

Introduction

Elle étudie l'origine et le devenir de l'énergie dans la matière vivante, elle a pour objet l'étude des échanges globaux d'énergie des organismes vivants.

L'homme est un être **hétérotrophe** utilise l'énergie élaborée par les êtres autotrophes (végétaux).

Cette énergie peut être habituellement stockée sous forme de composés phosphorylés : Adénosine Triphosphates (ATP) surtout, ADP et créatine phosphate (CP) ou servir aux fonctionnements de l'organisme.

Elle obéit aux principes de la thermodynamique.

Principes de la thermodynamique

* Loi de constance et de conservation de l'énergie :

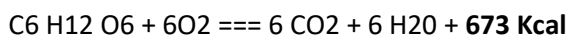
La quantité d'énergie contenue dans un système est **Constante et conservée**, elle ne peut être ni créée ni détruite, mais seulement transformée d'une forme à une autre : mécanique, chimique, et thermique, ces formes utilisent la même unité de mesure la kilocalorie = notion d'équivalence.

$$\text{Énergie fournie} = \text{énergie dépensée}$$

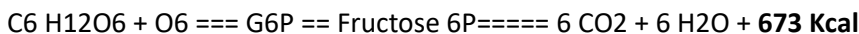
* Loi de l'état initial et de l'état final

La quantité d'énergie libérée lors de la combustion des aliments dépend uniquement de l'état initial et de l'état final et pas des réactions intermédiaires.

Exemple : Combustion du glucose dans un calorimètre (physique)



Oxydation du glucose dans l'organisme



Il suffit de connaître la quantité de matière engagée dans la réaction

$$\text{Bilan Énergétique global} = \text{Etat initial} - \text{Etat final}$$

Energie du corps = apport énergétique (nutriments) – pertes d'énergie (travail + chaleur)

« L'énergie se conserve quand elle se transforme » => « Seul compte l'état initial et l'état final »

« L'Energie se dégrade quand elle se transforme, donc l'entropie de l'univers augmente »

« Toute transformation obéit aux deux principes de la thermodynamique »

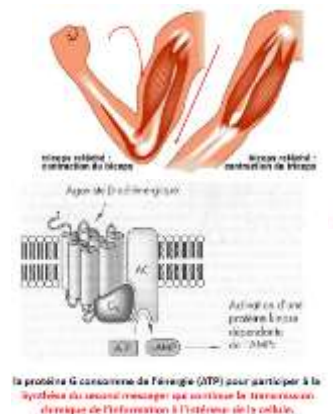
Exemples de fonctionnement :

Mécanique comme la contraction musculaire ;

Électrique comme la genèse des potentiels membranaires ; **et le** maintien des gradients électriques et osmotiques (grande quantité d'énergie)

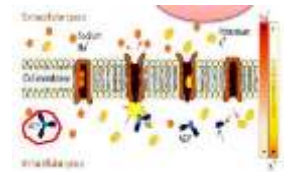
Chimique comme la synthèse de nouvelles molécules : protéines, glycogène et triglycérides (stockage) **et** le passage de molécules à travers les membranes.

L'organisme vivant, maintient sa structure, ou la développe (l'enfant en croissance, l'adulte au cours de l'activité sportive ou la femme en état de grossesse).



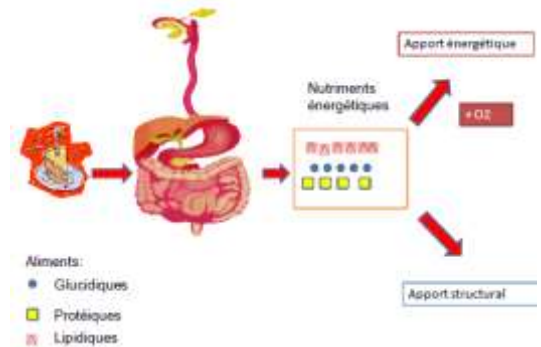
La production d'énergie nécessite surtout deux éléments :

- * l'oxygène
- * et la matière d'origine alimentaire.



