martarelli et al (101) et l'étude de D. Silva et al. (112)

Aussi, le TT, TH, TB, TC et Tour de poitrine étaient significativement plus élevés chez les hommes ( $p < 0,0001$ ). Dans l'étude Guatémaltèque de Ramirez et al, (99) l'étude chinoise de L. Dong Hoon (108) et l'étude Brésilienne de D. Silva et al (112) ces mêmes constatations ont été rapportées.

Dans notre étude, la prévalence des femmes avec une obésité abdominale est significativement plus élevée que les hommes (63,4% et 34,3% respectivement,  $p < 0,0001$ ) (obésité abdominale selon la définition Américaine : (14) TT >88cm chez les femmes et TT >102cm chez les hommes). Ces mêmes résultats ont été observés dans la littérature. Selon l'enquête de l'institut national de santé publique du Québec (INSPQ), les femmes avaient une prévalence plus élevée que les hommes.(113)

Le PMG moyen de notre population était significativement plus élevé chez les femmes ( $p < 0,0001$ ). Ces résultats concordent avec ceux rapportés dans l'étude de Martarelli et al (101) et l'étude de Ramirez-Zea et al (114). Ceci est expliqué par le fait qu'il existe une différence de la composition corporelle entre les hommes et les femmes, ces dernières ayant proportionnellement plus de MG et les hommes plus de masse musculaire. (115,116)

D'après l'enquête nationale sur la mesure du poids des facteurs de risque des Maladies Non Transmissibles selon l'approche STEPwise de l'OMS menée en 2016/2017 en Algérie, (32) le taux d'obésité a augmenté chez l'homme jusqu'à 26%, le taux de surpoids a augmenté jusqu'à 45,5% et 35,4% respectivement chez les hommes et les femmes, celui des personnes en poids normal a diminué à 26% et 30% chez les hommes et les femmes

respectivement et finalement, le taux d'insuffisance pondérale a diminué chez les hommes jusqu'à 1,1%, cependant, il a augmenté jusqu'à 4,2% chez les femmes.

Des études menées en Asie ont démontré que la MG est probablement une mesure importante et appropriée pour définir l'obésité. (117) Selon les résultats de notre étude, une prévalence de 38,9% des femmes ont un PMG élevé alors qu'elles sont classées comme étant insuffisantes pondérale selon l'IMC. Un taux de 48,4% des hommes et un taux de 12% des hommes en surpoids et en obésité selon l'IMC respectivement ont un taux de PMG normal. Cette discordance entre les résultats est observée dans d'autres études ; une étude Australienne de A. Pasco et al (7) et l'étude vietnamienne de L. Ho-Pham et al (118) ; où il a été rapporté que la définition de l'obésité selon l'IMC sous-estime la prévalence de l'obésité selon la définition de PMG. (97)

## **5. Conclusion :**

L'obésité est un problème d'une ampleur inquiétante. De fait, un bon diagnostic est important afin d'agir rapidement pour en prévenir les impacts sur la santé et la condition physique générale.

L'IMC, une formule développée il y a près de 200 ans par Quetelet et recommandé par l'OMS pour définir l'obésité, semble donner des résultats controversés car il ne mesure pas l'adiposité.

La détermination de l'adiposité par des méthodes plus sensibles que l'IMC et moins coûteuses que les méthodes de mesures directes demeure indispensable.

Grâce à l'équation développée dans notre étude ceci est possible. Étant donné que cette équation ne nécessite pas de technique de mesure professionnelle ni d'instrument médical coûteux, elle peut facilement être utilisée pour le diagnostic de l'obésité chez les adultes.

D'autres études sont nécessaires afin d'évaluer l'application de notre équation dans les différentes populations.

