

**INTRODUCTION: CHOIX PÉDAGOGIQUES**

Dans ce chapitre, il s'agit d'établir le bilan thermique du corps humain en comprenant l'équilibre entre gain et perte d'énergie thermique.

Les activités sont orientées, comme cela est attendu dans le BO, vers l'exploitation de données quantitatives, notamment par la réalisation de nombreux calculs pouvant être couplés avec l'utilisation d'un tableur.

**POUR COMMENCER**

1. → c.

2. → b.

UNITÉ 1

Activité guidée

1.

	Puissance (W)	Énergie consommée (kJ)	Fraction énergie thermique (kJ)
Repos	100	60	48
Marche	232	139,2	111,36
Course cycliste	350	210	168
Debout	317	190,2	152,16
Course	800	480	384
Brasse	570	342	273,6

Détail des calculs :

Énergie consommée au repos = puissance × temps  
= 100 × (10 × 60) = 60 000 J = 60 kJ

L'énergie dissipée sous forme thermique au repos correspond à 80 % de l'énergie consommée au repos.

2. Éléments d'analyse des documents :

**Doc 2 :** - Existence de 3 types de substrats glucides, acides gras et protides (ces derniers sont notamment utilisés en cas de jeûne prolongé).

- Existence de réserves énergétiques dans le corps : muscle, tissu adipeux.....

**Doc 3 :** Description de la variation de production d'acide lactique  
*Remarque :* en toute rigueur, il ne s'agit pas de production d'acide lactique mais de lactate (le lactate ne se combine pas aux protons au pH des cellules et du sang).

Interprétation :

- Début d'effort = fermentation importante à partir de glucose pour mobiliser rapidement de l'énergie.

- Milieu d'effort = Moins de fermentation, prise de relais de la respiration grâce à un apport d'O<sub>2</sub>.

- Effort prolongé = Augmentation de la fermentation due au manque d'O<sub>2</sub>.

**Doc 4 :** Au repos seuls les substrats directement disponibles dans le sang sont utilisés.

À l'effort, les substrats sanguins ne suffisent plus, les réserves disponibles de l'organisme comme le glycogène musculaire sont mobilisées.

Lors d'un effort de faible intensité, la proportion d'acide gras utilisée comme substrat est importante. Quand l'effort s'intensifie, la proportion d'acide gras utilisée diminue au profit de l'utilisation du glycogène.

**Doc 5 :** Les nutriments utilisés par l'organisme sont disponibles dans notre alimentation.

**Mise en relation :**

Le surpoids étant un excès de graisse, donc de tissus adipeux stockant des acides gras, il faut agir sur l'utilisation de ce substrat pour lutter contre ce stockage.

L'exercice physique permet de lutter contre le surpoids en favorisant l'utilisation des acides gras dans la respiration cellulaire. Cela est d'autant plus efficace que l'exercice physique est suffisamment long pour une oxydation complète (doc 3) et que l'intensité de l'exercice physique est modéré (doc 4).

3. Calcul de l'apport énergétique des repas :

	Avant la course	Pendant la course (boisson)	Après la course
Apport énergétique (kJ)	2 268,4	667,5	1 939,7
Énergie utilisée par les muscles (kJ)	453,7	133,5	387,9
Énergie dissipée en chaleur (kJ)	1 814,7	534	1 551,8

Détail des calculs pour le repas avant la course :

	Banane	Miel	Pain blanc	Total
Glucides (g pour 100 g d'aliment)	18,8	75	50	
Apport énergétique glucides (kJ) (1)	334,6	1 335	890	
Lipides (g pour 100 g d'aliment)	0,18		1,2	
Apport énergétique lipide (kJ) (2)	7,2	0	48	
Protides (g pour 100 g d'aliment)	1,2	0,4	8,2	
Apport énergétique protides (kJ) (3)	21,4	7,1	146	
Apports énergétiques avant la course (kJ) (4)	435,8	268,4	650,4	2 268,4

Détail des calculs :

(1) Quantité de glucides pour 100 g × 17,8 kJ

(2) Quantité de lipides pour 100 g × 40 kJ

(3) Quantité de protides pour 100 g × 17,8 kJ

(4) Pour 120g de banane :

Apport énergétique banane =

1,2 × (AE glucides + AE lipides + AE protides).

