

Cours1 : Composition corporelle/ Métabolisme énergétique

I. Composition corporelle

La mesure de la composition corporelle est essentielle :

- appréciation de l'état nutritionnel,
- analyse de ses variations,
- interprétation du métabolisme énergétique.

La mesure de la taille et du poids ne suffit pas...

A. Les compartiments corporels

C'est un système à deux (le plus utilisé), trois ou quatre compartiments.

Un compartiment corporel (+/- masse) correspond à des éléments qui ont un même fonctionnement physiologique mais ne sont pas structurés en éléments anatomiques.

✓ **Exemple du Modèle à deux compartiments :**

-Masse Grasse (MG) : essentiellement des lipides amorphes (ce qui est différent du tissu adipeux où il y a aussi des éléments de masse maigre !) : 10 à 30%.

-Le restant est appelé Masse Maigre (MM) : elle est composée d'eau (58% sur le poly), de protéines et de substances minérales (essentiellement osseuses).

Notons que la Masse Cellulaire Active correspond à l'eau IC (intracellulaire) + protéines + substances minérales, ce qui peut également se traduire par $MCA = MM - Eau\ EC$ (extracellulaire).

Récapitulatif et détails des compartiments :

Masse Grasse : (15% chez l'homme et 23-24% chez la femme)

- substance amorphe de réserve,
- 10 à 30% du poids du corps,
- densité : $0,9\text{g.mL}^{-1}$,
- réserve énergétique de l'organisme,
- isolant thermique,
- protection contre les chocs,
- synthèses hormonale et protéique.

Masse Maigre

- 70 à 90% du poids du corps,
- densité $1,1\text{g.mL}^{-1}$,
- concentration constante en ions K^+ ,
- Compartiment complexe mais important physiologiquement,
- sa diminution signe la dénutrition ,
- son augmentation peut être normale (augmentation de la masse musculaire) ou pathologique (œdèmes).

[Ce document, ainsi que l'intégralité des cours de p1, sont disponibles gratuitement à l'adresse suivante: http://coursp1bichat-larib.weebly.com](http://coursp1bichat-larib.weebly.com)

Compartiments hydriques (1^{er} constituant de la MM)

- Eau totale : Eau intra + Eau extracellulaire,
- 73% de la MM → $MM = \text{eau totale} / 0.73$,
- Eau totale : diffusion du deutérium,
- Eau EC : bromure de sodium,
- Le rapport Extra / Intra renseigne sur la validité de la mesure de la MM.

Masse Protéique (2^{ème} constituant de la MM)

- 16% du poids du corps,
- élément structural et enzymatique,
- en perpétuel renouvellement,
- lié aux défenses immunitaires.

Minéraux et Masse calcique (3^{ème} et dernier constituant de la MM)

- 5 à 6% du poids du corps,
- densité 3g.mL^{-1} .
- le calcium est essentiellement osseux (99% selon notre cher Onolfo).

Rappel : Masse Cellulaire Active (MCA) = MM – Eau EC.

✓ Exemple de composition corporelle :

P = MG + Eau EC + Eau IC + MIN + PROT

Par exemple, pour un homme :

- P : masse corporelle : 70kg
- MG : 10kg
- Eau extra : 18L
- Eau intra : 26L
- Minéraux : 4kg
- Protéines : 11kg

B. Mesures

✓ Indice de Quételet ou Index de Masse Corporelle (IMC) ou Body Mass Index (BMI)

- C'est un rapport entre le poids (en kg) et la taille² (m²). $BMI = \text{Poids} / \text{Taille}^2$
- Dépend de l'âge et du sexe.
- Normales de 18 à 25 pour un adulte.
 - Cela nous permet le calcul des limites théoriques du poids : $P_i = 18 \cdot T^2$
 $P_s = 25 \cdot T^2$
- Si BMI > 35, obésité.

