

# Une conversion biologique de l'énergie solaire : la Photosynthèse



# Vignoble au pied du Ventoux



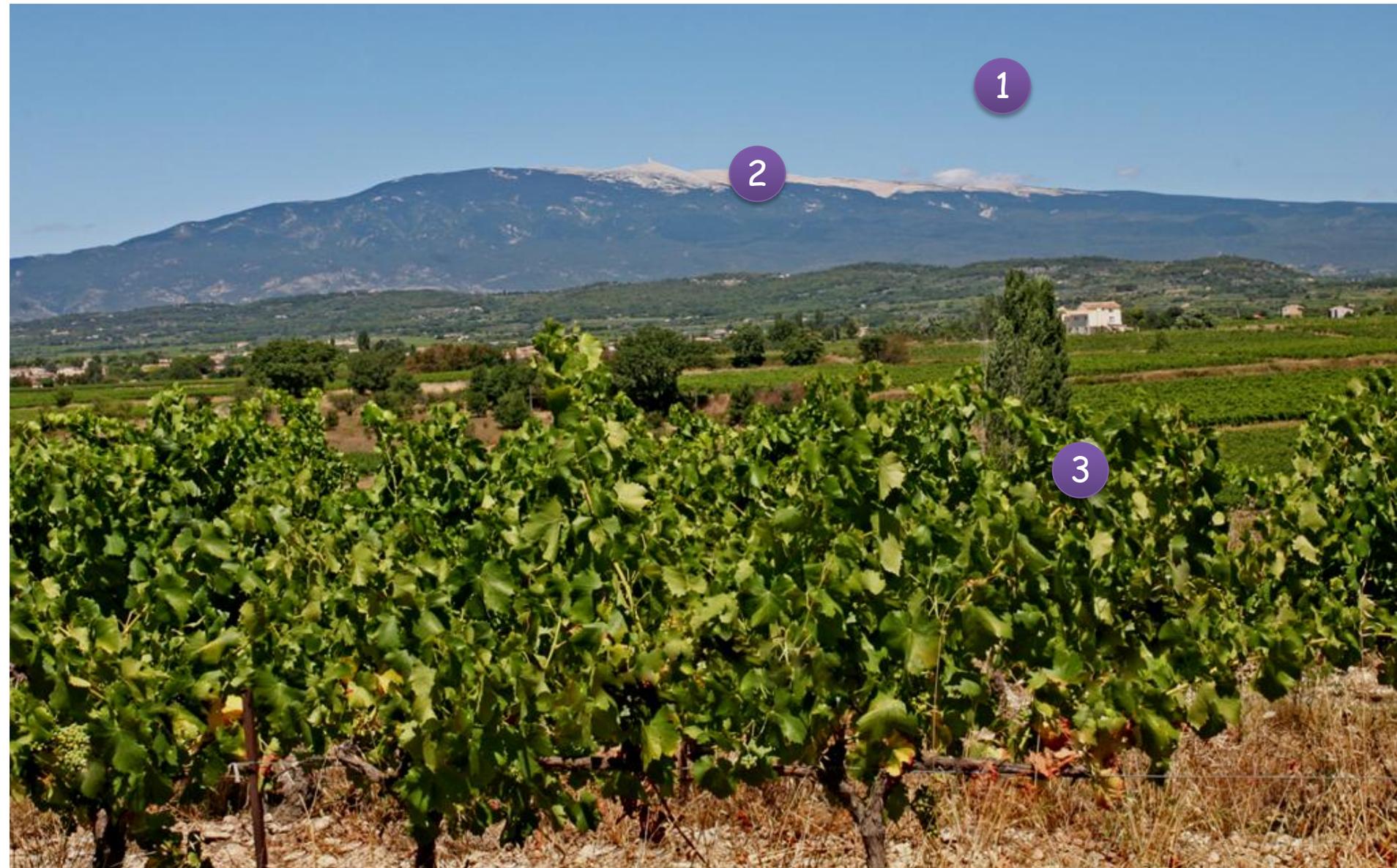
# Vignoble au pied du Ventoux

1 Atmosphère

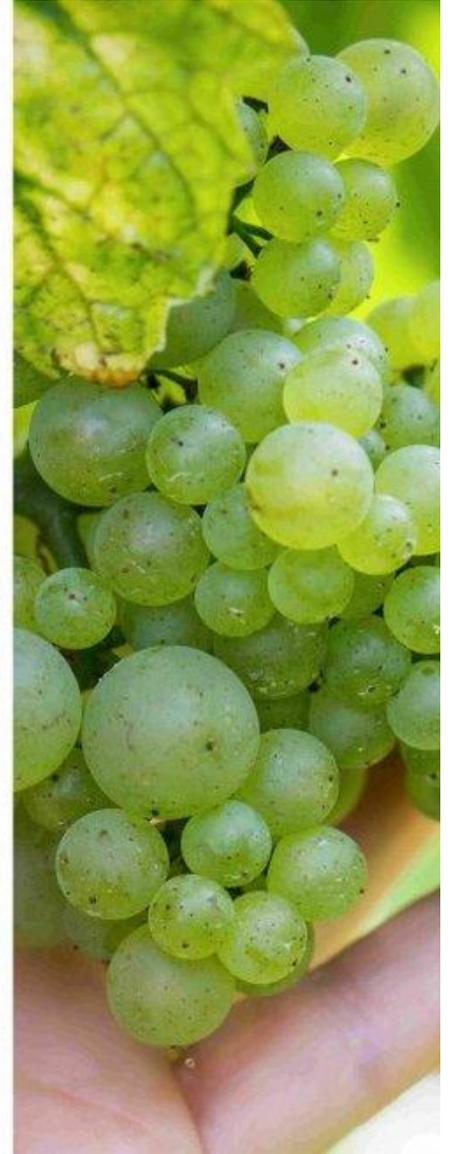
2 Lithosphère

3 Biosphère

+ Hydrosphère



# Vignes au cours de différentes saisons



# Composition d'une brique de jus de raisin



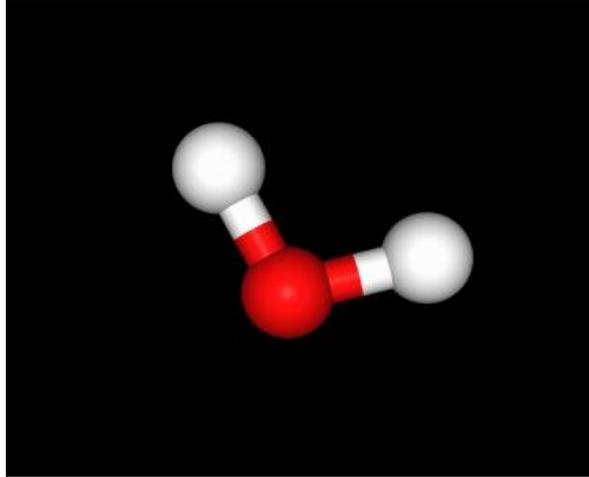
## Valeurs nutritionnelles moyennes

	Pour 1 verre de 200 ml :	Pour 100 ml :
<b>Énergie</b>	550 kJ / 130 kcal	275 kJ / 65 kcal
<b>Matières grasses</b> <i>dont acides gras saturés</i>	traces exempt	traces exempt
<b>Glucides</b> <i>dont sucres</i>	32 g 32 g	16 g 16 g
<b>Fibres alimentaires</b>	traces	traces
<b>Protéines</b>	0,4 g	0,2 g
<b>Sel</b>	< 0,06 g	< 0,03 g

Cette brique contient 5 verres de 200 ml.

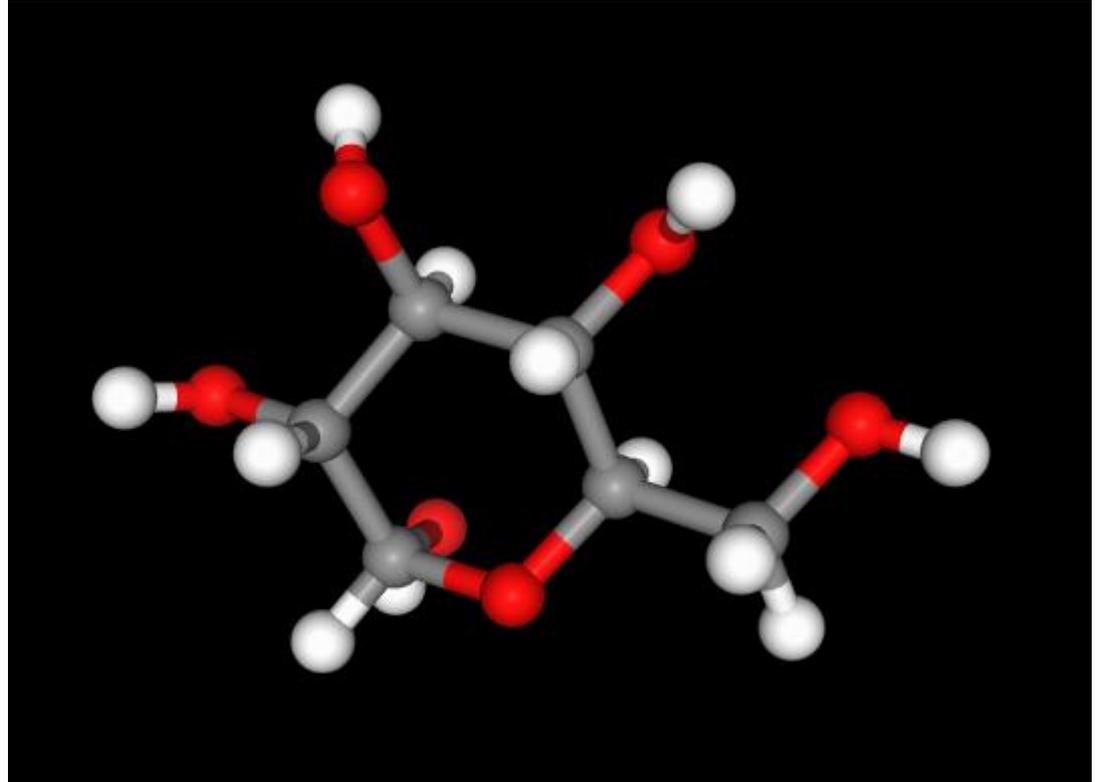
D'où vient le sucre présent dans les grains de raisin ? Comment ce sucre est-il fabriqué ?

# Eau

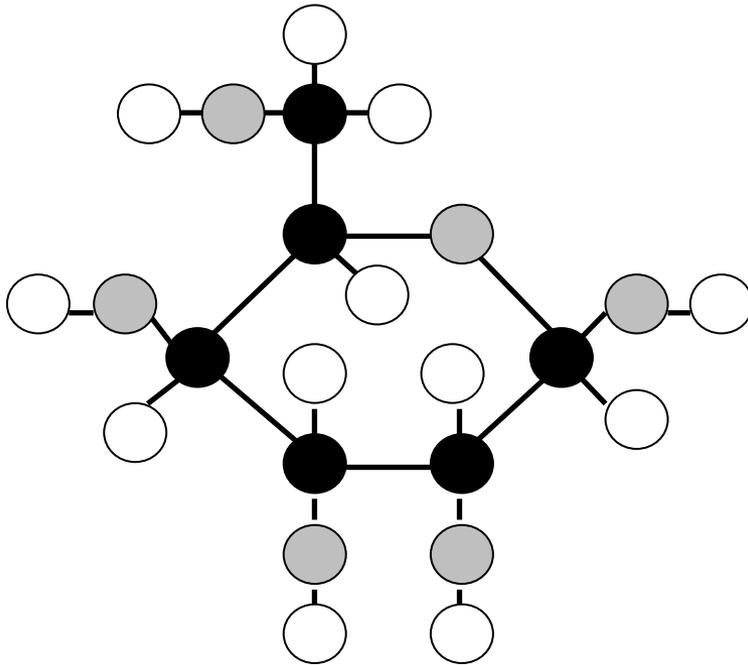


Symbole	Code couleur	Atome
C		Carbone
H		Hydrogène
O		Oxygène
N		Azote
S		Soufre
P		Phosphore

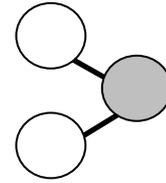
# Glucose



Formule chimique du glucose (*Matière organique*)



Formule chimique de l'eau (*Matière minérale*)



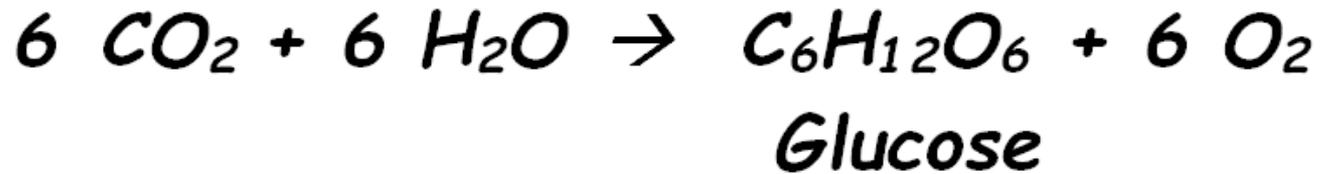
- Atome de Carbone (C)
- Atome d'Oxygène (O)
- Atome d'Hydrogène (H)