L'alimentation apporte des éléments :

- * **Organique, énergétiques** : Glucides Lipides Protéines dont la dégradation (catabolisme) produit de l'énergie.
- * **Non organique**, non énergétiques : Eau, minéraux et oligoéléments indispensables aux fonctions métaboliques.



Cette énergie peut être mesurée.

Méthode de mesure ou calorimétrie

C'est la mesure de la quantité d'énergie, utilisée par un organisme vivant, donc une évaluation globale de son fonctionnement.

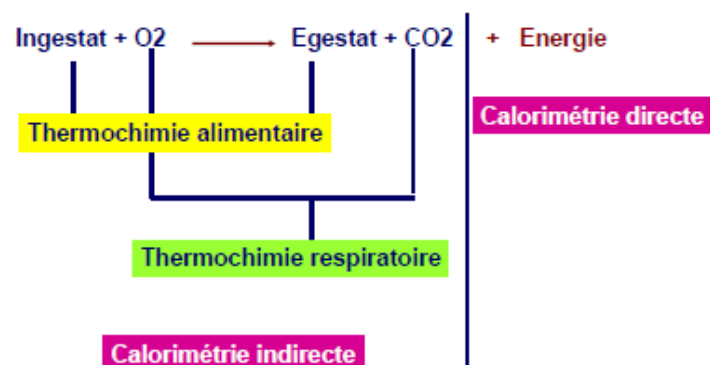
L'unité de mesure est la Kilocalorie (Kcal).

1 Kcal, représente la quantité d'énergie qui permet l'élévation de la température d'un litre d'eau de 1°C (de 15 ° C à 16 °C).

$$1 \text{ Kcal} = 4,185 \text{ KJ.}$$

La calorimétrie peut être :

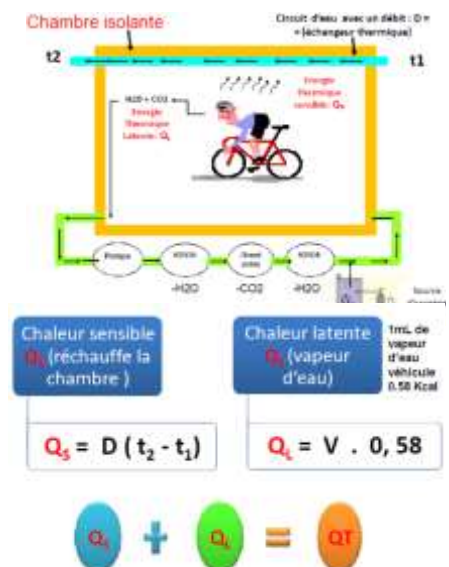
- * **Directe**. Par : **Chambre isolante**
- * **Indirecte**. Par :
 - Thermochimie ou **calorimétrie Alimentaire**
 - Thermochimie ou **calorimétrie Respiratoire**.



Chambre isolante calorimétrique d'ATWATER et BENEDICT

L'objectif est l'évaluation globale de l'énergie utilisée par l'organisme en mesurant la quantité de chaleur produite et cédée à l'environnement par radiation, convection, évaporation et conduction.

La température de la chambre isolante est maintenue constante à l'aide d'un échangeur thermique (circuit d'eau).



La calorimétrie alimentaire

La quantité d'énergie utilisée par l'organisme est estimée à partir du calcul de l'énergie apportée par la ration alimentaire (ingesta) ou par la mesure des déchets (égesta).

Deux difficultés

- Les aliments ingérés ne sont pas totalement brûlés.

