

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur
et de la recherche scientifique
Université Chadli Bendjedid
El Tarf



جامعة الشاذلي بن جديد

UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشاذلي بن جديد

الطارف

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Mer

كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم العلوم



Cours dans le THÈME

Ecologie et fonctionnement des Ecosystèmes

Année universitaire 2021 - 2022

I) Notion d'écosystème

1-1) Introduction

Un écosystème, ou système écologique, est un système fonctionnel qui inclut une communauté d'êtres vivants et leur environnement. Un écosystème est une unité relativement stable et intégrée qui repose sur des organismes photosynthétiques. Il est considéré comme une sorte d'entité collective, faite d'individus transitoires. Certains de ces individus peuvent vivre jusqu'à plusieurs milliers d'années (les grands arbres, par exemple), par contre certains micro-organismes ne peuvent vivre que quelques heures, voire quelques minutes.

L'écosystème, dans son ensemble ; a tendance à rester stable, sans être, toutefois, statique. Une fois son équilibre est atteint, il peut durer des siècles sans se modifier (sauf en cas d'accidents naturels majeurs ou d'intervention violentes de l'Homme).

1-2) Structure de l'écosystème

L'écosystème est composé de deux éléments : un biotope et une biocénose.

a – Le biotope

Le biotope est caractérisé par un certain nombre de facteurs qui sont essentiellement des facteurs abiotiques (qui ne dépendent pas des êtres vivants), parmi lesquels on distingue des facteurs physiques et d'autres chimiques :

Facteurs physiques

- Facteurs climatiques : Précipitations, Température,

Luminosité, Vents,

Humidité relative,

- Facteurs géographiques,
- Facteurs édaphiques.

Facteurs chimiques

- *Teneur en oxygène,
- *Teneur en sels minéraux,
- *PH, ...

Certains de ces facteurs sont périodiques : (comme la luminosité, la température, la pluviosité), d'autres ne le sont pas (comme les orages, les cyclones, les incendies, etc.).

Facteurs abiotiques non climatiques

En milieu aquatique : l'eau va intervenir par plusieurs caractères :

- Par sa tension superficielle qui va permettre le déplacement de certains animaux.
- Par son pH près de la neutralité, mais on trouve des endroits où le pH varie de 5 à 9.
- Par ses gaz dissous : CO₂, O₂, H₂S qui peut empoisonner certaines espèces animales.

- Par les sels minéraux : dans l'eau de mer, la moyenne des sels minéraux est de 34,48 g/kg d'eau, mais cette moyenne est très variable : de 33 pour mille à 37 pour mille. La Mer Rouge en contient 41 pour mille, la Mer Baltique 12 pour mille.

La salinité est due essentiellement à NaCl pour 72% et au MgCl₂ pour 12%, les autres sels sont beaucoup moins importants.

Dans le sol: les facteurs abiotiques importants sont :

- L'eau : indispensable pour la faune et la flore,
- La texture et la structure du sol : la nature du substrat et la taille des particules interviennent dans la nutrition et l'aération des plantes,
- La salinité ou quantité de sels est très variable et est importante dans la détermination d'une flore caractéristique (halophytes, nitrophytes, psammophytes, etc.),
- Le pH dépend de la nature du sol mais aussi de l'humus (acide humique)

b– La Biocénose

Elle est composée de trois catégories d'êtres vivants : les producteurs, les consommateurs et les décomposeurs.

1-3) Quelques caractéristiques structurales

➤ **Tailles d'écosystèmes**

Si on considère le critère taille, on distingue trois catégories d'écosystèmes :

- Un micro-écosystème : une souche d'arbre par exemple ;
- Un méso-écosystème : une forêt ou une prairie par exemple ;
 - Un macro-écosystème : océan, savane, désert, etc. Si on considère les biocénoses :
- La synusie : correspond au micro-écosystème:biocénose temporaire et indépendante,
- La communauté : correspond au méso-écosystème : c'est une biocénose durable et autonome,
- Le biome est la communauté d'êtres vivants spécifique à un macro-écosystème.

La productivité est la quantité de matière organique fabriquée par l'écosystème : ceci est lié au flux d'énergie, eau, éléments minéraux, CO₂, etc.

Étendue

Dans la nature, les limites de l'écosystème sont difficile à obtenir, parce qu'il existe un gradient entre deux écosystèmes voisins, d'où un effet de lisière ou écotone. Les écotones sont particulièrement riches en faune dont les espèces ne se mélangent pas.

➤ **Types d'écosystèmes actuels**

Les écosystèmes actuels ne sont pas les écosystèmes originels parce qu'ils ont été modifiés par l'Homme surtout en ce qui concerne la biocénose :

- biocénose originelle : très rare : exemple : forêts vierges ;
- biocénose potentielle : une biocénose redevient originelle ou presque, si toute action de

l'Homme cesse, elle retrouverait une espèce d'équilibre ou climax ;

- biocénose réelle : c'est celle qui existe dans son état actuel.

➤ **Variabilité des écosystèmes**

Les écosystèmes méditerranéens sont caractérisés par de grandes diversités physiques et physiologiques. Ces variabilités éco-systémiques engendrent des structures et des typologies très diversifiées résultant de la variabilité des facteurs physiques du Milieu comme le sol, l'orographie et la topographie, des facteurs climatiques (pluviosité, température, luminosité, vents, etc.) et de la composition spécifique de la biocénose.

L'architecture d'ensemble constitue le premier paramètre de distinction des écosystèmes méditerranéens, cette architecture est donnée par les végétaux dominants qui restent les meilleurs indicateurs du Milieu, (Aidoud,).

➤ **Les types biologiques de la végétation**

Les espèces végétales peuvent être classées en fonction de leur mode d'adaptation aux rigueurs d'hiver, (Godron, 1984) :

- Les phanérogames : ce sont les plantes les plus résistantes : les arbres dont les bourgeons résistent suffisamment au froid pour que les jeunes feuilles soient prêtes à s'épanouir dès les premières chaleurs du printemps. Ces plantes sont dites phanérophytes par analogie avec les phanérogames (plantes dont le système reproducteur se développe de manière très apparente). La hauteur est supérieure à 2 m.
- Les chaméphytes : ce sont les plantes dont les bourgeons sont moins résistants au froid ; elles restent près du sol, abritées sous la neige (chamé = près de la terre). Ce sont de petits ligneux.
- Les hémicryptophytes : les bourgeons sont au ras du sol.
- Les cryptophytes : plantes dont les bourgeons sont enterrés, près d'une réserve de substances nutritives (souvent concentrée dans des tubercules, des rhizomes, des bulbes, etc.), qui leur donnera les forces suffisantes pour percer au printemps, la couche de terre où ils sont ensevelis.
- Les thérophytes : plantes qui échappent aux rigueurs de l'hiver en se mettant sous forme de graines (ou plus généralement, de diaspores).
- Les épiphytes : petits organismes qui vivent sur les arbres ou les roches (exemple : les mousses).

Le spectre biologique dépend essentiellement des conditions climatiques. Il est exprimé en % du couvert végétal. On peut définir la végétation par son aspect : exemples :

- Pelouse : elle comprend essentiellement une végétation herbacée ; elle peut être obtenue suite à un défrichement total d'un terrain boisé.
- Mattoral : c'est une étape de dégradation de la forêt. Il s'agit d'un maquis sur sol acide
- Garrigue : c'est un maquis sur sol calcaire.
- Fruticée : formation végétale de petits ligneux sur sol acide (exemple : formation de cistes).

➤ **Groupes phyto-écologiques**

La végétation naturelle peut être classée par groupes selon le facteur écologique dominant qui caractérise le plus ce groupe :

- groupes climatiques,
- groupes édaphiques,
- groupes orographiques,
- groupes anthropozoïques (où l'Homme et l'animal interviennent pour dégrader le milieu naturel).

II) Fonctionnement d'un écosystème

2-1) Introduction

Un écosystème se présente comme une unité intégrée (avec ses différentes composantes abiotiques et biotiques) qui fonctionne et ce, malgré l'entrée en compétition d'un grand nombre d'organismes pour les ressources. Tout être vivant, même les plus petits (bactérie, champignons, etc.) constitue une source de nourriture pour un autre organisme vivant, ce qui constitue ce qu'on appelle la chaîne trophique ou chaîne alimentaire et consiste en un transfert de matière et d'énergie d'un niveau trophique à un autre.

2-2) Circulation d'énergie

L'énergie solaire constitue la source essentielle de la matière sur Terre. Elle est estimée à $13 \cdot 10^{23}$ calories. Environ 30% de cette énergie solaire est immédiatement réfléchi vers l'espace sous forme de lumière, 20% environ est absorbée par l'atmosphère terrestre. La plus grande partie des 50% restants est absorbée par la terre elle-même et transformée en chaleur.

Une partie de l'énergie absorbée sert à l'évaporation des eaux des océans et à la formation des nuages qui, à leur tour, donnent la pluie et la neige. L'énergie solaire, combinée à d'autres facteurs est aussi responsable des mouvements de l'air et de l'eau qui participent à l'établissement de différents types de climats sur toute la surface terrestre.

Les plantes vertes et d'autres organismes photosynthétiques captent moins de 1% d'énergie solaire. Ces êtres transforment cette énergie en énergie chimique, électrique et mécanique utilisée par ces mêmes organismes (dits autotrophes) et par tous les autres êtres vivants, dits hétérotrophes, et assurant ainsi leur nutrition et donc leur survie et leurs diverses activités. Ce flux d'énergie est l'essence de la vie.

