

# Métabolisme partie 1

## I. MÉTABOLISME DE BASE

Nous allons étudier le **métabolisme de base** : tout d'abord des définitions, ensuite des méthodes de mesure, nous verrons comment le métabolisme de base varie et quels sont ses liens avec la surface corporelle et les conséquences en physiologie.

### DÉFINITIONS DU MÉTABOLISME DE BASE

≠ **métabolisme de base** : production de chaleur par l'organisme dans une situation de **repos** complet en position **couchée**, à **distance** d'un repas, en situation de **neutralité thermique**.

⇒ C'est la production de chaleur **inéluçtable** de l'organisme.

Pourquoi de la chaleur ?

Parce que tout travail de l'organisme à un rendement **inférieur** à **1**.

⇒ Le ratio entre l'énergie libre transformée en travail et l'énergie libre consommée est **inférieur** à **1**.

$$\text{Rendement} = \frac{\text{énergie libre transformée en travail}}{\text{énergie libre consommée}} < 1$$

≠ **La phosphorylation oxydative** : produit l'**ATP** via les nutriments.

- La phosphorylation oxydative à un rendement de **40%**
  - **60%** de l'énergie libre des liaisons covalentes des nutriments est dissipée sous forme de **chaleur**.
- La **contraction musculaire** à un rendement de **25%**
  - Elle utilise l'**ATP** pour les mouvements (*revu en histo*)
  - **75%** de l'énergie est dissipée sous forme de **chaleur**.
- Le moteur diesel à un rendement **équivalent** à la **phosphorylation oxydative** (c'est une performance technique)
  - Rendement **40%**
  - **60%** d'énergie sous forme de chaleur

‡ **L'énergie libre** : énergie des liaisons **covalentes**, utilisables par les êtres vivants dans le métabolisme énergétique.

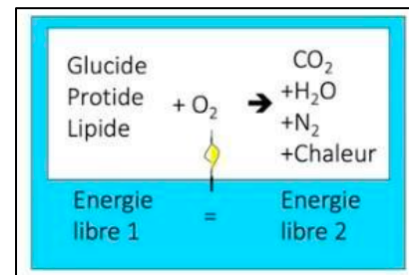
‡ **Bioénergétique** : description du **transfert** et de **l'utilisation** de l'énergie libre par les organismes vivants (*revu en bioch*)

## II. MÉTHODE DE MESURE

### MESURE DE L'ÉNERGIE LIBRE PAR COMBUSTION

Avant de parler de ces concepts de biochimie, on considère que l'organisme « brûle » des calories (*vulgarisation*).

Selon le principe de **conservation de l'énergie**, lorsqu'on brûle physiquement, en parlant des glucides, protides et des lipides dans une **bombe calorimétrique de Berthelot** en présence d'oxygène et d'une flamme pour déclencher la **combustion**, on aboutit aux produits **terminaux** de la réaction (du gaz carbonique avec un peu d'eau et d'azote) avec une certaine **quantité de chaleur**.



Donc **l'énergie initiale** du système contenue dans les liaisons **covalentes** des nutriments se retrouve **l'état final**.

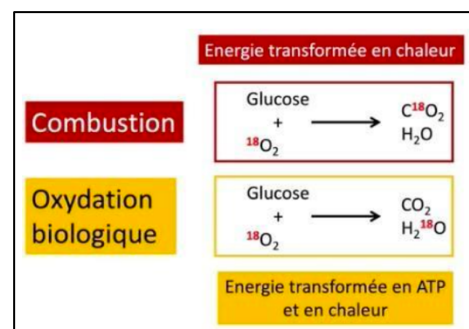
### COMBUSTION VS OXYDATION

Comme l'organisme produit aussi de **l'eau** et du **gaz carbonique** lorsqu'il respire, on peut faire l'analogie avec la **bombe calorimétrique de Berthelot**.

Il y a une différence fondamentale entre **combustion** et **oxydation** :

On utilise **l'isotope 18 de l'O<sub>2</sub>**, traçable par un **spectrographe de masse**

- Par **combustion**, l'O<sub>2</sub> apparaît dans le **CO<sub>2</sub>**



- Par **oxydation biologique** (dans un organisme vivant), l'atome lourd d'O<sub>2</sub> atterri dans la molécule **H<sub>2</sub>O**

*Il y a des analogies entre combustion et oxydation.*

- On peut donc parler d'un organisme qui **brûle** des **calories** à condition de ne pas faire de confusion entre les mécanismes corporels et extracorporels.

## ÉNERGIE LIBRE DES NUTRIMENTS DE L'ORGANISME

*On peut considérer que :*

*L'énergie libre des nutriments dans l'organisme = à l'énergie des nutriments dans la bombe calorimétrique*

En revanche c'est très différent pour les **protides** car

*le catabolisme des **protides** s'arrête à l'urée.*

On ne peut pas éliminer de l'azote sous forme **stable**, on fabrique donc de **l'urée** qui contient encore des liaisons **covalentes** entre les atomes C, O et N et qui ne sont pas utilisables pour fabriquer de l'énergie libre.