✓ Méthodes de mesure

- Epaisseur des plis cutanés (avec adipomètre entre pouce et index). Cette mesure peut se faire au niveau bicipital, tricipital, au niveau des régions sous scapulaires et supra iliaques.
- Densitométrie hydrostatique,
- Comptage du ⁴⁰K (surtout en intracellulaire),
- Mesure de l'eau totale et EC,
- Impédance bioélectrique (la MM conduit bien l'électricité alors que la MG non),
- Absorption biphotonique DXA (permet de voir la Masse Osseuse par rayon X, donc une approche de la MCA),
- Scanner et IRM,
- Activation neutronique.

Ce document, ainsi que l'intégralité des cours de p1, sont disponibles gratuitement à l'adresse suivante: <http://coursp1bichat-larib.weebly.com>

✓ Mesure de la masse musculaire

Cette mesure se fait grâce à l'excrétion de créatinine (substance produite par le muscle → sang → rein → urine) - son débit urinaire des 24h (créatinurie) reflète directement la masse musculaire.

- régime de trois jours sans viandes ni poissons (évite un apport protéique exogène).
- recueil précis des urines totales de 24h.
- calcul : 18 à 20 kg de muscle par gramme excrété.
- difficile et peu précis.

Peut aussi se faire par l'excrétion de la 3-méthyl histidine, le principe de mesure est le même.

C. Variations physiologiques

❖ En fonction du sexe

- MG plus développée chez la femme,
23% à 20 ans vs 15% chez l'homme,
Nécessaire à la lactation.
- MM plus faible chez la femme,
Les performances sportives (VO₂ max) s'égalisent si on les rapporte à la MM.
- Masse calcique plus faible chez la femme,
1.4 fois plus élevée chez l'homme.

❖ En fonction du sport

- la MG est plus faible (en % et en kg) chez le sportif ou la sportive.
- L'activité physique favorise bien la fonte de la MG mais le poids peut augmenter à cause d'une augmentation de la MM.

❖ En fonction de l'âge

- La MG augmente de 1g par jour :
 - dès 20 ans chez la femme.
 - à partir de 30 ans chez l'homme.
 - en dehors de toute obésité chez le sédentaire et le sportif.
 - risque cardiovasculaire accru si accumulation androïde (au niveau du haut du corps, comme pour les robots dans I-Robot par exemple... si ça peut vous aider).
- La MM évolue en sens inverse puisque le poids tend à rester constant :
 - pour limiter le vieillissement physiologique, il faut entretenir sa masse musculaire.
 - un signe de non vieillissement est une prise de poids modérée entre 30 et 70 ans : la MM est maintenue, la MG augmente.
- L'eau corporelle diminue :
 - plus vite que ne le laisse prévoir la baisse de la MM.
 - la constante de 73% d'eau dans la MM n'est plus exacte après 70 ans.
- La masse osseuse diminue :
 - femme : perte de 3.8g par an avant 50 ans et 7.6 après.
 - homme : perte de 7g par an à partir de 50 ans.
 - pertes aggravées par les déficits hormonaux.

[Ce document, ainsi que l'intégralité des cours de p1, sont disponibles gratuitement à l'adresse suivante: http://coursp1bichat-larib.weebly.com](http://coursp1bichat-larib.weebly.com)

❖ Chez l'enfant et l'adolescent

- MM et MG augmentent jusqu'à 20 ans :
 - MM augmente plus vite chez le garçon après la puberté.
 - la densité de la MM passe de 1.08 à 1.1 entre 0 et 20 ans (croissance des os).
- L'hydratation de la MM diminue :
 - 86% d'eau pendant la vie fœtale,
 - 80% à la naissance,
 - 73% à la fin de l'adolescence.
- la Masse Osseuse augmente : pic maximal de Calcium vers 15-20 ans :
le pic atteint dépend de facteurs génétiques et de l'activité physique pendant l'enfance (+ 6 à 8%)
mais aussi d'une alimentation riche en calcium (+ 5%).

❖ Chez la femme enceinte

- Prise de poids de 10 à 15 kg comprenant :
 - + 6 à 7 L d'eau (2 à 3 L chez la mère)
 - + 3 kg de MG, + 3 kg de MM sèche.

Le BMI passe de 22.5 à 26.5 en fin de grossesse.

