

Thème 2 – Le Soleil, notre source d'énergie

Introduction

La Terre reçoit l'essentiel de son énergie du Soleil. Cela conditionne la température de surface terrestre et détermine les climats et les saisons. Elle permet la photosynthèse des végétaux et se transmet par la nutrition à d'autres êtres vivants.

Problématique :

Comment s'établit la température terrestre ?

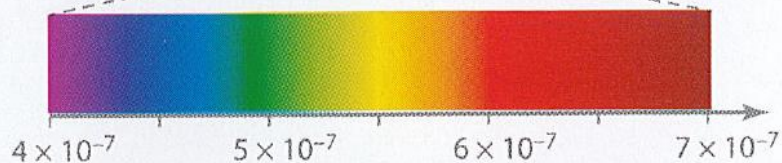
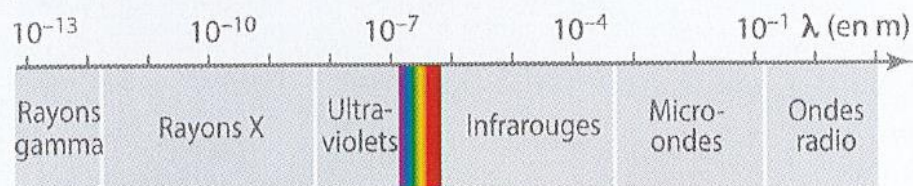
Comment l'énergie solaire peut-elle être à l'origine de l'énergie des êtres vivants ?

Comment l'être humain assure le maintien de sa température corporelle ?

2

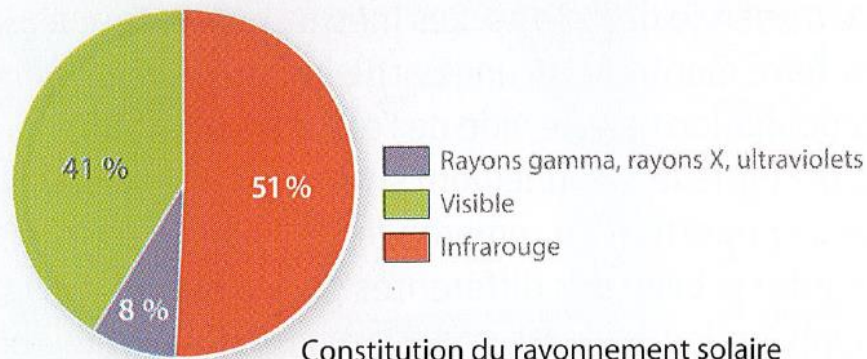
Le rayonnement électromagnétique du Soleil

L'énergie solaire reçue par la Terre provient de la photosphère (surface du Soleil), qui émet dans toutes les directions de l'espace un rayonnement électromagnétique d'origine thermique. Son spectre présente un maximum d'intensité vers 480 nm. Puisque le Soleil émet dans toutes les directions, seule une infime partie de ce rayonnement atteint la Terre. Il est divisé en sept domaines caractérisés par leurs longueurs d'onde λ dans le vide.



Les rayonnements électromagnétiques et le spectre de la lumière visible.

Des mesures montrent que le rayonnement solaire est principalement constitué de rayonnements visible (perceptible par l'œil humain) et infrarouge.



Constitution du rayonnement solaire au sommet de l'atmosphère terrestre.

Vidéo

Rayonnement et absorption par l'atmosphère terrestre

hatier-clic.fr/es1088a

I- Le bilan radiatif terrestre

Définition :

1) Puissance solaire et albédo terrestre



Objectifs : Quantifier la puissance solaire effectivement réellement reçue à la surface de la Terre et comprendre comment elle se répartie à la surface de la Terre.

A LA MAISON

Calculer la part de la puissance émise par le Soleil qui atteint la Terre.

Questions 3,4 5 et 6 p89

3 La puissance* du rayonnement solaire atteignant la Terre

La surface du Soleil émet un rayonnement de puissance totale $P_{\text{Soleil}} = 3,87 \times 10^{26} \text{ W}$.

La puissance reçue par la Terre P_{Terre} dépend de deux paramètres : la distance Terre-Soleil et le rayon de la Terre.

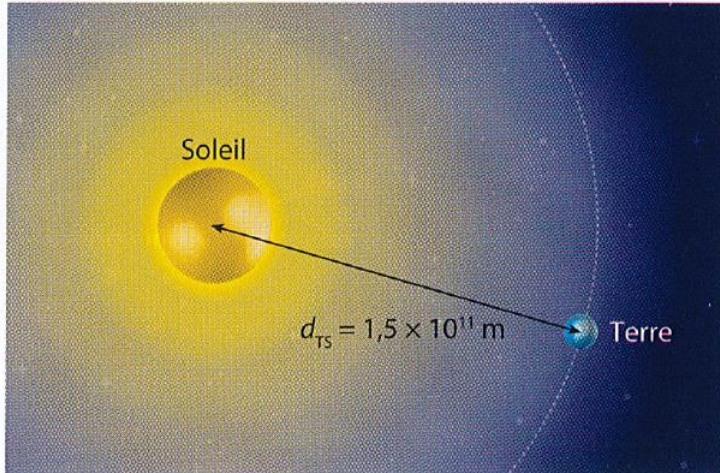
• Influence de la distance Terre-Soleil

Le rayonnement solaire est émis uniformément à partir de la surface du Soleil : il se propage dans toutes les directions de l'espace et se répartit sur la sphère de rayon d_{TS} , c'est-à-dire la distance Terre-Soleil.

Sa puissance surfacique* P_S est donnée par la formule :

$$P_S = \frac{P_{\text{Soleil}}}{S_{\text{sphère}}} = \frac{3,87 \times 10^{26}}{4 \times \pi \times d_{\text{TS}}^2}$$

où $S_{\text{sphère}}$ est la surface de la sphère de rayon d_{TS} .



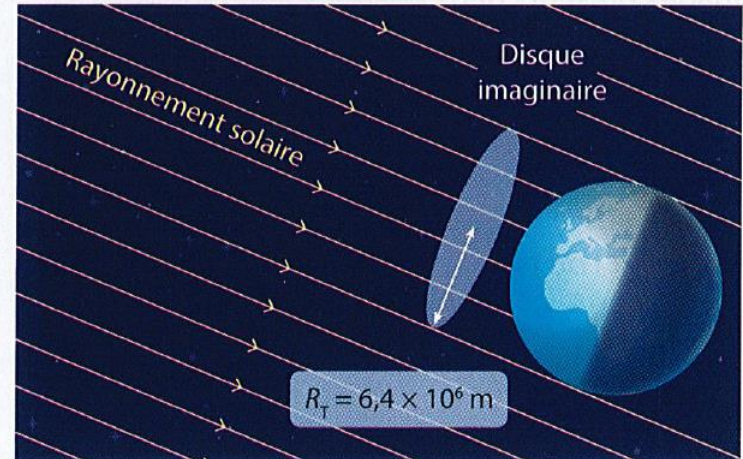
La puissance surfacique P_S diminue lorsque la distance au Soleil augmente.

• Influence du rayon de la Terre

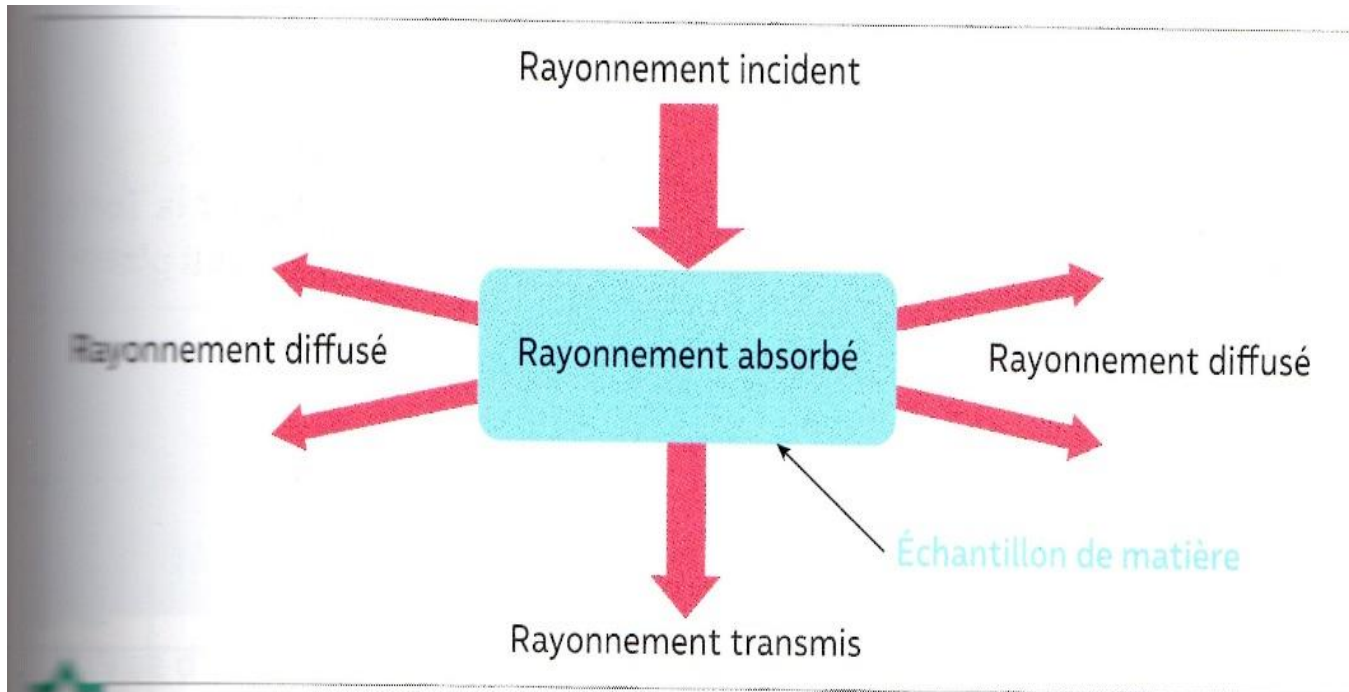
Connaissant la puissance surfacique P_S du Soleil à une distance d_{TS} , il est alors possible de déterminer la puissance du rayonnement solaire reçu effectivement par la Terre : P_{Terre} . Seuls les rayons qui traversent le disque imaginaire de rayon égal à celui de la Terre (R_T) atteignent la Terre. La puissance P_{Terre} est donc proportionnelle à la surface de ce disque imaginaire.

$$P_{\text{Terre}} = P_S \times S_{\text{disque}} = P_S \times \pi \times R_T^2 = 9,68 \times 10^{25} \times \left(\frac{R_T}{d_{\text{TS}}}\right)^2$$

avec P_S la puissance surfacique précédemment déterminée.



La puissance P_{Terre} dépend du rayon terrestre.



e. Absorption, transmission, diffusion d'un rayonnement électromagnétique

Le rayonnement électromagnétique interagit avec la matière: une partie est absorbée. La partie non absorbée est diffusée ou transmise sans interaction. Tous ces rayonnements ont la même longueur d'onde.

Pourcentage de la puissance
au sommet de l'atmosphère **100 %**

Atmosphère

Absorption par :
vapeur d'eau,
ozone, poussières **16 %**

Absorption
par les nuages **3 %**

Absorption
par le sol et les océans **51 %**

6 %

Diffusion et réflexion
par l'air

20 %

Diffusion et réflexion
par les nuages

4 %

Diffusion et réflexion
par la surface

Océans et continents

☞ Pourcentage des puissances solaires absorbées, diffusées
et réfléchies par la Terre et son atmosphère



	Papier blanc	Eau colorée bleue	glace	Feuilles vertes	coton	sable
Surface terrestre modélisée	Témoin					
Intensité lumineuse réfléchie (en lux)						
ALBEDO	1					

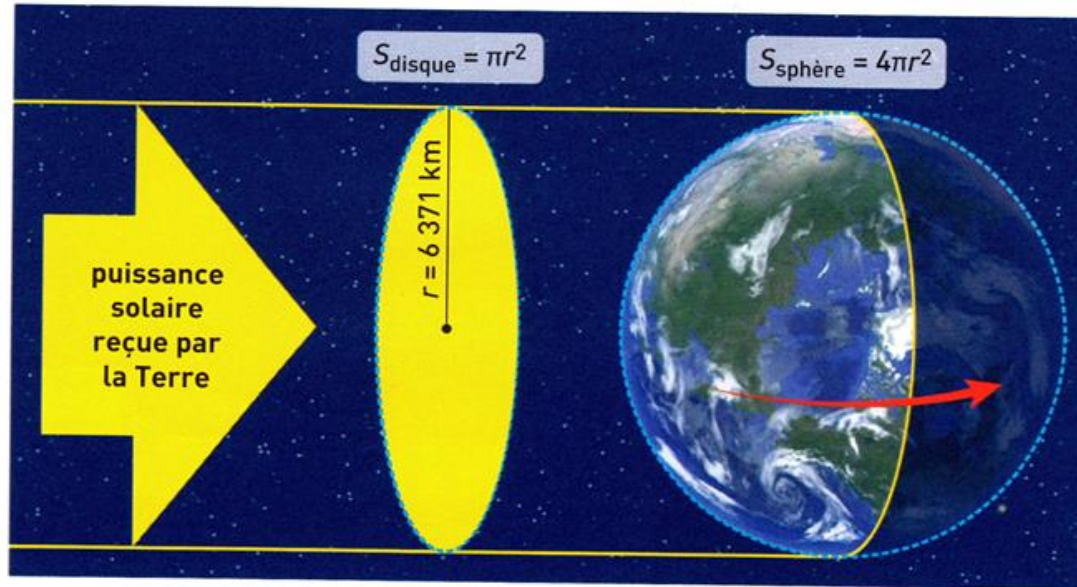
Bilan 1 Livre page 96 §1

La Terre reçoit moins d'1 milliardième de la puissance totale émise par le Soleil. C'est très peu mais cela permet d'assurer la vie sur Terre ! Cette puissance reçue dépend de la distance entre la terre et le Soleil et du rayon de la planète.

Une fraction de cette puissance (30%) est **réfléchie** et **diffusée** vers l'espace : c'est **l'albédo terrestre**. Le reste (70%) est **absorbé** par l'atmosphère, les continents et les océans.

2

Le rayonnement incident se projette sur une sphère



■ Une approche géométrique du calcul des puissances solaires reçues.

Pour calculer la puissance solaire totale interceptée par une planète, on considère un disque imaginaire, placé au-dessus de la planète et orienté perpendiculairement au rayonnement incident, qui le capterait entièrement. La surface de ce disque vaut πr^2 , où r est le rayon de la planète.

Puisque la Terre tourne sur elle-même, la puissance qu'elle reçoit se répartit intégralement sur toute sa surface, c'est-à-dire sur une sphère dont la surface vaut $4\pi r^2$.

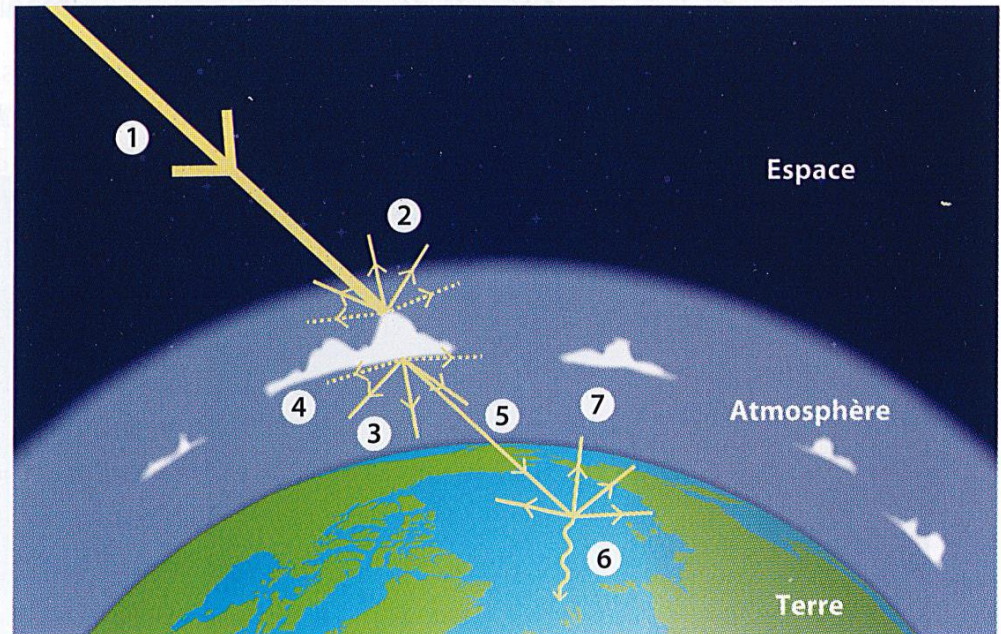
2) Effet de serre et bilan radiatif



Objectif : montrer la place de l'effet de serre dans le bilan radiatif terrestre et relier la température au bilan radiatif global

1 Les interactions du rayonnement solaire avec la Terre

Lorsque le rayonnement incident ① émis par le Soleil arrive sur Terre, il interagit avec l'atmosphère, les océans et les continents selon différents processus. Les nuages présents dans l'atmosphère diffusent le rayonnement solaire directement vers l'espace ② ou vers la surface de la Terre ③. L'atmosphère absorbe ensuite une partie du rayonnement ④. Enfin, lorsque le rayonnement solaire transmis ⑤ arrive sur le sol (continents et océans), il est absorbé ⑥ ou diffusé* ⑦.



