S3/SVI
Module de l'Ecologie générale 1

Séance 3

CHAPITRE II
STRUCTURE ET FONCTIONNEMENT DES ECOSYSTEMES

Introduction: Concept de l'écosystème

1. La structure trophique de l'écosystème

2. Le flux d'énergie dans l'écosystème

3. Le flux de la matière dans l'écosystème

Introduction: Emergence d'un concept nouveau « l'écosystème »

1 - Première étape: étape statique.

Les espèces ne sont pas réparties au hasard. Il existe des regroupements d'espèces animales et d'espèces végétales en fonction des paramètres abiotiques du milieu.

2- Deuxième étape: succession écologique.

Ces regroupements ne sont pas fixes dans le temps, ils évoluent et correspondent à des stades différents, aboutissant théoriquement à un stade d'équilibre appelé **CLIMAX**.

Exemple de succession écologique : Terrain nu => végétation pionnière => prairie => arbustes => forêt

La succession écologique est le phénomène de colonisation d'un milieu par les êtres vivants et de complexification de l'écosystème dans le temps.

Le climax est l'écosystème le plus complexe d'un biotope donné. Il présente une diversité spécifique et une biomasse maximales.



Végétaux pionniers → **Climax**

- Chaque stade correspond à un état d'équilibre. Le stade final, dit Climax, est le stade théorique, atteint en absence de perturbation humaine!
- Le climax n'est pas le seul état à l'équilibre; tous les stades intermédiaires correspondent à différents niveaux d'équilibre en fonction des conditions locales.
- **Temps**: le temps pour atteindre un climax peut être très long (plusieurs centaines d'années); des évènements catastrophiques (feux, tempêtes, volcans) peuvent entraîner un retour à l'état pionnier (état initial).

3-Troisième étape: les interactions écologiques.

Les espèces végétales et animales ne sont pas «juxtaposées» au sein d'une association, des interactions (nombreuses) existent entre elles: *les chaînes alimentaires*. A l'influence des facteurs abiotiques, s'ajoute maintenant l'influence des *relations biotiques* = entre espèces vivantes.

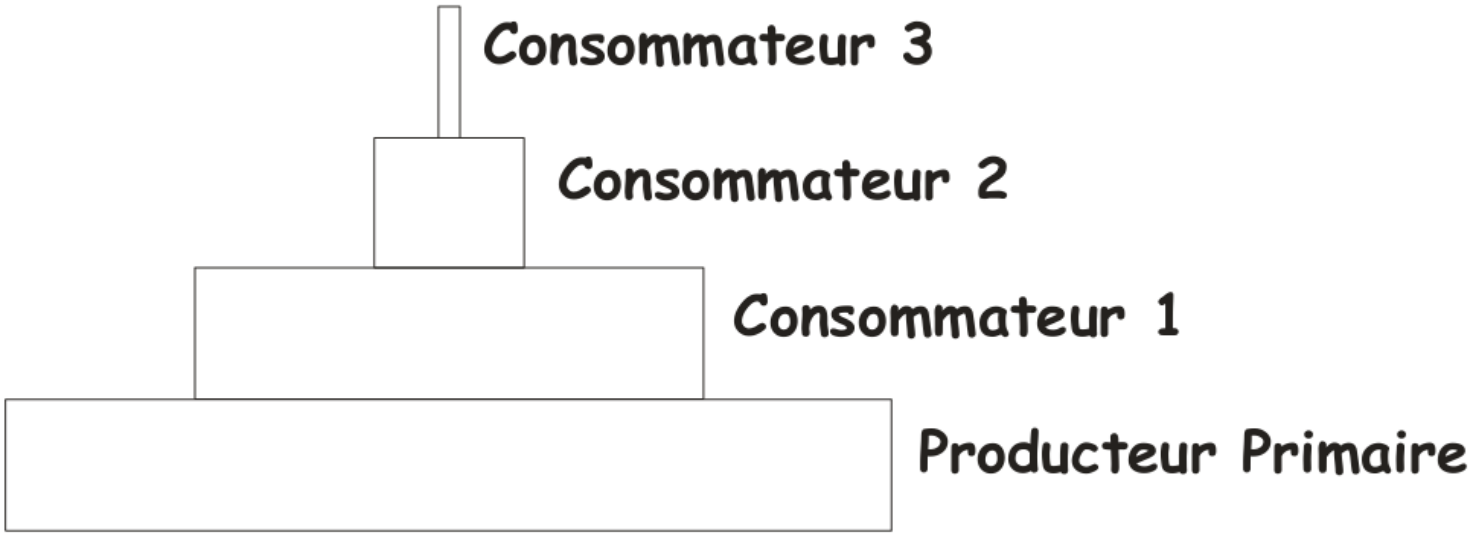
- En **1921**, **Charles Elton**, cherche à comprendre les relations proies-prédateurs. Il constate que:

  (i) les prédateurs sont toujours plus gros que leurs proies;

  (ii) les proies ont toujours une taille suffisante pour fournir assez de nourriture aux prédateurs.

C'est le début de la notion de chaînes alimentaires: producteurs primaires, consommateurs primaires, Secondaires, tertiaires…

Il propose également une représentation sous forme d'une pyramide des nombres.



