

### 3. La photosynthèse à l'échelle planétaire (page 138/139)

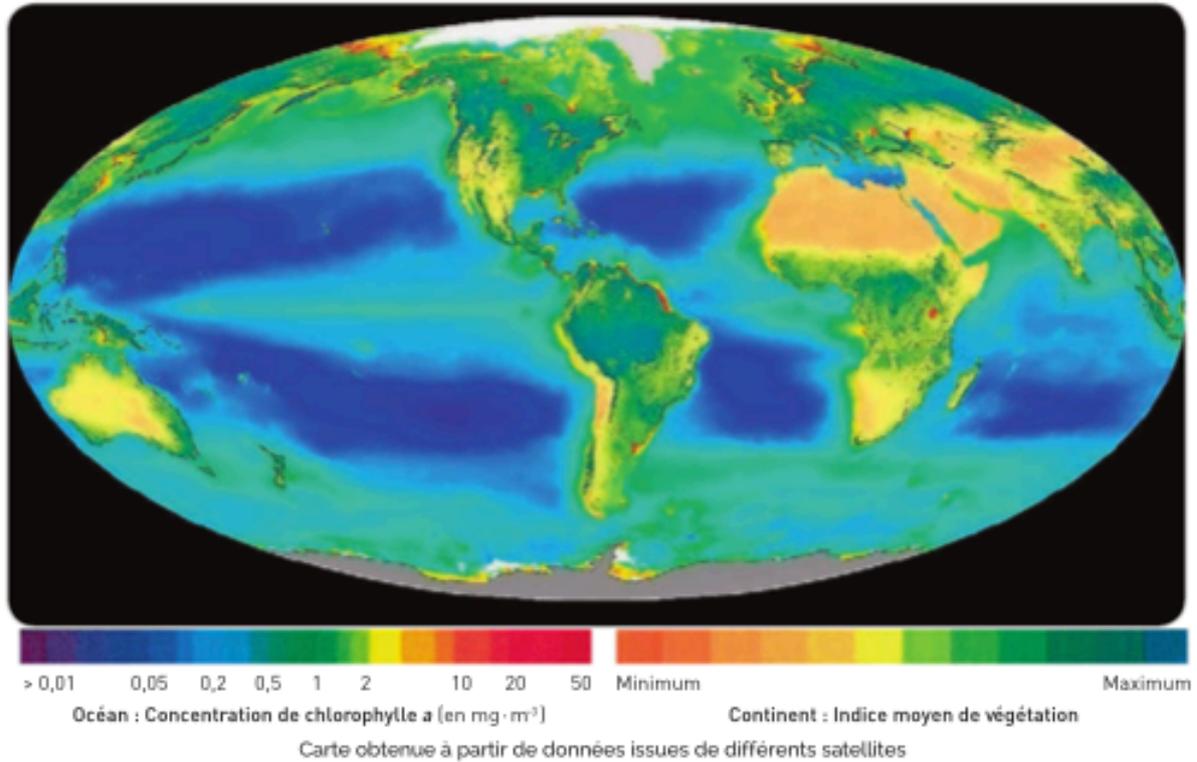
La photosynthèse se traduit à la surface de la Terre par

La **production de biomasse** : masse de **matière organique** qui constitue un **être vivant**.

Cette **production** est appelée

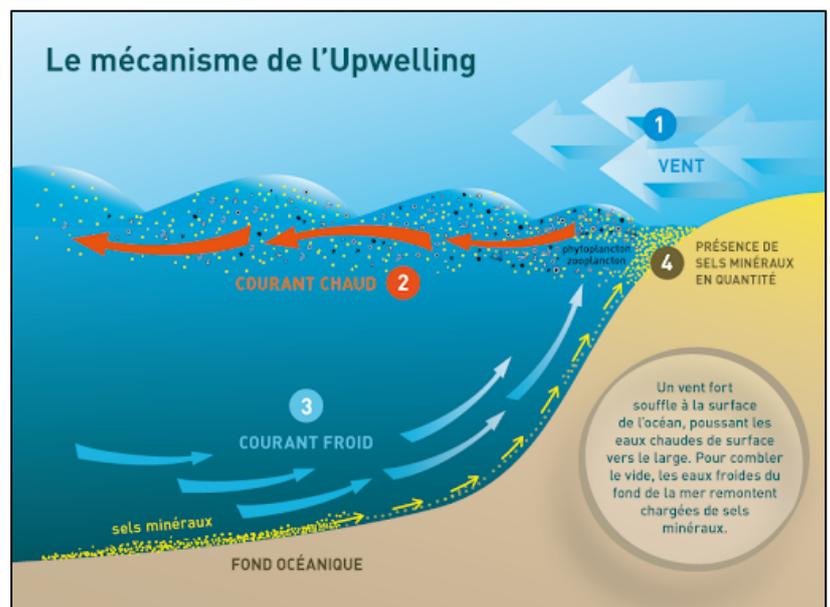
**Productivité primaire** : **quantité de carbone** incorporée par les **végétaux chlorophylliens** en un lieu donné pendant **un an** (unité = tonnes de carbone par hectare et par an,  $tC \cdot ha^{-1} \cdot an^{-1}$ ).

