

Introduction

La Terre

Notre planète, la Terre appartient au système solaire, un système planétaire organisé autour de notre étoile, le soleil.

- La science qui étudie la Terre, son organisation, son fonctionnement, son évolution est la **Géologie** (**géo= terre ; -logie=parole, discours**)



A l'échelle de la planète, tous les êtres vivants constituent **la biosphère** (« **la sphère de la vie** »), ils s'y organisent en ensembles complexes structurés par des interactions entre eux et avec leurs milieux

La Terre et la vie ont évolué au cours des temps géologiques, en parallèle. Depuis la formation de la Terre (4,6 GA) et de la vie (3,8 GA), Terre et vie ont interagi en permanence.

Cette année nous étudierons

La vie



- La science qui étudie le vivant est la **biologie** (**bio =vie ; -logie =parole, discours**).

Les biologistes préfèrent parler « du vivant », et la définition n'est pas simple à énoncer. On choisira les caractéristiques que le biologiste **Joël de Rosnay** énumère dans *L'aventure du vivant*,

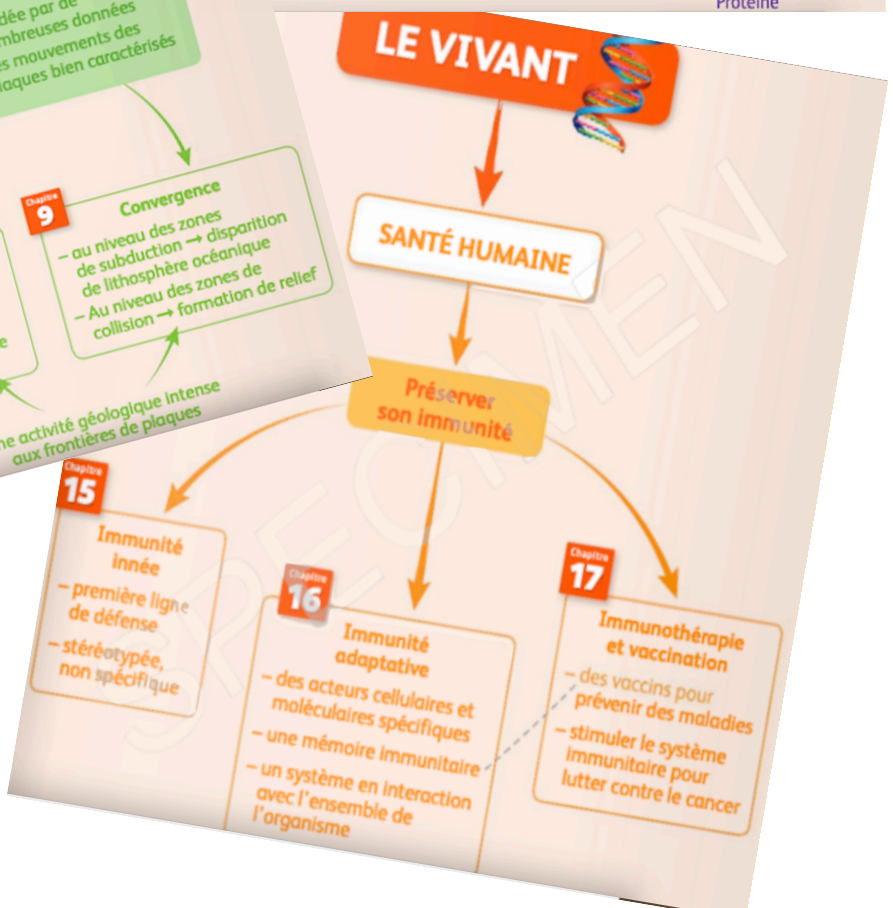
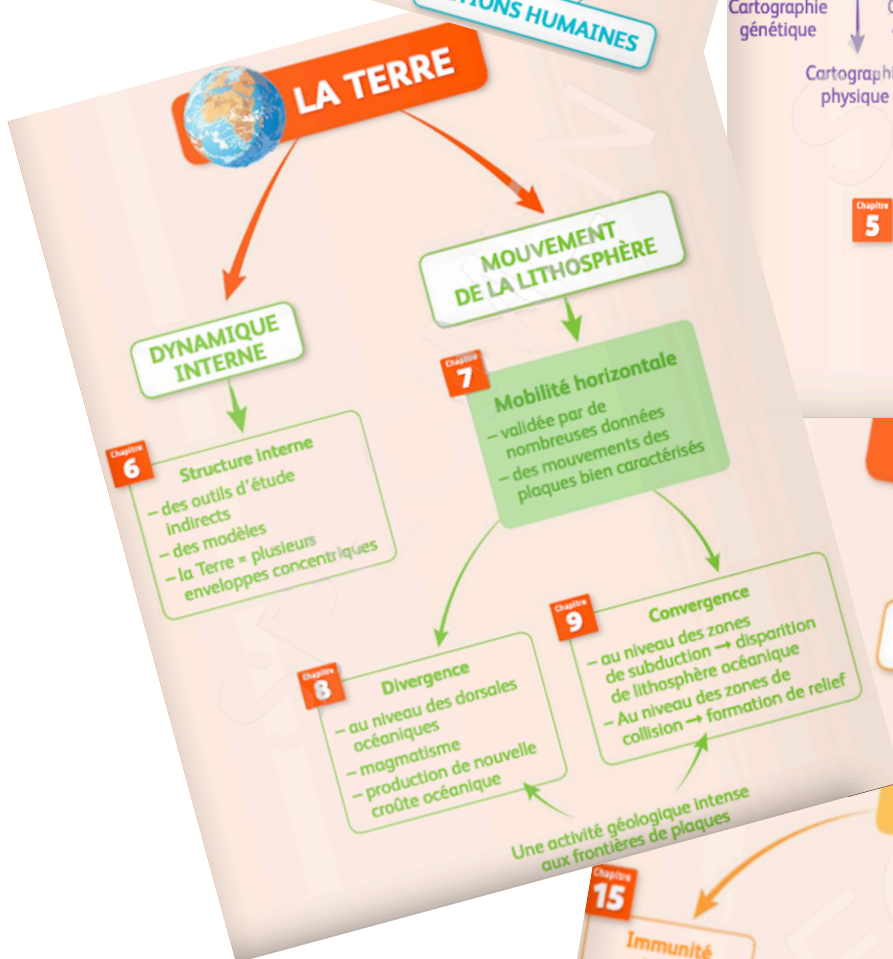
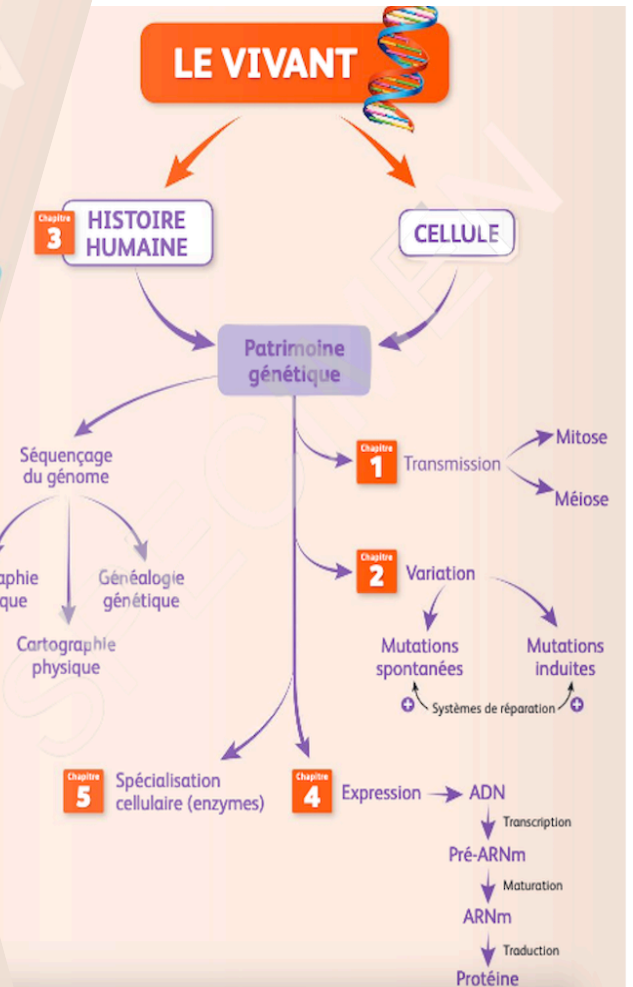
- **l'auto conservation** (qui est la capacité des organismes à **se maintenir en vie** par l'assimilation, la nutrition, les réactions énergétiques de fermentation et de respiration)
- **l'auto reproduction** (leur possibilité **de propager la vie**) grâce à la possession de molécules informatives (ADN)
- **l'auto régulation** (les fonctions de coordination, de synchronisation et de contrôle des réactions d'ensemble). Les systèmes vivants sont en équilibre dynamique.

L'organisation du vivant

Tous les êtres vivants sont organisés en **cellules** (**du latin cellula, petite chambre**) ; d'une ou de plusieurs cellules (organismes pluricellulaires) et qu'une cellule provient toujours de la division en deux d'une cellule préexistante.