Pyramide des nombres proposée par C. Elton

4- Quatrième étape: cycles biogéochimiques et flux d'énergie.

En 1935, un écologiste britannique **(Tansley)** propose le terme **écosystème** pour nommer le système qui combine en une seule unité à la fois les organismes vivants et leur environnement physique.

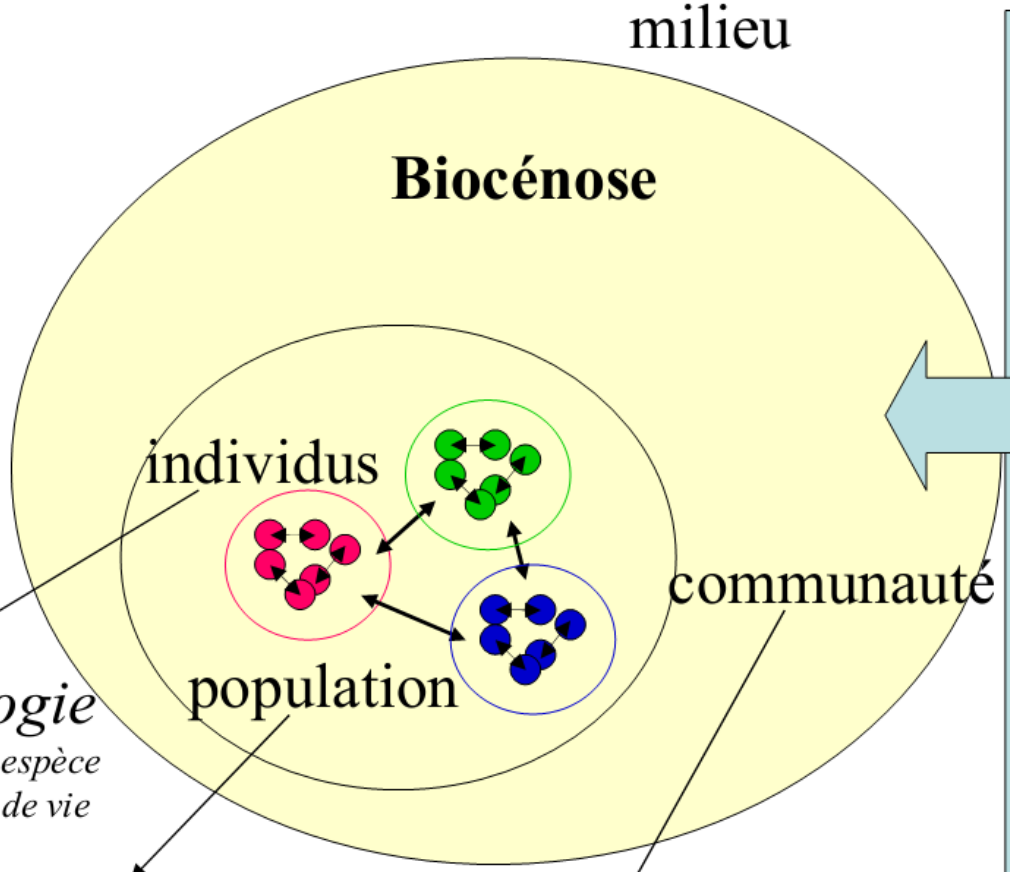
Pour lui l'écosystème est l'un des niveaux dans la hiérarchie des systèmes physiques, de l'atome à l'univers. Les relations entre individus (espèces) de l'écosystème correspondent à des échanges de matière (prédation) et de substances chimiques ou physiques (photosynthèse).

La conception de **Tansley** a ensuite évolué, Il donna en **1942** à l'écosystème, la définition qu'il possède encore aujourd'hui:

- un écosystème est un ensemble formé par des éléments biotiques ou vivants et par des éléments abiotiques ou morts;
- Cet ensemble est soumis à des flux énergétiques et à des relations trophiques.

Chaque niveau de l'écosystème est traité comme un système thermodynamique échangeant de l'énergie avec son environnement biotique et abiotique: chaque niveau transfert environ **10%** de l'énergie au niveau suivant.