L'utilisation énergétique d'un gramme de **protide** est donc **inférieure** à celle de la **bombe calorimétrique**. *Car le catabolisme ne va pas « jusqu'à la fin »*

Oxydation dans l'organisme :

- 1 g de glucide = **4 kcal**
  - 4,1 avec la bombe
- 1 g de lipide = **9 kcal**
  - 9,3
- 1 g de protide = **4 kcal**
  - 5,6

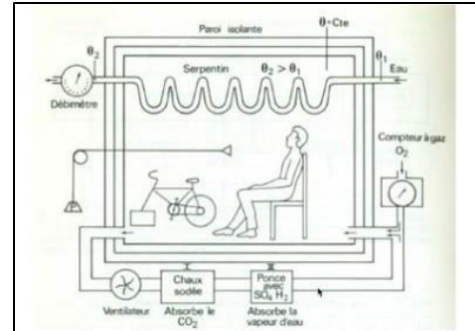
Le catabolisme des **protides** s'arrête à **l'urée** : énergie libre **1,5 kcal/g**.

## MESURE PRODUCTION CHALEUR : CALORIMÉTRIE DIRECTE

Historiquement, pour mesurer la production de chaleur, on utilise un dispositif complexe avec un individu au repos dans un environnement thermo-régulé.

On va mesurer la différence de température avec un circuit d'eau (serpentin sur le schéma) :

- ⇒ L'eau entre avec une certaine température et ressort avec une autre.
  - Le **delta de température** correspond à la **production de chaleur** captée par l'eau. *Delta = différence de température*



Le sujet peut effectuer différents exercices (traction, pédalage...).

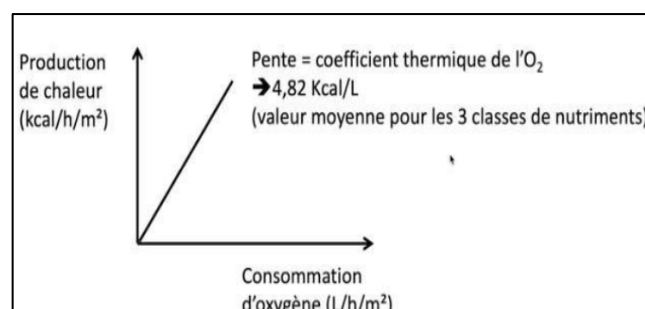
On mesure la **consommation d'O<sub>2</sub>** et le **relargage de CO<sub>2</sub>** en trappant l'air expiré par de la chaux sodée qui absorbe le CO<sub>2</sub>.

- ⇒ Ce dispositif mesure **l'émission de chaleur** dans différentes situations : il est à la base de la **calorimétrie directe**.

## COEFFICIENT THERMIQUE DE L'OXYGÈNE

En se basant sur la **consommation d'oxygène**, on peut mesurer le **métabolisme de base**

- ⇒ car on utilise **l'O<sub>2</sub>** pour oxyder nos nutriments.



Si on met la consommation d'O<sub>2</sub> en rapport avec la production de chaleur, la relation est **linéaire**.

La pente de cette relation est le **coefficient thermique de l'oxygène**.

- Il est de **4,82 kcal/L** d'oxygène consommé en moyenne pour une alimentation équilibrée chez l'homme.

### III. VARIATIONS DU MÉTABOLISME DE BASE

#### ORIGINES DE LA PRODUCTION DE CHALEUR

‡ **métabolisme de base** : production de chaleur **minimale** en position couchée, à distance d'un repas et en situation de **neutralité thermique**.

⇒ Peut être multiplié **par 4** lorsqu'on est exposé au **froid**

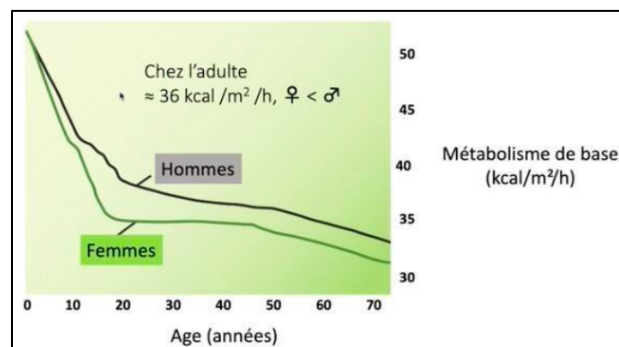
‡ **activité dynamique** (spécifique des aliments) : production de chaleur **secondaire** à la **synthèse** des molécules de stockage de **l'énergie libre** des aliments (TG, glycogène) (*cf bioch*)

‡ **activité mécanique** : production de chaleur **secondaire** au **travail mécanique** des muscles striés squelettiques.

⇒ On peut multiplier **par 20** la production de chaleur lors d'un **exercice** musculaire soutenu

#### VARIATION DU MÉTABOLISME DE BASE

On représente le métabolisme (valeur à l'axe vertical) par rapport à l'âge (axe horizontal).