Qu'il s'agisse de la cellule unique formant certains microorganismes, comme les bactéries, ou des milliards de cellules formant les organismes de grande taille, comme les animaux ou les plantes, **toutes les cellules présentent l'ensemble des propriétés du vivant.**

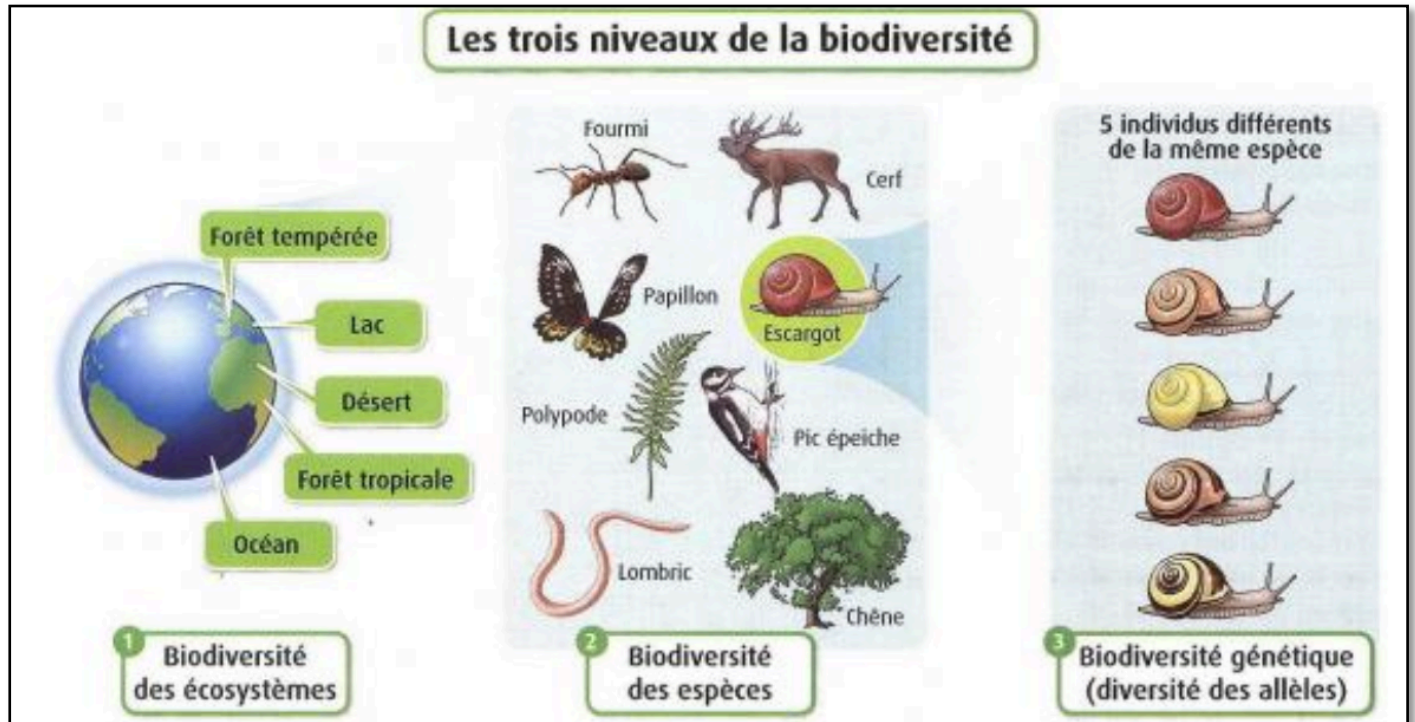
C'est pourquoi la cellule est considérée comme la plus petite unité qui mérite le qualificatif de vivant.



Les écosystèmes : des systèmes dynamiques structurés par des relations complexes.

Introduction

L'ensemble des êtres vivants qui peuplent et ont peuplé la terre de puis l'apparition de la vie (3,8 GA) est la **biodiversité**.



Les organismes diffèrent individuellement par leurs génotypes (allèles)
Ils sont regroupés en espèces : individus possédant les mêmes gènes (même génome)

1. Des espèces

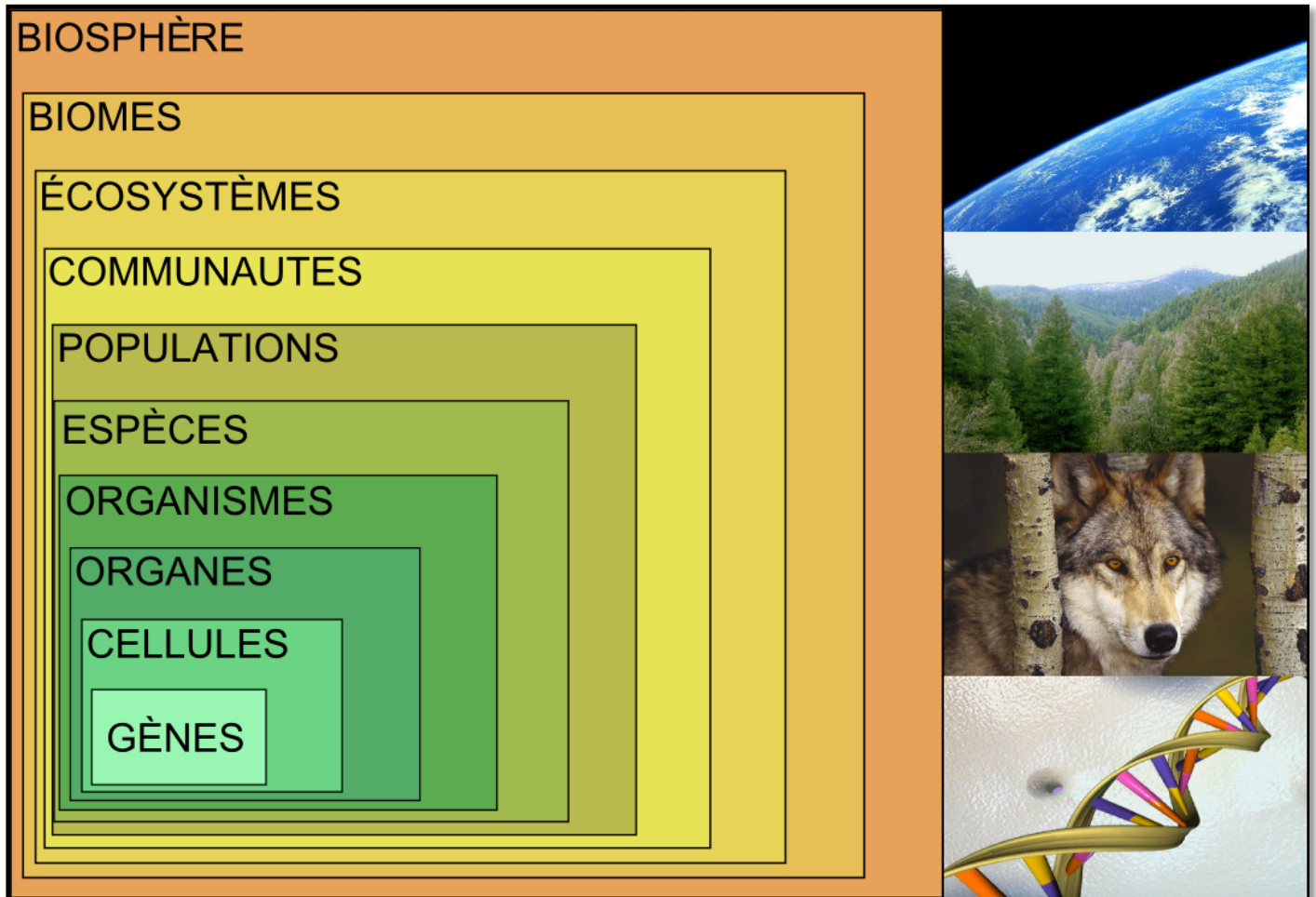


Vous avez appris qu'une espèce est un ensemble d'organismes interféconds (se reproduisant par croisement) et s'inscrivant dans une histoire (toute espèce est formée à partir d'une espèce préexistante par évolution)

Les organismes qui présentent

- des ressemblances
- un caryotype et des gènes identiques
- une capacité à se reproduire entre eux et à donner une descendance fertile
- une capacité d'évolution

Appartiennent donc à la même espèce



2. ...en populations, et communautés

Un ensemble d'individus d'une même espèce et localisé dans un même espace géographique est qualifié de **population**.

Si l'on a à faire à **un groupe d'espèces différentes** mais localisées dans un même espace géographique, induisant des interactions vivants/habitat, on parle de **communautés**.

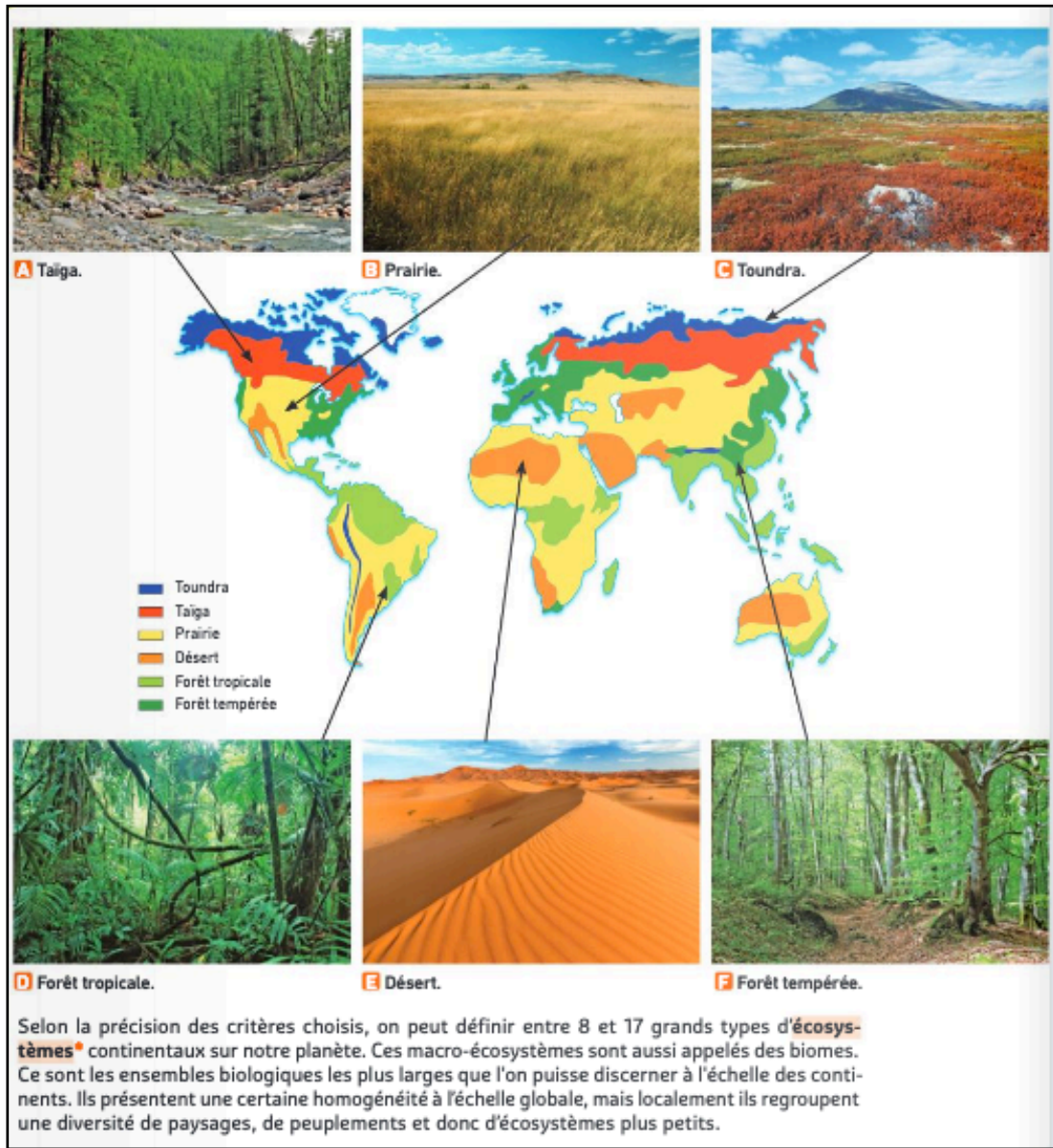
3. ...réunies en écosystèmes

L'**écosystème** sera constitué de toutes ces communautés et de leur milieu de vie et le **biome** de tous les écosystèmes repartis sur une vaste zone géoclimatique.



