Peoples' Democratic Republic of Algeria
Ministry of Higher Education and Scientific Research
University of Abou Bakr Belkaid Tlemcen
FACULTY OF NATURAL AND LIFE SCIENCES AND EARTH AND UNIVERSE DEPARTMENT OF BIOLOGY

2nd year licence FOOD SCIENCES COURSE TITLE: ANIMAL PHYSIOLOGY

PREPARED AND PRESENTED BY DR HADJ MERABET DJAHIDA (DJAHIDA.HADJMERABET@UNIV-TLEMCEN.DZ)

C1-1 BIOENERGETICS (11/02/2025)



At the end of the lesson, student should be able to :

- **STATE WHAT THE STUDY OF BIOENERGETICS**
- **UNDRSTAND THE IMPORTANCE OF BIOENERGETICS**
- **STATE VARIOUS WAY OF STUDYING ENERGETIC BALANCE**
- **UNDERSTAND THE THERMODYNAMIC PRINCIPLES**
- **UNDERSTAND HOW TO MEASURE THE ENERGY EXPENDITURE**

What is BIOENERGETICS

Bioenergetics is a branch of biochemistry that analyzes the flow of energy in living systems.

La bioénergétique est une branche de la biochimie qui analyse le flux d'énergie dans les systèmes vivants.

The study of ENERGY in Living systems (environments) and the organisms (plants and animals) that utilize them

L'étude de l'ÉNERGIE dans les systèmes vivants (environnements) et les organismes (plantes et animaux) qui les utilisent.



ACTIVITY 01

WHAT IS ENERGY ????

Energy

Energy is defined as the capacity to do work, which is the product of a given force acting through a given distance

(L'énergie est définie comme la capacité d'effectuer un travail, qui est le produit d'une force donnée agissant sur une distance donnée)

Required by all organisms



It is one of the fundamental components of any system. Energy exists in a variety of forms, such as electrical, mechanical, chemical, heat and light energy.

(C'est l'une des composantes fondamentales de tout système. L'énergie existe sous diverses formes, telles que l'énergie électrique, mécanique, chimique, thermique et lumineuse.)

These different forms of energy are interconvertible (Ces différentes formes d'énergie sont interconvertibles)

ACTIVITY 02

Explain the transformation of energy in the biological systems in these three figures ????

FIGURE 01

Running horse



FIGURE 02

The electric fish (Torpedinidae)



FIGURE 03

Phosphorescent bacteria

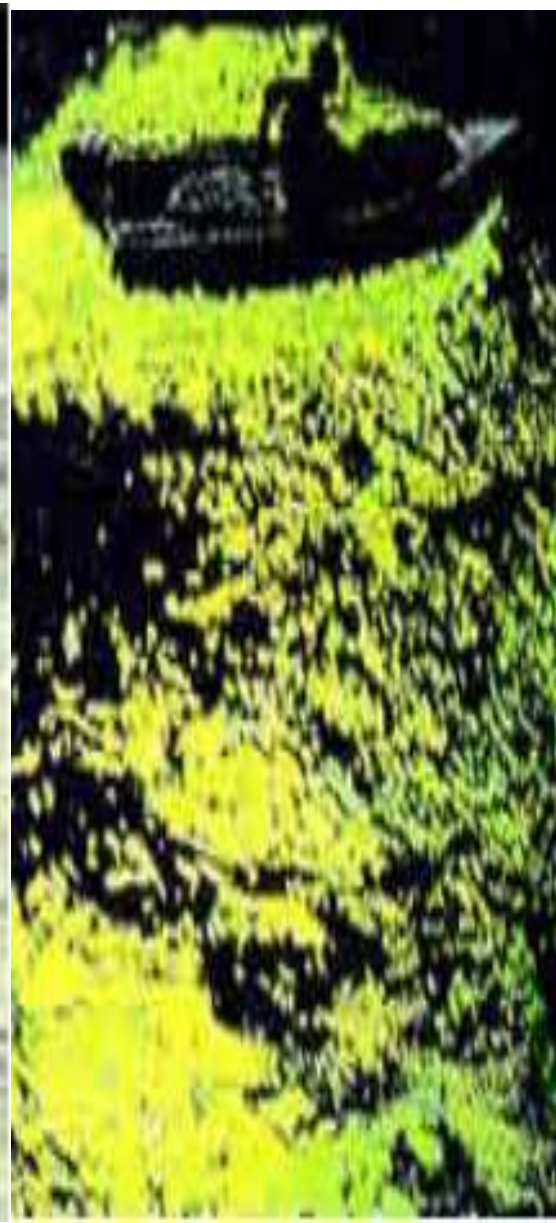


FIGURE 01

The running horse represents conversion of chemical energy to mechanical energy.

Le cheval de course représente la conversion de l'énergie chimique en énergie mécanique.

FIGURE 02

The electric fish (Torpedinidae) converts chemical energy to electrical energy.

Le poisson électrique (Torpedinidae) convertit l'énergie chimique en énergie électrique.

FIGURE 03

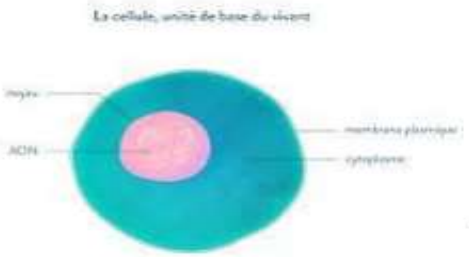
The phosphorescent bacteria convert chemical energy into light energy.

Les bactéries phosphorescentes convertissent l'énergie chimique en énergie lumineuse.

How is energy used by living organisms?

Comment l'énergie est-elle utilisée par les organismes vivants ?

Une cellule



produit
climatise
transporte
communique
détruit

All these functions require energy

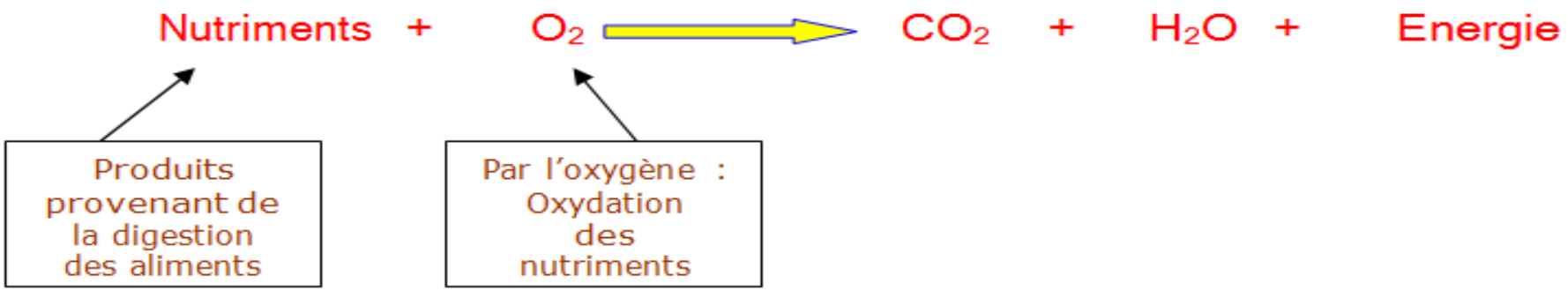
Toutes ces fonctions nécessitent de l'énergie

Study of the biological processes that produce and consume energy.