## Références bibliographiques :

1. Haslam DW, James WPT. Obesity. Lancet Lond Engl. 1 oct 2005;366(9492):1197-209.
2. Obésité et surpoids [Internet]. [cité 14 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
3. Hastuti J, Kagawa M, Byrne NM, Hills AP. Development and validation of anthropometric prediction equations for estimation of body fat in Indonesian men. Asia Pac J Clin Nutr. 2013;22(4):522-9.
4. World Health Organization. Regional Office for the Eastern Mediterranean. obesity : preventing and managing the global epidemic : report of a WHO consultation. 2000 1999 [cité 11 juill 2022]; Disponible sur: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/119927>
5. Jackson AS, Stanforth PR, Gagnon J, Rankinen T, Leon AS, Rao DC, et al. The effect of sex, age and race on estimating percentage body fat from body mass index: The Heritage Family Study. Int J Obes Relat Metab Disord J Int Assoc Study Obes. juin 2002;26(6):789-96.
6. Prentice AM, Jebb SA. Beyond body mass index. Obes Rev Off J Int Assoc Study Obes. août 2001;2(3):141-7.
7. Pasco JA, Holloway KL, Dobbins AG, Kotowicz MA, Williams LJ, Brennan SL. Body mass index and measures of body fat for defining obesity and underweight: a cross-sectional, population-based study. BMC Obes. 2014;1:9.
8. Deurenberg P, Deurenberg-Yap M. Validity of body composition methods across ethnic population groups. Acta Diabetol. oct 2003;40 Suppl 1:S246-249.
9. Organisation mondiale de la Santé. Obésité et surpoids [Internet]. [cité 25 mai 2022]. Disponible sur: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
10. global nutrition report. rapport sur la nutrition mondiale. chapitre\_1. 2018.
11. michael tjepkema. Rapports sur la santé. :82.
12. Prévalence de l'obésité abdominale et évolution du tour de taille mesuré chez les adultes québécois. :14.
13. Poirier P, Després JP. Obésité et maladies cardiovasculaires. MS Médecine Sci. 2003;19(10):943-9.
14. Lounici A, Touil Y, Bouizem FZ, Sari-Bendimerad K. P159 Analyse de la discordance entre les deux définitions principales du syndrome métabolique chez les patients non diabétiques. Diabetes Metab. 1 mars 2015;41:A73.
15. Harvard T H chan. Abdominal Obesity Measurement Guidelines for Different Ethnic Groups [Internet]. Obesity Prevention Source. 2012 [cité 25 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.hsph.harvard.edu/obesity-prevention-source/waist-circumference-guidelines-for-different-ethnic-groups/>
16. HALIMI S. obésités (267a) [Internet]. 2005 [cité 21 janv 2022]. Disponible sur: <http://www-sante.ujf-grenoble.fr/SANTE/corpus/disciplines/endoc/nutrition/267a/leconimprim.pdf>

17. Kim KB, Shin YA. Males with Obesity and Overweight. *J Obes Metab Syndr*. 30 mars 2020;29(1):18-25.
18. Dr Pierre Nys, endocrinologue. Hormones : quelle influence sur le poids chez la femme ? [Internet]. [cité 24 mai 2022]. Disponible sur: [https://www.doctissimo.fr/html/nutrition/mag\\_2003/mag1114/nu\\_7186\\_poids\\_hormones\\_liaisons\\_itw.htm](https://www.doctissimo.fr/html/nutrition/mag_2003/mag1114/nu_7186_poids_hormones_liaisons_itw.htm)
19. La première édition (2003) de cette brochure a été rédigée par Christelle Duchène (Inpes) et le Dr Hélène Thibault (DGS), en collaboration notamment avec Mme Rolland-Cachera, les Pr Ricour, Turck, Tounian et les Dr Topuz, Morane et Romano. La présente édition a été réactualisée en 2010 par Florie Marcinkowski (Inpes), Isabelle Vincent (Inpes) et le Dr Hélène Thibault (CHU de Bordeaux ISPED Université de Bordeaux 2 et Répop Aquitaine), en collaboration notamment avec Mmes Rolland-Cachera et Castetbon et les Dr Cornet, Treppoz et Nègre. Évaluer et suivre la corpulence des enfants. :16.
20. Haute Autorité de Santé - Surpoids et obésité de l'enfant et de l'adolescent (actualisation des recommandations 2003) [Internet]. [cité 24 mai 2022]. Disponible sur: [https://www.has-sante.fr/jcms/c\\_964941/fr/surpoids-et-obesite-de-l-enfant-et-de-l-adolescent-actualisation-des-recommandations-2003](https://www.has-sante.fr/jcms/c_964941/fr/surpoids-et-obesite-de-l-enfant-et-de-l-adolescent-actualisation-des-recommandations-2003)
21. Rolland-Cachera MF, Cole TJ, Sempé M, Tichet J, Rossignol C, Charraud A. Body Mass Index variations: centiles from birth to 87 years. *Eur J Clin Nutr*. janv 1991;45(1):13-21.
22. Florence V. OBESITE CHEZ LES SUJETS DE PLUS DE 65 ANS : COMORBIDITES ? MORBIDITE ? QUELLE PRISE EN CHARGE ? REVUE DE LA LITTERATURE. 2016 2015;122.
23. Organisation Mondiale de la Santé. RAPPORT MONDIAL SUR LE VIEILLISSEMENT ET LA SANTÉ. 2016 [cité 24 mai 2022]; Disponible sur: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/206556/9789240694842\\_fre.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/206556/9789240694842_fre.pdf)
24. Par Pr Agathe Raynaud-Simon, Gériatre et nutritionniste, hôpital Bichat, APHP. Personne âgée obèse [Internet]. [cité 24 mai 2022]. Disponible sur: <https://www.sfncm.org/81-affichage-blog/question-du-moment/736-personne-agee-obese#>
25. Thiébaud SB, Pataky Z, Golay A. Obésité chez la personne âgée : quelle attitude ? *Rev Médicale Suisse*. 2010;4.
26. VAGUE J. The Degree of Masculine Differentiation of Obesity: A FACTOR DETERMINING PREDISPOSITION TO DIABETES, ATHEROSCLEROSIS, GOUT, AND URIC CALCULOUS DISEASE. *Am J Clin Nutr*. 1 janv 1956;4(1):20-34.
27. Hadjer DAOUDI. L'obésité de l'adolescent Constantinois : étude épidémiologique, prédisposition génétique, hormonale, et conséquences métaboliques [Internet]. 2015 [cité 21 janv 2022]. Disponible sur: <https://bu.umc.edu.dz/theses/biologie/DAO6866.pdf>
28. Obésité [Internet]. [cité 26 févr 2022]. Disponible sur: <https://slideplayer.fr/slide/9573190/>
29. GHIAT Kaouther, LECHEHEB Amar. CARACTERISATION DU STATUT-PONDERAL CHEZ LES ADULTES CONSTANTINOIS. 2017.
30. Cheick Oumar. PARTICULARITÉ DE L'OBÉSITÉ EN MÉDECINE INTERNE DE L'HOPITAL DU POINT G. 2005.