Il faut tenir compte de la quantité d'énergie perdue dans les excréta (selles et urines)

- L'apport alimentaire peut ne pas couvrir exactement les besoins : ils peuvent être en

Excès : Réserve de graisse

Déficit : Utilisation des réserves

Cette technique n'est valable que si le sujet est en bonne santé et que son poids est resté stable pendant la période de mesure

Cette méthode est à la **base de la méthode d'enquête utilisée par l'OMS**

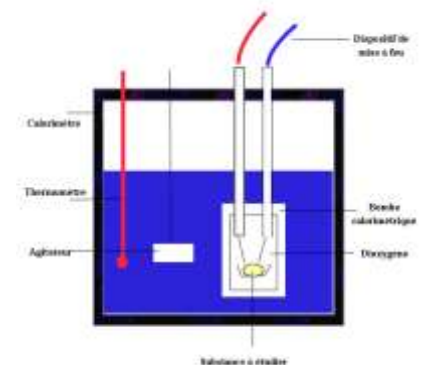
Valeurs caloriques et utilisation des aliments

La combustion complète des glucides et des lipides en présence d'oxygène à haute pression (**Bombe calorimétrique de Bertelot**) donne de l'H₂O du CO₂ et de la chaleur en plus de l'azote pour les protéides.

On peut calculer le contenu énergétique en regardant l'élévation de la température de l'eau.

L'énergie résultante ou **Valeur énergétique théorique des nutriments**, est la suivante pour chaque gramme de nutriment :

1g lipide L donne	9,3 Kcal
1g Glucides G donne	4,1 Kcal
1g de protide P donne	5,7 Kcal



Dans l'organisme :

La **valeur énergétique réelle** des G et des L est pratiquement égale à la valeur théorique, alors que la valeur énergétique des P est différente de sa valeur théorique.

En effet le protide est brûlé partiellement dans l'organisme, pour donner une valeur énergétique dite biologique ou réelle (avec une **perte de 0.85 kcal/g** de protéine sous forme d'urée).

Donc la **valeur calorique réelle** est :

$$1\text{g de L} = 9,3 \text{ Kcal} ; \quad 1\text{g de G} = 4,1 \text{ Kcal} ; \quad 1\text{g de P} = 4,1\text{Kcal}$$

De plus l'absorption intestinal est incomplète ce qui est à l'origine d'une troisième **valeur énergétique dite pratique** :

$$1\text{g L} = 9 \text{ kcal} ; \quad 1\text{g G} = 4 \text{ kcal} ; \quad 1\text{g P} = 4 \text{ kcal}.$$

La connaissance du poids de chaque nutriment dans la ration alimentaire, permet le calcul de l'**apport énergétique pratique** ou **ration calorique Q** : $Q \text{ Kcal} = 4(G) + 4(P) + 9(L)$

Exercice : Calculer la ration calorique en Kcal d'un sujet dont la ration alimentaire est composée de :

300g de G, 100g de L et 150 g de P.

Calorimétrie alimentaire

Méthode des Ingesta

Utilisée en pratique clinique

Il faut connaître la quantité des aliments ingérés leur composition en glucides lipides et protides et leurs valeurs caloriques (**tables de composition alimentaire**).

Ensuite on calcule le **coefficient d'utilisation digestive** CUD = Quantité absorbée/Quantité ingérée

CUD= (Ingestat – Egestat)/Ingestat = **Rendement** toujours inférieur à 1

Les modifications des réserves sont négligées mais qui peuvent être mesurées par impédancemétrie ou autre.

Pour 100 g d'aliments	Protides en g	Lipides en g	Glucides en g
Beurre	0.6	81	0.4
Bœuf	17.5	22	1.0
Pommes de terre	2.0	0.1	19.1

Méthode des Égesta

Estime l'énergie utilisée par la mesure des déchets (carbone, azote et eau) contenus dans l'aire expiré, et l'urine.

La mesure de la quantité d'égesta produite permet de déterminer la quantité d'ingesta absorbée et de calculer la valeur énergétique métabolisable.

Ingestat + O₂ == H₂O + urée + CO₂+M

CO₂ Provient des G, L, P. Il est rejeté dans l'air expiré et peut être mesuré par spirométrie.

Calorimétrie respiratoire

- c'est la plus utilisée en pratique médical.

Elle impose que le sujet soit en état stable et au repos au moins 15 à 30 minutes.