Etude des processus biologiques qui produisent et Consomment de l'énergie.

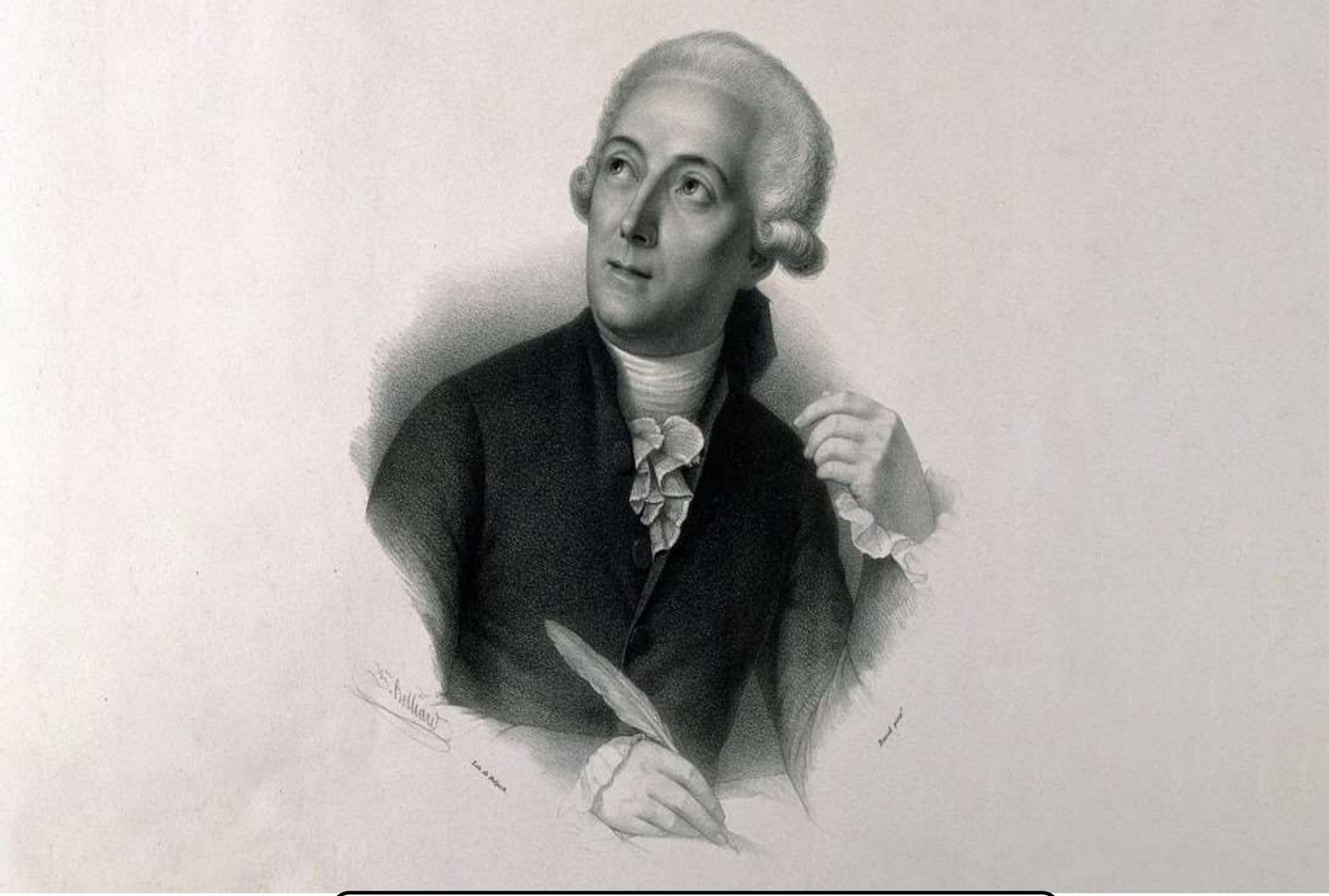
Energy production (Production d'énergie)

Depuis Lavoisier :



Man transforms the chemical energy contained in food into other forms of energy.

L'homme est un transformateur d'énergie chimique contenu dans les aliments à d'autres formes d'énergies