L'écosystème : un système d'interactions



Biotope

Facteurs abiotiques
physiques et chimiques

Lumière
Eau
Température
Vent

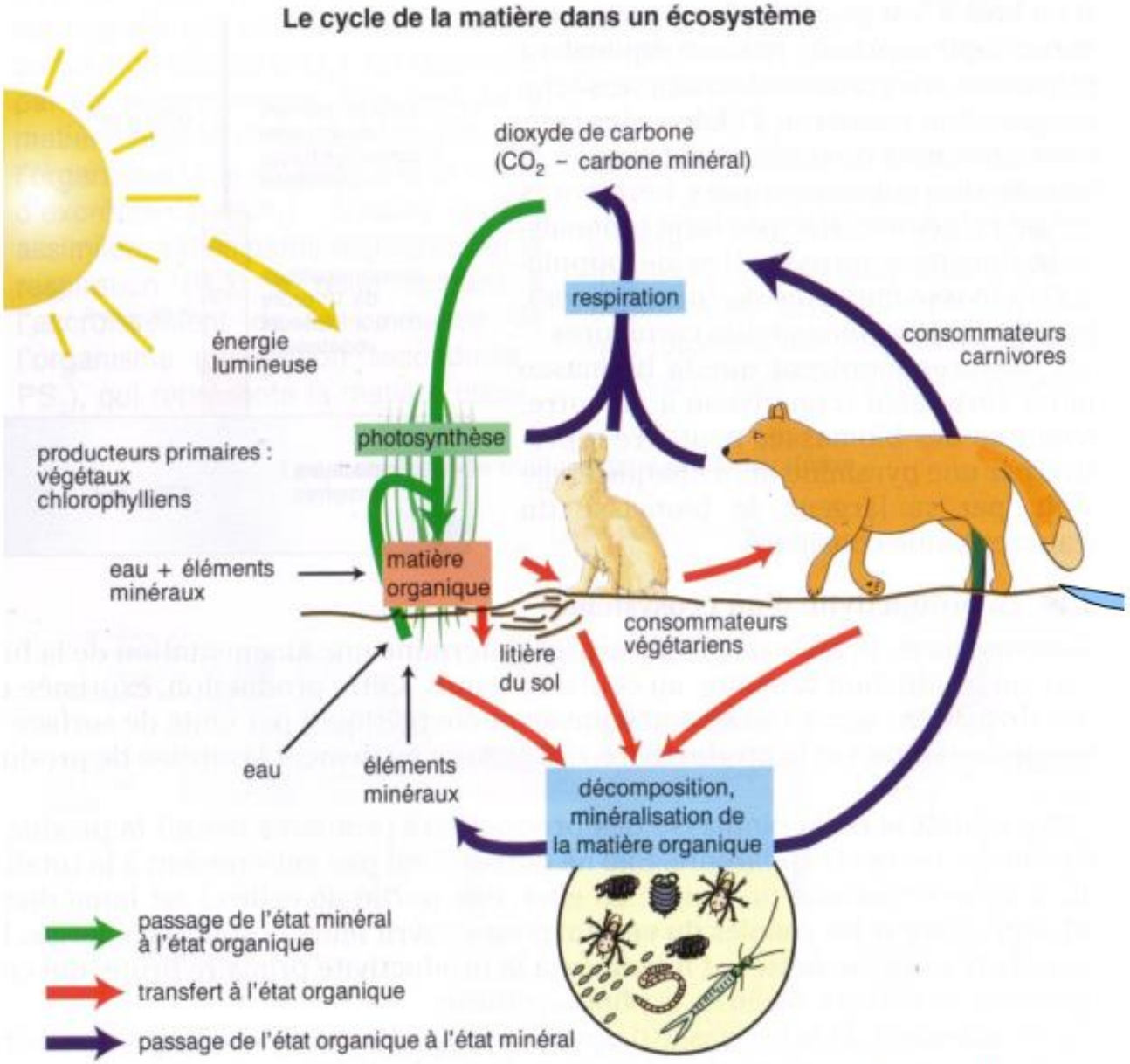
Composition du sol
Composition de l'eau
Ressources disponibles

Autoécologie
Rapports d'une espèce avec son milieu de vie

Démécologie
Répartition spatiale
Densité
interdépendance

Synécologie
Ecosystèmes
Cycles de matière et d'energie

Organisation fonctionnelle



(Beaux, 2004)

Fonctionnement :

Production
=
synthèse de matière organique

Consommation
=
ingestion de matière organique

Décomposition
=
recyclage de la matière

Partie 1 : La structure trophique de l'écosystème:

1. Niveaux trophiques de l'écosystème,
2. Chaînes alimentaires,
3. Réseaux trophiques de l'écosystème,
4. Les producteurs des chaînes alimentaires.

1. Niveaux trophiques de l'écosystème:

Un niveau trophique est l'ensemble des organismes qui obtiennent leur énergie à partir du même étage alimentaire. ***Un niveau trophique = un étage alimentaire***

CARNIVORE DE 2e ORDRE
(Consommateurs tertiaires)



Quatrième niveau trophique

Transfert

CARNIVORE DE 1e ORDRE
(Consommateurs secondaires)



Troisième niveau trophique

Transfert

HERBIVORE
(Consommateurs primaires)



Deuxième niveau trophique

Transfert

PRODUCTEURS

Énergie et nutriments de l'environnement



Premier niveau trophique

- Parfois, un cinquième niveau trophique s'ajoute: les consommateurs quaternaires.



- Les **OMNIVORES**, les «mangeurs» de viande et de plantes, font partie de divers niveaux trophiques car ils se nourrissent de divers étages alimentaires.
- Les **DÉTRITIVORES**, les mangeurs des détritus végétaux et animaux, font partie de tous les niveaux trophiques: le lombric, les bactéries, les champignons, sont des détritivores.

2- Chaines alimentaires:

La chaine alimentaire correspond au transfert en ligne droite de l'énergie et des nutriments d'un niveau trophique à l'autre, depuis les producteurs jusqu'aux détritivores, en passant par les consommateurs ».

= Ensemble des êtres vivants qui se nourrissent directement les uns des autres. Ces relations forment des séquences où chaque individu mange le précédent et est mangé par celui qui le suit.