- Se base sur la mesure du volume d'oxygène consommé par unité de temps en l/ mn par spirométrie : **V*O₂** et sur la connaissance du coefficient thermique de l'oxygène **kcal/ l d'O₂ : C**

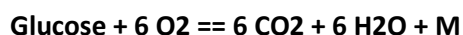
La **dépense énergétique kcal/h** ou **Q** est :

$$Q = C \times V \times O_2.$$

Ou sur la base du quotient respiratoire.

Coefficient thermique de l'oxygène kcal/ l d'O₂ ou C

C'est la Quantité d'énergie ou l'équivalent calorique ou l'énergie thermique dépensée par la combustion d'une substance avec la consommation d'un litre d'O₂

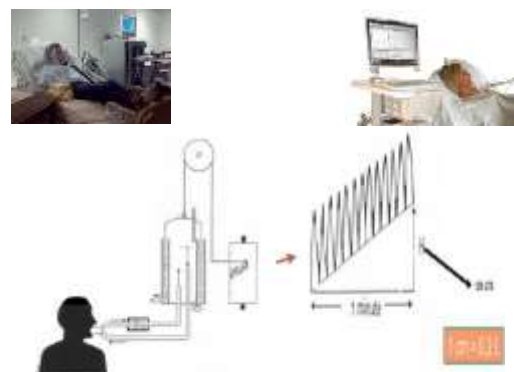


(1mole d' O₂ occupe un volume de 22, 4 litres)

$$C = 673 / 22.4 \times 6 = 5 \text{ kcal/L d' O}_2.$$

Il est = à :

5 Kcal pour les glucides/l d'O₂ ; 4,70Kcal pour les lipides/l d' O₂ ; 4,50 Kcal pour les protides/l d' O₂.



En pratique, **il est difficile de connaître la participation exacte de chacun des 3 nutriments** au moment de la mesure de la consommation d'O₂ d'où l'utilisation de **l'équivalent calorique moyen** qui est = à : **4,83 kcal/l d' O₂**

Exercice : Si la mesure de la consommation d'O₂ chez un sujet en condition stable, retrouve une valeur de **0,5 Litres / minute**.

Calculez la quantité d'énergie produite par son organisme pendant **20minutes?**.

$0.5 \times 4.83 = 2.41 \text{ kcal/min}$ donc $2.41 \times 20 = 48.2 \text{ kcal/20minutes}$

Notion de quotient respiratoire QR

QR = V*CO₂ produit / V*O₂ consommé par unité de temps .

Sa valeur est variable selon le type d'aliment brûlé:

Glucides	•QR = 6/6 = 1 (Idéal)
Lipides	•QR = 0,7
Protéines	•QR = 0,82

Le QR varie toujours entre 0,70 à 1, il fournit une indication sur le type d'aliments consommés

QR = 0.8 indique une alimentation mixte (standard).

Il peut être mesuré pour un organe (cerveau consomme des **glucides** QR = 0.99), un tissu ou bien l'organisme complet.

Durant un jeûne prolongé le QR est environ 0.7.

Le métabolisme énergétique

C'est l'ensemble des réactions de catabolisme (combustion ou dégradation) et d'anabolisme (construction ou synthèse) qui s'accompagnent d'un transfert d'énergie dans l'organisme.

L'anabolisme est endothermique consomme de l'énergie et le catabolisme est exothermique car il la libère.

Il est égale= **métabolisme de base + métabolisme additionnel.**

Métabolisme de Base (MB) ou dépense énergétique de fond

C'est la quantité d'énergie utilisée pour le maintien de la vie végétative (cerveau, cœur, poumons, reins, foie). Il **représente 60% de la dépense énergétique global DEG**

Se mesure en **Kcal/mètre carré de surface corporelle/heure.**

Par thermochimie respiratoire = équivalent calorique moyen $\times$ V*O₂ par heure par mètre carré.