31. Correia J, Pataky Z, Golay A. Comprendre l'obésité en Afrique: poids du développement et des représentations [Internet]. Revue Medicale Suisse. 2014 [cité 21 janv 2022]. Disponible sur: <https://www.revmed.ch/revue-medicale-suisse/2014/revue-medicale-suisse-423/comprendre-l-obesite-en-afrique-poids-du-developpement-et-des-representations>
32. Nadir D, Djamila A, Samira DT, Nadira DK, Moufida DB, Hassina DH, et al. Enquête nationale sur la mesure du poids des facteurs de risque des Maladies Non Transmissibles selon l'approche STEPwise de l'OMS. 2017 2016;18.
33. Elise GALLISSOT-PIERROT. Pratique d'une activité physique et ses facteurs limitants dans une population d'adultes obèses: Diminution des affects dépressifs et possibilités d'action par le médecin généraliste. [NANCY]: UNIVERSITÉ DE LORRAINE; 2013.
34. Boirie Y. Obésité : physiopathologie et conséquences. 2009;8.
35. Faucher P, Poitou C. Physiopathologie de l'obésité. Rev Rhum Monogr. févr 2016;83(1):6-12.
36. Bailey D, Binks M, Kaiser K, Jastreboff A, Dhurandhar E, The Obesity Society. Potential Contributors to Obesity Infographic. 2015.
37. Li C, Kaur H, Choi WS, Huang TTK, Lee RE, Ahluwalia JS. Additive Interactions of Maternal Prepregnancy BMI and Breast-feeding on Childhood Overweight. Obes Res. 2005;13(2):362-71.
38. GUEROUACHE Hadia, GHODBANE Sara. Etude transversale du surpoids et de l'obésité chez les enfants scolarisés dans la commune de Constantine et de Ouled Rahmoun. 2016;92.
39. Astrup A, Ryan L, Grunwald GK, Storgaard M, Saris W, Melanson E, et al. The role of dietary fat in body fatness: evidence from a preliminary meta-analysis of ad libitum low-fat dietary intervention studies. Br J Nutr. mars 2000;83 Suppl 1:S25-32.
40. Haskell WL, Lee IM, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, et al. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. Med Sci Sports Exerc. août 2007;39(8):1423-34.
41. Les causes de l'obésité [Internet]. VIDAL. [cité 26 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.vidal.fr/maladies/metabolisme-diabete/obesite/causes.html>
42. Palma V. Dépistage de l'obésité adulte et des pathologies associées en médecine générale dans la ville du Port, d'avril 2013 à janvier 2014, dans le cadre du Plan Obésité à destination des populations d'Outre-mer. 17 déc 2015;101.
43. Arnaud Basdevant. Traité médecine et chirurgie de l'obésité. 2011. 800 p.
44. MARC ALLARD, GORDON MOE. Le syndrome métabolique : Un problème croissant. déc 2006 [cité 29 janv 2022]; Disponible sur: [https://www.academia.edu/26962586/Le\\_syndrome\\_m%C3%A9tabolique\\_Un\\_probl%C3%A8me\\_croissant](https://www.academia.edu/26962586/Le_syndrome_m%C3%A9tabolique_Un_probl%C3%A8me_croissant)
45. Éducation thérapeutique du patient (ETP) [Internet]. Haute Autorité de Santé. 2014 [cité 28 janv 2022]. Disponible sur: [https://www.has-sante.fr/jcms/c\\_1241714/fr/education-therapeutique-du-patient-etp](https://www.has-sante.fr/jcms/c_1241714/fr/education-therapeutique-du-patient-etp)

