

Ecologie Générale



SCIENCES DE LA VIE



Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



Etudier



Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



Emploi



- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE



**Université Cadi Ayyad
Faculté Polydisciplinaire de Safi
Département de Biologie
Filière Sciences de la Vie**

S3/SVI

Module de l'Écologie générale 1 (AU : 2020/2021)

Séance 1

Pr. Mohamed TECHETACH

Plan du Cours

Chapitre I- Introduction

Facteurs abiotiques

Chapitre II- Structure et fonctionnement des écosystèmes

1. La structure trophique de l'écosystème
2. Le flux d'énergie dans l'écosystème
3. Le flux de la matière dans l'écosystème

Chapitre III- Les principaux biomes terrestres et aquatiques

CHAPITRE I-
INTRODUCTION À L'ÉCOLOGIE
-FACTEURS ÉCOLOGIQUES ABIOTIQUES-

1- Définition de l'écologie

Ecologie: des mots grecs «Oikos» = maison et «Logos» = discours, étude. Science de l'habitat.

- Science qui étudie les organismes (leur distribution et leur abondance), les relations qu'ils ont avec leur milieu ainsi que les conséquences de toutes ces interactions (Ernst Haeckel, 1866).

- C'est une Science **interdisciplinaire**:

Elle fait appel à d'autres sciences: biologie, chimie, géologie, géographie, mathématiques, géographie, pédologie, économie, sociologie...



Métadiscipline

2- Les niveaux d'intégration en écologie

- Le terme le plus important dans la définition de l'écologie est «**INTERACTION**».
« Influences réciproques entre les organismes entre eux et entre les organismes et leur milieu ».
- Les interactions peuvent être étudiées à différents niveaux d'intégration biologique:

Individu

Population

Communauté

Ecosystème

- **Population**: Groupe d'individus de même espèce vivant dans une aire géographique donnée à un moment donné.
- **Communauté**: Une communauté écologique correspond à l'ensemble des populations animales et végétales qui vivent dans une aire donnée à un moment donné et qui interagissent.
- **Ecosystème**: C'est un système écologique comprenant l'ensemble des organismes vivants et l'ensemble des facteurs physiques du milieu.
 - i. Milieu biotique (communauté vivante): relations entre les individus de la même espèce et entre individus d'espèces différentes = **Biocénose**.
 - ii. Milieu abiotique (relatif au milieu physico-chimique): Température, eau, lumière, vent et sol.
= **Biotope (écotope)**.

L'étude de la répartition et l'abondance des organismes comporte 4 niveaux



Individu (Unité de la Sélection Naturelle)

Survie & reproduction : L'**aut(o)écologie** ou **écophysiologie** se penche sur les aspects physiologiques, morphologiques et comportementaux des réactions d'un organisme aux conditions physicochimiques de son milieu

Au final : limites de tolérance des organismes aux stress écologiques déterminent où ils peuvent vivre



Population (Unité de l'Evolution)

= Groupe d'individus de la même espèce, vivant dans une aire géographique donnée à un moment précis

Dynamique des Populations : La "**Démécologie**" ou **écologie des populations** étudie principalement les facteurs qui influent sur la **taille et la composition des populations** (sexe-ratio, classes d'âges, ...)



Communauté (= peuplement)

= Tous les organismes qui habitent dans une aire donnée ; assemblage de populations de différentes espèces

Synécologie : étudie les effets des coactions entre populations de différentes espèces sur la structure et l'organisation de la communauté.



Ecosystème

= Ensemble formé par les facteurs abiotiques et par la communauté d'une aire donnée

Ecologie des écosystème : étudie le flux d'énergie et les cycles biogéochimiques.

3- Facteurs écologiques:

C'est tout facteur du milieu susceptible d'agir sur les organismes vivants, au moins pendant un stade de leur développement en les éliminant, en modifiant leur densité, en les empêchant de se reproduire, etc.

Les facteurs écologiques sont les facteurs biotiques et les facteurs abiotiques.

Facteurs relatifs au milieu physico-chimique.
Température, eau, lumière, vent et sol.

Facteurs relatifs aux vivants.
Relations entre les individus de la même espèce (intraspécifiques) et entre individus d'espèces différentes (interspécifiques).

Facteurs écologiques abiotiques:

Facteurs physicochimiques du milieu tels que la température , la lumière, la pluviométrie, les nutriments indispensables à la croissance des êtres vivants (végétaux, animaux).

= des facteurs climatiques, hydrologiques et édaphiques (nature du sol).

Avant de les étudier, il convient de dégager les principes d'interaction entre les êtres vivants et ces facteurs.

I- Influence des facteurs abiotiques

II- Adaptation aux facteurs de l'environnement

III- Classification des facteurs abiotiques

IV- Effets des facteurs abiotiques sur les organismes

- Facteurs climatiques**
- Facteurs hydrologiques**
- Facteurs édaphiques**

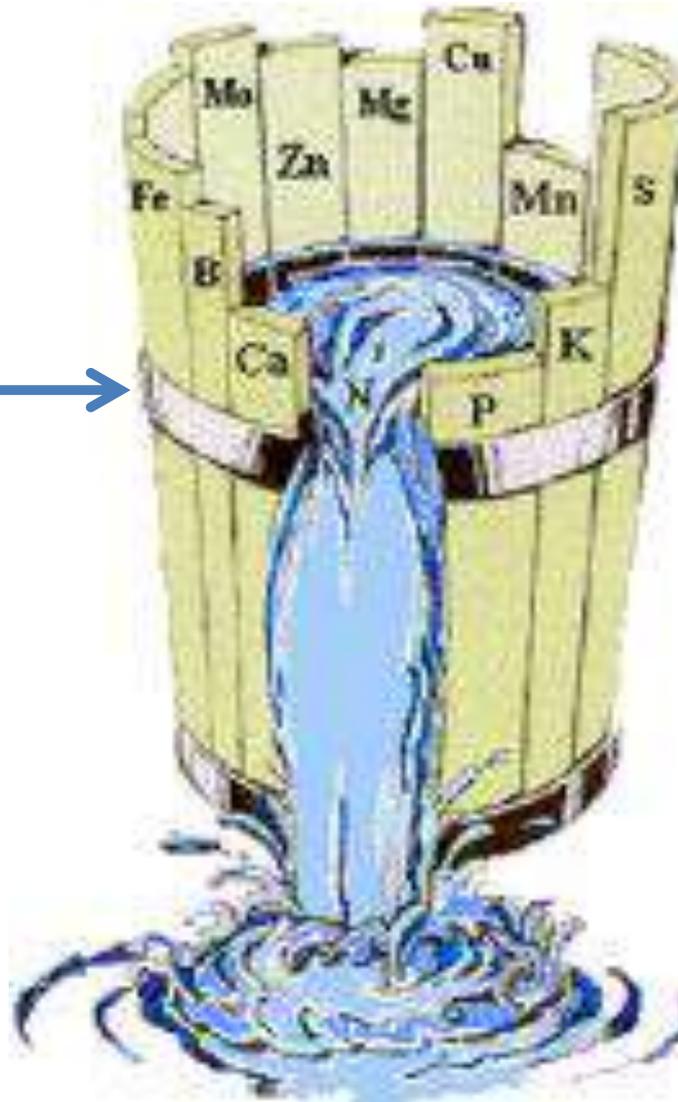
I- Influence des facteurs abiotiques:

1- Loi du minimum/Notion de facteur limitant:

Découverte en 1840 (Liebig), la loi du minimum (Loi de Liebig) dit que: «la croissance des végétaux n'est possible que si tous les éléments minéraux sont présents en quantité suffisante dans le sol. Le rendement de la culture dépend alors uniquement de l'élément nutritif présent dans le milieu en plus faible quantité par rapport aux besoins du végétal ».

Parmi tous les facteurs écologiques, celui qui sera proche du minimum critique se comportera alors comme: **FACTEUR LIMITANT**.

Minimum



Dessin illustrant la loi de Leibig

Facteur limitant :

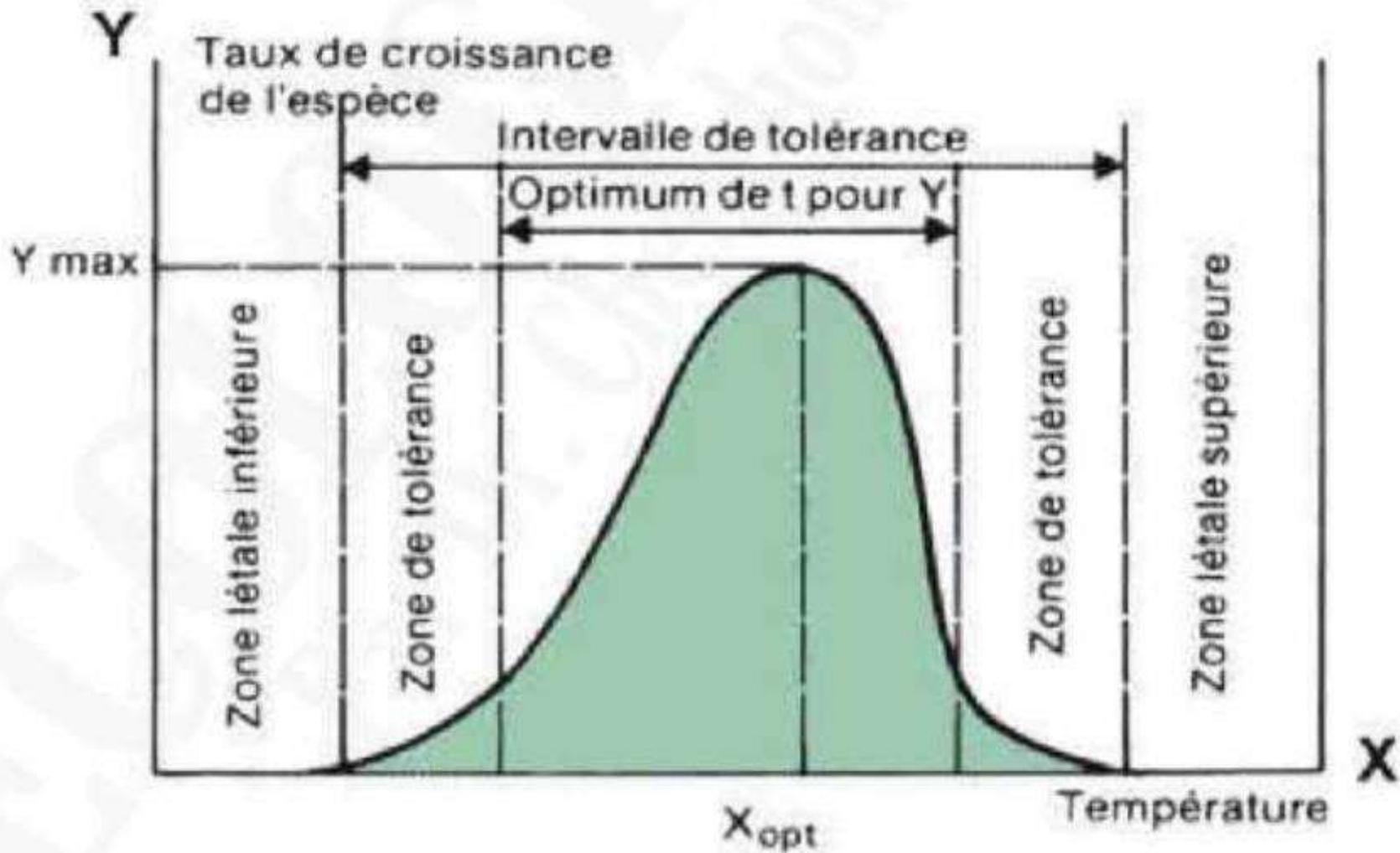
Un facteur écologique joue le rôle d'un facteur limitant lorsqu'il est **absent** ou **réduit** au-dessous d'un seuil critique ou bien s'il **excède** le niveau maximum tolérable. C'est le facteur limitant qui empêchera l'installation et la croissance d'un organisme dans un milieu.

2- Loi de tolérance (Loi de Shelford, 1911):

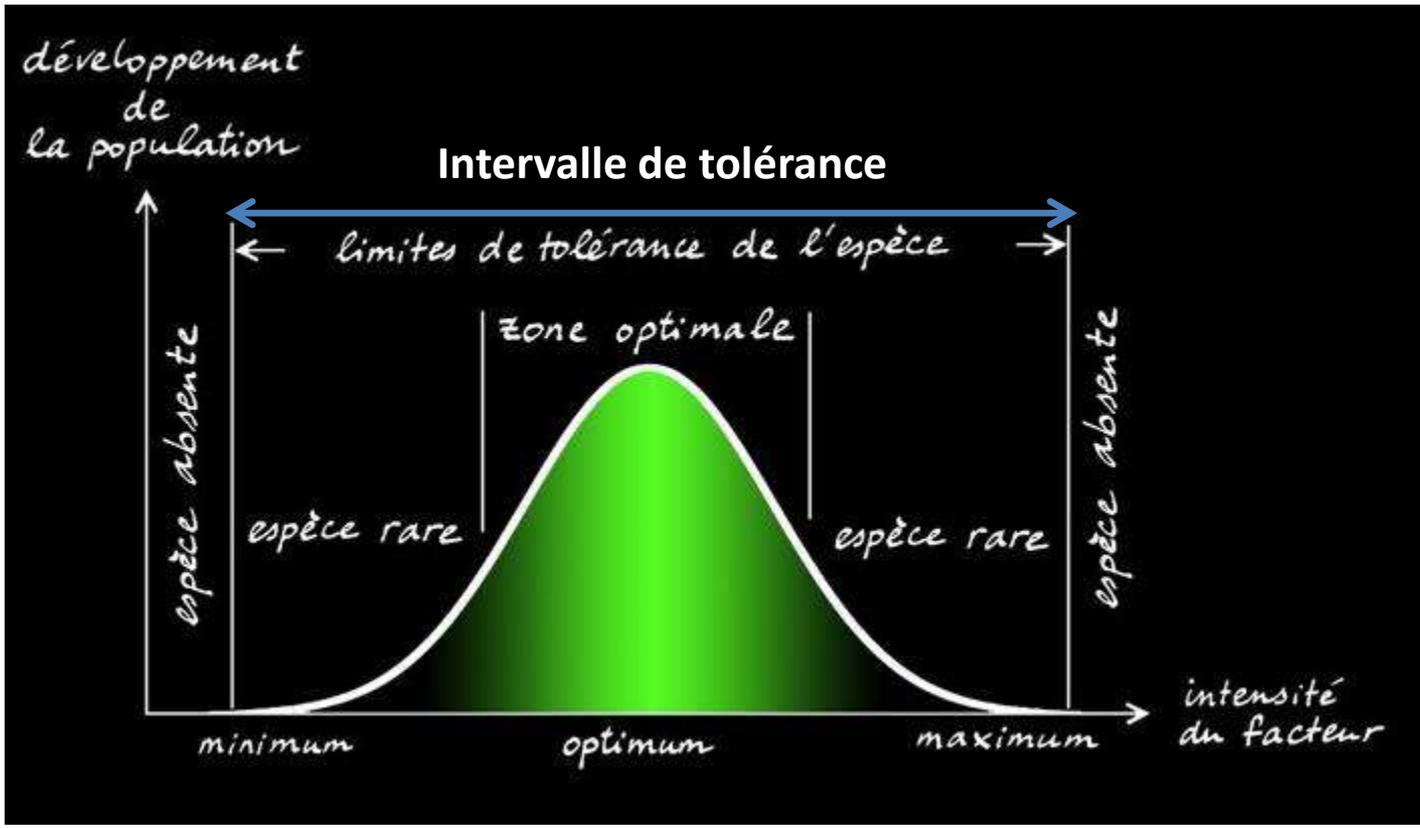
Pour tout facteur de l'environnement, il existe un intervalle de tolérance pour un bon déroulement de la vie. Il existe pour chaque facteur une ZONE OPTIMALE, une limite inférieure (carence) et une limite supérieure (excès).

Cette loi permet, en fonction d'un facteur de milieu, de déterminer plusieurs zones pour la survie de la population:

- Zone optimale: zone où la population est dans les conditions favorables.
- Zone de tolérance: où la population se maintient malgré que le facteur abiotique devient défavorable.
- Zone létale: où la population ne peut plus survivre.



(Intensité du facteur écologique)



Pour chaque espèce, on peut tracer une courbe de tolérance en fonction d'un facteur abiotique:

- Si l'intervalle de tolérance est grand, l'espèce est dite **Euryèce (Euryècique)**
Forte valence écologique
- Si l'intervalle de tolérance est petit, l'espèce est dite **Sténoèce (Sténoècique)**
Faible valence écologique

Valence écologique: capacité d'une espèce de supporter des variations plus ou moins importantes d'un facteur écologique. Possibilité pour une espèce de coloniser des milieux différents.

Exemple: **Température**

- **Sténotherme:** *Trematomus* est un poisson de l'océan glacial arctique qui vit entre -2.5 et 2°C.
- **Eurytherme:** *Boreus hiemalis* est un insecte des Alpes qui reste actif entre -12 et 32°C.

II)- Adaptation aux facteurs de l'environnement:

La diversité de l'environnement implique l'aptitude pour chaque organisme de s'adapter à un gradient pour n'importe quel facteur écologique. Chaque organisme présente des degrés variés de plasticité écologique lui permettant de répondre aux fluctuations (temporelles/spatiales) des facteurs écologiques:

1- Acclimatation:

Les organismes possèdent une capacité d'adaptation plus ou moins grande aux facteurs du milieu = **plasticité écologique.**

L'acclimatation est la première expression de la plasticité écologique.

C'est l'adaptation des organismes vivants permettant leur subsistance et/ou reproduction dans un milieu nouveau ou modifié.

L'acclimatation peut être:

a- adaptation physiologique:

* Resserrement des vaisseaux sanguins quand il fait froid.

** Le sang de l'homme s'enrichit en globules rouges au fur et à mesure de l'élévation en altitude.

b- adaptation morphologique:

- Structure physique particulière telle la présence de plumes.

- Changement de couleur de pelage du renard en fonction de la couleur du milieu selon la saison.

c- adaptation comportementale:

- Action par l'organisme comme se mettre à l'abri de la pluie.
- Les Poissons (ex: truites) qui descendent au fond des lacs l'été.

Toutes ces réactions (adaptations physiologiques, comportementales ou morphologiques) sont **réversibles**. Elles disparaissent quand les conditions du milieu redeviennent favorables.

2- Accommodation:

- Représente une étape ultérieure et un degré intense d'adaptation des êtres vivants à un gradient des facteurs de l'environnement.
- C'est la ***TRANSFORMATION*** de certaines caractéristiques extérieures suite à des facteurs de milieu.

Il y a pas de transmission héréditaire de ces caractères

Exemple 1:

Forme isolée et forme forestière d'un arbre:

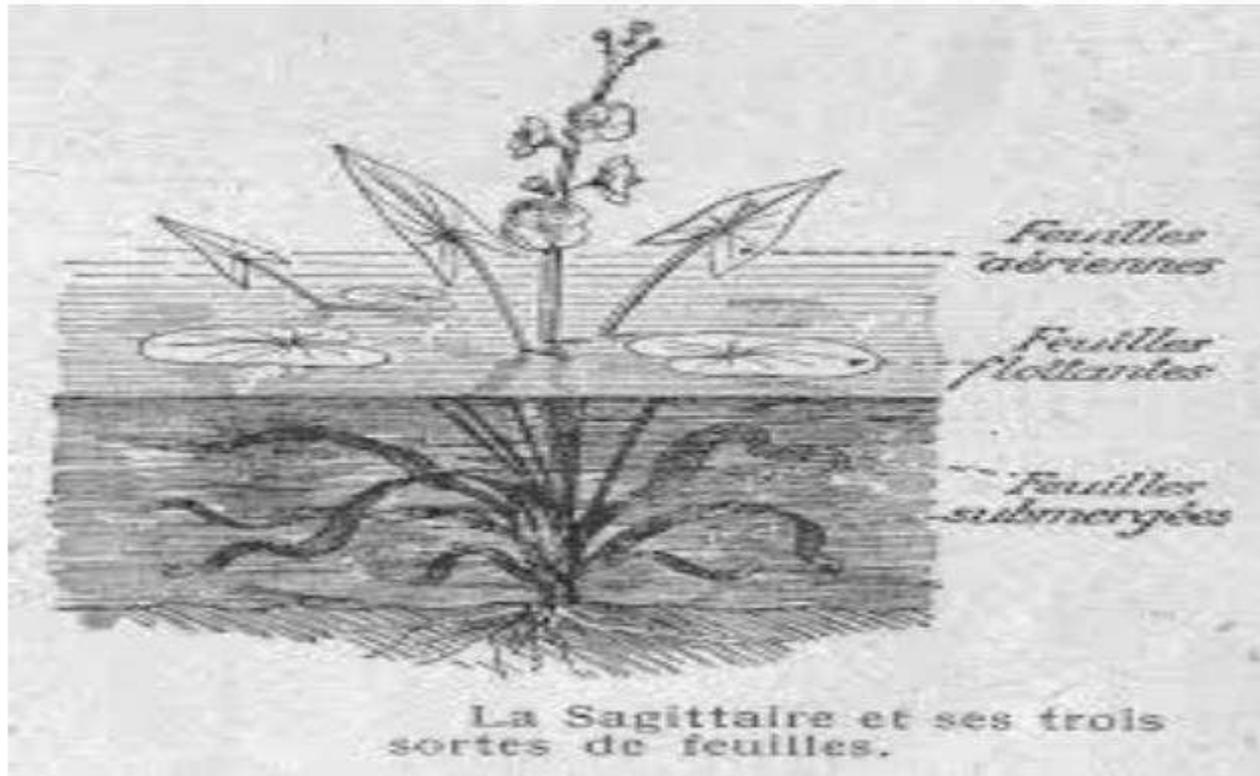
Un arbre planté isolement présente une forme en boule, les branches se développent à tous les niveaux et s'étalent largement à l'horizontal.

Au contraire, lorsque ce même arbre croit en milieu forestier (*forte compétition pour la lumière*) il prend un port élancé avec un tronc de grande hauteur.

Exemple 2:

La sagittaire (plante aquatique) peut présenter trois types de feuilles (polymorphisme foliaire) selon le milieu:

- Feuilles allongées, rubanées et flexibles ; si elle pousse totalement immergée.
- Feuilles lancéolées et un appareil racinaire important ; si elle pousse dans milieu émergé mais humide (feuilles aériennes).
- * Feuilles flottantes; Si le milieu est peu profond.



Un même lot de graines peut donner les trois formes en fonction du milieu dans le quel se développera.

3- L'apparition d'écotypes:

Ecotype est un génotype adapté à un habitat particulier.

- la forme d'adaptation la plus parfaite des populations d'une espèce donnée aux conditions écologiques locales.

- l'adaptation est inscrite dans les gènes de l'individu et ne peut pas faire l'objet de modifications à court terme. **C'EST IRRÉVERSIBLE.**

Exemple: *Achillea lanosa* dont la hauteur varie avec l'altitude.

Sa taille maximale se situe pour les plantes poussant à 1000 m, elle diminue ensuite en montant en altitude (jusqu'à 3500 m).

Si on met des écotypes différents dans le même jardin à 1000 m, ils gardent leur taille originelle (celle du milieu dont ils sont issus).

III- Classification des facteurs abiotiques:

L'écologue Mondchasky a proposé en 1960 une classification des facteurs abiotiques originale et fonctionnelle basée sur leur **périodicité**. Il distingue trois catégories de facteurs abiotiques:

- Facteurs abiotiques périodiques primaires
- Facteurs abiotiques périodiques secondaires
- Facteurs abiotiques apériodiques

1- Les facteurs périodiques primaires:

Ce sont les facteurs qui ont une périodicité régulière (journalière, lunaire, saisonnière ou annuelle). Cette périodicité est sous la dépendance de facteurs astronomiques (position terre/lune et soleil).

Ces facteurs existaient dès l'apparition de la vie. La température, la pluviométrie, l'éclairement (lumière), le rythme des marées sont des facteurs périodiques primaires.

2- Les facteurs périodiques secondaires:

Ils sont la conséquence de plusieurs facteurs primaires. L'humidité atmosphérique en est un exemple. Plus la liaison avec un facteur périodique primaire est forte, plus la périodicité du facteur secondaire est régulière.

3- Les facteurs apériodiques:

Ce sont des facteurs qui n'existent pas habituellement dans les écosystèmes où ils vont apparaître brusquement. Ce sont des facteurs climatiques (vents, orages, cyclones, crues) ou géologiques (éruptions volcaniques, tremblements de terre).

Ces facteurs sont aléatoires et les êtres vivants de l'écosystème n'y sont pas adaptés.