Ainsi, pour les êtres vivants, l'énergie est la capacité d'accomplir un travail. Ce travail peut être produit au niveau de la cellule (synthèse de molécules, déplacement des organites et des chromosomes d'un endroit à un autre, transport de substances, etc.), du tissu, de l'organe, de l'individu, du peuplement, de la communauté, de l'écosystème et de la Biosphère.

Tout être vivant doit, donc, recevoir de l'énergie parce qu'il en dépense pour différentes fonctions :

- La maintenance : entretien de l'organisme ou métabolisme basal et activités courantes (mouvements) ;
- La croissance de l'organisme (augmentation en taille, en poids et en volume).
- La reproduction : production de gamètes et de graines ;
- L'accumulation de réserves glucidiques et lipidiques. Il y a donc un flux d'énergie d'un niveau trophique à un autre.

L'énergie captée par les plantes vertes est, ainsi, transférée d'une manière très organisée à travers les différents niveaux de la chaîne trophique avant de se dissiper.

La principale source d'énergie est d'origine solaire. L'Homme, à l'heure actuelle, l'utilise peu, si ce n'est par l'intermédiaire des végétaux. Si on compare ces êtres vivants à des machines,

on peut parler donc de rendement de production et de productivité. L'énergie d'origine solaire parvenant au sol est estimée en moyenne, pour les régions tempérées ou tempérées chaudes à dix milliards de kcal par hectare et par an. La production annuelle d'un champ de blé, en matière sèche, est d'environ une dizaine de tonnes par Ha, celle d'une forêt feuillue de 5 à 6

tonnes, ce qui représente approximativement 50 millions de kcal/ha/an. Cette valeur, comparée à celle plus haut (10 milliards de kcal) donne le rendement des végétaux (de l'ordre de 1%). Expérimentalement, l'Homme est arrivé à améliorer ce rendement et a pu atteindre les 5% pour certains végétaux.

La répartition de l'énergie au niveau des producteurs et des consommateurs peut être schématisée ainsi :

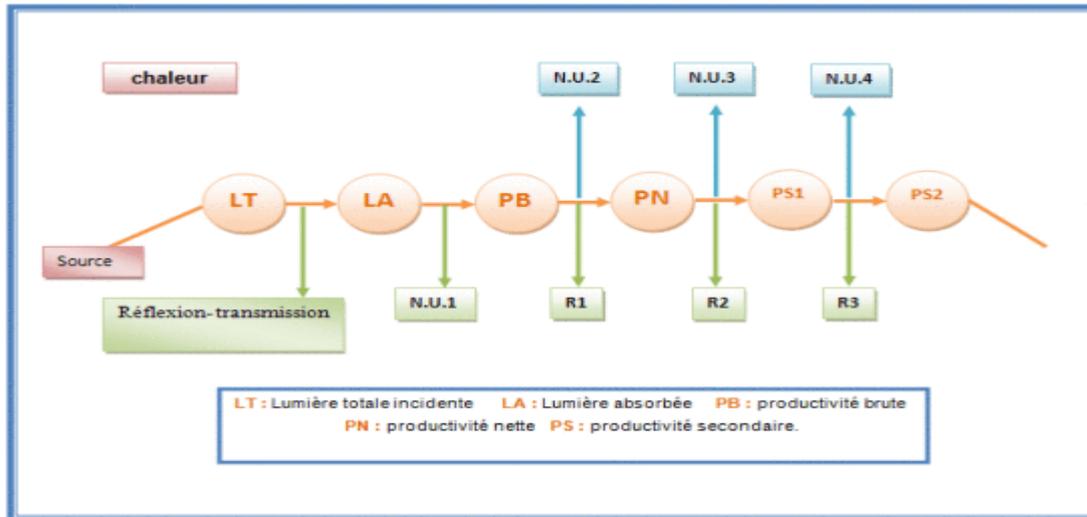


Figure 1 : La répartition de l'énergie au niveau des producteurs et des consommateurs

Toute l'énergie non utilisée est reprise par décomposition ; l'énergie de respiration (R1, R2, R3) sera perdue.

La quantité d'énergie disponible diminue, donc, tout le long de la chaîne trophique.

La plante n'absorbe que de 1 à 5% de l'énergie reçue. Les herbivores utilisent en moyenne 1% de l'énergie fixée par les aliments qu'ils ont consommés : $PS1/PB = 1\%$. Pour les carnivores, le rendement est plus fort : $PS2 / PS1 = 10\%$.

Dispersion de l'énergie

L'énergie emmagasinée par les producteurs se disperse donc d'un niveau trophique à un autre. Pour donner un aperçu général de ce phénomène, prenons par exemple le niveau consommateur primaire. Tout organisme qui se nourrit d'une espèce végétale doit sélectionner sa nourriture : certains végétaux ou des parties de végétaux ne sont pas utilisés, d'où la perte d'une partie des calories emmagasinées par les plantes. Cette perte varie avec les espèces consommatrices, c'est ainsi, par exemple que les troupeaux d'Ongulés sauvages sont susceptibles d'utiliser la majeure partie des herbes qui poussent, ce qui n'est pas le cas pour le cheptel introduit par l'Homme.

D'autre part, les calories ingérées par l'herbivore ne sont pas toutes transformées en matière animale, 80 à 90% d'entre elles sont utilisées pour les phénomènes de respiration, d'évapotranspiration, d'excrétion, etc

Exemple :

dans une prairie : 1 m² fixe 1000kcal / jour, la production de cette superficie sera mangée par un herbivore qui va obtenir 10 kcal ; le carnivore mange l'herbivore et aura une masse de tissu correspondant à 1 kcal ; le carnivore II consomme le carnivore I et aura seulement 0,1 kcal.

2-3) Circulation de matière

Les relations, souvent compliquées, entre les différents organismes vivants, quelque soit leur position dans la chaîne, et entre ceux-ci et leur milieu inerte, sont à l'origine d'un cycle bien organisé d'éléments tels que l'azote, le carbone, le phosphore, etc. ces éléments suivent un circuit parmi les organismes, reviennent au sol où ils sont décomposés par les bactéries et les champignons et sont recyclés par les plantes vertes, en présence de lumière, pour reconstituer la matière organique.

Ce cycle est dit cycle de la matière qui concerne trois grands ensembles d'êtres vivants, à savoir les Producteurs, les Consommateurs et les Décomposeurs.

Les Producteurs

C'est l'ensemble des végétaux chlorophylliens qui vont fixer l'énergie de la lumière solaire (photosynthèse).

Il y a en moyenne 1 à 5% de l'énergie solaire qui est captée par les plantes.

Les Consommateurs

Tous les végétaux et les animaux consomment de la matière organique des producteurs pour obtenir l'énergie nécessaire à leur métabolisme. Cette production d'énergie s'effectue essentiellement à partir de la dégradation par voie oxydative (respiration) de la matière organique (catabolisme). Ensuite, il y aura édification de la propre matière (organique) de ces consommateurs (anabolisme). On distingue plusieurs catégories de consommateurs selon le régime alimentaire :

- **Les herbivores** : ce sont les consommateurs des végétaux : par exemple : les Cétacées consomment les phytoplanctons ; les algues sont mangées par les gastéropodes , les tortues marines, etc. ; les lichens constituent la nourriture des gastéropodes terrestres, les myriapodes terrestres, etc. ; en ce qui concerne les végétaux supérieurs, tous les organes peuvent être consommés (herbes et feuilles de ligneux, par les Vertébrés et les Insectes, les fruits et les graines, par les Oiseaux et autres Vertébrés ; etc.)

- **Les saprophages** : consomment des végétaux et des animaux morts, leur rôle est en quelque sorte de recycler la matière organique avant d'être déminéralisée par les décomposeurs. Il existe plusieurs types de saprophages :

- Les détritivores : consomment les débris végétaux et animaux.
- Les coprophages : se nourrissent des excréments de divers animaux : ce sont surtout des insectes.
- Les nécrophages : se nourrissent de cadavres : ce sont des oiseaux et des insectes (charognards).

- **Les carnivores** : se nourrissent d'autres animaux dont ils vont digérer la matière organique ; on les appelle aussi les prédateurs : on en distingue trois catégories :

- Prédateurs de premier ordre : qui mangent les herbivores : (chacal, lion, etc.).
- Prédateurs de 2° ordre qui mangent les prédateurs de 1° ordre (serpents, etc.).
 - Prédateurs de 3° ordre : (les rapaces qui mangent les serpents, etc.). On constate donc un transfert d'énergie d'un niveau trophique à un autre :

photosynthèse → matières organiques végétales → matière organique herbivore → matière organique carnivore I → matière organique carnivore II → matière organique carnivore III. , etc.

La chaîne trophique ne va pas s'allonger indéfiniment, en principe elle va s'arrêter au niveau du carnivore III parce qu'il y a perte d'énergie d'un niveau à un autre.

L'étude des carnivores appelle à quelques remarques :

- Il existe des êtres animaux qui sont capables de tout consommer : ils sont dits omnivores ou diversivores (Homme, Sanglier, Hérisson, etc.).
- En ce qui concerne les parasites : il existe des parasites qui sont fixés en divers points de la chaîne : exemple : l'olive a deux parasites : un parasite primaire (dacus) et un parasite secondaire (opius).

Les chaînes de parasites contiennent des éléments de tailles décroissantes tandis que les prédateurs sont, en général, de tailles croissantes.

Si on considère la chaîne trophique essentielle et qu'on veut considérer les chaînes de parasites, de saprophages, etc., on obtient un écosystème très compliqué.