46. Myriam HERNANDEZ. Obésité de l'adulte: Pratiques et attentes des médecins généralistes dans le dépistage et la prise en charge en Picardie en 2015. 2016.
47. Elsevier Masson. Activité physique et obésité [Internet]. EM-Consulte. 2020 [cité 28 janv 2022]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/1373192/activite-physique-et-obesite>
48. D. Vital Durand, C. Le Jeune. DOROSZ Guide pratique des médicaments. 34<sup>e</sup> éd. Maloine; 2015. 1906 p.
49. Le liraglutide 3 mg (Saxenda®) : un nouveau médicament de l'obésité | Louvain Médical [Internet]. [cité 15 mars 2022]. Disponible sur: <https://www.louvainmedical.be/fr/article/le-liraglutide-3-mg-saxendar-un-nouveau-medicament-de-lobesite>
50. Ladenheim EE. Liraglutide and obesity: a review of the data so far. Drug Des Devel Ther. 2015;9:1867-75.
51. GLP-1 and weight loss: unraveling the diverse neural circuitry - PubMed [Internet]. [cité 15 mars 2022]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27030669/>
52. Optima santé globale. Obesite-ReferenceOPTIMA.pdf [Internet]. 2016 [cité 12 févr 2022]. Disponible sur: <https://optimamedia.ca/wp-content/uploads/2016/11/Obesite-ReferenceOPTIMA.pdf>
53. Padilla CJ, Ferreyro FA, Arnold WD. Anthropometry as a readily accessible health assessment of older adults. Exp Gerontol. oct 2021;153:111464.
54. Cogill B. Guide de Mesure des Indicateurs Anthropometriques, 2003. :110.
55. Body Fat Distribution, Incident Cardiovascular Disease, Cancer, and All-Cause Mortality | Elsevier Enhanced Reader [Internet]. 2013 [cité 3 févr 2022]. Disponible sur: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0735109713025540?token=BBDBEC3292484BF9BE1CBA09B6F549C6330EFC5A9545C729EDC51DCEBF6B245BFF72814C3C90011ABFFED231AD20148A&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220203105517>
56. Item 267 : Obésité de l'adulte. 2011 2010;13.
57. OMS. : Guide pour les mesures physiques (Step 2) [Internet]. [cité 26 févr 2022]. Disponible sur: [https://www.who.int/ncds/surveillance/steps/Partie3\\_Section4.pdf](https://www.who.int/ncds/surveillance/steps/Partie3_Section4.pdf)
58. andré CORNU. La mesure du tour de bras chez le jeune enfant: etude critique de son utilisation en épidémiologie nutritionnelle. [Internet]. 1990 [cité 26 févr 2022]. Disponible sur: [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers12-05/34117.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers12-05/34117.pdf)
59. Rolland-Cachera MF, Akrouit M, Péneau S. Histoire et signification de l'Indice de Corpulence. Intérêt des autres mesures anthropométriques. 2015;26.
60. Barbe P, Ritz P. Composition corporelle. Cah Nutr Diététique. juin 2005;40(3):172-6.
61. Evaluation de la condition physique - tests complémentaires [Internet]. [cité 26 févr 2022]. Disponible sur: [https://s3.amazonaws.com/monlab-docs/gcc\\_ps/sainsactifs3/pdf/W11107\\_tests\\_comp\\_FR\\_15\\_EPF\\_26\\_11\\_09.pdf](https://s3.amazonaws.com/monlab-docs/gcc_ps/sainsactifs3/pdf/W11107_tests_comp_FR_15_EPF_26_11_09.pdf)
62. Composition corporelle. 2011 2010;12.