Exemple de chaîne alimentaire de la forêt

Le loup mange le lièvre.



Le lièvre mange le feuillage du sapin baumier.



Le sapin puise les éléments minéraux restitués par les détritivores afin de mener sa photosynthèse.



Transformation des débris en éléments minéraux

Déchets organiques: excréments, urines, cadavres, détritus végétaux…

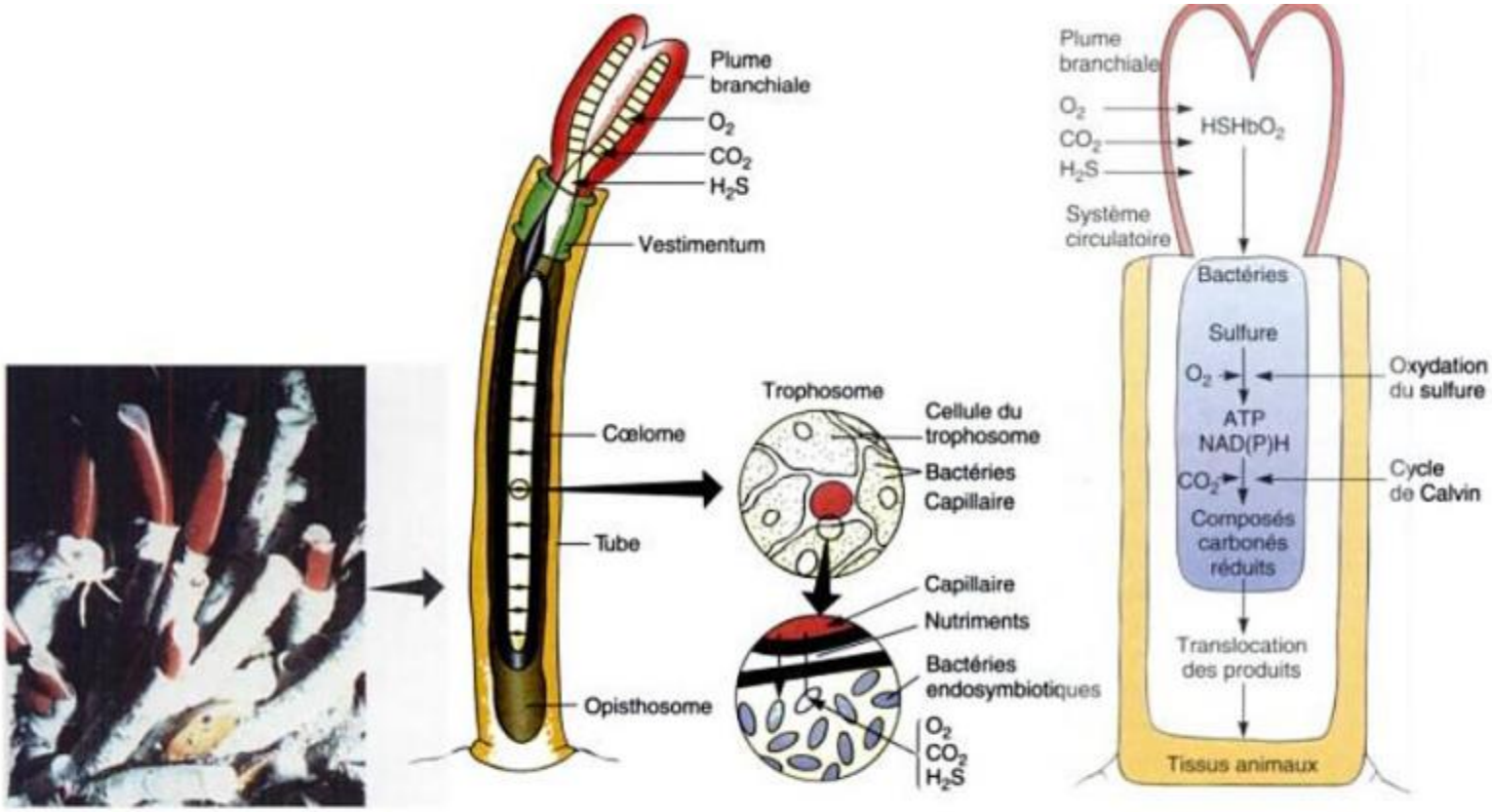
Détritivores

3- Les réseaux trophiques:

- Au sein des écosystèmes, les chaines alimentaires sont souvent interconnectées. L'ensemble de ces relations trophiques porte le nom de réseau trophique.
- Un réseau trophique est formé par l'ensemble des êtres vivants qui dépendent l'un de l'autre pour l'alimentation.

4- Les producteurs des chaînes alimentaires

Milieu	Source d'énergie	Type de chaîne alimentaire	Producteurs
Terrestre	Énergie lumineuse	Chaîne photosynthétique	Végétaux
Aquatique	Énergie lumineuse	Chaîne photosynthétique	Cyanobactéries, algues microscopiques du plancton, grandes algues et végétaux aquatiques
Abyssal	Énergie tirée de l'oxydation du H_2S (sulfure d'hydrogène) et du CH_4 (méthane)	Chaîne chimiosynthétique	Bactéries hébergées par les vers tubicoles des cheminées chaudes et par les moules des suintements froids.