- Selon leur origine:

facteurs biotiques et facteurs abiotiques

- Selon la nature:

facteurs climatique, facteurs hydrologiques et facteurs édaphiques



Université Cadi Ayyad
Faculté Polydisciplinaire de Safi
Département de Biologie
Filière Sciences de la Vie

S3/SVI

Module de l'Écologie générale 1 (AU : 2020/2021)

Séance 2

Pr. Mohamed TECHETACH

IV- Les effets des facteurs abiotiques sur les organismes

Après avoir étudié les réactions globales des organismes face aux facteurs abiotiques nous allons voir comment ces facteurs agissent sur les populations au sein de trois grands types de milieu:

- Milieu aérien (= facteurs climatiques);
- Milieu aquatique (= facteurs hydrologiques);
- Le sol (= facteurs édaphiques).

I- Les facteurs climatiques

- **1- La lumière:**

-Elle joue un rôle important dans la plupart des phénomènes écologiques.

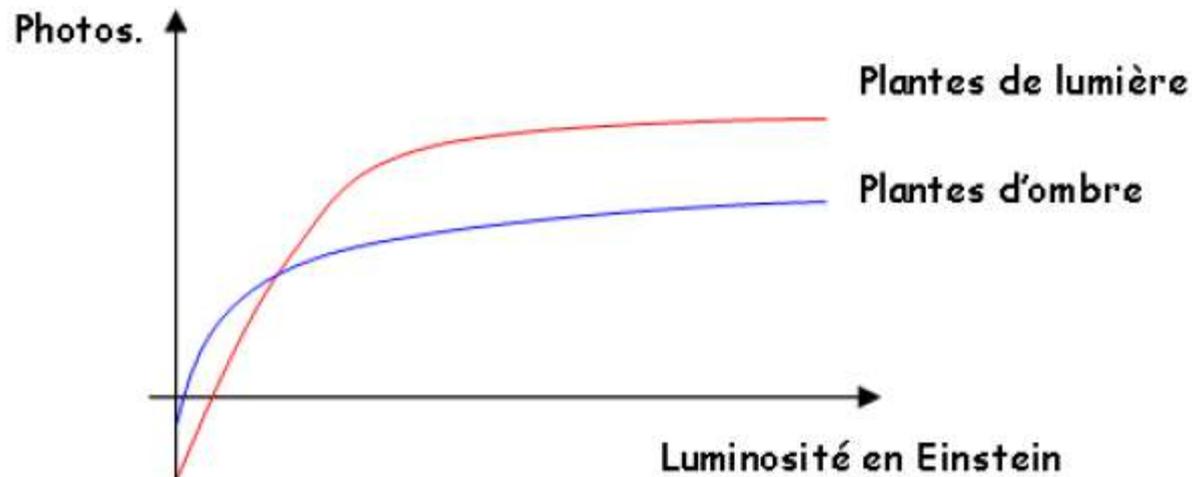
-Son intensité conditionne l'activité photosynthétique et donc l'ensemble de la production primaire de la biosphère.

-Sa durée (photopériode) contrôle la croissance des plantes et leur floraison, mais aussi l'ensemble du cycle vital des animaux.

- L'intensité de la lumière varie en fonction de la latitude et en fonction des saisons.
- Selon l'intensité de la lumière et la préférence de chaque organisme, on distingue deux types de plantes:

Héliophytes: plantes cultivées (tomates), les arbres de forêt claire exigent trop de lumière pour leur développement.

Sciaphytes: fougères, mousses, la majorité des arbres demandent peu de lumière.



- **2- La Température:**

- La température est un important facteur de distribution des organismes car elle présente de grandes fluctuations sur la planète selon la latitude et la saison.
- L'intervalle de température viable pour une cellule se situe entre 0°C à 45°C.
- À l'intérieur de cet intervalle, les réactions chimiques cellulaires sont possibles ; elles s'accélèrent avec l'augmentation de température et elles se ralentissent s'il fait plus froid.

- Il existe un intervalle thermique idéal pour chaque espèce.
- **Espèces sténothermes**: Ce sont les espèces qui ne tolèrent que des variations limitées de température :
Ex: crustacés de source thermales (*thermosbaena mirabilis*) meurt en dessous de +30°C et vit dans l'eau dont la température varie entre **45°** et **48°**c.
- **Espèces eurythermes**: Ce sont des espèces qui tolèrent des variations de température de plus grande amplitude.
Ex : gastéropode hydrobia supporte des températures de -**15°**c à **+60°**c.

3- Précipitations et humidité:

- L'eau est indispensable à la vie, toutes les réactions métaboliques qui se passe à l'intérieur de l'organisme nécessitent l'eau liquide.
- Un être vivant est, en moyenne, constitué de plus de la moitié de son poids en eau: 50% (bois), 65% (homme), 80% (ver de terre).



- Dans la biosphère, l'eau permet la distribution des éléments essentiels au vivant, elle dissout: O_2 , CO_2 , sels minéraux.

- Les êtres vivants sont classés en fonction de leur besoin en eau en divers groupes:

a- Les organismes aquatiques ou hydrophiles:

Ce sont des êtres vivants qui vivent en permanence dans l'eau:
Exemple: poissons, crustacés....

Hydrophytes: Elodée; plante aquatique immergée

b- Les organismes hygrophiles (ombrophiles):

Ne peuvent vivre que dans des milieux très humides (hygrométrie de l'air élevée): (lombric, crapaud, grenouille...).

Hygrophytes: Humidité atmosphérique et édaphique élevée
(*Juncus*)

Hélophytes: Plantes semi-aquatiques; plante aquatique émergée
(Roseau)

c- Les organismes mésophiles:

La plupart des espèces animales et des plantes, ont des besoins modérés en eau ou en humidité atmosphérique et supportent des alternances de saisons sèches et humides.

d- Les espèces xérophiles :

vivent dans les milieux secs où le déficit en eau est accentué.

Ex: chameau, criquet, acacia....

Les plantes xérophytes présentent plusieurs adaptations:

- Accumulation de l'eau dans les tissus (succulence: réserve d'eau liée à des mucopolysaccharides); cas des Cactées et des Euphorbiacées.
- Disparition des feuilles et la mise en place d'une cuticule étanche;
- Système racinaire très profond.

Les animaux xérophiles possèdent des adaptations destinées à limiter les pertes d'eau, ces animaux ne boivent que rarement et assurent leur besoin hydrique grâce à l'alimentation (ex. chameau et dromadaire).

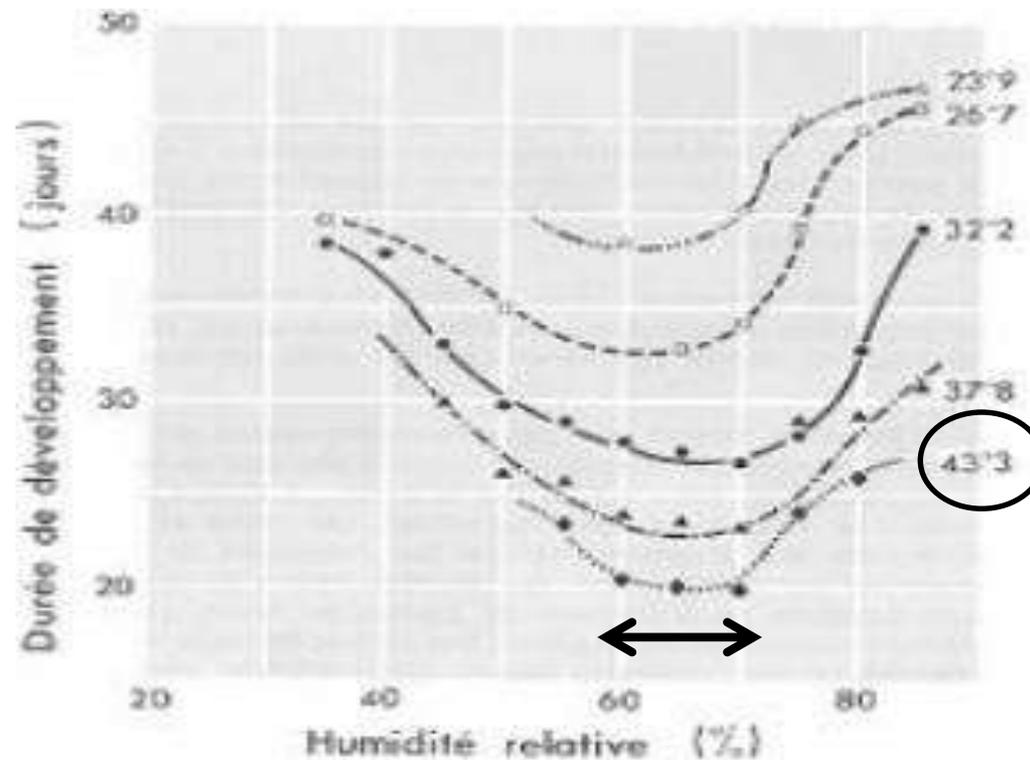
De nombreux animaux s'enfouissent dans des cavités aux heures les plus chaudes pour limiter la déshydratation.

L'humidité du milieu a une influence sur:

- la longévité des animaux,
- la vitesse de développement,
- la fécondité,
- le comportement,
- la répartition géographique...

Les migrations des **criquets** sont en partie causées par la sécheresse qui réduit la possibilité d'alimentation des larves.

Influence de l'humidité relative et de la température sur la durée de développement embryonnaire du Criquet migrateur *Locusta migratoria* (d'après A.G. HAMILTON, 1950).



Espèce thermophile et méso-hygrophile

4- Le vent:

- Il assure la pollinisation chez les plantes à fleurs. On parle alors d'espèces **anémophiles**: pollinisation par le vent par opposition aux:

* **entomophile** besoin d'insectes pollinisateurs,

* **hydrophiles** pollinisation grâce à l'eau.

- le vent assure également la dissémination des graines (ou des fruits non charnus) de pas mal d'espèces

Le vent est un **facteur mineur de distribution des organismes.**

Effets négatifs du vent sur les organismes:

-Le vent refroidit les organismes. Le vent accentue les effets de la température froide car il accroît la perte de chaleur par vaporisation.

-Le vent assèche les organismes. Le vent accentue les effets du manque d'eau car il accroît les pertes d'eau en augmentant la transpiration.

II- Les facteurs hydrologiques

1- L'eau comme facteur écologique:

On distingue 02 types: l'eau de mer et les eaux douces.

Les eaux douces comprennent aussi bien:

- les eaux lenticques: lacs, étang, barrages...
- les eaux lotiques: rivières, ruisseaux fleuves...

Le mouvement de l'eau induit un brassage et par conséquent une égalisation des températures dans toute son épaisseur ainsi qu'une élévation de la teneur en oxygène dissous dans l'eau.

2- Substance dissoute ou en suspension dans l'eau:

a) Turbidité de l'eau:

Une eau chargée de matière en suspension est dite turbide, on assiste alors à une diminution de l'intensité lumineuse et par conséquent les organismes ayant besoin d'un fort éclaircissement vont disparaître.

b) Les gaz dissous

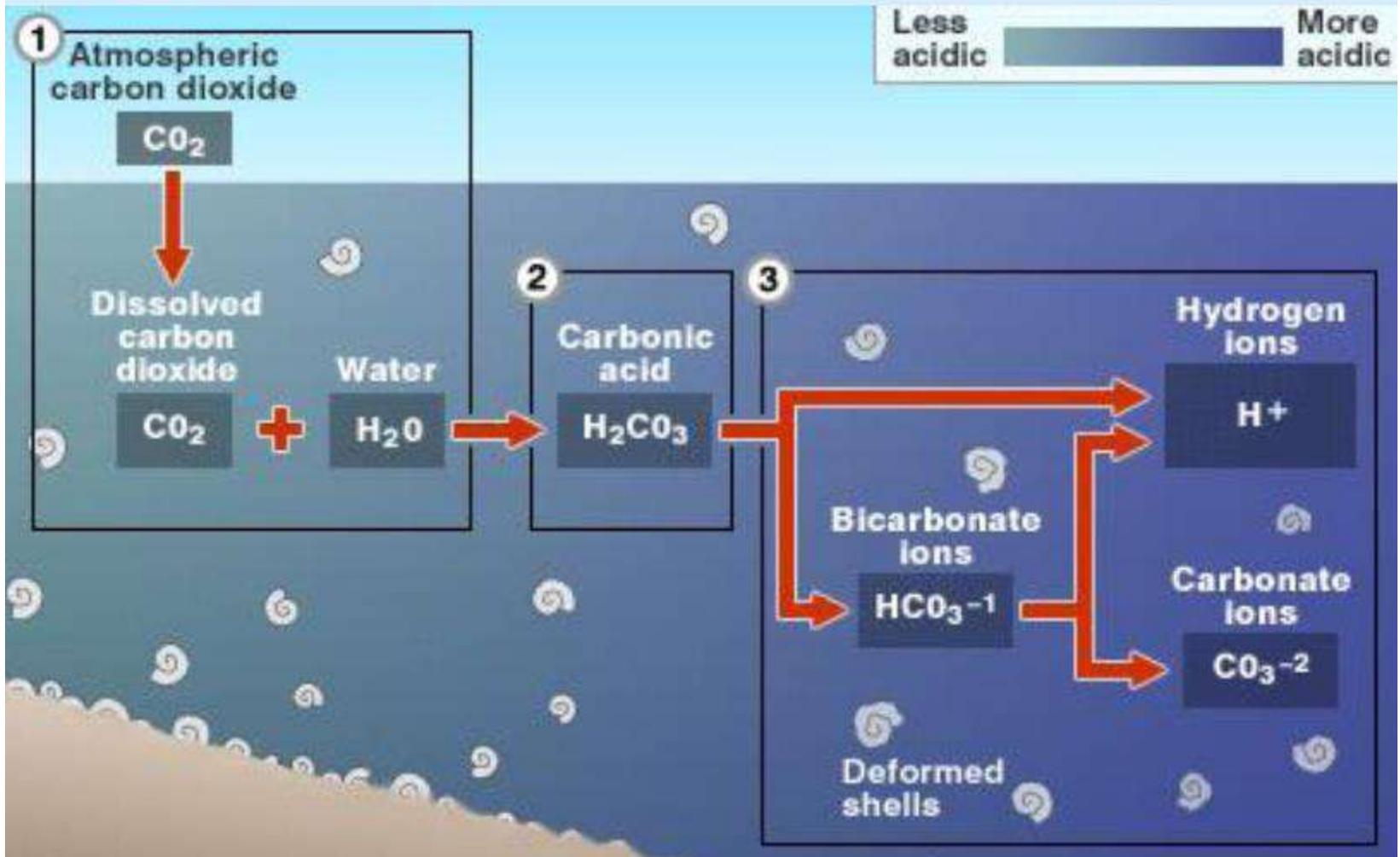
L'Oxygène: En milieu aquatique l'oxygène joue souvent le rôle de facteur limitant.

Le Gaz carbonique: Le gaz carbonique joue un rôle considérable en agissant sur le pH de l'eau et sur sa réserve alcaline.

Le CO₂ intervient aussi dans l'édification des formations calcaires :

- coquilles,
- squelette,
- carapace de nombreux invertébrés.

Acidification des océans



c) Les sels minéraux:

- les eaux naturelles ont des concentrations en sels très variables.

-Eau de mer: sa composition chimique est plus stable que celle des eaux douces.

La salinité moyenne est de l'ordre de 35g/l. Ainsi on distingue les espèces:

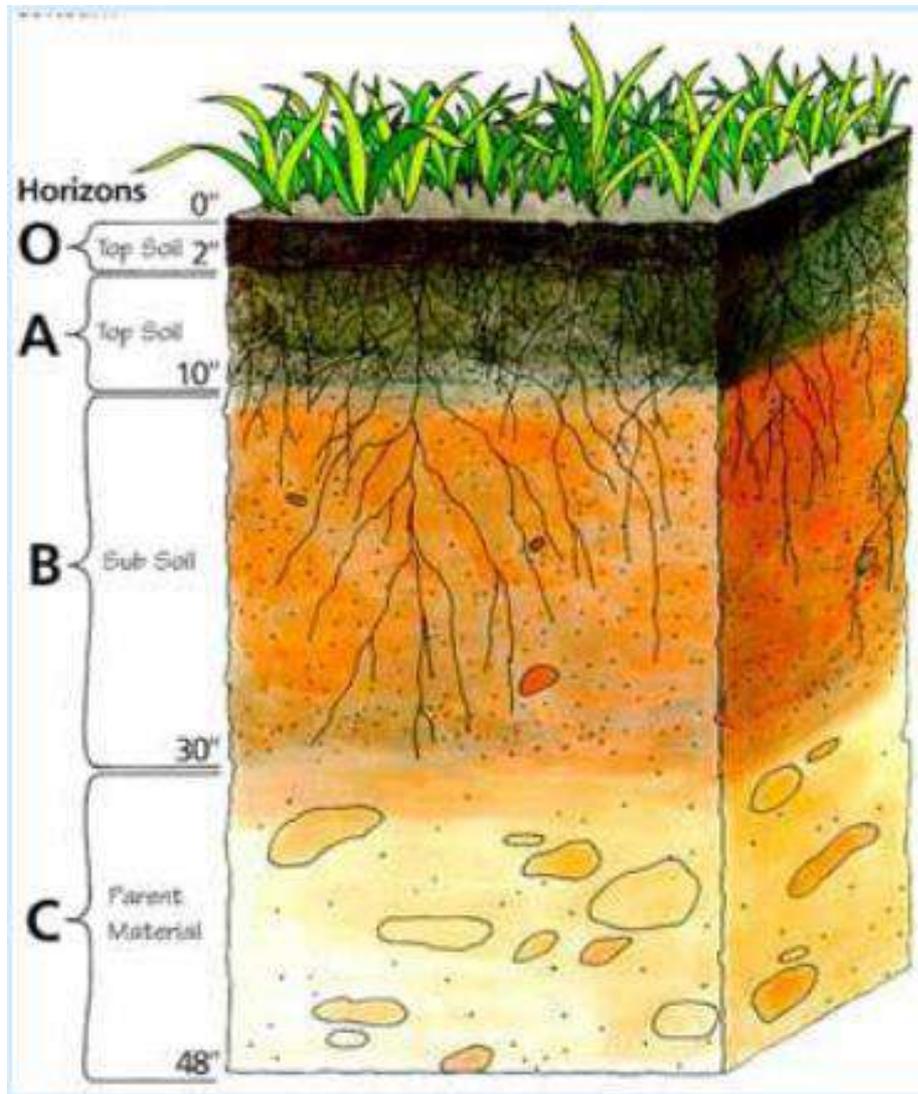
* **sténohalines:** tolérance étroite aux variations de salinité.

* **euryhalines:** supportent d'importantes variations de salinité

III- Les facteurs édaphiques

Le **SOL** est une formation meuble constitué d'un complexe organo-minéral qui résulte de la transformation superficielle des roches sous l'action conjointe des agents météoriques et des êtres vivants.

Le sol est un milieu opaque qui se caractérise par l'absence totale de la lumière.



Horizon	Caractéristiques
O	Litière et humus
A	Enrichi en matière organique
B	Enrichi en fer, aluminium et argiles par lessivage de A
C	Éléments issus de l'altération de la roche mère

Les Horizons du sol

Caractéristiques physiques du sol

Deux principales caractéristiques:

a- La texture du sol:

Elle dépend du calibre des particules qui compose le sol. Ainsi on distingue:

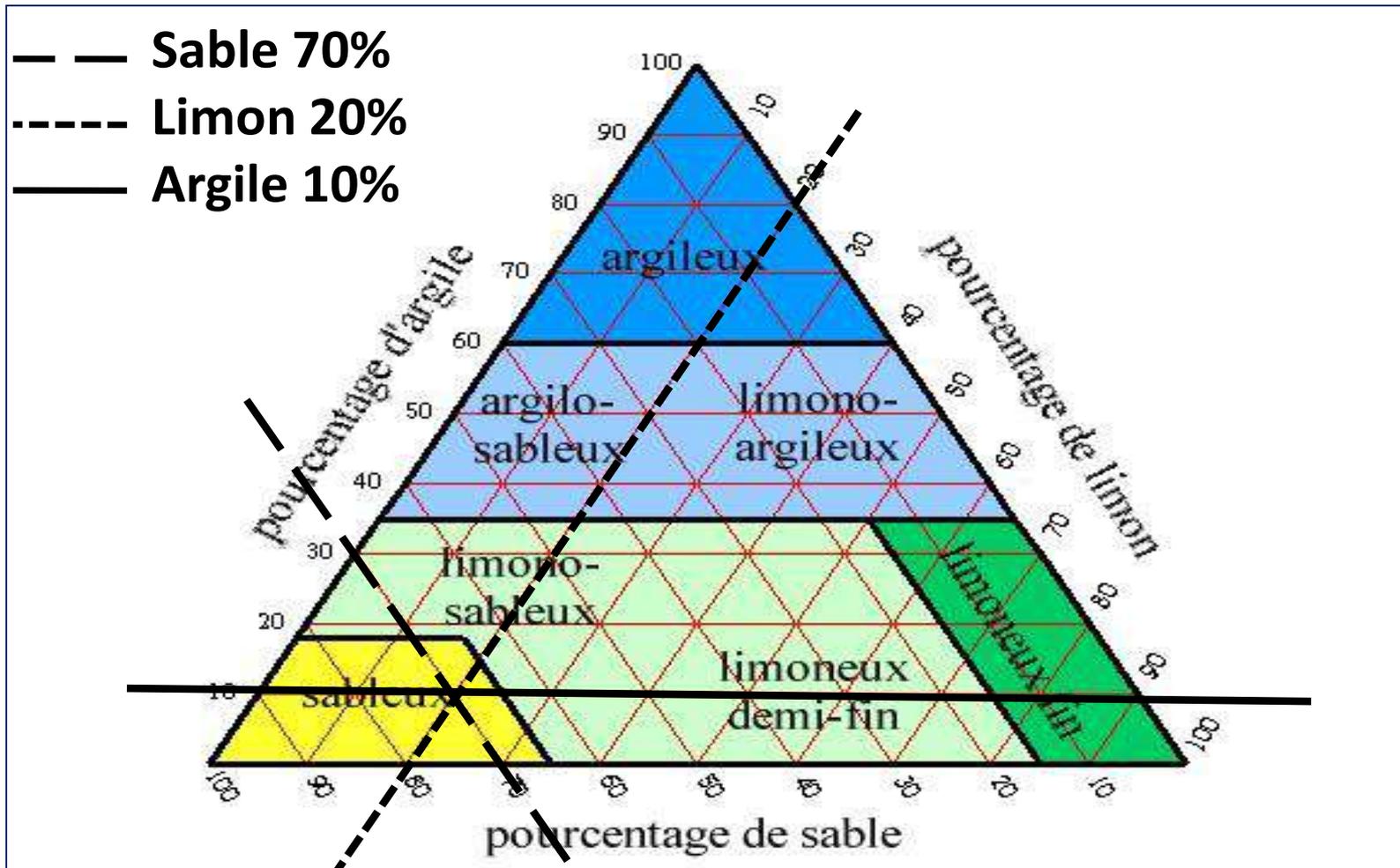
Cailloux et graviers: diamètre $> 2\text{mm}$

Sable: diamètre entre $50\mu\text{m}$ et 2mm

Limons: diamètre entre $2\mu\text{m}$ et $50\mu\text{m}$

Argiles: $< 2\mu\text{m}$.