**I – Les végétaux chlorophylliens sont des bio-convertisseurs capables de transformer l'énergie du rayonnement solaire en énergie chimique contenue dans les molécules organiques (exemple : glucides) qu'ils fabriquent à partir de molécules exclusivement minérales (eau, sels minéraux, CO<sub>2</sub>). C'est la photosynthèse.**

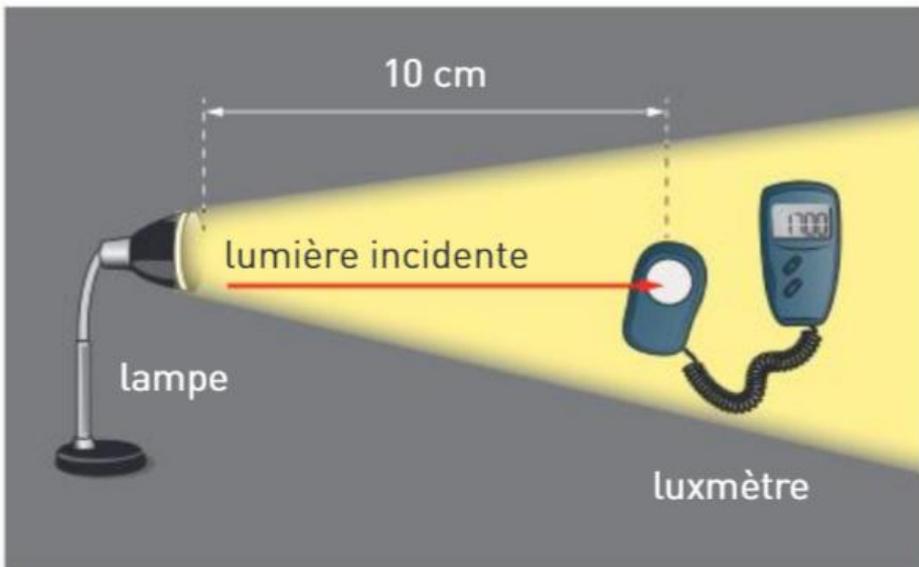
1. Dans leurs parties chlorophylliennes (exemple : feuilles), les végétaux fabriquent des molécules organique comme les glucides (contiennent les atomes C, H, O) à partir des atomes des molécules minérales qu'ils absorbent (H<sub>2</sub>O et CO<sub>2</sub>). Cette réaction chimique qui nécessite de la lumière s'appelle la photosynthèse.

Ainsi l'équation de la photosynthèse s'écrit :

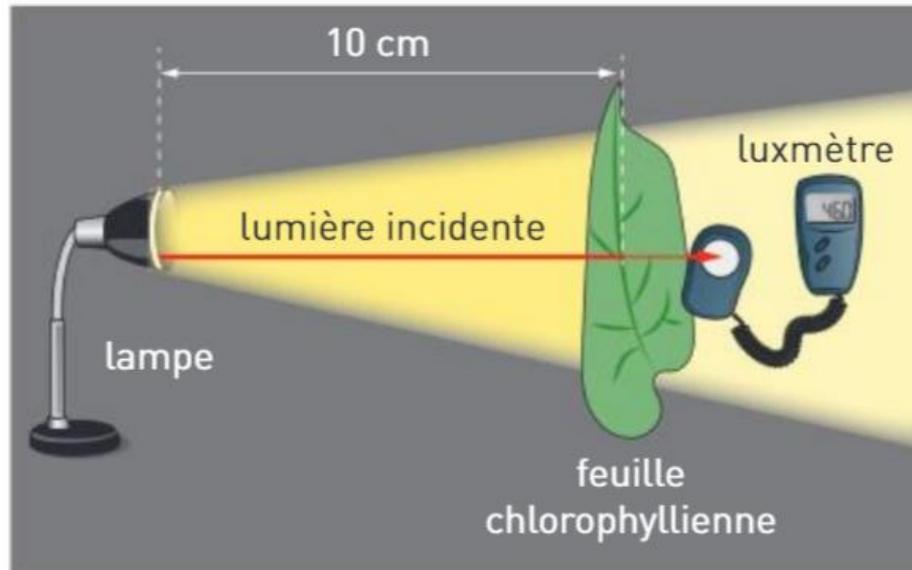
*Energie lumineuse*



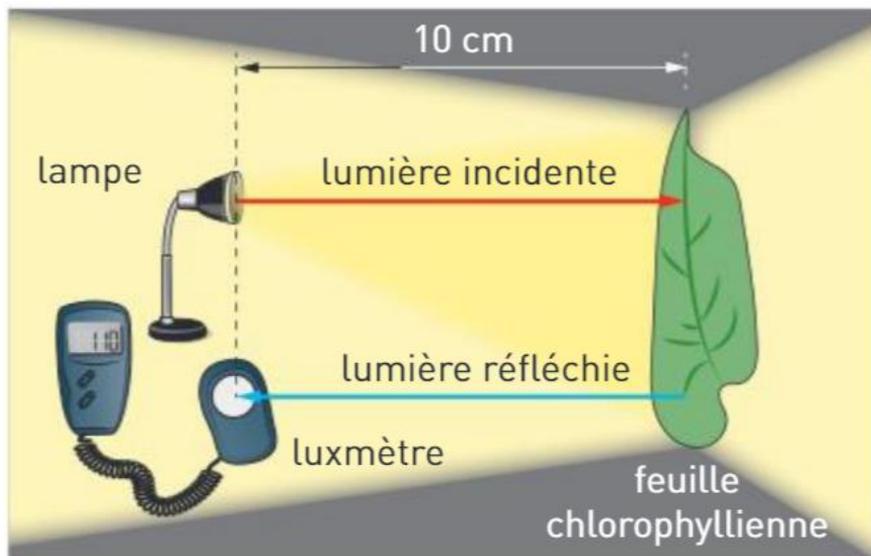
# Lumière incidente



# Lumière transmise



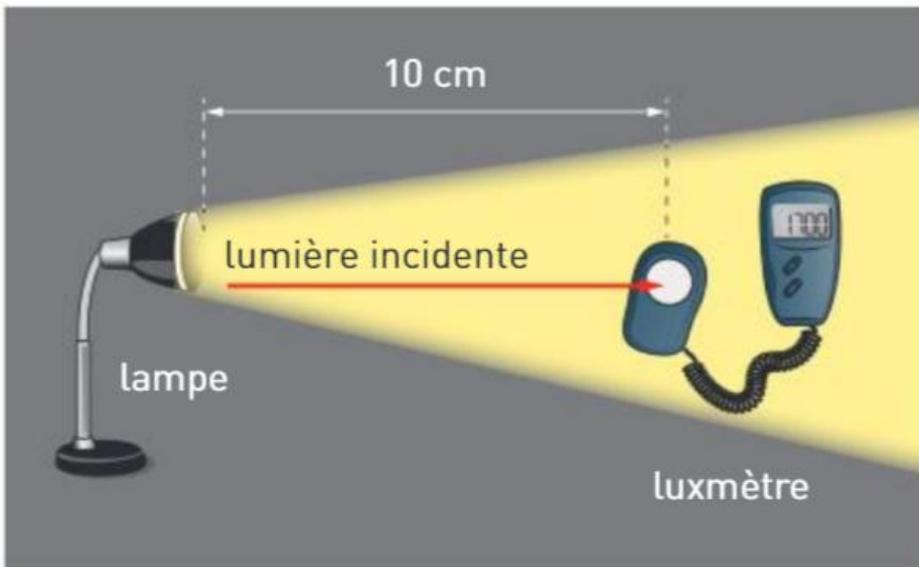
# Lumière réfléchie



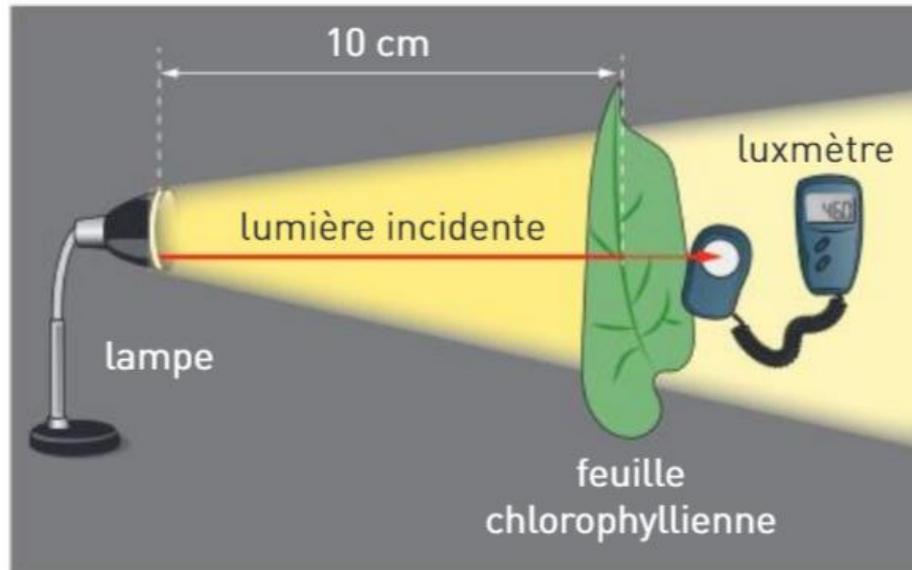
## Mesures en lux

Quantité de lumière incidente	Quantité de lumière transmise par la feuille	Quantité de lumière réfléchie par la feuille
1 700	460	110