La relation ver tubicole-bactérie. (**a**) Une communauté de vers tubicoles (*Riftia pachiptyla*) sur le site de la fontaine hydrothermale de la fosse des Galápagos (2.550 m de profondeur). Chaque ver fait plus d'un mètre de long et possède une plume branchiale de 20 cm. (**b**, **c**) Illustration schématique de l'organisation anatomique et physiologique du ver tubicole. L'animal est ancré à l'intérieur de son tube protecteur par le vestimentum. À son extrémité antérieure, il y a une plume branchiale respiratoire. À l'intérieur du tronc du ver, on trouve un trophosome, constitué essentiellement de bactéries endosymbiotiques, de cellules associées et de vaisseaux sanguins. À l'extrémité postérieure de l'animal, c'est l'opisthosome, qui attache le ver à son tube. (**d**) Oxygène, dioxyde de carbone et sulfure d'hydrogène sont absorbés par la plume branchiale et transportés jusqu'aux cellules sanguines du trophosome. Le sulfure d'hydrogène se fixe à l'hémoglobine du ver ($HSHbO_2$) et est acheminé vers les bactéries endosymbiotiques. Celles-ci oxydent le sulfure d'hydrogène et utilisent une partie de l'énergie libérée pour fixer du CO_2 via le cycle de Calvin. Une fraction des composés carbonés réduits, synthétisés par l'endosymbiote, est transférée aux tissus de l'animal.



Plage sous-marine de moules à 800 m dans le golfe de Mexique

Partie 2 : Le flux d'énergie dans l'écosystème

1- Les paramètres du flux d'énergie dans l'écosystème,

2- Les causes des pertes d'énergie de l'écosystème,

3- L'allocation énergétique de la Terre,

4- La productivité primaire de l'écosystème,

5- La productivité secondaire de l'écosystème.

1. Les paramètres du flux d'énergie dans l'écosystème

- Le flux d'énergie est le transfert de l'énergie d'un niveau trophique à l'autre dans l'écosystème.

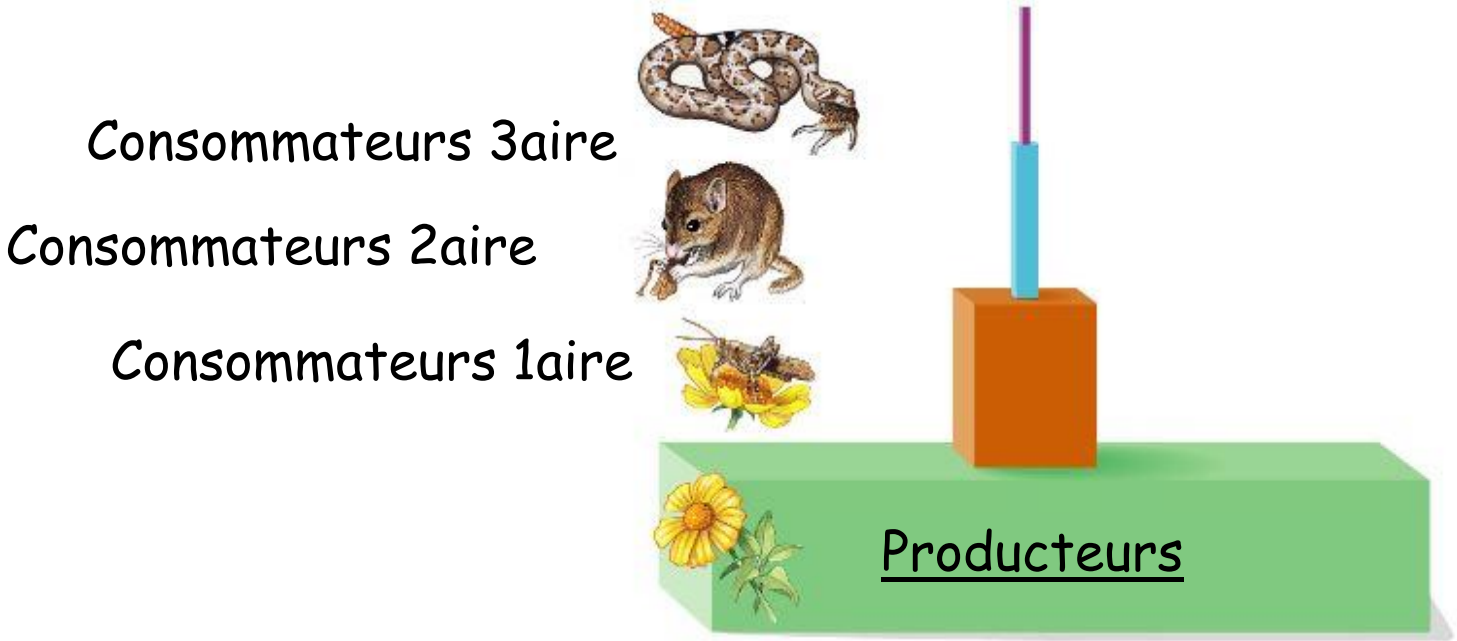
- Le rôle de l'énergie est d'**organiser** la matière minérale en matière organique en fournissant l'énergie des liaisons chimiques entre les atomes.