Chez les femmes comme chez les hommes le **métabolisme de base** est ;

- **Très élevée** chez l'enfant
- Cette valeur élevée **décroche** au moment de l'adolescence
- **Décroissance** très faible quand on vieillit

En moyenne, la production de chaleur du métabolisme de base par rapport à la surface corporelle et à l'heure est de :

**36 kcal/m<sup>2</sup>/h**

## LES DIFFÉRENTS ORGANES ET LE MÉTABOLISME

Le muscle squelettique, le tissu adipeux, la peau, les os et l'intestin forment l'essentiel de la **masse du corps** mais les tissus **métaboliquement actifs** sont ceux qui pèsent peu par rapport au corps : le cerveau, les reins et le cœur.

### Masse du corps

- Muscle squelettique
- Tissu adipeux
- Peau
- Os
- Intestin

### Tissus métaboliquement actifs

- Cerveau
- Reins
- Cœur

Le **tissu adipeux** a une très **faible** dépense métabolique mais il est dans une proportion importante du poids de m'individu.

- De même pour le muscle squelettique

## DIFFÉRENCE ENTRE HOMME ET FEMME

La différence de **métabolisme de base** entre les deux sexes provient de la **différence de composition corporelle** :

- A âge et poids égal, la femme a **plus** de tissus **adipeux** que l'homme
- ⇒ « On dit que l'homme obèse est moins aqueux. »

On peut voir un **décrochage** qui apparaît lors de la **puberté**. En effet, les femmes et les hommes acquièrent leurs **caractères secondaires**.

- Avec une répartition de tissus adipeux de manière plus **abondante** chez la femme.

## IV. LIEN AVEC LA SURFACE CORPORELLE

### SURFACE CORPORELLE : UN LIEN PROCHE

La **surface corporelle** est très corrélée au **métabolisme de base**.

*Elle peut servir pour comparer des grandeurs physiologiques entre des individus de corpulence différente.*

Par exemple :

Si on s'interroge sur la fonction rénale d'Averell par rapport à celle de Joe, on a intérêt à considérer qu'ils ont une taille différente d'un facteur 3, mais la taille ou le poids ne sont pas suffisants.

Si quand on compare le métabolisme de base d'animaux de poids extrêmement différents (comme le cheval et la souris) et qu'on le rapporte au poids on a un facteur 9 de différence.

Quand on le met en rapport avec la **surface corporelle**, il y a beaucoup **moins** de différences intra-espèce et inter-espèces.

C'est logique puisque

la chaleur est **radiaire** et qu'elle dépend de la **surface corporelle** qui l'émet

Tut'help :

- Si on prend en compte uniquement le poids, on aura forcément une grande différence !
  - La souris produit moins de chaleur car plus petite !
- Si on prend en compte la **surface corporelle**, on aura une production de chaleur en **m<sup>2</sup>**, donc une sorte de proportionnalité. On va vraiment s'intéresser à la fonction étudiée.
  - Moins de différence entre la souris et le cheval.

## UTILISATION DE LA SURFACE CORPORELLE

Le paramètre anthropométrique idéal serait la **masse de tissu actif**.

Depuis le début en physiologie, on utilise un individu standard qui n'existe pas.

L'individu standard :

- Taille : **1,60m**
- Poids : **70 kg**
- Surface corporelle : **1,73m<sup>2</sup>**

La surface corporelle se calcule via :

- La taille
- Le poids

Elle correspond plus au moins au **métabolisme de base**, ce qui permet **d'indexer** un certain nombre de grandeurs physiologiques.

- Notamment le **débit de filtration glomérulaire DFG**

## DÉBIT FILTRATION GLOMÉRULAIRE

On prend deux sujets de taille, poids et **surface corporelle différents** avec le **même DFG** : **80ml/min**.

En indexant le **DFG** à un individu standard, en faisant une règle de 3, on trouve que le sujet 1 à un rein qui fonctionne beaucoup moins que le sujet 2.

⇒ On peut donc comparer de façon intelligente la fonction rénale de deux sujets de gabarit différents.

**Tut'help** : Ce n'est pas parce qu'ils ont le **même DFG**, que leurs reins fonctionnent de la même manière ! Ça dépend de la **surface corporelle**.

## VALEUR COMPARABLE

± **Débit cardiaque** : **5L/min** chez un individu standard.

± **Index cardiaque** : débit cardiaque mais rapporté en **m<sup>2</sup>** (surface corporelle).

- **3,5 L/min/m<sup>2</sup>**

± **filtration glomérulaire** : **120 mL/min/1,73m<sup>2</sup>**

## CONCLUSION

- Le **métabolisme de base** est une dépense d'énergie **inéluçtable**
- Il se mesure par la production de chaleur au **repos**
- Le **métabolisme** de base est bien **corrélé** à la **surface corporelle**
- La **surface corporelle** permet **d'indexer** les valeurs biologiques pour les **comparer** entre individus de corpulence différente.

Et voilà, c'est finito pour la partie 1 <3