63. Sevrine ledoux. Composition corporelle et dépense énergétique [Internet]. [cité 26 févr 2022]. Disponible sur: <https://slideplayer.fr/slide/1210611/>
64. TOUIL Amina. Obésité, l'Etude de la prévalence de l'obésité dans la population de Ouled Mimoun (Tlemcen-Algérie)MC, périmètre abdominal.pdf. 2016.
65. Obésité: prévention et prise en charge de l'épidémie mondiale ; rapport d'une consultation de l'OMS ; [Consultation OMS sur l'Obésité, Genève, 3 - 5 juin 1997]. Genève: Organisation Mondiale de la Santé. 2003. 284 p. (OMS, série de rapports techniques).
66. K. benmohammed, M. benletreche, J. Pariès, S. Khensal, M.T Nguyen, P. Valensi, et al. Tour de taille et rapport tour de taille/taille meilleurs index anthropométriques pour le dépistage du syndrome métabolique chez les adolescents [Internet]. EM-Consulte. 2011 [cité 11 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/291515/p142-tour-de-taille-et-rapport-tour-de-tailletaill>
67. Khélifi N, Falfoul A, Bhourri S, Boumeftah S, Jammoussi H, Berriche O, et al. Rapport tour de taille/taille: Marqueur du risque cardio-vasculaire. *Diabetes Metab.* mars 2012;38:A114.
68. Zhu Q, Shen F, Ye T, Zhou Q, Deng H, Gu X. Waist-to-height ratio is an appropriate index for identifying cardiometabolic risk in Chinese individuals with normal body mass index and waist circumference 腰臀比是鉴别体重指数和腰围正常的中国人群的心血管代谢风险的适宜指标: Waist-to-height ratio and cardiometabolic risk. *J Diabetes.* nov 2014;6(6):527-34.
69. Peterson CM, Su H, Thomas DM, Heo M, Golnabi AH, Pietrobelli A, et al. Tri-Ponderal Mass Index vs Body Mass Index in Estimating Body Fat During Adolescence. *JAMA Pediatr.* 1 juill 2017;171(7):629-36.
70. Braillon P, Peretti N. Absorptiométrie biphotonique à rayons X. *Nutr Clin Métabolisme.* juin 2011;25(2):91-5.
71. Cridlig J. Spectroscopie d'impédance appliquée à la composition corporelle en néphrologie et en dialyse: caractérisation des facteurs d'influence. :193.
72. Park JH, Jo YI, Lee JH. Clinical usefulness of bioimpedance analysis for assessing volume status in patients receiving maintenance dialysis. *Korean J Intern Med.* 28 juin 2018;33(4):660-9.
73. Mulasi U, Kuchnia AJ, Cole AJ, Earthman CP. Bioimpedance at the Bedside: Current Applications, Limitations, and Opportunities. *Nutr Clin Pract.* avr 2015;30(2):180-93.
74. Sandra Morales. Comparaison de trois méthodes d'évaluation de la morphologie du bras affecté par le lymphoedème chez des femmes ayant été atteintes du cancer du sein. juill 2018;86.
75. Pierson RNJ. Quality of the Body Cell Mass: Body Composition in the Third Millennium. Springer Science & Business Media; 2012. 420 p.
76. Cridlig J. Spectroscopie d'impédance appliquée à la composition corporelle en néphrologie et en dialyse: caractérisation des facteurs d'influence. 15 juin 2013;193.
77. Mattsson S, Thomas BJ. Development of methods for body composition studies. *Phys Med Biol.* 7 juill 2006;51(13):R203-28.

78. Lemos T, Gallagher D. Current body composition measurement techniques: Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes. oct 2017;24(5):310-4.
79. Ramos RML, Armán JA, Galeano NA, Hernández AM, Gómez JMG, Molinero JG. Dual energy X-ray absorptimetry: Fundamentals, methodology, and clinical applications. :14.
80. Masson E. Les apports de la DXA en dehors de la mesure de la densité minérale osseuse. EM-Consulte [Internet]. [cité 23 mai 2022]; Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/811971/les-apports-de-la-dxa-en-dehors-de-la-mesure-de-la>
81. Messina C, Albano D, Gitto S, Tofanelli L, Bazzocchi A, Ulivieri FM, et al. Body composition with dual energy X-ray absorptimetry: from basics to new tools. Quant Imaging Med Surg. août 2020;10(8):1687698-1681698.
82. Methods of assessing body water and body composition. In : Hydration throughout life, 1998, 63- 74. MJ Arnaud Ed, J Libbey Eurotext, Paris. :12.
83. Pesage hydrostatique Brozek J, Grande F, Anderson JT, Keys A (septembre 1963), « Analyse densitométrique de la composition corporelle: révision de certaines hypothèses quantitatives », Ann. NY Acad. Sci. , 110 : 113–40, doi : 10.1111 / j.1749-6632.1963.tb17079.x , PMID 14062375 [Internet]. [cité 21 mai 2022]. Disponible sur: [http://stringfixer.com/fr/Hydrostatic\\_weighing](http://stringfixer.com/fr/Hydrostatic_weighing)
84. Quanjer PH, éd. (1983). « Test normalisé de la fonction pulmonaire ». Communauté européenne du charbon et de l'acier, Luxembourg. Citer le journal nécessite. Pesage hydrostatique [Internet]. [cité 21 mai 2022]. Disponible sur: [http://stringfixer.com/fr/Hydrostatic\\_weighing](http://stringfixer.com/fr/Hydrostatic_weighing)
85. Siri WE. The Gross Composition of the Body. In: Advances in Biological and Medical Physics [Internet]. Elsevier; 1956 [cité 22 mai 2022]. p. 239-80. Disponible sur: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B978148323110550011X>
86. Brožek J, Grande F, Anderson JT, Keys A. DENSITOMETRIC ANALYSIS OF BODY COMPOSITION: REVISION OF SOME QUANTITATIVE ASSUMPTIONS\*. Ann N Y Acad Sci. 15 déc 2006;110(1):113-40.
87. Composition de l'organisme. Qu'il s'agisse de graisse ou de muscles, l'IMC augmente avec la masse corporelle [Internet]. [cité 21 mai 2022]. Disponible sur: [https://alertdiver.eu/fr\\_FR/articles/composition-de-l-organisme-qu-il-s-agisse-de-graisse-ou-de-muscles-l-imc-augmente-avec-la-masse-corporelle](https://alertdiver.eu/fr_FR/articles/composition-de-l-organisme-qu-il-s-agisse-de-graisse-ou-de-muscles-l-imc-augmente-avec-la-masse-corporelle)
88. Fields, David A; Goran, Michel Ier ; McCrory, Megan A (mars 2002). « Évaluation de la composition corporelle par pléthysmographie par déplacement d'air chez les adultes et les enfants : une revue » . Le Journal américain de nutrition clinique . 75 (3) : 453-467. doi : 10.1093/ajcn/75.3.453 . PMID 11864850 . Pléthysmographie par déplacement d'air [Internet]. [cité 21 mai 2022]. Disponible sur: [http://stringfixer.com/fr/Air\\_displacement\\_plethysmography](http://stringfixer.com/fr/Air_displacement_plethysmography)
89. Bodpod\_GS-X\_Brochure\_A3\_4pages\_C05140-03-93\_FR\_print.pdf [Internet]. [cité 21 mai 2022]. Disponible sur: [https://www.cosmed.com/hires/Bodpod\\_GS-X\\_Brochure\\_A3\\_4pages\\_C05140-03-93\\_FR\\_print.pdf](https://www.cosmed.com/hires/Bodpod_GS-X_Brochure_A3_4pages_C05140-03-93_FR_print.pdf)