- La source d'énergie des écosystèmes est généralement la *lumière solaire*.

Une exception:

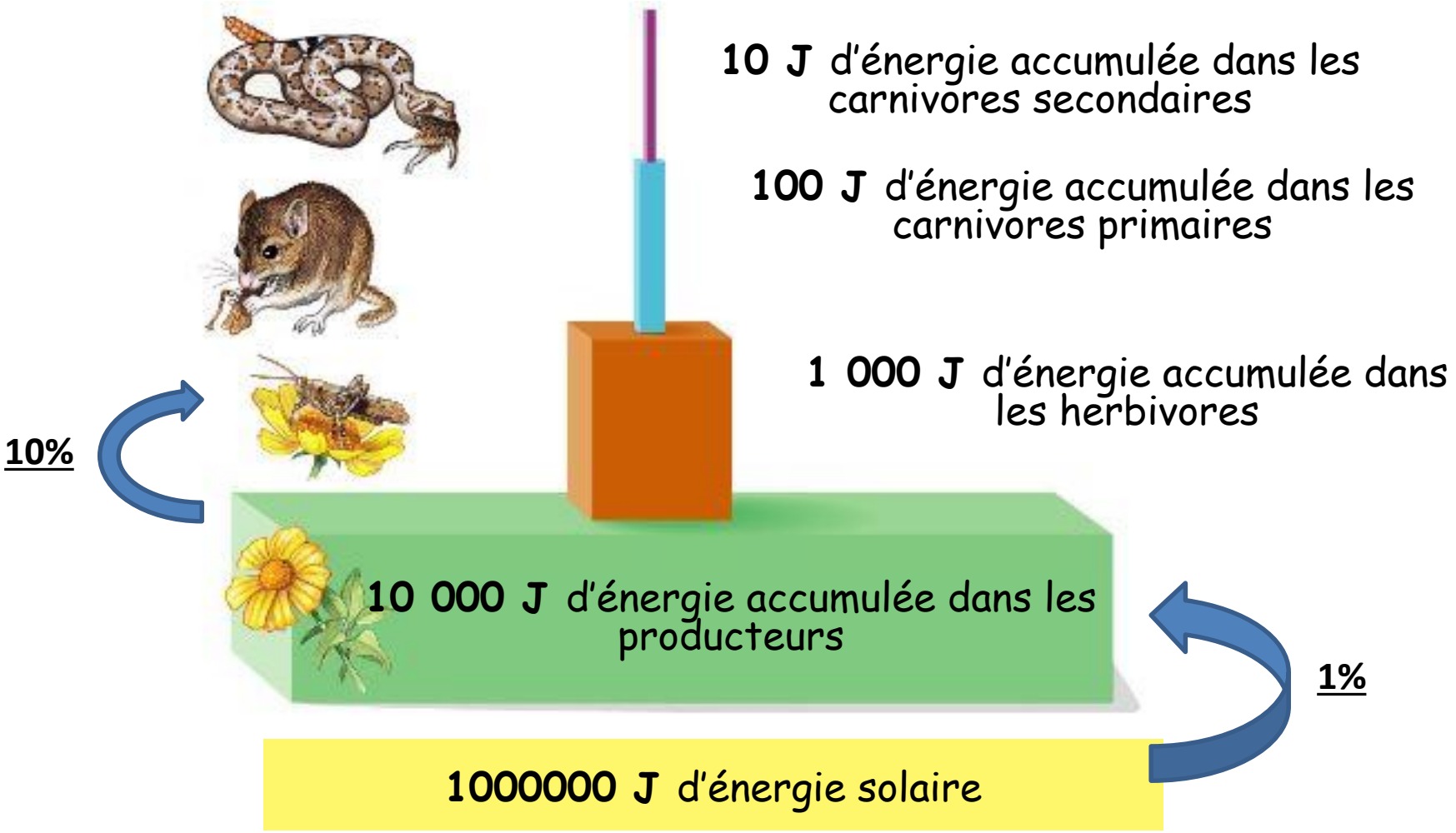
Les écosystèmes marins des grands fonds sont alimentés par l'énergie tirée de l'oxydation de certaines substances minérales (chimiosynthèse).

- L'énergie lumineuse qui alimente les écosystèmes est le bleu violet et le rouge (captée par la chlorophylle des chloroplastes).
- L'énergie circule des producteurs aux détritivores. Le flux de l'énergie est **unidirectionnel**.
- Environ **1 %** de l'énergie lumineuse pénètre dans les écosystèmes et permet de maintenir les niveaux trophiques .



1 000 000 J d'énergie solaire x 1 % =

- Environ **10%** de l'énergie contenue dans un niveau trophique s'incorpore à la biomasse (masse biologique des organismes) du niveau suivant. La différence de 90% est perdue de multiples façons.



- Toute l'énergie qui entre dans l'écosystème finit par se perdre en chaleur. **Cette énergie perdue «dans l'espace» n'est pas recyclable**.
- L'énergie perdue est continuellement renouvelée car le soleil continue d'éclairer la Terre. L'énergie est **RENOUVELABLE**.
- La quantité d'énergie qui entre dans un écosystème détermine le nombre maximal de niveaux trophiques qu'il contient. **Quand il n'y a plus assez d'énergie pour maintenir un niveau trophique supérieur, la chaîne alimentaire s'arrête.** Pour cette raison, il y a rarement plus de 4 niveaux trophiques.