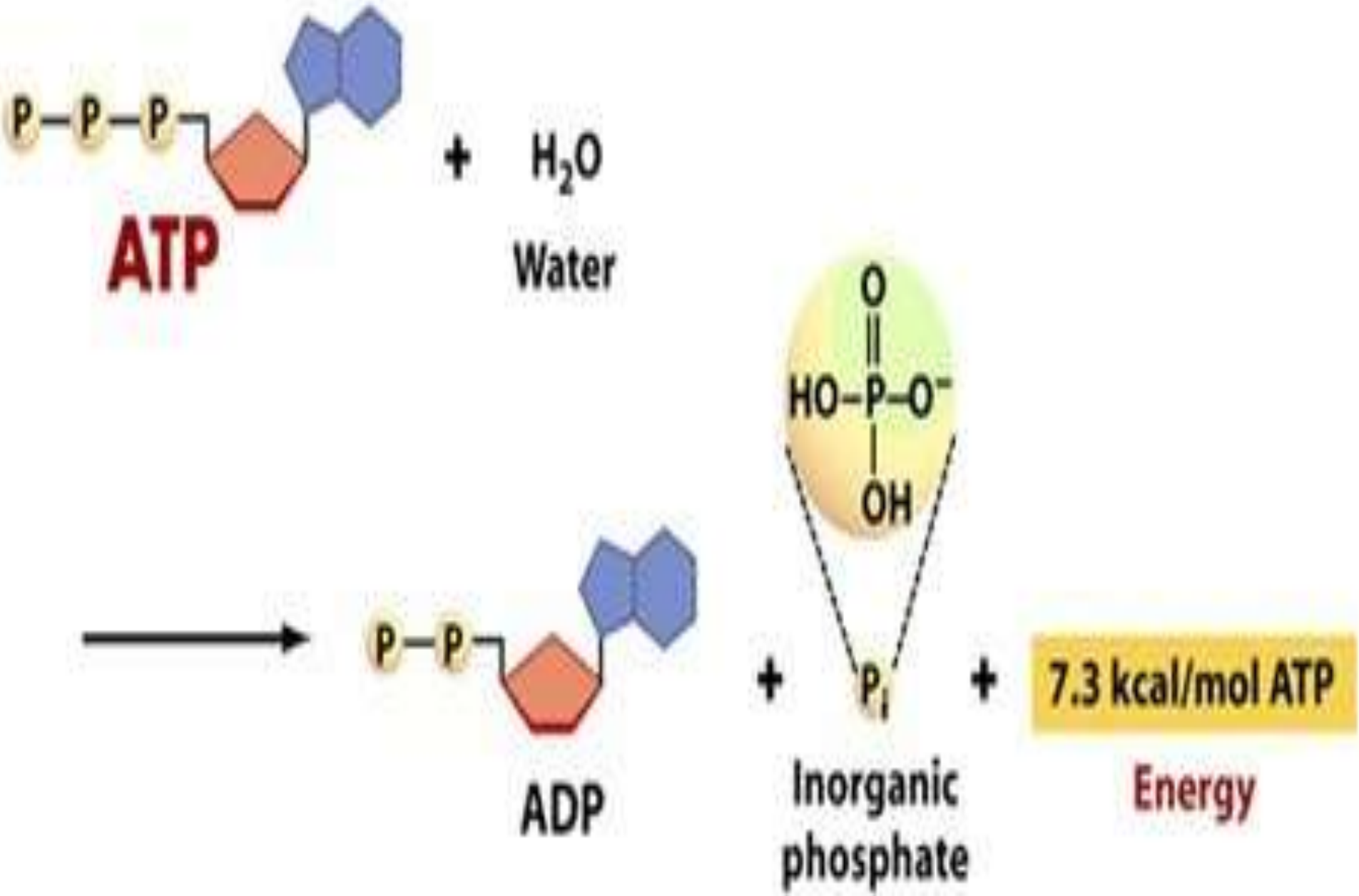
LAVOISIER

Six Categories of Nutrient

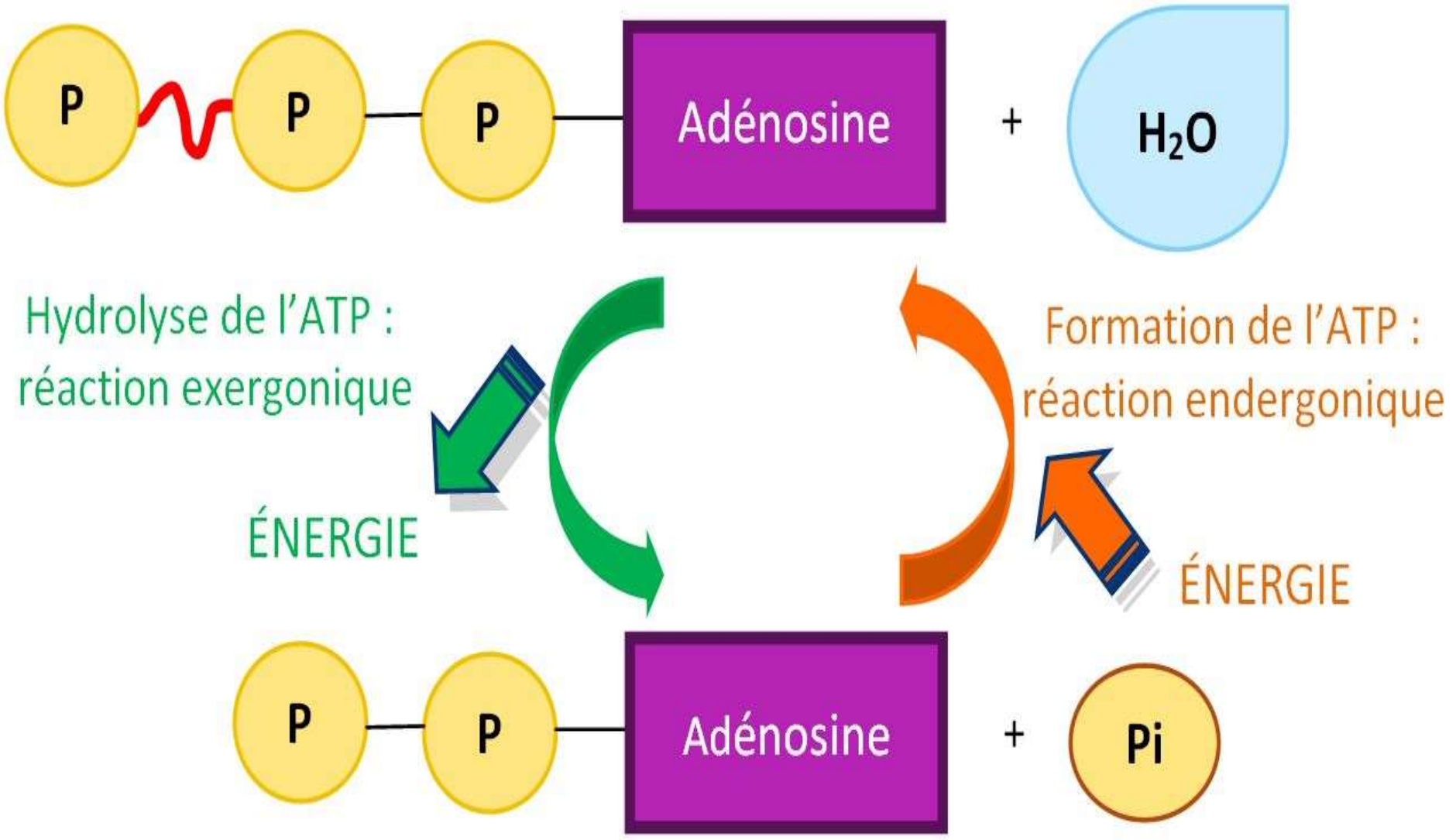
(SIX CATEGORIES DE NUTRIMENTS)