Les Décomposeurs

Ce sont surtout des bactéries et des champignons. Ils se nourrissent de la matière organique morte (cadavres, litières, etc.). Leur rôle est de décomposer la matière organique ou la minéraliser (en CO₂, NH₃, H₂S, etc.). Ces éléments minéraux seront repris par d'autres bactéries :

par exemple : bactéries nitrifiantes → nitrates, bactéries sulfurantes → sulfates, etc.

Les nitrates et les sulfates sont mieux assimilés par les plantes. Le processus de décomposition est aussi important que celui de production dans un écosystème donné. La quantité de matière organique qui retourne au sol dans les écosystèmes terrestres, sous forme de feuilles, de racines ou de bois mort, peut aller, chaque année, de quelques tonnes à quelques dizaines de tonnes par hectare. Un nombre important d'espèces agissent plus ou moins rapidement sur cette matière pour la recycler, en la fractionnant, la transformant, la décomposant et la minéralisant. Elle redevient disponible pour les producteurs et utilisable pour la synthèse de nouvelles molécules organiques.

En conclusion on peut dire que les décomposeurs jouent un rôle essentiel dans le cycle biogéochimique.

En conclusion on peut dire que les décomposeurs jouent un rôle essentiel dans le cycle biogéochimique.

2-4) Les relations entre les êtres vivants dans un écosystème

L'écologie (1) est la science qui étudie les interactions au sein des écosystèmes (2). Dans un écosystème, les relations trophiques (3) décrivent les relations alimentaires. Cependant, il existe de nombreux autres types d'interactions (ou de relations) (4) entre les êtres vivants.

- **Qu'est-ce que l'écologie ?**

L'écologie est une science qui est née au XIXe siècle et s'est structurée en discipline scientifique au cours du XXe siècle.

Le mot écologie est dû à Ernst Haeckel (1866).

Le premier traité d'écologie est écrit à la fin du XIXe siècle par Eugène Warming.

C'est la science qui étudie les relations entre les êtres vivants eux-mêmes et avec leur environnement. En un mot, c'est la science des interactions :

- interactions entre les êtres vivants et leur environnement (autoécologie),
- interactions entre les êtres vivants eux-mêmes (synécologie)

Remarque : depuis les années 1970, l'écologie désigne aussi une forme d'engagement personnel, politique ou associatif, qui traduit une préoccupation relative à l'impact des activités humaines sur la planète.

- **Qu'est-ce qu'un écosystème ?**

Le terme a été proposé en 1935 par le botaniste anglais Arthur Tansley, le concept s'est structuré à partir des années 1940.

Complément de connaissances

L'écosystème est un ensemble relativement homogène et stable (en l'absence de perturbations) constitué par une communauté d'êtres vivants (animaux, végétaux, champignons, microbes) appelée biocénose, en relation avec un biotope (facteurs physicochimiques déterminés par le climat, la topographie, la nature du sol, l'humidité, etc.).

Ecosystème = biocénose + biotope

Un écosystème évolue, en l'absence de perturbation d'origine naturelle ou humaine, vers un état d'équilibre appelé climax.

Cependant, la plupart des écosystèmes terrestres ou aquatiques sont perturbés par les activités humaines. On parle de perturbation d'origine anthropique.

- **Les relations trophiques**

Les relations trophiques (du grec trophê se nourrir) concernent les relations alimentaires entre les êtres vivants d'un écosystème. Elles sont structurées à partir de chaînes formant des réseaux. Exemples : réseau trophique d'un étang, réseau trophique d'une prairie, réseau

trophique d'une forêt.

A) Chaînes trophiques (alimentaires)

La place d'un être vivant dans une chaîne trophique représente son niveau trophique. Il en existe trois :

- le niveau des producteurs, ou producteurs primaires
- le niveau des consommateurs (consommateur 1, consommateur 2, consommateur 3, etc.)
- le niveau des décomposeurs.

Les producteurs primaires sont les végétaux chlorophylliens. Ils utilisent l'énergie lumineuse pour transformer la matière minérale (eau, ions minéraux, dioxyde de carbone) en matière organique : c'est le processus de photosynthèse. Les producteurs primaires sont autotrophes. Ils sont à la base de la production de matière organique.

Les consommateurs se nourrissent de matière organique. Ils dépendent donc entièrement des producteurs, soit directement dans le cas des phytophages (consommateurs primaires), soit indirectement dans le cas des zoophages (consommateurs secondaires ou d'ordre supérieur). Les consommateurs sont hétérotrophes.

Les décomposeurs utilisent la matière organique morte (provenant des producteurs et des consommateurs morts), dont ils assurent la transformation en matière minérale. Il s'agit de la minéralisation. On peut distinguer d'une part les détritivores (vautours, bousiers, vers de terre) qui consomment des cadavres et des excréments, d'autre part les transformateurs (bactéries, moisissures, champignons) qui terminent la décomposition de la matière organique jusqu'à sa minéralisation. Ceci permet le recyclage de la matière.

B) Les réseaux trophiques (alimentaires)

Dans un écosystème, un être vivant peut faire partie de plusieurs chaînes alimentaires. L'ensemble de ces chaînes forment un réseau.

Les représentations de type chaîne ou réseau sont qualitatives, elles permettent d'identifier les espèces concernées, de préciser leur niveau trophique, mais elles ne donnent aucune indication sur la taille des populations. Ils s'agit de représentations qualitatives.

C) Les pyramides écologiques

Les représentations sous la forme de pyramides écologiques permettent d'évaluer la diminution de matière ou d'énergie mise à la disposition de chaque échelon suivant dans la chaîne alimentaire. Chaque rectangle de la pyramide aura une surface proportionnelle au nombre d'individus, à la masse totale d'individus d'une même catégorie ou à la quantité d'énergie. Les pyramides écologiques permettent donc de quantifier les échanges entre les

niveaux trophiques ou d'évaluer la taille des populations concernées.

Il en existe trois catégories :

La pyramide des énergies représente la quantité d'énergie collectée à chaque niveau de la chaîne alimentaire. Toute l'énergie solaire collectée par les végétaux n'est pas entièrement disponible pour les herbivores : le rendement de la photosynthèse est faible, une partie de l'énergie est utilisée pour répondre aux besoins de la plante elle-même. Le deuxième étage de la pyramide est donc moins large que le premier. Il en est de même pour le troisième, où les zoophages de premier ordre (les carnivores) ne récoltent pas toute l'énergie acquise par les herbivores, etc.

La pyramide des nombres représente le nombre d'individus à chaque niveau trophique. Dans tout écosystème, ce nombre diminue en passant du niveau des proies à celui des prédateurs. L'évaluation des populations fournit des indications sur l'état de l'écosystème et peut, par exemple, expliquer des phénomènes d'extinction ou, au contraire, de pullulation.

La pyramide des biomasses fournit une évaluation de la masse des producteurs par rapport à celle des consommateurs. La première étant toujours supérieure à la seconde.

- **Les autres interactions entre les êtres vivants**

Au sein d'une biocénose, différents types d'interactions sont observés entre individus d'espèces différentes (interactions interspécifiques) ou de la même espèce (interactions intraspécifiques). Ces interactions peuvent être nuisibles, neutres ou bénéfiques.

Les principales interactions interspécifiques sont les suivantes :

La symbiose : relation écologique obligatoire à bénéfices réciproques.

Exemples : l'association entre une algue et un champignon, formant les lichens ; l'association entre les racines d'un arbre et d'un champignon (ex :bolet du chêne). Dans les deux cas, l'espèce (algue, arbre) procure les sucres à l'hétérotrophe (champignon), qui lui procure l'eau et les ions minéraux.

Le mutualisme : association non obligatoire à bénéfices réciproques.

Exemple : le petit crabe qui vit dans la moule reçoit protection et nourriture, tandis que l'intérieur de la moule est nettoyé par le crabe. Cependant, l'un et l'autre peuvent vivre séparés.

Le commensalisme : association dont un seul tire profit, sans pour autant nuire à l'autre.

Exemple : le chacal vient se nourrir des restes de proie laissés par les lions.

Le parasitisme est une association étroite entre deux espèces dont l'une, l'hôte, héberge la seconde qui vit à ses dépens.

Exemples : certains parasites sont externes (la tique du chien) d'autres internes (le ténia). Certains s'installent durablement, d'autres non.

La compétition concerne deux espèces qui recherchent la même ressource, dans la même niche écologique.

Exemple : la compétition des plantes herbacées pour la lumière en milieu forestier. Le neutralisme, ou l'indifférence, est une absence d'interaction.

Exemple : les chamois, les bouquetins et les mouflons dans le Mercantour.

Les relations intraspécifiques s'établissent entre individus de la même espèce, formant une population. Il s'agit de phénomènes de coopération ou de compétition, avec partage du territoire, et parfois organisation en société hiérarchisée.

Cela recouvre bien sûr les comportements de reproduction, de protection et de nourrissage des jeunes (notamment chez les oiseaux et les mammifères), la compétition pour les mêmes ressources quand elles viennent à manquer, les comportements sociaux (exemple d'insectes sociaux : abeilles, fourmis, termites

III) Le milieu naturel aquatique et son fonctionnement

3-1) La ressource en eau et le grand cycle de l'eau

A l'échelle planétaire, les ressources potentielles en eau sont considérables. Cependant, environ 97% de l'eau présente sur la terre est de l'eau salée. De plus sur la quantité d'eau douce disponible, 76% est immobilisée (et donc non disponible) sous forme de glaciers et de neige. Par conséquent, il ne reste que 0,5% d'eau disponible pour les êtres humains. Le stock total de l'eau se répartit entre les eaux souterraines, les eaux de surface et les glaciers. La quantité d'eau disponible varie peu puisqu'elle est sans cesse renouvelée par un flux continu appelé le grand cycle de l'eau (représentée schématiquement ci-contre).