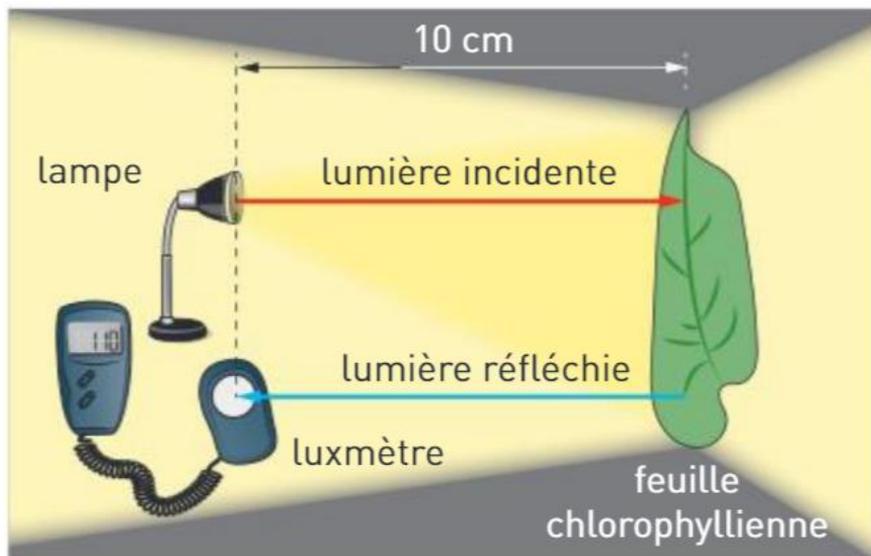
# Lumière incidente



# Lumière transmise



# Lumière réfléchie



## Mesures en lux

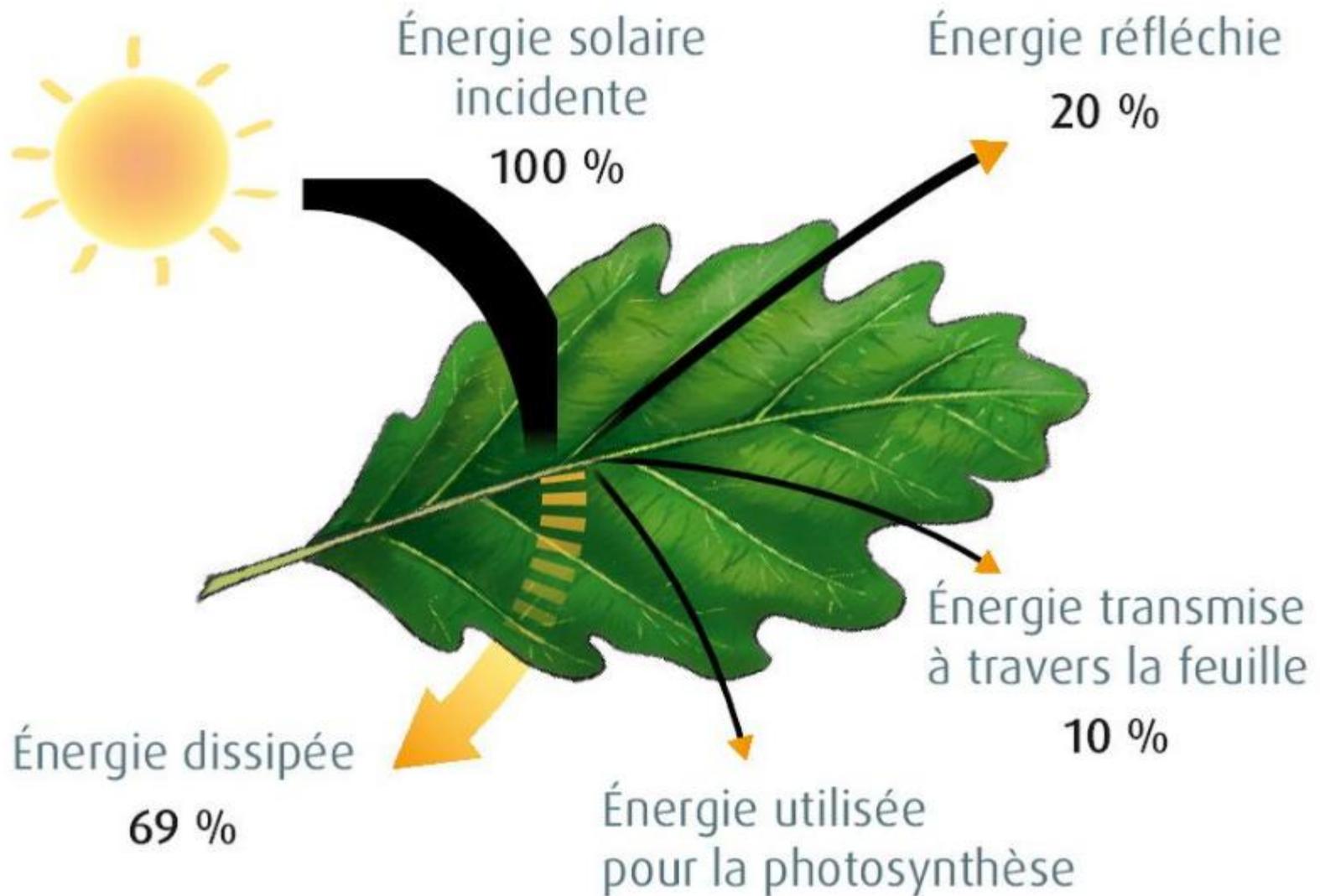
Quantité de lumière incidente	Quantité de lumière transmise par la feuille	Quantité de lumière réfléchie par la feuille
1 700	460	110

Pourcentage de lumière transmise:

$$460 \times 100 / 1700 = 27 \%$$

Pourcentage de lumière réfléchie =

$$110 \times 100 / 1700 = 6,5 \%$$



L'énergie est dissipée sous forme de chaleur qui entraîne l'évaporation de l'eau contenue dans les tissus de la feuille (ce qui évite une augmentation de la température qui serait néfaste aux cellules).

2. A l'échelle de la feuille, la photosynthèse est une réaction de faible rendement car seule une faible fraction de la puissance solaire reçue (1%) est convertie en énergie chimique stockée dans les molécules organique.

a. Une feuille chlorophyllienne réfléchit une partie de la lumière qu'elle reçoit.

b. Une autre partie de la lumière est également transmise du fait de sa finesse

c. La lumière absorbée par la feuille augmente sa température, ce qui provoque une évaporation de l'eau qu'elle contient. Ainsi une grande partie de l'énergie reçue par la feuille n'est pas utilisée pour la photosynthèse mais est dissipée sous forme de chaleur et de vaporisation de l'eau.

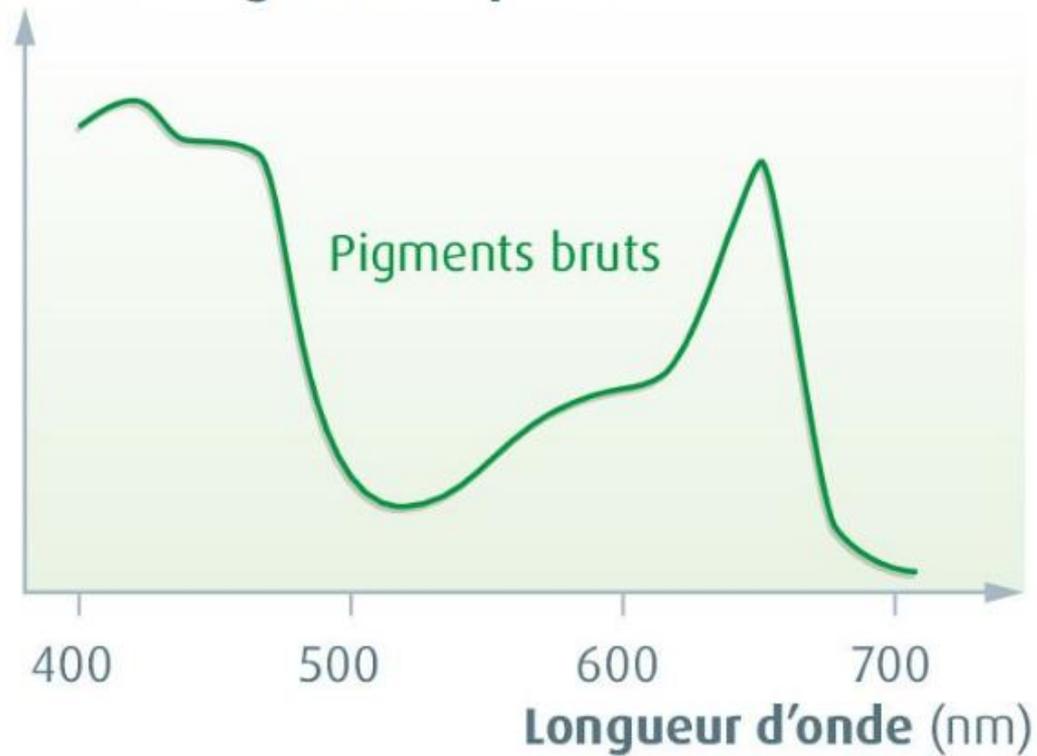
Lumière visible



Broyat



Pourcentage d'absorption

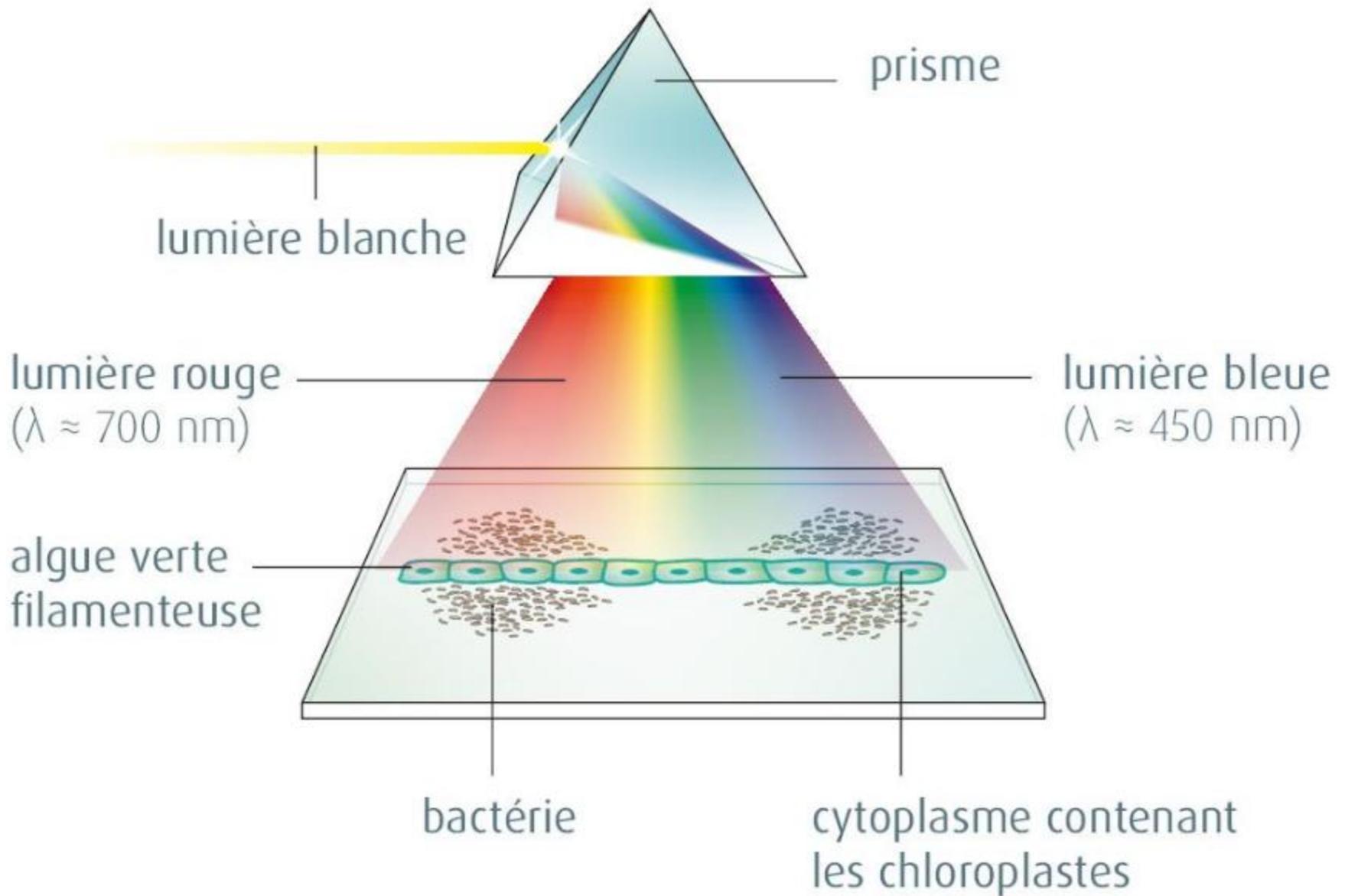


# DOC 1

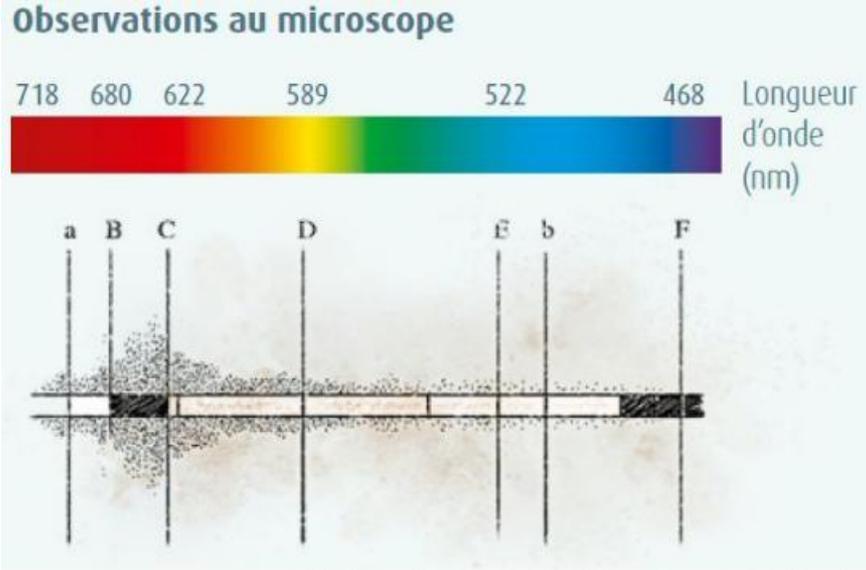
## L'expérience de T. Engelman (1884).

### Histoire des sciences

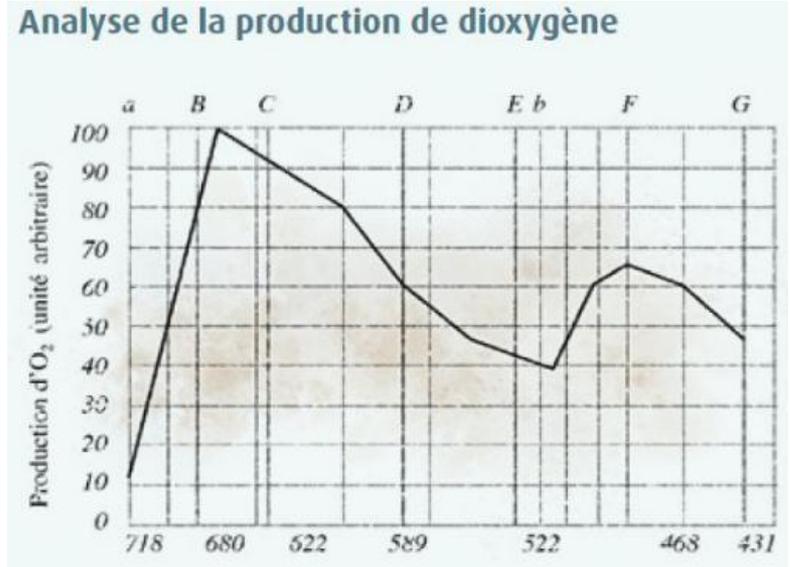
En 1884, Theodor Engelman (1843-1909) cherche à savoir si toutes les longueurs d'onde de la lumière visible permettent la réalisation de la photosynthèse. Il s'appuie pour cela sur le résultat d'expériences réalisées par J. Ingehouz en 1796 et T. de Saussure en 1804, qui avaient montré que la photosynthèse s'accompagne de la production de dioxygène. Engelman place une algue verte filamenteuse *Chladophora* dans une goutte d'eau contenant des bactéries *Bacterium termo*. Ces dernières sont attirées par les zones où la concentration de dioxygène est maximale. À l'aide d'un prisme, il éclaire les différentes portions du filament de l'algue par une lumière de longueurs d'onde différentes puis observe, au microscope, la répartition des bactéries.