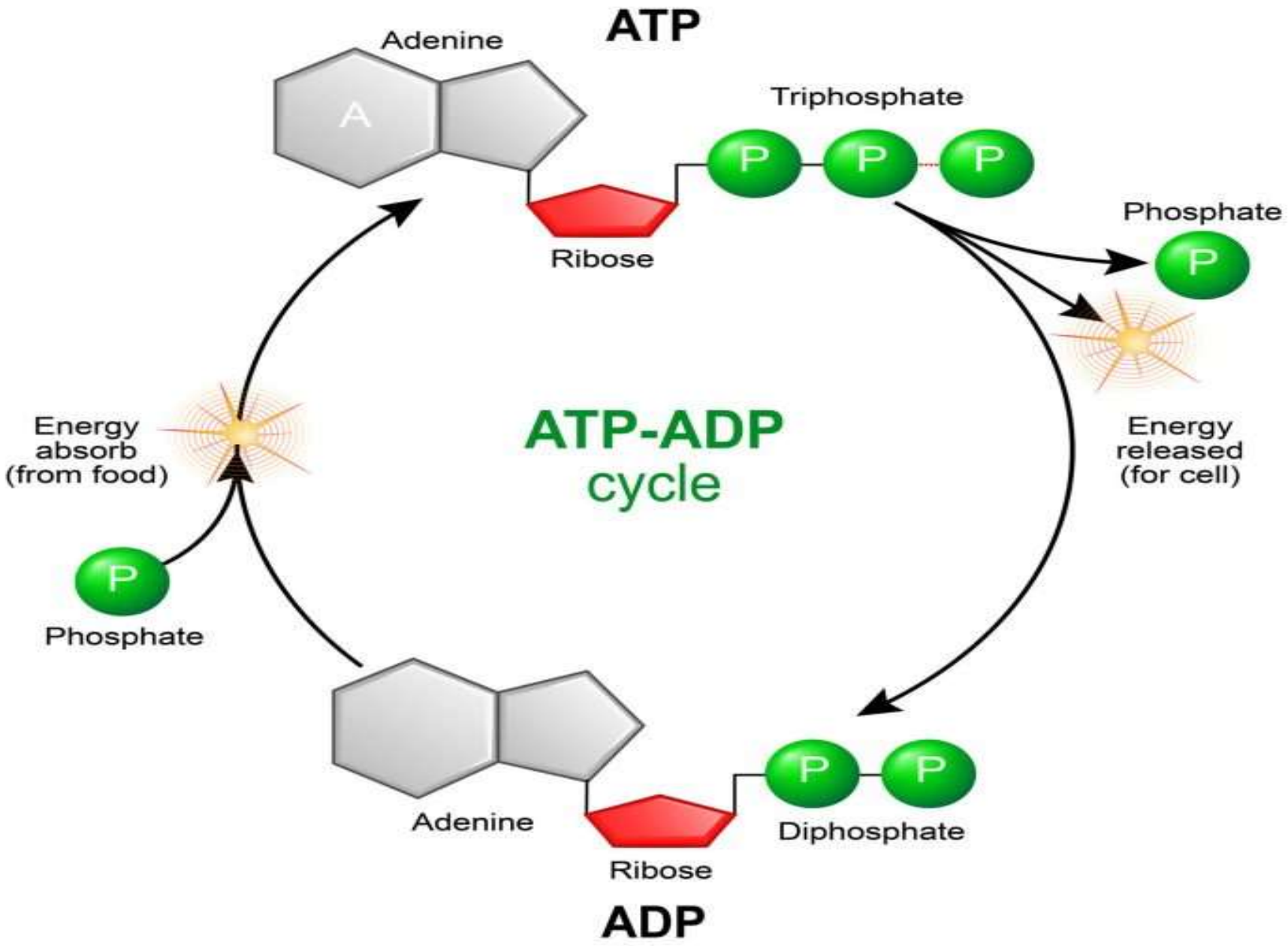
- LIPIDS (LIPIDES)
- CARBOHYDRATES (GLUCIDES)
- PROTEINS (PROTEINES)
- MINERALS (SELS MINERAUX)
- VITAMINS (VITAMINES)
- WATER (EAU)

Energy is released when ATP is hydrolyzed



Stockage sous « forme transformée »




ATP
Adenine
A
Triphosphate
P
P
P
Ribose
Phosphate
P
Energy
released
(for cell)
ATP-ADP
cycle
Energy
absorb
(from food)
P
Phosphate
Adenine
P
P
Diphosphate
Ribose
ADP

Direct storage of nutrients = energy substrates

Stocker directement les nutriments = substrats énergétiques

ACTIVITY 03

DEFINE GLYCOGENE

Glycogen is a form of energy storage in animals, fungi, and bacteria, similar to that of starch in the case of plants. Glycogen is a polysaccharide of glucose present in organs that help in energy metabolism. It is a readily mobilized storage form of glucose that is converted into energy based on body needs.

Le glycogène est une forme de stockage de l'énergie chez les animaux, les champignons et les bactéries, similaire à l'amidon chez les plantes. Le glycogène est un polysaccharide de glucose présent dans les organes qui contribue au métabolisme énergétique. Il s'agit d'une forme de stockage du glucose facilement mobilisable qui est convertie en énergie en fonction des besoins de l'organisme.

ACTIVITY 04

Glycogen is stored in?

