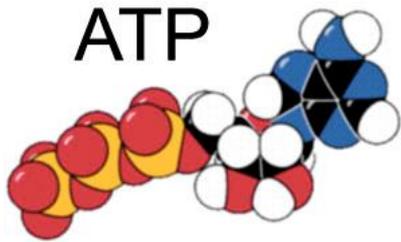


Énergie et métabolisme

Les animaux trouvent la plupart de leur énergie dans l'oxydation des nutriments. La quantité d'oxygène absorbée peut permettre des mesures du métabolisme.

Certains organismes peuvent fabriquer de l'énergie sans oxygène ; c'est le métabolisme anaérobie. Cependant, comme presque tous les êtres vivants, l'énergie qu'ils fabriquent est sous forme d'**ATP**.



Par hydrolyse d'une liaison phosphate, cette molécule restitue instantanément de l'énergie chimique. C'est la molécule biologique essentielle de l'énergie.



I Mesure du métabolisme énergétique

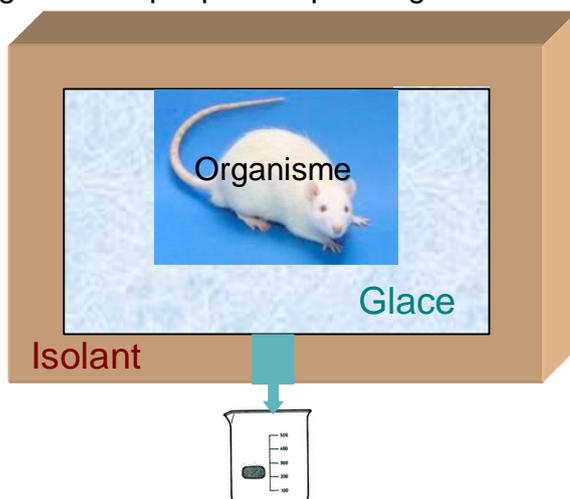
On appelle aussi le métabolisme énergétique, la puissance métabolique. L'énergie produite peut être mesurée de plusieurs manières :

- q *Nutriments absorbés* : on peut calculer l'énergie totale que représentent les nutriments absorbés. Malheureusement, ceux-ci ne servent pas qu'à fabriquer de l'énergie, mais aussi à former des structures. Cette méthode est incorrecte.
- q *Consommation de dioxygène* : on peut mesurer la quantité de dioxygène respirée et celle de dioxyde de carbone expirée. Cette méthode est assez précise.
- q *Chaleur produite* : de la chaleur est produite par la phosphorylation oxydative. Cette méthode est assez précise.

A. Calorimètre à glace

Pour mesurer la chaleur produite par un organisme, on peut utiliser un calorimètre à glace.

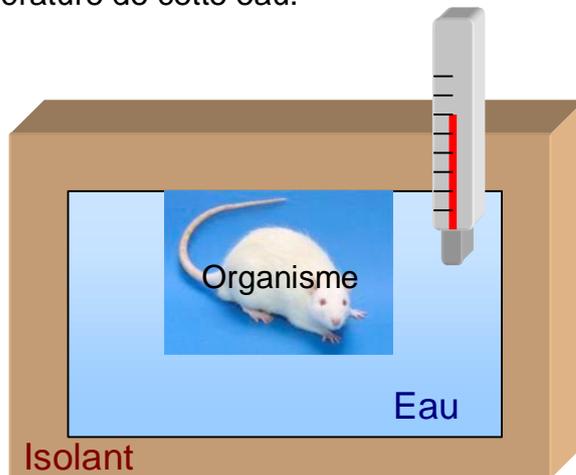
On place l'organisme dans une boîte entourée de glace, et on mesure le volume de glace fondue grâce à la chaleur de l'organisme. On peut ensuite déduire l'énergie thermique perdue par l'organisme.



Les mesures sont effectivement précises, mais l'organisme étant placé dans des conditions anormales (hypothermie), les dépenses énergétiques ne sont pas les mêmes qu'au repos.

B. Calorimètre à eau

L'organisme est cette fois placé dans une boîte entourée d'eau, on mesure la température de cette eau.