- Peu de travaux à ce sujet (éthique) :
 - les surcharges extracellulaires sont peu prévisibles.
 - les surcharges adipeuses résiduelles restent un problème, l'hygiène alimentaire doit être largement améliorée dans toutes les couches sociales !

D. Variations pathologiques

❖ Obésité

Augmentation de MG et de MM (par augmentation du Volume EC et MCA car à cause de modifications hormonales → rétention hydrique).

❖ Jeun et déficit énergétique

Diminution de la MG et de la MM.

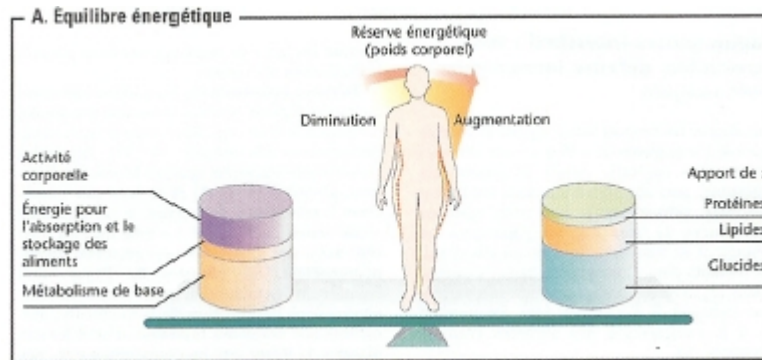
❖ Dénutrition

Diminution de la MM > Diminution de la MG.
Diminution du VEC.

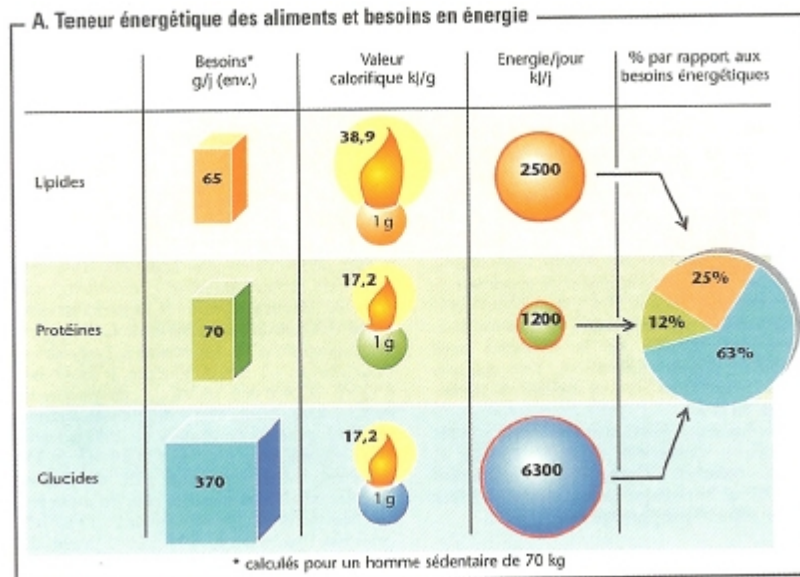
E. Aspect énergétique

- **Équilibre énergétique** : ce qu'il y a en terme d'apport par alimentation et ce qui va être dépensé en terme basal (ATP ...), pour le stockage des aliments, pour l'activité corporelle.
- Si apport > dépenses, on observe une augmentation de la réserve énergétique ;
- Si apport < dépenses, cela traduit une dénutrition.

Ce document, ainsi que l'intégralité des cours de p1, sont disponibles gratuitement à l'adresse suivante: <http://coursp1bichat-larib.weebly.com>



- Teneur énergétique des aliments :



Une alimentation équilibrée pour un homme de 70 kg correspond à :

- Glucides +++ environ 400g par 24h,
- Protéines 70g par 24h,
- Lipides 70g par 24h.

Valeur calorifique exprimée en kilojoules par gramme :

Glucides : 17
 Protéines : 17
 Lipides : 39

(Par exemple, lorsqu'on ingère 1g de glucides, on « accumule » 17kJ d'énergie)

NB : On ne doit pas diminuer les apports de protéines notamment animales car elles apportent des acides aminés essentiels et non disponibles dans l'organisme.