# Résultats tels que publiés par Engelman



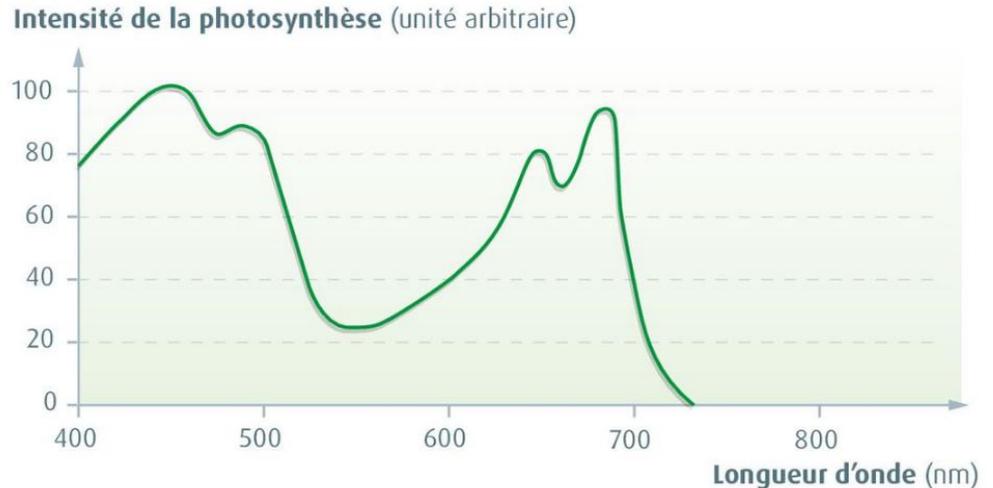
© Belin Éducation/Humensis, 2019 Enseignement scientifique 1re



## DOC 2

### Spectre d'action de la photosynthèse (données actuelles).

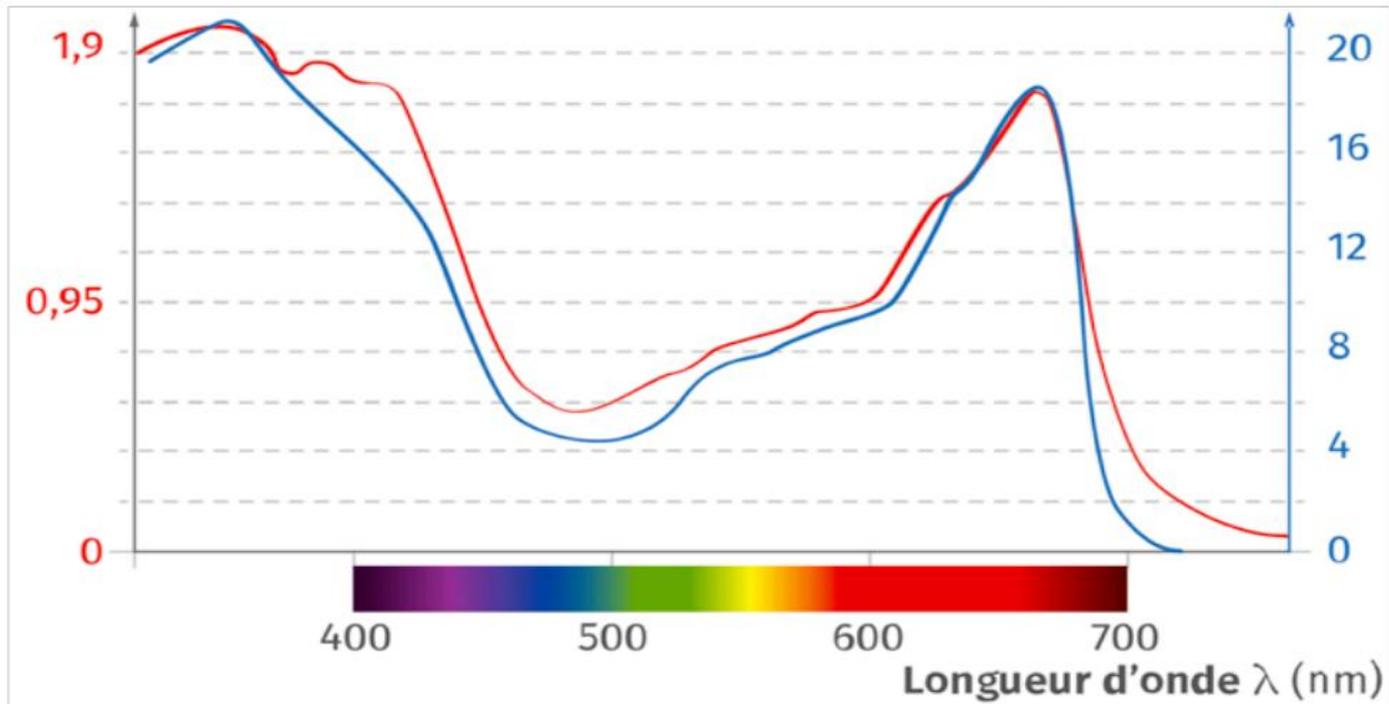
Il correspond à l'intensité de la photosynthèse en fonction de la longueur d'onde de la lumière. On éclaire un végétal avec une source lumineuse de longueur d'onde précise. Pour chaque longueur d'onde, une quantité d'énergie lumineuse identique est envoyée.



**Doc.4 : Spectre d'absorption de pigments photosynthétiques et activité photosynthétique**

**Absorbance  
d'une solution de chlorophylle**

**Activité photosynthétique  
(en UA)**



*D'après : le livre scolaire , 1ère enseignement scientifique*

3. Au niveau de la feuille, les pigments chlorophylliens n'absorbent que certaines radiations de la lumière visible : c'est leur spectre d'absorption. Seules ces radiations absorbées permettent la synthèse des molécules organiques.

a. L'étude du spectre d'absorption des pigments chlorophylliens montre que les radiations majoritairement absorbées sont le bleu et le rouge

b. L'intensité de la photosynthèse (qui peut être mesurée par la quantité d'O<sub>2</sub> dégagé) en fonction de la longueur d'onde constitue le spectre d'action photosynthétique.

c. Les spectres d'absorption et d'action photosynthétiques se superposent aux mêmes longueurs d'onde : cela montre que seule l'énergie des radiations rouges et bleues est convertie en énergie chimique sous forme de molécules organiques.



## Utilisation de Google Earth

*Téléchargez le fichier productivité primaire nette.kmz*

*Comparez l'indice foliaire et la productivité primaire nette de quelques écosystèmes.*

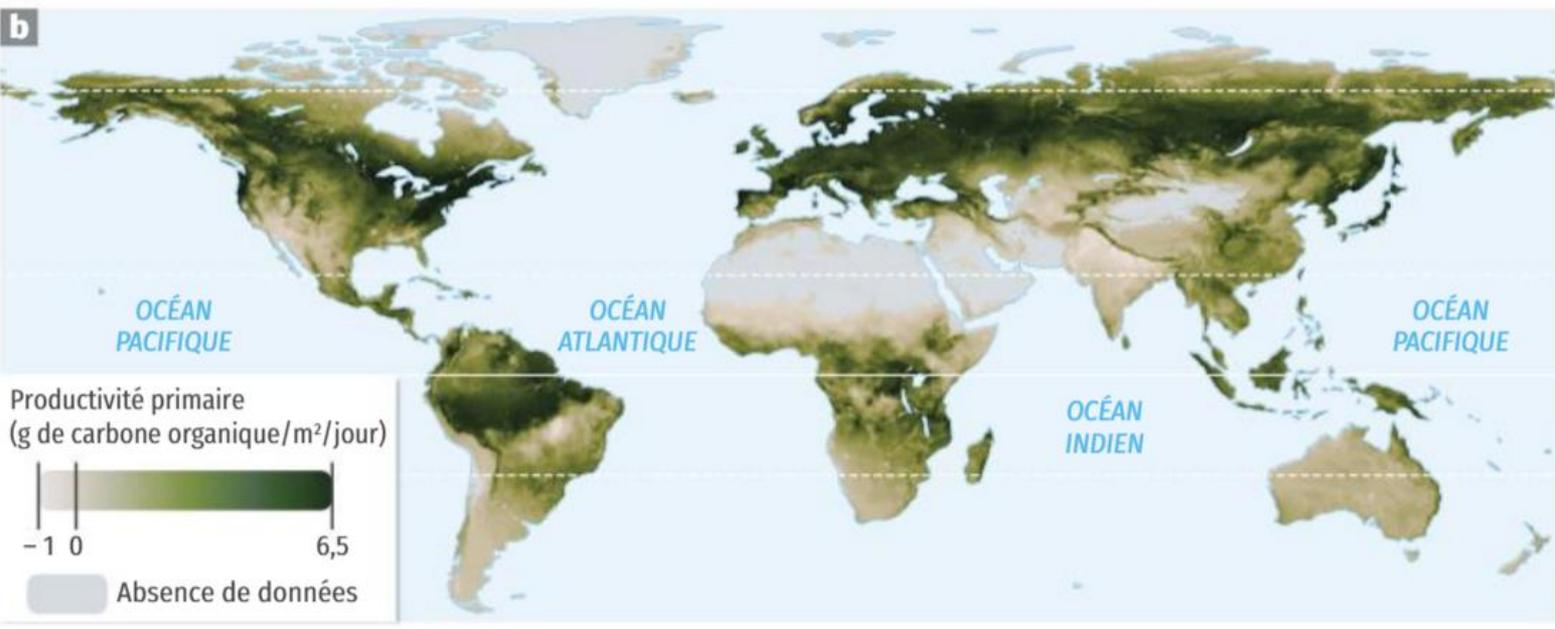
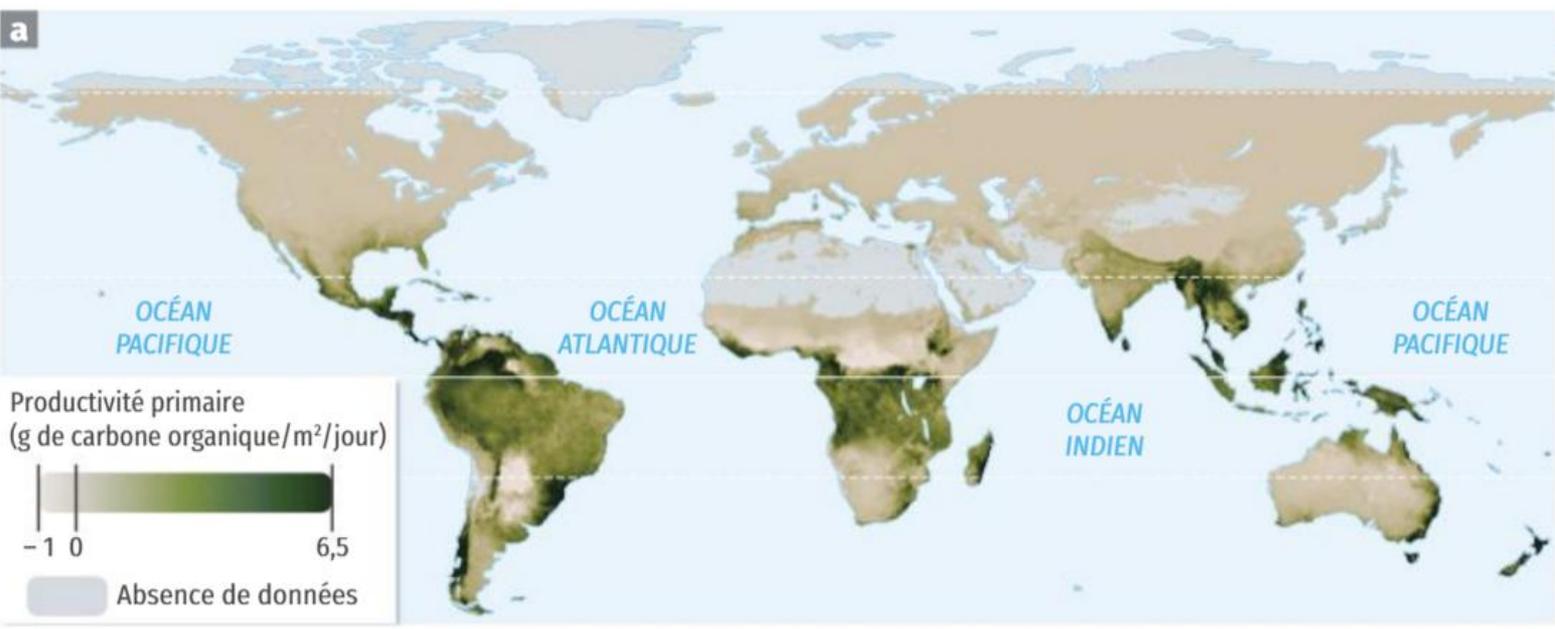
**Valeurs mesurées en juin 2013 (données du fichier kmz)**