Selon les proportions de sable, limons et argiles on définit les textures suivantes:



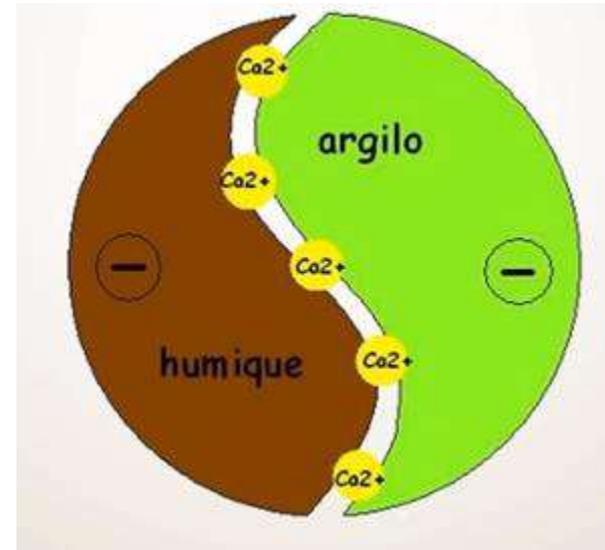
- La texture d'un sol détermine sa productivité:

- ❑ les sols sableux ne peuvent pas stocker suffisamment d'eau pour une alimentation correcte des végétaux.
- ❑ Les sols qui comptent un % élevé de particules fines (argiles, limons) sont **d'excellents réservoirs d'eau** et contiennent des substances minérales directement absorbable par les plantes.
- ❑ Les sols qui contiennent une forte proportion d'argile se gorgent d'eau et deviennent lourds, collants, mal aérés et difficile à labourer: **Nuisible à la croissance des plantes.**

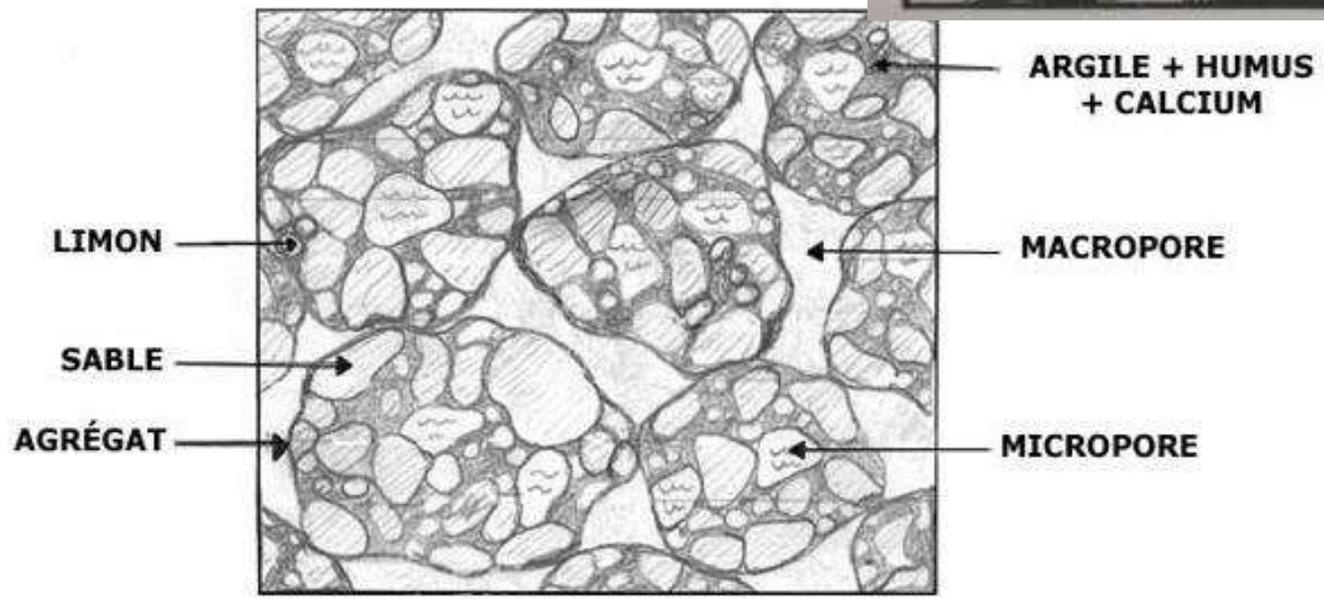
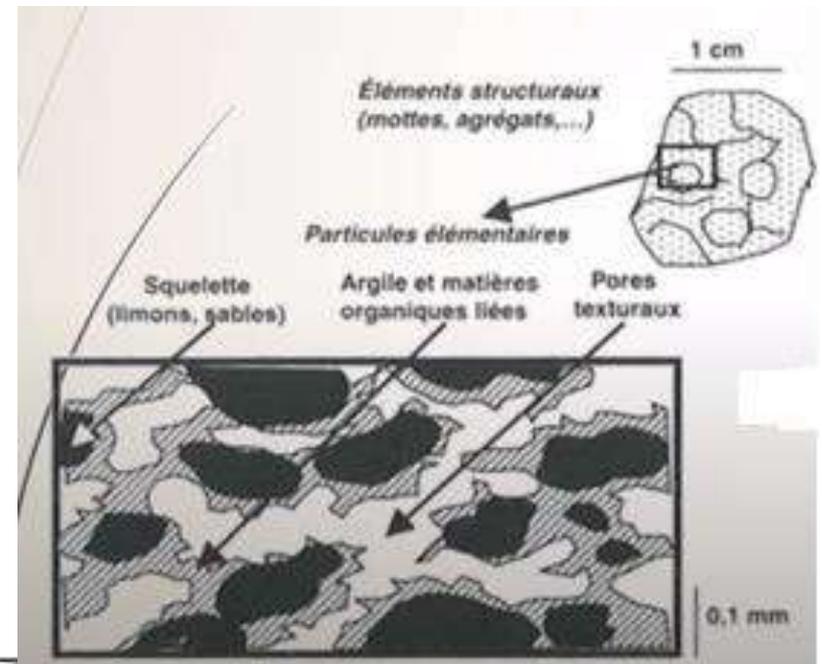
b- La structure du sol:

- La structure d'un sol fait référence à la façon dont les particules de sable, de limon et d'argile sont disposées les unes par rapport aux autres = mode d'assemblage des particules.
- Les particules peuvent s'arranger de différentes façons, ce qui donne diverses structures de sol.

Dans un sol bien structuré, les particules de sable et de limon sont liées en **agrégats** par l'argile, l'humus et le calcium (**complexe argilo-humique**).



Les grands espaces vides entre les agrégats (macropores) permettent à l'eau et à l'air de circuler et aux racines de s'enfoncer dans le sol. Les petits espaces vides (micropores) retiennent l'eau dont les plantes ont besoin. Cette structure est appelée : **«structure grumeleuse »**.



Structure « grumeleuse » du sol.

c- La porosité du sol:

La texture et la structure déterminent la porosité totale du sol, ou le pourcentage d'espace vide par rapport au volume du sol.

De la porosité dépend la circulation de l'eau, l'air et les animaux dans le sol.

- Une porosité moyenne est suffisante pour une aération optimale,
- Une porosité trop faible, le sol devient asphyxiant.



**Université Cadi Ayyad
Faculté Polydisciplinaire de Safi
Département de Biologie
Filière Sciences de la Vie**

S3/SVI

Module de l'Écologie générale 1 (AU : 2020/2021)

Séance 3

Pr. Mohamed TECHETACH

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 événements catastrophiques (feux, tempêtes, volcans) peuvent entraîner un retour à l'état pionnier (état initial).

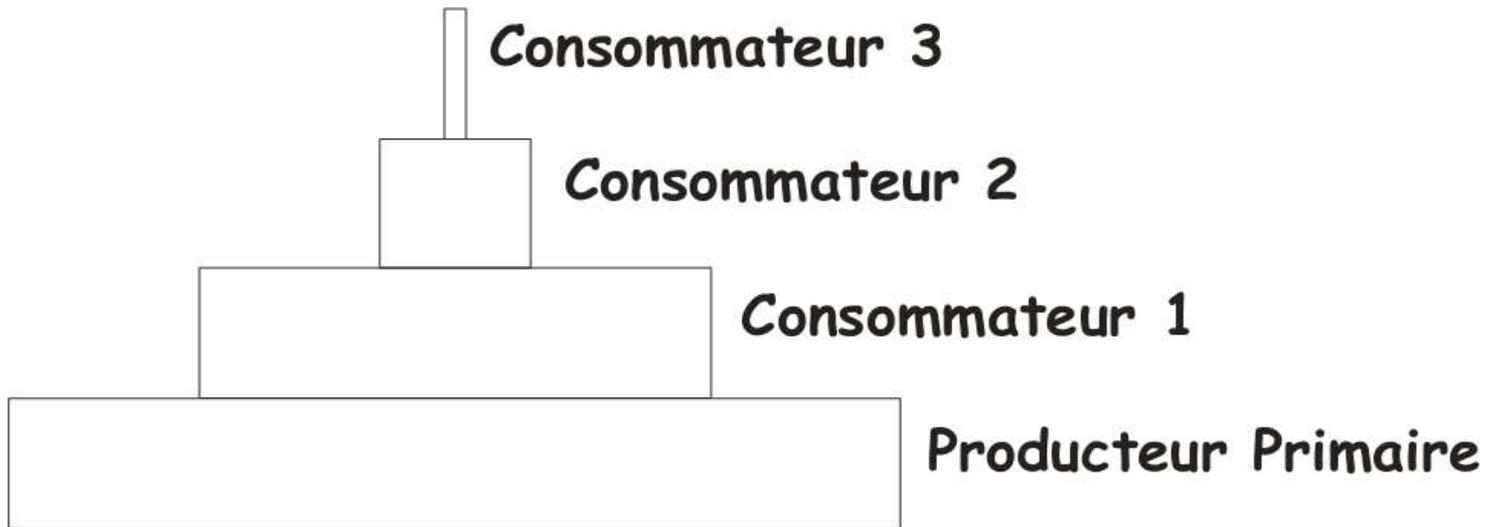
3-Troisième étape: les interactions écologiques.

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.

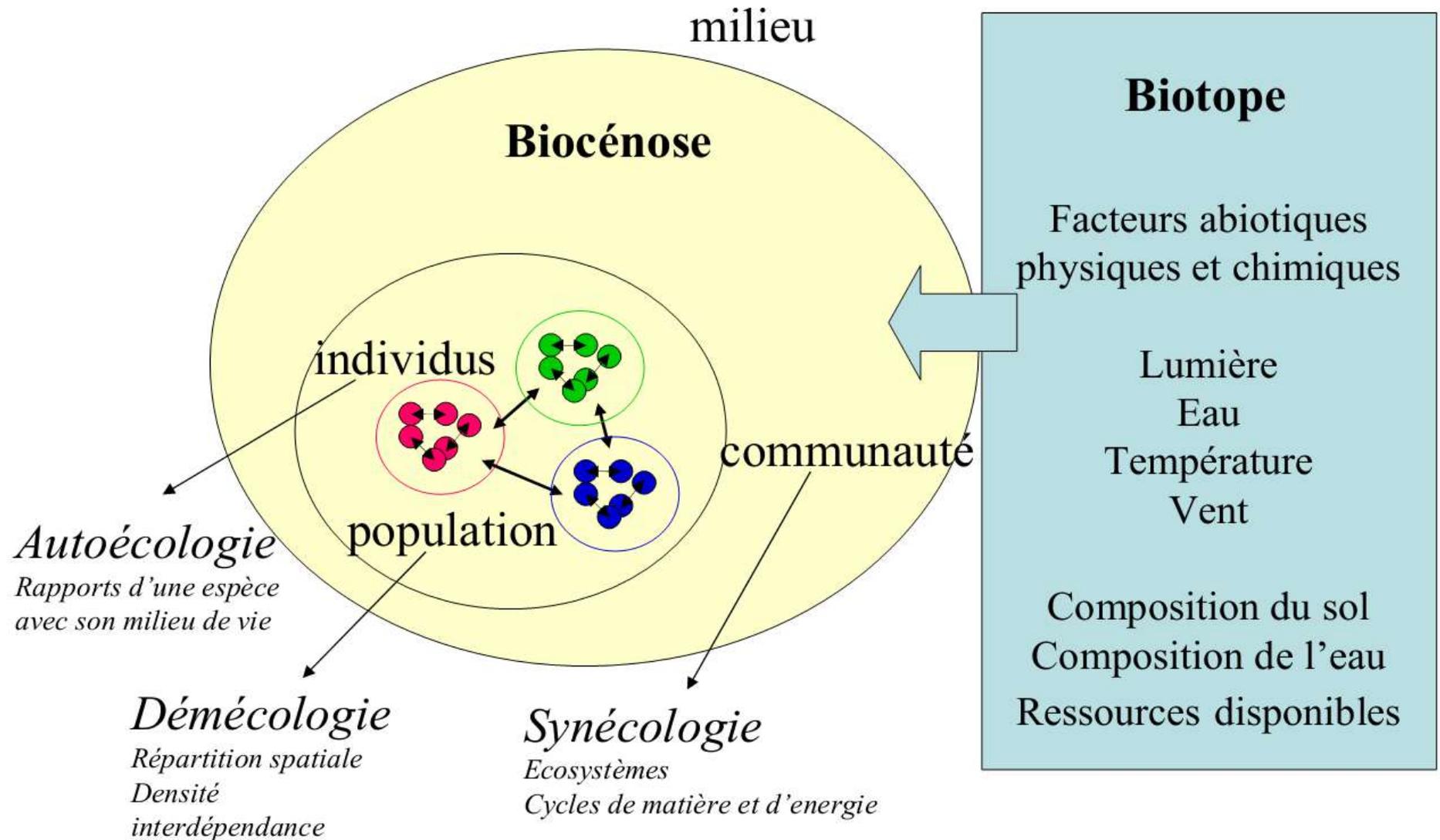
Pour lui l'écosystème est l'un des niveaux dans la hiérarchie des systèmes physiques, de l'atome à l'univers. Les relations entre individus (espèces) de l'écosystème correspondent à des échanges de matière (prédation) et de substances chimiques ou physiques (photosynthèse).

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.

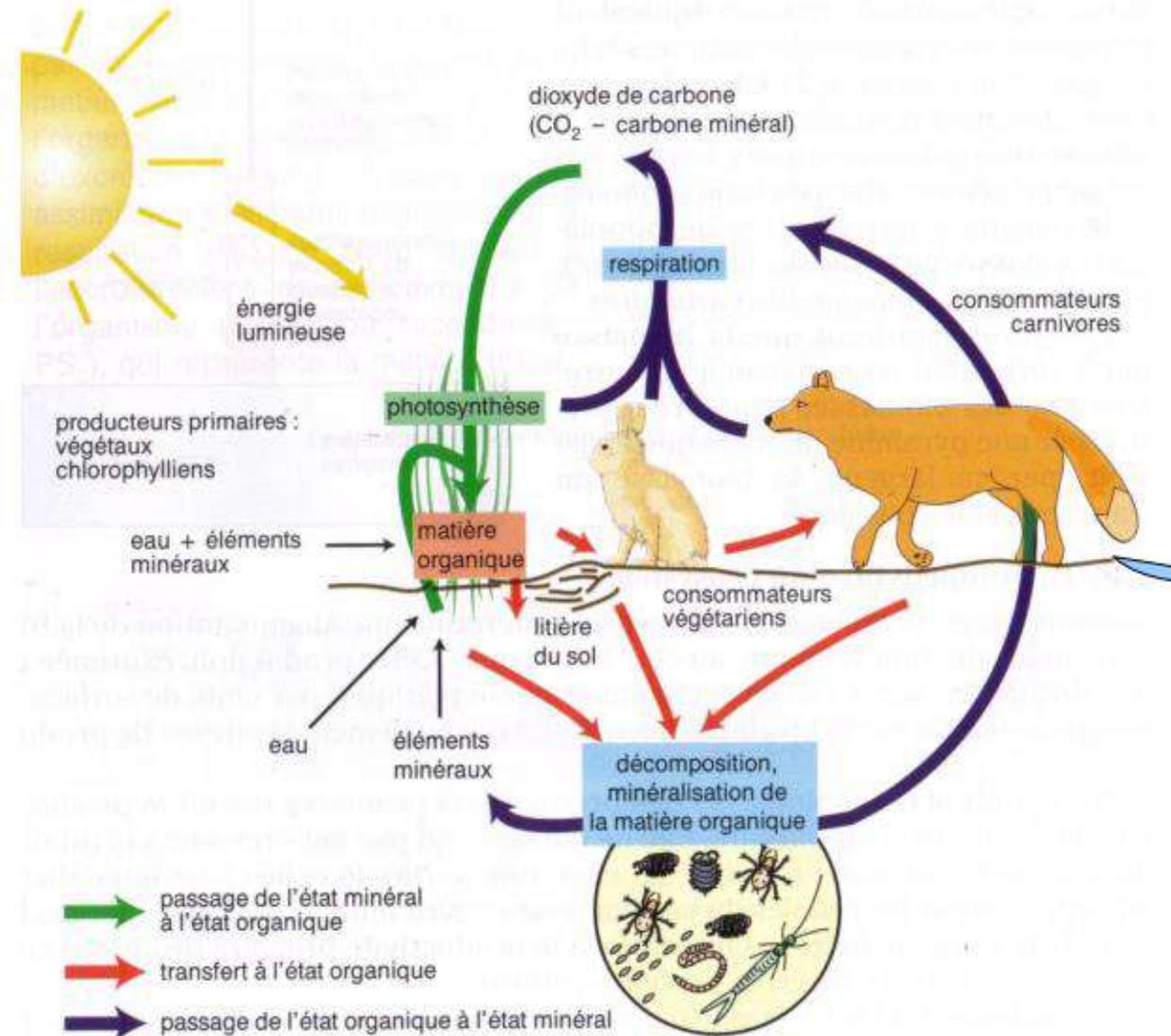
Chaque niveau de l'écosystème est traité comme un système thermodynamique échangeant de l'énergie avec son environnement biotique et abiotique: chaque niveau transfert environ 10% de l'énergie au niveau suivant.

L'écosystème : un système d'interactions



Organisation fonctionnelle

Le cycle de la matière dans un écosystème



Fonctionnement :

Production
=
synthèse de matière
organique

Consommation
=
ingestion de matière
organique

Décomposition
=
recyclage de la
matière

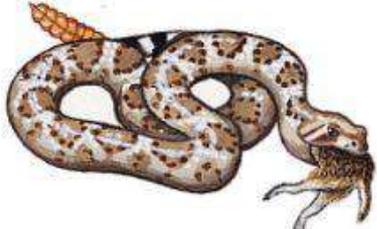
Partie 1 : La structure trophique de l'écosystème:

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 2^e ORDRE
(Consommateurs tertiaires)



Quatrième
niveau trophique



Transfert

CARNIVORE DE 1^e ORDRE
(Consommateurs secondaires)



Troisième
niveau
trophique

HERBIVORE
(Consommateurs primaires)



Transfert

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 détritits 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

Détritivores

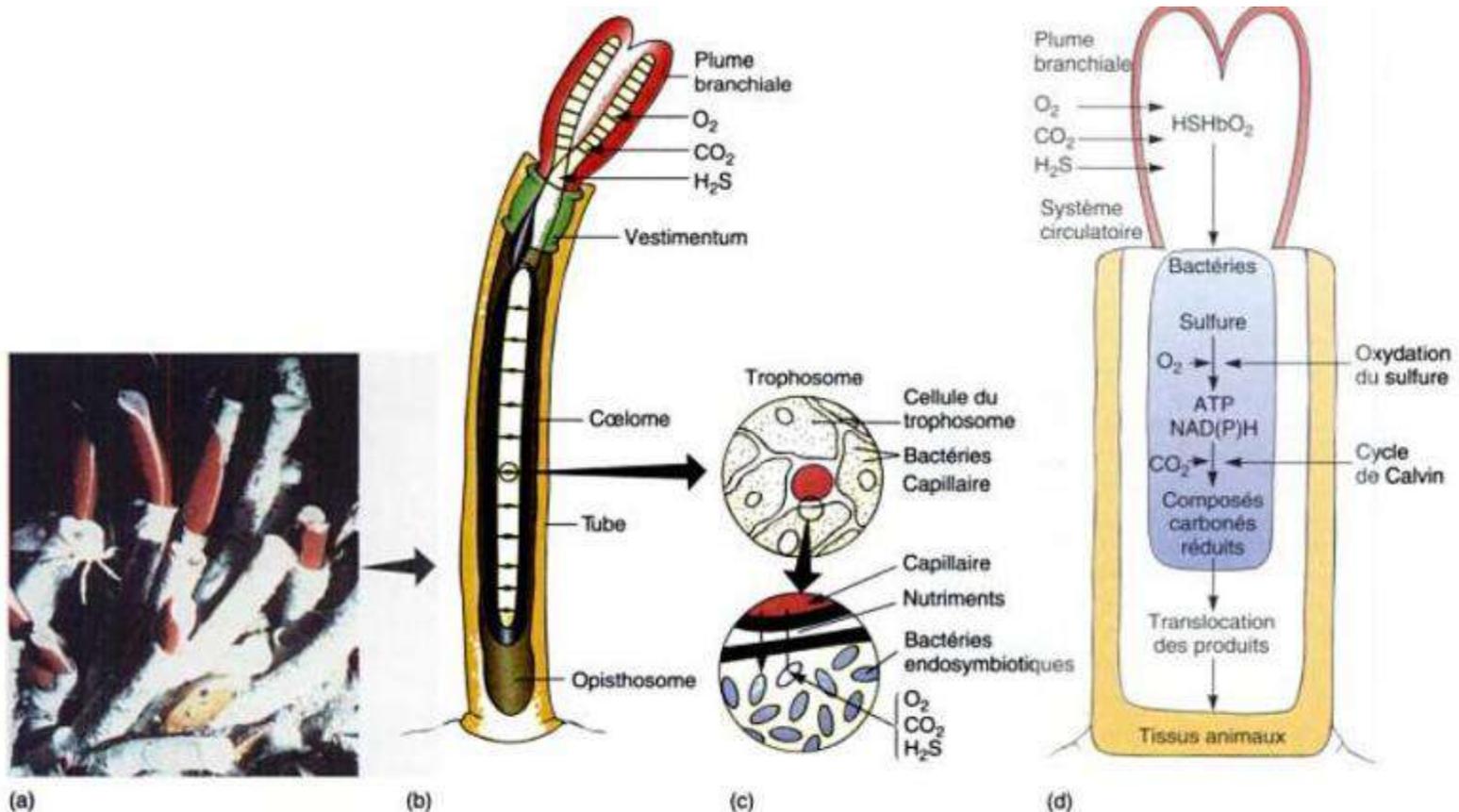
Déchets organiques:
excréments, urines,
cadavres, débris
végétaux...

3- Les réseaux trophiques:

- Au sein des écosystèmes, les chaînes 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

<i>Milieu</i>	<i>Source d'énergie</i>	<i>Type de chaîne alimentaire</i>	<i>Producteurs</i>
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 pachyptyla*) 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 le 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.

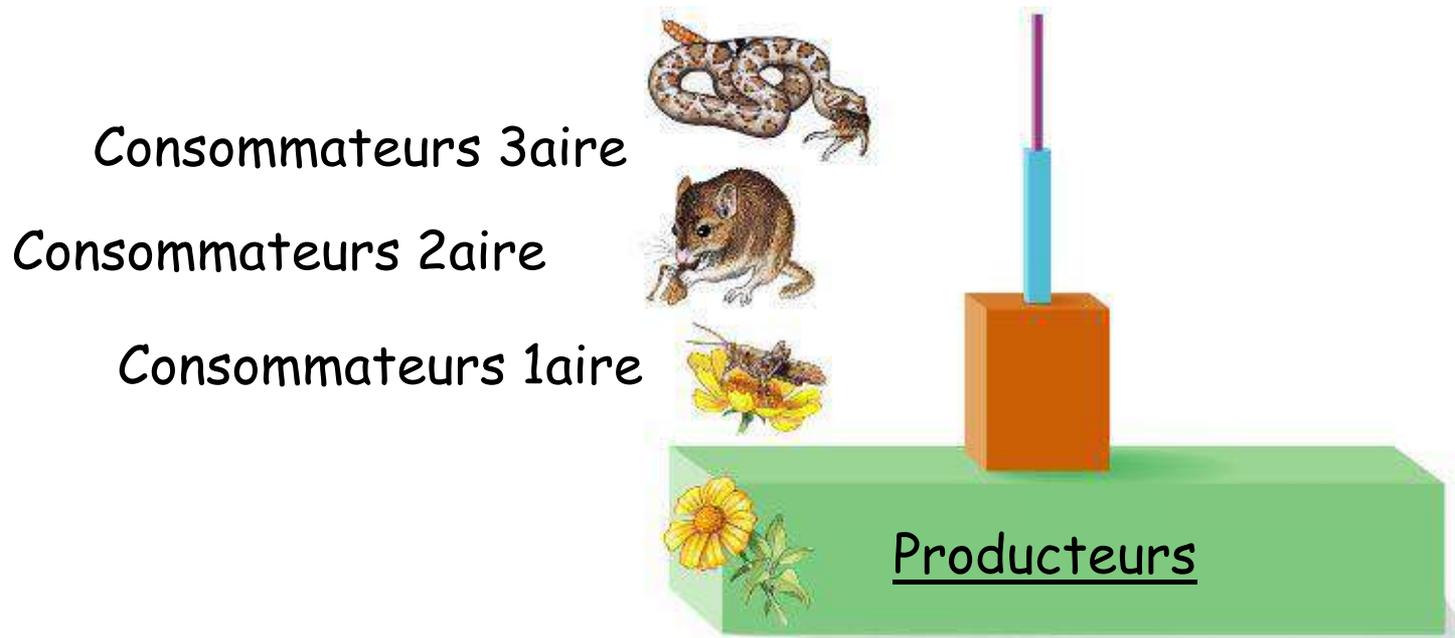
1. Les paramètres du flux d'énergie dans l'écosystème

- 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:

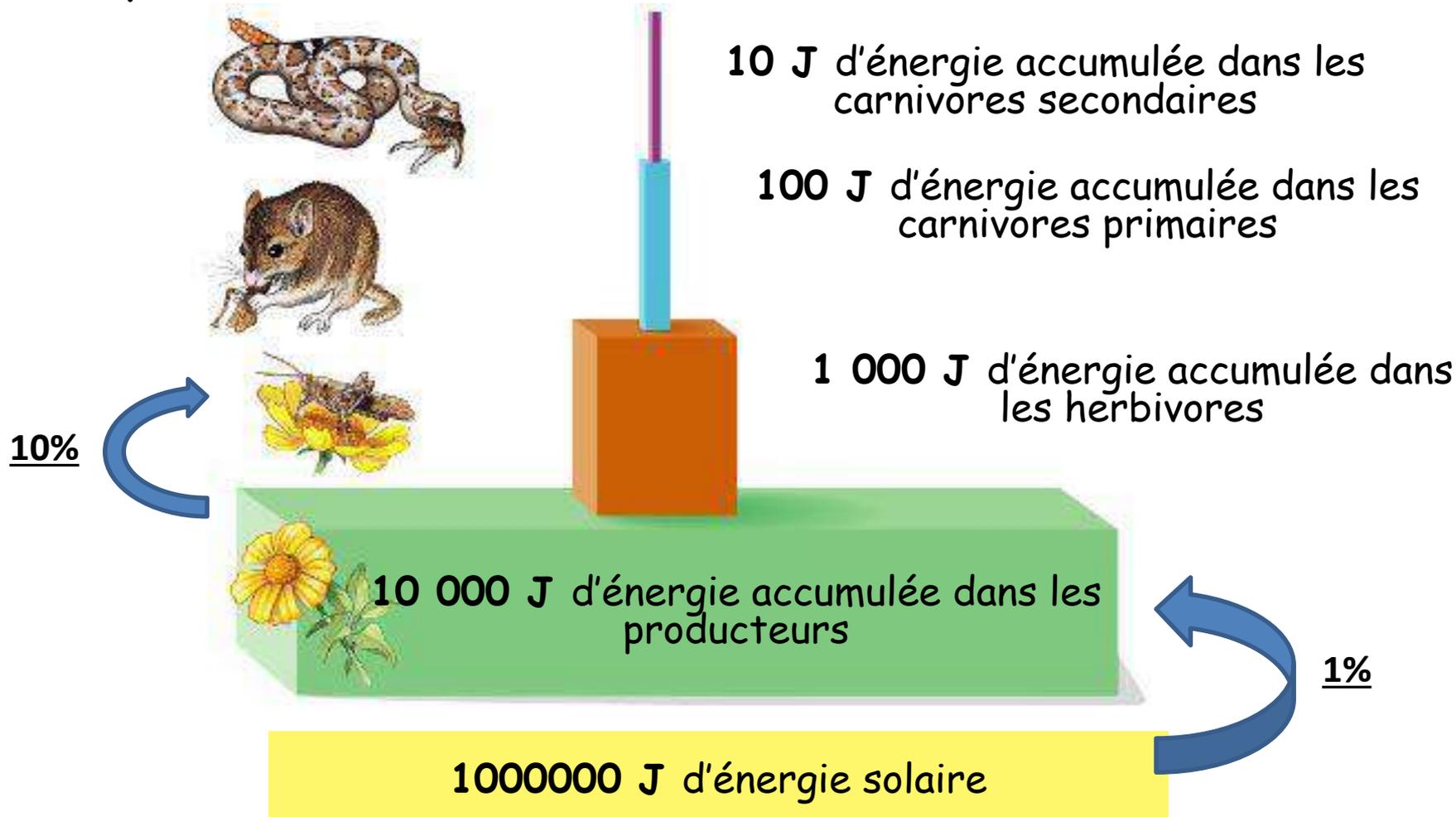
Les écosystèmes marins des grands fonds sont alimentés par l'énergie tirée de l'oxydation de certaines substances minérales (chimiosynthèse).