A. Liver and muscles

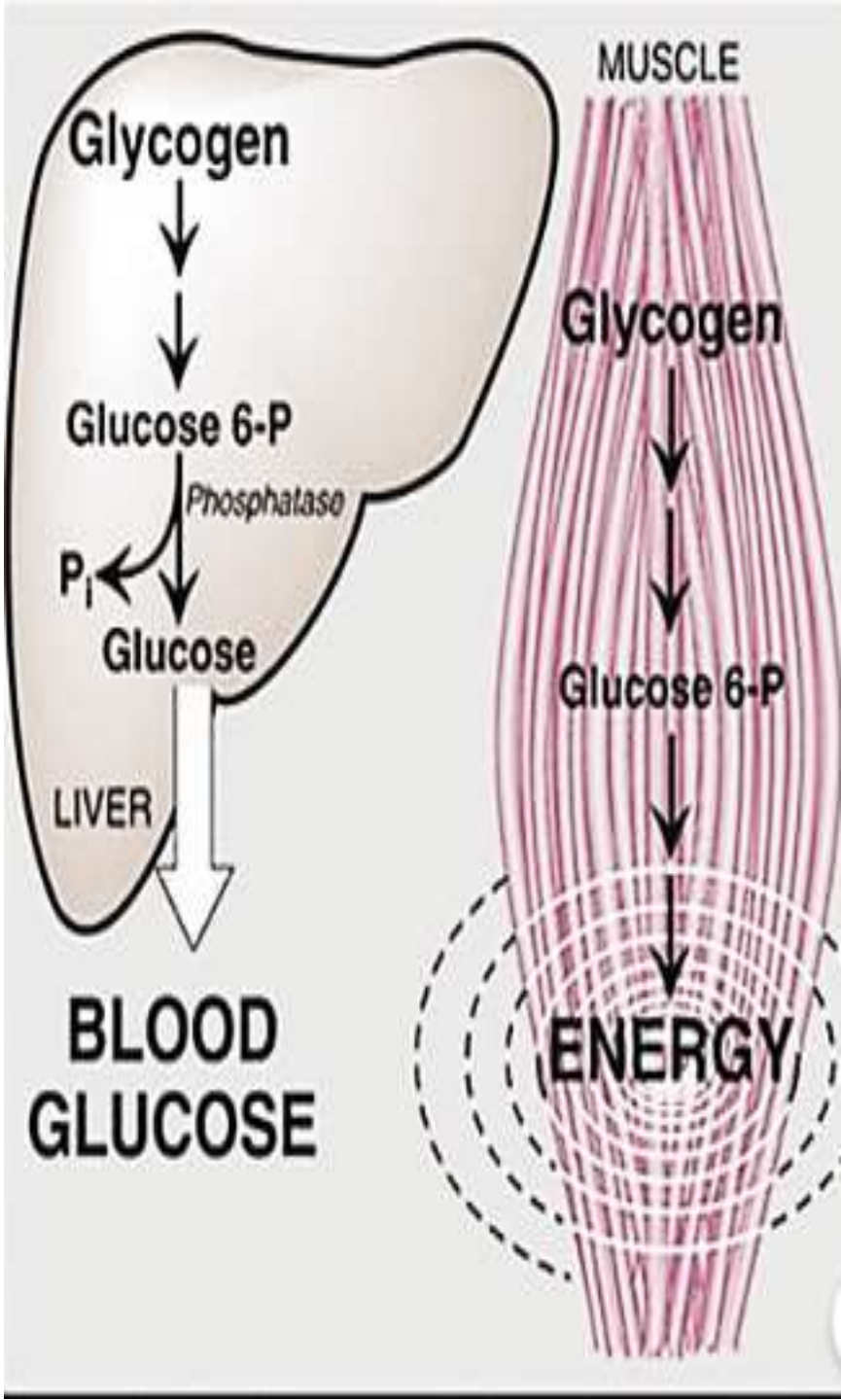
B. Liver only

C. Muscles only

D. Pancreas

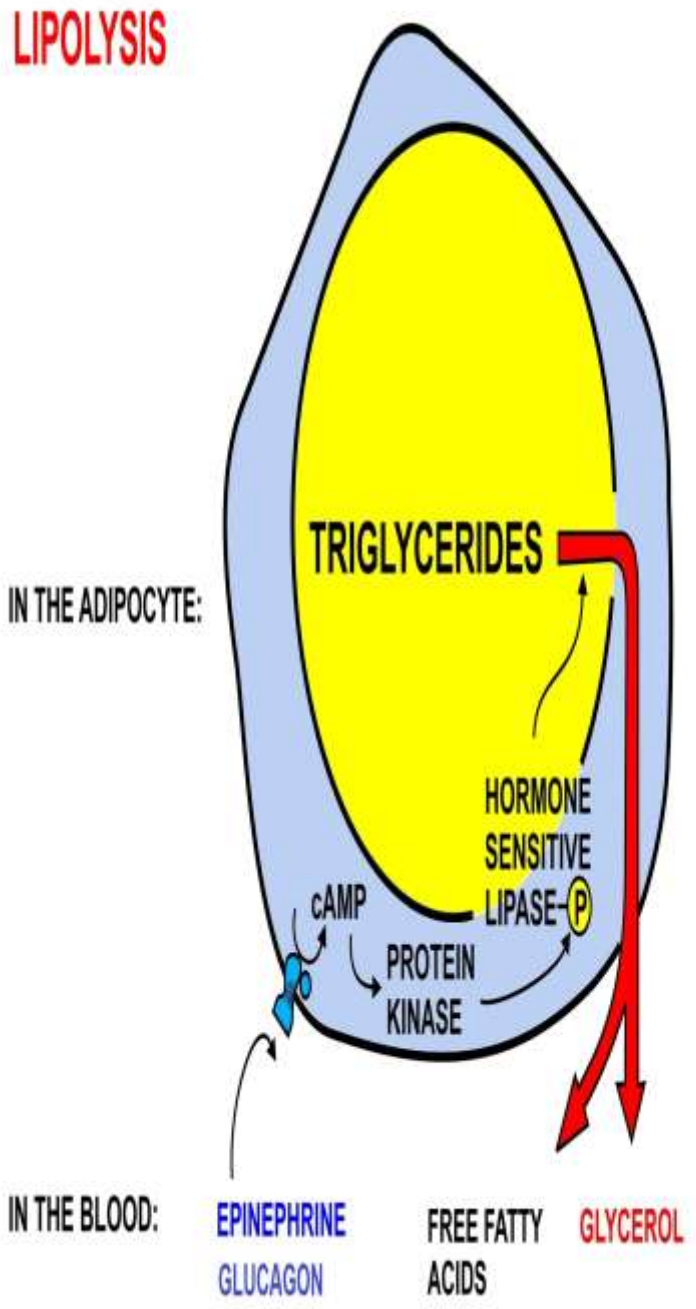
-Glycogen is stored in the cells of the liver and muscles, where it is converted into energy for metabolism and physical activities of the body.

-Le glycogène est stocké dans les cellules du foie et des muscles, où il est converti en énergie pour le métabolisme et les activités physiques du corps.



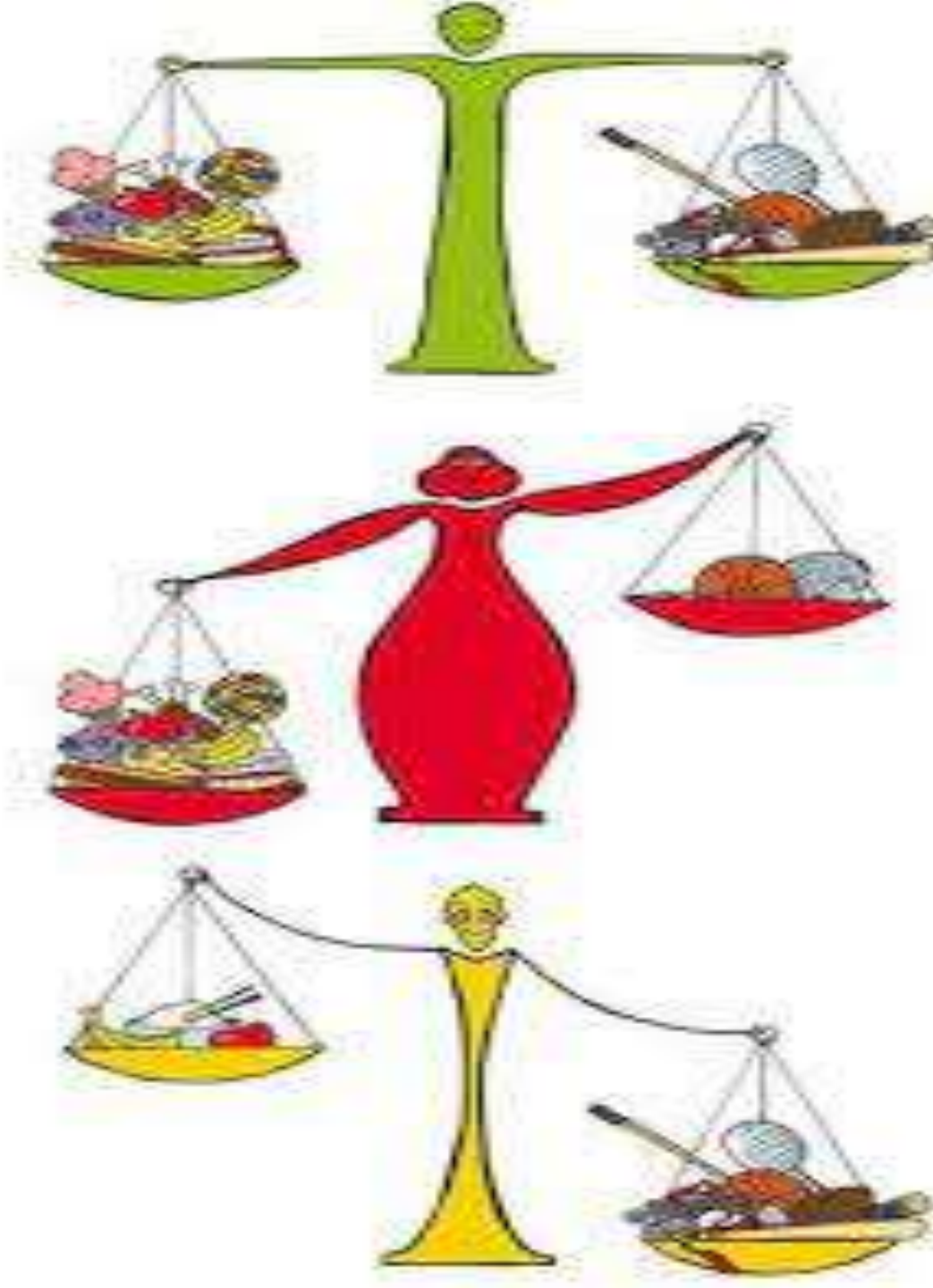
Fatty acids are stored in adipose tissue, as triacylglycerol (TAG) forms. TAGs are degraded as glycerol and fatty acids where energy is required

Les acides gras sont stockés dans le tissu adipeux, sous forme de triacylglycérol (TAG). Les TAG sont dégradés en glycérol et en acides gras là où l'énergie est nécessaire



THE Storage is not always exactly adapted to needs.