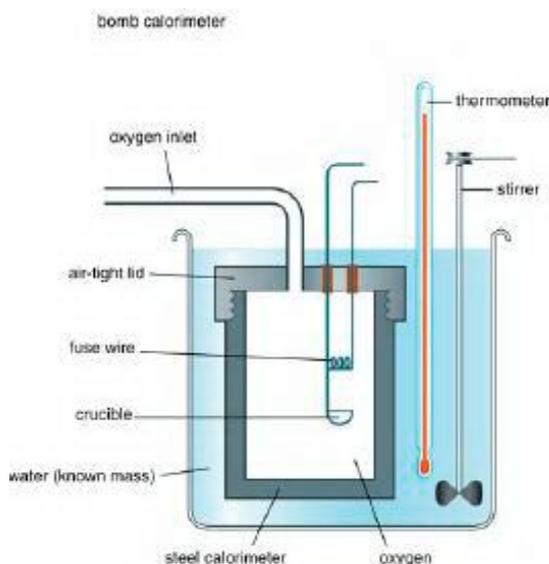


Même si cette fois les mesures sont plus justes, le calorimètre finit par se réchauffer, et l'organisme est alors placé dans des conditions d'hyperthermie. La fabrication d'énergie s'en trouve alors modifiée, les mesures ne peuvent pas être effectuées sur une longue période.

C. Calorimètre à compensation

Ce type de calorimètre permet des mesures très sensibles, mais une partie de la chaleur transmise par l'organisme est dissipée par évaporation. On l'appelle la chaleur latente.

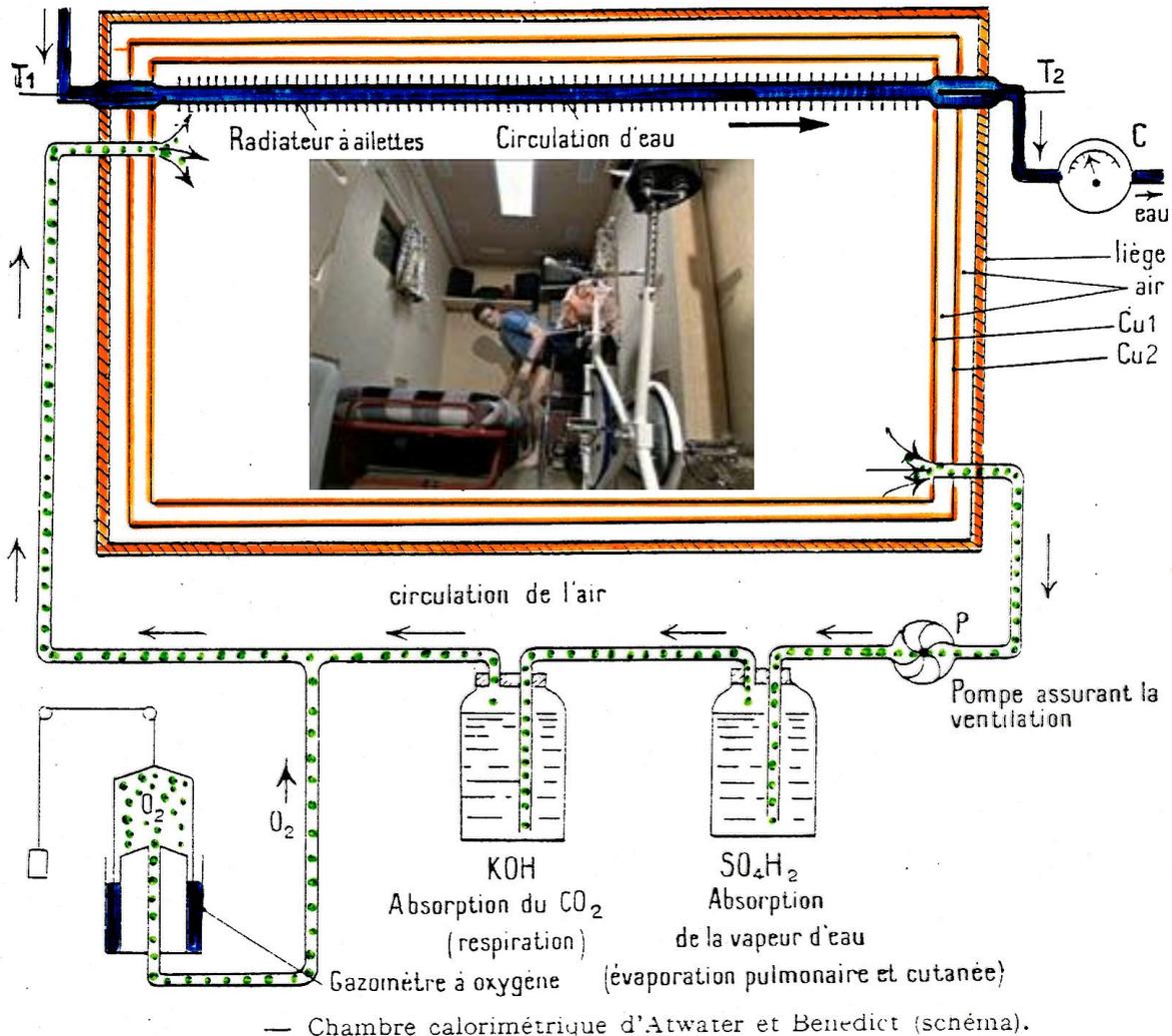
Cette chaleur peut tout de même être mesurée, en connaissant la quantité de vapeur d'eau libérée par l'organisme.