- 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 .



$$1\ 000\ 000\ \text{J d'énergie solaire} \times 1\ \% =$$

- 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

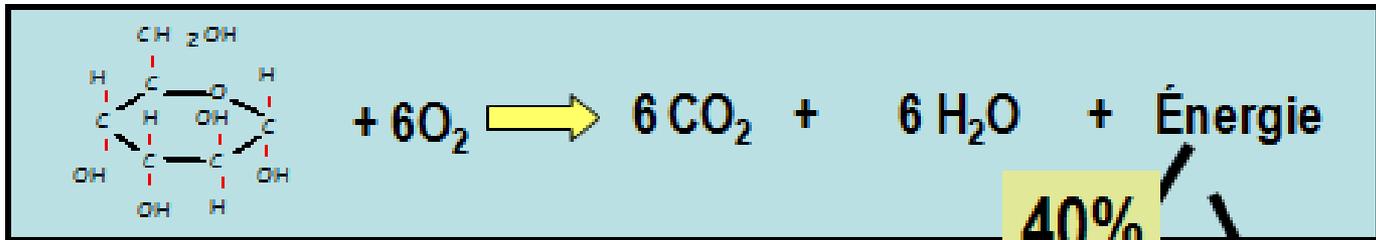
- i. Ce qui est mangé: Seule, une fraction de la proie végétale ou animale est effectivement prélevée et dévorée par le niveau supérieur.
- ii. Ce qui est assimilé: Seule une partie des aliments ingérés est digérée puis absorbée vers le sang (assimilée). Ce qui n'est pas digéré sort du tube digestif 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.

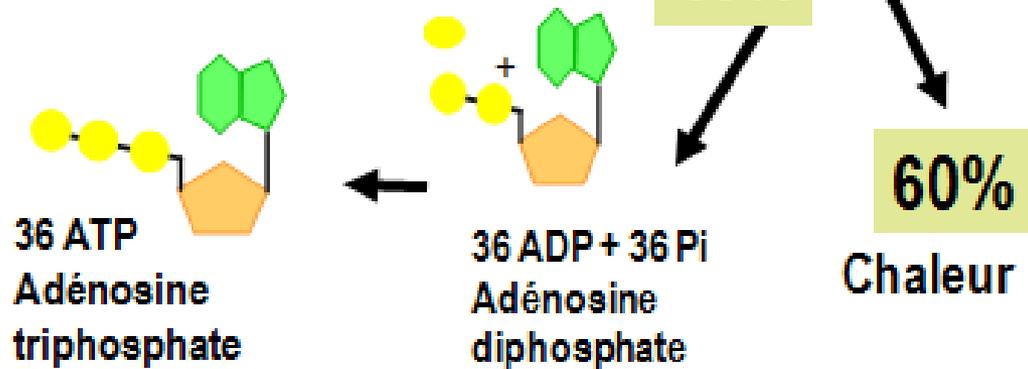
Des 100% d'énergie potentielle contenue dans les liens du glucose, 40% seulement est transféré à l'ATP et, 60% est perdu en chaleur.

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.

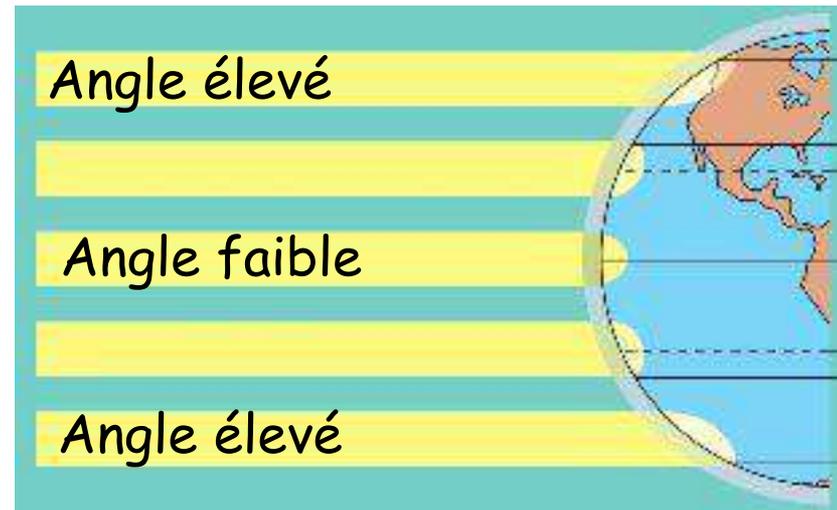


iv: L'efficacité relative du transfert de l'énergie de l'ATP: Une part de l'énergie de l'ATP n'est pas récupérée lors d'une réaction chimique et se perd en chaleur.

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,...).

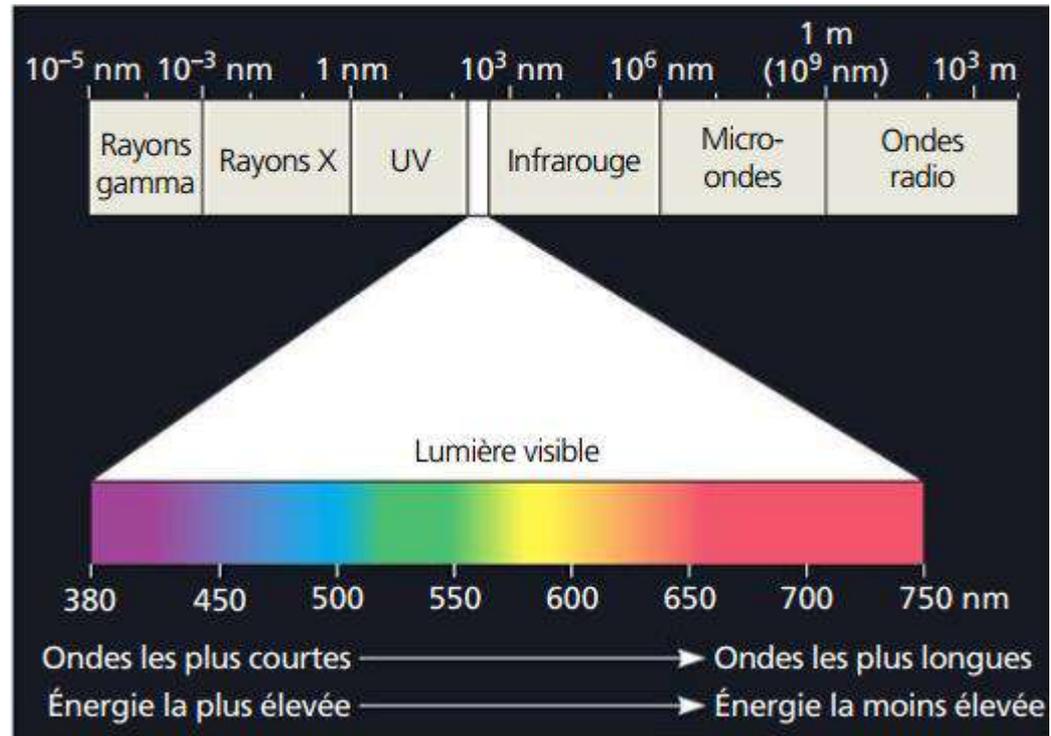
3- L'allocation énergétique de la Terre

- 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.



**Université Cadi Ayyad
Faculté Polydisciplinaire de Safi
Département de Biologie
Filière Sciences de la Vie**

S3/SVI

Module de l'Écologie générale 1 (AU : 2020/2021)

Séance 4

Pr. Mohamed TECHETACH

4- La productivité primaire:

- ❖ Productivité primaire brute (PPB):
correspond à la quantité de carbone fixée dans la végétation par photosynthèse. Toute cette matière ne s'accumule pas en biomasse végétale. La moitié environ est métabolisée au cours de la respiration cellulaire de la plante elle même.
- ❖ Productivité primaire nette (PPN):
correspond à la croissance végétale annuelle (exprimée en quantité d'énergie ($\text{J}/\text{m}^2/\text{an}$) ou en quantité de matière sèche ($\text{g}/\text{m}^2/\text{an}$)). Elle se manifeste dans le temps comme un accroissement de taille de la plante et représente la nourriture disponible pour les hétérotrophes.

Biosphère: PPN= 170 milliards de tonnes de matière organique par an.

❖ Ne pas confondre productivité primaire nette et biomasse mesurable :

- **PPN** = ajout de nouvelle biomasse chaque année.
- **Biomasse mesurable** = accumulation de la productivité primaire nette au fil des ans.

	PPN	BIOMASSE
Forêt	Faible productivité car elle consomme une grande portion des produits de sa photosynthèse (par respiration).	Grande biomasse végétale accumulée dans ses grands arbres formés de substances difficiles à digérer.
Prairie	Grande productivité car ses petites plantes respirent de façon modérée.	Faible biomasse végétale car les petites plantes annuelles sont rapidement dévorées par les herbivores.

❖ La productivité primaire dépend, de façon générale, de la qualité des facteurs abiotiques:

1- **L'eau et la température** influencent fortement la productivité primaire des écosystèmes terrestres.

* Dans les **écosystèmes aquatiques** l'eau, abondante, et la température, peu variable, ont peu d'influence sur la productivité primaire.

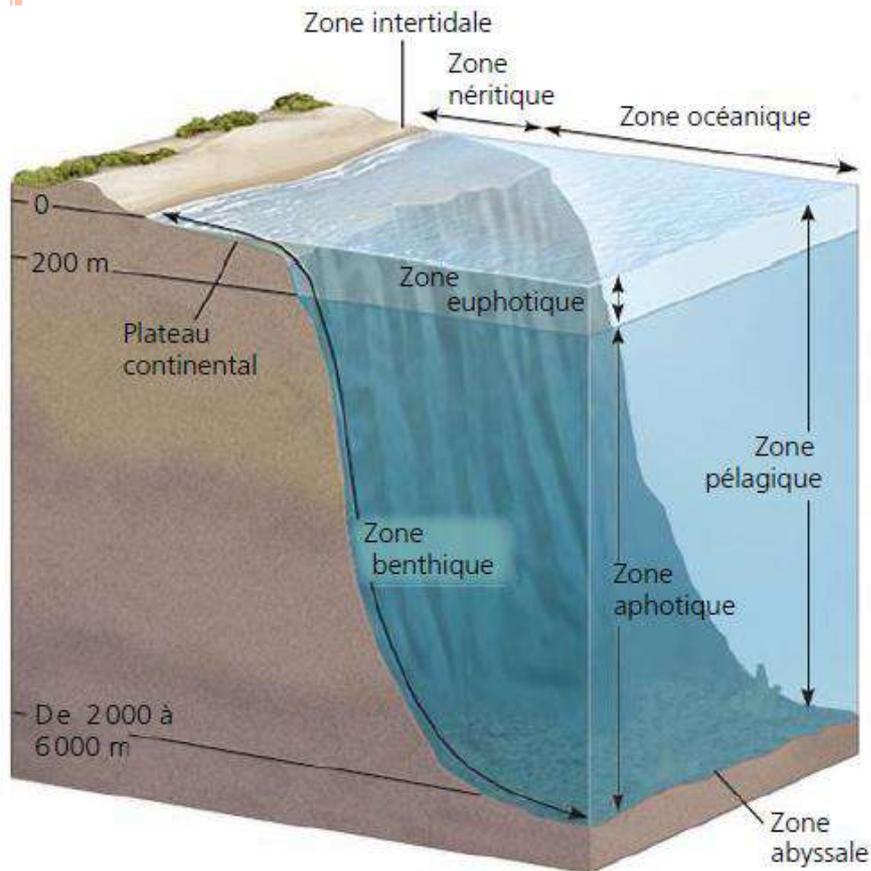
* En revanche dans les **écosystèmes terrestres** la rareté de l'eau et les températures extrêmes ont une grande influence sur la productivité primaire.

2- La **lumière** influence fortement la productivité primaire des écosystèmes aquatiques

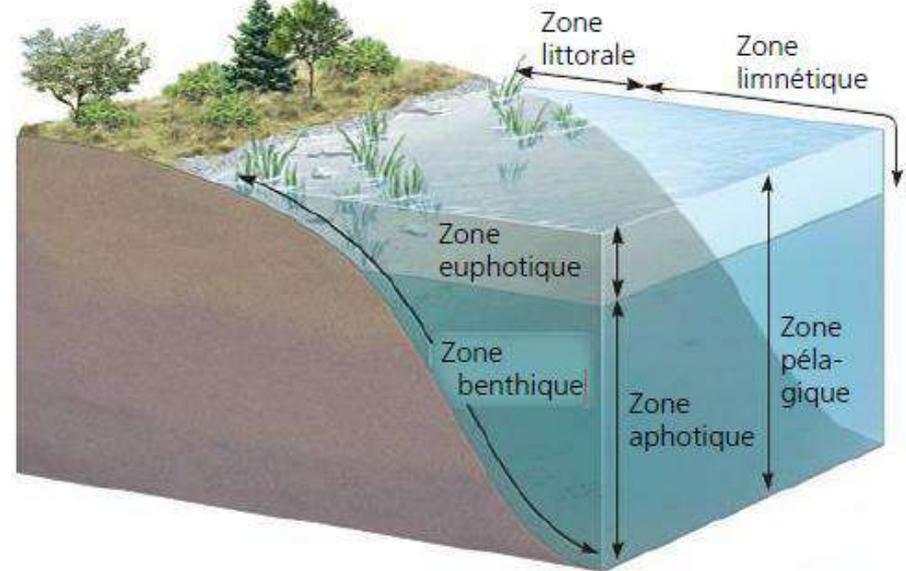
* Dans les **écosystèmes terrestres** la lumière, abondante, a une influence plus restreinte sur la productivité primaire.

* En revanche dans les **écosystèmes aquatiques** l'absence de lumière dans les zones profondes bloque la photosynthèse et la productivité primaire est limitée à la zone éclairée (zone euphotique).

Océan



Lac



3- **Les nutriments limitants** (Azote, Fer, Phosphate) influencent fortement la productivité primaire des écosystèmes terrestres et aquatiques. On les ajoute souvent sous forme d'engrais.

Nutriment limitant: nutriment dont les producteurs ont besoin mais souvent présents en faible quantité.

4- Influence des saisons sur la productivité primaire des écosystèmes

Saison favorable:

Facteurs abiotiques favorables = grande productivité primaire.

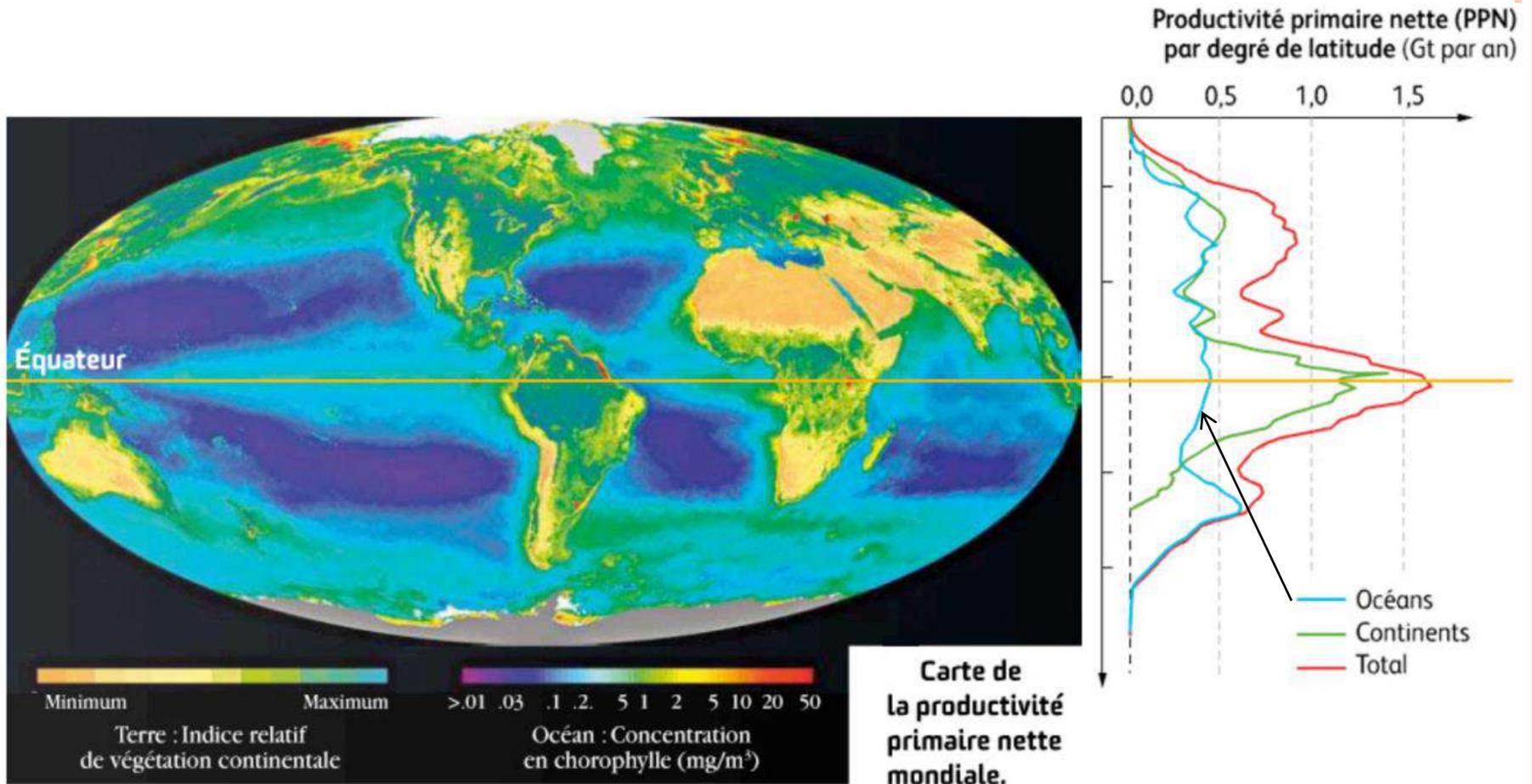
- En pays nordiques: productivité primaire plus grande en printemps et été,
- En pays chauds : productivité primaire plus grande en saison des pluies.

Saison difficile:

Facteurs abiotiques défavorables = productivité primaire faible voire nulle.

- En pays nordiques: productivité primaire faible en hiver.
- En pays chauds: productivité primaire faible en été.

La productivité primaire nette mondiale

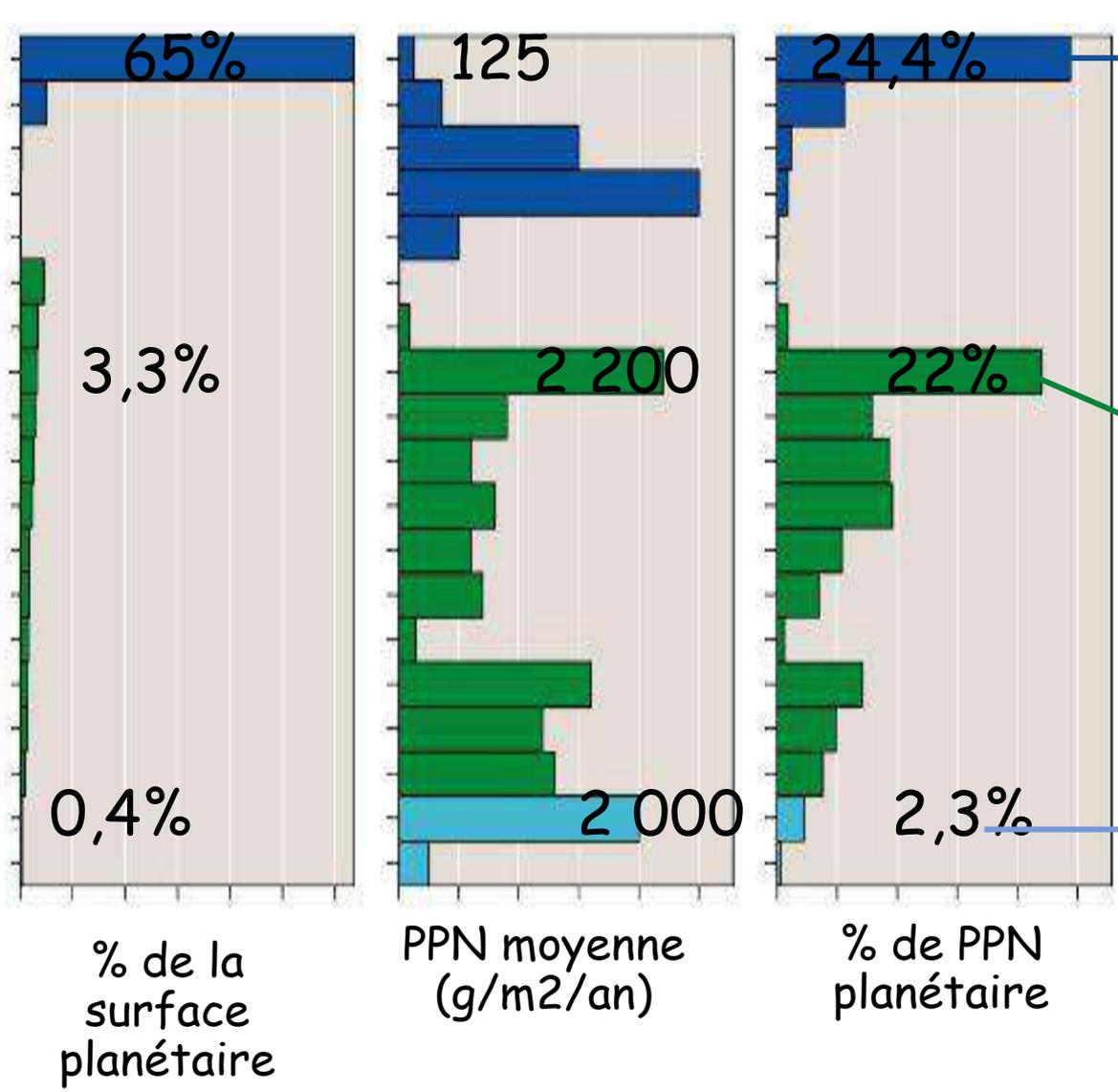


PPN nette dépend de la latitude. Elle est minimale au niveau des pôles et maximale pour les océans et les continents à l'équateur.