Le stockage n’est pas toujours exactement adapté aux besoins.



THERMODYNAMIC PRINCIPLES (USE OF ENERGY)

PRINCIPES THERMODYNAMIQUES (UTILISATION DE L'ENERGIE)

Studies have established two laws governing the use of energy

Des études ont permis d'établir deux lois sur l'utilisation de l'énergie

These laws help us understanding :
(a) the direction of a reaction, whether from left to right or vice versa,
(b) the accomplishment of work, whether useful or not, and
(c) whether the energy for driving a reaction must be delivered from an external source.

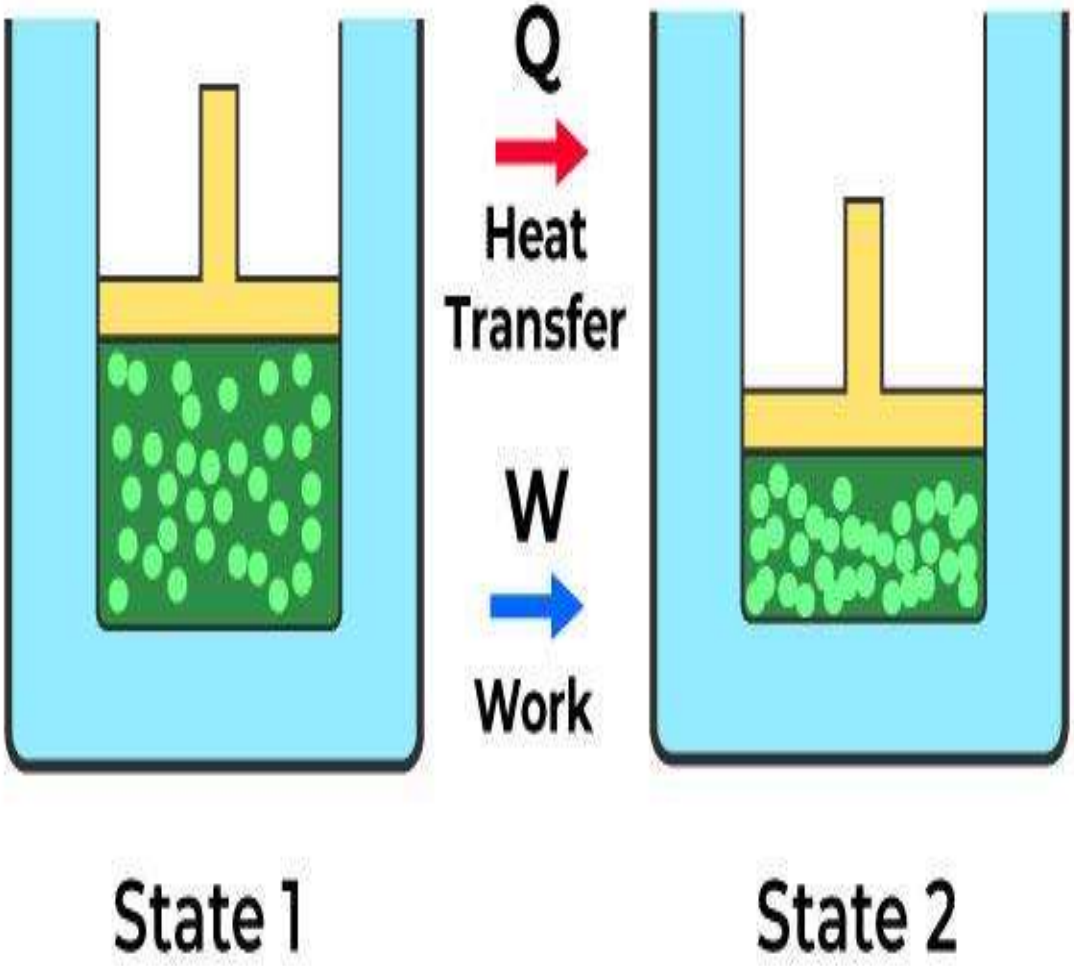
Ces lois nous aident à comprendre :
(a) le sens d'une réaction, de gauche à droite ou inversement,
(b) l'accomplissement d'un travail, qu'il soit utile ou non, et
(c) si l'énergie nécessaire à la réaction doit provenir d'une

The First Law (1ère LOI)

CONSERVATION OF ENERGY

- **The principle of CONSERVATION OF ENERGY was first formulated by V. Mayer in in 1841 .**
- The **first law of thermodynamics** states that the total amount of energy in the universe (i.e., the system + the environment) remains constant. In other words, energy cannot be created or destroyed; it can only be transformed from one form to another.
- **(La première loi de la thermodynamique stipule que la quantité totale d'énergie dans l'univers (c'est-à-dire le système + l'environnement) reste constante.. En d'autres termes, l'énergie ne peut être ni créée ni détruite , elle peut etre uniquemlent transformer d'une forme a une autre)**

First Law of Thermodynamics



The Second Law (2 ème LOI)

- The amount of energy released during the combustion of food depends solely on:
- The **initial state**
- And the **final state**.
- **(La quantité d'énergie qui apparaît lors de la combustion des aliments dépend uniquement de : L'état initial ET de L'état final)**

COMBUSTION OF GLUCOSE IN A CALORIMETER (DIRECT TRANSFORMATION)

COMBUSTION DU GLUCOSE DANS UN CALORIMÈTRE (TRANSFORMATION DIRECTE)

- $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 673$ Kcal

OXIDATION OF GLUCOSE IN THE BODY (INDIRECT TRANSFORMATION)

OXYDATION DU GLUCOSE DANS L'ORGANISME (TRANSFORMATION INDIRECTE)

- $C_6H_{12}O_6 \rightarrow$ G 6P $\rightarrow$ Fructose 6P $\rightarrow$ ..... $6CO_2 + 6H_2O + 673$ Kcal.

Methods for measuring energy expenditure

Méthodes de mesure des dépenses énergétiques

CALORIMETRY
CALORIMÉTRIE

Calorimetry: is the measurement of the quantity of energy used by a living organism, allowing an overall assessment of its functioning.

La calorimétrie : est la mesure de la quantité d'énergie, utilisée par un organisme vivant, ce qui permet à une évaluation globale de son fonctionnement.