L'eau circule à travers les différents plans d'eau, les sols et l'atmosphère en changeant d'état. C'est toujours la même eau qui se renouvelle sans cesse par l'intermédiaire de six phénomènes :

- ▶ **l'évaporation** : sous l'action du rayonnement solaire, l'eau s'évapore à partir des surfaces d'eau et du sol
- ▶ la **condensation** : l'eau qui s'évapore rejoint l'atmosphère et va se condenser dans les nuages
- ▶ les **précipitations** : sous l'effet des variations de température et de pression, la vapeur d'eau condensée dans les nuages va être évacuée sous formes de précipitations, océaniques et continentales
- ▶ le **ruissellement** : selon la pente et la perméabilité du sol, l'eau ruisselle jusqu'aux fleuves et les océans
- ▶ **l'infiltration** : une partie des précipitations s'infiltré dans le sol et s'accumule dans des réservoirs d'eau souterraine. Ces sources d'eau ne sont pas immobiles et pénètrent jusqu'aux zones d'eau de surface.
- ▶ **l'évapotranspiration** : l'eau est restituée à l'atmosphère par évapotranspiration des plantes

Les prélèvements annuels en eau pour les usages humains sont ensuite rendus au milieu naturel. Les prévisions démographiques ainsi que les besoins qui en découlent devront laisser une quantité suffisante d'eau pour que la ressource puisse suivre son cycle naturel. En pratique, nous verrons que le cycle peut être perturbé de différentes façons, selon des pratiques qui peuvent porter atteinte à la ressource.

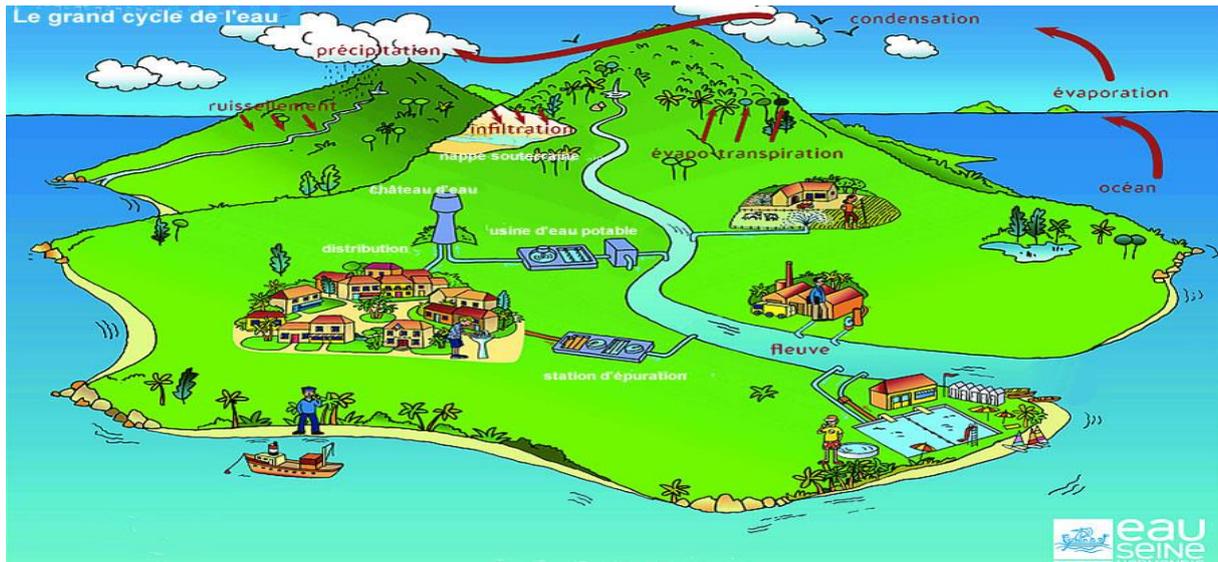


Figure 2 Cycle de l'eau

Le temps de renouvellement de l'eau

L'eau se déplace sans cesse entre les différents réservoirs de la planète. Ces déplacements font de l'eau une ressource naturelle renouvelable. Cependant, toute l'eau ne participe pas en permanence au cycle de l'eau. Certaines molécules d'eau peuvent rester plus ou moins longtemps dans un réservoir. Le temps passé dans un réservoir est appelé temps de résidence. Le temps de résidence dépend de la rapidité des transferts, plus les transferts sont rapides moins les temps de résidence des molécules d'eau sont longs et inversement. Les vitesses de transferts varient selon la nature du réservoir.

Pour les océans le temps de résidence est approximativement de 2500 années. Dans l'atmosphère, l'eau réside environ une huitaine de jours. Pour les rivières, il s'agit d'un transfert qui dure entre 15 à 20 jours. Enfin, les eaux souterraines témoignent de temps de résidence les plus variables qui peuvent aller de quelques jours à quelques semaines pour le réseau karstique et jusqu'à plusieurs milliers d'années pour les nappes plus profondes (30 000 ans pour la nappe des sables de l'Albien, à quelques centaines de mètres dans le sous-sol de Paris).

Le déplacement de l'eau dépend de plusieurs variables :

- ▶ Le temps de transfert des eaux souterraines et la zone de recharge ;
- ▶ La vitesse de transfert de l'eau dépend du milieu souterrain mais aussi des éléments qui la compose (la connaissance de cette vitesse permet de connaître la zone de recharge principale

de la nappe) ;

- ▶ le temps de renouvellement de l'aquifère et la protection contre la surexploitation ;

Il est important de connaître le temps de renouvellement de l'eau afin de s'assurer que l'exploitation de l'eau ne conduit pas la ressource à être exposée à une baisse de niveau et par conséquent à une vulnérabilité.

Le cycle de l'eau et les flux de renouvellement des stocks

| Les réservoirs | Les temps de résidence |
|--------------------------------|--|
| Océans | 2 500 ans |
| Eaux continentales | |
| Glaciers | 1 600 à 9 700 ans |
| Eaux souterraines | 1 400 ans |
| Mers intérieures | 250 ans pour la mer Caspienne qui contient 80% de tout le volume d'eau de ce réservoir |
| Lacs d'eau douce | 17 ans pour les grands lacs 1 an pour les autres lacs |
| Humidité des sols | 1 an |
| Rivières | 16 jours |
| Atmosphère (humidité de l'air) | 8 jours |
| Biosphère (cellules vivantes) | quelques heures |

| | |
|-----------------------------------|---------|
| Évaporation sur les océans | 425 000 |
| Évaporation sur les continents | 71 000 |
| Précipitations sur les océans | 385 000 |
| Précipitations sur les continents | 111 000 |
| Apport des cours d'eau aux océans | 40 000 |

Flux hydriques annuels sur l'ensemble de la planète exprimés en km³ d'eau (d'après l'eau, Ghislain de Marsilly 1995). Notons que la somme des évaporations est égale à la somme des précipitations.

3-2) Les eaux de surface continentales

Les précipitations et le ruissellement alimente les eaux courantes (cours d'eau, rivières, canaux) et les eaux stagnantes ou les plans d'eau (lacs, retenues de barrage, étangs...). Les rivières sont le fruit de pluie tombées sur un même bassin versant et qui se rejoignent. Celles-ci, sur leur chemin, débouchent sur un fleuve ou dans la mer en passant par les lacs, les étangs, etc. et recueillent d'autres cours d'eau plus petits comme leurs affluents. Chaque partie de ces rivières varie en fonction de son milieu. Les facteurs de changement sont diversifiés et peuvent ainsi être d'ordre naturel ou anthropique. Lorsqu'un obstacle survient à l'écoulement de la rivière, l'eau s'accumule et crée des lacs. Les lacs trouvent leurs origines dans des phénomènes naturels (par exemple, liée à la structure géologique) ou dans des productions artificielles (par exemple, la création d'un barrage). Tout comme les rivières, les caractéristiques des lacs dépendent des cours d'eau qui les alimentent et de leurs milieux.

L'alimentation des eaux de surface continentales est fonction des précipitations et des évaporations ainsi que des caractéristiques du bassin et du cours d'eau. L'alimentation n'est

donc constante et varie selon les saisons. Aussi, des situations « extrêmes » peuvent être recensées telles que des crues (augmentation importante du niveau de l'eau pouvant déboucher sur une inondation) ou des périodes d'étiage (correspondant à une diminution importante du niveau de l'eau pouvant provoquer des sécheresses).

En France, les cours d'eau d'une longueur supérieure à un kilomètre représentent un linéaire de 525 000 kilomètres dont les trois quarts sont des petits ou des très petits cours d'eau. Il existe près de 34 000 plans d'eau douce, dont 535 ont une superficie supérieure à cinquante hectares. 540 plans d'eau sont des retenues de grands barrages mesurant plus de vingt mètres de haut ou dont le volume de la retenue est supérieur 15 millions de mètres cube. L'ensemble des eaux courantes et des eaux stagnantes sont des milieux vivants qui constituent des écosystèmes complexes.