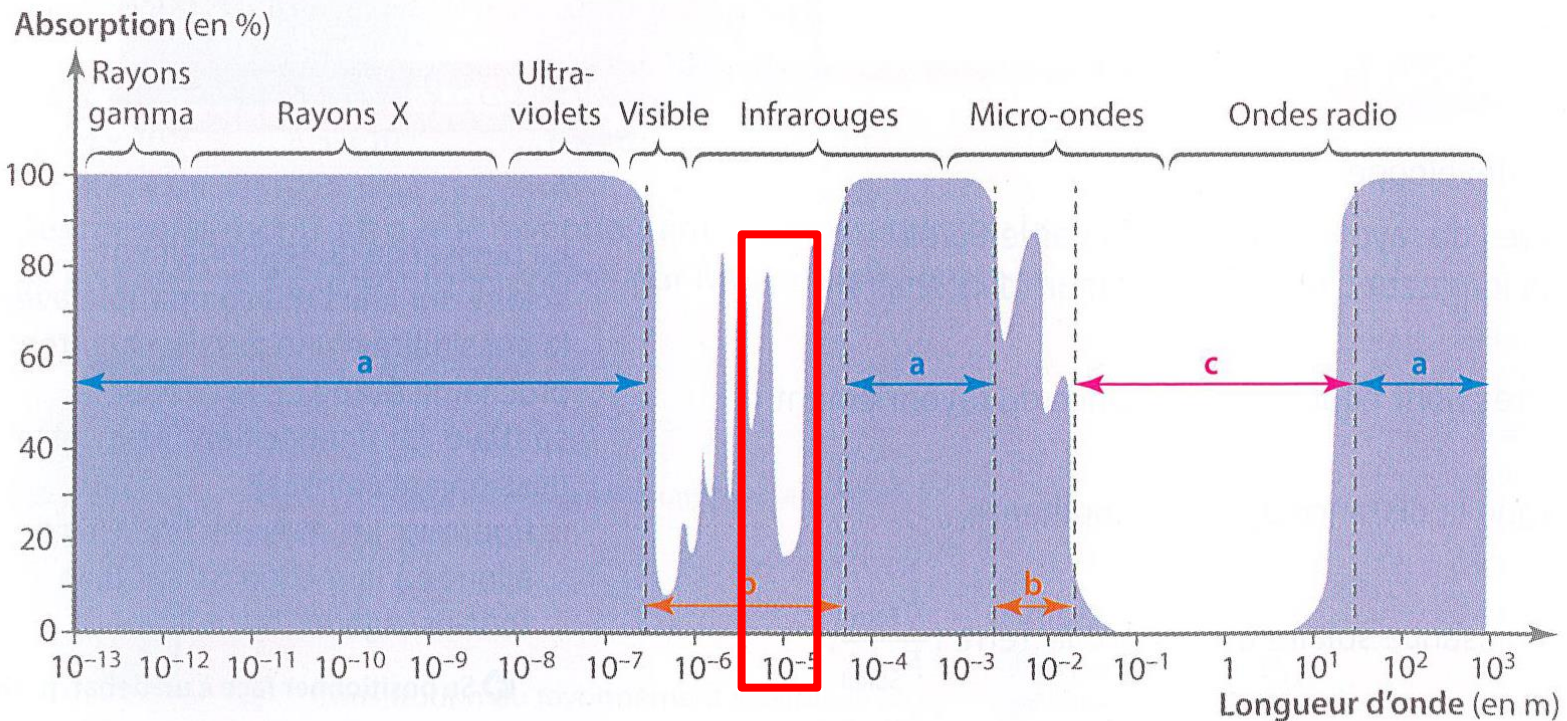
2 L'atmosphère, un bouclier naturel

Les gaz comme la vapeur d'eau, le dioxygène et l'ozone présents dans l'atmosphère terrestre absorbent environ 20 % du rayonnement solaire, soit l'équivalent de $65 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

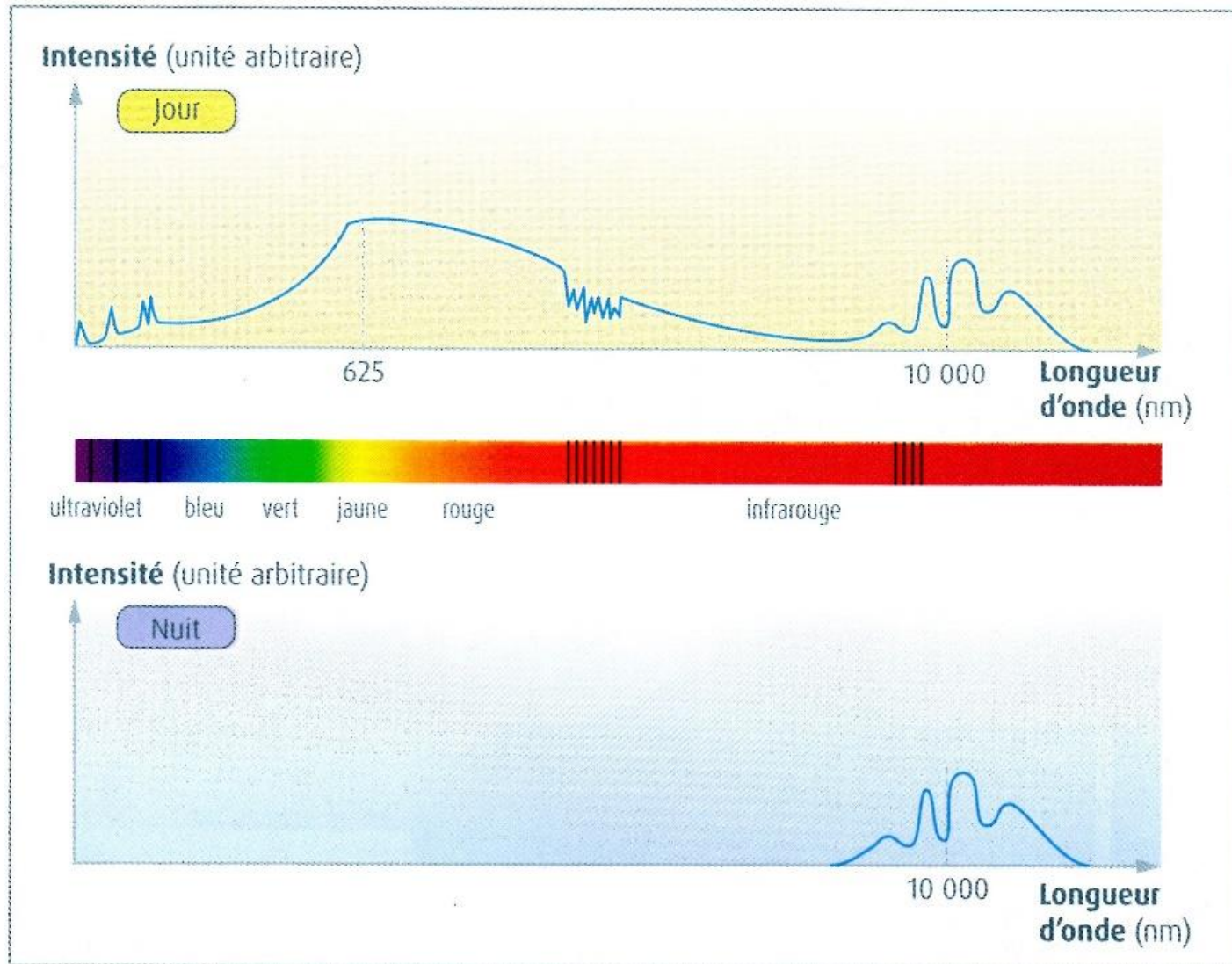
Selon le domaine de longueurs d'onde, l'atmosphère est dite « opaque » lorsque le rayonnement est totalement absorbé (a) alors qu'elle est dite « transparente » lorsqu'il ne l'est pas (c).

Il existe aussi des domaines de longueurs d'onde où le rayonnement solaire est partiellement absorbé (b).

Ainsi, les rayonnements les plus dangereux pour la vie sur Terre (rayons gamma, rayons X et une partie des ultraviolets) sont absorbés par les entités chimiques comme l'ozone dès leur arrivée au sommet de l'atmosphère.



Courbe d'absorption de l'atmosphère terrestre en fonction de la longueur d'onde.

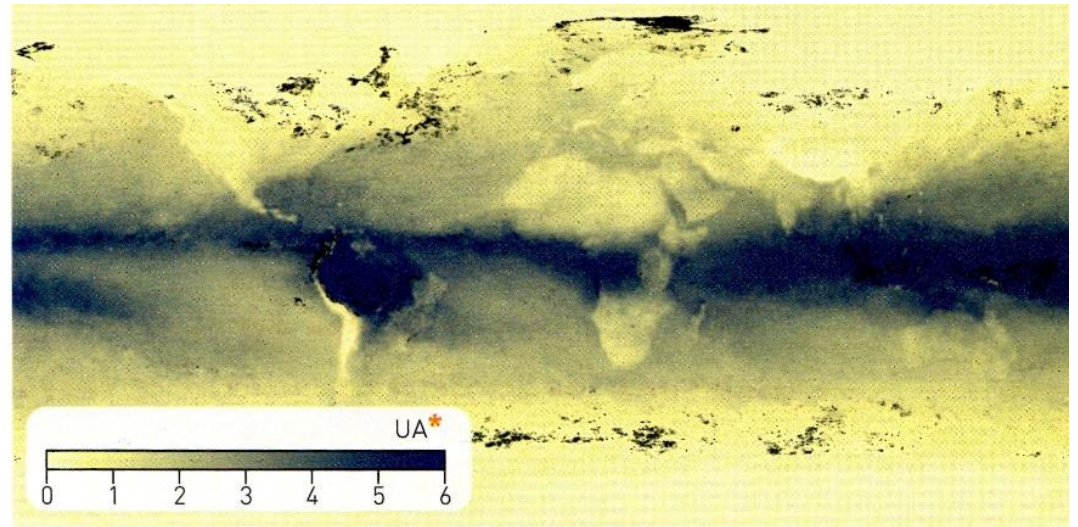


DOC 1 Spectres du rayonnement terrestre le jour et la nuit. La Terre, comme tout corps de température non-nulle, émet un rayonnement thermique.

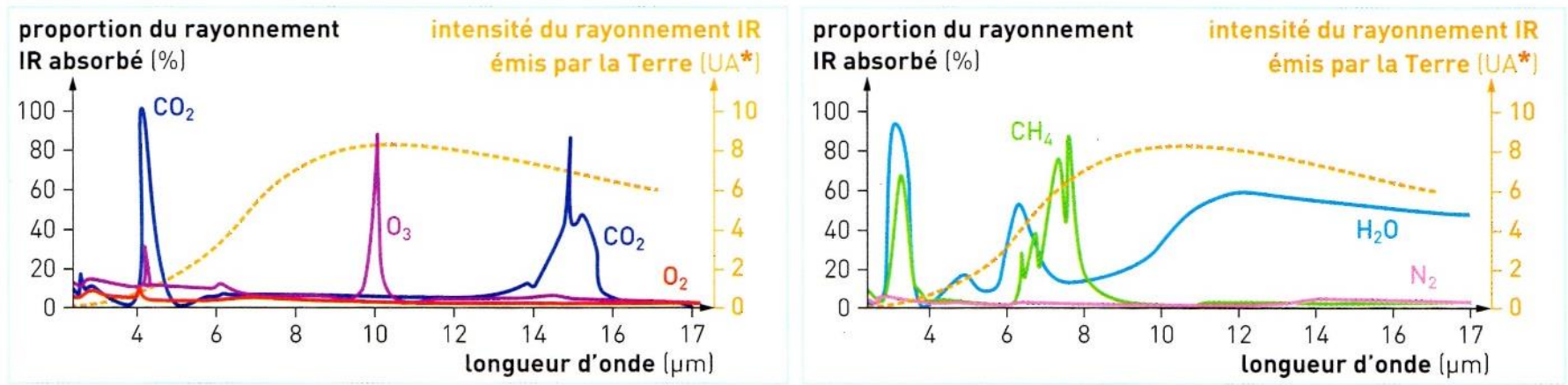
Les gaz à effet de serre

Certains gaz de l'atmosphère sont capables d'absorber le rayonnement IR émis par la surface de la Terre ou par l'atmosphère elle-même. Ces gaz sont qualifiés de gaz à **effet de serre** (GES). Le GES le plus abondant est la vapeur d'eau (a).

a Concentration atmosphérique en vapeur d'eau en novembre 2018. ➤



On peut mesurer, au laboratoire, la capacité de chaque gaz à absorber le rayonnement IR incident. Celle-ci se traduit par leur spectre d'absorption*, qui montre la proportion du rayonnement incident absorbé pour chacune des longueurs d'onde (b). Les « pics » d'absorption sont caractéristiques de chacun des gaz.



b Spectres d'absorption des principaux gaz de l'atmosphère (courbes en traits pleins), superposés à l'intensité du rayonnement IR émis par la Terre (courbe en pointillés).

L'absorption du rayonnement IR par les GES provoque l'augmentation de la température de l'atmosphère, à l'image d'une serre agricole dont le verre laisse passer une grande partie du rayonnement solaire, mais piège le rayonnement IR émis par l'intérieur de la serre. La contribution d'un gaz à effet de serre dépend de son pouvoir d'absorption des IR, mais aussi de sa concentration dans l'atmosphère (G).

GES	H ₂ O	CO ₂	O ₃	CH ₄
Concentration (%)	0,5 à 5	0,04	0,0007	Traces
Contribution à l'effet de serre (%)	48,4	21,1	6,4	4,8

C Comparaison de la contribution à l'effet de serre des principaux GES. (L'eau liquide présente dans l'atmosphère, telles que les gouttelettes des nuages, contribue également à l'effet de serre, à hauteur de 19,3 %.)

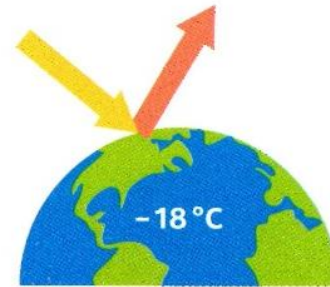
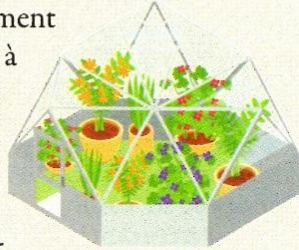
c. L'effet de serre naturel: un bienfait pour la planète

Le tiers de l'énergie en provenance du Soleil est directement diffusé vers l'espace par les nuages, l'atmosphère et la surface terrestre. Les deux tiers restants sont absorbés par l'atmosphère, les sols et l'océan. La surface terrestre émet en retour un rayonnement infrarouge que les nuages et les gaz à effet de serre absorbent en grande partie.

Les nuages et les gaz à effet de serre ainsi chauffés, émettent à leur tour des rayonnements infrarouges vers l'espace et vers le sol. Celui-ci se réchauffe et le processus d'émission des rayonnements infrarouges se poursuit.

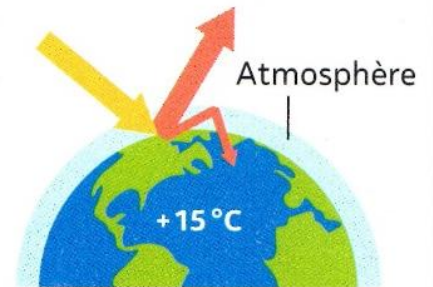
Ce phénomène a été baptisé « effet de serre » par analogie avec la serre du jardinier. On estime que sans cet effet de serre de l'atmosphère, la température moyenne à la surface de la Terre serait au plus de -18°C au lieu des 15°C que nous connaissons.

D'après www.meteofrance.fr.



Sans atmosphère

La puissance rayonnée par le Soleil et reçue par la Terre est « renvoyée » dans l'espace.



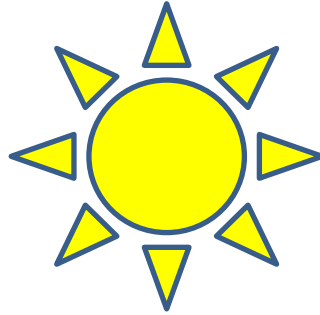
Avec atmosphère

La puissance rayonnée par le Soleil et reçue par la Terre est en partie conservée grâce aux nuages et aux gaz à effet de serre.

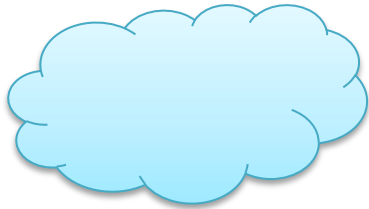
 Puissance rayonnée par le Soleil

 Puissance « renvoyée » par la Terre

d. Température moyenne de la Terre avec et sans effet de serre



ATMOSPHERE



SOL

https://www.youtube.com/watch?time_continue=66&v=wuNV4eQCN48&feature=emb_logo



Rayonnement
solaire



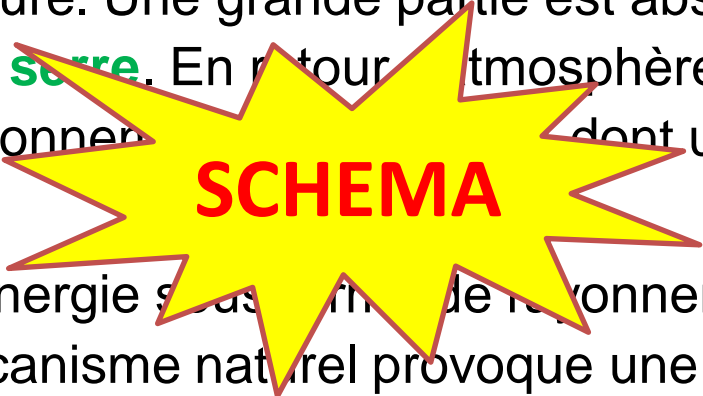
Nuage



Gaz
atmosphériques

Bilan 2

L'échauffement du sol terrestre émet un **rayonnement thermique dans l'infrarouge** qui dépend de sa température. Une grande partie est absorbée par les **gaz atmosphériques à effet de serre**. En retour l'atmosphère absorbe ce rayonnement et émet un rayonnement dont une partie est absorbée par le sol.



On appelle **effet de serre** l'échange d'énergie sous forme de rayonnement IR entre le sol terrestre et le sol. Ce mécanisme naturel provoque une augmentation de la température atmosphérique.

...ance moyenne (albédo +

BILAN RADIATIF = 342 – 102 – 240

= P_{solaire} reçue – P_{diff} albedo – P_{réémission} IR

...angement de l'albédo...
conduire à une variation de la température moy...

II- Une conversion biologique de l'énergie solaire : LA PHOTOSYNTHESE.