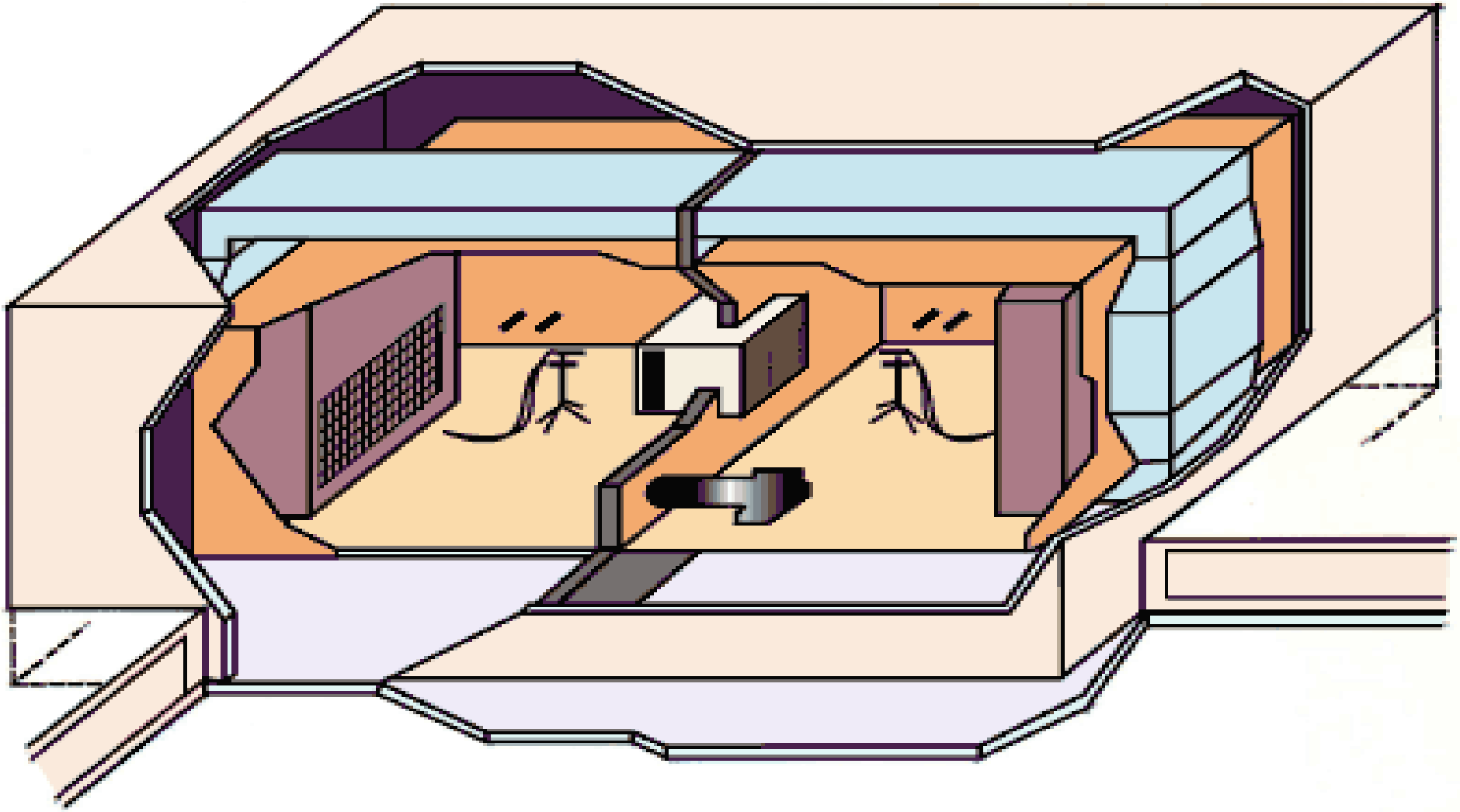
The unit of measurement is the Kilocalorie (Kcal).

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

1Kcal = 4,185KJ

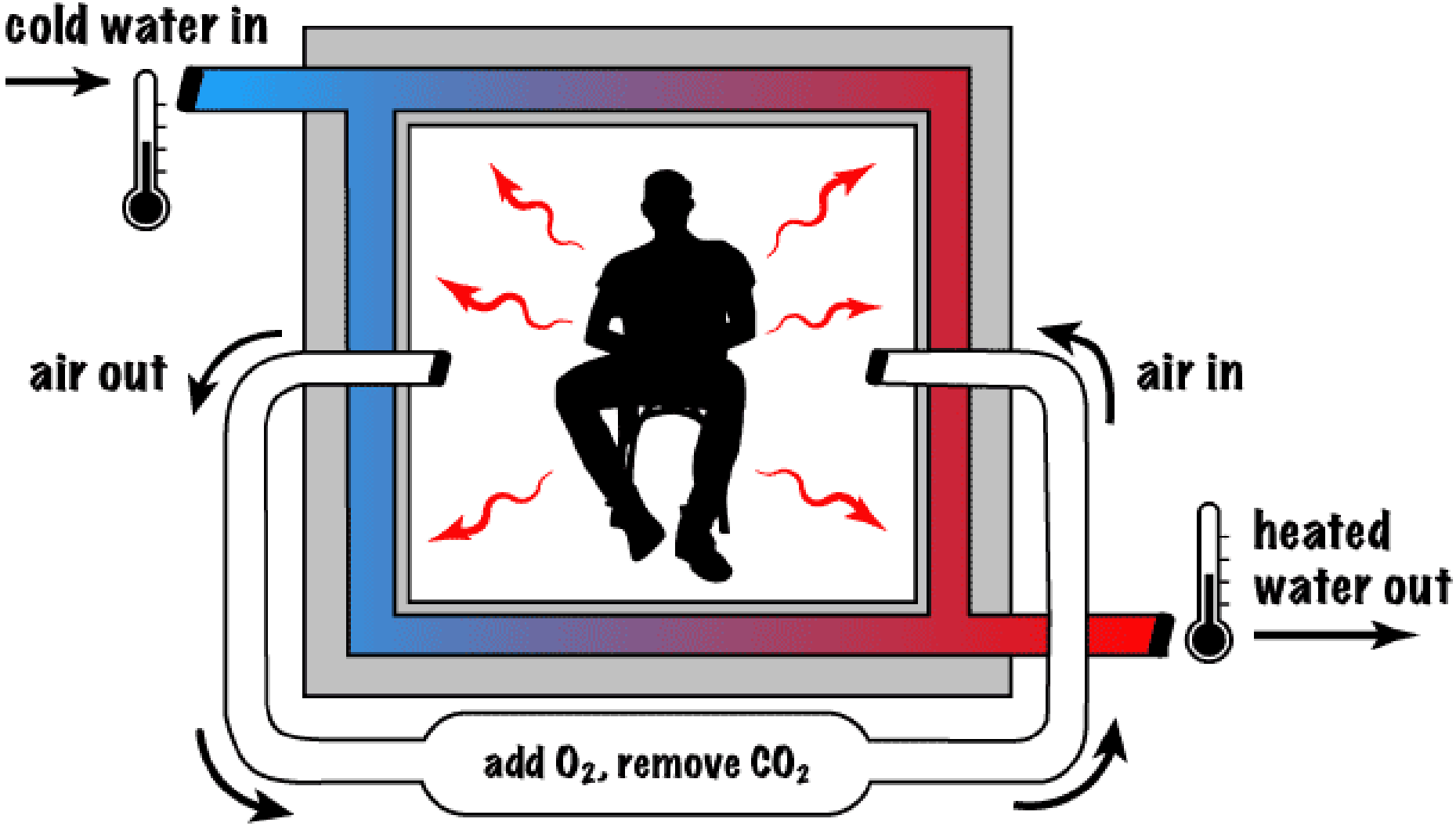
DIRECT CALORIMETRY

CALORIMETRIE DIRECTE



ACTIVITY 05

DESCRIBE THIS FIGURE



PRINCIPLES

The person is placed in a calorimetric chamber.