Enfin, de manière plus globale, la **biosphère** sera l'ensemble des milieux avec de la vie. Ainsi l'organisation du vivant repose sur des niveaux d'organisation

Les biomes



I/ les écosystèmes, des systèmes d'interactions complexes entre la terre et la biosphère

1. ♥ Définitions :

Relations complexes



BIOTOPE + BIOCEÑOSE = ECOSYSTEME



Relations complexes

RELATIONS

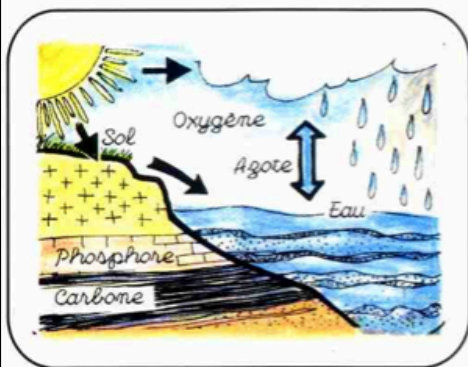
Biotope :
Ensemble des caractéristiques physiques et chimiques du milieu

- localisation, altitude, pente
- substrat rocheux, type de sol
- pH, lumière, température, humidité

Biocénose :
Ensemble des êtres vivants (des communautés) qui peuplent le milieu

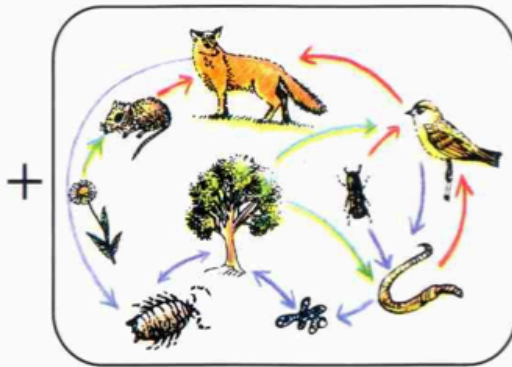
- végétaux (phytocénose, flore)
- animaux (zoocénose, faune)
- microorganismes (microflore et faune)

Une communauté vivante associée à son milieu de vie :



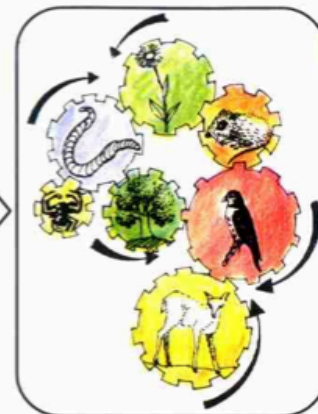
UN BIOTOPE

Une aire géographique de surface ou volume variable, soumise à des conditions dont les dominantes sont homogènes et les ressources suffisantes pour assurer le maintien de la vie.



UNE BIOCÉNOSE

Un peuplement qui se constitue dans des conditions écologiques données et se maintient en équilibre dynamique.



UN ÉCOSYSTÈME

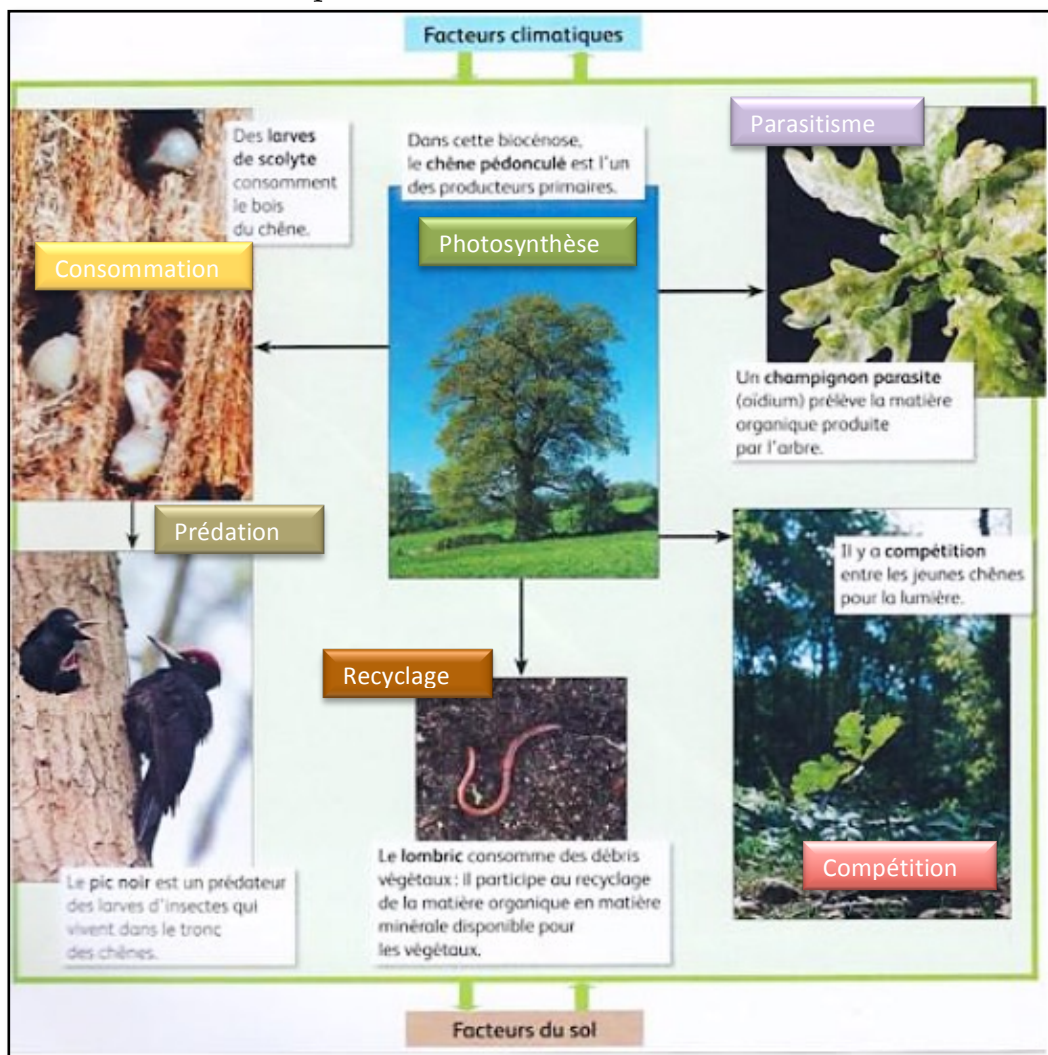
- Une machinerie vivante
- Une unité fonctionnelle de base de la biosphère

- composants biotiques : ce qui est de l'ordre du vivant (*bio = la vie*) : les êtres vivants
- composants abiotique : ce qui relève du non vivant (*a privatif*) : l'eau, l'atmosphère, la T°
- biomasse : la totalité de la masse de matière produite par les êtres vivants

2. Des interactions complexes (pages 266-267)

L'ensemble de l'écosystème est structuré par des relations complexes

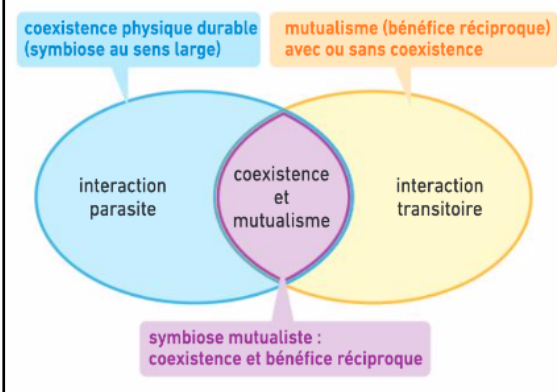
- entre la biocenose et le milieu
- entre les êtres vivants composant la biocenose