PPN globale des océans est 50 Gt/an

PPN globale des végétaux terrestres est 60 Gt/an

- Productivité de quelques écosystèmes à l'échelle planétaire -



Océans
 Grande surface x Très faible productivité = Très grande contribution à la productivité totale de la Terre

Forêt tropicale humide

Maraîs et marécage
 Très petite surface x Très grande productivité = Très petite contribution à la productivité totale de la Terre

■ Milieux marins ■ Milieux terrestres ■ Milieux dulcicoles

5- La productivité secondaire

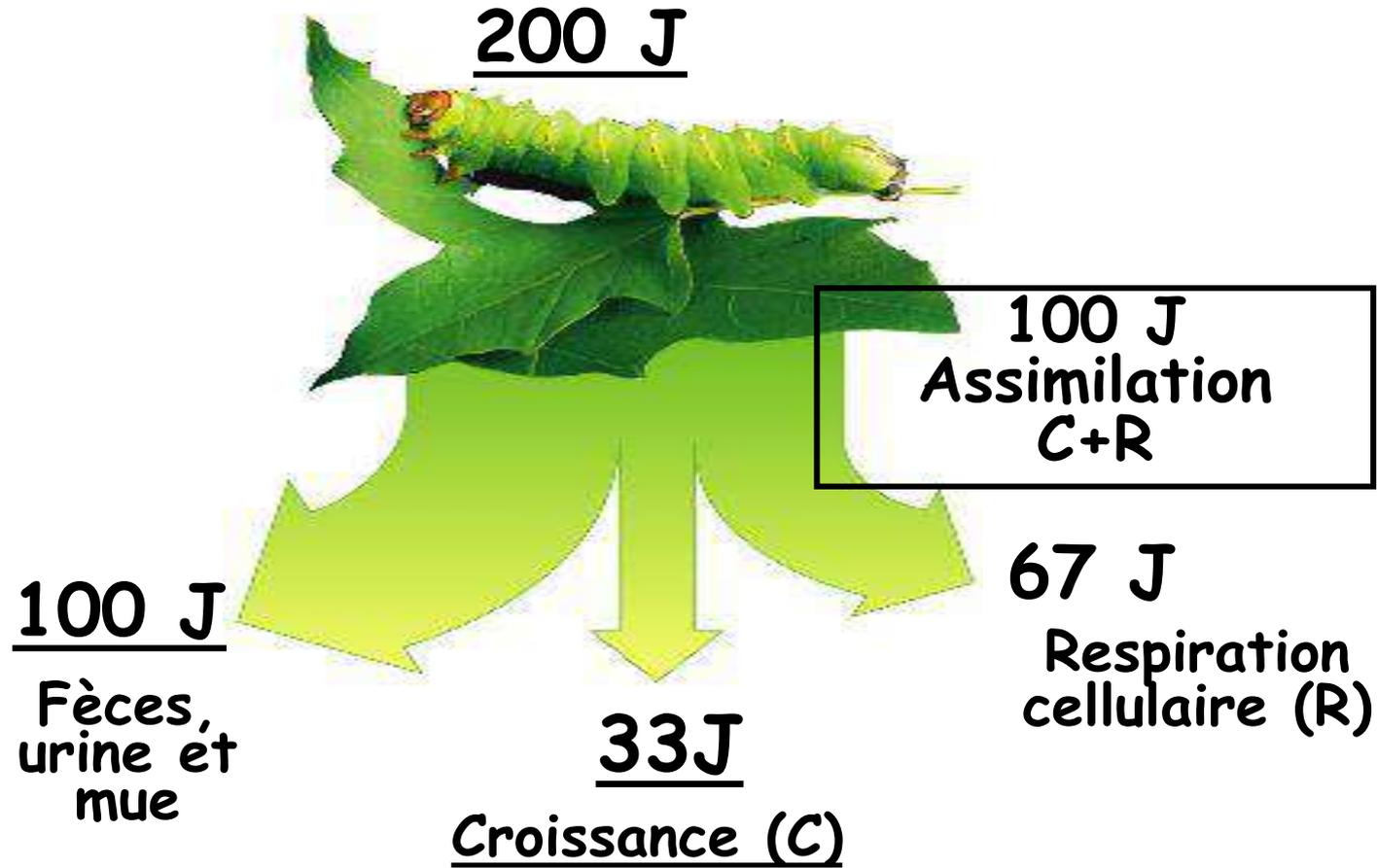
❖ Productivité secondaire nette: Elle correspond à l'accumulation, par les hétérotrophes, de nouvelle matière organique servant à la croissance et à la reproduction. Elle correspond à l'alimentation moins les pertes en énergie (ce qui n'est pas mangé, ce qui n'est pas assimilé, les coûts de la respiration cellulaire ...)

❖ Rendement de consommation (RC) du consommateur primaire. Une façon de vérifier sa performance !

RC constitue la fraction de l'énergie assimilée par un organisme et mise en réserve dans sa biomasse.

$$\frac{\text{Productivité secondaire nette} \times 100}{\text{Productivité primaire assimilée}}$$

Ex: Rendement de la consommation d'une chenille



$$\frac{33J \times 100}{100 J} = 33\%$$

. Un insecte mange des graines contenant 100 J d'énergie. Il utilise 30 J de cette énergie pour sa respiration et en élimine 50 J dans ses excréments. Quelle est sa productivité secondaire nette? Quelle est son rendement de consommation RC ?

Réponses:

- PSN=20J

- RC=40%

Le rendement de consommation (RC) des groupes d'organismes varie beaucoup:

GROUPE DES ENDOTHERMES:

Dépendent de l'énergie pour maintenir leur température interne.

Insectivores

RC de 0,9 % en moyenne
Contrôlent mal leur T°
et doivent manger beaucoup.

Oiseaux

RC de 1,3 % en moyenne
Dépendent beaucoup d'énergie pour voler.

Grands mammifères

RC de 3,1 % en moyenne
Les carnivores ont un meilleur rendement que les herbivores car la viande est plus facile à digérer que l'herbe.

GROUPE DES ECTOTHERMES:

Ne dépendent pas d'énergie pour maintenir leur température interne.

Poissons et insectes

sociaux
RC de 10 % en moyenne

Invertébrés

herbivores
(ex : une daphnie)
RC de 21 % en moyenne

Invertébrés

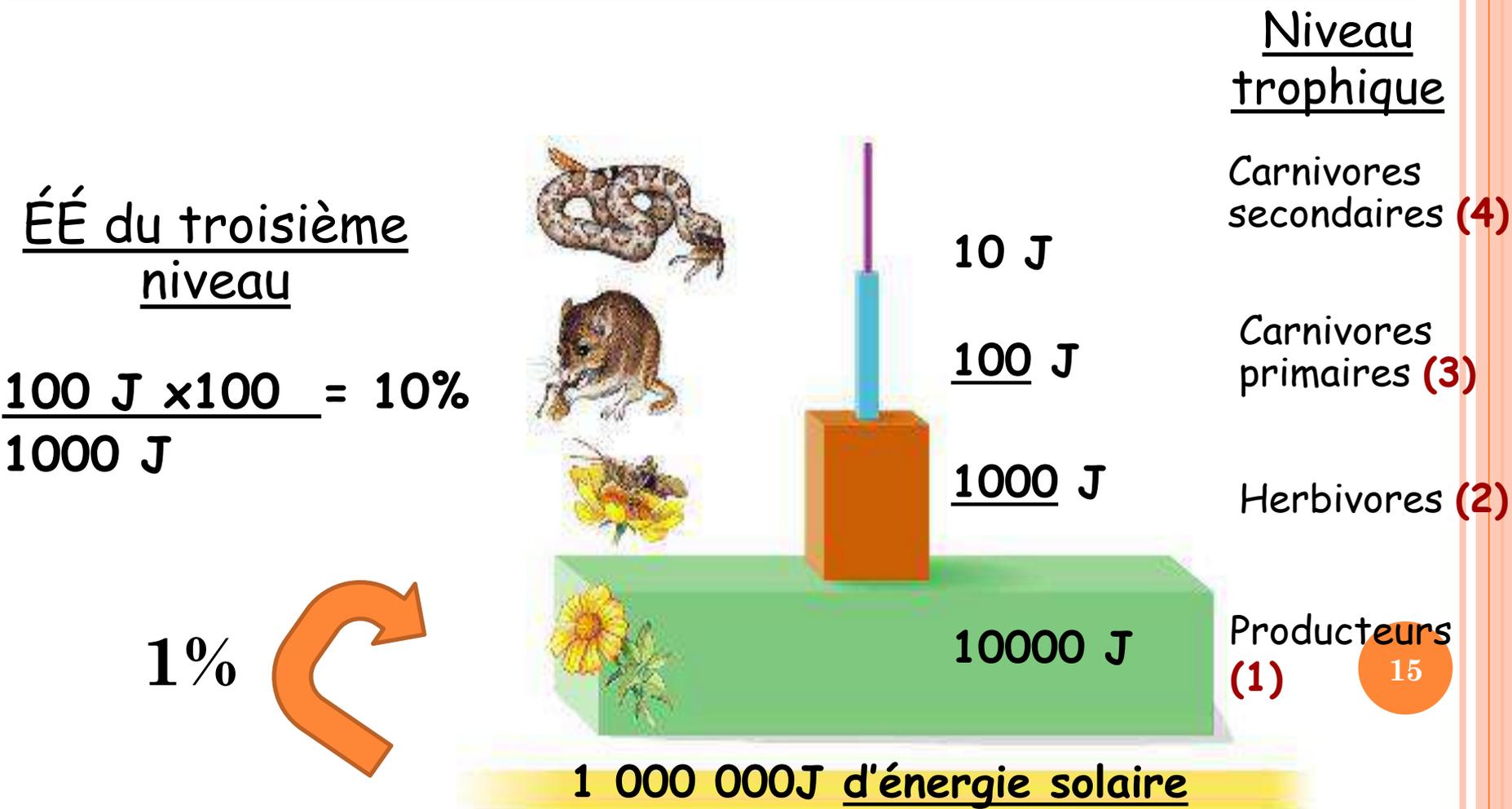
carnivores
(ex : un copépode)
RC de 28 % en moyenne

Invertébrés détrivores

(ex : un lombric)
RC de 36 % en moyenne

❖ Le rendement écologique ou efficacité écologique (ÉE) correspond à la croissance et à la reproduction de tout un niveau trophique. Vaut 10 % en moyenne.

$$\frac{\text{Productivité nette d'un niveau trophique} \times 100}{\text{Productivité nette d'un niveau trophique inférieur}}$$





**Université Cadi Ayyad
Faculté Polydisciplinaire de Safi
Département de Biologie
Filière Sciences de la Vie**

S3/SVI

Module de l'Écologie générale 1 (AU : 2020/2021)

Séance 5

Pr. Mohamed TECHETACH

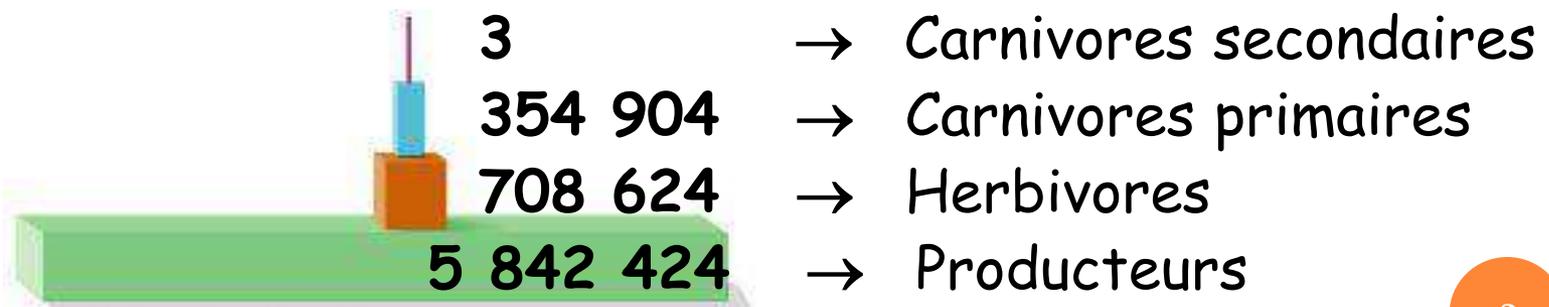
❖ Pyramides écologiques:

Une pyramide écologique est un diagramme qui représente la productivité nette de chaque niveau trophique d'un écosystème.

- Série de blocs rectangulaires empilés correspondant aux niveaux trophiques
- Même hauteur, mais longueur de chaque bloc est proportionnelle à la productivité du niveau.
- Son utilité: visualiser les pertes d'énergie d'un niveau à l'autre.
- Types de pyramides écologiques: de nombre, de masse, et d'énergie.

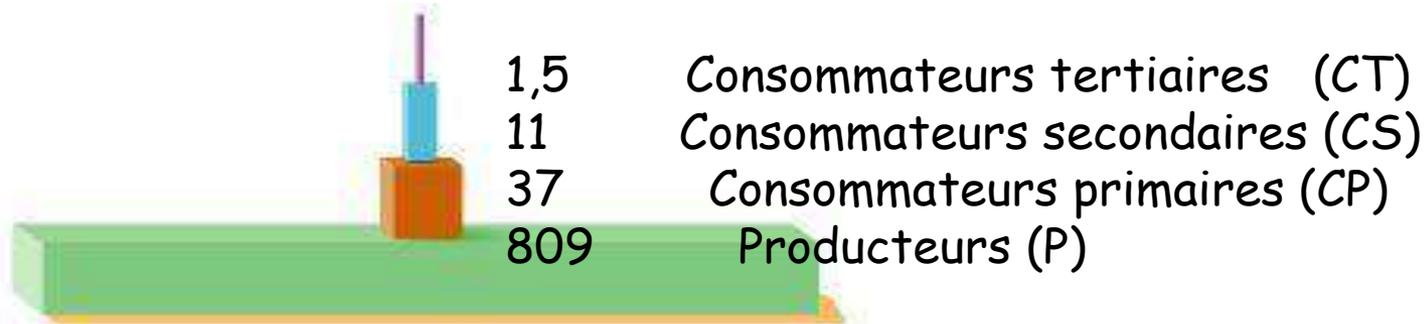
i: Pyramide de nombre (en nombre d'organismes)

En général, le nombre d'organismes décroît avec les niveaux trophiques (pyramide droite) mais il peut croître si la masse des producteurs est très grande par rapport à celle des consommateurs (pyramide inversée) par exemple, un gros arbre dévoré par de nombreux petits insectes.



ii: Pyramides de masse (en g de masse sèche/ m²)

La largeur dépend de la biomasse impliquée dans chacun des échelons de la chaîne alimentaire. Cela donne une idée de la quantité de matière vivante.



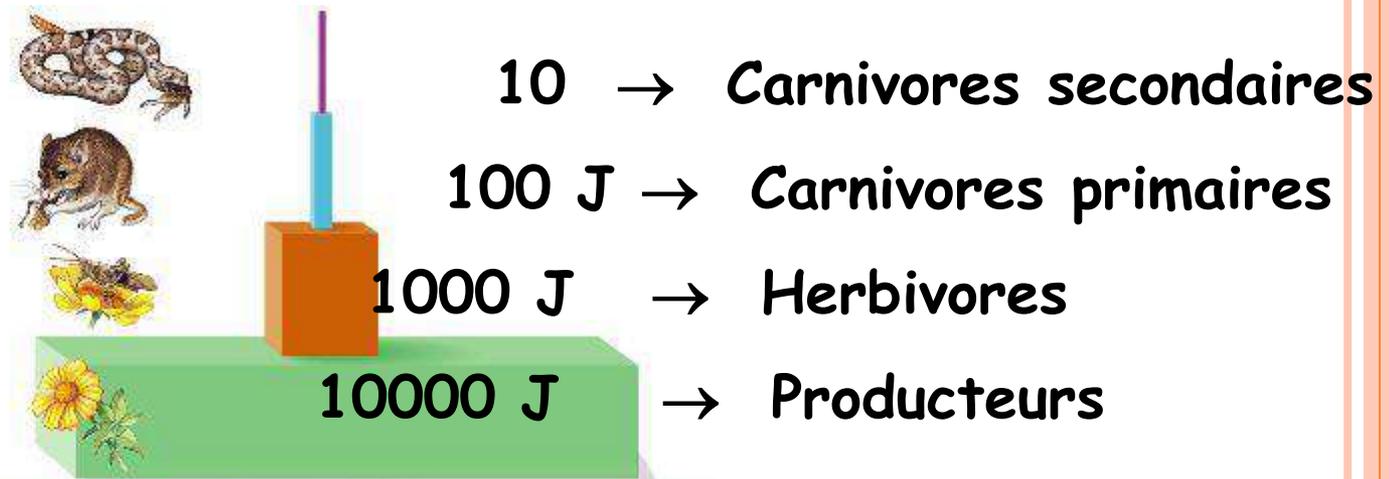
Les pyramides de nombres et de masse peuvent être **DROITE** ou **INVERSÉE**.

Niveau trophique		Masse sèche (g/m ²)
Consommateurs primaires (zooplancton)		21
Producteurs (phytoplancton)		4

Dans certains écosystèmes aquatiques, par exemple dans la manche, les producteurs ont une biomasse mesurable faible que celle des consommateurs parce que qu'ils sont rapidement dévorés (courte durée de vie). Cependant, ils se reproduisent si rapidement qu'ils comblent les besoins énergétiques du niveau des consommateurs.

iii: Pyramide d'énergie (en joules)

La biomasse est remplacée par l'équivalent énergétique de chaque échelon. Pour le connaître, on brûle la matière vivante. Cela permet d'avoir la matière sous forme de l'énergie mise à disposition du niveau supérieur par unité de temps : flux d'énergie.



Les pyramides d'énergie sont toujours DROITES.

Partie 3: Le flux de la matière dans l'écosystème

- 1- Les paramètres du flux de la matière dans l'écosystème.
- 2- Les cycles biogéochimiques du carbone, de l'azote et du phosphore.
- 3- Perturbations des cycles biogéochimiques.

1- Les paramètres du flux de la matière dans l'écosystème

- Le flux de matière est le mouvement des éléments au travers du réservoir biotique des organismes (biocénose), sous forme de matière organique et des réservoirs abiotiques de l'environnement (biotope) sous forme de matière minérale.

- La matière circule alternativement entre les mondes biotique et abiotique d'où l'expression **cycle biogéochimique**.

- La terre contient un stock de matière en quantité «finie». Les éléments chimiques ont été créés au début des temps et il n'y a plus d'apparition d'éléments chimiques nouveaux sur la Terre. **La matière est donc «non renouvelable» contrairement à l'énergie.**

- Les éléments de la matière se combinent sous différents aspects:

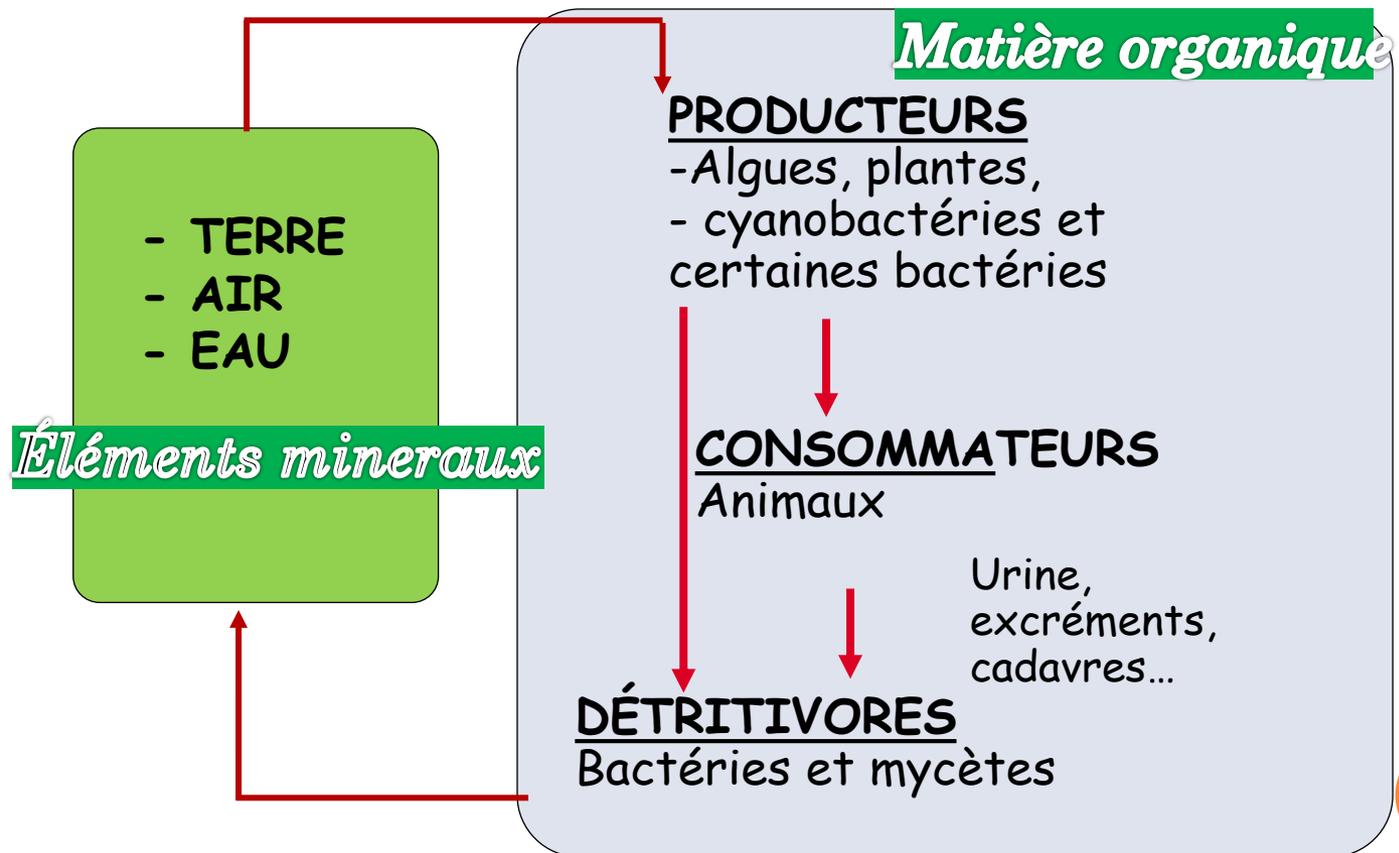
- **Molécules organiques dans la biomasse** : glucose, protéines, lipides...
- **Molécules gazeuses dans l'atmosphère**: (N_2 , O_2 , CO_2 , anhydride sulfureux, oxydes d'azote...).
- **Ions solubles dans l'hydrosphère**: nitrites NO_2^- , nitrates NO_3^- , ammonium NH_4^+ , bicarbonates HCO_3^- , sulfates SO_4^{2-} , phosphates PO_4^{3-} ...
- **Sels cristallisés dans les sédiments**: calcaire $CaCO_3$, dolomite $CaMg(CO_3)_2$...

- Une quantité considérable de **matière minérale** pénètre dans les écosystèmes par les producteurs qui la transforment en **matière organique**.
- La matière est injectée dans la chaîne alimentaire au niveau des racines des plantes mais aussi au niveau des feuilles sous forme de CO_2 , d' H_2O , et d'éléments minéraux.
- La matière organique circule des producteurs aux détritivores puis retourne dans les réservoirs abiotiques, sous forme minérale:
 - Les molécules organiques quittent la **phase organique** sous forme : d'excréments, d'urine, de débris végétaux et animaux et de cadavres.
 - Utilisées par les détritivores (bactéries et champignons), elles sont retransformées en **matière minérale** (décomposition).

- L'étape-clé de la circulation de la matière est son «recyclage» après son passage dans la phase organique. Le recyclage c'est la décomposition des matière organique en matière minérale.

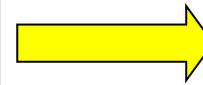
Reservoirs abiotiques

Reservoir biotique



- La décomposition est complète dans les sols bien aérés mais incomplète dans les milieux peu ou non oxygénés comme les boues et les eaux stagnantes.