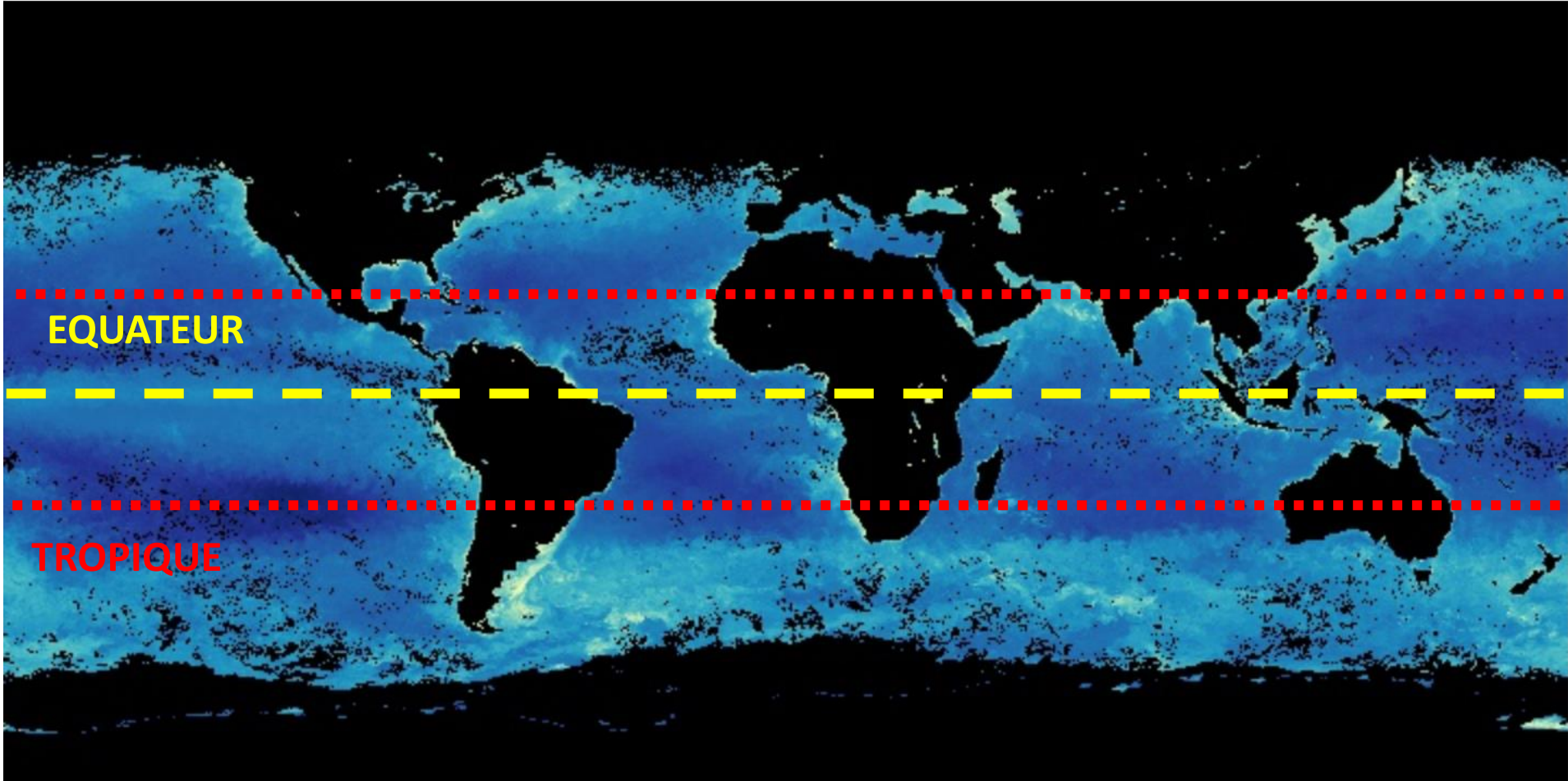


1) A l'échelle de la planète.

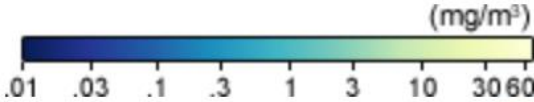
Objectif : Des scientifiques de la Nasa observent la Terre depuis l'espace depuis de nombreuses années. Grâce aux données qu'ils mettent à notre disposition, vous allez pouvoir **faire le lien entre l'importance de la photosynthèse à l'échelle planétaire et l'énergie solaire reçue.**

<https://neo.sci.gsfc.nasa.gov/>

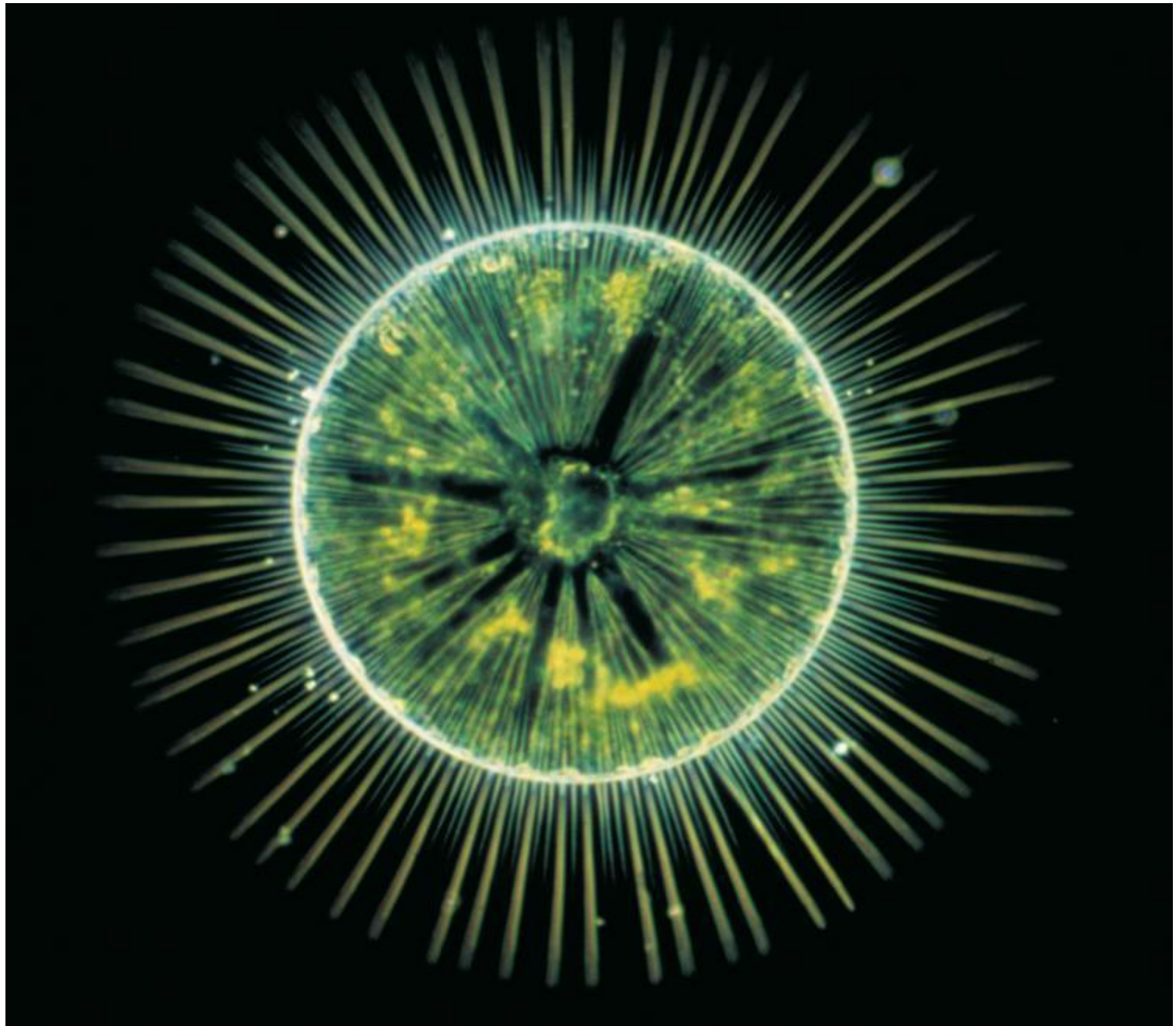
CHLOROPHYLL CONCENTRATION (1 MONTH - AQUA/MODIS)



View by date:

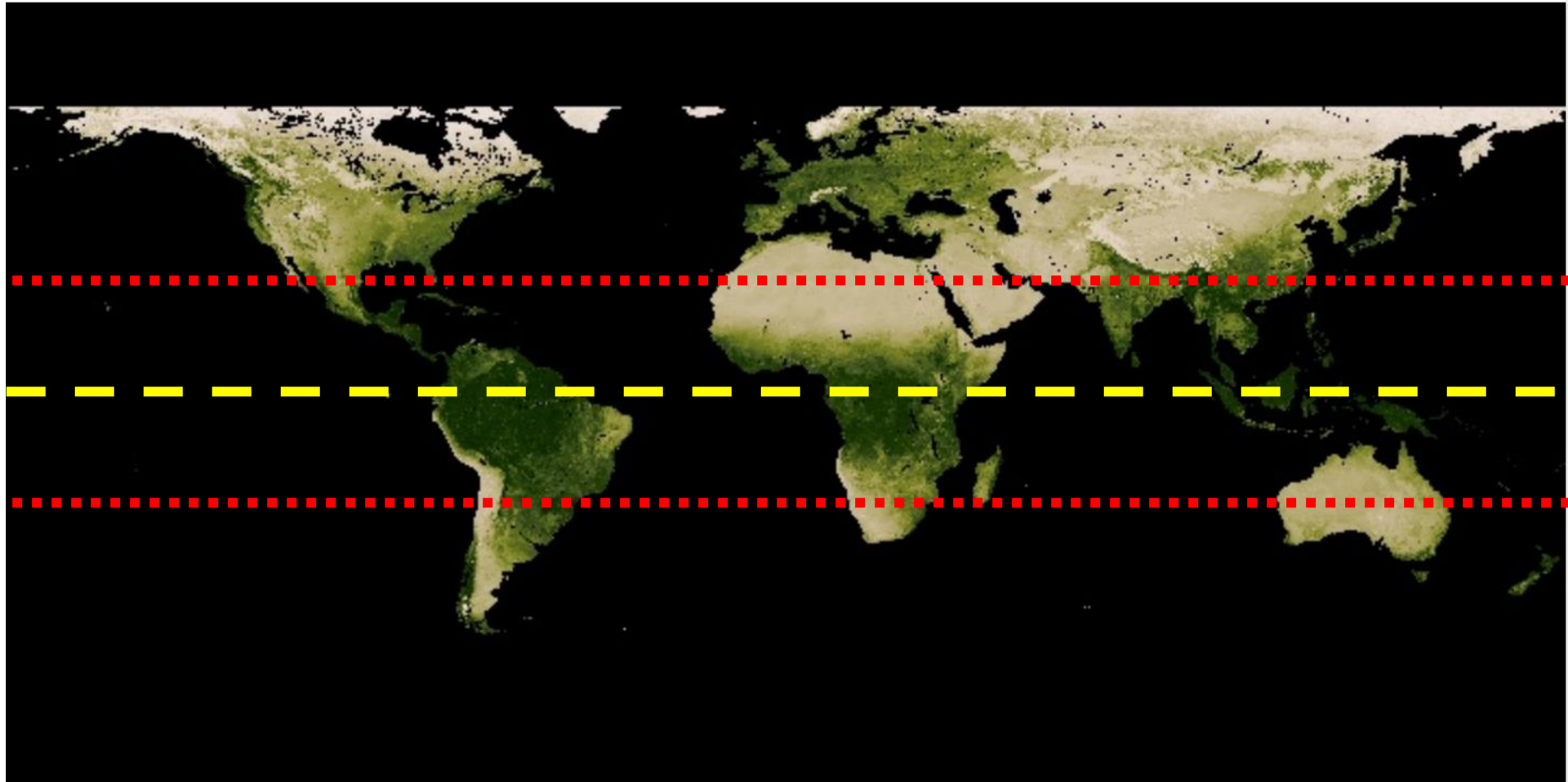


[Download color table](#) 





VEGETATION INDEX [NDVI] (1 MONTH - TERRA/MODIS)

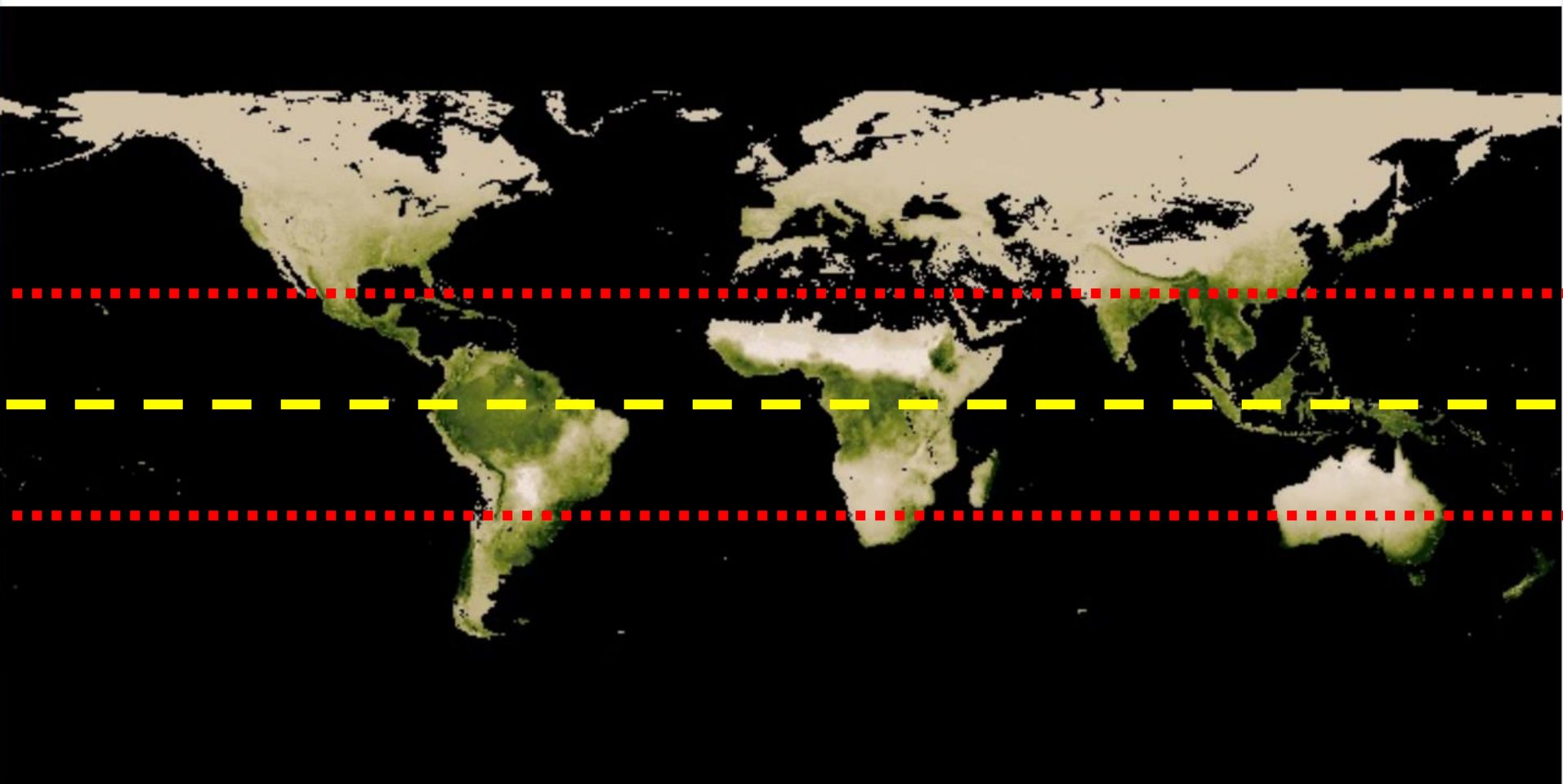


View by date:



[Download color table](#) 

NET PRIMARY PRODUCTIVITY (1 MONTH - TERRA/MODIS)



View by date:

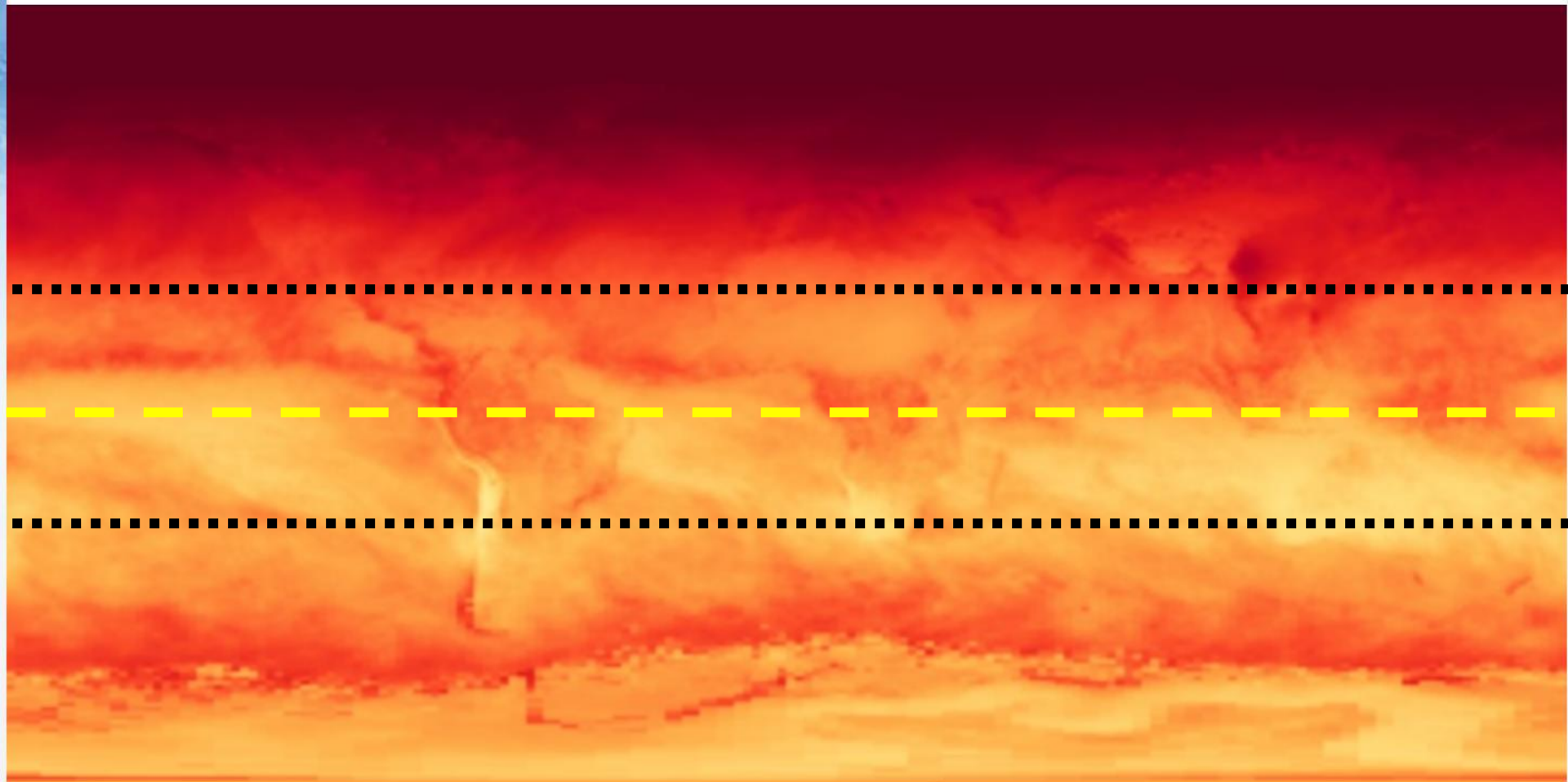
8 day

1 mo



[Download color table](#) 