2- Les causes des pertes d'énergie de l'écosystème

i. **Ce qui est mangé**: Seule, une fraction de la proie végétale ou animale est effectivement prélevée et dévorée par le niveau supérieur.

ii. **Ce qui est assimilé**: Seule une partie des aliments ingérés est digérée puis **absorbée** vers le sang (assimilée). Ce qui n'est pas digéré sort du tube digestif à l'état de déchets.

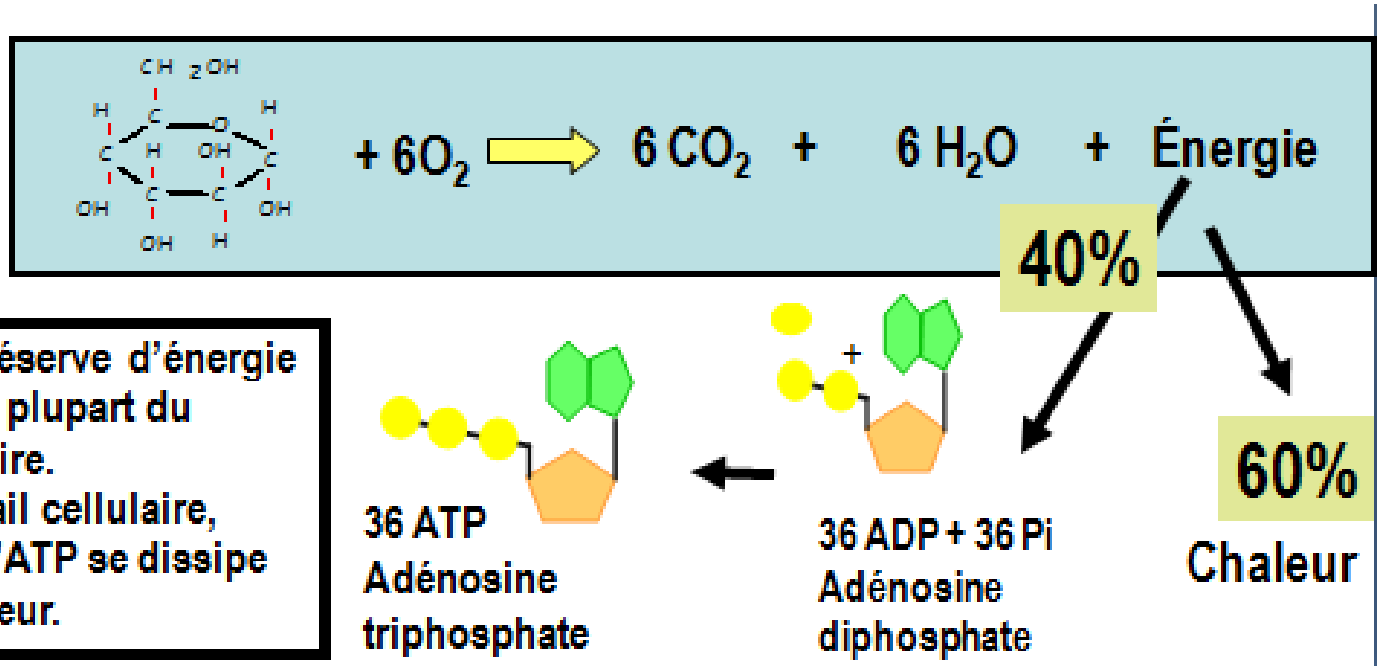
iii. **L'efficacité relative de la respiration cellulaire**: La respiration cellulaire ne récupère qu'environ 40% de l'énergie emmagasinée dans les liens chimiques du glucose:

La dégradation du glucose par respiration cellulaire libère l'énergie des liens chimiques ainsi que les atomes constitutifs.

Des 100% d'énergie potentielle contenue dans les liens du glucose, 40% seulement est transféré à l'ATP et, 60% est perdu en chaleur.

Cette chaleur perdue est tout de même utile car elle contribue à maintenir la température corporelle des organismes.

Équation générale de la respiration cellulaire



- L'ATP est la réserve d'énergie qui permet la plupart du travail cellulaire.
- Après le travail cellulaire, l'énergie de l'ATP se dissipe aussi en chaleur.

iv: L'efficacité relative du transfert de l'énergie de l'ATP: Une part de l'énergie de l'ATP n'est pas récupérée lors d'une réaction chimique et se perd en chaleur.

v: L'énergie dépensée pour maintenir la vie: Une part de l'énergie des molécules d'ATP maintient le métabolisme basal de l'animal et ses diverses activités (reproduction, recherche de nourriture,…).