II_ La calorimétrie indirecte (thermochimie)

A. Mesure

Cette calorimétrie est beaucoup plus facile à utiliser que les précédents calorimètres, et elle permet des mesures très précises.



L'organisme est placé dans une pièce où la température, la quantité d'oxygène et d'eau est maintenue constante. Un grand radiateur permet de mesurer la chaleur transmise par le corps, tandis que l'air brassé à travers plusieurs solutions permet de déterminer la quantité de vapeur d'eau vaporisée par le corps et la quantité de gaz carbonique rejeté, et enfin le volume d'oxygène respiré est mesuré.

B. Interprétation

On a ainsi pu mesurer le coefficient thermique d'oxygène QR , c'est-à-dire la quantité d'énergie libérée lorsque l'on absorbe une certaine quantité d'oxygène. On a observé que :

_ pour brûler du glucose, 1 L d' O_2 produit 5047 cal

- _ pour brûler des lipides, 1L d'O₂ produit 4860 cal
 - _ pour brûler des protéines, 1L d'O₂ produit 4480 cal
- è le corps produit en moyenne **4830 cal.L⁻¹ = 20,2 kJ.L⁻¹** d'O₂ respiré

De plus, simplement avec le QR, on peut déterminer quels ont été les nutriments consommés pour fabriquer de l'énergie.

$$QR = \frac{V_{O_2 \text{ respiré}}}{V_{CO_2 \text{ rejeté}}}$$

En effet :

- _ QR du glucose : 1
- _ QR des lipides : 0,7
- _ QR des protéines : 0,8

III Stockage de l'énergie : graisse et glycogène

Tous les nutriments énergétiques ne sont pas tout de suite brûlés, une partie est stockée, sous forme de **glycogène** et de **graisses** (en particulier les triglycérides). Lors de ces stockages, on observe que QR > 1.

Ces deux formes de stockage ont leurs avantages et leurs défauts.

	<i>Glycogène</i>	<i>Graisses</i>
Poids	Plus lourd	Plus léger
Besoin d'O ₂ pour le convertir en glucose ?	Non	Oui
Rapidité de cette conversion	Rapide	Lente

On observe aussi que le glycogène est *plus rapidement et plus facilement convertible* en glucose que la graisse. Ce stockage est donc préférentiel dans les muscles où, lors d'un effort intense, les tissus demandent beaucoup d'énergie avec peu d'O₂ disponible. Les graisses sont par contre plus avantageuses comme *stockage sur le long terme*. Celles-ci sont stockées dans des cellules appelées lipocytes.

<i>Composé</i>	<i>g.J⁻¹</i>
<i>Graisse</i>	26
<i>Protéines</i>	55
<i>Amidon</i>	57
<i>Glycogène + eau</i>	240

Ainsi on observe que chez les organismes *très peu actifs*, il y a très peu de stockage sous forme de graisse puisque le poids ne les encombre pas. Chez l'homme, le stockage est préférentiellement graisseux.

IV Effet de la concentration en dioxygène

La concentration en dioxygène de l'atmosphère ne modifie pas la consommation en dioxygène. Cependant il existe certaines exceptions telles que le homard qui, plus il y a d'O₂ dans l'environnement, plus il en consomme.

A. Métabolisme anaérobie

Ce mécanisme est présent chez de nombreux organismes pouvant être soumis à des conditions sans oxygène. Certains organismes sont capables de supporter ces conditions de manière intermittente ; ce sont les anaérobies facultatifs.

Pour pouvoir fabriquer de l'ATP sans O_2 , il faut transformer le glucose en acide lactique, c'est la glycolyse anaérobie.

Cependant l'énergie fabriquée est très faible ; pour une molécule de glucose, on fabrique 36 ATP en conditions aérobies, tandis qu'on fabrique 2 ATP conditions anaérobies.