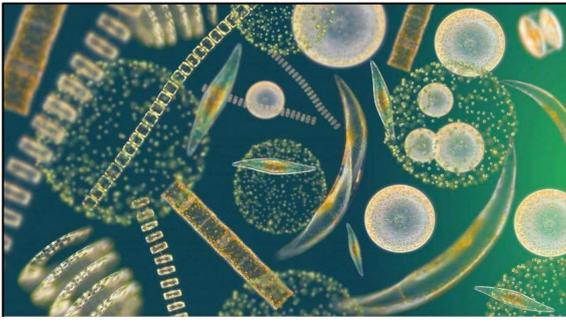
#### 1 Répartition mondiale de la productivité primaire



• **Au niveau des océans** au total, la **productivité primaire océanique** annuelle s'élève à  $25 GtC \cdot an^{-1}$ . Elle est **concentrée en bordure des continents** notamment :

- A l'**embouchure des fleuves** qui apportent les **sels minéraux** à l'océan.
- Dans les **zones d'upwelling** où les **eaux profondes** remontent à la surface ramenant ainsi la **matière minérale** issue de la **décomposition des organismes**.
- Dans les **zones d'eaux froides** qui favorisent la **dissolution du  $CO_2$** .

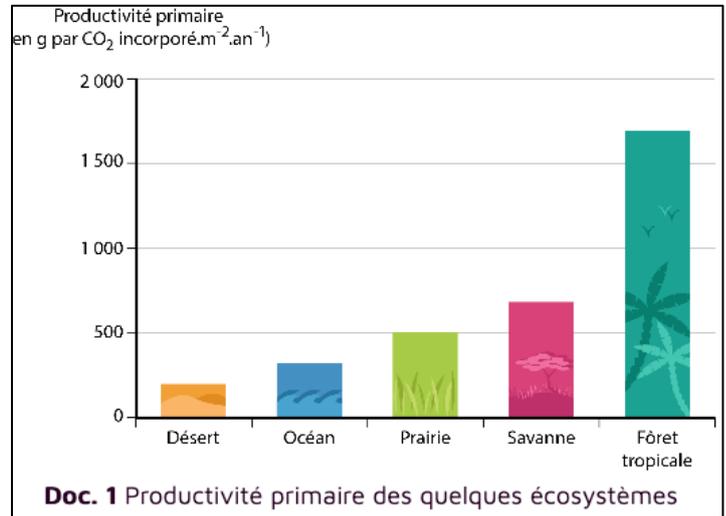




Les **végétaux chlorophylliens** intervenant dans la **production de matière organique océanique** sont majoritairement le **phytoplancton**. Ce sont des **organismes unicellulaires microscopiques**. Les **algues chlorophylliennes** interviennent peu dans la **productivité primaire océanique**.

- **Au niveau des continents**, au total, la **productivité primaire continentale** annuelle s'élève à 53 GtC.an<sup>-1</sup>. Elle va être **variable** en fonction de l'**écosystème** considéré (document 1).

La **productivité primaire** apparaît **corrélée** avec l'**abondance de la biomasse végétale** dans l'**écosystème**. Ainsi, elle est la plus importante dans les **forêts** qui présentent la **biomasse végétale** la plus **abondante**.