SOLAR INSOLATION (1 MONTH)

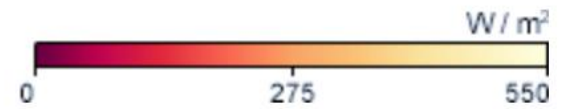


View by date:

1 day

8 day

1 mo



[Download color table](#) 



ENERGIE SOLAIRE RECUE (en W.m-2)	Type de zones correspondant sur les continents	Type de zones correspondant sur les océans
0 à 200		
200 à 400		
400 à 550		

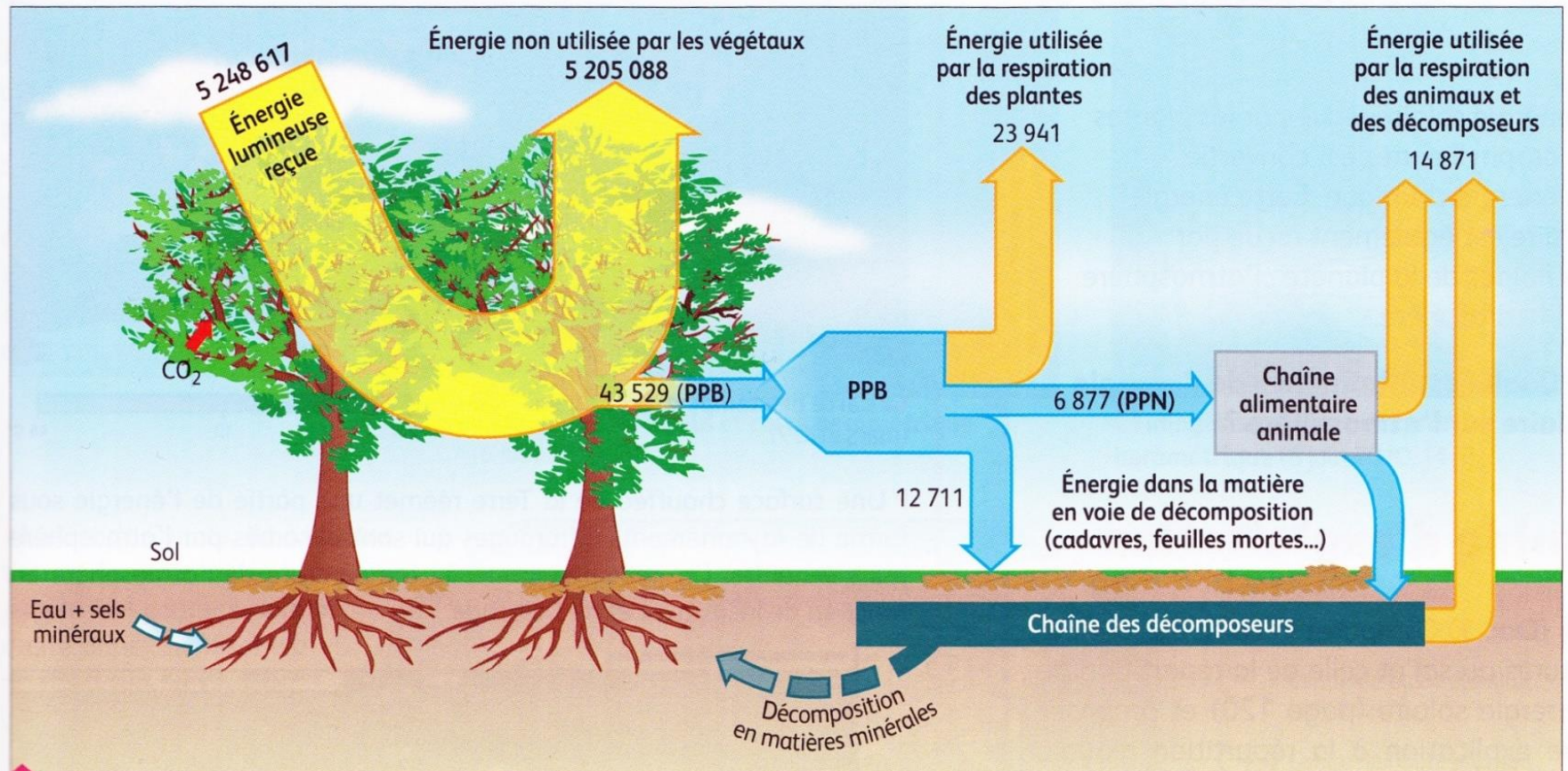
ENERGIE SOLAIRE RECUE (en W.m-2)	Type de zones correspondant sur les continents	Type de zones correspondant sur les océans
0 à 200	déserts froids (banquises)	courants marins froids, zone de faible concentration chlorophyllienne
200 à 400	forêts tropicales et tempérées	zone de forte concentration chlorophyllienne le long des côtes
400 à 550	déserts chauds	zone de faible concentration chlorophyllienne

3 Le devenir de l'énergie dans un écosystème

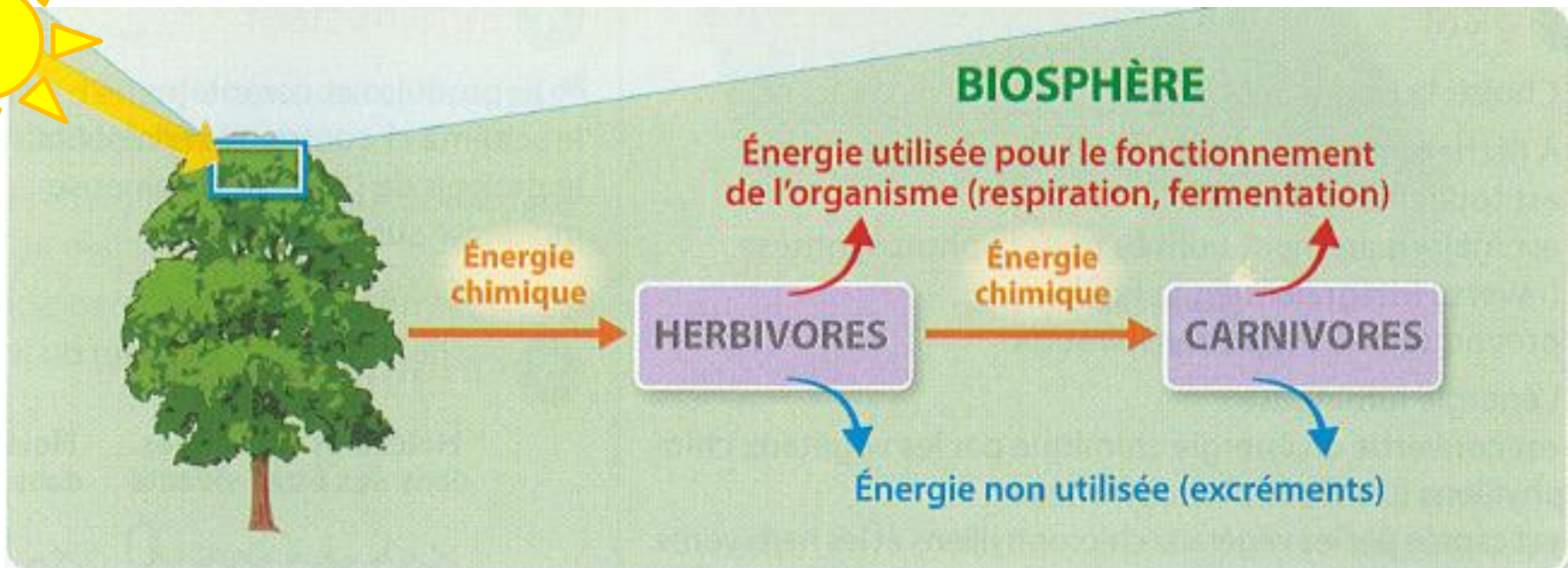
► L'énergie solaire reçue par les végétaux chlorophylliens est partiellement transformée en matière organique.

► La productivité primaire brute (PPB) d'un écosystème est la production totale de matières organiques, élaborées par photosynthèse, par unité de temps et de surface.

► Une partie de la matière organique synthétisée par les plantes est utilisée pour fournir de l'énergie libérée par la respiration, ce qui permet de leur fournir de l'énergie pour couvrir leurs propres besoins. On appelle productivité primaire nette (PPN), la productivité primaire (PPB) diminuée de toute la matière utilisée pour la respiration.



Devenir de l'énergie dans une hêtraie. Les valeurs énergétiques sont exprimées en kJ par m² et par an.



Bilan 3 Livre page 112

Seulement 0,1% de l'énergie solaire est absorbé par les organismes chlorophylliens pour la photosynthèse. Ce sont des **producteurs primaires** qui utilisent cette énergie pour fabriquer leur biomasse.

Cette infime partie permet pourtant à la biosphère de disposer d'une **source d'énergie** car les végétaux chlorophylliens sont à la base des chaînes alimentaires.

Ils permettent une **conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique** disponible pour les maillons suivants. (libérée par respiration ou fermentation, transformée en combustibles)

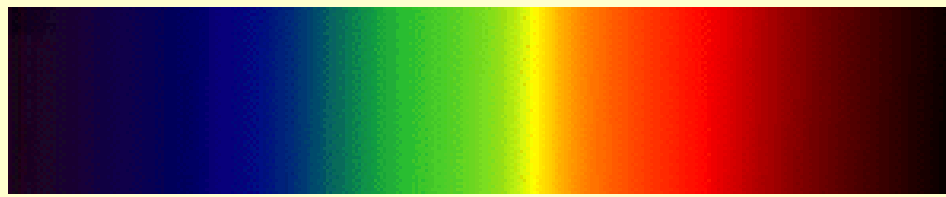
2) A l'échelle de la feuille.

TP4

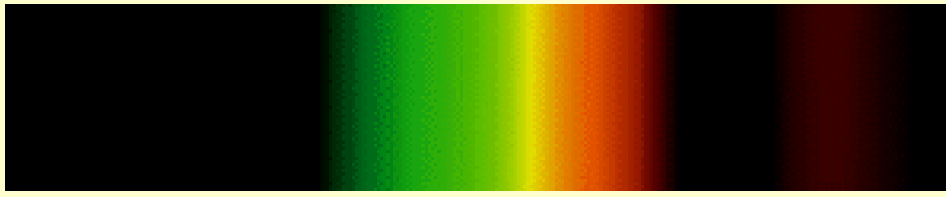
Objectif : Expliquer comment l'Homme s'inspire de la photosynthèse réalisée par les feuilles des végétaux chlorophylliens pour produire de la matière organique.



A



B

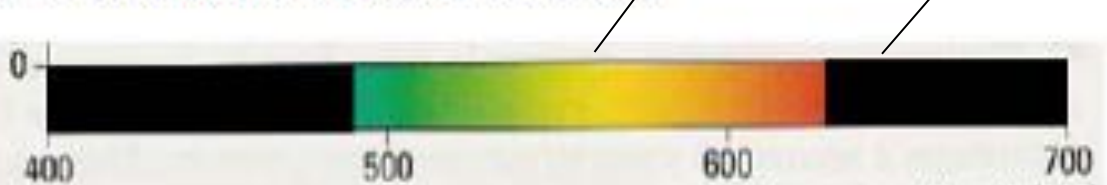


Spectre témoin de l'alcool



Spectre d'absorption des radiations lumineuses en présence d'une solution témoin d'alcool

Spectre à compléter à partir de l'observation

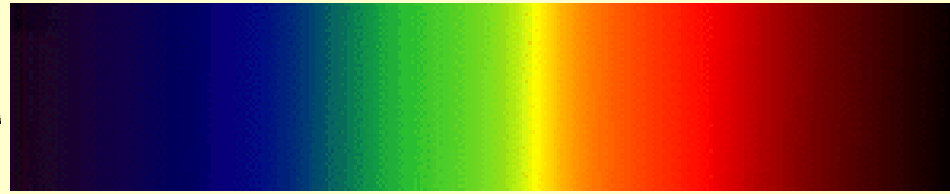


radiations lumineuses
réfléchies par les
pigments chlorophylliens

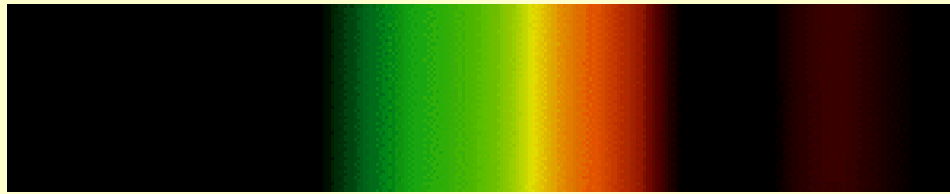
radiations lumineuses
absorbées par les
pigments
chlorophylliens