Lieu / Écosystème	1 / Forêt tempérée	2 / Forêt tropicale	3 / Désert
Productivité primaire ( $g_C/m^2/an$ )	1200	1600	3
Indice foliaire	3	5	0

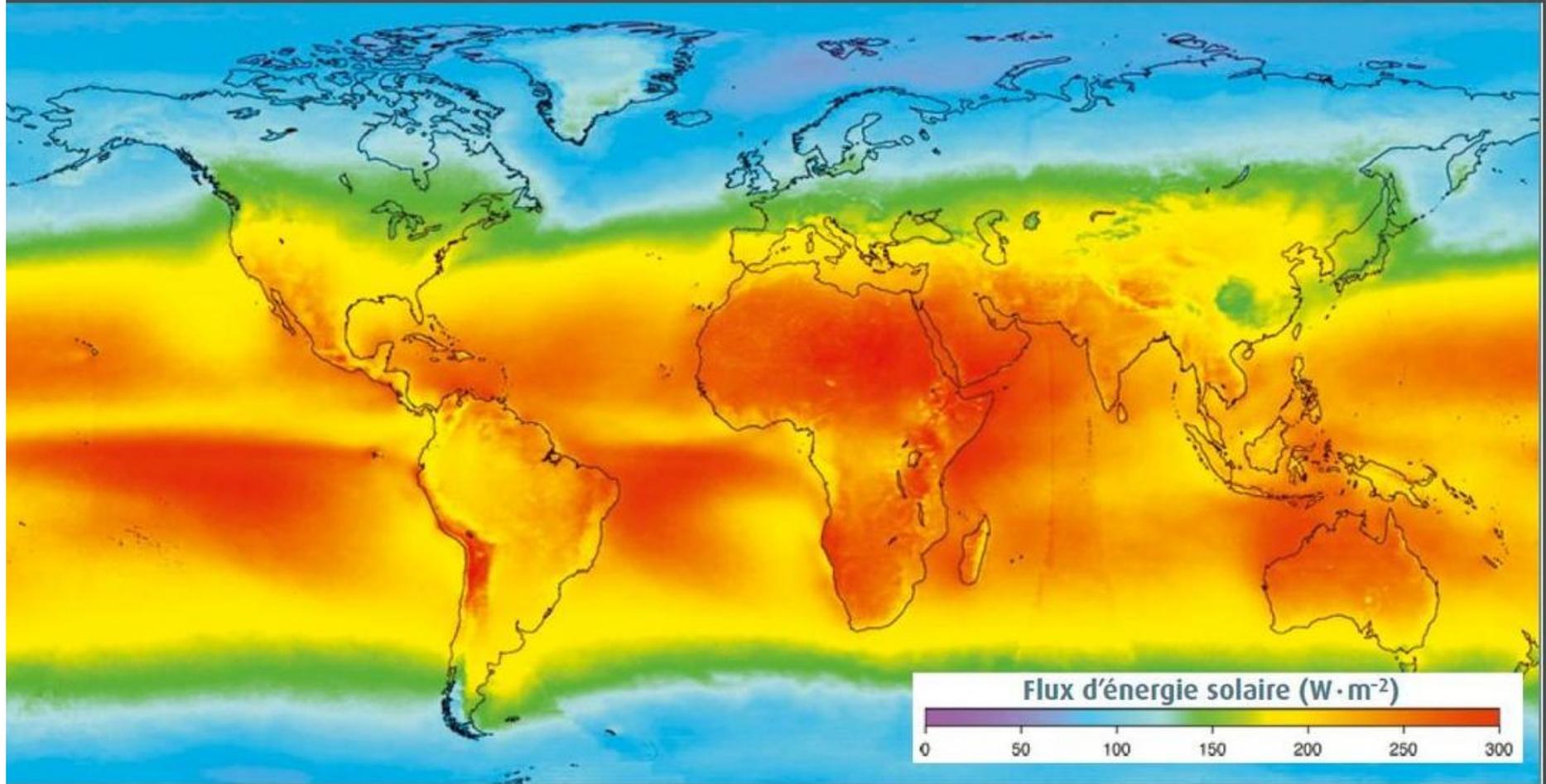
**Cartes de la productivité primaire mondiale.**

**a** Données de décembre 2016.

**b** Données de juin 2016.



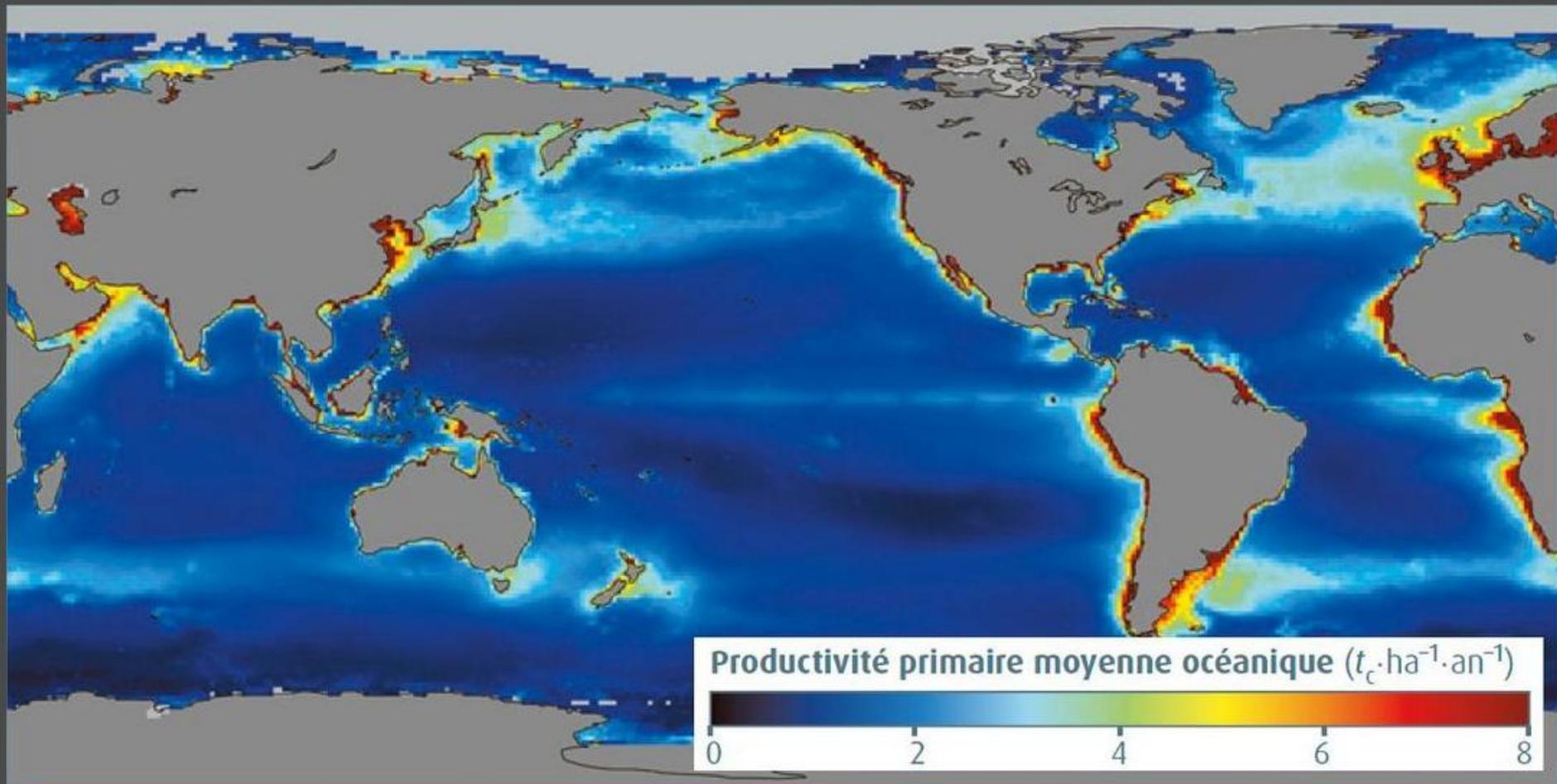
DOC 2 Répartition de l'énergie solaire reçue par unité de temps et de surface par la Terre selon la latitude.



© Belin Éducation/Humensis, 2019 Enseignement scientifique 1re

© Bishop J. K. B. et al (1997), "Surface Solar Irradiance from ISCCP 1983-1991", J. Geophys...

DOC 5 Carte de la productivité primaire moyenne océanique.



© Belin Éducation/Humensis, 2019 Enseignement scientifique 1re

© Droits réservés

**II. A l'échelle planétaire et des écosystèmes, la photosynthèse réalisée par les organismes chlorophylliens est essentielle car permet l'entrée de matière et d'énergie dans la biosphère (ensemble des être vivants).**

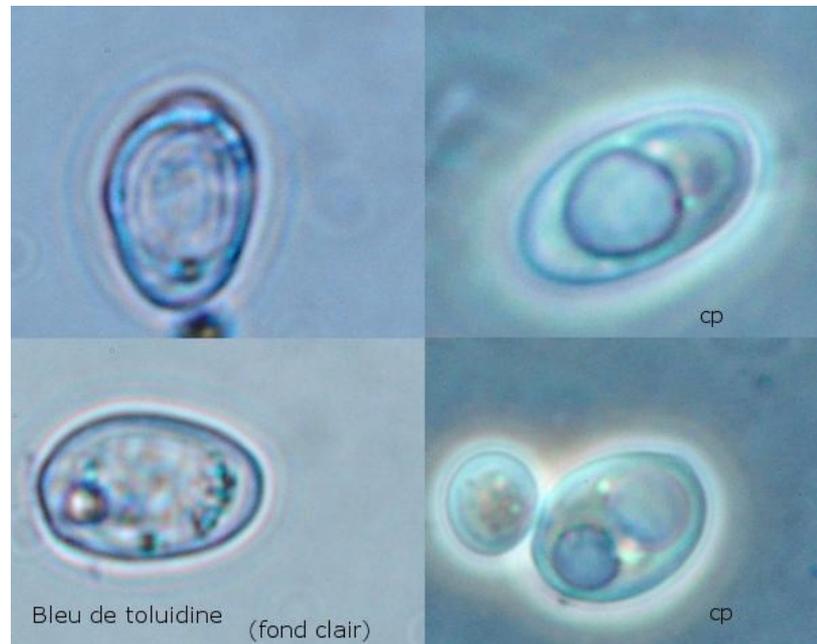
1. A l'échelle planétaire ou des écosystèmes, la masse de matière organique végétale produite par photosynthèse s'appelle la biomasse.

2. A l'échelle planétaire, l'énergie contenue dans la biomasse végétale produite chaque année ne représente que 0,1% de l'énergie solaire reçue par la planète.

Levures au MEB



Levures au MO

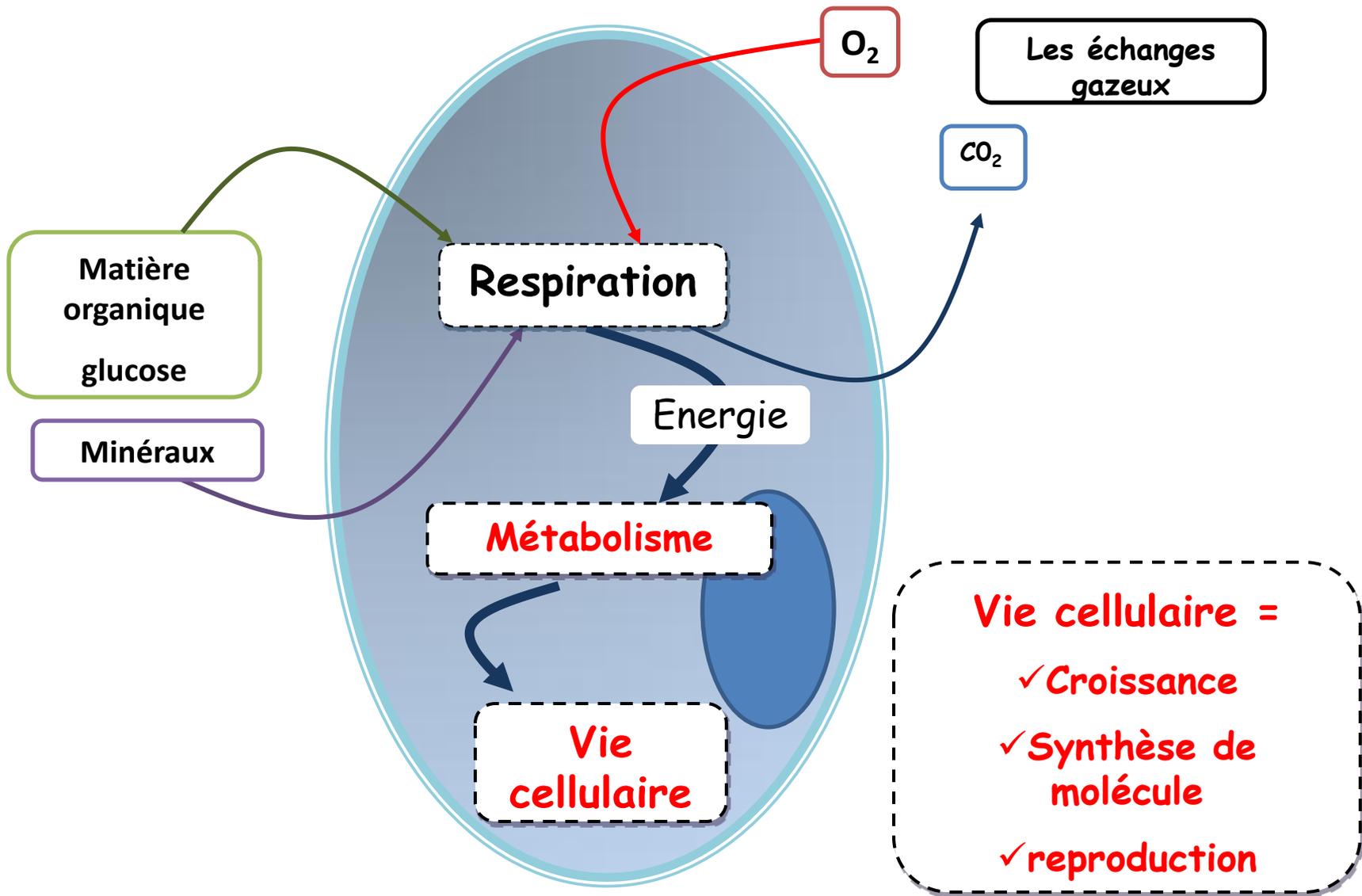


cp

Bleu de toluidine (fond clair)