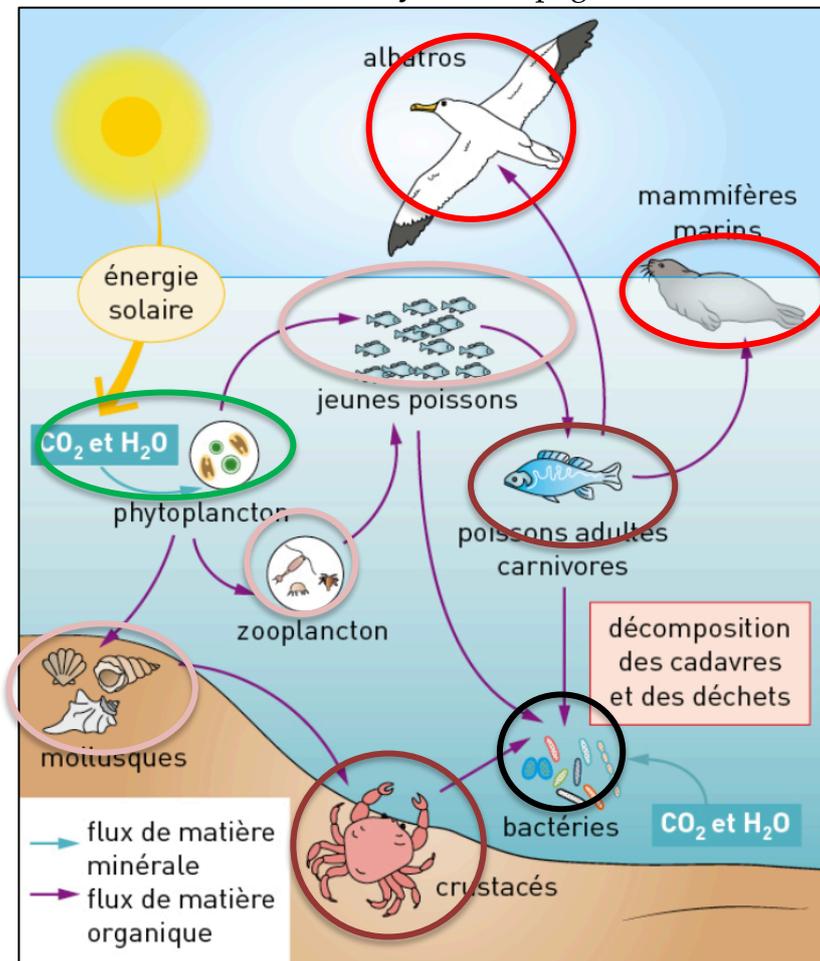


**Doc. 1** Productivité primaire des quelques écosystèmes

#### 4. Les molécules produites sont transformées : une entrée de la matière dans la biosphère (pages 140, 141)

Nous avons vu que la photosynthèse produit des molécules carbonées, riches en énergie chimique : quelle est leur devenir ?

- **A l'échelle des écosystèmes** (page 140)



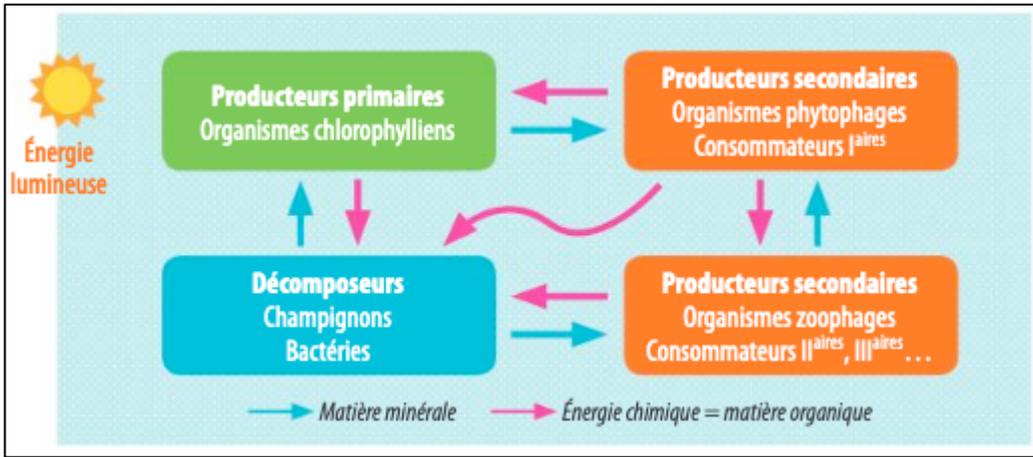
Par exemple au niveau océanique - **l'énergie solaire** est transformée en énergie chimique par **les producteurs primaires** : le phytoplancton

L'énergie chimique produite transférée ensuite par relations trophiques.

- La matière végétale produite est consommée par les **consommateurs primaires**.
- Ils sont eux-mêmes consommés par les **consommateurs secondaires**

- qui sont consommés par des **consommateurs tertiaires**, en fin de chaîne alimentaire

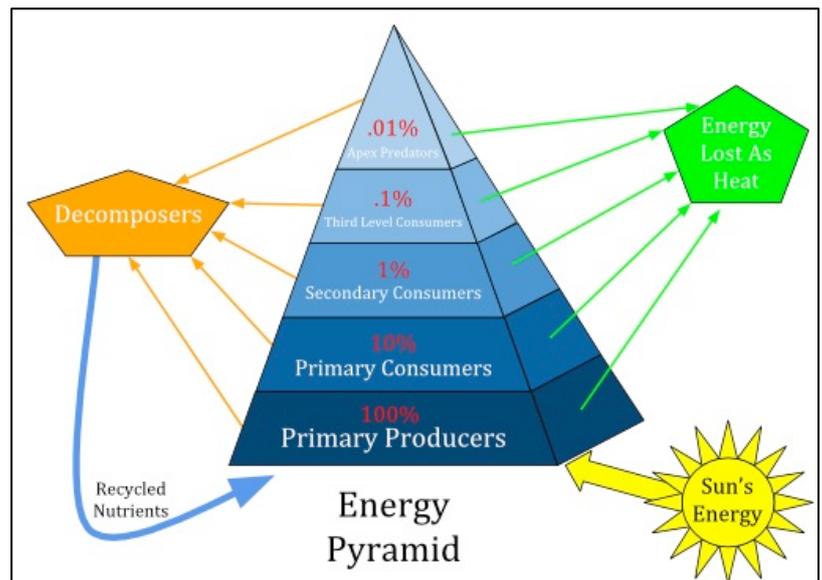
Tous les organismes après leur mort ainsi que leurs déchets sont décomposés (retour à l'état minéral) par les **décomposeurs**, dont les bactéries