Spectre d'absorption des radiations lumineuses par les pigments chlorophylliens

A

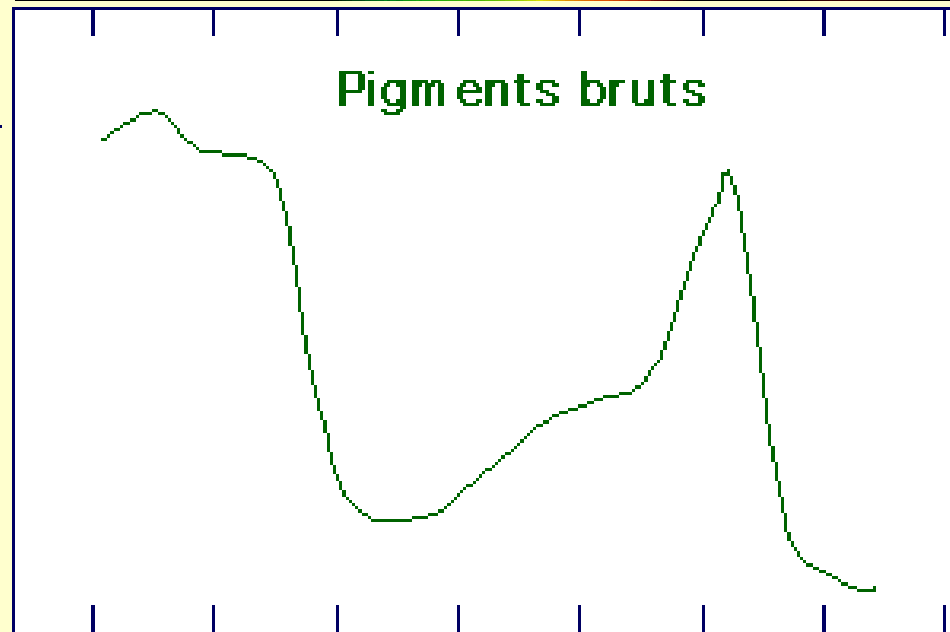


B



% d'absorption

Pigments bruts



400

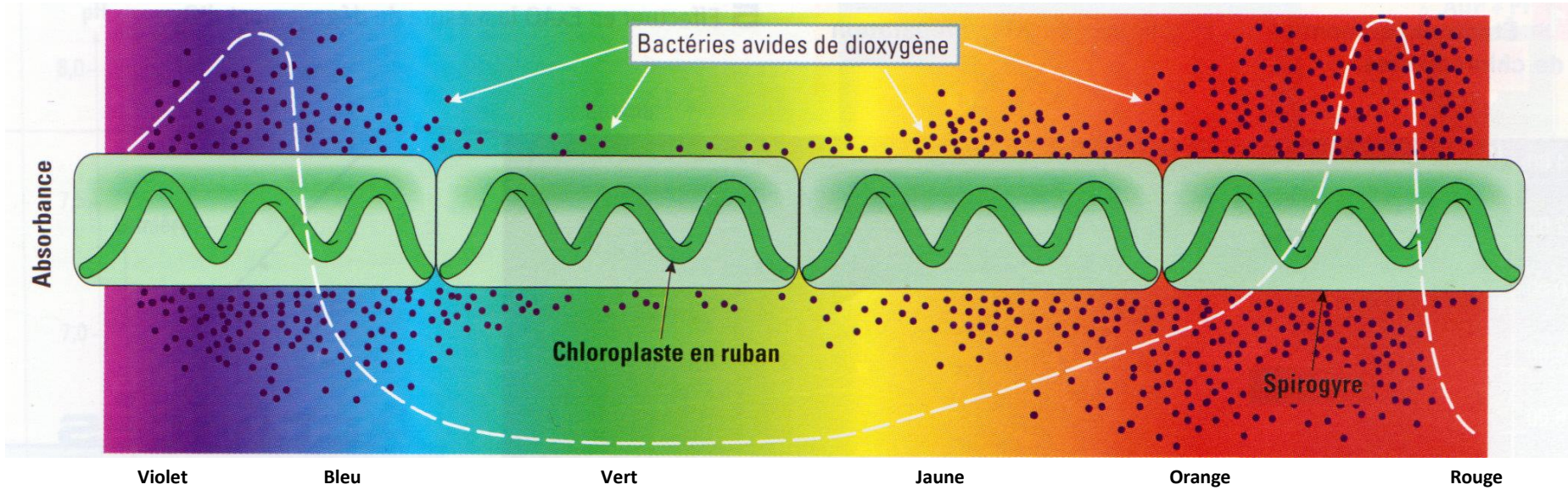
500

600

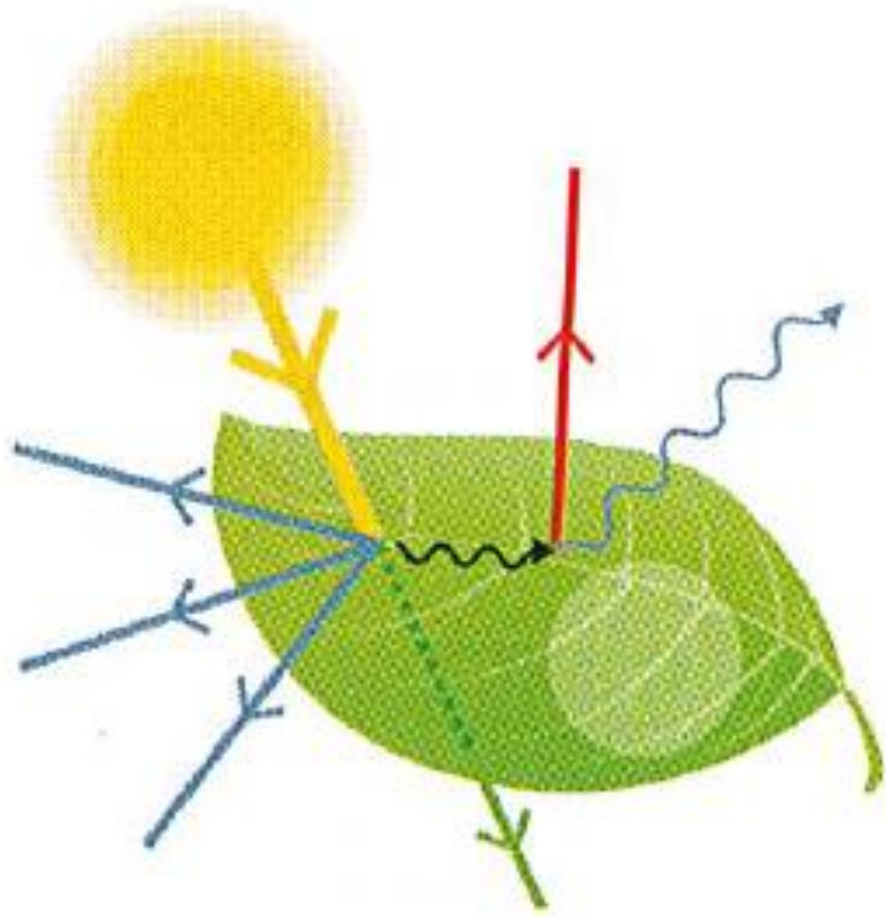
700

longueur d'onde (nm)

Ou question 3 p 107



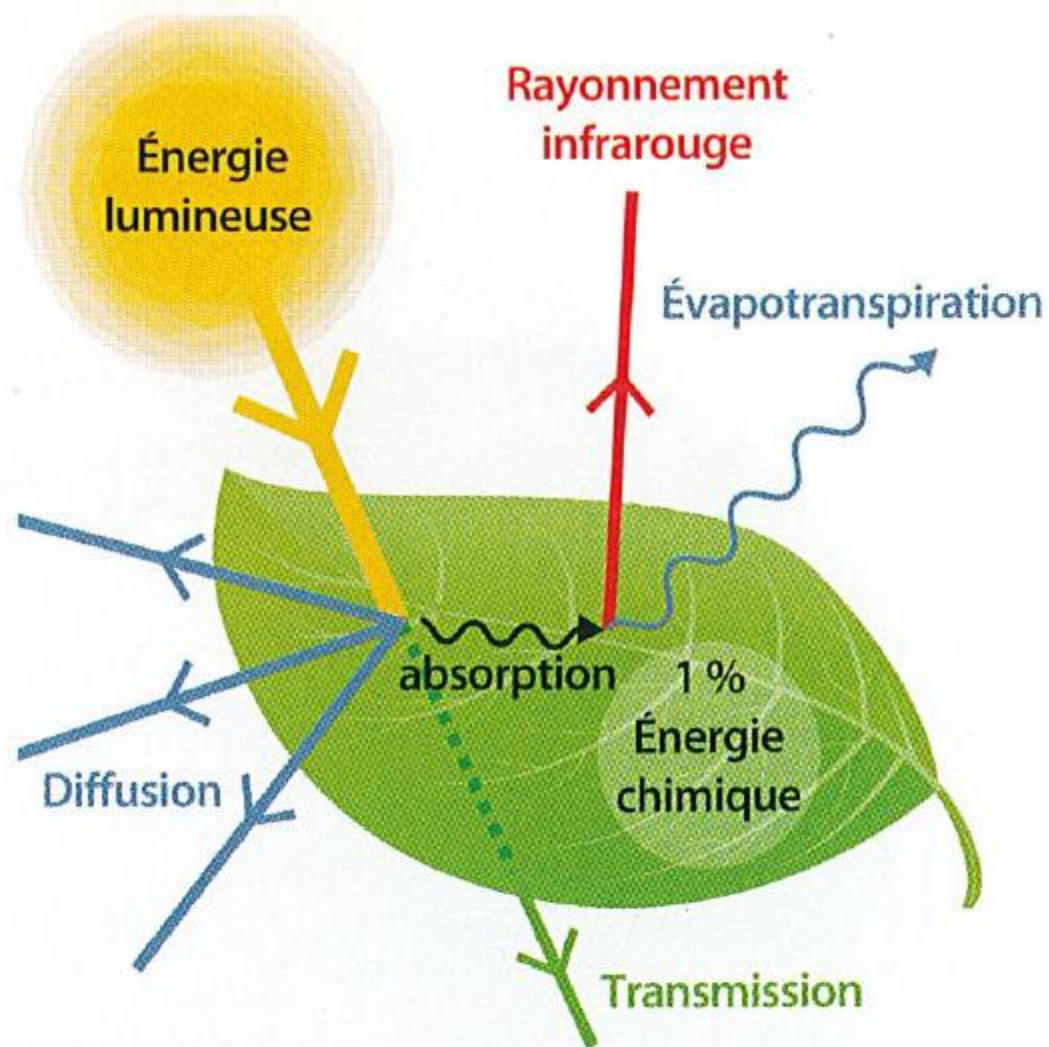
L'expérience. En 1882, Engelmann place sous microscope un filament de spirogyre, algue verte d'eau douce, avec des bactéries qui sont attirées par des sources de dioxygène dans le milieu. Il place le filament d'algue parallèlement à la largeur du spectre de lumière blanche décomposée qui l'éclaire.



Bilan simplifié de la photosynthèse:



(amidon)



Devenir de l'énergie incidente au niveau d'une feuille

Bilan 4 Livre page 112

Le rayonnement solaire reçu par une feuille peut être diffusé, transmis ou absorbé.

L'échauffement provoque l'émission **d'infrarouge thermique** et l'**évapotranspiration** de l'eau.

Les radiations bleues et rouge du rayonnement solaire sont absorbées par les pigments chlorophylliens. Les radiations vertes sont, elles diffusées.

1% de l'énergie solaire reçue est convertie par la photosynthèse en énergie chimique stockée dans les molécules organiques à partir de matière minérale

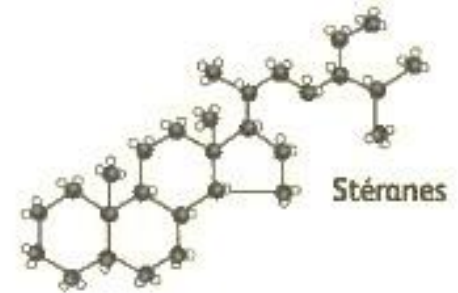
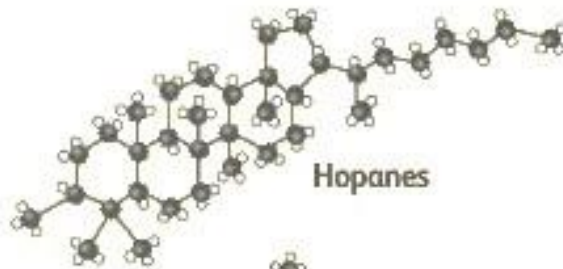
III- La fossilisation de la matière organique.

Objectif : montrer comment un combustible fossile est issu de la transformation d'une partie de la matière organique accumulée dans des sédiments.

TP4



Élément chimique	Quantité (en % de la masse)
C	82,0 à 86,5
H	10,0 à 13,6
O	0,01 à 3,50
N	0,03 à 1,20
S	0,06 à 5,50



● Carbone ○ Hydrogène ● Azote
— Liaison chimique



1 Une installation pétrolière au large de la Birmanie. Les recherches pétrolières sont très actives dans cette région. Celle-ci se caractérise à la fois par une très forte productivité primaire ($354 \text{ gC} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$) liée au phytoplancton et par une accumulation d'une épaisseur importante de sédiments riches en matière organique issus de ces organismes marins après leur mort. Le pétrole qu'on trouve aujourd'hui dans cette région s'est formé il y a 20 millions d'années, dans un contexte identique à l'actuel.

Les conditions de fossilisation de la biomasse

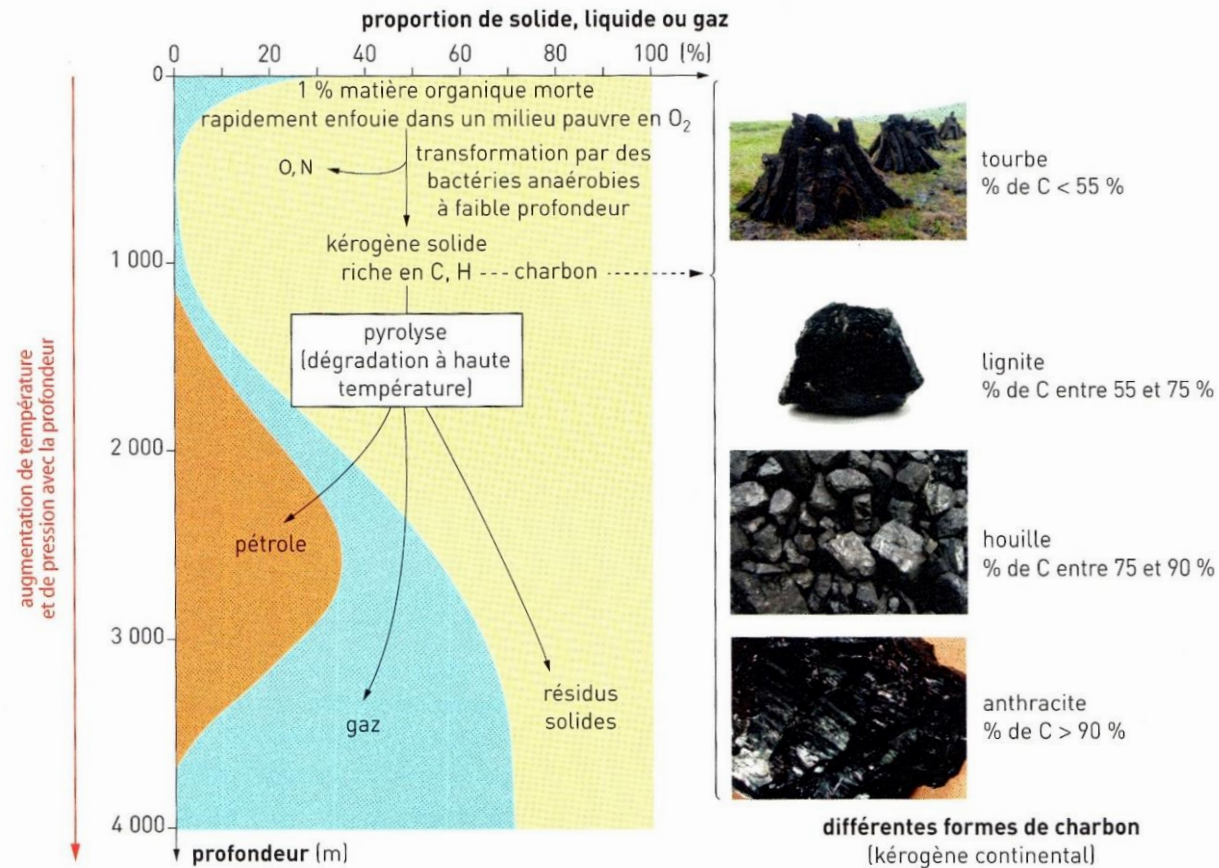
Lorsque les organismes meurent, leur biomasse est décomposée sauf si elle est rapidement enfouie dans des sédiments pauvres en O_2 . Elle subira alors une dégradation par des bactéries anaérobies*, la transformant en un résidu solide enrichi en C et H appelé kérogène*. On estime que moins de 1 % de la biomasse totale subit ce phénomène.

Lorsque l'enfouissement se poursuit, les molécules du kérogène sont fragmentées sous l'effet de l'augmentation de la température (pyrolyse), ce qui cause la formation d'hydrocarbures* à l'état liquide (pétrole), puis à l'état gazeux (gaz naturel) (document ci-dessous).

- Si la biomasse est d'origine continentale (forêts, marécages), ce kérogène formera essentiellement différentes formes de charbon (que l'on distingue en fonction de leur teneur en carbone).

- Si elle est d'origine océanique (phytoplankton), le kérogène formera davantage de pétrole et de gaz naturel.

Ces phénomènes sont très lents, ce qui explique que les gisements actuels de charbon, pétrole et gaz datent de plusieurs millions d'années.



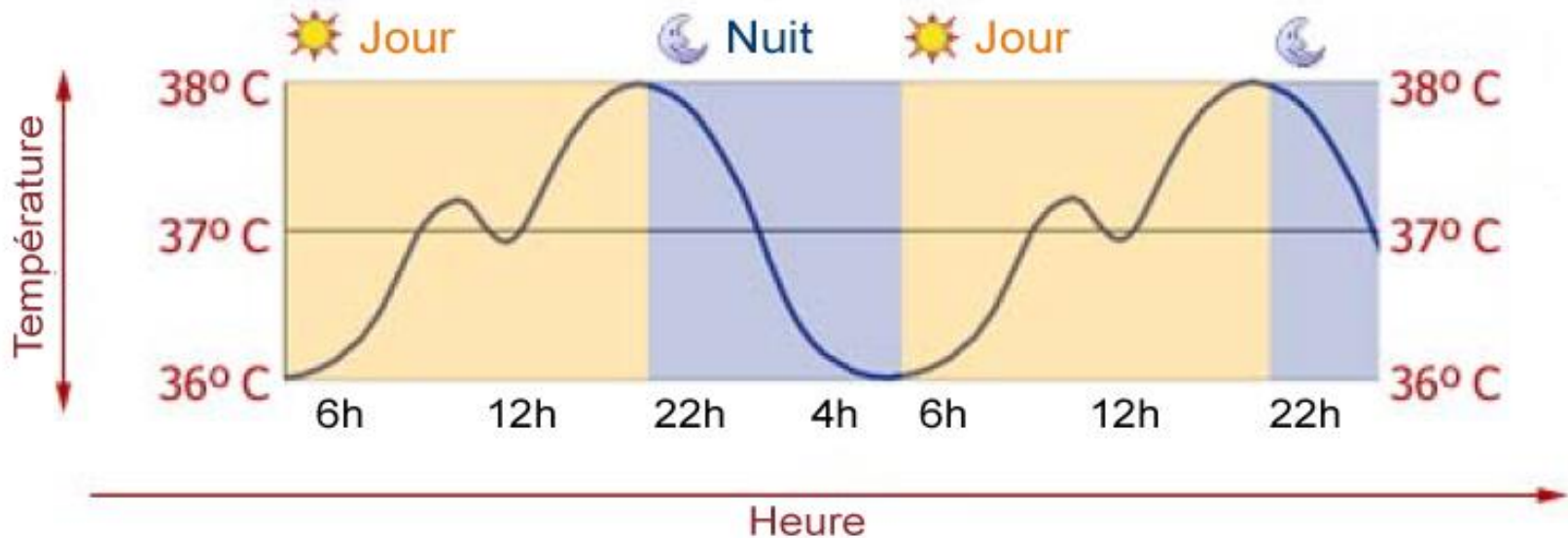
■ La formation des combustibles fossiles.

Bilan 5

§3 page 112

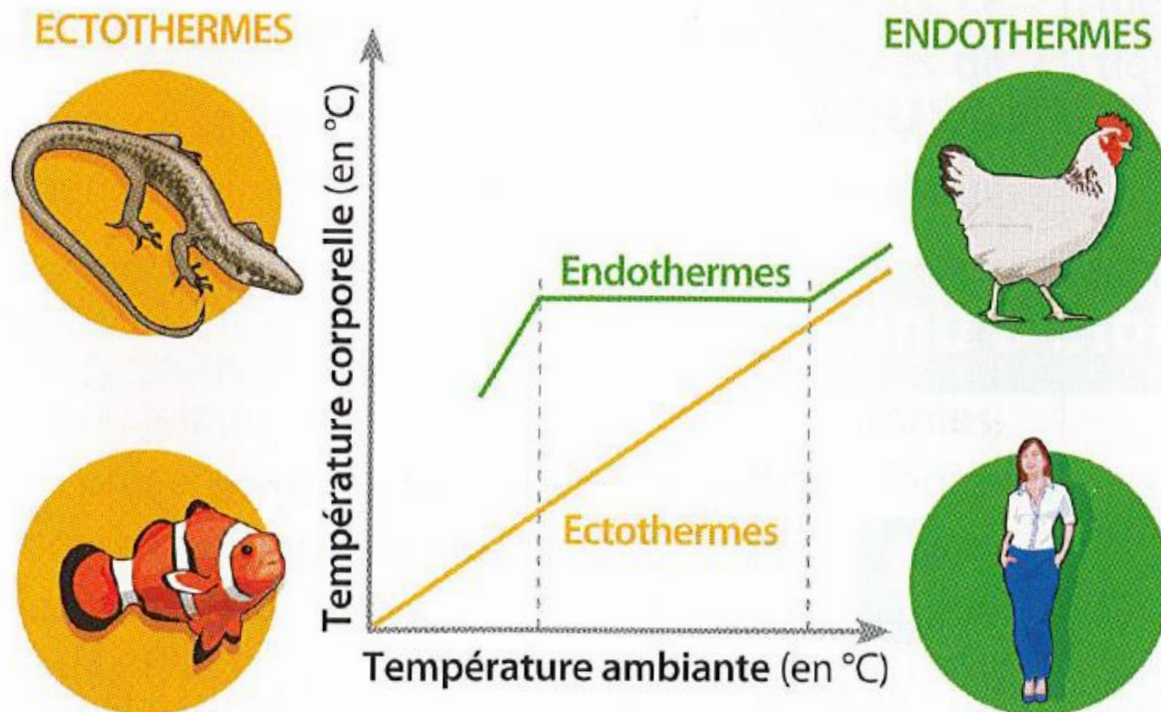
IV- Le bilan thermique du corps humain.