a) les relations non trophiques

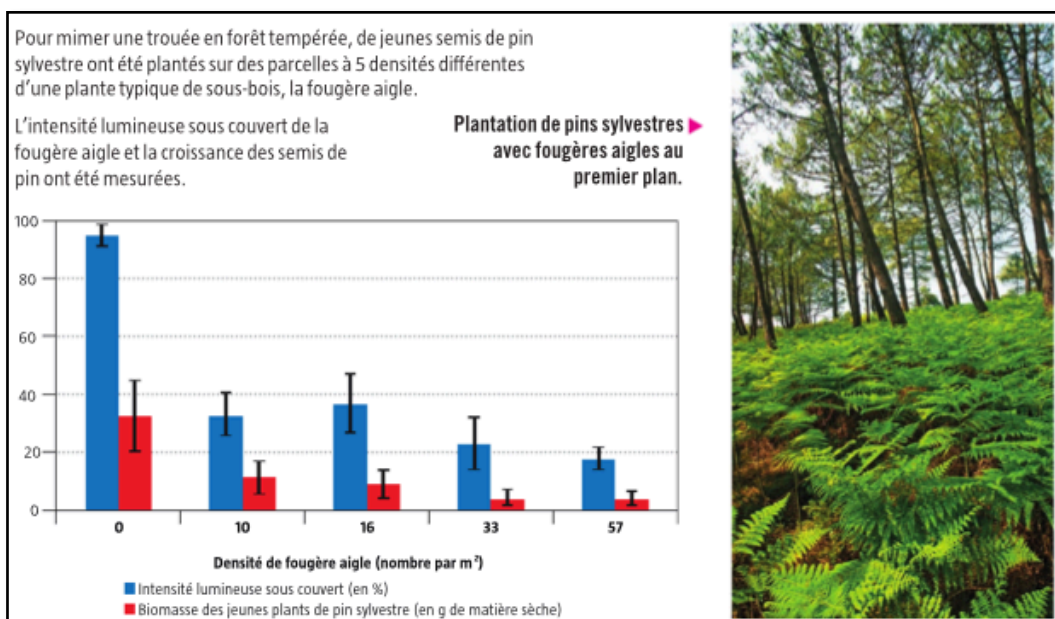
Toutes les interactions dans un écosystème **ne sont pas basées sur qui va manger qui**, il y a toute une diversité d'interactions, et ces interactions qui sont différentes, qui ne sont pas basées sur qui mange qui sont omniprésentes dans les écosystèmes et leur particularité, c'est qu'il va y avoir des coûts et des bénéfices réciproques pour chaque partenaire, on distingue deux grandes catégories : les **symbioses**, où il y a un contact permanent entre les deux individus des deux espèces, et les **mutualismes** où les interactions peuvent être plus ponctuelles.

Au sein d'une biocénose, il peut exister entre les êtres vivants de multiples interactions. Certaines d'entre elles sont durables et bénéfiques pour les deux partenaires : on parle alors de **symbiose*** (au sens strict).

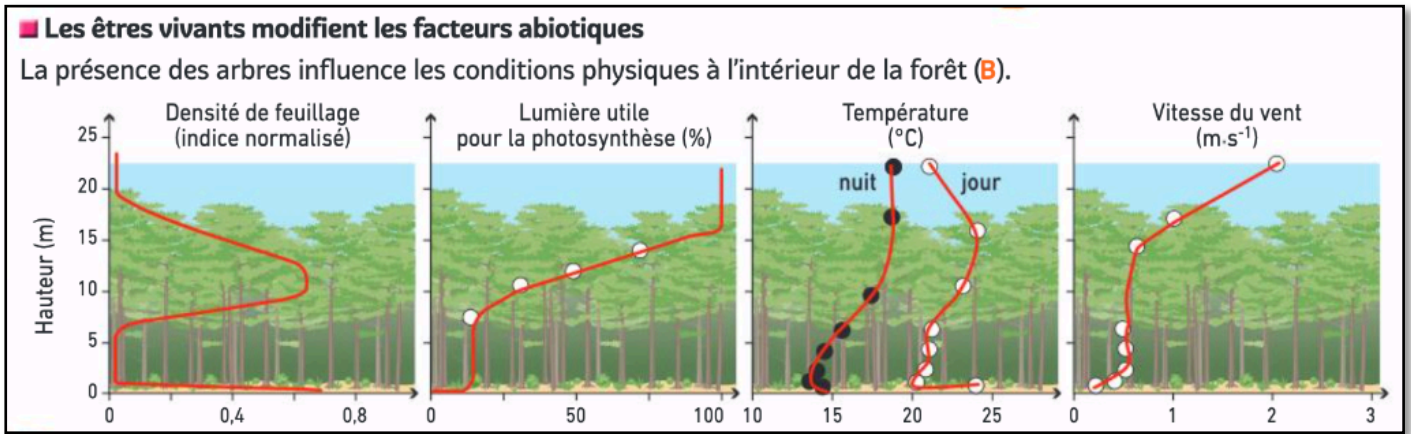


Type de relation	Durabilité de la relation	Effet de l'un sur l'autre	
Prédation	Courte	Prédateur	Proie
		<p style="text-align: center;">← négatif →</p> <p style="text-align: center;">← positif →</p>	
Compétition	Longue	Individu A	Individu B
		<p style="text-align: center;">← négatif →</p> <p style="text-align: center;">← négatif →</p>	
Parasitisme	Longue	Parasite	Hôte
		<p style="text-align: center;">← positif →</p> <p style="text-align: center;">← positif →</p>	
Mutualisme	Courte	Partenaire A	Partenaire B
		<p style="text-align: center;">← positif →</p> <p style="text-align: center;">← positif →</p>	
Symbiose	Longue	Symbionte A	Symbionte B
		<p style="text-align: center;">← positif →</p> <p style="text-align: center;">← positif →</p>	

- interactions avec le biotope : Un exemple de **compétition** pour la lumière (*Compétition page 267*)



NB : les êtres vivants peuvent aussi moduler les facteurs abiotiques



- Parasitisme (exercice 3 page 280)

Une plante parasite : la cuscute

La cuscute, *Cuscuta* sp., aussi appelée lacets de sorcières, est une angiosperme. Elle se présente sous la forme d'une liane sans racine, non chlorophyllienne, qui s'enroule autour de la tige de son hôte. Elle y enfonce ses suçoirs pour se nourrir à ses dépens.

Les cuscutes [...] doivent trouver un hôte dans les jours suivant la germination. Par exemple, de la salicorne pour *Cuscuta salina* ou des plants de tomate pour *Cuscuta pentagona*. En étudiant les modalités d'assaut de cette dernière, les biologistes américains ont montré que la rencontre ne doit rien au hasard : les jeunes cuscutes sont attirées par des composés volatils émis par les plants de tomate.

Parfum d'attaque, *La Recherche*, n° 402, novembre 2006, d'après les travaux de Justin B. Runyon, Mark C. Mescher, Consuelo M. de Moraes



Plant fleuri de cuscute enserrant son hôte

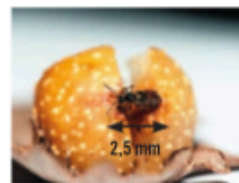


Coupe transversale d'une tige parasitée par une cuscute : les suçoirs de la cuscute pénètrent la tige hôte.

Les tiges de cuscute produisent des suçoirs qui pénètrent dans la tige de l'hôte jusqu'aux tissus conducteurs de sèves

Les galles des végétaux sont des anomalies morphologiques ou excroissances se développant sur les feuilles, les fleurs ou les fruits des arbres. Elles abritent pour la plupart une ou des larves d'insectes, de l'ordre des Hyménoptères ou des Diptères. Les chênes sont particulièrement touchés par les galles.

Les galles : interaction plantes-insectes



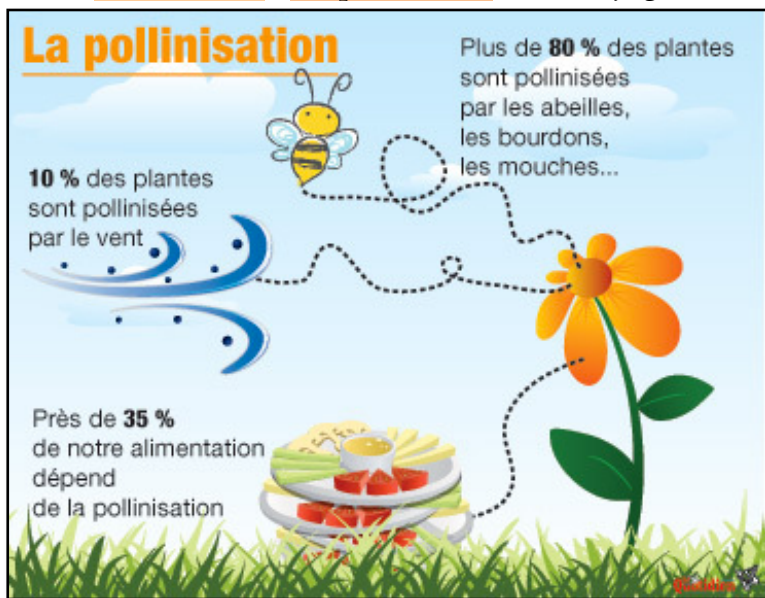
▲ Galle de *Neuroterus quercusbaccarum*, vue en coupe longitudinale et forme adulte de l'insecte responsable.

Le taux annuel d'attaque des fleurs mâles de chêne par *Neuroterus quercusbaccarum* sur un peuplement situé en Roumanie a été estimé à 5,4 %. Les fleurs attaquées ne peuvent ensuite pas participer à la reproduction de l'arbre.

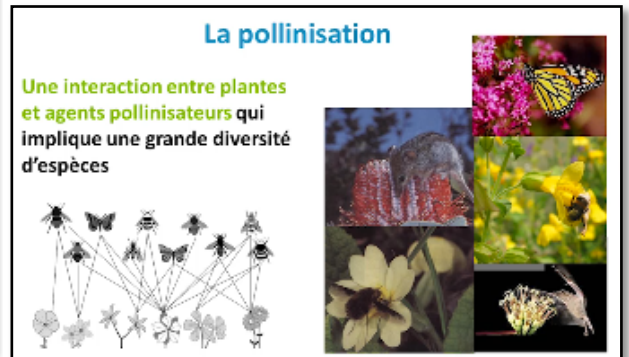
Selon une autre étude, les tissus végétaux de la galle contiennent 36,8 % de sucres solubles (en % de poids sec) et les tissus végétaux situés en dehors de la galle en contiennent 3,3 %.

Un insecte pond un œuf dans une feuille. La larve se développe en se nourrissant des tissus de la plante. Cette dernière modifie son programme de croissance habituelle et forme un abri pour la larve du parasite, la galle. Le parasite est ainsi protégé de ses prédateurs et poursuit son développement en dévorant la plante de l'intérieur.