Énergie utilisée par les muscles : 20% utilisée par le muscle au maximum soit  $\frac{20}{100} \times 2 268,4 = 453,7$  kJ.

Énergie dissipée sous forme de chaleur : 80% dissipée sous forme thermique au minimum, soit 1 814,7 kJ.

Apport énergétique de la boisson (kJ) :

$$AE \text{ boisson} = \text{Concentration} \times \text{Volume} \times E_{\text{glucide}}$$

$$AE \text{ boisson} = 25 \times 0,5 \times 17,8$$

$$AE \text{ boisson} = 222,5 \text{ kJ}$$

$$\text{Énergie utilisée par le muscle (20\%)} = 222,5 \times 0,2 = 44,5 \text{ kJ.}$$

4.

	Repos	Marche	Course cycliste	Debout	Course	Brasse
Puissance (W)	100	232	350	317	800	570
Temps (s)	445,0	191,8	127,1	140,4	55,6	78,1
Temps (min)	7,4	3,2	2,1	2,3	0,9	1,3

## UNITÉ 2

Éléments de réponse du texte :

**Doc 1 :** Lors d'un effort la température d'un organisme augmente progressivement d'environ 0,9 °C. Cela est dû à l'activité croissante des muscles dont 80 % de l'énergie produite est dissipée sous forme thermique.

**Doc 2 :** La température de l'organisme humain reste stable malgré les variations de la température extérieure lorsque celle-ci se trouve dans une certaine gamme de valeurs.

En deçà et au-delà de ces valeurs limites, la température de l'organisme chute ou augmente jusqu'à provoquer la mort.

Dans le cas de basse température, on observe une augmentation de la production d'énergie thermique permettant le maintien de la température interne.

**Doc 3 :**

Il existe plusieurs modes de perte et de gain d'énergie thermique pour un organisme par rapport à son milieu :

- Le rayonnement qui peut représenter une perte ou un gain d'énergie thermique en fonction des IR du milieu.
- La convection et l'évaporation qui représentent une perte d'énergie thermique vers le milieu.

**Doc 4 :**

Mode de transfert : évaporation grâce à la sueur produite par l'organisme du sportif.

**Doc 5 :** Lorsque la température interne est trop élevée, l'organisme va produire de la sueur qui en s'évaporant à la surface de la peau consomme de l'énergie et permet d'abaisser la température de surface.

**Doc 6 :** Situation « pied placé dans l'eau glacée » : perte de chaleur par convection (l'eau remplace l'air dans cet exemple)

En comparant les deux situations, on voit que l'organisme compense la perte d'énergie thermique de la situation 1 en produisant de la chaleur par consommation de glucose dans le tissu adipeux brun.

**Doc 7 :** Mode de transfert : Rayonnement, la caméra permet de visualiser les infrarouges émis au niveau du cou.

En comparant les situations on s'aperçoit que la variation de température provoquée (main plongée dans l'eau froide) va provoquer une production d'énergie thermique supplémentaire donc une partie sera dissipée sous forme d'IR.

**Critères d'évaluation du texte :**

**Suffisance :** assez d'éléments permettant d'obtenir une réponse complète

**Cohérence :** mise en relation correcte des informations

**Éléments du schéma :**

- Situation du doc 4 : une flèche vers l'extérieur, légendée « évaporation ».

- Situation des docs.6 et 7 :

→ une flèche vers l'extérieur, légendée « convection ».

→ une flèche vers l'extérieur, légendée « rayonnement ».