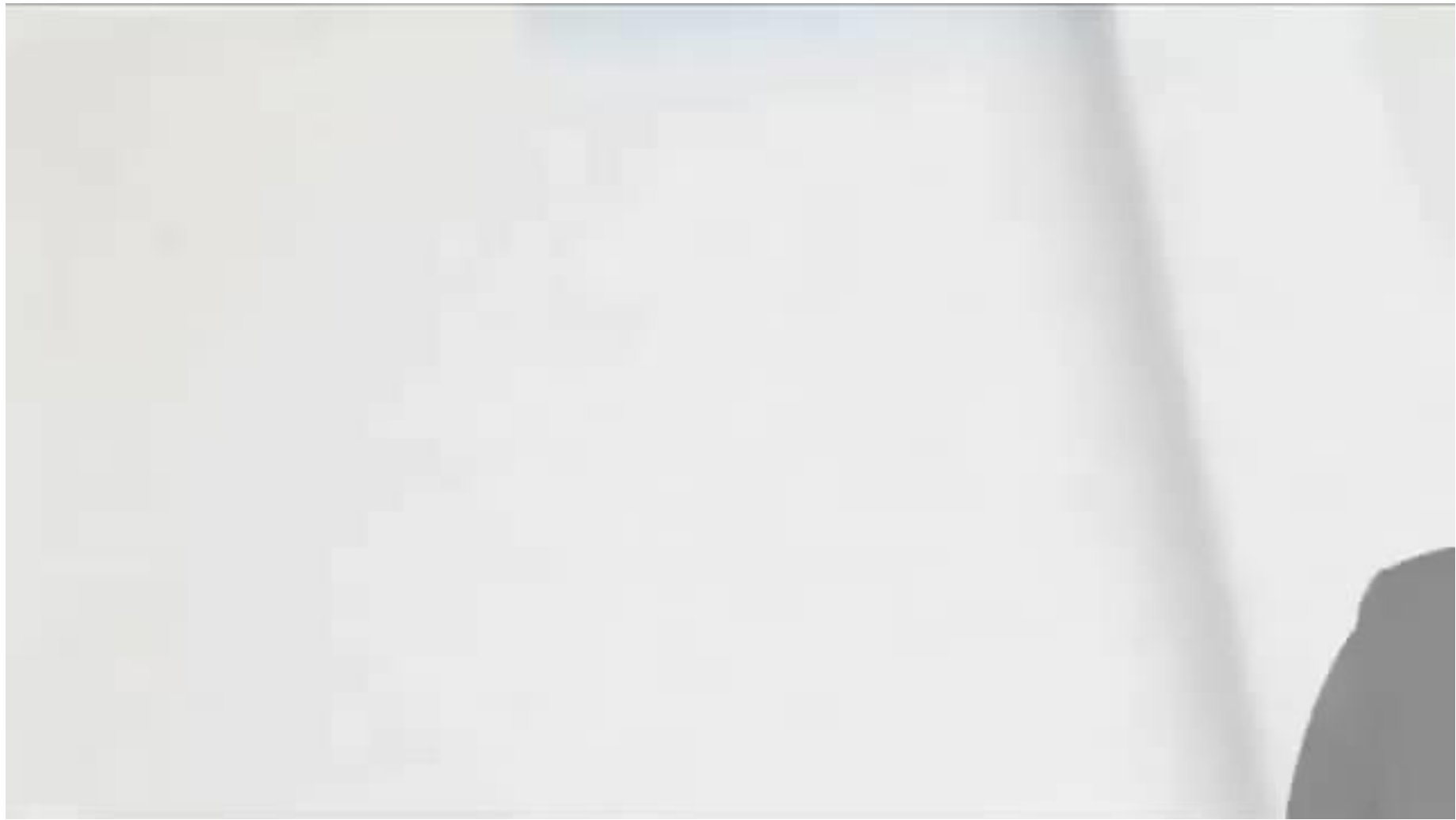
Cycle circadien de la température corporelle



3 La régulation de la température chez les endothermes*

Les endothermes utilisent leur métabolisme* pour produire l'énergie thermique indispensable au maintien de leur température corporelle, paramètre sous contrôle et régulé. Ce n'est pas le cas des ectothermes*, dont la température est la même que celle du milieu environnant.



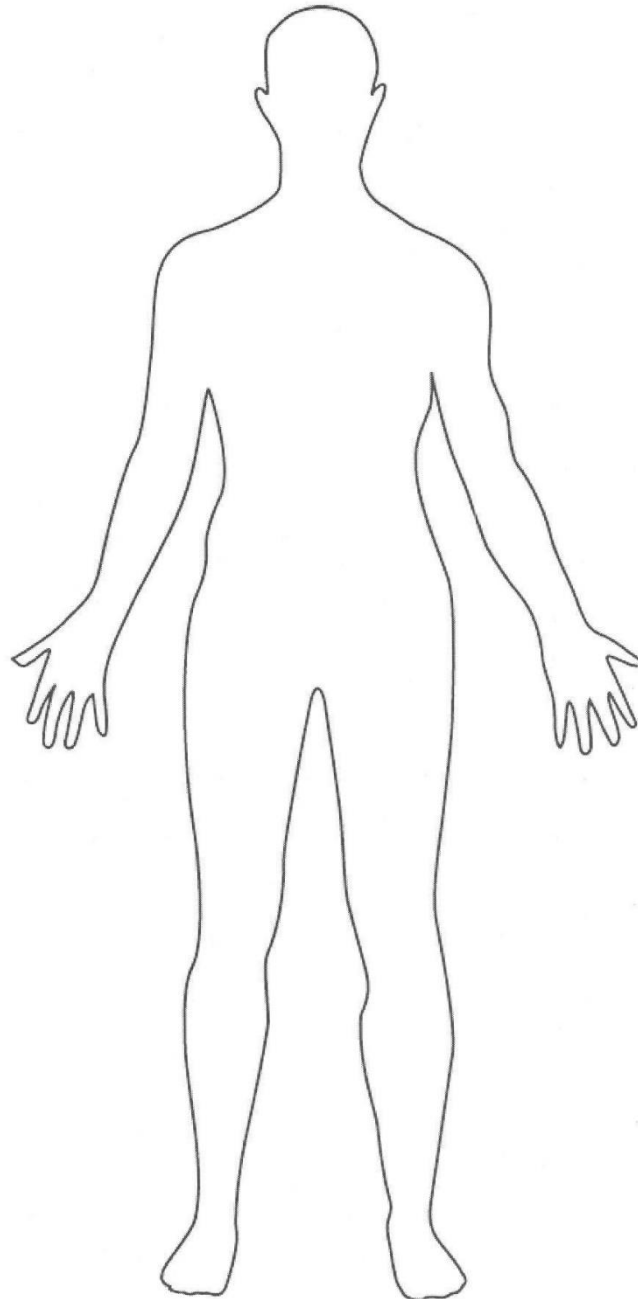


Objectif :expliquer la stabilité de la température du corps humain grâce à des échanges énergétiques équilibrés.

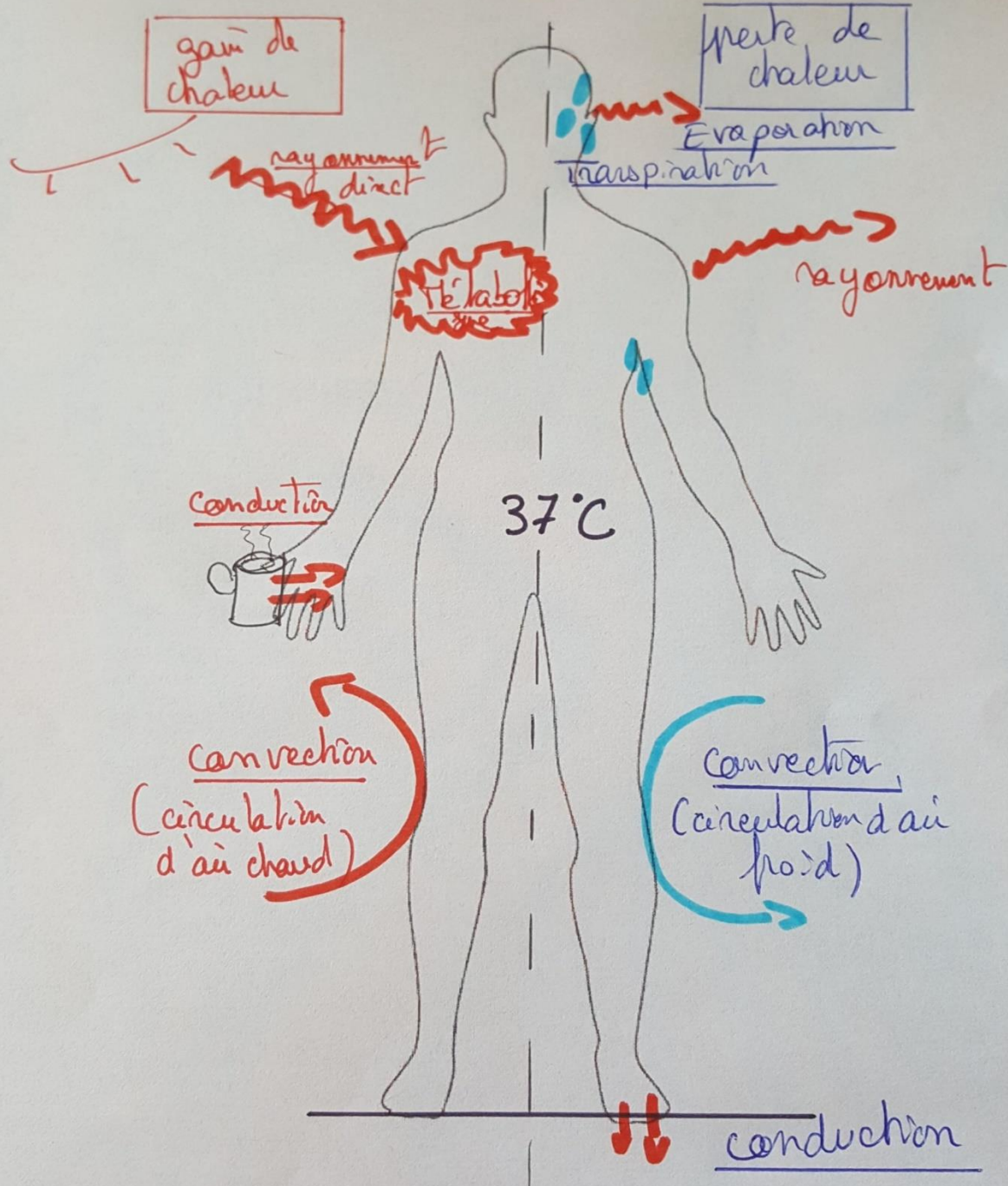


Conditions expérimentales	TEMOIN	Immédiatement après contact entre peau et bécher à 4°C	Immédiatement après contact entre peau et bécher à 50°C	Avec un ventilateur soufflant de l'air sur la peau	Après quelques secondes passées <u>près</u> d'un radiateur	Immédiatement après avoir mouillé la peau avec de l'eau à 37°C
Température mesurée en °C						
Mécanisme d'échange thermique utilisé	////////////////					

Gains de
chaleur



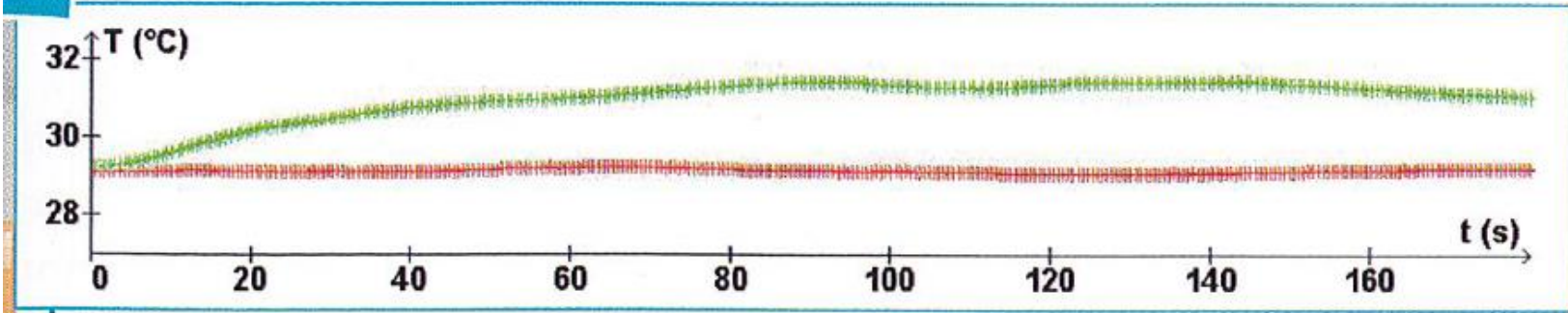
Pertes de
chaleur



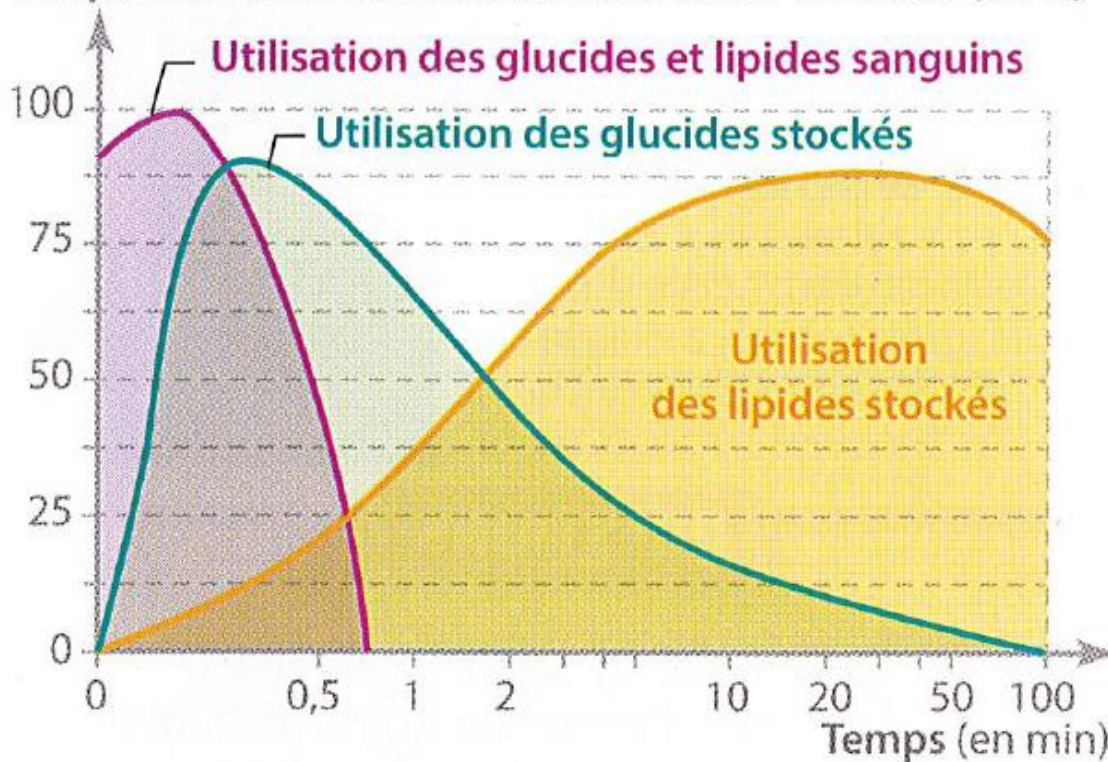
Bilan

L'organisme humain a besoin d'énergie pour se maintenir en vie, réaliser des activités physiques et maintenir sa température corporelle autour des 37°C.

Il échange en permanence de **l'énergie thermique** avec son milieu selon 3 modalités : **rayonnement, évaporation et convection.**



Proportion de molécules utilisées lors d'un effort (en %)



Proportion et origine des nutriments utilisés au cours du temps, lors d'un effort physique.

2 Voies métaboliques fournissant de l'énergie chimique au muscle

Les cellules puisent l'énergie nécessaire à leur métabolisme dans les nutriments issus de la digestion des aliments. Le glucose est le nutriment le plus utilisé par les cellules de l'organisme comme source énergétique via deux voies métaboliques. L'énergie chimique stockée dans le glucose est de l'ordre de $2870 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

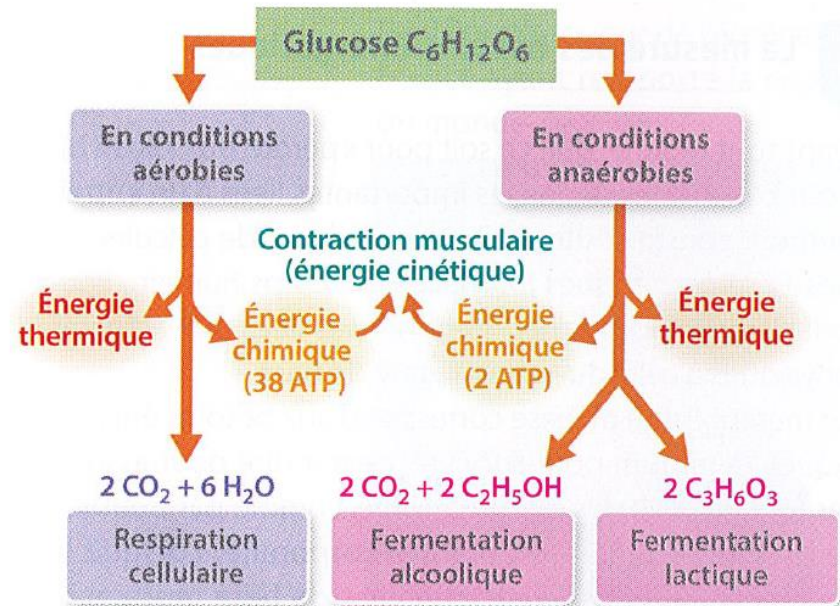
Respiration

La respiration cellulaire se déroule en conditions aérobies, c'est-à-dire en présence de dioxygène. Dans ce cas, la dégradation du glucose en dioxyde de carbone est complète : toute l'énergie chimique d'une molécule de glucose est convertie en 38 molécules d'ATP. L'hydrolyse* d'une molécule d'ATP fournit par la suite aux cellules une grande quantité d'énergie ($30,5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ d'ATP), disponible pour effectuer un travail musculaire ou pour toute autre activité cellulaire.