Ainsi la matière vivante produite par photosynthèse circule dans les écosystèmes entre les différents niveaux trophiques via les relations trophiques. Elle alimente les **chaînes alimentaires**

Cependant quel que soit l'écosystème considéré, si on calcule la biomasse ou l'énergie de chaque niveau trophique on note une représentation en **pyramide**

A chaque niveau, une partie de la matière et de l'énergie est perdue. La totalité de l'énergie consommée n'est pas transférée au niveau suivant. Une partie de l'énergie est utilisée pour le fonctionnement de l'organisme ou perdue sous forme de déchets



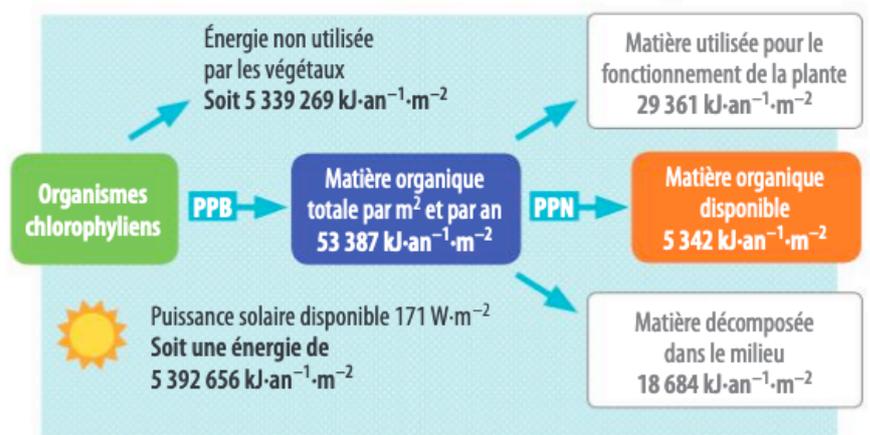
- **A l'échelle des organismes**

Chez les végétaux : une partie de la matière produite est utilisée pour le fonctionnement de la plante

La productivité primaire doit être envisagée sous deux aspects :

- la **productivité primaire brute (PPB)** qui correspond à la production totale de matière organique par photosynthèse ;

- la **productivité primaire nette (PPN)** qui correspond à la matière organique réellement disponible une fois que la plante a utilisé ce dont elle avait besoin pour sa propre croissance.



La puissance solaire ( $171 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ) disponible correspond à la puissance totale reçue ( $345 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ) moins la partie absorbée ( $65 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ), diffusée ( $20 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ) ou réfléchiée ( $89 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ) par l'atmosphère. 1 watt (W) = 1 joule (J) par seconde.

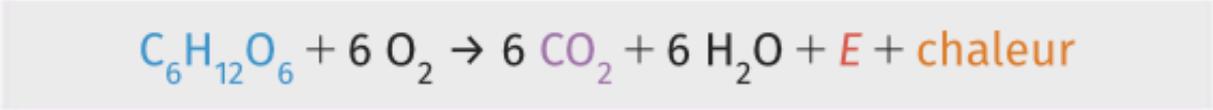
Pour son fonctionnement la plante utilise les molécules qu'elle produit par photosynthèse

- Pour augmenter sa biomasse = croissance, qui sera en partie transmise au niveau supérieur (- déchets)
- Pour produire l'énergie nécessaire à son fonctionnement

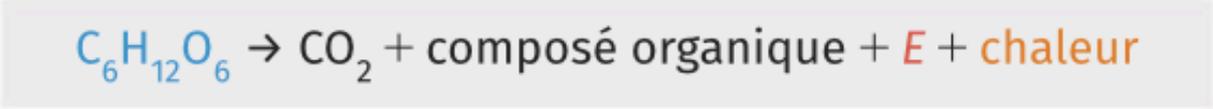
Des expériences (doc page 141) montrent qu'il existe plusieurs voies pour produire de l'énergie à partir des molécules carbonées

Le glucose est le nutriment quasi universel des cellules vivantes, il existe 2 grandes voies de dégradation du glucose en fonction de la disponibilité en O<sub>2</sub> notamment.