90. Pea\_Pod\_Brochure\_EN\_C03838-02-93\_A4\_print.pdf [Internet]. [cité 23 mai 2022]. Disponible sur: [https://www.cosmed.com/hires/Pea\\_Pod\\_Brochure\\_EN\\_C03838-02-93\\_A4\\_print.pdf](https://www.cosmed.com/hires/Pea_Pod_Brochure_EN_C03838-02-93_A4_print.pdf)
91. Taicher GZ, Tinsley FC, Reiderman A, Heiman ML (2003). « Méthode de résonance magnétique quantitative (QMR) pour l'analyse de la composition des os et du corps entier » . Chimie analytique et bioanalytique . 377 (6) : 990–1002. Cours [Internet]. [cité 21 mai 2022]. Disponible sur: [http://campus.cerimes.fr/nutrition/enseignement/nutrition\\_2/site/html/3.html](http://campus.cerimes.fr/nutrition/enseignement/nutrition_2/site/html/3.html)
92. Jones AS, Johnson MS, Nagy TR (2009). « Validation de la résonance magnétique quantitative pour la détermination de la composition corporelle des souris » . Journal international de recherche sur la composition corporelle . 7 (2) : 67-72. Cours [Internet]. [cité 21 mai 2022]. Disponible sur: [http://campus.cerimes.fr/nutrition/enseignement/nutrition\\_2/site/html/3.html](http://campus.cerimes.fr/nutrition/enseignement/nutrition_2/site/html/3.html)
93. Imagerie Médicale Centre de Radiologie de Neuilly-Puteaux, Centre de Radiologie de Neuilly-Puteaux. IRM [Internet]. Imagerie Médicale. [cité 21 mai 2022]. Disponible sur: <https://imageriemedicale.fr/examens/irm/>
94. société française de radiologie Pr Patrice TAOUREL. Scanner ou IRM, est-ce la même chose ? [Internet]. [cité 21 mai 2022]. Disponible sur: <http://www.sfrnet.org/sfr/grandpublic/Questions-Reponses/article.phtml?id=rc%2Forg%2Fsrnet%2Fhtm%2FArticle%2F2011%2F20110523-123727-031>
95. Roger Husson. AFPPE – Association française du personnel paramédical d'électroradiologie [Internet]. [cité 21 mai 2022]. Disponible sur: <http://new.afppe.com/>
96. Okorodudu DO, Jumean MF, Montori VM, Romero-Corral A, Somers VK, Erwin PJ, et al. Diagnostic performance of body mass index to identify obesity as defined by body adiposity: a systematic review and meta-analysis. *Int J Obes* 2005. mai 2010;34(5):791-9.
97. Romero-Corral A, Somers VK, Sierra-Johnson J, Thomas RJ, Collazo-Clavell ML, Korinek J, et al. Accuracy of body mass index in diagnosing obesity in the adult general population. *Int J Obes* 2005. juin 2008;32(6):959-66.
98. Gómez-Ambrosi J, Silva C, Catalán V, Rodríguez A, Galofré JC, Escalada J, et al. Clinical usefulness of a new equation for estimating body fat. *Diabetes Care*. févr 2012;35(2):383-8.
99. Ramirez-Zea M, Torun B, Martorell R, Stein AD. Anthropometric predictors of body fat as measured by hydrostatic weighing in Guatemalan adults. *Am J Clin Nutr*. 1 juin 2006;83(4):795-802.
100. Aristizabal JC, Estrada-Restrepo A, García AG. Development and validation of anthropometric equations to estimate body composition in adult women. *Colomb Médica*. 2018;49(2):154-9.
101. Martarelli D, Martarelli B, Pompei P. Body composition obtained from the body mass index: an Italian study. *Eur J Nutr*. déc 2008;47(8):409-16.
102. InBody 770 [Internet]. InBody Algerie. [cité 18 juin 2022]. Disponible sur: <https://inbodyalgerie.com/inbody-770/>
103. Gómez-Ambrosi J, Silva C, Galofré JC, Escalada J, Santos S, Millán D, et al. Body mass index classification misses subjects with increased cardiometabolic risk factors related to elevated adiposity. *Int J Obes* 2005. févr 2012;36(2):286-94.