[Ce document, ainsi que l'intégralité des cours de p1, sont disponibles gratuitement à l'adresse suivante: http://coursp1bichat-larib.weebly.com](http://coursp1bichat-larib.weebly.com)

II. Le Métabolisme Energétique de l'Homme

✓ Unités habituelles : kcal ou kJ

- 1 kcal = 4.186 kJ
- 1 J.s⁻¹ = 1W = 86.4 kJ / jour

Les dépenses d'un individu sont en général exprimées en débit :

- par 24h : ex : 2000 kcal / 24h (dépense totale),

- par 24h et par kg de MM : ex : 33kcal / 24h / kg MM (c'est la MM qui fournit l'énergie),

- par 24h et par unité de surface corporelle : ex : 1100 kcal / 24h / m².

✓ Les postes de la dépense énergétique

- **Métabolisme basal (65%)**
→ Métabolisme du sommeil (minimum : 60%),
→ Supplément de l'éveil (5%).
- **Thermogenèse (35%)**
→ De la **prise alimentaire** (10%) obligatoire / facultative,
→ De l'**exercice musculaire** (20-25%).

Dépense énergétique (DE) = 1200*1.54 = 1850 kcal / 24h.

❖ Principaux facteurs affectant la dépense énergétique

	<u>Facteurs intrinsèques</u>	<u>Facteurs extrinsèques</u>
<u>Métabolisme de base</u>	<ul style="list-style-type: none">- Masse de tissu maigre- Age, Sexe- Hormones thyroïdiennes- Turn Over protéique	
<u>Thermogenèse</u>	<ul style="list-style-type: none">- État nutritionnel- Activité du SN sympathique- Tissu adipeux brun	<ul style="list-style-type: none">- Prise alimentaire- Ingestion de subst. thermogéniques (stress, exposition au Froid...)
<u>Activité physique</u>	<ul style="list-style-type: none">- Masse musculaire- Rendement des muscles- VO₂ maximale	<ul style="list-style-type: none">- Durée et intensité des exercices musc.

A. Métabolisme basal ou dépense énergétique de repos : DER

- Mesuré :
- le matin au repos (8h-11h),
- dans une ambiance de neutralité thermique (19-24°C),
- après un jeûne de 12h minimum,
- au repos strict (décubitus) dans le silence.

Ce document, ainsi que l'intégralité des cours de p1, sont disponibles gratuitement à l'adresse suivante: <http://coursp1bichat-larib.weebly.com>

- Il dépend :
 - surtout de la MM,
 - de l'âge et du sexe par le biais de la MM.

NB : lors de l'ingestion de protéines, il y a « beaucoup » de dépense énergétique : elles utilisent 25% de l'énergie pour leur stockage.

❖ Métabolisme de base théorique

- Peut se calculer :
 - à partir du sexe, de l'âge et du poids.
 - de la surface corporelle (DER= 1000 kcal / 24h / m²)
 - de la MM : **DER = 21MM + 500**

a. Métabolisme de base : composantes (organes consommateurs)

Foie	26.4%	rapportés à leur taille, ils consomment plus que la masse musculaire
Cerveau	18.3%	
Cœur	9.2%	
Reins	7.2%	
Muscles	25.6%	

Contribution des organes

	Homme (30 ans)	Femme (30ans)	Enfant (6 mois)
Foie	21	21	14
Cerveau	20	21	44
Cœur	9	8	4
Reins	8	9	6
Muscles	22	16	6
Tissu Adipeux	4	6	2
Divers (os, peau, intestins)	16	19	24
Total	100	100	100