The heat produced by the person is measured.

To do this, a certain flow of water is circulated through a pipeline

The temperature difference between the water entering the chamber and the water leaving is then measured.

PRINCIPE

On place la personne dans une chambre calorimétrique.

On mesure la chaleur produite par la personne.

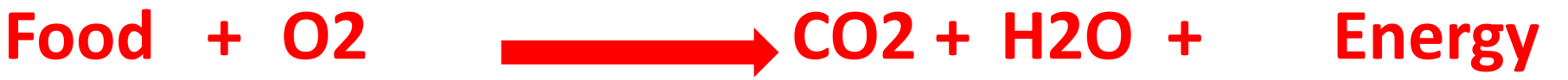
Pour cela, on fait circuler dans une canalisation un certain débit d'eau.

On mesure ensuite la différence de température entre l'eau qui entre dans la chambre et l'eau qui en sort.

INDIRECT CALORIMETRY (THERMOCHEMISTRY)

CALORIMETRIE INDIRECTE (THERMOCHIMIE)

Food Thermochemistry
Thermochimie alimentaire



Relationship between the quantity of food ingested and the quantity of energy produced

Relation entre la quantité d'aliments ingérés et la quantité d'énergie produite

PRINCIPLE

All food ingested during the measurement period is weighed.

The amount of carbohydrate, protein and fat ingested during the measurement is then determined.

We then use the tables

The Quantity of Energy produced by each type of Feed is measured

Pour 100 grammes d'aliments	Protides (en gramme)	Lipides (en gramme)	Glucides (en gramme)
Beurre	0,6	81	0,4
Pomme de Terre	2,0	0,1	19,1

PRINCIPE

On pèse tous les aliments ingérés pendant la période de mesure .

On détermine alors la quantité de glucides, protides et lipides ingérés pendant la mesure.

On se sert alors des tables

On mesure la Quantité d'Energie produite par chaque type d'Aliment

Pour 100 grammes d'aliments	Protides (en gramme)	Lipides (en gramme)	Glucides (en gramme)
Beurre	0,6	81	0,4
Pomme de Terre	2,0	0,1	19,1

Protein-4 calories per gram



Carbohydrates-4 calories per gram



Fats-9 calories per gram



$$Q = 4(G) + 4(P) + 9(L)\ \text{Kcal}$$

1 gramme de Glucides	4,2 Kcal
1 Gramme de Lipides	9,4 Kcal
1 Gramme de Protides	4,6 Kcal
Kcal = 4,18 Kj	

Q = 4(G) + 4(P) + 9(L) Kcal

Respiratory thermochemistry
Thermochimie respiratoire

$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 673$ Kcal

The relationship between the quantity of oxygen used and the quantity of energy produced.

Relation entre la quantité d'oxygène utilisée et la quantité d'énergie produite.

Thermal coefficient of oxygen Kx

Coefficient thermique de l'oxygène Kx

amount of energy equivalent to the use of one litre of oxygen.

quantité d'énergie qui équivaut à l'utilisation d'un litre d'oxygène.

ACTIVITY 06

Calculate the thermal coefficient of oxygen Kx of glucose in this reaction

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 673\ Kcal$$

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 673\ Kcal$$

6 x 22,4 litres 673 KCal

1 litres d'oxygène 5 Kcal

ACTIVITY 08
Calculate the thermal coefficient of oxygen Kx of triolein in this reaction

- $C_{57}H_{104}O_6 + 80O_2 \rightarrow 57CO_2 + 52H_2O + 35160\ kJ$

•$C_{57}H_{104}O_6 + 80O_2$ → $57CO_2 + 52H_2O + 35160$ kJ

trioléïne : $C_{57}H_{104}O_6$

The thermal coefficient is the amount of energy released when one litre of O2 is used.

Therm. coefficient = energy / (amount of material*molar volume)

Le coefficient thermique est la quantité d'énergie dégagée lorsqu'un litre d'O_2 est utilisé.

d'où : **Coeff. Therm. = énergie / (quantité de matière*volume molaire)**

K_x = 35160/(80*22,4) = 19,62 kj/L

Thermal coefficient of oxygen Kx
Coefficient thermique de l'oxygène Kx

Pour les glucides : **5 Kcal.**

Pour les lipides : **4,7 Kcal.**

Pour les protides : **4,6 Kcal.**

The average value for the oxygen thermal coefficient is 4.8 Kcal.

On admet comme coefficient thermique de l'oxygène la valeur moyenne : 4,8 Kcal.

The energy expenditure is deduced by calculating :

Quantity of oxygen used x thermal coefficient of oxygen

On déduit la dépense énergétique en effectuant :

Quantité d'oxygène utilisé x coefficient thermique de l'oxygène

RESPIRATORY QUOTIENT

QUOTIENT RESPIRATOIRE QR

QR = VCO2(exhaled)/VO2(consumed)

unit: Litre per unit time

QR = VCO2(expiré)/VO2(consommé)

unité : Litre par unité de temps

RESPIRATORY QUOTIENT

QUOTIENT RESPIRATOIRE QR

QR glucides : 1

QR lipides : 0.70

QR protides : 0.83

ACTIVITY 08
Calculate the RQ of Glucose in this reaction

$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 673\ Kcal$

ACTIVITY 09
Calculate the RQ of Triolein in this reaction

- $C_{57}H_{104}O_6 + 80O_2 \rightarrow 57CO_2 + 52H_2O + 35160\ kJ$

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- J. H WEIL, Biochimie générale, Masson, 6ème édition, 1990. DE ROBERTIS et DE ROBERTIS, Biologie cellulaire et moléculaire, La presse de ,université de LAVAL, édition 1983.
- B. ALBERTS, D. BRAY, J. LEWIS, M. RAFF, K. ROBERTS, J. D. WATSON, Biologie moléculaire de la cellule, Flammarion médecine-science, 1ère édition, 1986.
- LUBERT STRYER, La biochimie de Lubert Stryer, Flammarion médecine-science, 1985.
- Rieu R. (sous la direct.) (1988) Bioénergétique de l'exercice musculaire et de l'entraînement physique. Presses Universitaires de France, Paris.