

Activité – Bilan thermique du corps humain

Manon Leconte

D'après "Enseignement scientifique 1^{re} ", programme 2019, Ed. Nathan (p. 158)

Les attendus du programme

Savoirs	Pratique
<ul style="list-style-type: none">– La température du corps reste stable parce que l'énergie qu'il libère est compensée par l'énergie dégagée par la respiration cellulaire ou les fermentations.– Globalement, la puissance thermique libérée par un corps humain dans les conditions de vie courante, au repos, est de l'ordre de 100 W.	<ul style="list-style-type: none">– Représenter sur un schéma qualitatif les différents échanges d'énergie entre l'organisme et le milieu extérieur.– Utiliser des données quantitatives sur l'apport énergétique d'aliments dans un bilan d'énergie correspondant à des activités variées.

1 Apport d'énergie du corps humain

L'apport d'énergie du corps humain provient de l'**alimentation**. Les nutriments sont "brûlés" via des réactions d'oxydoréduction au niveau de la cellule. Vous le verrez plus en détail avec le professeur de SVT.

L'énergie apportée par un aliment est mesurée par calorimétrie.

Définition – La **calorimétrie** est la mesure des transferts thermiques. Elle se fait dans une enceinte **calorifugée** (c'est-à-dire n'effectuant aucun transfert thermique avec l'extérieur), appelée **calorimètre**.

Cette énergie correspond à la chaleur ΔH de la réaction de combustion de l'aliment (exprimée en joules (J)). Elle est reliée à l'élévation de température ΔT dans le calorimètre par la relation :

$$\Delta H = m c \Delta T, \text{ avec :}$$

- m la masse de l'aliment qui est brûlé ;
- c sa capacité calorifique.

Remarque – Usuellement, les énergies des aliments sont exprimées en **calories**. Un calorie est l'énergie à apporter à un gramme d'eau pour passer de 14,5 °C à 15,5 °C : 1 cal = 4,18 J.

Questions

Aliment	Valeur énergétique [kJ/100 g]
Tomate crue	77
Riz blanc cuit non salé	612
Frites cuites en friteuse	1 110
Saumon cuit au four	874
Steak haché 15% MG cuit	996
Yaourt nature, fromage	239
Mousse au chocolat	756
Tarte aux fraises	1320
Jus d'orange	191
Eau	0

Figure 1 – Energies apportées par la consommation de certains aliments.

- ★ A l'aide de la figure 1, calculer l'apport énergétique d'un déjeuner constitué de :
 - 100 g de tomates
 - 200 g de riz
 - 150 g de saumon
 - 125 g de yaourt
 - 125 g de tarte aux fraises
 - 330 g d'eau
- ★ Calculer l'apport énergétique d'un dîner constitué de :
 - 300 g de frites
 - 150 g de steak haché

- 125 g de mousse au chocolat
- 125 g de tarte aux fraises
- 330 g de jus d'orange

Solutions

Remarque – Les énergies sont données en kJ/100 g. Il faut penser à multiplier ces énergies par la masse des aliments considérés exprimée en hectogrammes.

- ★ Apport énergétique du déjeuner :

$$H_1 = 77 + 2,00 \times 612 + 1,50 \times 874 + 1,25 \times 239 + 1,25 \times 1\,320 + 3,30 \times 0,0 \text{ kJ}$$

$$H_1 = (4,6 \cdot 10^3) \text{ kJ}$$

- ★ Apport énergétique du dîner :

$$H_2 = 3,00 \times 1\,110 + 1,50 \times 996 + 1,25 \times 756 + 1,25 \times 1\,320 + 3,30 \times 191 \text{ kJ}$$

$$H_2 = (8,0 \cdot 10^3) \text{ kJ}$$

2 Dépense d'énergie du corps humain

Le corps humain dépense l'énergie qu'il a acquise par l'alimentation en effectuant des efforts. Cette énergie est alors dissipée dans les muscles sous forme d'énergie mécanique. Elle est mesurée en calculant le volume de dioxygène expiré au cours de l'effort, sachant que la consommation d'un litre de dioxygène représente une énergie dépensée de 4,8 kcal. Cela sera vu avec le professeur de SVT, sous la forme d'une activité ExAO.

Question

Intensité de l'effort	Volume de dioxygène inspiré [L/30 min]
Repos	7,1
Faible	21,3
Modéré	49,8
Intense	78,1

Figure 2 – Energies dépensées en fonction de l'intensité de l'effort.

- ★ A l'aide de la figure 2, calculer la dépense énergétique journalière d'un individu dont l'activité physique est la suivante :

- 1 h d'effort intense
- 2 h d'effort modéré
- 21 h de repos

Réponse

| **Remarque** – On ne prend en compte que les efforts pour répondre à cette question.