- **Mutualisme : coopération** (📖 doc 3 page 267, exercice 5 page 281)



C'est une interaction qui est omniprésente chez les espèces de plantes à fleurs, puisqu'on estime que plus de 90 % des plantes à fleurs sont pollinisées par des animaux. Il y a une très grande diversité d'organismes qui vont assurer cette pollinisation,



Donc, on va avoir des bénéfices réciproques pour les deux partenaires, les pollinisateurs, les animaux vont chercher des ressources alimentaires et les plantes vont assurer leur reproduction avec la visite de l'animal pollinisateur.

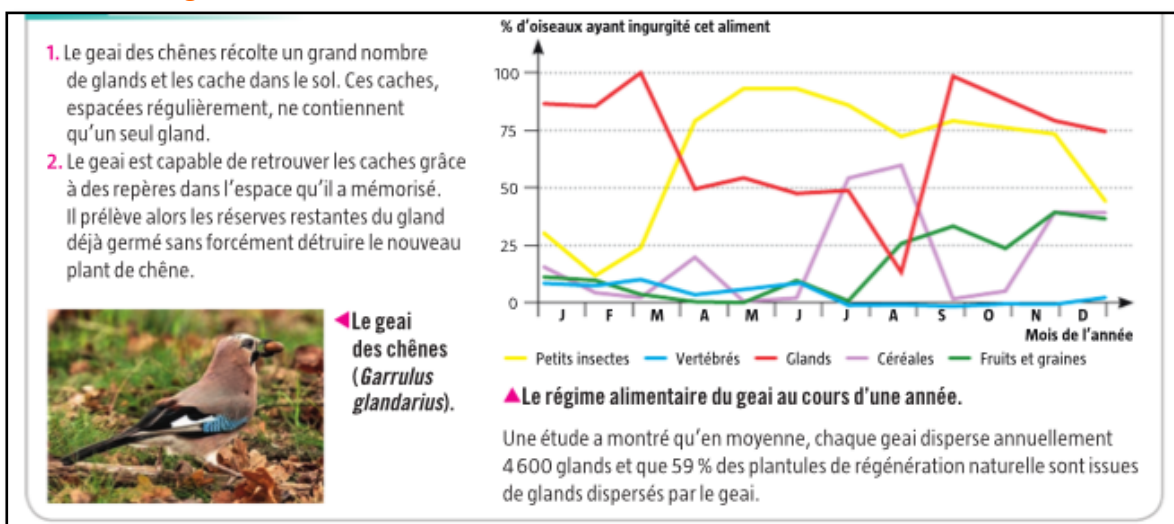
Cette pollinisation est très importante dans le fonctionnement des écosystèmes, **puisqu'elle assure la reproduction des plantes, et donc le maintien de la biodiversité dans les communautés végétales naturelles, mais elle a aussi une importance très grande dans notre vie quotidienne, puisqu'elle assure la pollinisation des plantes cultivées et donc la production de nourriture via cette pollinisation de ces plantes cultivées.**

Pour vous donner un petit peu un ordre de grandeur de l'importance de cette interaction, cette interaction est à la base de notre sécurité alimentaire, puisque plus de trois quarts des plantes cultivées nécessitent une pollinisation pour fournir une récolte. C'est le cas bien sûr des fruits, de certains légumes, mais c'est également le cas de cultures d'intérêt économique, comme par exemple des oléagineux, comme le colza ou le tournesol, ou des cultures d'intérêt économique avec un commerce mondial comme le café ou le cacao, et puis bien sûr c'est le cas de la production de semences.

Et comme on est dans un monde où il est important de donner une valeur aux choses, on a estimé le coût annuel de cette pollinisation pour la production agricole qui, comme vous le voyez, est estimé à plus de **150 milliards d'euros par an.**

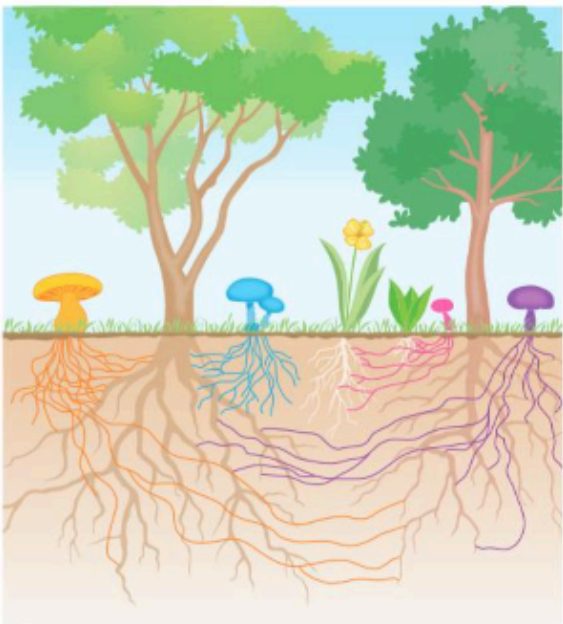
On observe en effet, depuis quelques décennies, un déclin des pollinisateurs et de la flore sauvages, les facteurs responsables de ce déclin sont multifactoriels, notamment l'utilisation de pesticides, ou la fragmentation des habitats, ou l'urbanisation des habitants

La dissémination des graines



- Symbiose (📖 Doc. 4 page 267 ; exercice 4 page 281)

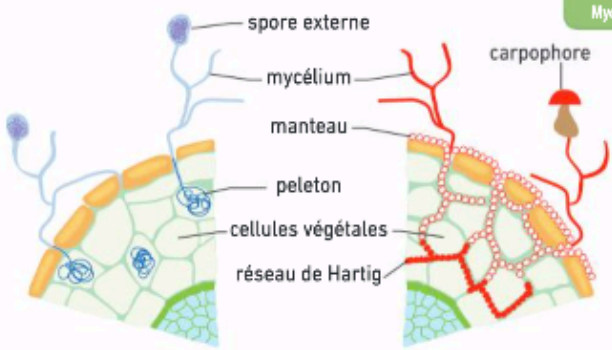
2 En forêt, des associations bien cachées



A Réseaux mycorhiziens en forêt.
Pour des raisons de lisibilité, les filaments des champignons sont représentés par des couleurs différentes selon les espèces et seul un petit nombre d'espèces est dessiné.

La majorité des plantes vivent en symbiose avec des champignons au niveau de leurs racines. Cette association constitue une **mycorhize*** (du grec *mukês*, champignon, et *rhiza*, racine). Il existe plusieurs types de mycorhizes : le plus souvent les filaments mycéliens* pénètrent à l'intérieur des cellules de la racine (endomycorhizes). Chez beaucoup d'arbres des forêts tempérées, les filaments du champignon forment un manchon entourant les racines et restent dans la matrice extracellulaire* (ectomycorhizes).

Les mycorhizes forment un véritable réseau entre les racines d'un arbre et même entre arbres voisins.



B Deux types de mycorhizes (coupes transversales d'une racine).

Microscope
Mycorhize

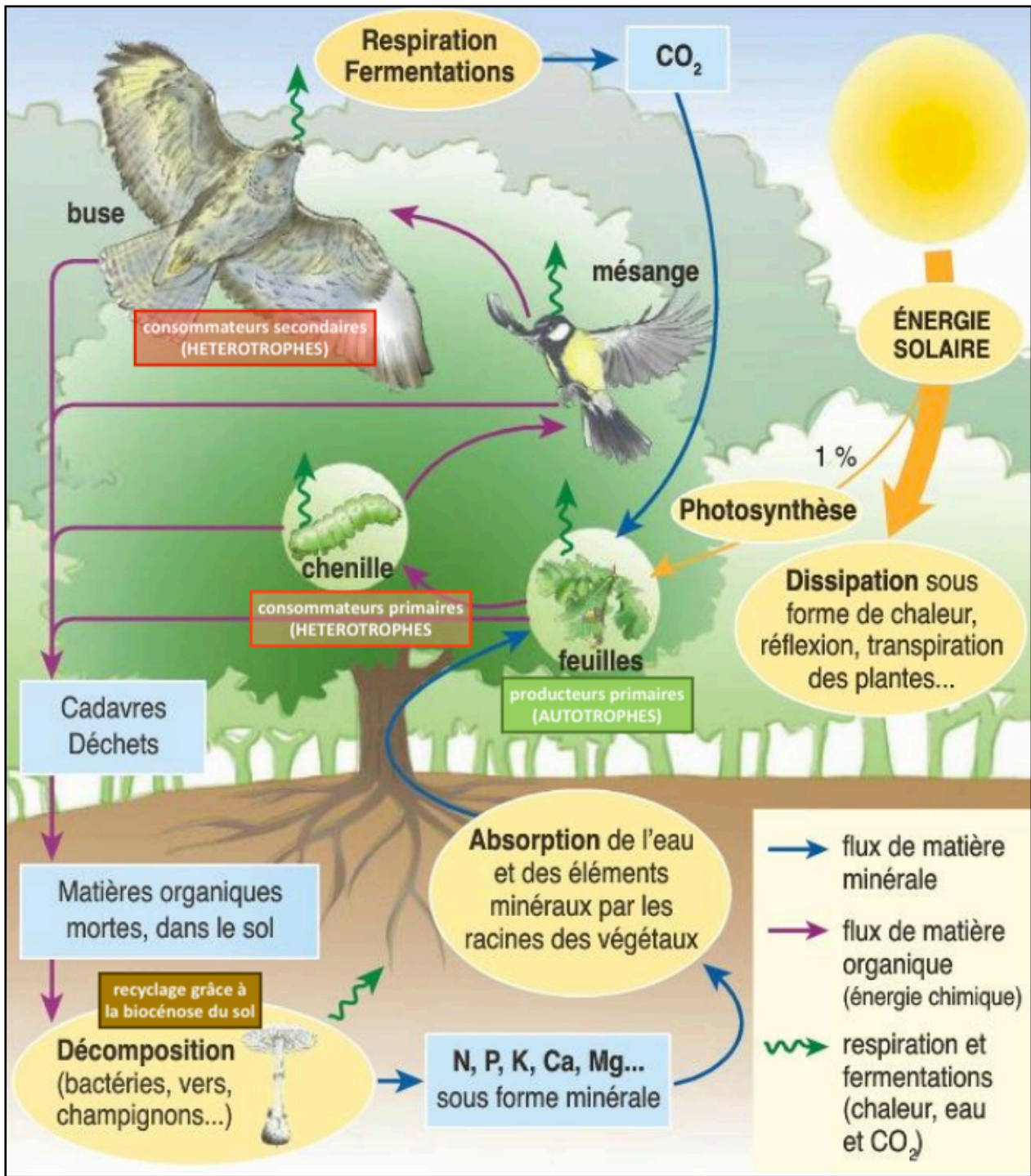
On estime que plus de 99 % des plantes terrestre, n'ont pas des racines, mais en fait des mycorhizes, c'est-à-dire une interaction entre leurs racines et ces champignons mycorhiziens, et on estime également que la mise en place de cette symbiose a joué un rôle essentiel dans la sortie des eaux pour les végétaux il y a plusieurs centaines de millions d'années.