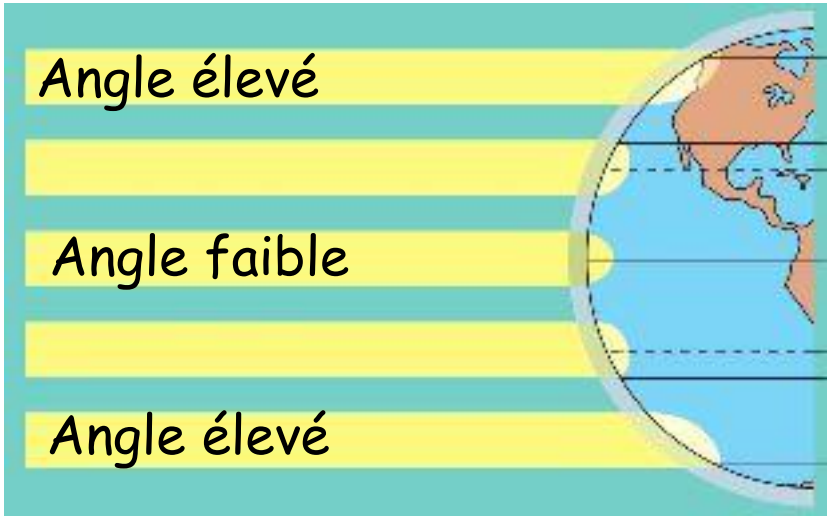
3- L'allocation énergétique de la Terre

- correspond au rayonnement solaire qui réussit à arriver jusqu'au sol.

-De façon générale, plus le rayonnement solaire est intense plus l'écosystème dispose d'énergie pour sa photosynthèse.

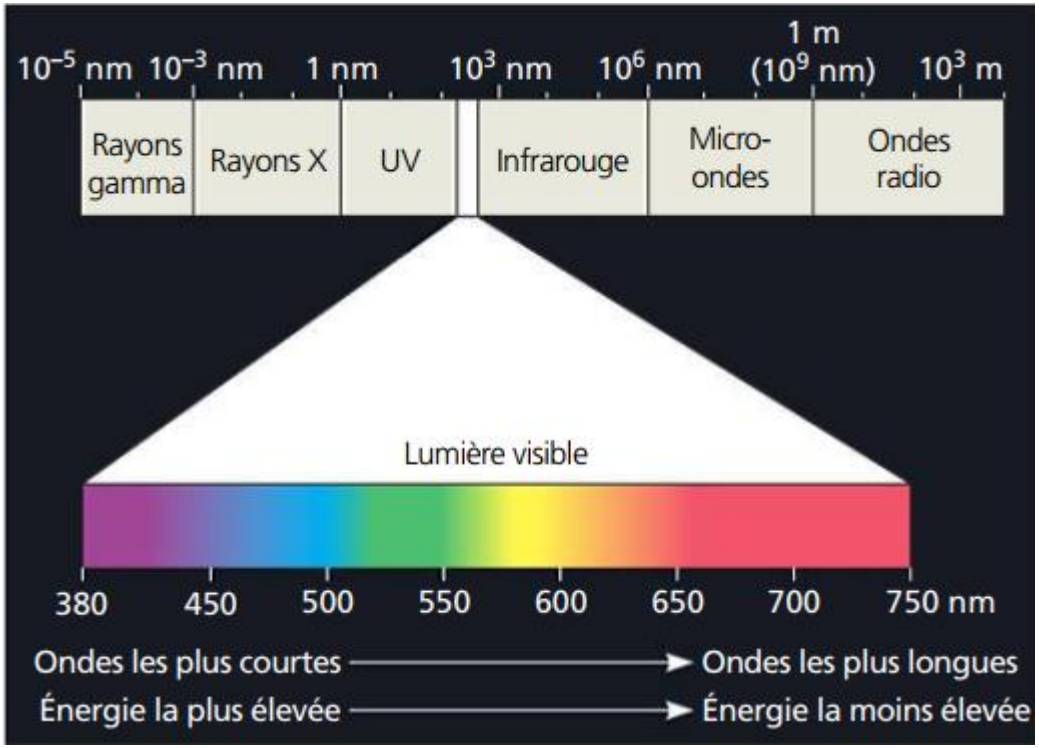
- **L'intensité du rayonnement solaire dépend de l'angle d'incidence des rayons lumineux qui frappent le sol**. Cet angle varie avec la latitude, la saison et l'heure de la journée.

-Lorsque l'angle d'incidence est élevé (aux hautes latitudes, près des pôles, mais aussi, le matin et le soir), il y a moins de lumière et de chaleur qui parvient au sol.



- La Terre reçoit chaque jour environ 10^{22} joules.
- Le rayonnement solaire est en grande partie *absorbé* ou *réfléchi* par l'atmosphère selon les variations du couvert nuageux et la quantité de poussière contenue dans l'air au-dessus des différentes régions.
- La majeure partie du rayonnement solaire qui atteint la Terre tombe sur des terrains dénudés et des étendues d'eau qui absorbent ou réfléchissent l'énergie.
- Une **petite** quantité atteint les plantes, les Algues et les Procaryotes photosynthétiques.

- Seule une fraction de cette petite partie a une longueur d'onde appropriée à la photosynthèse (le bleu-violet et le rouge).



La lumière blanche est une combinaison de toutes les longueurs d'onde de la **lumière visible**.

Les producteurs convertissent environ **1%** de l'énergie solaire qui leur parvient en énergie chimique, par photosynthèse, soit un total de 170 milliards de tonnes de matière organique par an.