Les facteurs d'influence de la ressource en eau

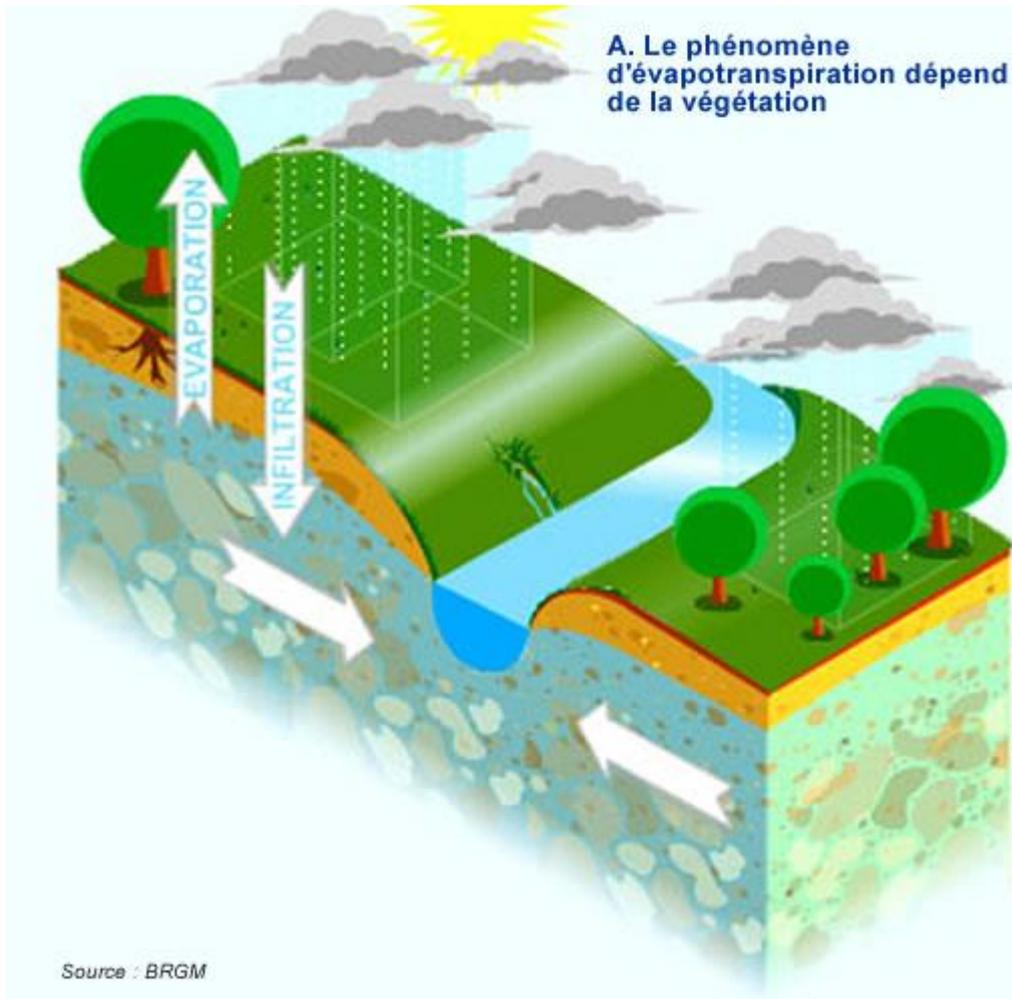
Il existe un grand nombre de paramètres qui influencent le cycle de l'eau. Selon les régions étudiées les influences sont différentes et ont des impacts sur la ressource en eau.

Parmi les phénomènes naturels les variations relevées dépendent :

- ▶ du climat : les principales caractéristiques sont les températures et les précipitations qui influent considérablement sur la ressource en eau. Ainsi, les océans génèrent des variations climatiques en absorbant et en libérant de la chaleur. L'évaporation de l'eau provenant des océans et transportée par les vents agit sur la montée ou la baisse des températures.
- ▶ de la végétation : l'eau atteignant le sol s'infiltre. Les racines absorbent cette eau et une certaine quantité est évaporée par les feuilles. L'ensemble de ces pertes en eau constitue l'évapotranspiration. Les quantités d'eau alimentant les nappes souterraines sont d'autant plus réduites en été.
- ▶ du relief, de la composition et de la nature de la zone étudiée. Les différents états des régions vont avoir une influence sur le renouvellement de l'eau.
- ▶ de l'occupation des sols : la ressource en eau est dépendante des structures paysagères. En effet, plus les cultures sont importantes plus les besoins en eau augmentent. La deuxième conséquence d'une occupation des sols peut être la pollution des sols qui au fur et à mesure infectent et s'installent dans les nappes souterraines les plus profondes.
- ▶ de la lithologie, comme le montre la figure ci-contre, plus la structure est fine, plus le temps d'écoulement étant lent.

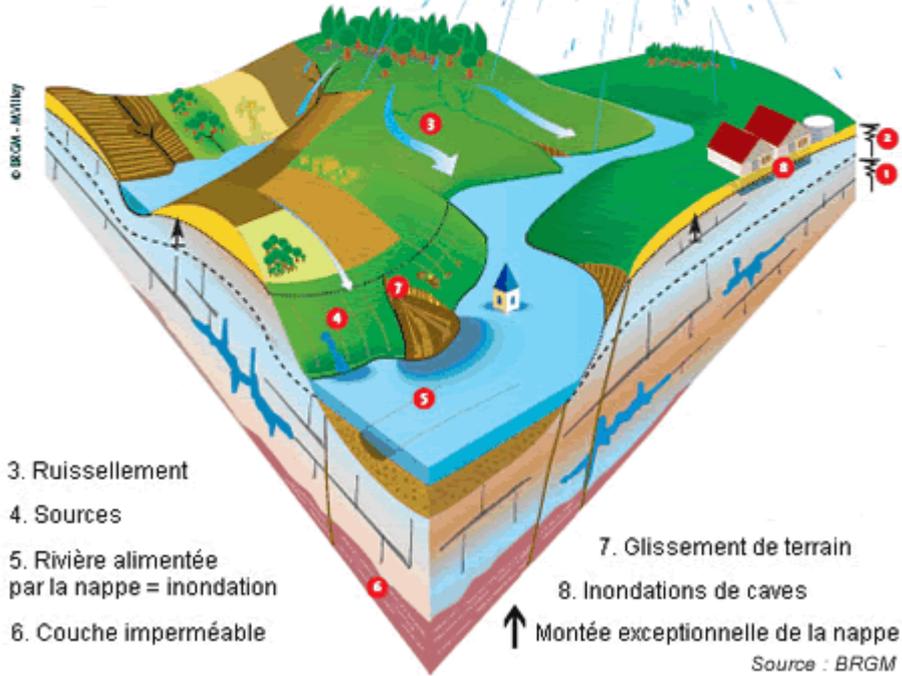
La variabilité de la ressource en eau peut être aussi liée à la présence de l'homme. Les activités anthropiques provoquent un déséquilibre du cycle de l'eau. Plus ces activités sont

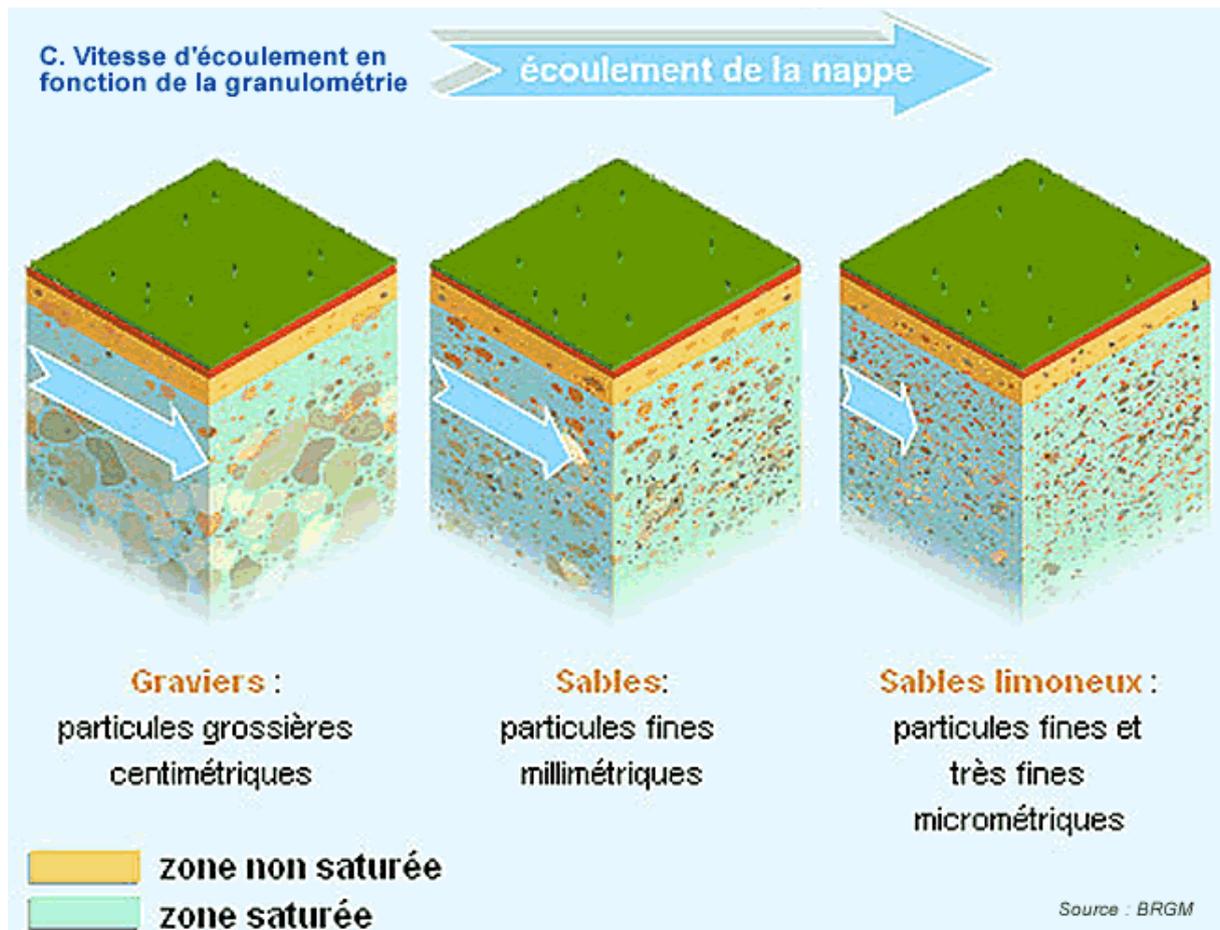
intenses plus les modifications sont grandes pouvant altérer la ressource en eau tant au niveau de sa qualité que de sa quantité.