104. Liu X, Sun Q, Sun L, Zong G, Lu L, Liu G, et al. The development and validation of new equations for estimating body fat percentage among Chinese men and women. *Br J Nutr.* 14 mai 2015;113(9):1365-72.
105. Bolanowski M, Nilsson BE. Assessment of human body composition using dual-energy x-ray absorptiometry and bioelectrical impedance analysis. *Med Sci Monit Int Med J Exp Clin Res.* oct 2001;7(5):1029-33.
106. Ellis KJ. Measuring body fatness in children and young adults: comparison of bioelectric impedance analysis, total body electrical conductivity, and dual-energy X-ray absorptiometry. *Int J Obes Relat Metab Disord J Int Assoc Study Obes.* sept 1996;20(9):866-73.
107. Heyward VH. Practical body composition assessment for children, adults, and older adults. *Int J Sport Nutr.* sept 1998;8(3):285-307.
108. Lee DH, Keum N, Hu FB, Orav EJ, Rimm EB, Sun Q, et al. Development and validation of anthropometric prediction equations for lean body mass, fat mass and percent fat in adults using the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 1999-2006. *Br J Nutr.* nov 2017;118(10):858-66.
109. Pongchaiyakul C, Kosulwat V, Rojroongwasinkul N, Charoenkiatkul S, Thepsuthammarat K, Laopaiboon M, et al. Prediction of Percentage Body Fat in Rural Thai Population Using Simple Anthropometric Measurements. *Obes Res.* 2005;13(4):729-38.
110. Deurenberg P, Yap M, van Staveren WA. Body mass index and percent body fat: a meta analysis among different ethnic groups. *Int J Obes Relat Metab Disord J Int Assoc Study Obes.* déc 1998;22(12):1164-71.
111. Wang J, Thornton JC, Russell M, Burastero S, Heymsfield S, Pierson RN. Asians have lower body mass index (BMI) but higher percent body fat than do whites: comparisons of anthropometric measurements. *Am J Clin Nutr.* juill 1994;60(1):23-8.
112. Santos Silva DA, Petroski EL, Peres MA. Is high body fat estimated by body mass index and waist circumference a predictor of hypertension in adults? A population-based study. *Nutr J.* 17 déc 2012;11:112.
113. INSPQ. Prévalence de l'obésité abdominale et évolution du tour de taille mesuré chez les adultes québécois. 2013;14.
114. Anthropometric predictors of body fat as measured by hydrostatic weighing in Guatemalan adults - PubMed [Internet]. [cité 7 juill 2022]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16600930/>
115. Abe T, Kearns CF, Fukunaga T. Sex differences in whole body skeletal muscle mass measured by magnetic resonance imaging and its distribution in young Japanese adults. *Br J Sports Med.* 2003;37(5):436-40.
116. Karastergiou K, Smith SR, Greenberg AS, Fried SK. Sex differences in human adipose tissues - the biology of pear shape. *Biol Sex Differ.* 31 mai 2012;3(1):13.
117. WHO Expert Consultation. Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. *Lancet Lond Engl.* 10 janv 2004;363(9403):157-63.

118. Ho-Pham L, Lai T, Nguyen M, Nguyen T. Relationship between Body Mass Index and Percent Body Fat in Vietnamese: Implications for the Diagnosis of Obesity. *PLoS One*. 27 mai 2015;10:e0127198.