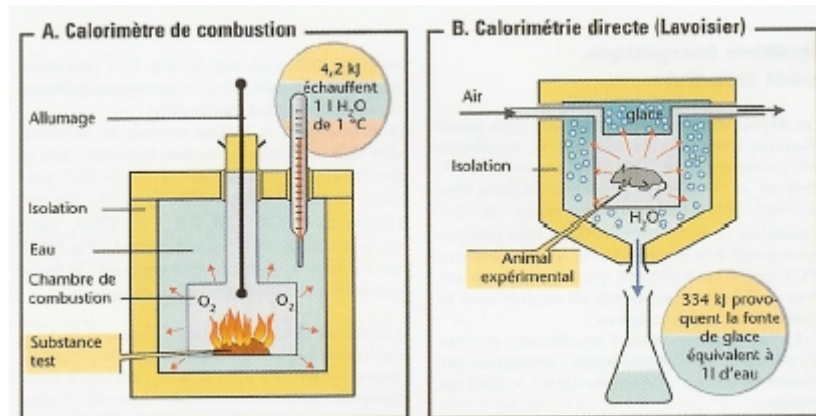
b. Variations physiologiques

- Age :
 - enfant : 120 kcal / kg : le coût de la croissance peut atteindre 50% de l'énergie ingérée.
 - Adulte : 45 kcal / kg
- MM : explique 80% de la DER (30 kcal / kg MM / 24h)
- Génétique : explique les 20% restants.
- Facteurs hormonaux : sympathique, thyroïde, cycle menstruel (NB : avec les B-bloquants, le métabolisme de base augmente).
- Température, apports alimentaires antérieurs, grossesse, psychisme...
- Facteurs thermogéniques : nicotine, tabagisme, caféine...
- Suralimentation : DER augmente.
 - activité sympathique ++
 - activité thyroïdienne ++
- Restriction calorifique : DER diminue.

[Ce document, ainsi que l'intégralité des cours de p1, sont disponibles gratuitement à l'adresse suivante: http://coursp1bichat-larib.weebly.com](http://coursp1bichat-larib.weebly.com)

c. Méthodes de mesure

- **Calorimétrie directe** : peu utilisable



→ **Calorimétrie de combustion** : pour connaître quelle est la valeur énergétique des glucides et lipides, on met le substrat en question dans une chambre entourée d'eau, isolée de l'extérieur.

On le brûle ; de l'énergie est alors dégagée et l'eau est réchauffée.

Quand la température de l'eau augmente de 1°C, l'énergie dégagée est de 4.2 kJ, soit 1 kcal.

NB : On utilise cette méthode uniquement pour les glucides et les lipides car la combustion est complète; il n'y a pas de relation stricte pour les protéines.

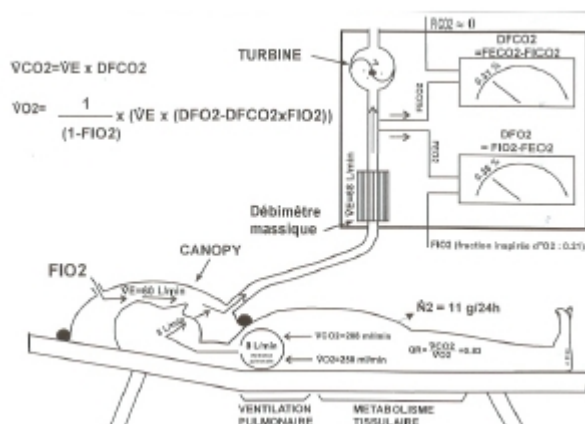
→ **Calorimétrie de Lavoisier** : on recueille l'eau liquide résultant de la fonte de la glace. 334 kJ ↔ 1L de glace fondue.

- **Calorimétrie indirecte** : à partir des gaz expirés.

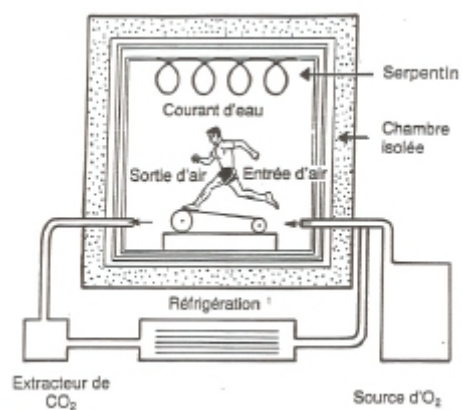
La mesure par circuit fermé a été abandonnée au profit d'un circuit ouvert :

- Canopy (boîtier transparent couvrant la bouche et le nez du sujet) le plus utilisé,
- Chambre calorimétrique.