B. Relief et occupation des sols

1. Situation normale de la nappe
2. Situation de crue de la nappe





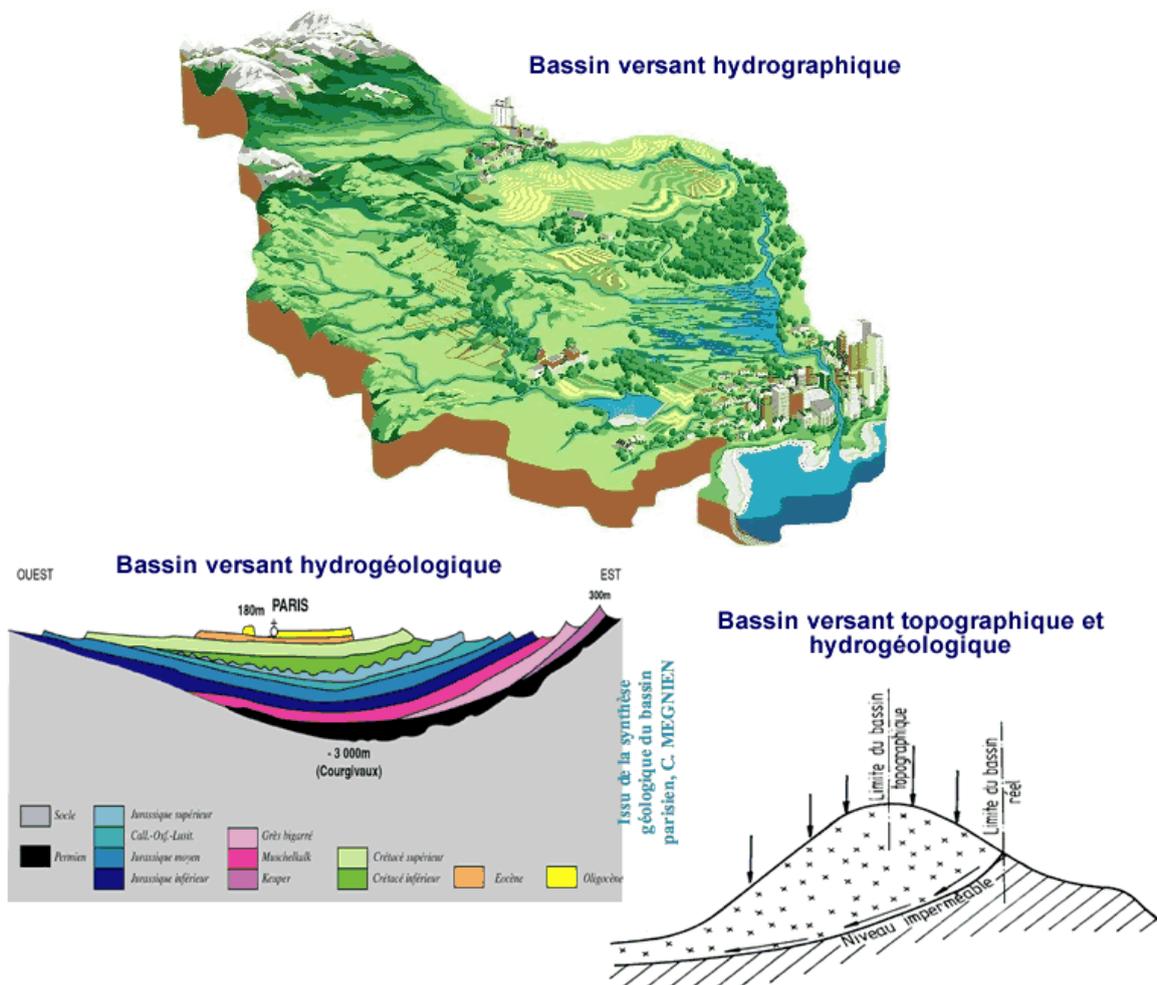
3-3) Le bassin versant

Le bassin versant représente un territoire où l'ensemble des écoulements d'eau se dirigent vers un cours d'eau et ses affluents. Ce territoire est délimité par des frontières naturelles que l'on appelle lignes de partage des eaux ou lignes de crêtes. Ces lignes déterminent la direction du ruissellement de l'eau qui converge vers un seul et même point : l'exutoire du bassin. Ainsi la notion de bassin versant s'étend de la source à l'embouchure d'un cours d'eau et inclut tous les affluents qui viennent l'alimenter. En réalité, il n'y a pas un bassin versant mais des bassins versants qui se nourrissent les uns les autres. A l'intérieur de chaque grand bassin, un sous-bassin peut être défini pour un affluent en particulier.

Un Bassin versant peut être défini non seulement pour des eaux superficielles mais aussi pour des eaux souterraines. Dans ce cas, il s'agit là d'un bassin versant « réel ». On parle aussi de bassin versant hydrographique ou topographique pour lequel on constate seulement la présence d'eaux superficielles et qui sous-entend que le sol est imperméable. Puis, de bassin versant hydrogéologique qui ne révèle que la présence d'eaux souterraines. Ils ne sont pas définis par des lignes de partage des eaux mais par des lignes de crêtes piézométriques qui représentent la hauteur d'eau dans le sol.

Le bassin versant a une grande importance pour les usagers de l'eau. En effet, le devenir de l'eau dépend de l'état de la surface sur laquelle la ressource tombe et puis des activités humaines exercées dans la zone concernée. Dans une région où les sources de pollutions sont nombreuses et où les prélèvements sont importants, ces comportements vont avoir une influence sur la qualité et la quantité de l'eau et par conséquent sur le bassin versant. De plus, toute action en aval peut affecter l'amont, aussi pour mettre en œuvre un plan qualité de l'eau, il faut prendre en considération la pollution d'un cours d'eau sans négliger celle des affluents en amont.

Différentes représentations d'un bassin versant



3-4) Qu'est-ce que les eaux souterraines ?

Les eaux souterraines proviennent principalement des eaux de pluie. Elles sont présentes dans les pores et les fissures des roches. On appelle ces roches des roches aquifères. Les aquifères ont généralement deux compartiments :

- ▶ la zone non saturée, c'est à dire la partie haute de l'aquifère où l'eau ne remplit pas totalement les pores de la roche
- ▶ la zone saturée, la partie basse de l'aquifère où les pores de la roche sont totalement remplis par l'eau. L'eau contenue dans la roche est qualifiée de nappe.

Il existe différents types de nappes qui varient en fonction du réservoir (de la roche « accueillante ») :

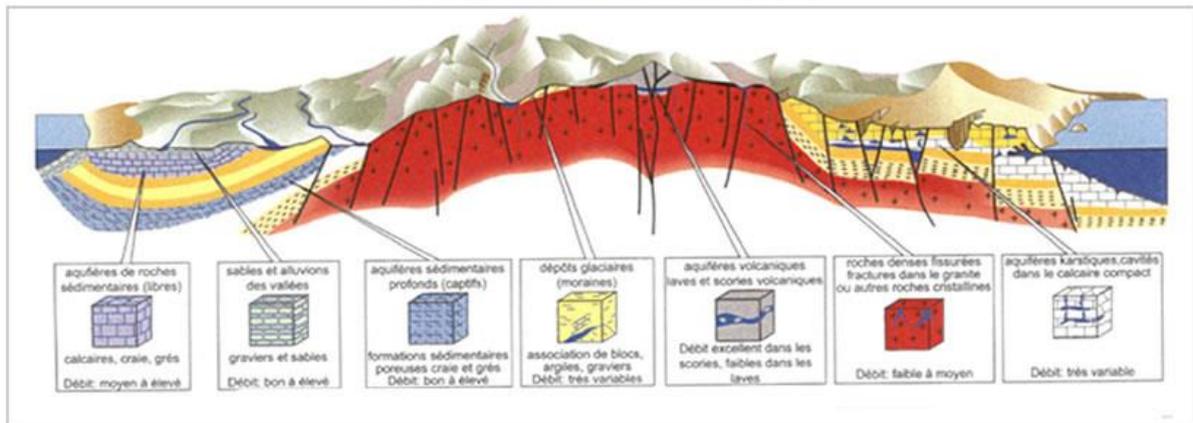
- ▶ les nappes libres, la partie supérieure du réservoir est perméable. Elle permet ainsi à l'eau de circuler dans toute la surface de la roche. Les nappes libres sont présentes dans les roches dites poreuses (sable, craie, calcaire)
- ▶ les nappes captives, le réservoir est imperméable. Ces zones sont donc alimentées par les roches voisines. Les nappes captives sont des roches poreuses tout comme les nappes libres
- ▶ les nappes alluviales sont les réservoirs qui fournissent 60% des eaux souterraines prélevées en France. Leur débit important et leur facilité d'accès expliquent aussi le lieu d'échange qu'elles offrent aux autres nappes.