Conditions basales de mesure du MB :

- Sujet couché, détendu, éveillé.
- Restriction alimentaire depuis 12 à 16 heures.
- Repos total avec détente et relaxation musculaire depuis au moins 30 minutes.
- Température ambiante = à 21 °C pour un sujet légèrement vêtu ou 26°C s'il est nu (absence de lutte contre le chaud et le froid).

Le MB peut être estimé à partir de formules **Harris Benedict** et autres.

Valeur du MB et variations

Le MB est = à 40 kcal/m²/h chez le jeune adulte, sain, de sexe masculin.

Variations physiologiques :

Avec l'âge. Il augmente de la naissance jusqu'à l'âge d'un an puis il diminue progressivement pour augmenter au moment de la puberté.

Avec le sexe Plus faible chez la femme que chez l'homme. Il augmente pendant la grossesse, l'allaitement et diminue après la ménopause.

Le Cycle nyctéméral : Le sommeil diminue le MB

Le jeûne diminue le MB.

L'activité physique augmente le MB

Les Conditions climatiques : Climat extrême augmente le MB pour réguler la température du corps face aux changements de la température ambiante.

Variations pathologiques

Les dysthyroïdies

Hypothyroïdie diminue le MB

Hyperthyroïdie augmente le MB

La fièvre, le stress augmentent le MB

Les dépenses énergétiques additionnels

S'ajoutent aux dépenses de fond (métabolisme de base)

Les DE sont variables **selon** :

- 1)- L'activité physique
- 2)- La thermorégulation
- 3)- La thermogénèse post prandial

1)- L'activité physique

La DE augmente en fonction de l'intensité et de la durée de l'activité :

2)-La thermorégulation

L'être humain est **homéotherme**.

La température de son corps (interne) est pratiquement **stable 37°C** face aux variations de la température externe ambiante.

Grâce à la mise en action de plusieurs mécanismes physiologiques, régulateurs de la température corporelle thermorégulation.

Ces mécanismes sont de natures différentes et ils sont épuisables.



Mécanismes de la thermorégulation

La Température (ambiante) de neutralité thermique :

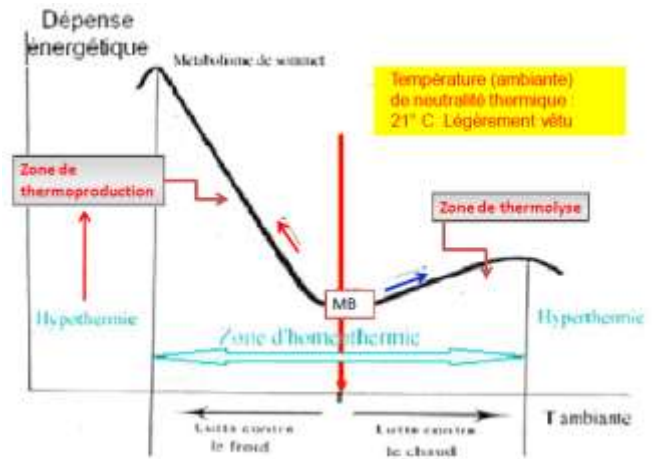
21° C Légèrement vêtu

Au Froid : Thermo production ou Thermogenèse

- Augmentation du fonctionnement de la glande thyroïde
- Frissons,
- Vasoconstriction,

Au chaud : Thermolyse

- Diminution du Fonctionnement de la glande thyroïde.
- Sudation
- Vasodilatation



3)- La thermogénèse post prandial

C'est une DE supplémentaire de plusieurs heures(6h) , qui fait suite à la prise alimentaire.

Appelée aussi **action dynamique spécifique** des aliments (ADS).

Elle est liée au travail métabolique (aux transformations chimiques).

Sa valeur varie en fonction de l'importance de la prise alimentaire et de la nature de l'aliment.

Elle est plus importante 25% **pour les protéines** ingérées qui subissent d'importantes réactions chimiques.

Elle est de :

- 6% **pour les** glucides
- 2% à 4% **pour les** lipides