Ces interactions vont également avoir des bénéfices réciproques pour les deux partenaires, puisque la plante va bénéficier d'une meilleure nutrition minérale via les hyphes des champignons qui entourent ces racines et le champignon va piocher au niveau des cellules de la plante et au niveau des cellules de la racine, des productions photosynthétiques sous forme notamment de glucides.

Bien sûr, ces interactions ont une importance appliquée très importante en agriculture, puisque des plantes cultivées avec une mycorhization satisfaisante vont produire une récolte plus abondante et en utilisant moins d'engrais chimiques et de pesticides également. Pour finir sur une note appliquée et concrète, on peut se poser la question de l'impact des pratiques de l'agriculture intensive sur le maintien de cette symbiose et sur sa pérennité, et notamment on peut se demander l'impact que peuvent avoir les labours répétés sur les champignons mycorhiziens, sur ces réseaux d'interaction entre les plantes et les micro-organismes mycorhiziens dans le sol et puis également l'impact des pesticides et des fongicides sur ces interactions

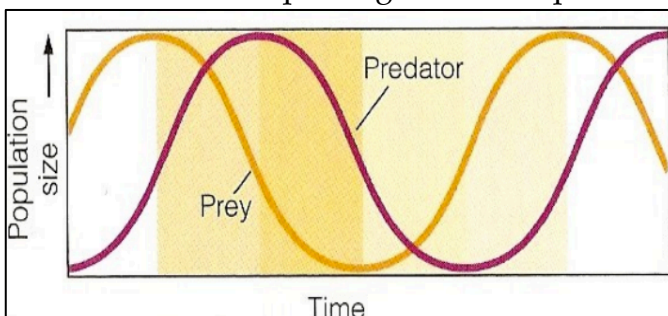
Toutes ces interactions sont fondamentales pour la structuration et la capacité de réparation de l'écosystème en cas de perturbation. Plus la biodiversité est importante plus le réseau d'interactions est dense et plus l'écosystème sera stable et apte à s'adapter.

b) Les relations trophiques : les relations alimentaires (📖 doc 1 page 266)



♥ Les relations trophiques structurent l'écosystème, elles s'organisent en niveaux trophiques entre lesquels circulent de la matière et de l'énergie.

Des lois mathématiques régissent les équilibres entre proies et prédateurs :



(📖 exercices 3 page 280, 7 page 283)



<http://beaussier.mayans.free.fr/>

3. les relations trophiques organisent une circulation de la matière et de l'énergie

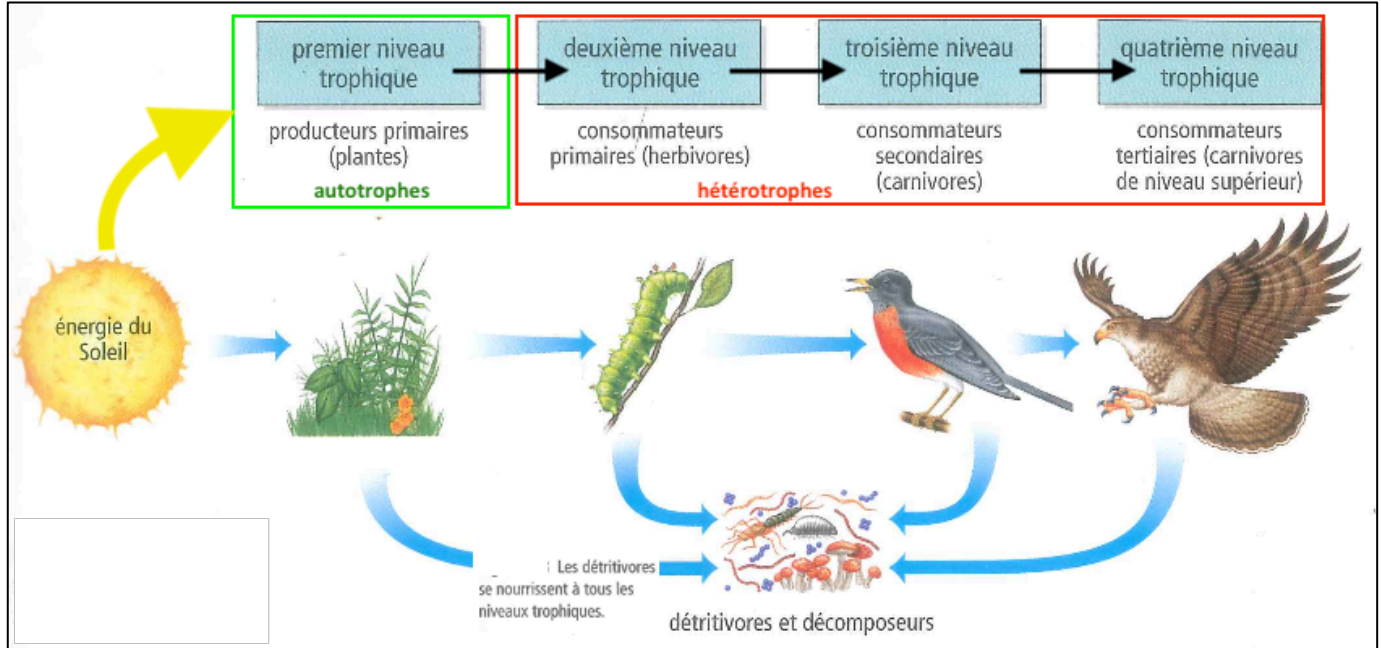
Docs pages 268-269

a) Des niveaux trophiques différents le long des chaînes alimentaires

Les relations trophiques s'organisent en plusieurs niveaux de consommation.

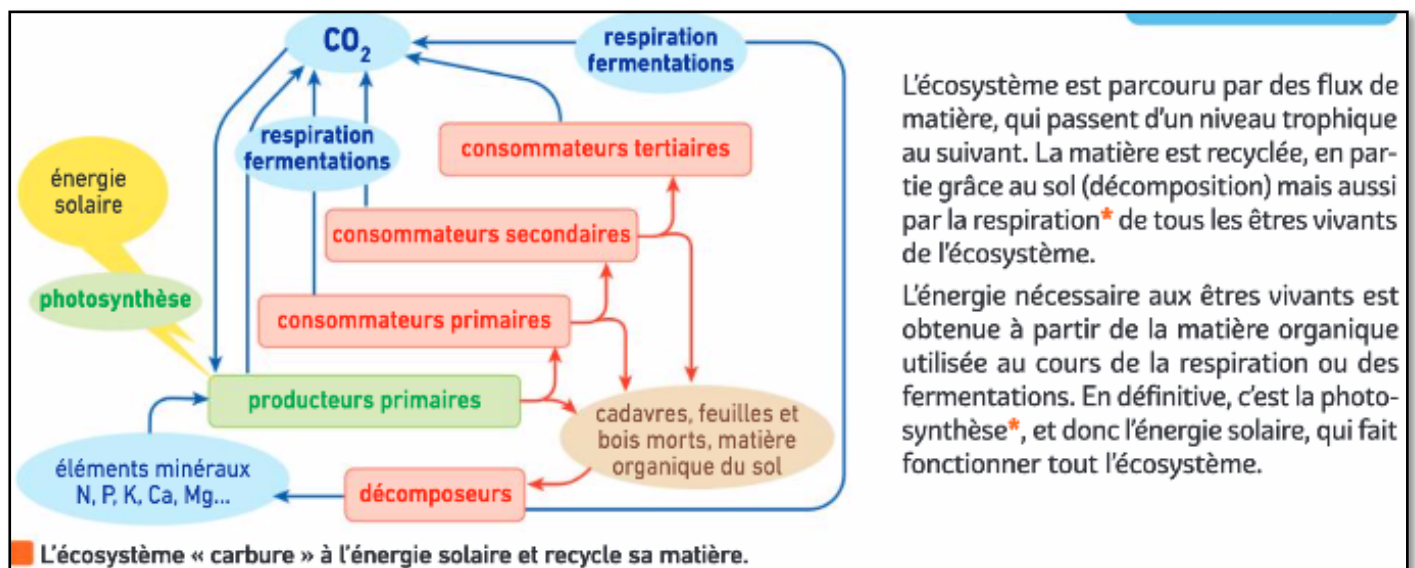
- **les producteurs primaires**, les végétaux chlorophylliens, autotrophes produisent leur matière à partir d'énergie lumineuse d'eau et de matière minérale.
- Ils sont consommés par les **consommateurs primaires** (les phytophages), hétérotrophes qui produisent leur matière et leur énergie à partir de la matière végétale consommée.
- Eux même consommés par **les consommateurs secondaires** (les zoophages), hétérotrophes qui consomment des consommateurs primaires.