★ En introduisant $V^\circ = 1 \text{ L}$, $e(1L) = 4,8 \text{ kcal}$,

$$E_m = \sum \frac{V(O_2)}{V^\circ} e(1L) \Delta t = 78,1/1 \times 4,8 \times 2 + 49,8/1 \times 4,8 \times 4$$

$$E_m = 750 + 820 \text{ kcal} = (1,6 \cdot 10^3) \text{ kcal}$$

3 Puissance thermique moyenne

| **Définition** – La **puissance thermique moyenne** du corps humain est la puissance dissipée par le corps par transferts thermiques vers l'extérieur (figure 3). Cette puissance est calculée pour un corps humain **au repos**.

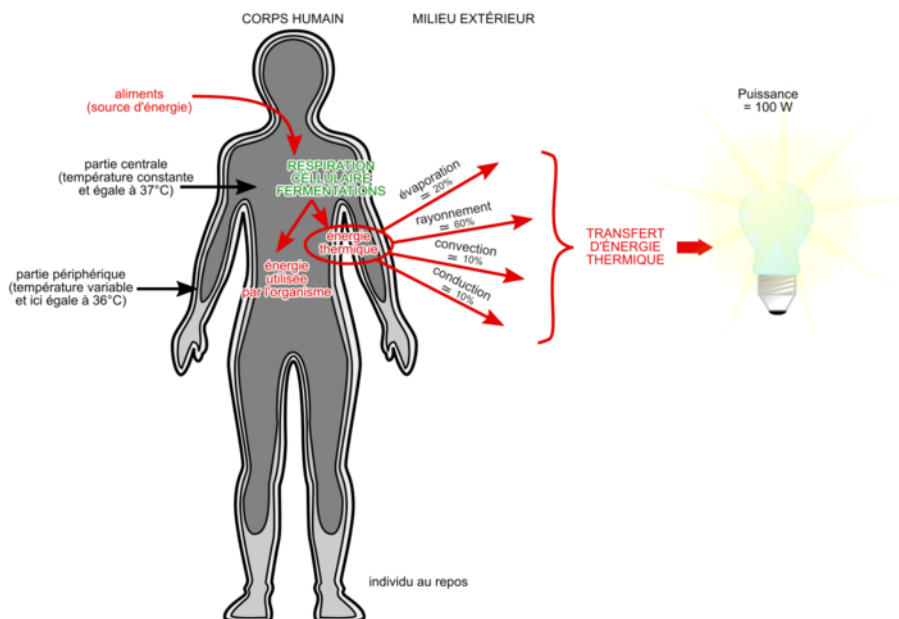


Figure 3 – Echanges thermiques entre le corps humain et l'extérieur.
 Source : https://www.assistancescolaire.com/eleve/1re/enseignement-scientifique/reviser-le-cours/1_sci_20/print?print=1&printSheet=1.

Question

- ★ A l'aide de la figure 2, déterminer la puissance thermique moyenne libérée par cet individu.

Réponse

| **Remarque** – Il faut calculer une puissance, pour cela, on utilise la formule : $\mathcal{P} = \frac{\Delta E}{\Delta t}$

- ★ On introduit Δt la durée d'une journée,

$$\mathcal{P}_{th} = \frac{\Delta E_{repos}}{\Delta t} = \sum \frac{V(O_2)}{V^o} e(1L) \frac{\Delta t_{repos}}{\Delta t}$$

$$\mathcal{P}_{th} = 7,1 \times ((4,8 \cdot 10)^3 \times 4,2) / 1 \times (21 \times 2) / (3\,600 \times 24) \text{ W} = 70 \text{ W}$$

Ordre de grandeur à retenir La puissance thermique libérée par un corps humain dans les conditions de vie courante, au repos, est de l'ordre de **100 W**.

4 Bilan thermique du corps humain

Question

- ★ Dédurre de l'ensemble des questions le bilan total du corps humain.

Réponse

- ★ On convertit les énergies en joules puis on exprime les puissances associées et on somme les trois contributions vues dans les questions précédentes.

$$\mathcal{P}_{tot} = \mathcal{P}_1 + \mathcal{P}_2 - \mathcal{P}_m - \mathcal{P}_{th} = \frac{(H_1 + H_2 - E_m)}{\Delta t} - \mathcal{P}_{th}$$

$$\mathcal{P}_{tot} = ((4,6 \cdot 10)^6 + (8,0 \cdot 10)^6 - (1,6 \cdot 10)^6 \times 4,2) / (3\,600 \times 24) - 70 \text{ W} = -2 \text{ W}$$

Le bilan thermique du corps humain est globalement **neutre**. C'est ce qui explique pourquoi la température du corps humain reste stable : l'énergie qu'il libère est compensée par l'énergie apportée par l'alimentation.

On pourrait expliquer l'écart à zéro de cette valeur par le fait que l'on a compté deux fois la puissance thermique dissipée par transfert thermique au cours des efforts.