Une roche aquifère est donc à la fois un réservoir d'eau et un conducteur d'eau. La quantité d'eau qu'elle fournit dépend de son étendue, de sa porosité et de sa perméabilité. Sa capacité de stockage dépend de son volume et de sa porosité efficace, tandis que son aptitude à transmettre un flux dépend de son épaisseur et de sa perméabilité.

Les nappes d'eau souterraines sont alimentées par le ruissellement et l'infiltration des précipitations. Les pluies lessivent le sol et entraînent avec elles les pollutions rencontrées sur les sols. En fonction de la contamination des sols, l'importance de l'impact de la pollution varie d'une nappe à une autre.

Le volume d'eau souterraine, en France, est de l'ordre de 2000 milliards de mètres cubes. Parmi cette quantité d'eau souterraine disponible, 7 milliards de mètres cubes par an sont captés dans les nappes dont la moitié est destinée à notre consommation d'eau potable.

Types de réservoirs et de nappes



Principaux terrains aquifères de France dans leur cadre géologique synthétique (avec indication des débits possibles dans les ouvrages de captage) (J.-J. Collin, 1992, modifié 2004)

➤ La vulnérabilité des eaux souterraines

La vulnérabilité d'une nappe dépend de ces caractéristiques physiques, chimiques et biologiques qui lui procurent un degré de protection plus ou moins élevé vis-à-vis des pollutions. On peut distinguer deux types de vulnérabilité celle directement liée aux caractéristiques détermine la sensibilité du milieu par rapport à la pollution et la vulnérabilité spécifique définissant la sensibilité du milieu par rapport à un polluant en particulier.

La protection naturelle, d'une nappe à la pollution, est performante :

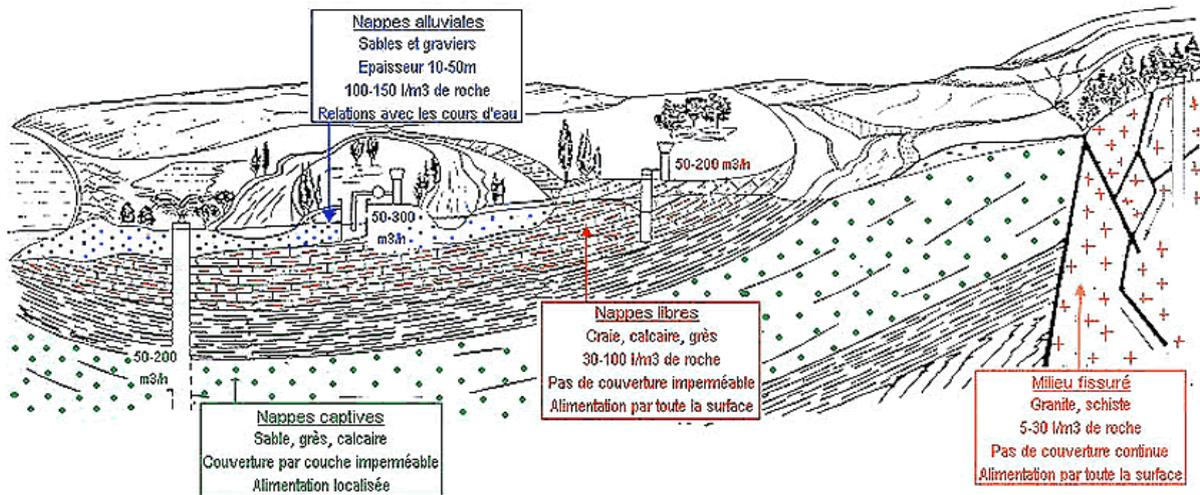
- ▶ plus les sols ne sont épais et argileux
- ▶ plus la roche est poreuse et non fracturée
- ▶ plus l'épaisseur de la zone non saturée est importante

En règle générale, les nappes alluviales sont vulnérables en proportion de leur faible profondeur, de leur absence de protection et du risque rapide de propagation de la pollution du cours d'eau. Les nappes libres fissurées sont aussi des terrains où la pollution se répand rapidement et où elle peut s'étendre sur de grandes surfaces. Enfin, les nappes libres constituées de craies et de calcaires sont particulièrement propices à une propagation rapide de la pollution.

La vulnérabilité est donc attribuable à un manque de protection naturelle des aquifères contre les pollutions. Outre cette faiblesse, la vulnérabilité de l'eau est fonction des caractéristiques des matières polluantes qui atteignent les eaux souterraines et entraînent leur dégradation mais aussi de la difficulté de régénération de l'eau due à la persistance de certains polluants.

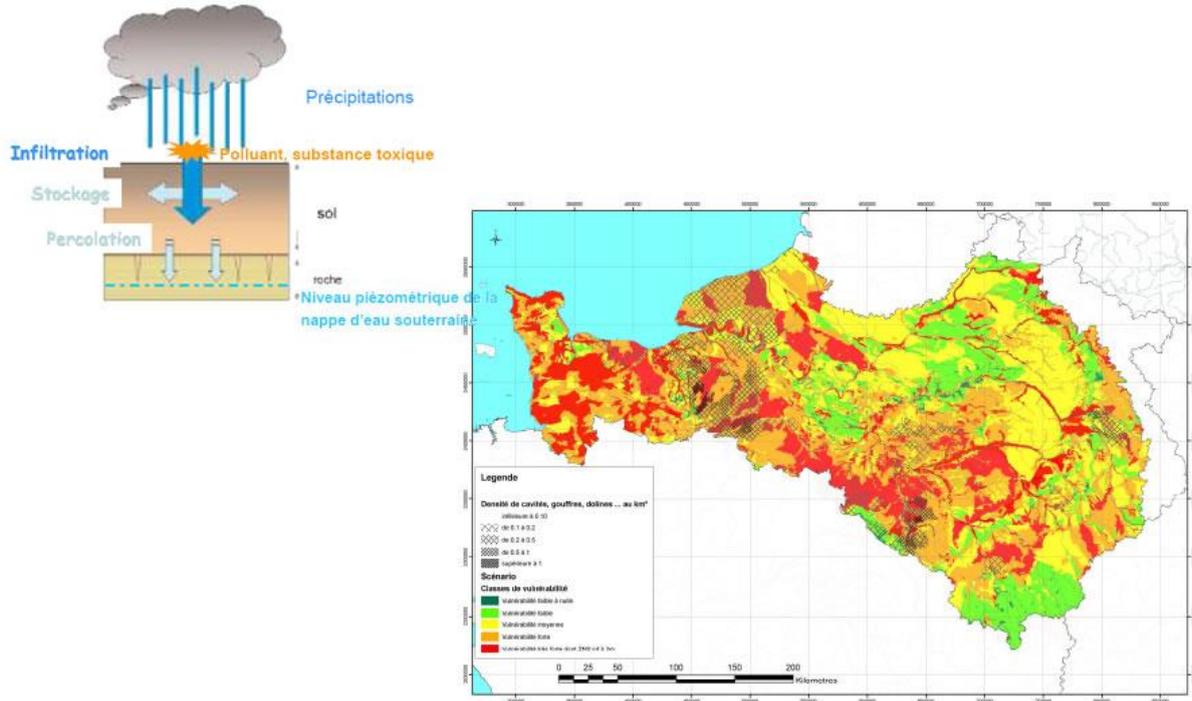
La pollution des nappes d'eaux souterraines par certaines substances a peu d'influence sur la santé si elle peut être circonscrite, par exemple quand l'eau polluée peut être facilement détectée par une odeur ou un goût inhabituel et qui la rend impropre à certaines consommations (comme la consommation d'eau potable). De même, la surveillance permet de détecter la présence de certaines de ces substances qui pourraient comporter un risque réel pour la santé.

Exemples de types de nappes selon la roche-réservoir et ses caractéristiques



Source : BRGM

Vulnérabilité des eaux souterraines



➤ La qualité naturelle des eaux souterraines

Les nappes d'eau souterraines se forment par les eaux de pluie et leur contact avec les sols, les roches et les sous-sols. L'eau de pluie étant acide, du fait de sa teneur en CO_2 , dissout et se charge des éléments chimiques des roches. Certains de ces éléments sont plus ou moins désirables et peuvent venir à altérer la qualité naturelle des eaux souterraines.

Différents facteurs viennent influencer la concentration des éléments dans l'eau :

- ▶ plus la température est élevée plus la dissolution est forte
- ▶ plus la pression est forte plus la solubilité augmente
- ▶ plus le temps de résidence est important plus il y a d'échanges entre l'eau et la roche
- ▶ plus la roche est fissurée plus les échanges s'accroissent

La qualité des eaux souterraines va donc être influencée par des phénomènes naturels qui rendent mobiles certains minéraux et/ou métaux. Certains des éléments, qui imprègnent l'eau, peuvent venir altérer sa qualité lorsqu'ils sont présents en quantité trop importante. Parmi lesquels on peut citer :

- ▶ le fluor, présent dans la plupart des aquifères au-delà d'une certaine dose, est toxique et peut provoquer des fluoroses dentaires, osseuses et articulaires.

- ▶ le sélénium est classé comme un produit toxique tout en étant un oligo-élément essentiel pour l'être humain.
- ▶ l'arsenic est présent naturellement dans l'environnement. Des impacts sanitaires ont été constaté pour les individus ayant consommé régulièrement de l'eau à forte teneur en arsenic.

Selon la hauteur de minéralisation des eaux souterraines, celles-ci peuvent plus ou moins convenir à certaines consommations. Les eaux peu minéralisées ou conformes aux normes liées au niveau de minéralisation conviennent à la distribution publique d'eau potable ; les eaux non conformes peuvent être utilisées pour l'irrigation mais pas pour l'eau potable ; les eaux trop salées sont impropres à la consommation sauf pour des usages de loisirs.