Là où il y a de l'oxygène, la respiration cellulaire décompose complètement les molécules en leurs éléments minéraux.



CO₂ et eau

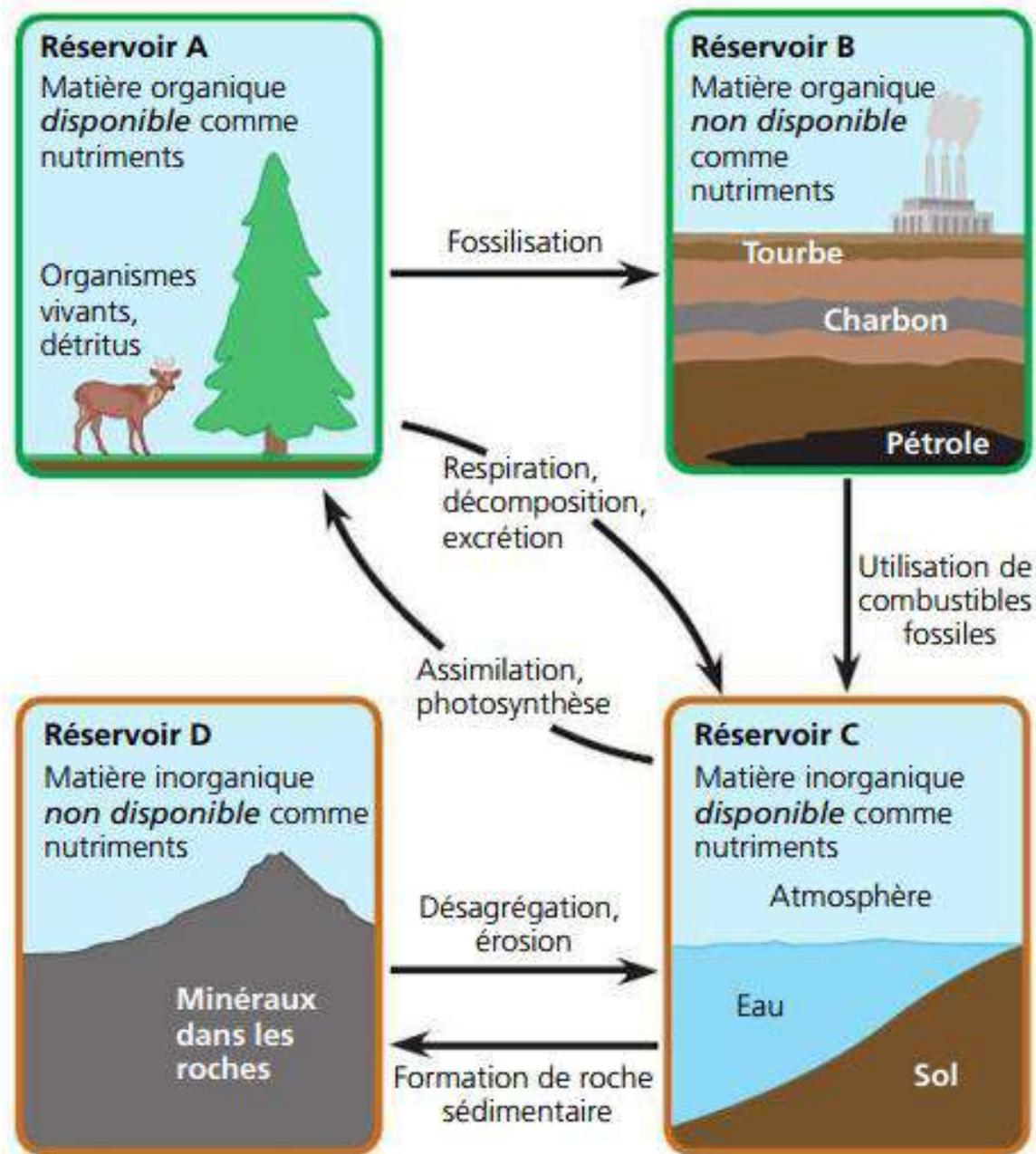
Là où il n'y a pas d'oxygène, la fermentation décompose partiellement les molécules organiques.



Lactate ou éthanol

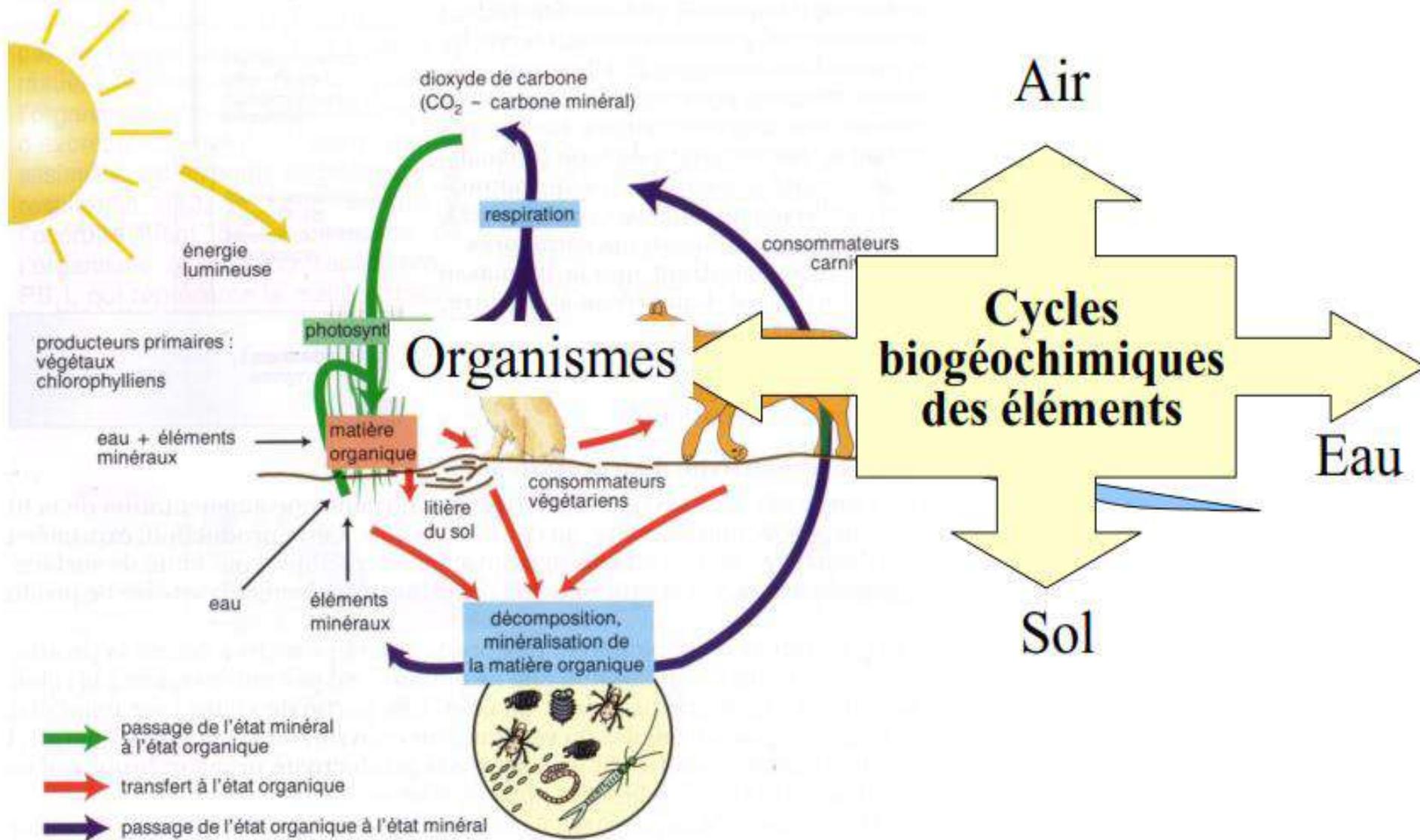
Les résidus incomplètement décomposés s'accumulent dans le milieu. La matière organique de ces sols très riches est peu à peu incorporée aux sédiments en formant l'humus, la tourbe, le charbon, le gaz naturel ou le pétrole.

- Les éléments minéraux qui quittent la phase organique peuvent être directement réinjectés dans la chaîne alimentaire (disponibles) ou s'incorporer aux sédiments. Ils ne sont alors plus disponibles aux producteurs mais peuvent le redevenir lorsqu'ils sont libérés par l'érosion des roches puis solubilisés dans l'eau de ruissellement.



Modèle général de recyclage des nutriments

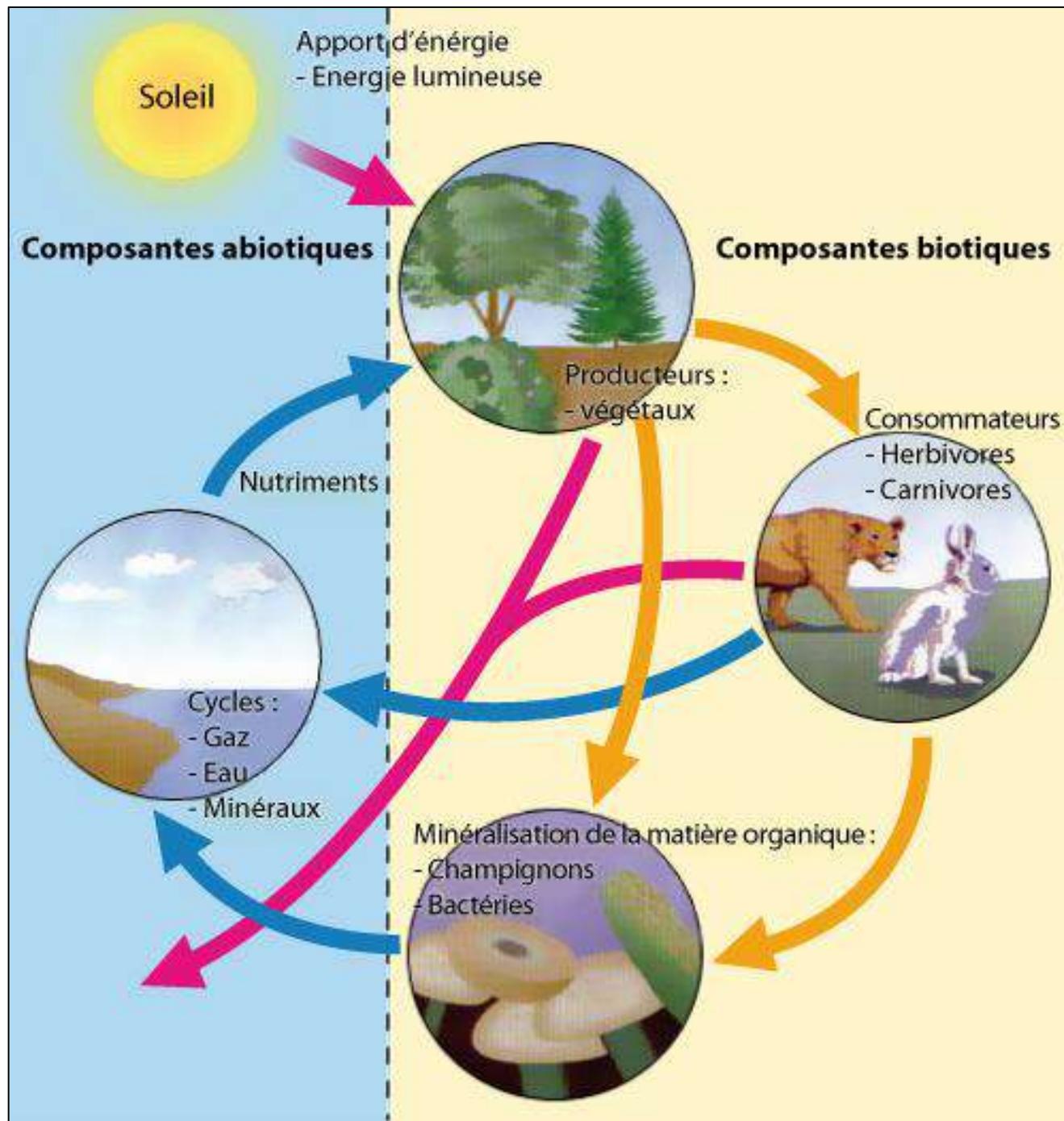
Le cycle de la matière dans un écosystème



(Beaux, 2004)

2. Les cycles biogéochimiques du C, de N et du P:

- Les écosystèmes sont traversés par un flux d'énergie et de matières.
- La circulation de la matière (nutriments) au sein de l'écosystème est **cyclique**: L'énergie solaire provoque le fonctionnement de système via la photosynthèse des plantes.
- La matière organique circule ensuite au sein des différents niveaux trophiques (producteurs, herbivores, carnivores) puis sont relâchés via les réactions de dégradation et de décomposition à nouveau sous une forme minérale dans l'écosystème où elle est à nouveau disponible.
- L'énergie non utilisée est perdue dans l'écosystème notamment sous forme de chaleur.



Les différents éléments chimiques sont stockés dans des réservoirs. Les échanges entre ces réservoirs sont sous forme de flux.

les cycles de la matière dans les écosystèmes font intervenir des phénomènes physico-chimiques, mais aussi biologiques.

- **réservoir : abiotiques** (constitue le domaine de la géochimie)
- **réservoir : biotique** (constitue le domaine de la biogéochimie)

Le caractère cyclique de ce fonctionnement a donné le nom de **cycle biogéochimique**.

Cycle biogéochimique : ensemble des processus permettant le recyclage des éléments constituant les êtres vivants.

Ces cycles se matérialisent sous la forme de réservoirs et de transferts (FLUX) entre ces réservoirs. Un même élément au sein de ces cycles peut se présenter sous différentes formes chimiques.

Il y a deux types de cycles biogéochimiques :

i: Les cycles mondiaux (globaux): ont une composante atmosphérique (phase gazeuse): carbone, azote, oxygène, eau, soufre...

ii: Les cycles locaux: n'ont pas de composante atmosphérique, ces éléments ne passent pas par la phase gazeuse: phosphore, potassium, calcium...

Cycle du carbone

1. Importance biologique:

Les atomes de carbone sont nécessaires à l'élaboration des chaînes carbonées qui structurent le vivant.

2. Forme utilisable par les organismes:

Les producteurs terrestres absorbent le carbone sous forme de CO_2 atmosphérique et les producteurs aquatiques l'absorbent sous forme d'ions bicarbonates HCO_3^- (aussi du CO_2 dissous et des ions carbonates CO_3^{2-}).

3. Principaux réservoirs:

Les roches calcaires et les combustibles fossiles sont les principaux réservoirs du carbone.

4. Entrée dans la partie biotique du cycle et, sortie:

- **Introduction** par photosynthèse,
- **Perte** par respiration cellulaire, par dépôt dans les roches calcaires et dans les matières partiellement décomposées.

5- Les grands réservoirs naturels du carbone:

- Atmosphère: le CO_2 stocké dans l'atmosphère 0,03% du volume de l'atmosphère.

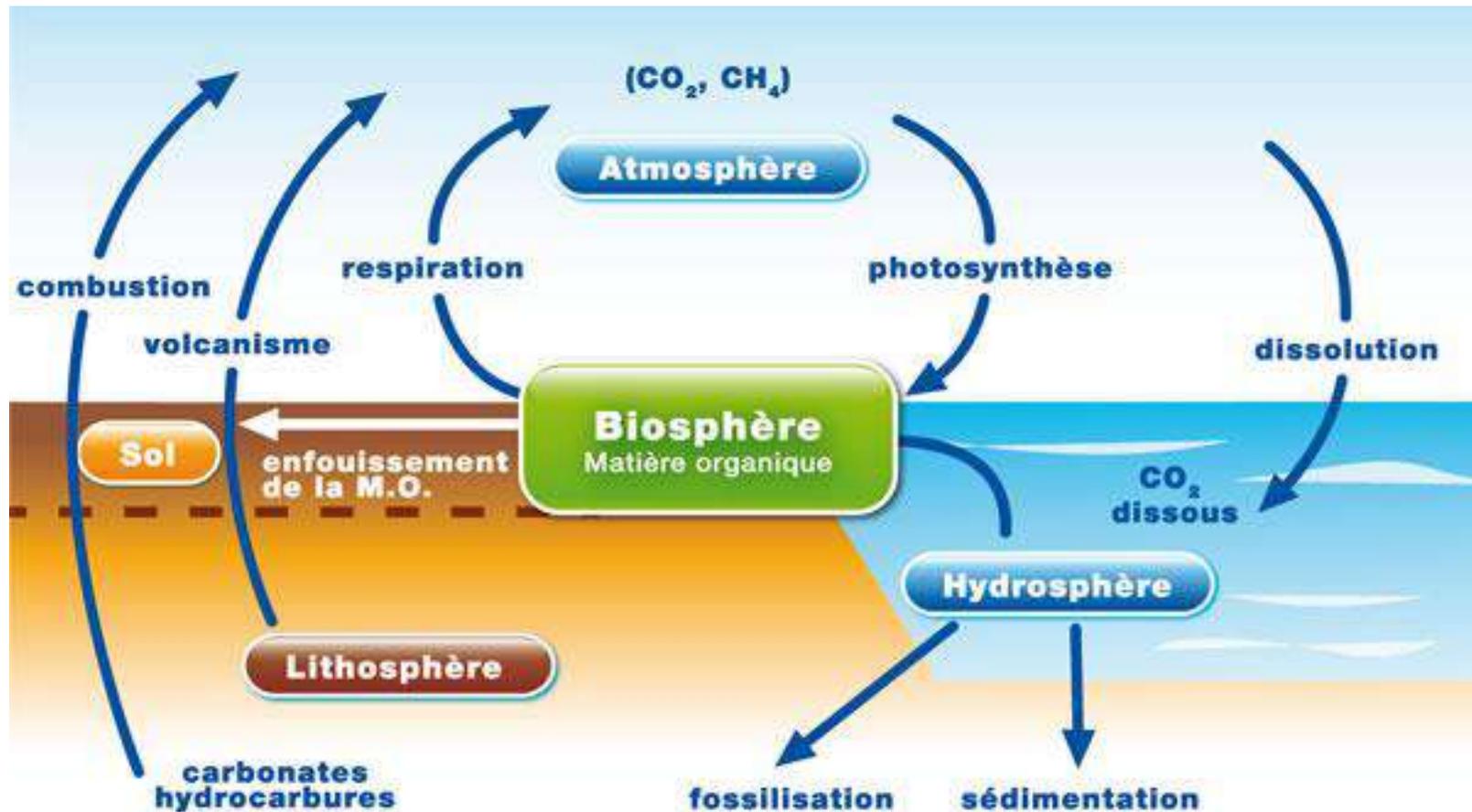
- Hydrosphère: le Carbone stocké dans les océans:
- eaux superficielles et profondes (pompe chimique et pompe de solubilité).

- roches carbonatées d'origine marine: calcaire et dolomite.

- Biosphère: Le carbone stocké dans la biosphère continentale (surtout chez les êtres vivants).

- Lithosphère: Les combustibles fossiles (pétrole, charbon).

6- Les échanges entre ces réservoirs:





**Université Cadi Ayyad
Faculté Polydisciplinaire de Safi
Département de Biologie
Filière Sciences de la Vie**

S3/SVI

Module de l'Écologie générale 1 (AU : 2020/2021)

Séance 6

Pr. Mohamed TECHETACH

Cycle de l'azote

1. Importance biologique:

Les atomes d'azote sont nécessaires à l'élaboration des protéines, des acides nucléiques et la chlorophylle.

2. Forme utilisable par les organismes:

Les producteurs absorbent l'azote sous forme d'ions ammonium NH_4^+ (milieu acide) et de nitrates NO_3^- (milieu basique).

3. Principal réservoir de l'azote:

Le principal réservoir de l'azote est l'atmosphère (79% de l'atmosphère).

4. Entrée dans la partie biotique du cycle et, sortie:

Introduction: Par les bactéries fixatrices d'azote des nodules des légumineuses et du sol, les cyanobactéries des lacs, les dépôts atmosphériques, la fixation par les orages électriques et les engrais.

Recyclage local: La majeure partie de l'azote de l'écosystème provient de la circulation locale (décomposition des déchets organiques puis réintroduction au niveau des racines des producteurs).

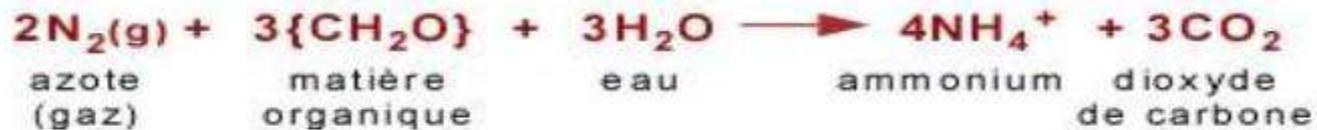
Perte: L'azote quitte l'écosystème via la vaporisation, la dénitrification et le lessivage des sols vers les cours d'eau (contribue à leur eutrophisation ou enrichissement en éléments minéraux).

L'azote, un élément nutritif limitant, fait partie des engrais.

5. Les processus biologiques de transformation et de recyclage de N₂:

L'azote atmosphérique (N₂) n'est pas directement assimilable par les plantes, il doit subir une série de transformations biologiques préalablement à son incorporation dans la matière organique. Les flux engendrés par les processus biologiques contribuent à **95%** du cycle global de l'azote.

a. Fixation: c'est la transformation de l'azote atmosphérique en azote utilisable par les plantes. Elle se fait par les bactéries fixatrices de l'azote qu'on trouve dans les nodosités des légumineuses et par les cyanobactéries.



Fixation de l'azote de l'air

Photographie des nodosités de racines d'une légumineuse (haricot).



nodosité

b. **Nitrification**: oxydation de l'ammonium (NH_4^+) en Nitrite (NO_2^-) et Nitrates (NO_3^-) par les bactéries nitrifiantes. le nitrate est la forme préférentiellement utilisée par les végétaux et algues supérieures.



c. **Ammonification**: décomposition de la matière organique (protéines) en ammonium et réintroduction au niveau des racines des producteurs (95% de l'azote local).

d. **Dénitrification**: retour de l'azote à l'atmosphère sous sa forme moléculaire N_2 , avec comme produit secondaire le CO_2 et N_2O grâce à des bactéries anaérobies dénitrifiantes.



1. FIXATION DE L'AZOTE

Conversion de N_2 atmosphérique en formes assimilables pour l'écosystème.

En nitrates (NO_3^-) par les industries (engrais).

En ammoniac (NH_3) :

- Par les bactéries fixatrices d'azote des nodosités des racines de certaines plantes
- Par les bactéries fixatrices d'azote du sol
- Par les cyanobactéries des écosystèmes aquatiques

2. DÉPÔTS ATMOSPHÉRIQUES

Fixation de l'azote atmosphérique en nitrates (NO_3^-) et en ammonium (NH_4^+) (orages électriques, rayons UV du soleil et infrarouges du sol), puis, déposition dans les écosystèmes par dissolution dans les eaux de pluie et sédimentation de poussières. Représente 5 à 10 % de l'azote assimilable qui entre dans l'écosystème

3. VAPORISATION

L'ammoniac est un gaz qui peut retourner dans l'atmosphère depuis les sols dont le pH est proche de 7. Ce NH_3 perdu par les sols peut alors devenir du NH_4^+ dans l'atmosphère et retourner aux sols dans les précipitations.

4. DÉNITRIFICATION

Réduction des nitrates en azote. Par les bactéries anaérobies. Dans les boues sans oxygène.

5. Libération de produits azotés par les volcans et la combustion.

Lessivage du sol

AMMONIFICATION

Recyclage local des déchets organiques contenant de l'azote. En ammoniac et en ammonium. 95% de l'azote local

AMMONIAC

Non assimilable par les végétaux. Capte un proton et devient de l'ammonium.

VAPORISATION

ASSIMILATION par les végétaux.
 NH_4^+ et NO_3^-

AMMONIUM

Absorbable directement par les plantes mais la majeure partie sert de source d'énergie aux bactéries aérobies.