B. Autres voies métaboliques

Le poisson rouge peut survivre longtemps sans oxygène (notamment dans le froid car son métabolisme est ralenti). On observe une activité importante de la glycolyse anaérobie, mais il conserve peu d'acide lactique et il libère du CO_2 .

En fait, on observe que de l'éthanol est présent dans le poisson, ainsi que dans son milieu. On a démontré que le poisson effectue la réaction suivante :



Ceci lui permet d'éliminer le lactate toxique de son corps, mais avec tout de même une certaine perte d'énergie.

D'autres organismes vivant dans des zones où il y a très peu d'oxygène adoptent plusieurs solutions :

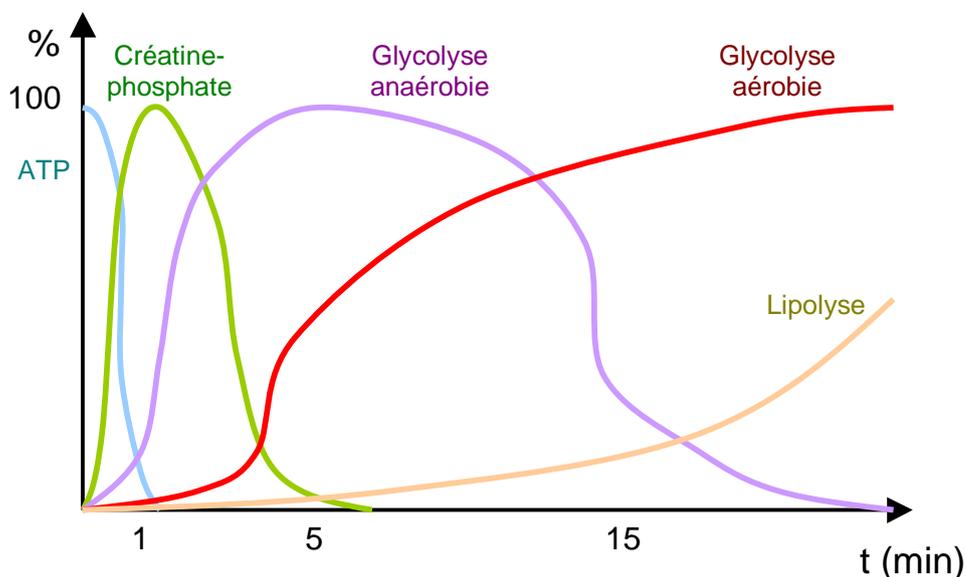
_ Ils remontent à la surface au cours de la nuit pour stocker de l'oxygène dans leur corps. La majorité de l'énergie est tirée de la glycolyse anaérobie.

_ Certains crustacés sont capables de prélever de l'oxygène même s'il y en a très peu ; leur énergie repose quand même sur le métabolisme anaérobie.

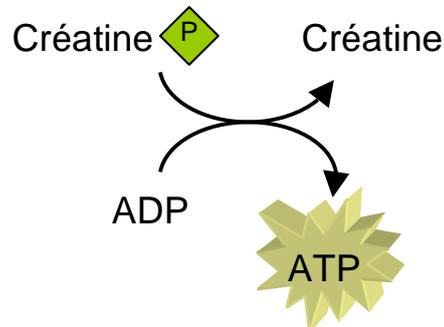
On suppose qu'il existe tout de même un autre métabolisme pour fabriquer de l'énergie car la glycolyse anaérobie restitue trop peu d'énergie. De plus, ces organismes semblent disposer d'un stock d'acides aminés qui pourraient peut-être servir de source d'énergie.

C. Métabolisme du muscle chez l'homme

Au cours d'un effort important et prolongé, on observe que l'énergie est successivement tirée de processus différents :



- q Réserves d'ATP : Il puise en premier sur les réserves d'ATP présentes dans le muscle. Cette réserve s'épuise très vite.
- q Créatine-phosphate : De la créatine-phosphate est stockée dans le muscle. Elle peut être facilement utilisée pour reformer de l'ATP. Malheureusement, les réserves sont limitées.



- q Glycolyse anaérobie : À la suite d'un signal hormonal, la glycogénolyse va se mettre en place pour convertir du glycogène en lactate. Cette réserve peut durer 10 minutes.
- q Glycolyse aérobie : Le cœur accélère et la respiration aussi afin d'augmenter l'apport en O_2 aux cellules. Les réserves de glycogène du foie et des muscles sont utilisées.
- q Lipolyse : Les lipides sont utilisés comme dernière source d'énergie. La conversion est lente, mais elle est optimale et les réserves sont énormes.