## **Résumé :**

**Introduction :** Avec l'augmentation considérable de la prévalence de l'obésité et ses complications, et la non-disponibilité de méthodes fiables et peu coûteuses de diagnostic, le développement d'une alternative demeure indispensable.

**Objectif :** Développement et validation d'une équation d'estimation de PMG à partir des paramètres anthropométriques chez des adultes hommes et femmes Algériens.

**Méthodologie :** Il s'agit d'une étude transversale rétrospective, portant sur 877 sujets Algériens ayant bénéficié d'un bilan de composition corporelle par la technique BIA entre avril et décembre 2021. Le test t de student pour échantillons indépendants a été utilisé pour comparer les paramètres quantitatifs, le test Chi<sup>2</sup> a été utilisé pour comparer les paramètres qualitatifs. Les sujets ont été divisés en un groupe de développement (n=577) et validation (n=300). Les deux groupes ont été comparés en utilisant le test t pour échantillons indépendants. L'établissement et la validation ont été faites chez les deux sexes séparément. Dans le groupe d'établissement une corrélation entre PMG et les paramètres a été faite. Pour l'établissement, les paramètres ont été introduits dans une régression linéaire. Pour la validation les tests utilisés étaient le test t pour échantillon appariés pour comparer le PMG calculé et mesuré, test de corrélation entre PMG calculé et mesuré, Test de Bland Altman pour comparer les deux méthodes de mesure du PMG calculé et mesuré.

**Résultats :** Une équation à partir de l'IMC et du ratio TT/TH a été développée chez les deux sexes séparément. Il n'y avait pas de différence significative entre le PMGc et PMGm chez les deux sexes (p= 0,5 chez les hommes et p= 0,09 chez les femmes), Une forte corrélation significative entre le PMGc et le PMGm (r= 0,805 chez les hommes et r= 0,871 chez les femmes, p<0,0001) a été constatée et des moyennes de différence de -0,28±5,38 et -0,55±3,99 ont été objectivées par le test de Bland Altman chez les hommes et les femmes respectivement, ce qui prouve la validité de notre équation. Les moyennes de taille, poids, TT, TH, TB, TC et tour de poitrine de notre population étaient significativement plus élevés chez l'homme (p<0,0001). La prévalence des femmes avec une obésité abdominale était significativement plus élevée que les hommes (p<0,0001).

**Conclusion :** La nouvelle équation développée à partir des paramètres anthropométriques peut servir comme outil simple de diagnostic de l'obésité dans notre population. D'autres études sont nécessaires afin d'évaluer l'application de notre équation dans les différentes populations.

**Mots clés :** obésité, diagnostic, équation, Pourcentage de masse grasse, IMC, anthropométrie.



## **Abstract:**

**Introduction:** With the considerable increase of the prevalence of obesity and its complications, and the unavailability of reliable and inexpensive diagnostic methods, the development of an alternative remains essential.

**Objective:** Development and validation of an equation for estimating body fat percentage (BFP) from anthropometric parameters in adult Algerian men and women.

**Methodology:** This is a retrospective cross-sectional study, involving 877 Algerian subjects who underwent a body composition measure by the BIA technique between April and December 2021. The t Student test for independent sample was used to compare quantitative parameters, the Chi<sup>2</sup> test was used to compare the qualitative parameters. Subjects were divided into a development (n= 577) and validation (n=300) groups. The two groups were compared using the independent samples t-test. Establishment and validation were done in both sexes separately. In the establishment group a correlation between BFP and the parameters was made. For establishment, the parameters were entered in a linear regression. For validation, the tests used were the paired sample t test to compare calculated and measured PFM, correlation test between calculated and measured BFP, Bland Altman test to compare the two methods of measuring calculated and measured PFM.

**Results:** An equation based on BMI, waist circumference (WC) and hip circumference (HC) ratio was developed for both sexes separately. There was no significant difference between the BFP calculated and measured in both sexes (p=0,5 for men and p= 0,09 for women), a strong significant correlation between BFP calculated and measured was observed (r=0,805 for men and r=0,871 for woman, p<0,0001), and mean differences of  $-0,28 \pm 5,38$  and  $-0,55 \pm 3,99$  were objectified by the Bland Altman test in men and women respectively, which proves the validity of our equation. The average height, weight, WC, HC, arm circumference, neck circumference and chest circumference of our population were significantly higher in men (p<0,0001). The prevalence of women with abdominal obesity was significantly higher than men (p<0,0001).

**Conclusion:** The new equation developed from anthropometric parameters can be used as a simple diagnostic tool for obesity in our population. Further studies are needed to assess the application of our equation in different population.

**Key words:** obesity, diagnosis, equation, body fat percentage, BMI, anthropometry.