Dans tous les écosystèmes la matière (et l'énergie) produite par un niveau trophique est transférée au niveau supérieur par les relations trophiques, il y a donc une circulation de matière et d'énergie

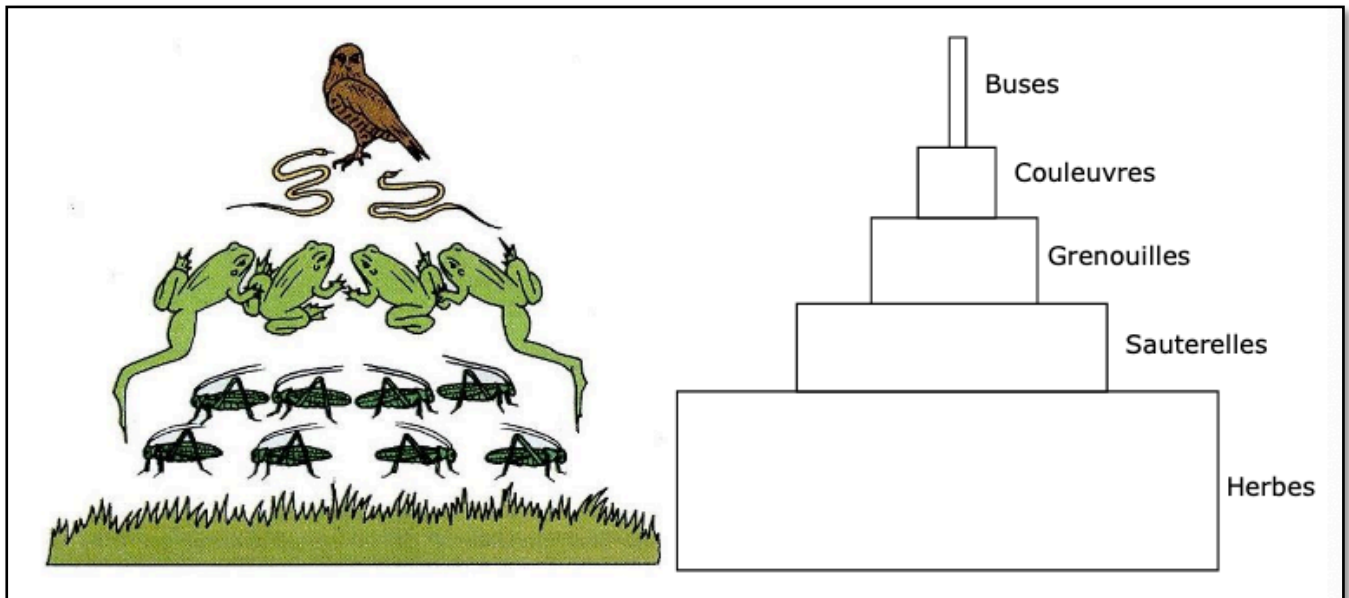


Mais la totalité de la matière ingérée à chaque niveau n'est pas intégralement utilisée pour produire de la matière, il y a des pertes.

b) Une circulation de matière et d'énergie



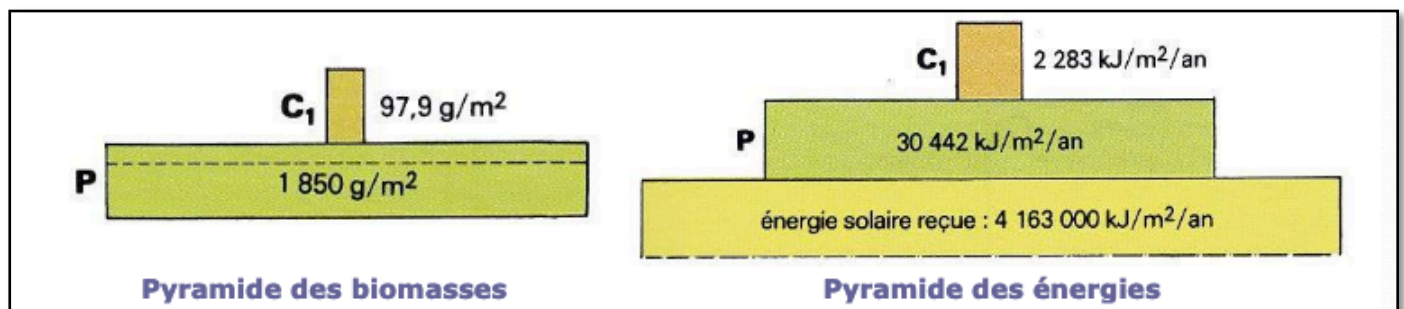
- Si on veut **quantifier ces transferts**, on peut commencer à représenter la distribution, à l'échelle de l'écosystème, par niveau trophique : des nombres, des biomasses, de l'énergie. Ces modélisations vont prendre la forme de pyramides :



Pyramide des nombres

Dans une **pyramide des nombres**, l'aire de chaque rectangle est proportionnelle au nombre d'individus (on ne tient pas compte de leur masse).

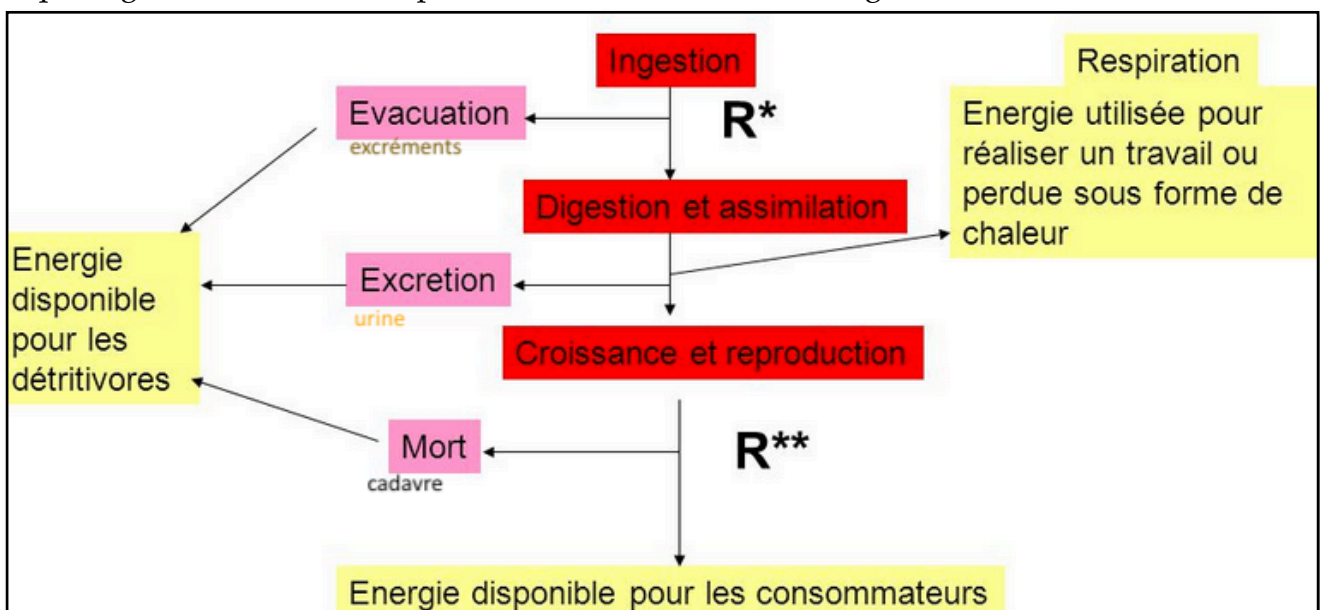
Plus on s'élève dans les niveaux trophiques de l'écosystème moins les individus sont nombreux (il faut beaucoup de d'herbes pour fabriquer une buse)



Cette organisation explique que le nombre de niveaux est toujours limité dans les écosystèmes, et que les consommateurs du dernier niveau sont très peu nombreux.

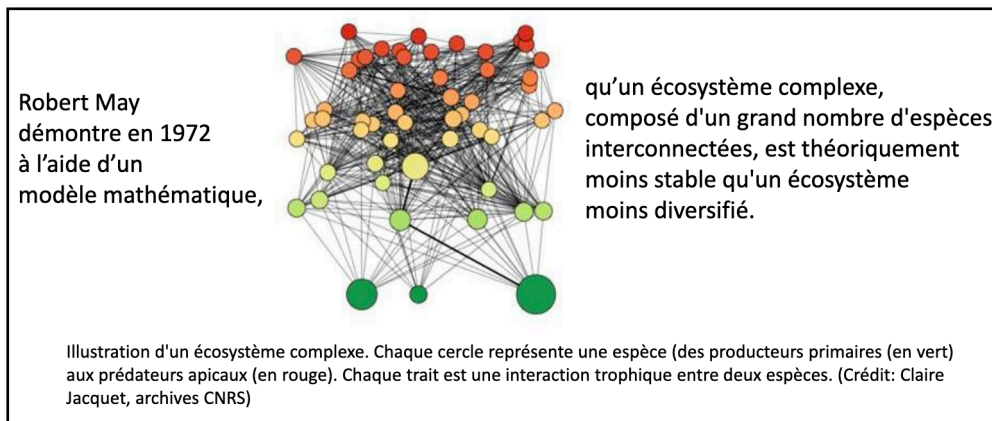
- Pour comprendre cette distribution, on doit étudier ces transferts à l'échelle des organismes

Chaque organisme est traversé par un flux de matière et d'énergie



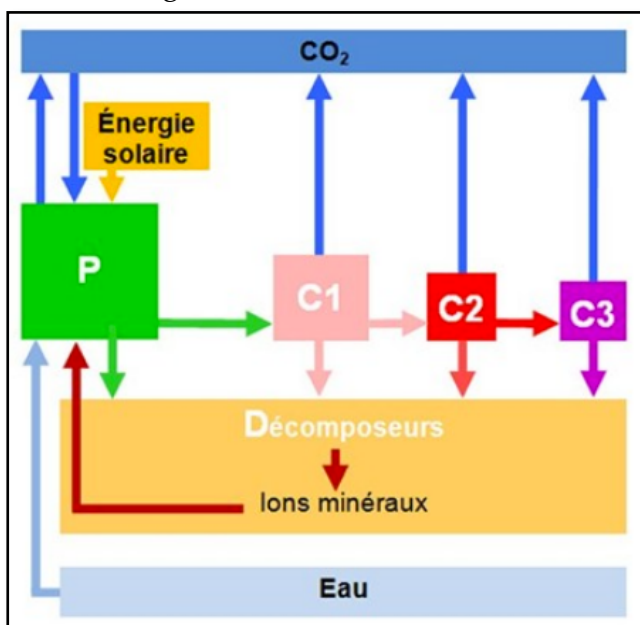
Cela se traduit par une inégale distribution de la matière vivante présente (BIOMASSE) et de l'énergie à chaque niveau et se modélise donc sous forme de pyramides

En fait les relations trophiques sont constituées en **RESEAUX complexes**.