Calorimétrie indirecte: mesure de la DER-Canopy ventilé



Chambre calorimétrique



Ce document, ainsi que l'intégralité des cours de p1, sont disponibles gratuitement à l'adresse suivante: <http://coursp1bichat-larib.weebly.com>

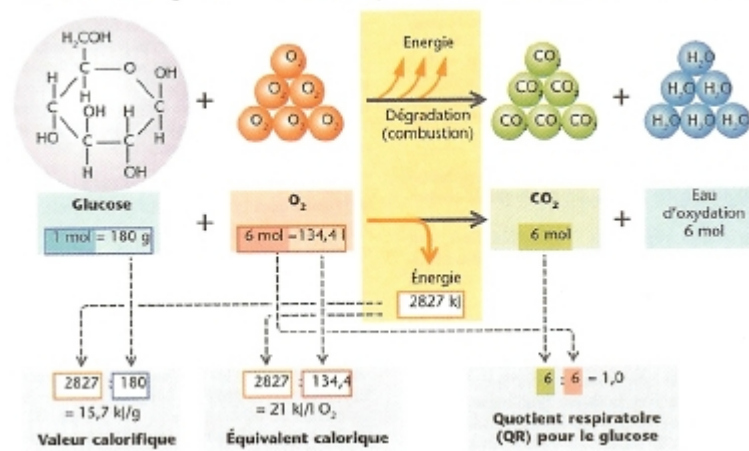
Mesure de la DER par Canopy ventilé : le Canopy permet d'éviter les fuites et donc ne pas fausser les mesures.

La chaleur dégagée par les processus métaboliques peut être calculée de manière indirecte par les gaz expirés.

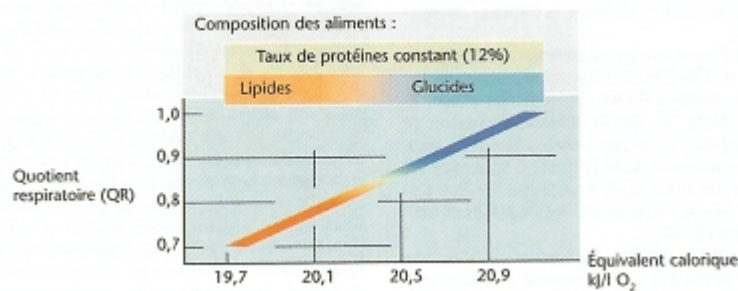
A l'état stationnaire, QM (quotient musculaire) = QR (quotient respiratoire) = V_{CO_2} / V_{O_2}

Combustion du glucose : valeur calorifique, équivalent calorique et quotient respiratoire.

C. Combustion du glucose : valeur calorifique, équivalent calorique et QR



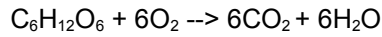
D. QR et équivalent calorique en fonction des aliments



Ce document, ainsi que l'intégralité des cours de p1, sont disponibles gratuitement à l'adresse suivante: <http://coursp1bichat-larib.weebly.com>

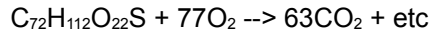
d. Métabolisme de base : calculs et coefficients à connaître

✓ **Glucides: 3,74 kcal/g**



$$\rightarrow\rightarrow\rightarrow QR = CO_2/O_2 = 1$$

✓ **Protides: 4,7 kcal/g (ex: albumine)**



$$\rightarrow\rightarrow\rightarrow QR = 0,8$$

✓ **Lipides: 9,46 kcal/g (ex: acide palmitique)**



$$\rightarrow\rightarrow\rightarrow QR = 0,7$$

Substrat	Valeur calorifique par g de substrat (kJ.g ⁻¹)	par litre STPD d'O ₂ (kJ.L ⁻¹)	QR	Produits d'oxydation
Glucides	17	21	1	CO ₂ , H ₂ O
Lipides	38	20	0.7	CO ₂ , H ₂ O
Protides	17	20	0.8	CO ₂ , H ₂ O, urée

❖ **Formule de Ben Borat**

$$DE = 3,913 VO_2 + 1,093 VCO_2 - 3.34 N_2$$

Formule simplifiée pour le PCEM1 seulement :

$$DE = 6 VO_2 + 1.5 VCO_2 - 3 N_2$$

B. Thermogenèse post prandiale (TPP)

→ Augmentation de la DE qui suit la prise alimentaire.