- Production d'énergie thermique à légendier dans l'organisme

**Critères d'évaluation du schéma :**

**Pertinence :** mode bien représenté (sens des flèches).

**Conformité :** la représentation répond aux règles d'usages du schéma.

## Tester ses savoirs

### 1 Vrai/faux

a. Vrai.

b. Faux. L'oxydation des lipides produit davantage d'énergie que celle des glucides et des protéines.

c. Faux. Tous les mécanismes d'échange d'énergie thermique entre l'organisme et son milieu peuvent contribuer à un maintien de la température de l'organisme à des valeurs compatibles avec la vie.

d. Vrai.

### 2 Légendier un schéma

1 : Rayonnement.

2 : Évaporation.

3 : Convection.

### 3 QCM

1. a. Faux, lors de la fermentation, les nutriments sont oxydés de façon incomplète.

b. Vrai.

c. Faux, l'oxydation d'un même nutriment par fermentation produit moins d'énergie utilisable par la cellule que son oxydation par respiration.

2. a. Vrai.

b. Faux, convection = 35 % des échanges thermiques ; évaporation = 25 % des échanges thermiques.

c. Faux, la conduction intervient de façon marginale dans les échanges thermiques entre l'organisme et son environnement.

3. a. Faux, ce phénomène produit de l'énergie thermique surtout en réponse à un environnement froid.

b. Vrai.

c. Faux, le document ne donne pas d'informations sur le type de nutriments utilisés par les réactions métaboliques. De plus, les sucres et les lipides sont les substrats préférentiels lors d'un effort physique (et non les protéines du muscle).

4. a. Vrai.

b. Faux, le document ne nous donne aucune information directe sur la consommation de dioxygène.

c. Faux, le document ne nous donne aucune information directe sur le rythme respiratoire.

### 4 Question de synthèse

Éléments de réponses attendus :

- Notion d'équilibre thermique pour maintenir une température interne stable (gain /perte équilibrés).

- Gains : production d'énergie thermique par la respiration cellulaire (80 %) majoritaire
- 100 W de production au repos
- Rayonnement minoritaire dépendant de l'environnement
- Perte non contrôlée :
- Rayonnement (mécanisme + exemple)
- Conduction (mécanisme + exemple)
- Perte contrôlée :
- Évaporation (mécanisme + exemple)

## Objectif BAC

### 5 Mettre en relation des informations et rédiger

1. Le courant d'air à la surface de l'organisme permet d'entretenir le mécanisme de convection en renouvelant l'air. Un flux d'énergie thermique se met alors en place entre l'organisme et l'air ambiant, cette perte d'énergie pour l'organisme permet de baisser la température interne.

2. Pendant la course, le mouvement entretient la convection et donc la perte de chaleur, un équilibre se met en place entre production par les muscles et perte par la convection (et l'évaporation). Quand le coureur s'arrête brusquement, cet équilibre est rompu car il n'y a plus de circulation d'air autour de l'organisme, la chaleur n'est plus évacuée aussi efficacement alors qu'elle continue à être produite quelques temps. La température interne augmente alors pouvant devenir létale.

### 6 Raisonner et rédiger

Il s'agit du phénomène de convection. Plus la vitesse du vent est importante plus le renouvellement de l'air est efficace et donc la perte de chaleur importante. Cela explique que la température ressentie soit plus basse que la température réelle.

### 7 Calculer

1. En utilisant la formule du document 1, à gauche :

$$\Phi(\text{flux thermique}) = \frac{33 - 28}{0,085} \approx 59 \text{ W.}$$

Remarque : comme il s'agit d'une différence, on peut laisser les températures en degré Celsius et ne pas les convertir en Kelvin.

2. La puissance thermique d'un corps au repos est de 100W. La définition d'une situation de confort thermique c'est lorsqu'il n'y a pas besoin d'adapter le métabolisme pour assurer la dissipation thermique du corps humain au repos. La valeur trouvée est inférieure à 100 W. On peut discuter du fait que la valeur de 33 °C pour la T moyenne de la peau est un peu basse. Avec une T moyenne de 36 °C, on est plus proche de la valeur de 100 W, valeur de repos.