Mais attention, si cette idée se retrouve encore dans les publications, on a récemment montré que **Plus la biodiversité d'un écosystème est élevée, plus le réseau trophique est dense et plus l'écosystème est équilibré et stable, apte à résister à des altérations.**

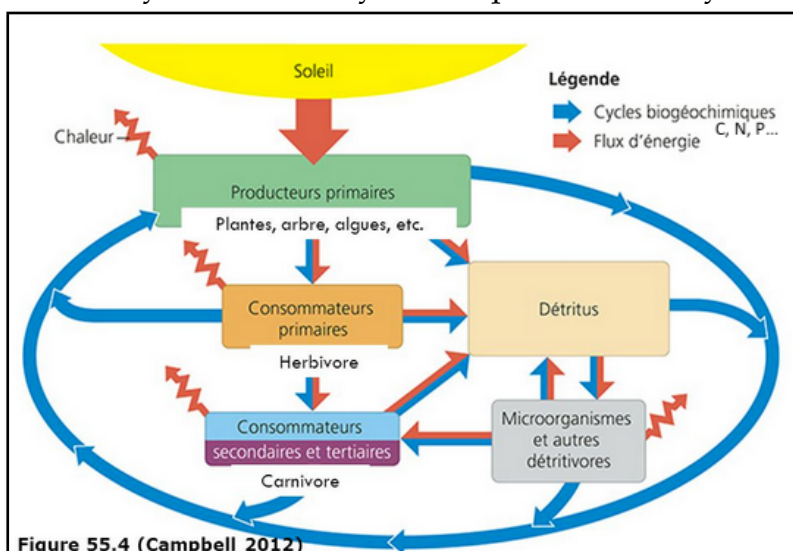
Ainsi l'énergie et la matière circulent dans les écosystèmes



Eléments minéraux atmosphériques
Matière vivante :
Molécules : Glucides, lipides, protides, acides nucléiques.
Atomes : C, H, O, N, P, S...
Eléments minéraux présents dans le sol

4. Des cycles biogéochimiques (📖 Docs pages 270-271)

♥ Un écosystème est un système équilibré, mais dynamique.



a) Définition

Les éléments chimiques circulent entre les compartiments biotiques et abiotiques, on parle de **cycles géochimiques**

Un **cycle biogéochimique** est le processus de transport et de transformation cyclique d'un élément ou composé chimique entre les grands réservoirs que sont la géosphère, l'atmosphère, l'hydrosphère, dans lesquels se retrouve la biosphère.

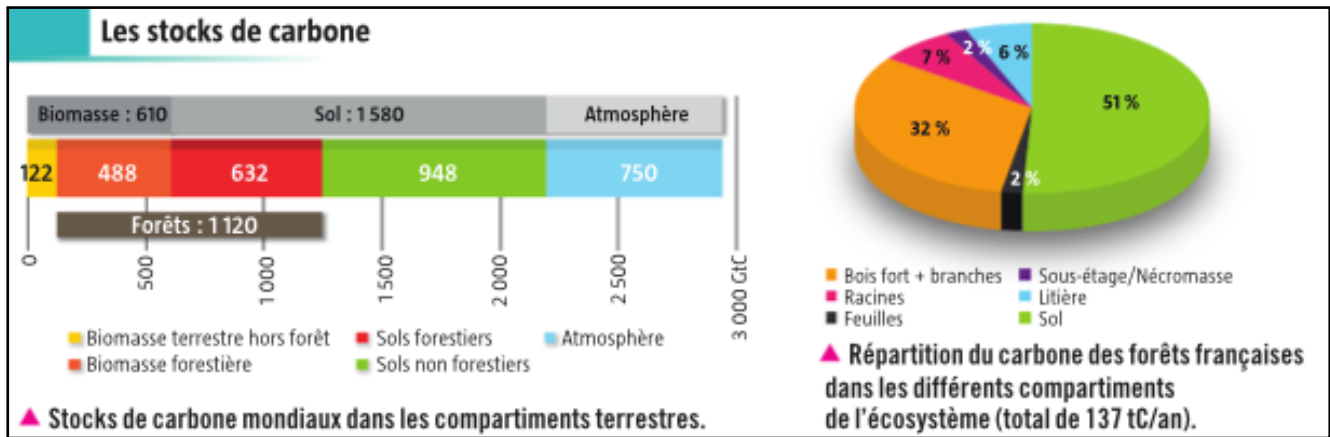
C, N, P...

b) Le cycle du C

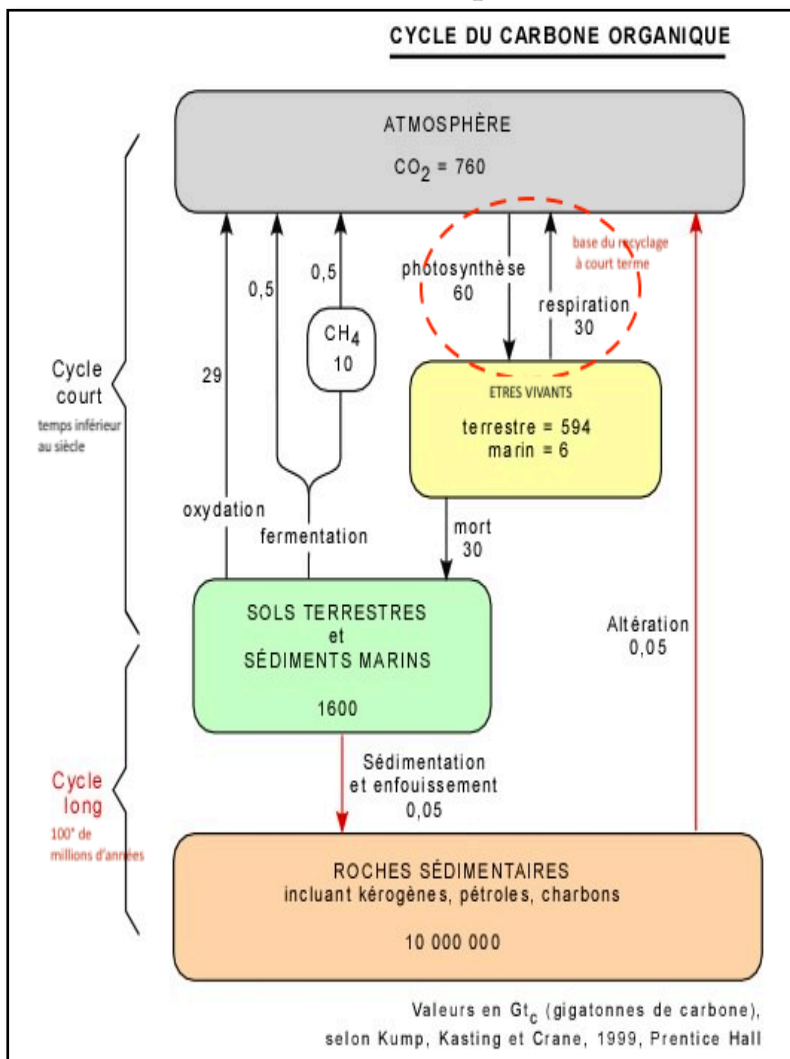
Dans la nature, le carbone se retrouve sous deux formes: le carbone organique (C_{org}) et le carbone inorganique (C_{inorg}).

Le C_{org} est celui qui est produit par des organismes vivants et qui est lié à d'autres carbones ou à des éléments comme l'hydrogène (H), l'azote (N) ou le phosphore (P) dans les molécules organiques ou les hydrocarbures.

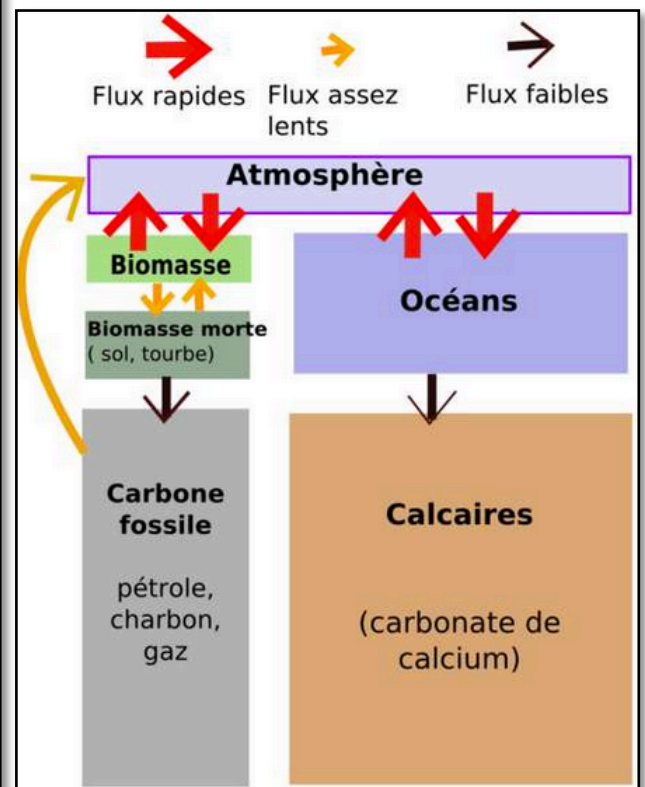
Le C_{inorg} est celui qui est associé à des composés inorganiques, c'est-à-dire des composés qui ne sont pas et n'ont pas été du vivant et qui ne contiennent pas de lien C-C ou C-H, comme par exemple le carbone du CO_2 atmosphérique ou celui des calcaires $CaCO_3$.



Au niveau des flux entre les réservoirs, on évalue que le temps de résidence d'un atome de carbone est de **4 ans dans l'atmosphère**, de **11 ans dans la biosphère**.



Cycle simplifié



Les activités humaines perturbent profondément le cycle du Carbone.

- utilisation des combustibles fossiles
- exploitation des roches sédimentaires (BTP)
- déforestation

<https://youtu.be/UX87EVO-18U>

Mais un écosystème est un système dynamique et résilient

BILAN