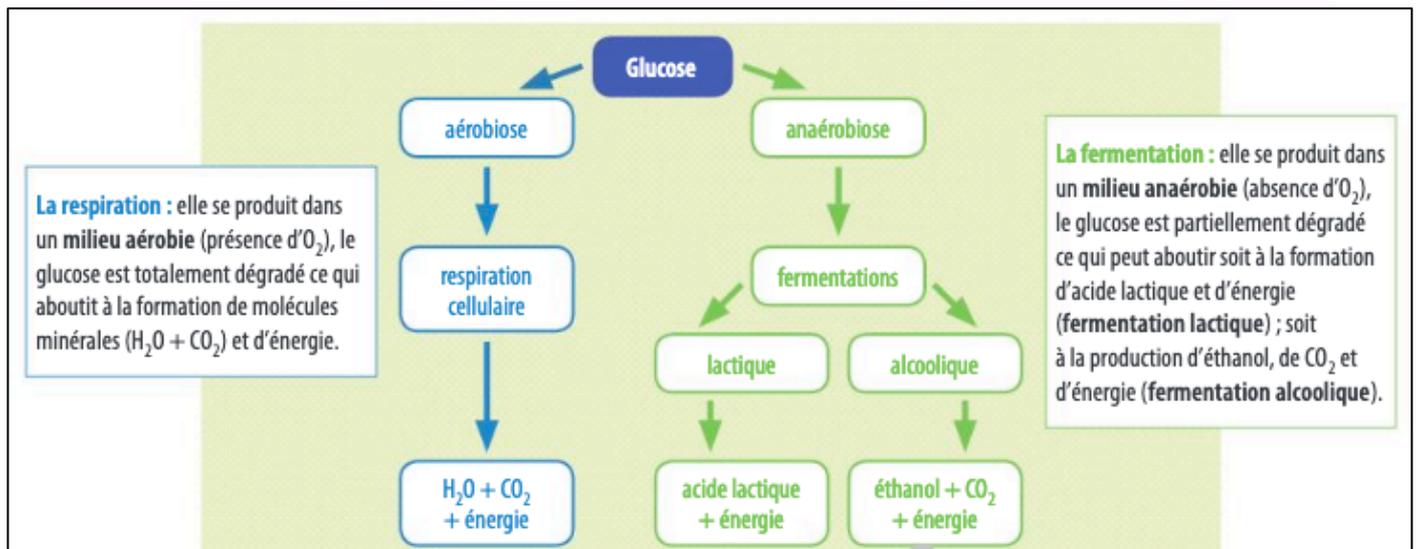
### Respiration cellulaire en présence de O<sub>2</sub> :



### Exemple de fermentation en absence de O<sub>2</sub> :



Le composé organique peut être par exemple de l'éthanol ou de l'acide lactique selon le type de fermentation. La respiration produit jusqu'à 1 080 kJ d'énergie utilisable (E) par mole de glucose, tandis que la fermentation en produit 60 kJ.



**La respiration cellulaire** se déroule dans les mitochondries, organites spécialisés dans l'oxydation complète du glucose en présence d'O<sub>2</sub> (→ CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O)

**La fermentation** se déroule dans le cytoplasme des cellules, elle correspond à la dégradation incomplète du glucose puisqu'elle aboutit à la formation de molécules organiques encore riches en énergie, elle est moins rentable que la respiration.

• **A l'échelle des cellules** : dans les cellules végétales chlorophylliennes, 2 métabolismes collaborent :

**La photosynthèse** qui produit des molécules dans les chloroplastes et

**La respiration cellulaire** dans les mitochondries ou **la fermentation** dans le cytoplasme qui dégrade le glucose produit afin de produire l'énergie nécessaire au travail cellulaire.

Ainsi, une partie de la matière produite est directement dégradée dans les cellules.

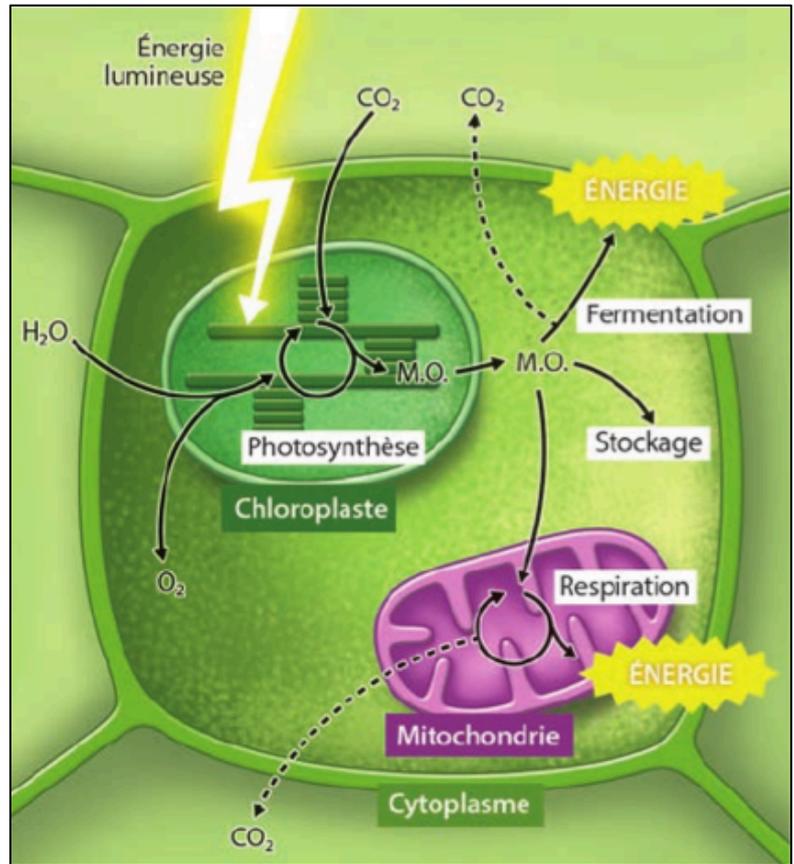
Une partie de la matière végétale peut échapper au cycle de la matière décrit.