Voir une ressource Eduscol sur la notion de confort thermique : <https://eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr/sti/files/ressources/pedagogiques/3486/3486-confort-et-am-biance.pdf>

3. Erratum : Attention les valeurs du tableau sont erronées

Modifier avec ces valeurs :

$$R_{\text{vet}}(\text{short}+\text{T-shirt}) = 0,04 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$$

$$R_{\text{vet}}(\text{Pantalon, chemise et pull}) = 0,08 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$$

$$R_{\text{vet}}(\text{pantalon chaud, ... anorak}) = 0,16 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$$

$$\Phi(\text{short, tshirt}) = \frac{36 - 20}{0,085 + 0,04} = 128 \text{ W.}$$

$$\Phi(\text{pantalon/chemise/pull léger}) = 97 \text{ W.}$$

$$\Phi(\text{pantalon chaud, chemise, pull, anorak}) = 65 \text{ W.}$$

Au repos le métabolisme humain produit 100 W environ.

Avec le pantalon/chemise/pull léger, on a à peu de choses près cette dissipation thermique : on est dans une situation de confort thermique. Toute la chaleur produite au repos est naturellement évacuée. On n'a ni chaud, ni froid.

Avec le pantalon chaud et l'anorak, on évalue moins de chaleur que l'énergie produite par l'activité métabolique au repos. La température corporelle risque de monter : on transpire donc pour augmenter la quantité de chaleur évacuée au-delà de 65 W. On a chaud. On pense donc à se dévêtir.

En short et T-shirt, on perd 128 W soit plus de chaleur que l'énergie produite par l'activité métabolique au repos. La température corporelle risque de baisser. On a froid. On augmente donc son activité physique pour ne pas le ressentir le froid, en bougeant.

### 8 Calculer, raisonner

Volume d'O<sub>2</sub> consommé pendant les flexions

$$VO_2 = VO_2(\text{fin des flexions}) - VO_2(\text{début des flexions})$$

$$VO_2 = 2,5 - 0,75$$

$$VO_2 = 1,75 \text{ L}$$

Dépense énergétique liée aux flexions :

$$DE = \frac{VO_2 \times 17,8}{0,8} = 38,9 \text{ kJ.}$$

Consommation de glucides liée aux flexions :

$$C_{\text{glucides}} = \frac{DE}{\text{valeur énergétique glucides}} = \frac{38,9}{17,8} = 2,2 \text{ g.}$$

## ÇA VOUS CONCERNE

- Les plans mis en place après la canicule de 2003

Le plan canicule mis en place en 2003 :

<http://www.lefigaro.fr/actualite-france/2013/07/19/01016-20130719ARTFIG00381-en-quoi-consiste-concretement-le-plan-canicule.php>

L'actualisation du plan canicule en 2018 :

[https://travail-emploi.gouv.fr/IMG/pdf/plan\\_canicule\\_2018.pdf](https://travail-emploi.gouv.fr/IMG/pdf/plan_canicule_2018.pdf)

- Les symptômes de l'hypothyroïdie.

- manque d'énergie et fatigue.
- frilosité.
- gain de poids inexpliqué malgré un faible appétit.
- rythme cardiaque ralenti pouvant causer un essoufflement.
- irritabilité et parfois état dépressif.
- crampes, raideurs musculaires, douleurs aux articulations.
- constipation.
- visage et yeux gonflés.
- peau pâle et sèche.
- cheveux secs et perte de cheveux.
- ongles cassants.
- voix enrouée.
- cycles menstruels irréguliers, menstruations plus abondantes.
- infertilité.
- confusion, difficulté à se concentrer et pertes de mémoire
- goitre (parfois), c'est-à-dire un gonflement à la base du cou dû à l'augmentation de volume de la thyroïde.
- taux élevé de cholestérol sanguin.

Sources :

<https://www.lamutuellegenerale.fr/le-mag-sante/femme/hypothyroïdie-hypothyroïdie-quand-la-thyroïde-se-der-gle.html>  
<https://www.passeportsante.net/fr/Maux/Problemes/Fiche.aspx?doc=hypothyroïdie-pm-symptomes-de-l-hypothyroïdie>