Fermentations

Les fermentations alcoolique et lactique se déroulent en conditions anaérobies, c'est-à-dire en absence de dioxygène. Dans ce cas, la dégradation du glucose est incomplète. Cela signifie que, contrairement à la respiration, les fermentations

produisent des molécules organiques comme l'éthanol (fermentation alcoolique) ou l'acide lactique (fermentation lactique). Ces molécules organiques stockent encore de l'énergie chimique ($1360 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ pour l'éthanol, par exemple). Contrairement à la respiration, seules 2 molécules d'ATP sont produites par molécule de glucose.



À la maison : questions 1,2 3 p 123

L'énergie thermique responsable de la température corporelle est produite par les **réactions métaboliques** qui dégradent les nutriments issus de notre alimentation : **respiration cellulaire et fermentations** en absence de dioxygène.

→ La dépense énergétique journalière (DEJ)

1 La mesure des besoins énergétiques

Dans tout régime, que ce soit pour « perdre du poids » ou pour couvrir des dépenses importantes liées à un entraînement sportif soutenu, il est nécessaire de calculer les besoins énergétiques journaliers du corps humain. Pour cela, il faut additionner les dépenses liées aux activités physiques à celle du métabolisme de base.

Le métabolisme de base correspond aux besoins énergétiques minimum pour survivre, c'est-à-dire pour assurer les fonctions vitales de l'organisme, comme par exemple le maintien de la température corporelle. Lorsque le corps est au repos, le métabolisme de base représente la quasi-totalité de la dépense d'énergie journalière, les dépenses liées à l'activité physique étant alors négligeables. Il s'exprime sur une journée, en joules ou en calories*. La formule de Black *et al.* est actuellement la formule de référence pour déterminer le métabolisme de base.

$$MB = S \times m^{0,48} \times h^{0,50} \times a^{0,13}$$

Métabolisme de base (en MJ/jour) ← MB

← S Constante liée au sexe (1,083 pour les hommes, 0,963 pour les femmes)

← $m^{0,48}$ Masse (en kg)

← $h^{0,50}$ Taille (en m)

← $a^{0,13}$ Âge (en années)

MATHS

• 1 kJ = 1 000 J

• 1 MJ = 1 000 kJ

2 La balance apports/dépenses d'énergie

La balance énergétique est dite équilibrée quand les apports énergétiques liés à l'alimentation sont compensés par les dépenses énergétiques (→ [doc. 2](#) p. 122).

Apports alimentaires	Apport énergétique (en kJ)
Petit-déjeuner	
1 tasse de thé, 2 tartines de pain de mie beurrées, 1 verre de jus de fruits frais et 1 yaourt sucré	1 705
Déjeuner	
1 demi-avocat, 1 morceau de poulet avec courgettes, 1 portion de camembert, 1 pomme	2 624
Dîner	
1 part de quiche, salade verte, 1 yaourt sucré	2 309
Activité physique	Dépense énergétique (en kJ)
Faible (repos)	$MB \times 1,1$
Forte activité physique (plus de six entraînements par semaine)	$MB \times 1,7$

→ La dépense énergétique journalière (DEJ)

1 La mesure des besoins énergétiques

Dans tout régime, que ce soit pour « perdre du poids » ou pour couvrir des dépenses importantes liées à un entraînement sportif soutenu, il est nécessaire de calculer les besoins énergétiques journaliers du corps humain. Pour cela, il faut additionner les dépenses liées aux activités physiques à celle du métabolisme de base.

Le métabolisme de base correspond aux besoins énergétiques minimum pour survivre, c'est-à-dire pour assurer les fonctions vitales de l'organisme, comme par exemple le maintien de la température corporelle. Lorsque le corps est au repos, le métabolisme de base représente la quasi-totalité de la dépense d'énergie journalière, les dépenses liées à l'activité physique étant alors négligeables. Il s'exprime sur une journée, en joules ou en calories*. La formule de Black *et al.* est actuellement la formule de référence pour déterminer le métabolisme de base.

$$MB = S \times m^{0,48} \times h^{0,50} \times a^{0,13}$$

Métabolisme de base (en MJ/jour) ← MB

← S Constante liée au sexe (1,083 pour les hommes, 0,963 pour les femmes)

← $m^{0,48}$ Masse (en kg)

← $h^{0,50}$ Taille (en m)

← $a^{0,13}$ Âge (en années)

MATHS

• 1 kJ = 1 000 J

• 1 MJ = 1 000 kJ

2 La balance apports/dépenses d'énergie

La balance énergétique est dite équilibrée quand les apports énergétiques liés à l'alimentation sont compensés par les dépenses énergétiques (→ doc. 2 p. 122).

Apports alimentaires	Apport énergétique (en kJ)
Petit-déjeuner	
1 tasse de thé, 2 tartines de pain de mie beurrées, 1 verre de jus de fruits frais et 1 yaourt sucré	1 705
Déjeuner	
1 demi-avocat, 1 morceau de poulet avec courgettes, 1 portion de camembert, 1 pomme	2 624
Dîner	
1 part de quiche, salade verte, 1 yaourt sucré	2 309
Activité physique	Dépense énergétique (en kJ)
Faible (repos)	$MB \times 1,1$
Forte activité physique (plus de six entraînements par semaine)	$MB \times 1,7$

→ La dépense énergétique journalière (DEJ)

1 La mesure des besoins énergétiques

Dans tout régime, que ce soit pour « perdre du poids » ou pour couvrir des dépenses importantes liées à un entraînement sportif soutenu, il est nécessaire de calculer les besoins énergétiques journaliers du corps humain. Pour cela, il faut additionner les dépenses liées aux activités physiques à celle du métabolisme de base.

Le métabolisme de base correspond aux besoins énergétiques minimum pour survivre, c'est-à-dire pour assurer les fonctions vitales de l'organisme : le maintien de la température corporelle, le maintien de la température du corps est au repos, le métabolisme de base représente la quasi-totalité de la dépense d'énergie. Les dépenses liées à l'activité physique sont ajoutées à ce métabolisme de base. Il s'exprime sur une journée, en joules (J) ou en kilojoules (kJ). La formule de Black *et al.* est actuellement la référence pour déterminer le métabolisme de base.

$$MB = S \times m^{0,48} \times h^{0,50} \times a^{-0,13}$$

Métabolisme de base (en MJ/jour) ← MB
 Masse (en kg) ← m
 Taille (en m) ← h
 Constante liée au sexe (1,083 pour les hommes, 0,963 pour les femmes) ← S

$$MB = S \times m^{0,48} \times h^{0,50} \times a^{-0,13} = 6062 \text{ kJ}$$

$$DEJ \text{ repos} = 1,1 \times 6062 = 6668,2 \text{ kJ}$$

$$DEJ \text{ act} = 1,7 \times 6062 = 10305,4 \text{ kJ}$$

2 La balance apports/dépenses d'énergie

La balance énergétique est dite équilibrée quand les apports énergétiques liés à l'alimentation sont compensés par les dépenses énergétiques (→ doc. 2 p. 122).

Apports alimentaires	Apport énergétique (en kJ)
Petit-déjeuner	
1 tasse de thé, 2 tartines de pain	1 705
	2 624
	2 309
Activité physique	Dépense énergétique (en kJ)
Faible (repos)	$MB \times 1,1$
Forte activité physique (plus de six entraînements par semaine)	$MB \times 1,7$

MATHS

• 1 kJ = 1 000 J

• 1 MJ = 1 000 kJ

→ La dépense énergétique journalière (DEJ)

1 La mesure des besoins énergétiques

Dans tout régime, que ce soit pour « perdre du poids » ou pour couvrir des dépenses importantes liées à un entraînement sportif soutenu, il est nécessaire de calculer les besoins énergétiques journaliers du corps humain. Pour cela, il faut additionner les dépenses liées aux activités physiques à celle du métabolisme de base.

Le métabolisme de base correspond aux besoins énergétiques minimum pour survivre, c'est-à-dire pour assurer les fonctions vitales de l'organisme : le maintien de la température du corps est au repos, le métabolisme de la quasi-totalité de la dépense d'énergie est liée à l'activité physique. Il s'exprime sur une journée, en joules. La formule de Black *et al.* est actuellement la référence pour déterminer le métabolisme de base.

$$MB = S \times m^{0,48} \times h^{0,50} \times a^{-0,13}$$

Métabolisme de base (en MJ/jour)

Masse (en kg)

Taille (en m)

Constante liée au sexe (1,083 pour les hommes, 0,963 pour les femmes)

$$MB = S \times m^{0,48} \times h^{0,50} \times a^{-0,13} = 6062 \text{ kJ}$$

$$DEJ \text{ repos} = 1,1 \times 6062 = 6668,2 \text{ kJ}$$

$$DEJ \text{ act} = 1,7 \times 6062 = 10305,4 \text{ kJ}$$

2 La balance énergétique

Apport = 6638 kJ

La balance énergétique est dite équilibrée quand les apports énergétiques liés à l'alimentation sont compensés par les dépenses énergétiques (→ doc. 2 p. 122).

Appports alimentaires	Apport énergétique (en kJ)
Petit-déjeuner	
1 tasse de thé, 2 tartines de pain	1 705
	2 624
	2 309
Activité physique	Dépense énergétique (en kJ)
Faible (repos)	MB x 1,1
Forte activité physique (plus de six entraînements par semaine)	MB x 1,7

MATHS

• 1 kJ = 1 000 J

• 1 MJ = 1 000 kJ

3 Dépenses énergétiques et puissance thermique

Le travail musculaire ne représente qu'une toute petite partie du métabolisme, l'énergie étant principalement dégagée sous forme d'énergie thermique. Ainsi, moins de 20 % du métabolisme d'un sportif de haut niveau est attribué au travail musculaire.

Activité	Intensité de l'activité (par rapport au métabolisme de base)	Puissance thermique* (en watts)
Assis, au repos	1,0	106
Debout, activité moyenne	2,0	211
Course 10 km/h	7,6	800
Course 30 km/h	105,0	11 000

*Pour une personne de 1,70 m et de 70 kg

* VOCABULAIRE

Calorie (cal) : unité d'énergie du langage courant et valant approximativement 4,185 joules.

Puissance thermique : énergie thermique dépensée par seconde. La puissance thermique est exprimée en watts.

✓ À SAVOIR

Pour calculer l'apport en calories d'un aliment, il suffit de connaître sa composition en nutriments. Chaque gramme apporte une certaine quantité d'énergie :

- 1 g de protéine = 4 cal
- 1 g de glucide = 4 cal
- 1 g de lipide = 9 cal

→ Le calcul de la puissance thermique

4 Calcul de la puissance thermique de Paul Pogba au repos

	A	B	C
1	Calcul de la puissance thermique de Paul Pogba		
2		Masse	kg
3		Taille	m
4		Âge	années
5	Dépenses énergétiques journalières = E		
6	Métabolisme de base	=1,083*(B2^0,48)*(B3^0,5)*(B4^0,13)	MJ
7	Métabolisme de base	=B6*(10^6)	J
8	Dépenses totales au repos	=B7*1,1	J
9	Durée d'une journée en secondes	=24*3600	s
10	Puissance thermique P = E/t	=B8/B9	W

Méthodologie

1. Ouvrir le tableur. Le renseigner comme ci-dessus.
2. Compléter avec les données de Paul Bogba.
3. Saisir les formules indiquées dans la colonne B.

→ Fiche méthode n° 3, p. 250

6 Convertir l'énergie thermique du corps en énergie électrique

La société franco-italienne STMicroelectronics a conçu une génération de batteries se rechargeant à partir de l'énergie thermique produite par le corps. Cette technologie utilise un accumulateur capable d'alimenter un objet connecté, comme une « Smartwatch », sans besoin de le recharger.

Puissance électrique d'appareils électroménagers

Appareil	Puissance électrique (en W)
Ampoule LED	10
Télévision	150
Fer à repasser	800
Lave-linge	2 200

FORMULES

Puissance thermique
Puissance thermique (en W)

$$P = \frac{E}{t}$$

Énergie dépensée en une journée (en J)
Durée d'une journée (en s)

Paul Pogba, joueur de l'équipe de France ayant remporté la coupe du monde de 2018.



Année de naissance : 1993
Taille : 1,91 m
Masse : 84 kg

5 Quelques données sur Paul Pogba

→ Le calcul de la puissance thermique

$$MB = S \times m^{0,48} \times h^{0,50} \times a^{-0,13}$$
$$= 8216 \text{ kJ}$$

$$\text{DEJ repos} = 1,1 \times 8216 = 9037,6 \text{ kJ}$$

$$\text{DEJ act} = 1,7 \times 8216 = 13967 \text{ kJ}$$

Méthodologie

1. Ouvrir le tableur. Le renseigner comme ci-dessus.
2. Compléter avec les données de Paul Bogba.
3. Saisir les formules indiquées dans la colonne B.

→ Fiche méthode n° 3, p. 250

FORMULES

Puissance thermique

Puissance thermique (en W)

$$P = \frac{E}{t}$$

Énergie dépensée en une journée (en J)

Durée d'une journée (en s)

Paul Pogba, joueur de l'équipe de France ayant remporté la coupe du monde de 2018.



Année de naissance : 1993

Taille : 1,91 m

Masse : 84 kg

6 Convertir l'énergie thermique du corps en énergie électrique

La société franco-italienne STMicroelectronics a conçu une génération de batteries se rechargeant à partir de l'énergie thermique produite par le corps. Cette technologie utilise un accumulateur capable d'alimenter un objet connecté, comme une « Smartwatch », sans besoin de le recharger.

Puissance électrique d'appareils électroménagers

Appareil	Puissance électrique (en W)
Ampoule LED	10
Télévision	150
Fer à repasser	800
Lave-linge	2 200

5 Quelques données sur Paul Pogba

→ Le calcul de la puissance thermique

$$MB = S \times m^{0,48} \times h^{0,50} \times a^{-0,13}$$
$$= 8216 \text{ kJ}$$

$$\text{DEJ repos} = 1,1 \times 8216 = 9037,6 \text{ kJ}$$

$$\text{DEJ act} = 1,7 \times 8216 = 13967 \text{ kJ}$$

Méthodologie

1. Ouvrir le tableur. Le renseigner comme ci-dessus.
2. Compléter avec les données de Paul Bogba.
3. Saisir les formules indiquées dans la colonne B.

→ Fiche méthode n° 3, p. 250

$$P = 90376000 / (24 \times 3600)$$
$$= 104,6 \text{ W}$$

Paul Pogba, joueur de l'équipe de France ayant remporté la coupe du monde de 2018.



Année de naissance : 1993

Taille : 1,91 m

Masse : 84 kg

6 Convertir l'énergie thermique du corps en énergie électrique

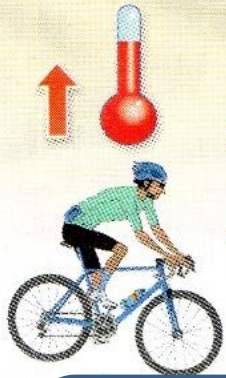
La société franco-italienne STMicroelectronics a conçu une génération de batteries se rechargeant à partir de l'énergie thermique produite par le corps. Cette technologie utilise un accumulateur capable d'alimenter un objet connecté, comme une « Smartwatch », sans besoin de le recharger.