Dans certaines conditions particulières, la matière vivante non consommée peut échapper à l'action des décomposeurs et se fossiliser.

Elle entre alors dans un cycle long en étant transformée en matière organique fossile.

C'est cette matière qui est utilisée pour fournir notre énergie depuis la révolution industrielle : les combustibles fossiles

- Charbon
- Pétrole
- Gaz



### 5. Les combustibles fossiles : un stockage de l'énergie solaire (pages 142, 143)

Un combustible est une matière dont la combustion libère de l'énergie

**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
------	----------	---------	----------	---------	----------

- Les combustibles fossiles : de la matière organique *doc page 144, 145*

	C	H	O	N	S
Charbon	75-92	4-6	3-20	1-2	-
Pétrole	83-87	10-14	0,05-1,5	0,1-2	0,05-6
Gaz naturel	65-80	1-25	-	1-15	0-0,2

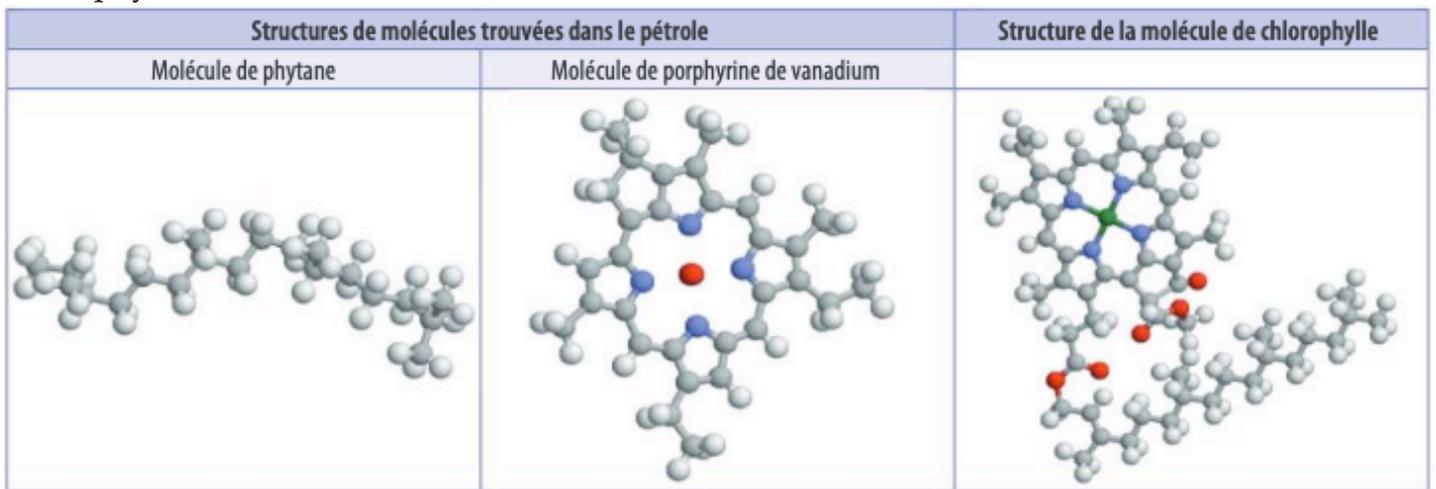
#### 1 Composition des combustibles fossiles (en %)

Les composés des combustibles fossiles présentent la composition atomique de la matière organique : C, H, O, N... Dans le charbon, on trouve des empreintes de végétaux aujourd'hui disparus...



2 Empreinte de fougère dans un échantillon de charbon datant du Carbonifère (- 300 Ma)

Et dans le pétrole on retrouve des molécules qui présentent de grandes ressemblances avec la chlorophylle



Légende des atomes : ○ hydrogène ● carbone ● azote ● oxygène ● magnésium

▲ Différentes molécules visualisées avec le logiciel Rastop.

**Les combustibles fossiles** sont des combustibles particuliers qui contiennent une forte proportion de carbone et qui se sont formés il y a des millions d'années.