cp



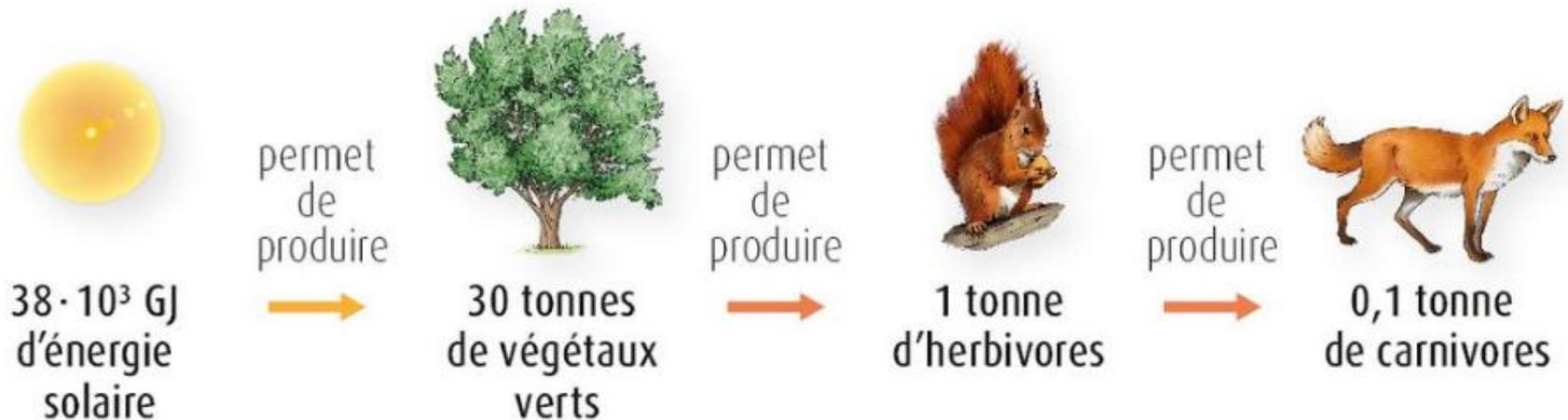


Le métabolisme de la levure en présence de dioxygène

## Les transferts d'énergie et de matière dans une forêt tempérée.

La matière organique ingérée par un organisme lui sert de source d'énergie et de source de matière. La matière est utilisée pour renouveler les cellules et leurs constituants, ainsi que pour la croissance.

La libération d'énergie à partir de matière organique par la respiration cellulaire s'accompagne d'une perte de matière sous forme de  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  et d'une perte d'énergie sous forme de chaleur.



3. Les végétaux chlorophylliens sont qualifiés de producteurs primaires car ils sont à la base de toutes les chaînes alimentaires : Les molécules organiques fabriquées, riche en énergie chimique, sont disponibles pour les maillons suivants (consommateurs primaires puis secondaires).

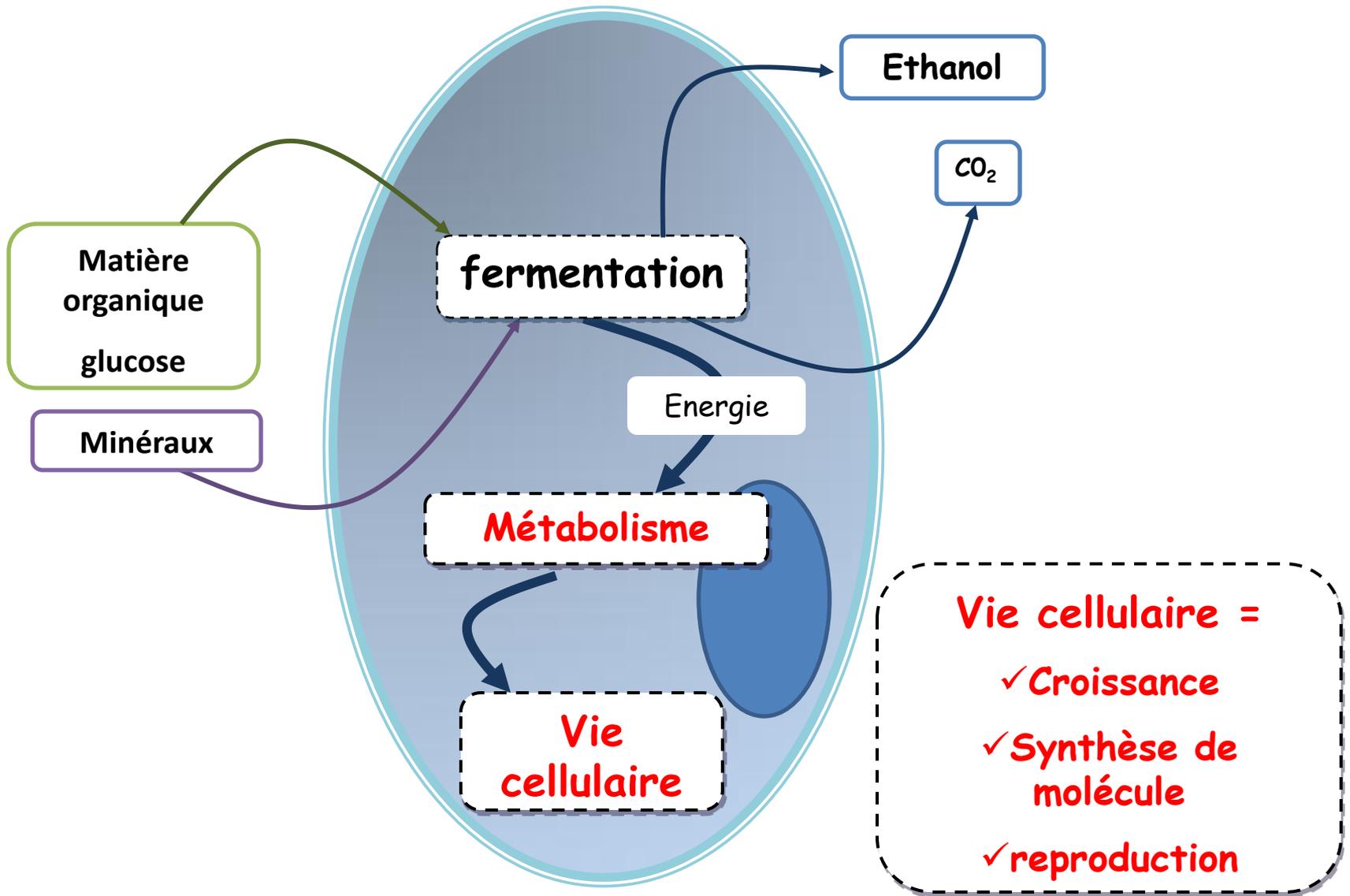
# Vinification: cuves de fermentation (métal et fût de chêne)



## Fermentation alcoolique lors de la vinification

Lorsque les levures consomment le sucre du moût, elles produisent de l'éthanol et du dioxyde de carbone. Ce gaz forme des bulles dans la cuve et mousse à la surface.





**Le métabolisme de la levure dans un environnement pauvre en dioxygène**

• Chez les êtres vivants, des molécules comme l'amidon sont transformées en molécules plus petites comme le glucose. Dans les cellules des animaux, des végétaux et des champignons notamment, le glucose est ensuite dégradé, en présence de **dioxygène**, lors de la **respiration cellulaire** :

**Glucose + O<sub>2</sub> → H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub> + énergie directement utilisable par la cellule + énergie thermique**

• En l'absence d'oxygène, certains organismes, comme les levures (champignons unicellulaires microscopiques) pratiquent la **fermentation alcoolique** :

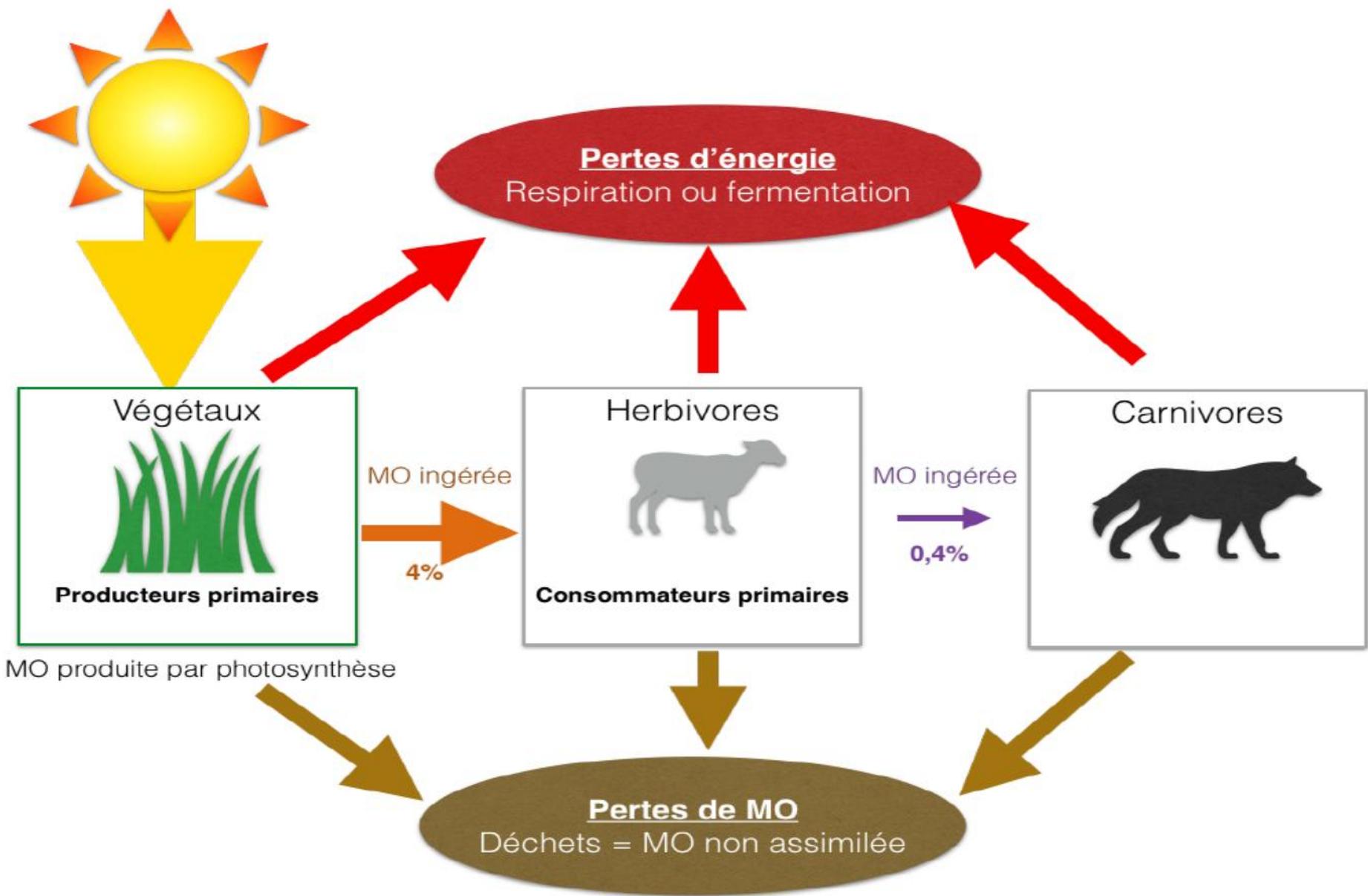
**Glucose → éthanol + CO<sub>2</sub> + énergie directement utilisable par la cellule + énergie thermique**