Puissance électrique d'appareils électroménagers

Appareil	Puissance électrique (en W)
Ampoule LED	10
Télévision	150
Fer à repasser	800
Lave-linge	2 200

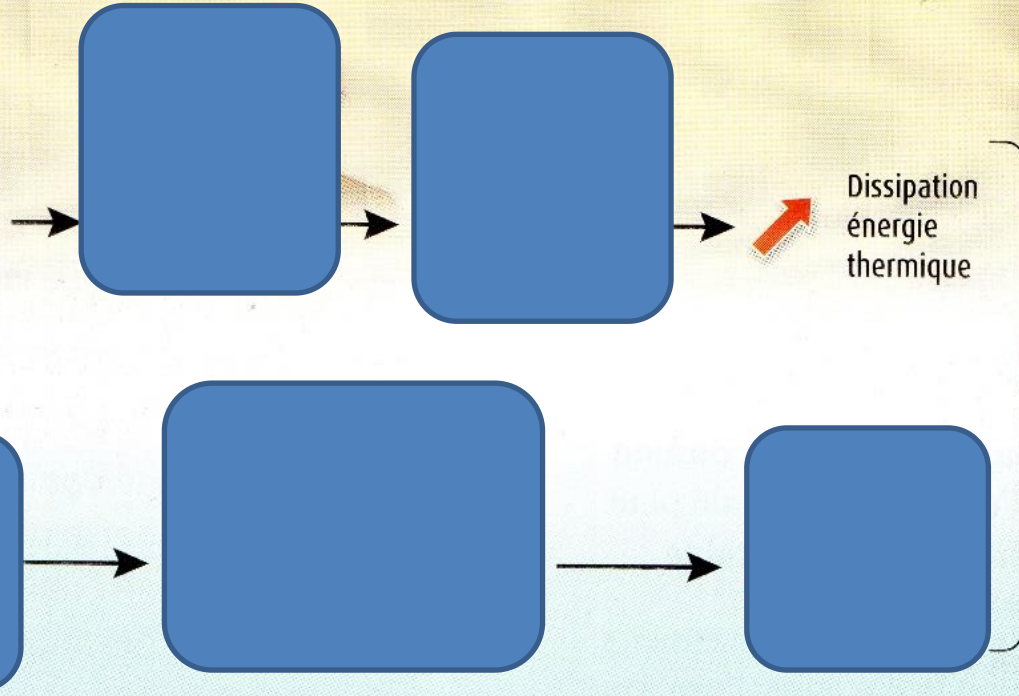
5 Quelques données sur Paul Pogba

Le maintien de la température corporelle



Température
extérieure

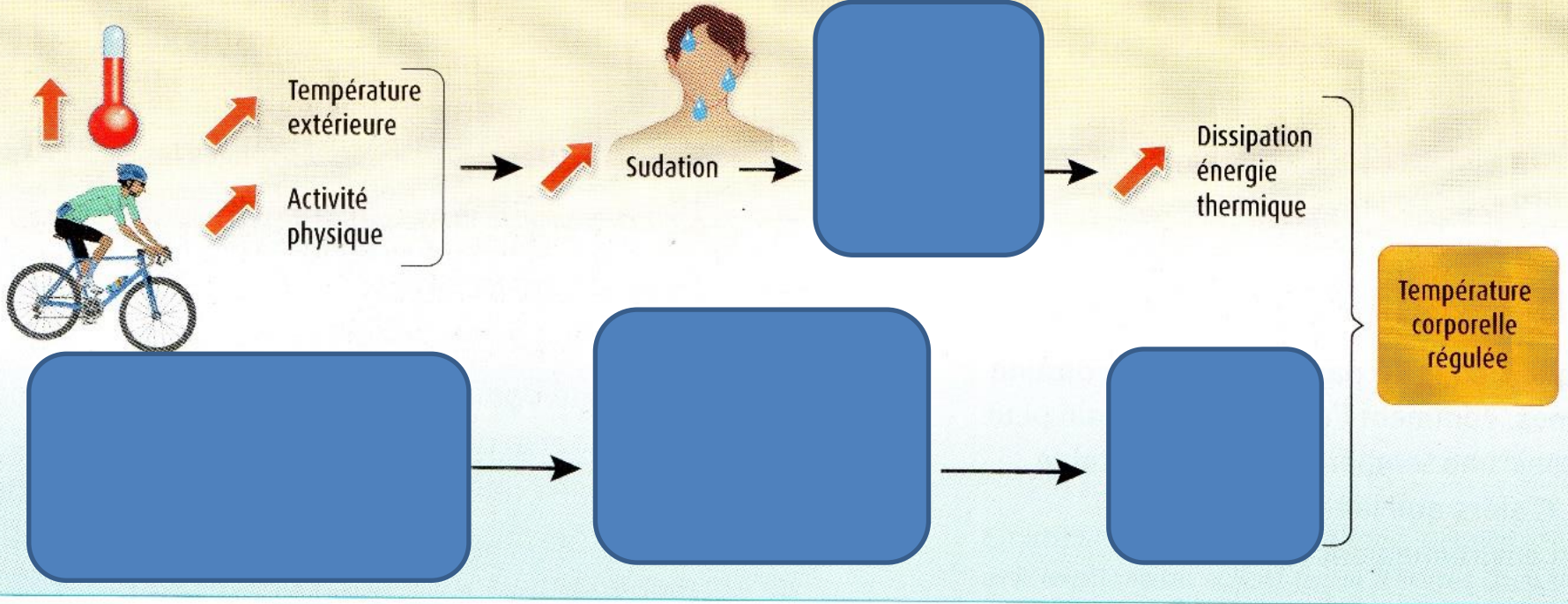
Activité
physique



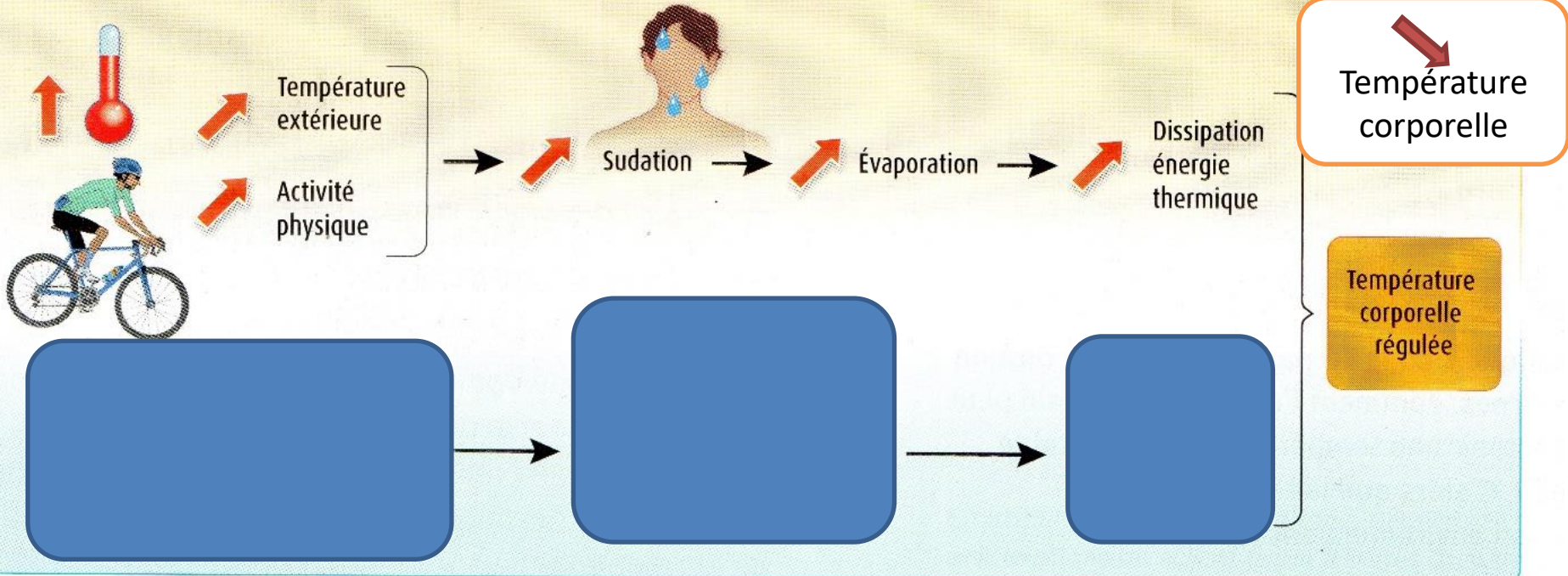
Dissipation
énergie
thermique

Température
corporelle
régulée

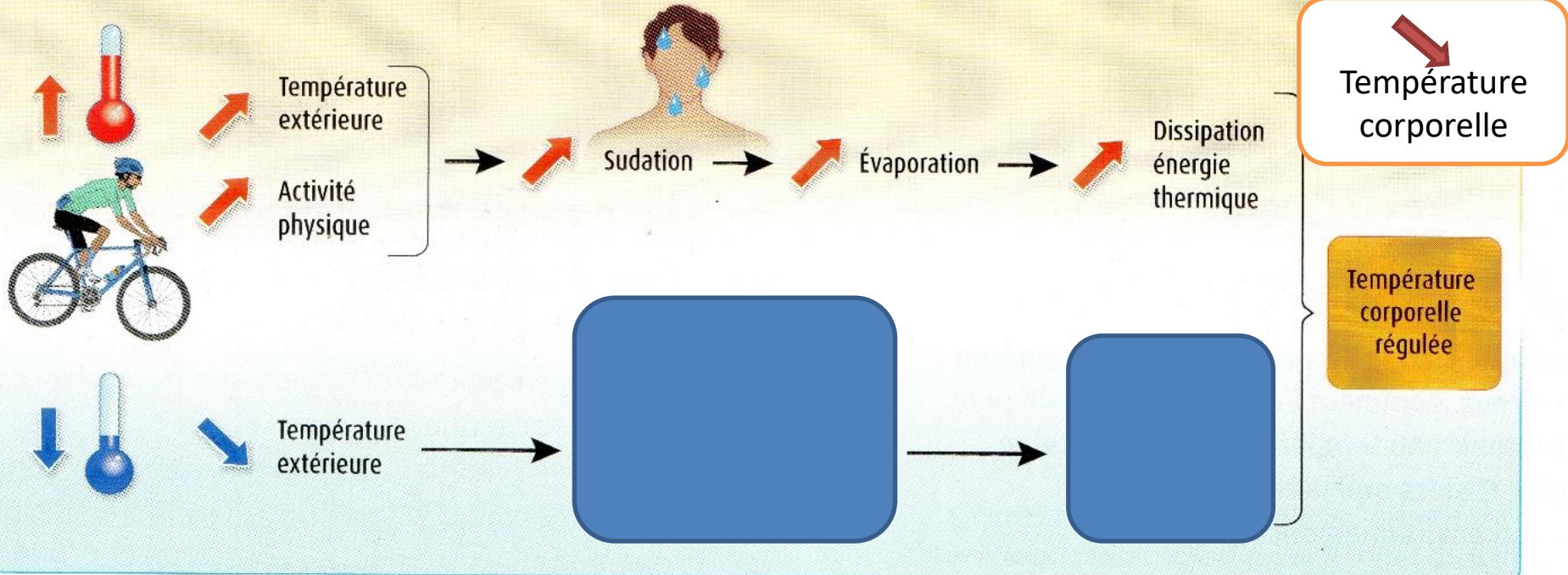
Le maintien de la température corporelle



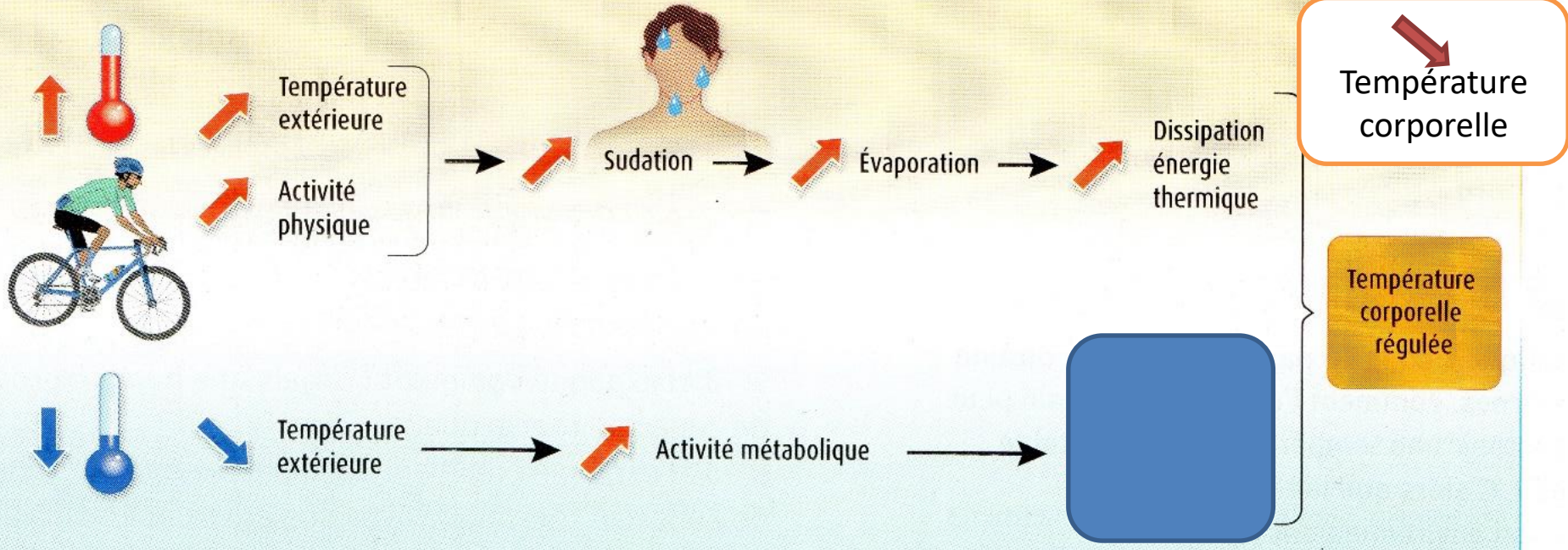
Le maintien de la température corporelle



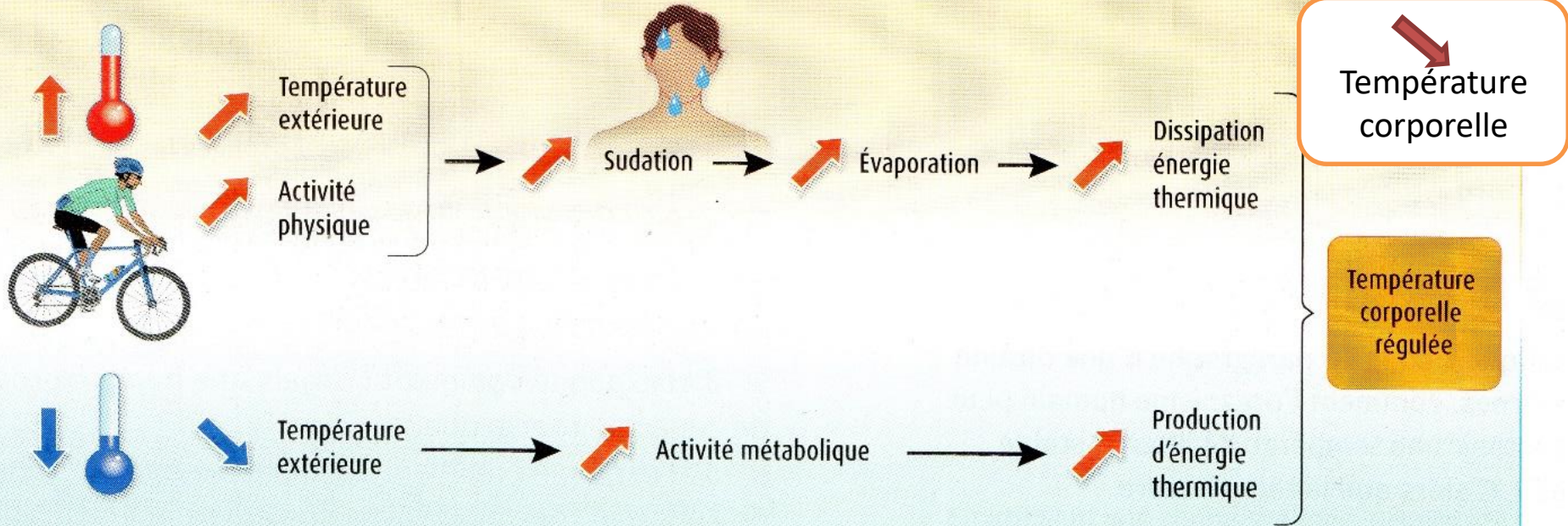
Le maintien de la température corporelle



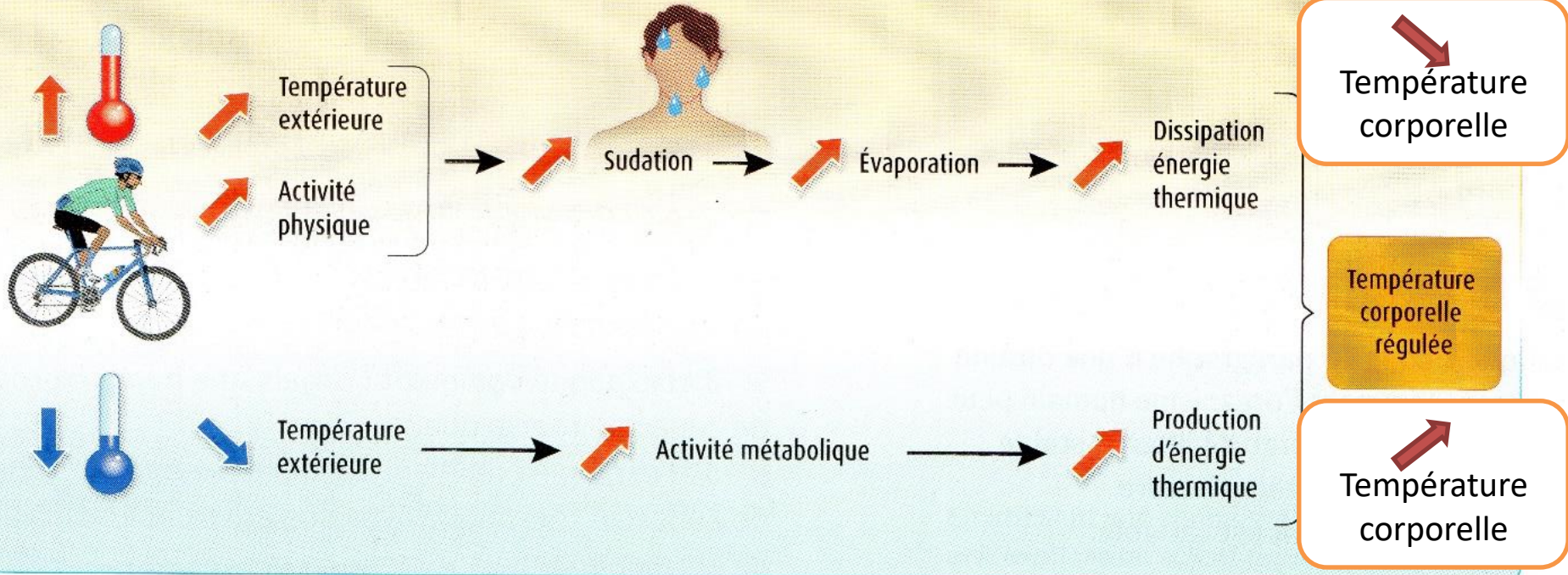
Le maintien de la température corporelle



Le maintien de la température corporelle



Le maintien de la température corporelle



Au cours de la journée, la dépense énergétique correspond au métabolisme de base + dépense énergétique liée à une activité physique. Globalement la puissance thermique libérée par le corps humain au repos est de 100 W.

La température est régulée, maintenue stable, grâce à la thermorégulation qui va équilibrer les pertes et les gains d'énergie thermique entre le corps et l'extérieur.