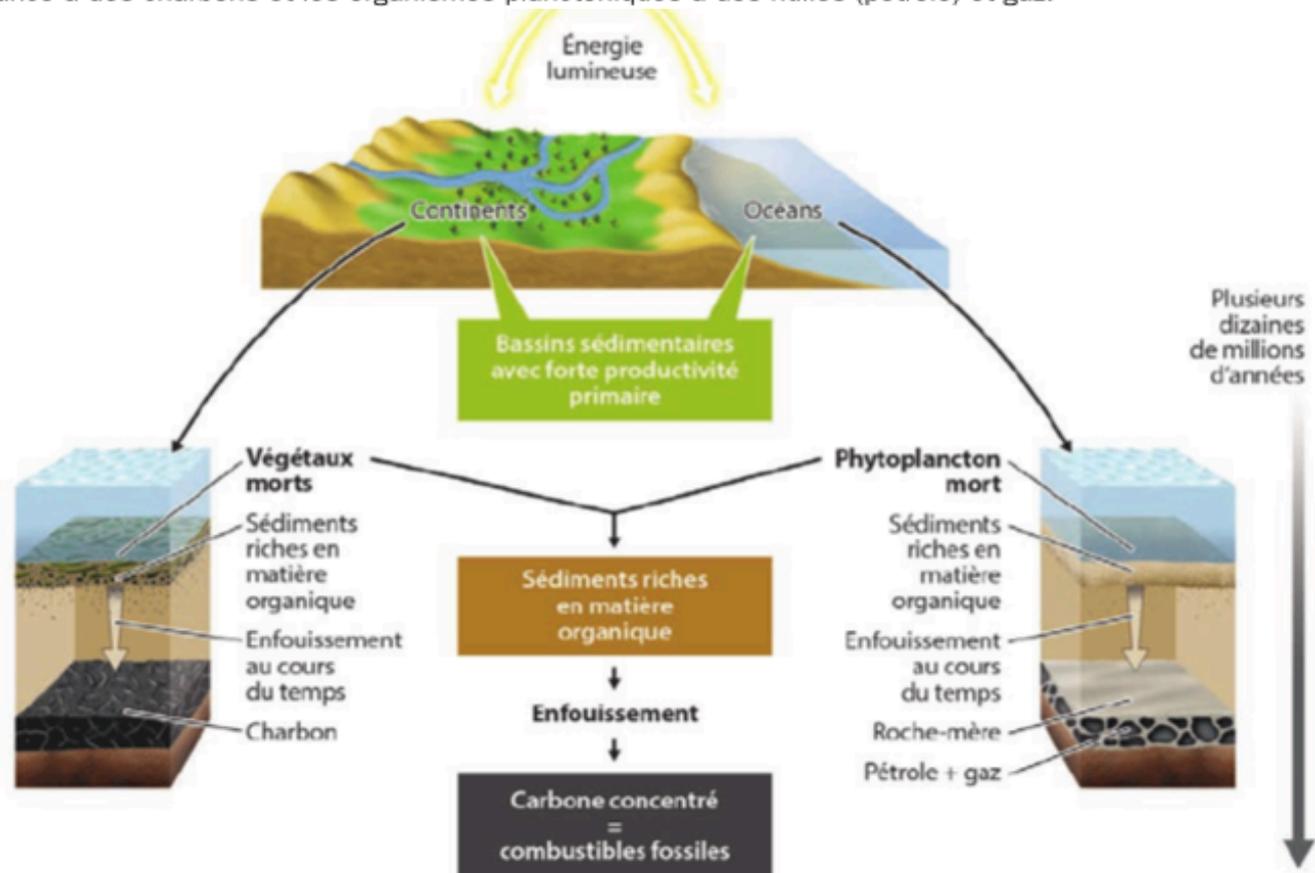
Les principaux gisements actuels datent de 200 à 350 Millions d'années et de 20 à 150 millions d'années

Mais dans quelles conditions cette matière s'est-elle fossilisée ?

- **Les conditions de formation des combustibles fossiles (page 143)**

▶ Dans certaines conditions (enfouissement, absence de dioxygène, etc.), une partie des débris d'organismes continentaux et marins se transforment. La matière organique évolue alors en kérogène sous l'action de différents facteurs (température, bactéries).

▶ Ainsi, au bout de plusieurs millions d'années, les débris des végétaux continentaux peuvent donner naissance à des charbons et les organismes planctoniques à des huiles (pétrole) et gaz.



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 microorganismes, et la pauvreté du milieu en dioxygène doit limiter l'action des décomposeurs.