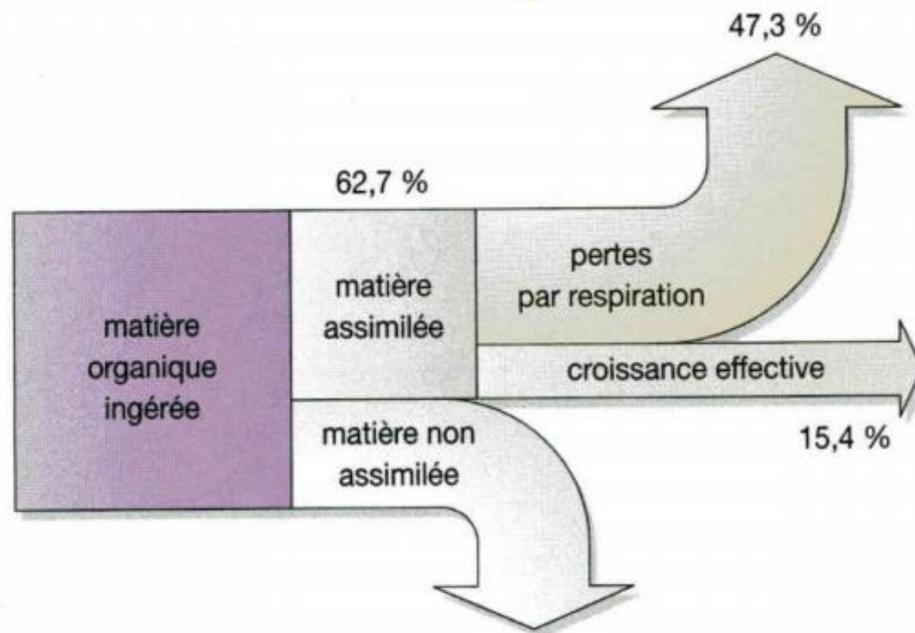
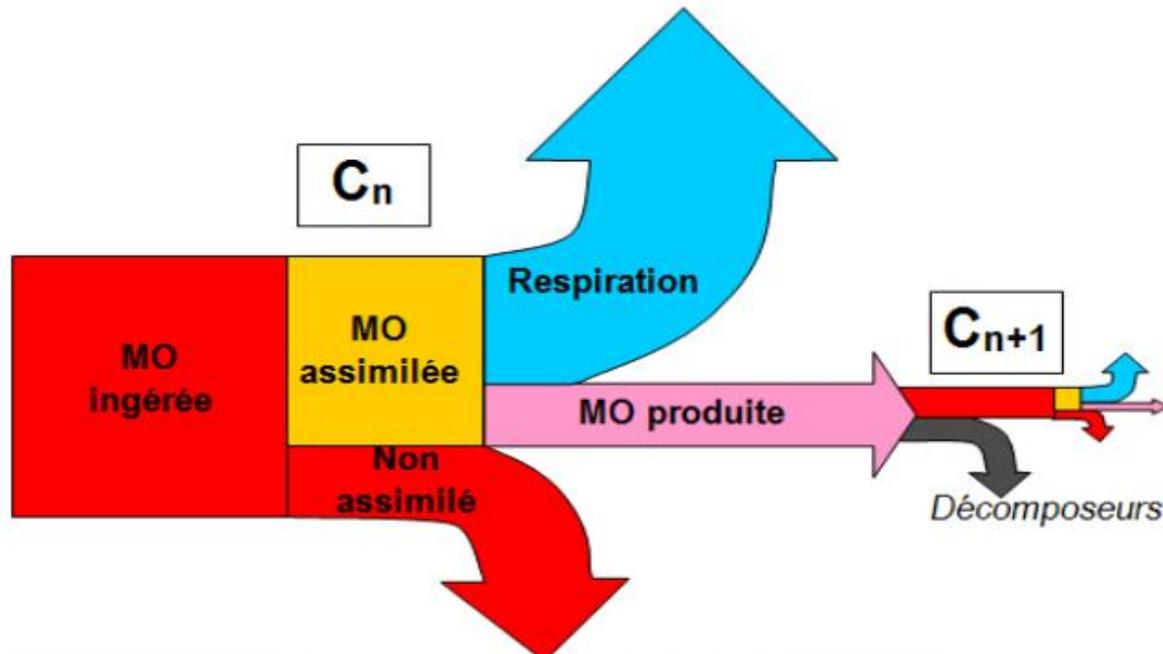
• L'énergie libérée permet le fonctionnement, la croissance et l'entretien de l'organisme.

4. Les molécules organiques peuvent être transformées par des réactions du métabolisme (respiration ou fermentation) qui libèrent l'énergie chimique contenue dans les liaisons entre atomes sous une forme d'énergie utilisable par la cellule.

a. Au cours de la respiration, les molécules organiques, grâce à l'oxygène de l'air, sont totalement minéralisées en  $CO_2$  et  $H_2O$ .

b. La fermentation est une réaction qui ne nécessite pas d' $O_2$  mais elle libère beaucoup moins d'énergie utilisable que la respiration.

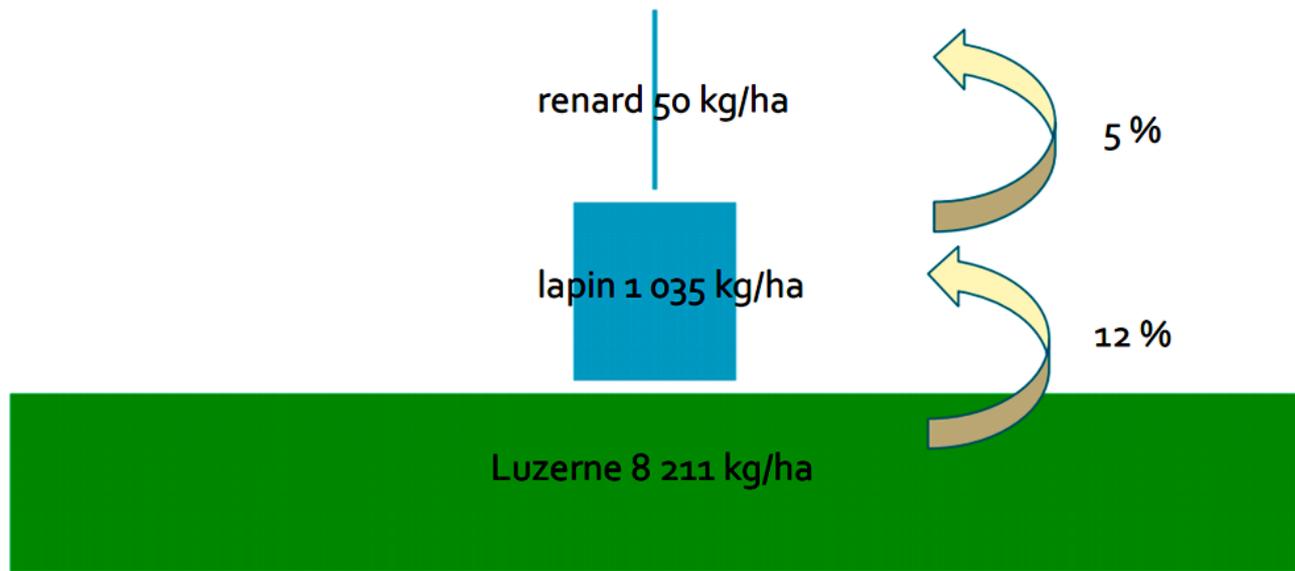




Producteur	Biomasse (kg / ha de culture)
Luzerne (producteur primaire)	8211
Lapin (phytophages, producteurs secondaires)	1035
Renard (zoophage, consommateur secondaire)	50
Lombrics, Bactéries, champignons (décomposeurs)	5

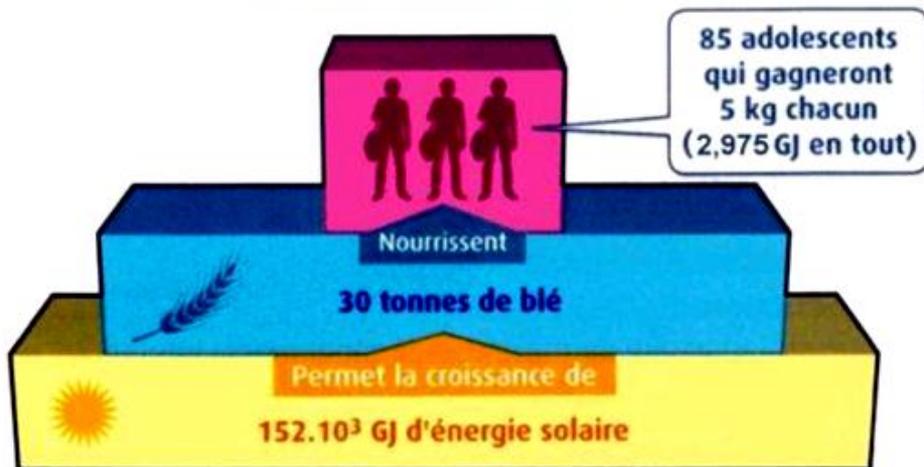
Rendement lapin=  $(1035/8211) \times 100 = 12,6 \%$

Pyramide des biomasses de l'écosystème luzerne-lapin-renard

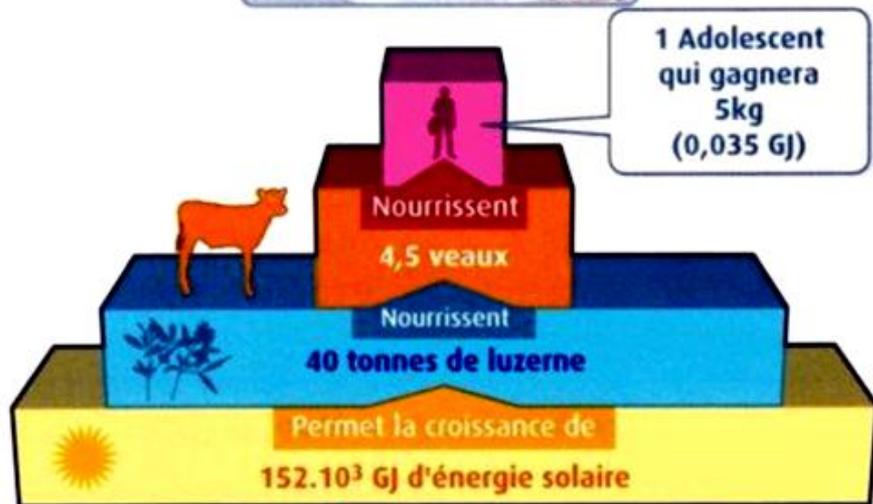


échelle: 1cm = 500 kg/ha

Alimentation «100% blé»



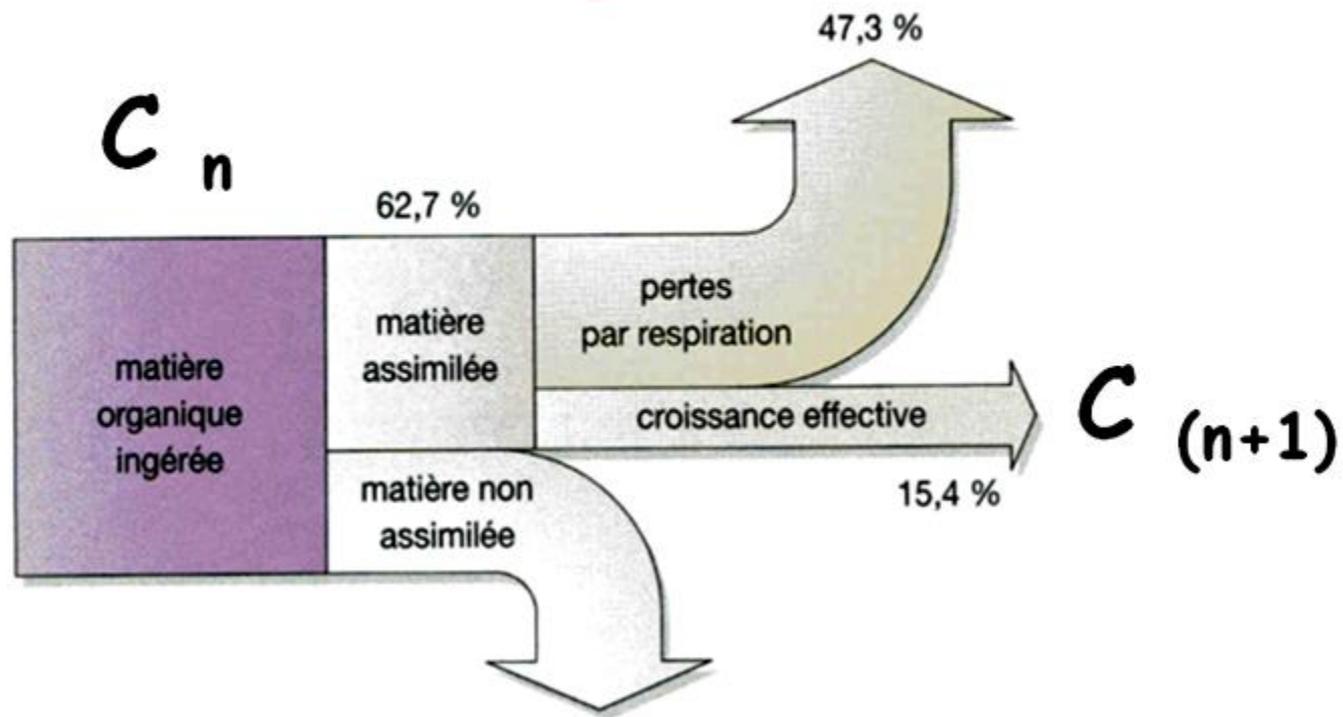
Alimentation «100% veau»



5. Lors du transfert de matière d'un niveau à l'autre du réseau trophique (=alimentaire), une grande partie de l'énergie contenue dans les molécules organiques est dissipée sous forme de chaleur.