NITRIFICATION

NITRITES

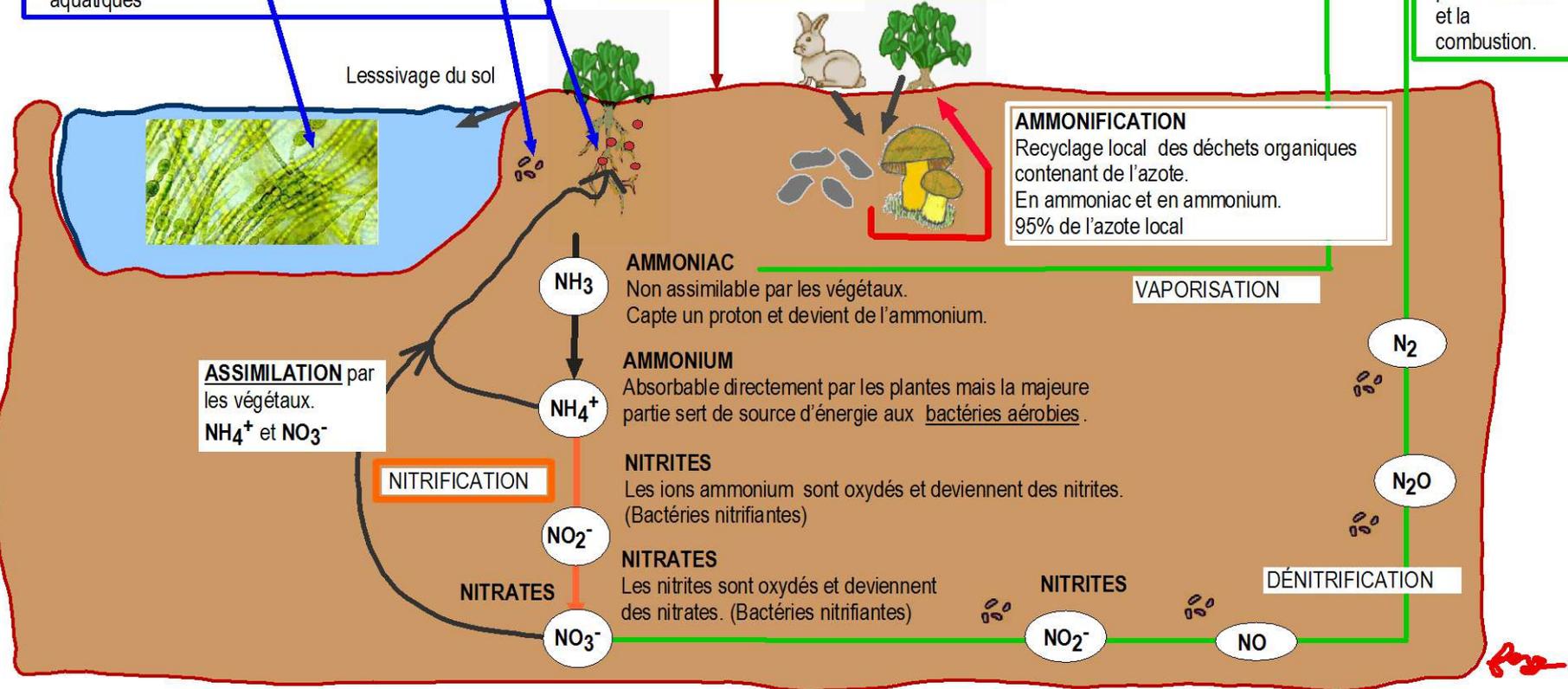
Les ions ammonium sont oxydés et deviennent des nitrites. (Bactéries nitrifiantes)

NITRATES

Les nitrites sont oxydés et deviennent des nitrates. (Bactéries nitrifiantes)

NITRITES

DÉNITRIFICATION



Cycle biogéochimique du phosphore

Cycle local, pas de phase gazeuse!

1. Importance biologique:

Les organismes ont besoin de phosphore pour fabriquer leur matériel génétique (ADN et ARN), ATP, leur membranes cellulaires, leurs os et leurs dents.

2. Forme utilisable par les organismes:

Les producteurs absorbent le phosphore sous forme d'ions phosphates (PO_4^{3-}).

3. Principal réservoir:

Les roches sont le principal réservoir de phosphates.

4. Entrée dans la partie biotique du cycle et, sortie:

Introduction. Par érosion des roches contenant du phosphate.

Recyclage local. La majeure partie du phosphore de l'écosystème provient de la circulation locale (décomposition des déchets organiques puis réintroduction au niveau des racines des producteurs).

Perte. Le phosphore quitte l'écosystème via le lessivage des sols vers les cours d'eau (contribue à leur eutrophisation ou enrichissement en éléments minéraux) et via la sédimentation des phosphates dissous dans les cours d'eaux.

Le phosphore, un élément nutritif limitant, fait partie des engrais.

ASSIMILATION

des ions phosphates par les végétaux.

Soulèvement géologique

Érosion des roches

Ruissellement

Phosphate dissous PO_4^{3-}

Lessivage du sol

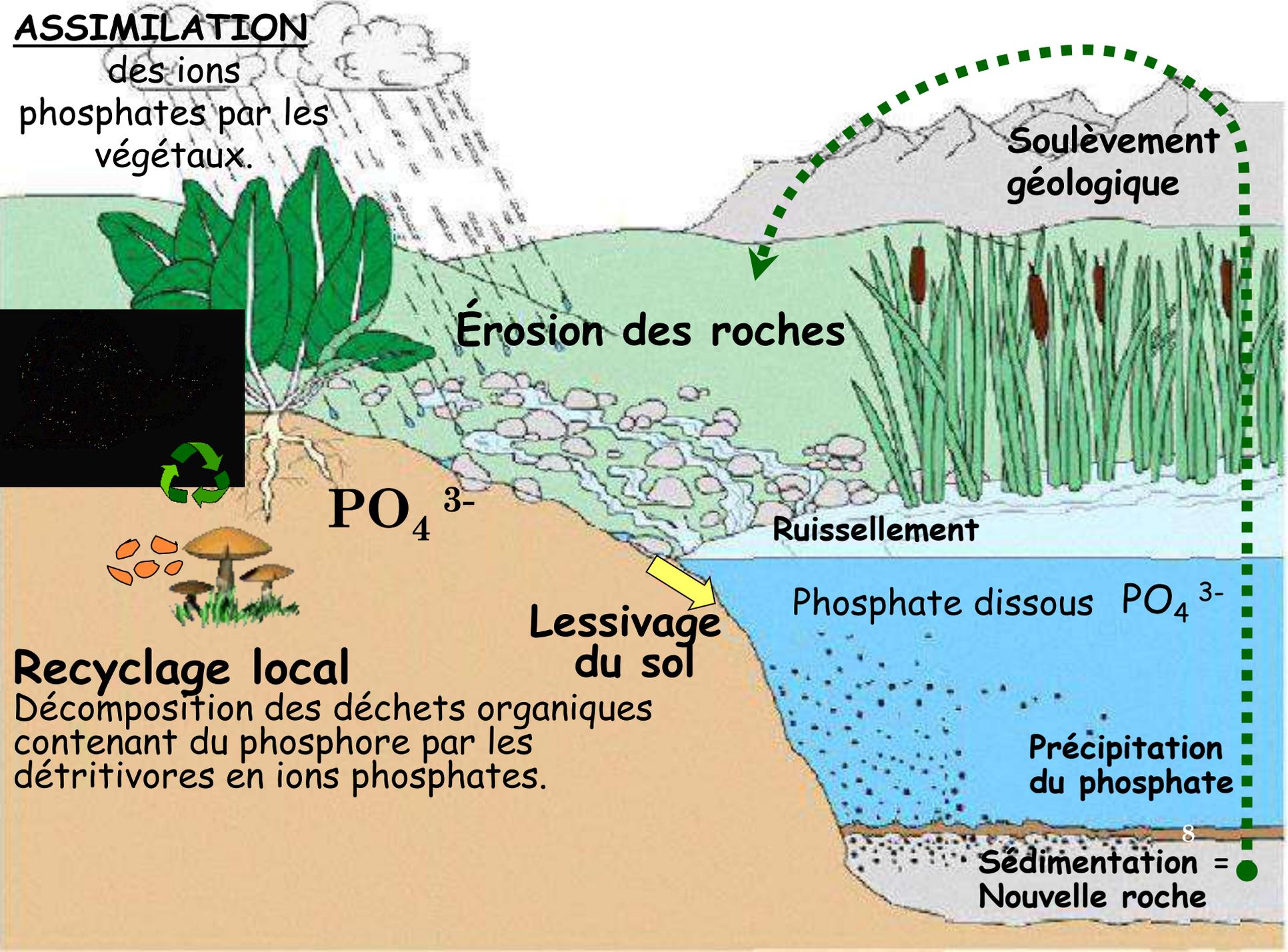
Précipitation du phosphate

Sédimentation = Nouvelle roche



Recyclage local

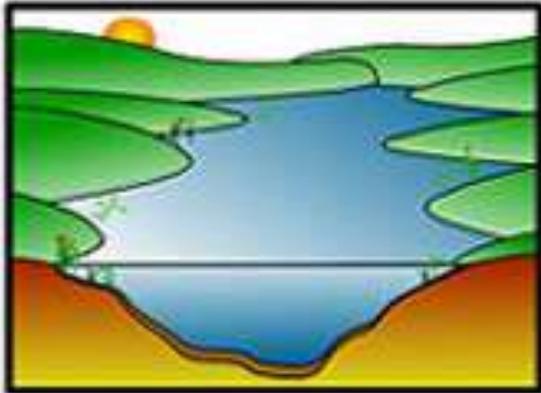
Décomposition des déchets organiques contenant du phosphore par les détritivores en ions phosphates.



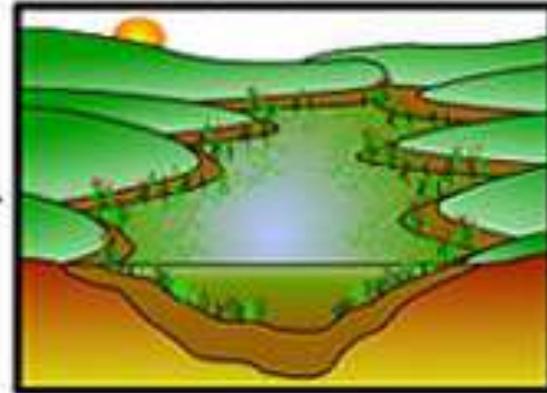
L'**eutrophisation** est un processus naturel (en centaines ou milliers d'années) qui transforme lentement les lacs en marais, puis en prairie et finalement en forêt. Elle **est causée** par le ruissellement des territoires avoisinants qui entraîne des minéraux et d'autres déchets organiques dans le lac.

Processus naturel : **dizaines de milliers d'années**
Processus accéléré par les activités humaines : **dizaines d'années**

Oligotrophe (lac jeune)



Eutrophe (lac vieux)



LAC OLIGOTROPHE

- Lac jeune
- Profond car peu de sédiments accumulés ==> eau fraîche et claire
- Pauvre en nutriments
- Peu productif ==> eau claire
- Eaux oxygénée car peu de décomposition
- Beaucoup d'espèces animales

LAC EUTROPHE

- Lac vieux
- Peu profond à cause des sédiments accumulés ==> eau chaude et peu transparente
- Riche en nutriments
- Productif ==> eau trouble
- Eau peu oxygénée car beaucoup de décomposition
- Peu d'espèces, mort de plusieurs

Processus de l'eutrophisation:

- L'accumulation des **nutriments (azote et phosphore)** dans le lac le rend de plus en plus productif. Les algues et les plantes aquatiques prolifèrent. Les cadavres des organismes devront être décomposés (au fond du lac) par les décomposeurs. Ceux-ci consomment de l'oxygène (respiration cellulaire).
- Lorsque l'équilibre est rompu parce qu'il y a trop de nutriments dans le lac, les besoins en oxygène sont dépassés et les déchets organiques commencent à s'accumuler. Le lac se comble graduellement.
- L'eutrophisation est accélérée par le ruissellement des terres déboisées, les engrais des terres agricoles, les débordement des égouts, les phosphates des savons...

CHAPITRE III

LES PRINCIPAUX BIOMES

TERRESTRES ET AQUATIQUES

Biomes

Des subdivisions **latitudinales** sous forme de bandes, de l'équateur vers les pôles.

Ensemble des écosystèmes d'une aire biogéographique et nommé à partir de la **végétation** et des espèces **animales** qui y prédominent.

Biome appelé aussi **écozone** ou **écorégion**.

Biome caractérisé par un **climat** qui détermine le type de végétation.

Il n'y a pas de frontière nette entre deux biomes. Les zones de transition où se chevauchent des deux systèmes se nomment **écotones**.

Biome: une zone climatique+ un type de plantes+un grand prédateur (Taïga: ours polaire, Savane: lion)

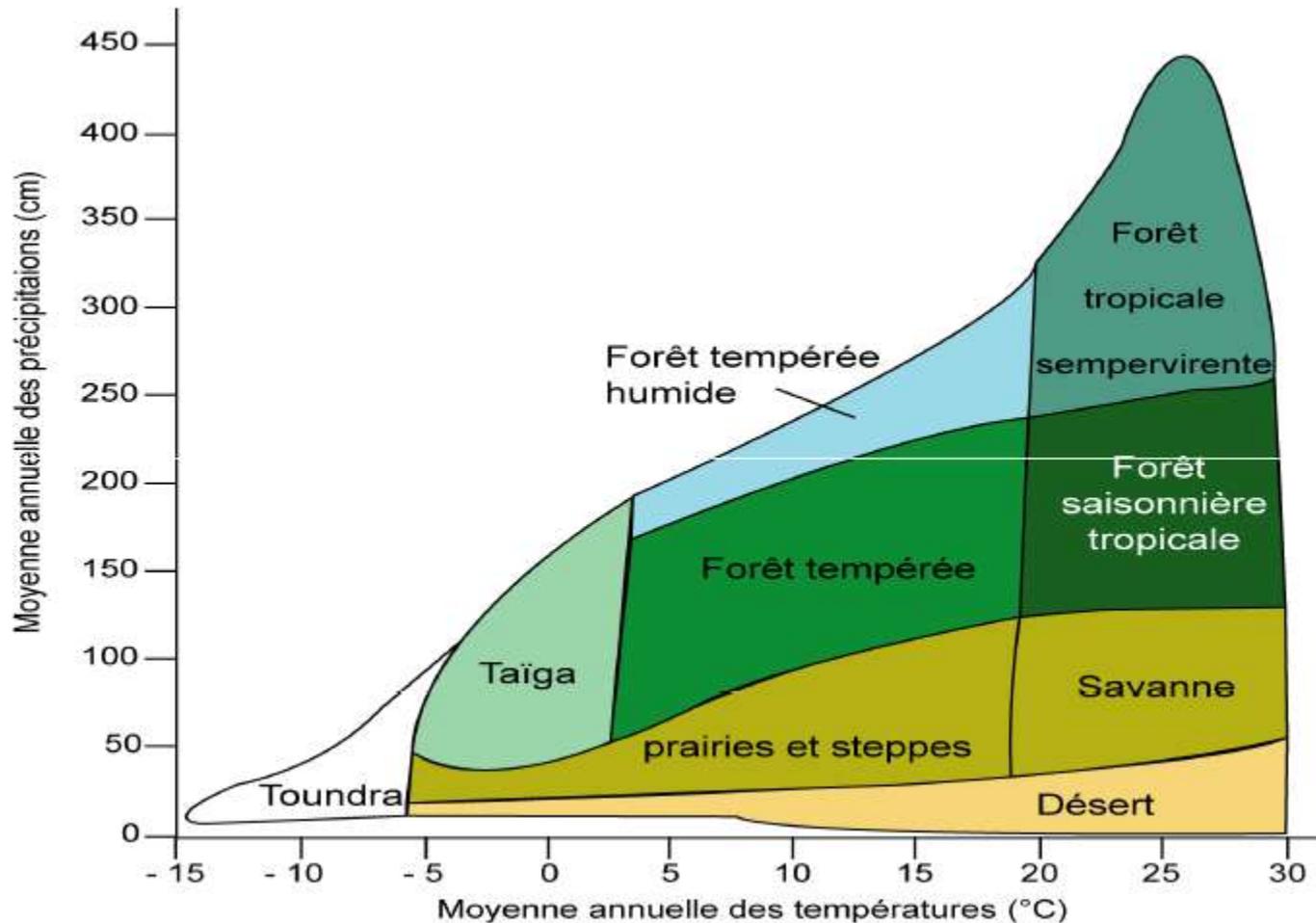
Deux grands types de biomes

Terrestres	Aquatiques
Toundra	Lacs
Forêt boréale (forêt de conifères: Taïga)	Terres humides
Forêt tempérée	Bassins xériques
Prairie tempérée (steppe)	Cours d'eau
Savane	Deltas
Forêt tropicale humide	Estuaires
Forêt tropicale sèche	Milieu marin
Déserts	Récifs coralliens



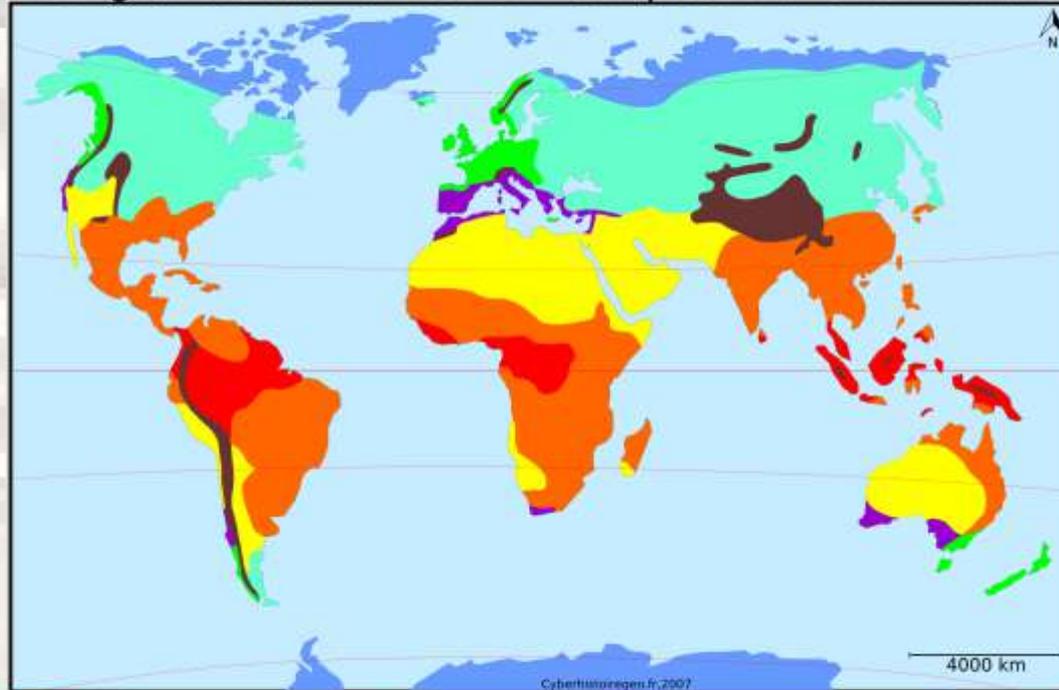
Biomes Terrestres:

La répartition en latitude des grands biomes terrestres est conditionnée par les climats



Le climat détermine la répartition des biomes terrestres

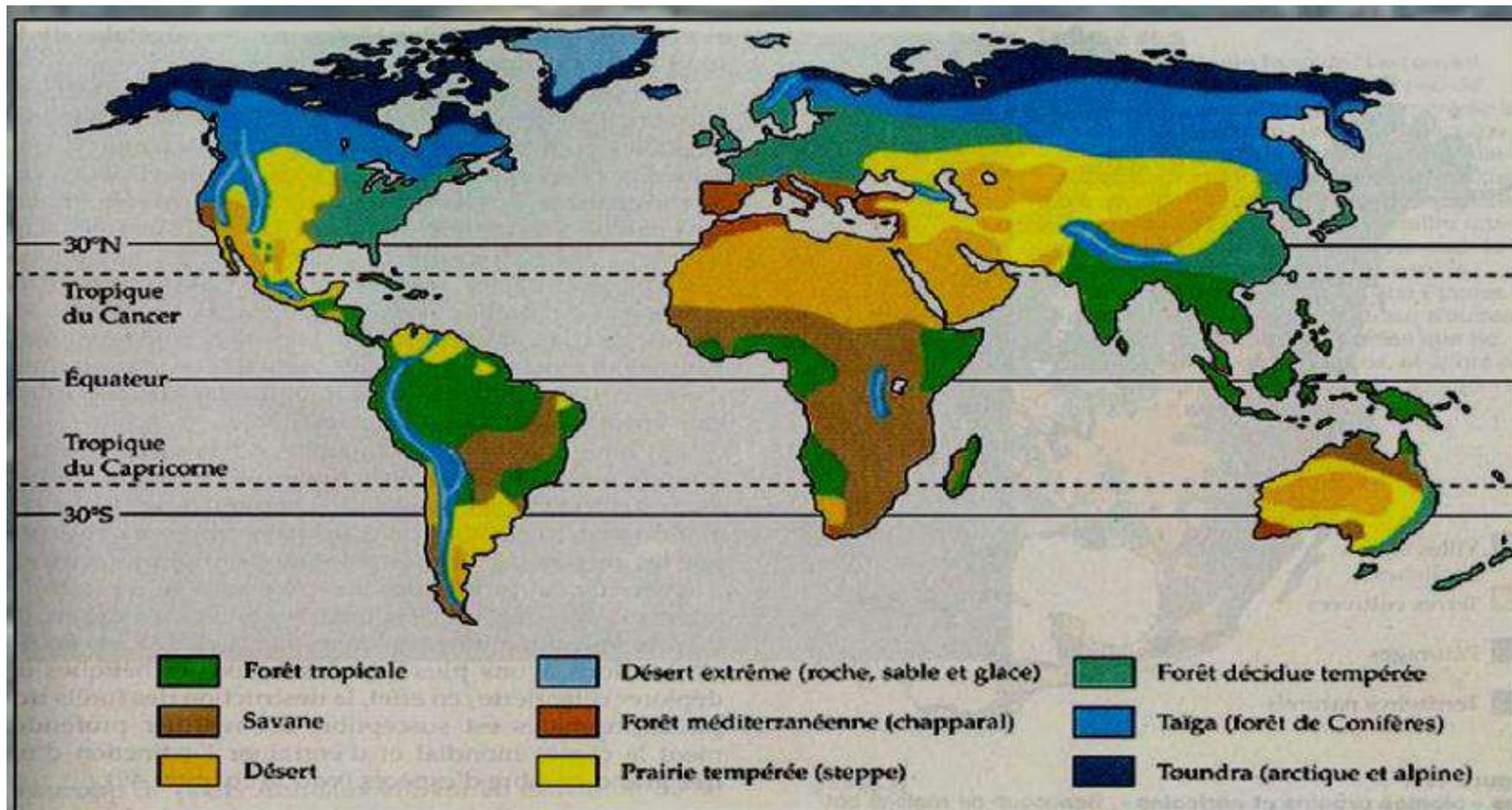
Les grands domaines climatiques dans le monde



- | | | |
|---|--|---|
|  Climat équatorial |  Climat continental |  Climat polaire |
|  Climat tropical |  Climat océanique |  Climat montagnard |
|  Climat aride |  Climat méditerranéen | |



Localisation des biomes terrestres



Biomes terrestres

Zones froides:

Toundra (Arctique, humide)

- Mousses, graminées; plantes herbacées à feuilles larges.
- Bœufs musqués, caribous et rennes. Prédateurs: ours (*Ursus*), loup (*Canis lupus*), renard (*Vulpes*).

TOUNDRA

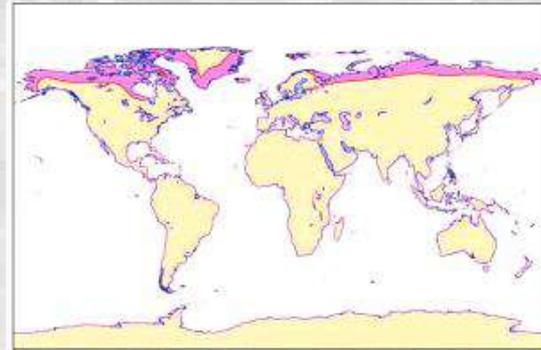
Précipitations :
faibles 20 à 60 cm/ an

Température :
Très froides.
-30 à 10°C en moyenne

Végétation :
Principalement herbacée,
lichen, pas d'arbres

Faune :
Grands herbivores (bœufs
musqués, rennes), quelques
prédateurs, oiseaux en été

Particularité :
pergélisol



Zones froides:

Taïga (subarctique, humide) ou forêt boréale de conifères

-Pins, sapins, pruches.

-Mammifères: orignaux (*Alces alces*), ours bruns (*Ursus arctos*), tigre de Sibérie.