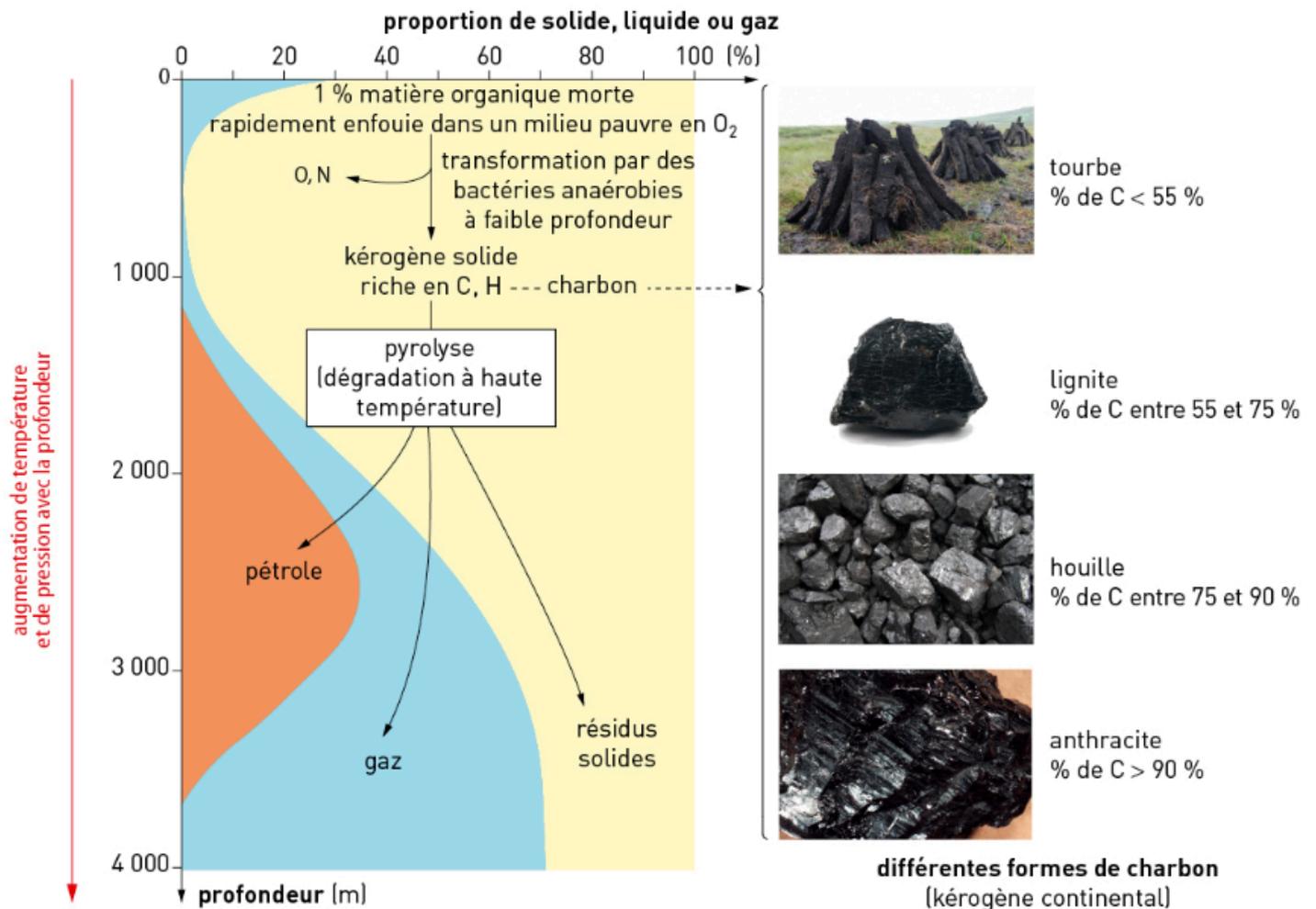
(3) Ces conditions doivent se maintenir au cours du temps. Alors, en plusieurs dizaines de millions d'années, sous l'effet de l'augmentation de température lors de l'enfouissement et de l'action de bactéries, la matière organique végétale se transforme en charbon. Le pétrole se forme dans des conditions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

Des zones au climat tropical, forêts denses → **forte production primaire**

Des zones géologiques particulières permettant un enfouissement rapide. → **Zones de subsidence**

Le maintien, long, des conditions d'enfouissement

- **La formation des combustibles fossiles** : une transformation due à l'enfouissement : T° et pression



Ainsi, l'énergie chimique créée par photosynthèse a été stockée pendant des millions d'années sous forme des combustibles fossiles.

Depuis la révolution industrielle, l'utilisation exponentielle des combustibles fossiles a restitué au cycle du carbone ces stocks de C enfouis depuis des millions d'années. Le CO<sub>2</sub> rendu à l'atmosphère déséquilibre le cycle et participe à l'accentuation de l'effet de serre.

On peut faire un petit calcul : si l'on compare le temps de formation des énergies fossiles (env. 200 millions d'années) à une durée d'une semaine, les hommes commencent à utiliser les énergies fossiles le dimanche à moins d'une seconde de minuit. À minuit, les énergies fossiles sont épuisées.

## BILAN