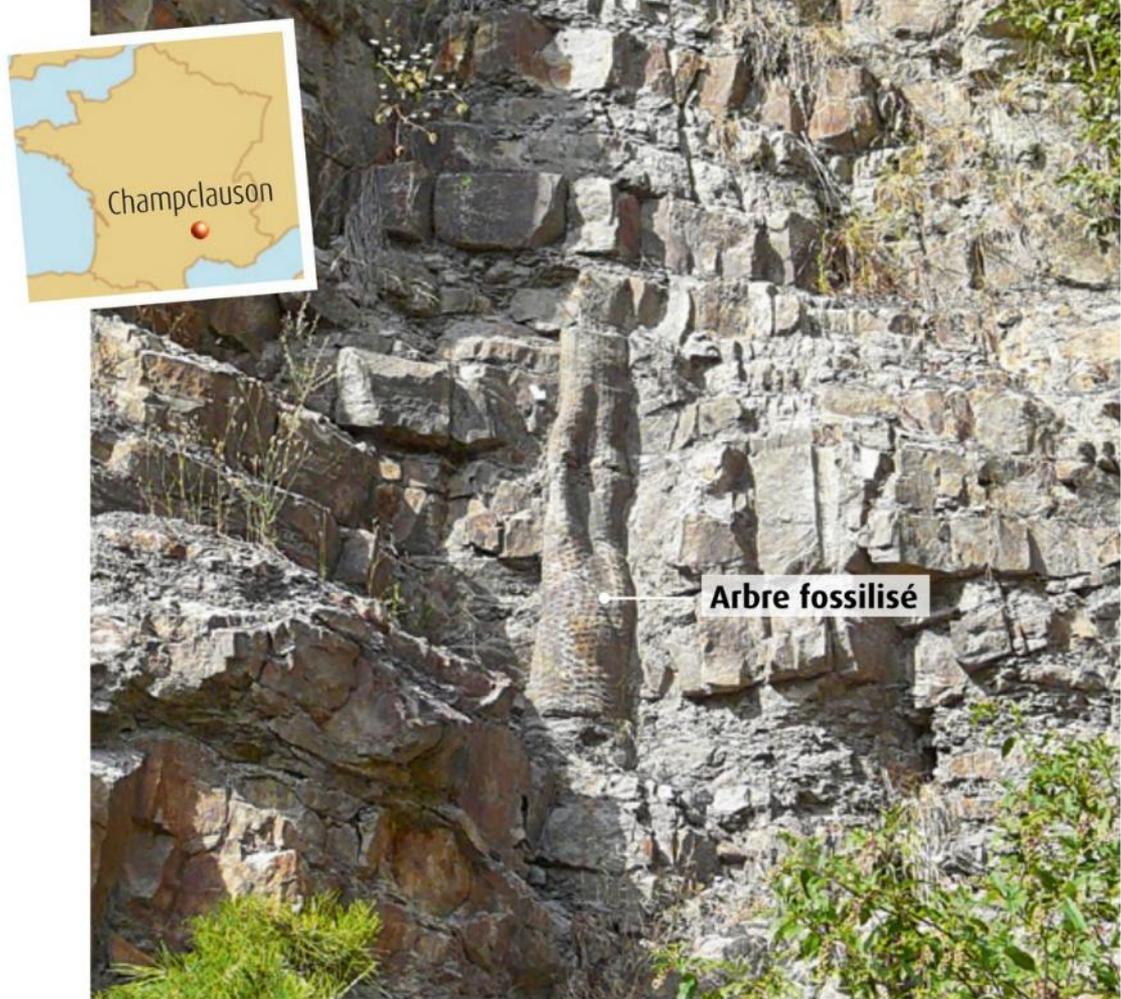
6. Les flux de matière et d'énergie peuvent être représentés sous la forme de pyramides écologiques qui traduisent les pertes entre chaque niveau trophique.

Schéma 3 : Transfert de matière d'un niveau trophique  $C_n$  au suivant  $C_{(n+1)}$



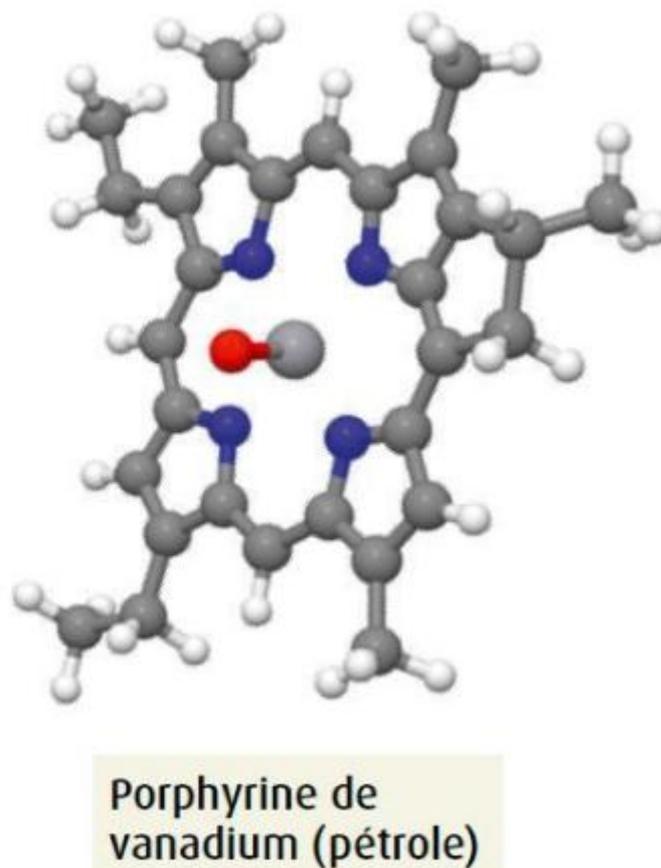
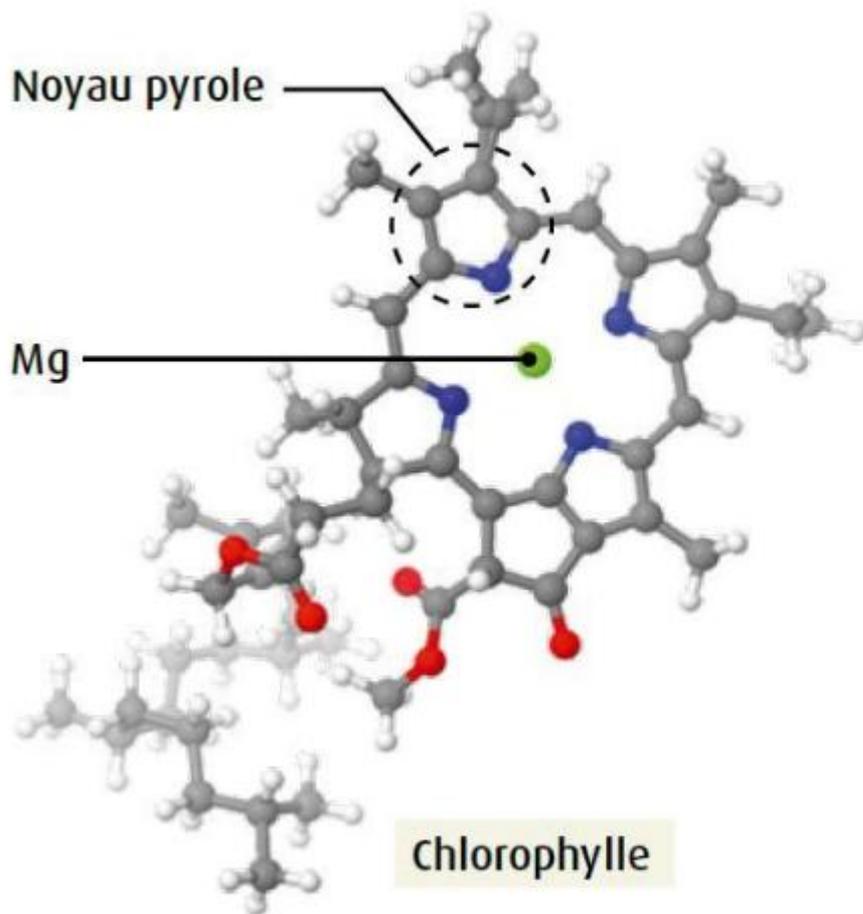
**Arbre fossilisé en « position de vie » dans une ancienne mine de charbon à ciel ouvert (Champclauson, Ardèche).**

On y voit un tronc de sigillaire. Cet arbre pouvait atteindre 30 m, et son tronc pouvait faire 1 m de diamètre à la base. Il est daté de la fin du Carbonifère.



## Modèles moléculaires Jmol de la chlorophylle et d'une molécule présente dans le pétrole.

La chlorophylle comprend une « tête » formée de quatre noyaux pyrrole entourant un atome de magnésium, et une « queue » formée d'une chaîne hydrocarbonée comprenant une vingtaine d'atomes de carbone.



# Comparaison de la composition des végétaux terrestres et du charbon.

La matière sèche des végétaux terrestres (on ne tient pas compte de l'eau) comprend 7 % de protéines, 2 % de lipides et 75 % de glucides.

		Composition en éléments chimiques (en % de la matière sèche)				
		C	H	S	N	O
Molécules organiques des végétaux terrestres	Protéines	53	7	2	16	22
	Lipides	80	10	–	–	10
	Glucides	44	6	–	–	50
Charbon semi-bitumineux		76	5	1	2	16
Pétrole		84	13	traces	2	1

**III. A l'échelle des temps géologiques, dans des circonstances exceptionnelles, une fraction de la biomasse échappe à l'action des consommateurs et des décomposeurs. Après transformation, elle peut constituer un stock d'énergie utilisable par l'Homme (combustibles fossiles)**

1. Les combustibles fossiles (gaz, charbon, pétrole) présentent des indices d'une origine biologique. Ils sont notamment constitués des principaux atomes des êtres vivants (C, H, O).

# Les conditions de formation des combustibles fossiles

Il faut trois conditions pour former du charbon.

1. **Des conditions climatiques** favorisant la croissance des végétaux : la photosynthèse permet alors une production très importante de matière organique en milieu continental.

2. Une **grande quantité de débris végétaux** doit s'accumuler dans un milieu pauvre en dioxygène. Le taux d'accumulation de la matière organique doit être supérieur à son taux de décomposition par les micro-organismes, et la pauvreté du milieu en dioxygène doit limiter l'action des décomposeurs.

3. Ces conditions doivent se maintenir au cours du temps. Alors, en plusieurs dizaines de millions d'années, sous l'effet de **l'augmentation de température** lors de **l'enfouissement** et de l'action de bactéries, la matière organique végétale se **transforme** en charbon. Le pétrole se forme dans des conditions et sur des durées comparables, mais à partir de matière organique issue de l'activité photosynthétique du phytoplancton en milieu océanique.

2. Ces combustibles demandent pour se former beaucoup de temps (plusieurs dizaines de millions d'années) et des conditions particulières :

- Forte production primaire (biomasse importante)
- Accumulation de matière organique végétale dans des sédiments en absence d'oxygène (décomposition impossible)
- Transformation progressive de cette matière sous l'action de température et de pression croissantes au cours des temps géologiques

# Pouvoir énergétique comparé de quelques combustibles

Le pouvoir énergétique est la quantité d'énergie libérée lors de la combustion, exprimée en  $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ .



Bois ► 19 000



Charbon ► 36 000



Pétrole ► 42 000

**1 litre** de pétrole = **23 tonnes** de matière organique végétale transformée



1 veine de charbon épaisse de **3 mètres** = transformation de matière organique végétale accumulée pendant **16 000 ans**



3. Les combustibles fossiles sont qualifiés de non renouvelables car leur quantité est limitée, leur formation très lente (échelle géologique), leur extraction et leur utilisation rapide très rapide (échelle humaine)

4. Le soleil est la source d'énergie à l'origine des combustibles fossiles car la matière organique dont ils sont issus a été produite par photosynthèse.