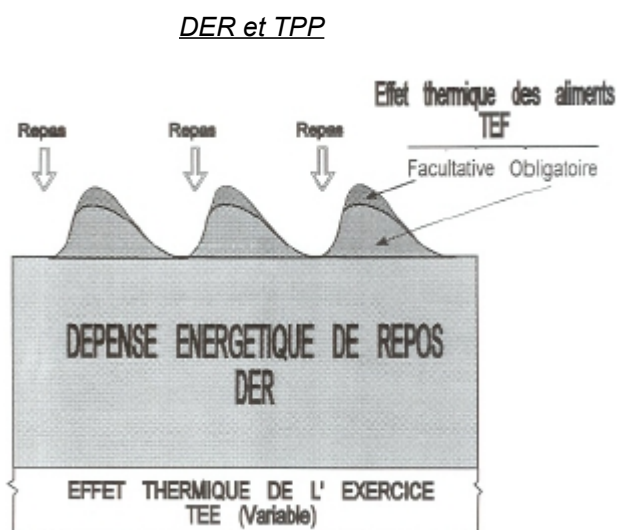
→ Comprend :

- Une partie obligatoire : coût de stockage des nutriments :
 - 25% de l'énergie des protéines ingérées,
 - 6% de l'énergie des glucides ingérés,
 - 2% de l'énergie des lipides ingérés.
- Une partie facultative dépendant du SN sympathique (Noradrénaline).

Ce document, ainsi que l'intégralité des cours de p1, sont disponibles gratuitement à l'adresse suivante: <http://coursp1bichat-larib.weebly.com>

❖ Facteurs de variations :

- Charge calorifique du repas,
- Qualité du repas,
- Palatabilité de repas et SNS (système nerveux sympathique),
- Exercice physique préalable,
- Substances diverses : caféine, nicotine.
- MG : TPP diminue chez l'obèse quand la MG augmente.



C. Dépense énergétique et exercice musculaire

- 3^{ème} composante de la DE.
- Très variable mais plutôt faible dans les pays développés : 20 à 25% de la DE
- Chez les sportifs ou le travailleur de force : parfois 60 à 70% de la DE (3DE)
- Peut se mesurer :
 - en chambre calorimétrique (en labo)
 - avec de l'eau doublement marquée D₂O et ¹⁸O (en vie libre)
 - à partir de la fréquence cardiaque ou d'actimètres.
- Peut se calculer ou s'estimer :
 - Tables d'activité,
 - Indices approximatifs : DE = 1.4 DER malade hospitalisé,
1.55 activité légère,
1.8 activité modérée,
2.1 activité intense.
 - Calcul de la ration calorifique d'un patient en nutrition :

$$DE = 1.55 (21MM + 500) \quad \text{rappel : } 21MM + 500 = DER \text{ (la 1ère composante de la DE)}$$

Ce document, ainsi que l'intégralité des cours de p1, sont disponibles gratuitement à l'adresse suivante: <http://coursp1bichat-larib.weebly.com>

❖ Dépense énergétique en pathologie

Obésité : la DE augmente par augmentation :

- de la MM et plus ou moins de la MG,
- relative de la TPP,
- du coût locomoteur.

Dénutri (carence d'apport) : DE diminue

- par diminution de la MM,
- par augmentation de l'efficacité métabolique : adaptation vers l'économie.

❖ Exemples :

→ Agression aiguë :

- DE augmente de 80% après une péritonite,
- DE augmente de 38% si pneumopathie.

→ VIH :

- DER: 38kcal / kg MM / 24h au lieu de 30
- DER: 43kcal / kg MM / 24h si surinfection opportuniste.

→ La détermination des besoins des 24h nécessite une mesure vraie de la DER dans la plupart des pathologies.