FORET DE CONIFERES : TAIGA

Précipitations :

30 à 70 cm/ an, sécheresses fréquentes

Température :

Hivers froids, été assez chauds
Grande amplitude thermique -50 à +20 °C

Végétation :

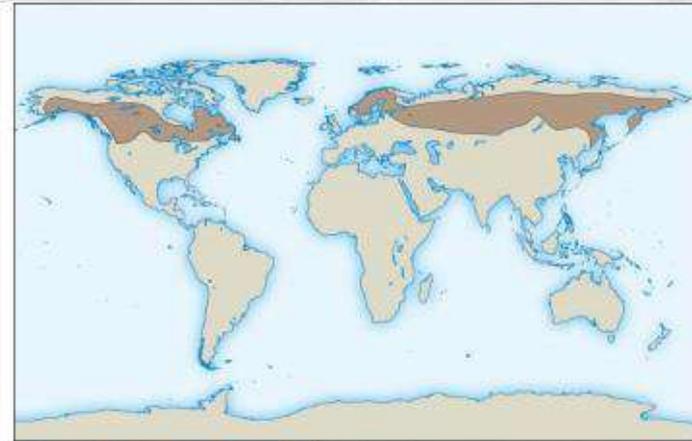
Pins, Sapins et autres conifères

Faune :

Grande diversité de mammifères, oiseaux migrateurs, pullulation d'insectes

Particularité :

Le plus vaste biome terrestre



Zones tempérées:

FORET DECIDUE TEMPEREE

Précipitations :

70 à 200 cm/ an

Température :

Amplitude importante

0 à +35°C

Végétation :

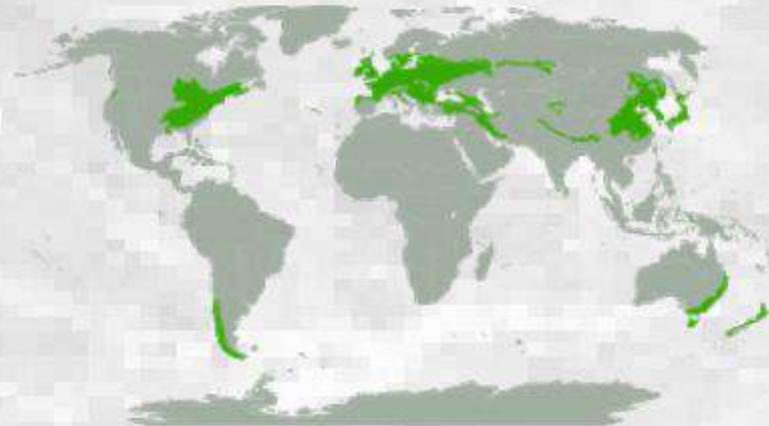
Plusieurs strates de végétation, arbres à feuillage caduc dans l'hémisphère Nord, Eucalyptus en Australie

Faune :

Très diversifiée

Particularité :

Principalement dans l'hémisphère Nord



Zones tempérées:

PRAIRIE TEMPEREE : STEPPE

Précipitations :

Hivers secs et étés humides

30 à 100 cm/an

Sécheresses fréquentes

Température :

Hiver froids (-10°C) étés chauds

(30°C)

Végétation :

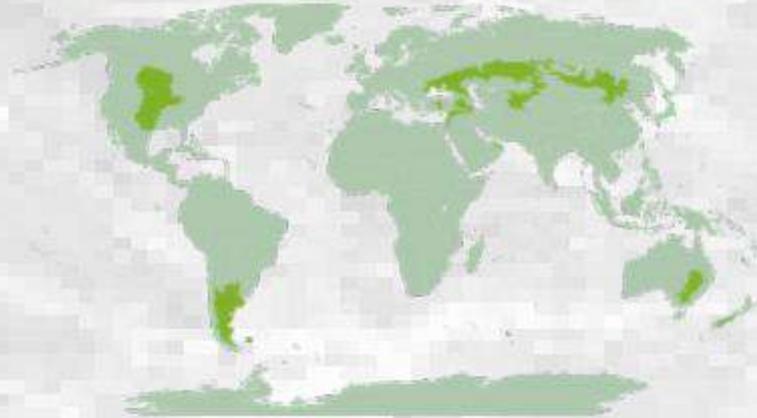
Graminées et autres plantes herbacées, pas d'arbres

Faune :

Grands herbivores comme les bisons

Particularité :

Souvent utilisées comme terres agricoles



Zones tempérées:

Forêt méditerranéenne:

-Cerfs (*Cervus*), chèvres
(*Capra*)

Précipitations :

Hivers pluvieux et étés secs

30 à 50 cm/an

Sécheresses fréquentes

Température :

Printemps, automne, hiver frais

(10-12°C), étés chauds (30- 40°C)

Végétation :

Herbes, arbustes et petits arbres

Faune :

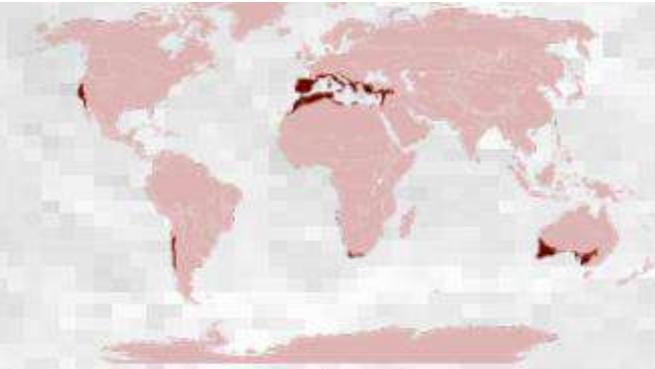
Nombreux amphibiens, oiseaux,

lézards, serpents petits

mammifères et insectes

Particularité :

Végétation adaptée au feu



Zones chaudes:

Savane:

- Arbres épineux, graminées, petites plantes herbacées à feuilles larges.
- Mammifères herbivores: gnous (*Connachaetes*), zèbres (*Equus zebra*).
- Grand

Précipitations :

Longue saison sèche
30 à 50 cm/an

Température :

Chaude toute l'année 24 à 29°C

Végétation :

Arbres dispersés et graminées
Adaptée à la sécheresse

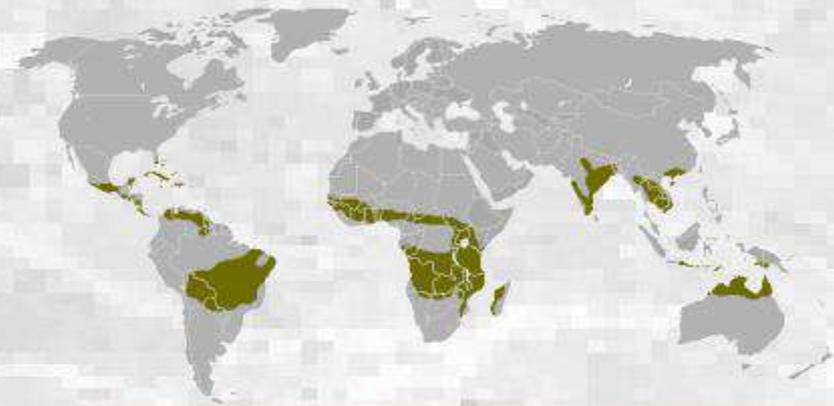
Faune :

Variée, grands mammifères
herbivores et leurs prédateurs,
insectes

Particularité :

Végétation adaptée au feu

SAVANE



Zones chaudes:

FORET TROPICALE

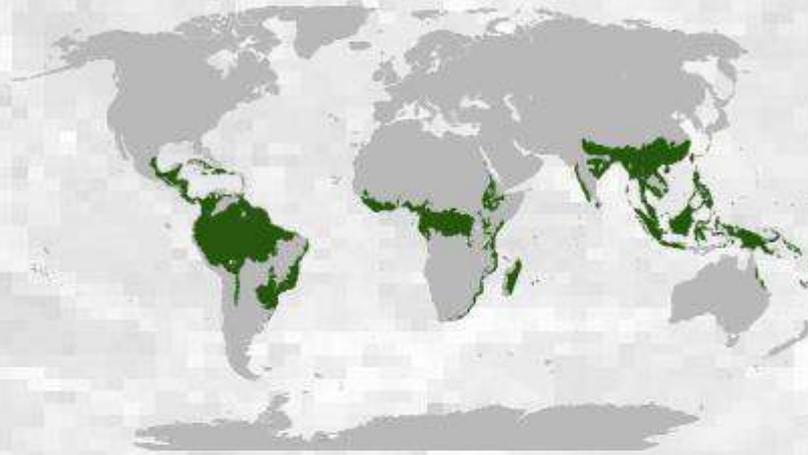
Précipitations :
200 à 400 cm/an

Température :
Chaude toute l'année 25 à 29°C

Végétation :
Dense, nombreuses strates, forte
compétition pour la lumière.
Plantes épiphytes

Faune :
Très riche et diversifiée

Particularité :
Le biome qui abrite la plus grande
diversité d'espèces animales



Azonaux:

Les déserts et broussailles xérophytes : est un milieu caractérisé par des conditions arides. Ce biome est caractérisé par une végétation rare, basse dite xérophyte composée notamment de plantes succulentes ou grasses.

Les prairies et broussailles de montagne : biome azonal constitué de pelo

DESERT

Précipitations :

Moins de 30 cm/an

Température :

Très variable en fonction des déserts et de la période -30 à +50°C

Végétation :

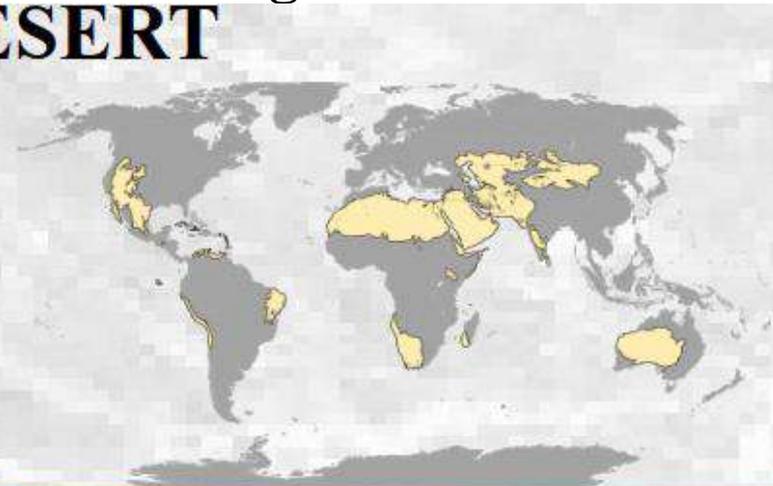
Basse, dispersée, cactus, euphorbes

Faune :

Petits animaux tels que lézards, serpents, insectes, arachnides, petits mammifères et oiseaux migrants

Particularité :

Nombreuses adaptations des plantes et des animaux à la sécheresse



Biomes aquatiques:

La profondeur d'eau, l'hydrologie, la chimie de l'eau, la lumière disponible et la température sont des facteurs clés en décrivant les écosystèmes aquatiques.

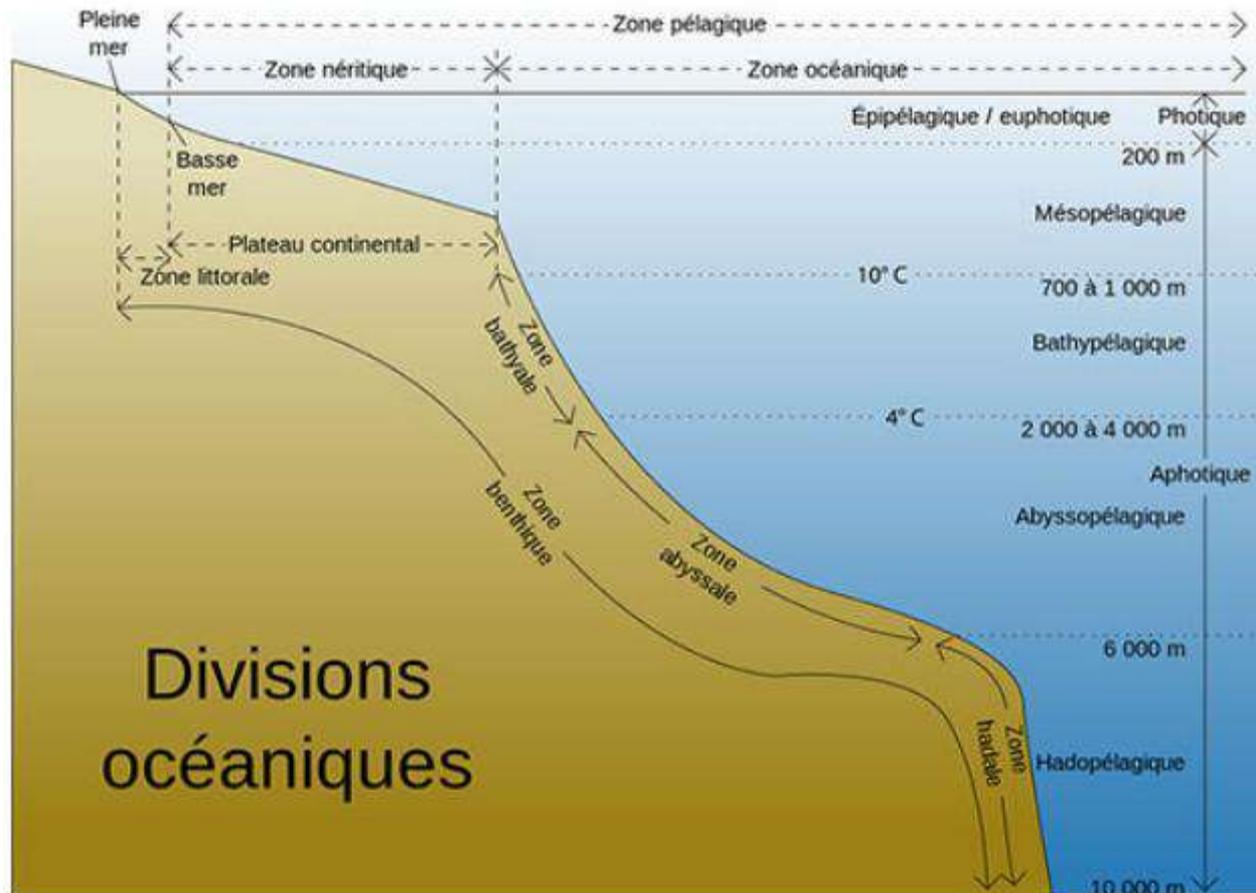
En fonction de la salinité, on distingue deux types de biomes: marins et dulcicoles.

- Biomes marins: salinité de **30-40g/l**.
- Biomes dulcicoles: salinité se situe autour de **1g/l**.



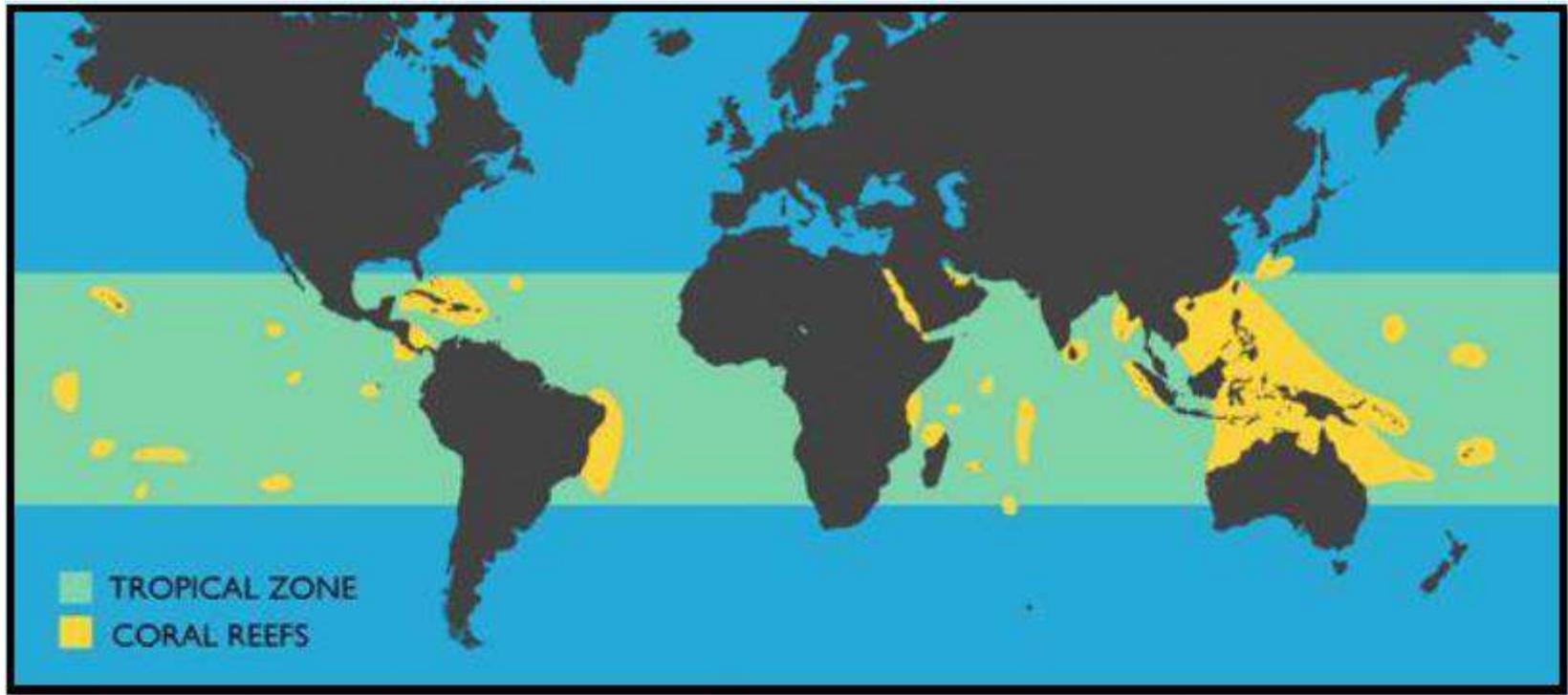
Zone pélagique: Elle est subdivisée horizontalement et verticalement. Horizontalement, on distingue les provinces néritiques (au dessus du plateau continental) et océanique (le reste). Verticalement, on distingue 5 zones.

Zone benthique: À l'exception des eaux côtières peu profondes, la zone océanique benthique ne reçoit pas de lumière solaire. Dans ce milieu, plus on s'enfonce, plus la température est basse et plus la pression est élevée. Par conséquent, les organismes qui occupent la zone très profonde, ou zone abyssale, sont adaptés à des conditions extrêmes. On distingue 3 zones.



Zone intertidale: submergée et découverte par des marées. Les concentrations de O₂ et de nutriments sont généralement élevées. Présence des algues, mollusques, échinodermes et crustacés.

Récifs coralliens: se localisent dans la zone intertropicale entre les isothermes 20 et 27 °C. Les eaux sont très limpides et calmes. Prédominance des cnidaires.



Biomes dulcicoles:

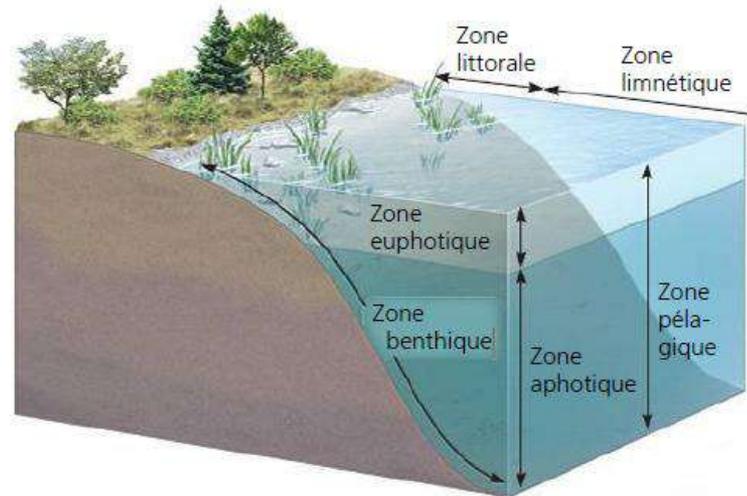
Regroupent les eaux stagnantes, courantes et continentales.

Lac:

-La répartition des communautés lacustres est fonction de la profondeur de l'eau, de la pénétration de la lumière et de la distance par rapport au rivage.

La **zone littorale** contient des plantes aquatiques et des insectes herbivores.

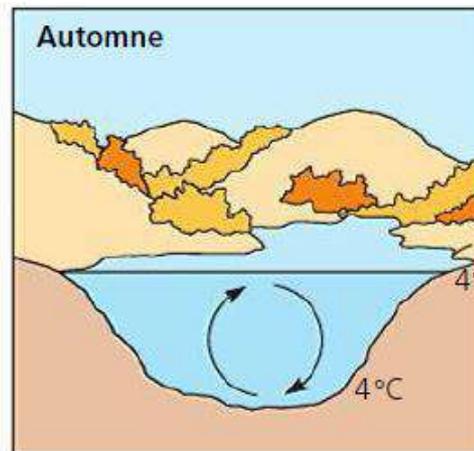
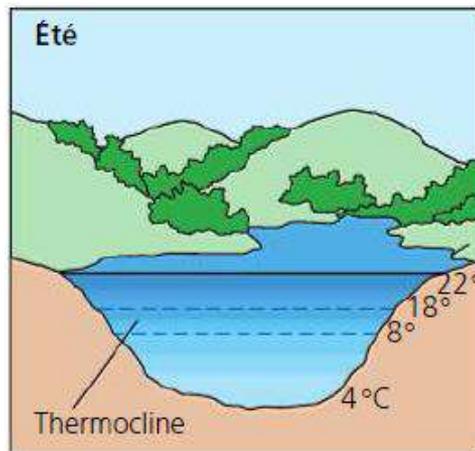
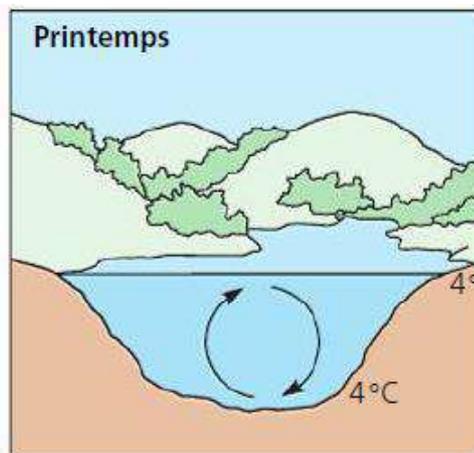
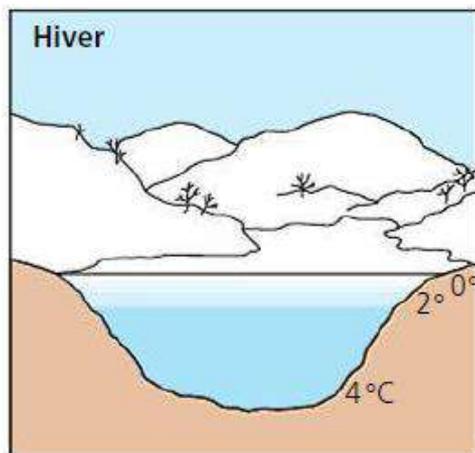
La **zone limnique** est riche en poissons et algues flottantes.



-La température de l'eau dans les lacs est particulièrement sujette à la **stratification**, surtout durant l'été et l'hiver.

-Grâce au **brassage saisonnier** ci-dessous (voir la figure), les eaux lacustres sont bien oxygénées au printemps et à l'automne ; durant l'hiver et l'été, lorsque l'eau subit une stratification thermique, la concentration de O_2 est plus faible au fond du lac et plus élevée près de la surface.

1 En hiver, les eaux les plus froides du lac (0°C) se trouvent juste sous la couche de glace superficielle. L'eau se réchauffe en profondeur, pour atteindre habituellement autour de 4°C dans le fond.



3 Pendant l'été, une stratification thermique réapparaît : l'eau chaude de la surface est séparée de l'eau froide du fond par la thermocline, une mince couche d'eau du lac où le gradient thermique est abrupt.

2 Au printemps, la fonte de la glace amène la température de la couche superficielle à 4°C . L'eau de cette couche superficielle se mélange aux couches froides sous-jacentes, ce qui fait disparaître la stratification thermique qui s'est établie pendant l'hiver. Les vents printaniers contribuent au brassage des eaux ; ainsi, les eaux profondes reçoivent du O_2 et les eaux superficielles, des nutriments.

4 À l'automne, l'eau de la couche superficielle refroidit rapidement au contact de l'air froid, et s'enfonce sous les couches sous-jacentes. Les eaux du lac se mélangent de nouveau, jusqu'à ce que la surface gèle. La stratification thermique hivernale se rétablit alors.

Cours d'eau: les cours d'eau (fleuve, rivière, ruisseau) sont des biomes dulcicoles caractérisés par leur courant, dont la vitesse peut varier en fonction du relief, des conditions météorologiques et des saisons.

Terres humides: une **terre humide est un habitat inondé** au moins une partie de l'année et où vivent des plantes adaptées aux sols saturés d'eau. Certaines terres humides sont inondées de façon permanente, alors que d'autres ne le sont que périodiquement. Ces habitats regroupent les **étangs**, les **marais** et les **marécages**.

Estuaire: Zone de transition entre fleuve-océan. La salinité est variable et influencée par le cycle des marées. Enrichis par les nutriments provenant des fleuves, ils comptent parmi les biomes les plus productifs de la planète.



Bon courage



LIENS UTILES 🙌

Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