3-4) Les écosystèmes aquatiques

L'écosystème aquatique est un ensemble dynamique et équilibré entre un milieu naturel aquatique et les espèces animales et végétales qui s'y développent. Le milieu dans lequel vivent les espèces est le biotope [1] et les communautés formées par ces mêmes espèces sont des biocénoses. Il existe une multitude d'écosystèmes aquatiques qui se décrivent en fonction de caractéristiques telles que l'endroit géographique de leur implantation, le type de population végétale et animale, et la qualité physico-chimique de l'eau. Ces caractéristiques sont influencées, par exemple, par le climat ou les activités humaines environnantes. Les polluants peuvent les altérer, voire les détruire.

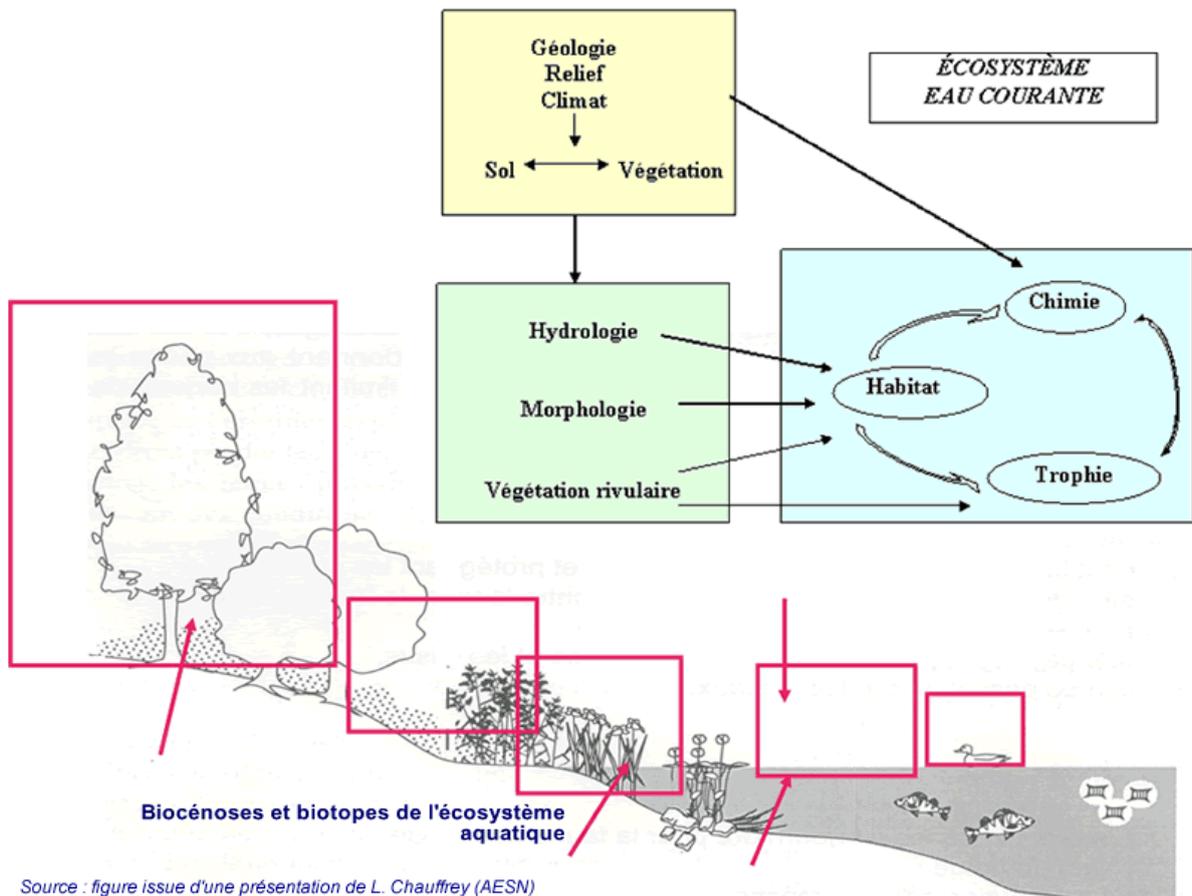
Si nous nous limitons au milieu aquatique, les écosystèmes vont varier aussi en fonction de l'hydromorphologie. Des exemples sont détaillés dans d'autres pages, par exemple, *l'hydrosystème fluvial* ou *les zones humides*. Chacun peut assurer un service *environnemental différent*, à condition que son équilibre soit préservé.

Dans les écosystèmes aquatiques on trouve principalement quatre types d'acteurs :

- ▶ les premiers sont les plantes aquatiques et les algues qui se forment à partir de l'énergie solaire et des sels minéraux présents dans l'eau
- ▶ les seconds sont les animaux aquatiques consommateurs de matières végétales
- ▶ puis, on trouve les prédateurs qui se nourrissent des consommateurs de matières végétales
- ▶ enfin, on relève la présence des décomposeurs qui absorbent les matières organiques (débris de végétaux ou d'animaux). Par cette activité, les décomposeurs créent des sels minéraux qui seront utiles pour les premiers acteurs c'est-à-dire les plantes aquatiques.

Chaque acteur est, donc, indispensable à la survie de l'autre. Cet équilibre continu bien au-delà du monde aquatique puisque ces acteurs font également partie de la chaîne alimentaire (par exemple, les poissons).

La notion d'écosystème



➤ La dynamique fluviale

La dynamique fluviale représente l'évolution morphologique d'un cours d'eau liée au déplacement de l'eau et au déplacement des matériaux. Les systèmes fluviaux sont mobiles dans le temps et dans l'espace et leur dynamique se construit autour de quatre dimensions en interaction.

Ces quatre dimensions sont les suivantes :

- ▶ longitudinale : relation entre l'amont et l'aval des cours d'eau. Les débits augmentent en se dirigeant vers l'aval dus à la diminution de la pente. Puis, plus le cours d'eau se rapproche de l'aval plus les cours d'eau occupent de la place. Avant l'exutoire, les fonds de vallée plats donnent lieu à des méandres. Ces changements déterminent des zones différentes de

peuplement végétal et animal.

▶ latérale : relation entre les lits mineur et majeur des cours d'eau. Le lit mineur représente la partie du cours d'eau entre les berges assurant l'écoulement habituel tandis que le lit majeur désigne la partie submergée lors de crues très importantes. Entre eux, ils échangent des flux d'eau et de matières qui sont essentiels à la faune et à la flore.

▶ verticale : relation entre les eaux superficielles et les eaux souterraines. Les échanges entre les cours d'eau et les nappes d'eau se font par l'intermédiaire de la zone non saturée appelée aussi « nappe alluviale ». Cette nappe se recharge principalement lors des inondations.

▶ temporelle : relation entre l'échelle spatiale de l'hydro système avec son échelle temporelle. Cette relation représente le temps et la capacité de l'hydro système de rétablir et de rééquilibrer l'état du milieu suite à une perturbation d'origine naturelle ou anthropique.

Le bon état naturel des cours d'eau existe lorsque la rivière déborde et connaît des périodes d'étiages ; les espèces, l'eau et les matériaux circulent librement ; les eaux sont de bonne qualité.

Cela dit, malgré un hydro système ayant une apparence saine, les activités humaines exercent couramment une forte pression sur les cours d'eau. En effet, l'extraction massive de sables et de graviers ou les barrages artificiels ont perturbé la dynamique fluviale. Afin de préserver ces milieux, il faut laisser la liberté aux cours d'eau évoluer en fonction leur rythme naturel.

Aperçu de la dimension longitudinale

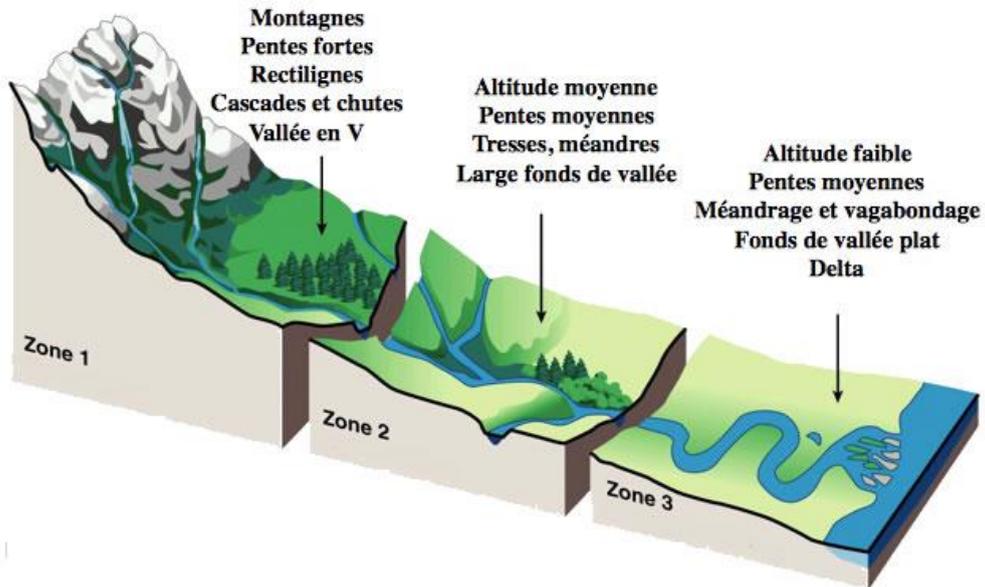
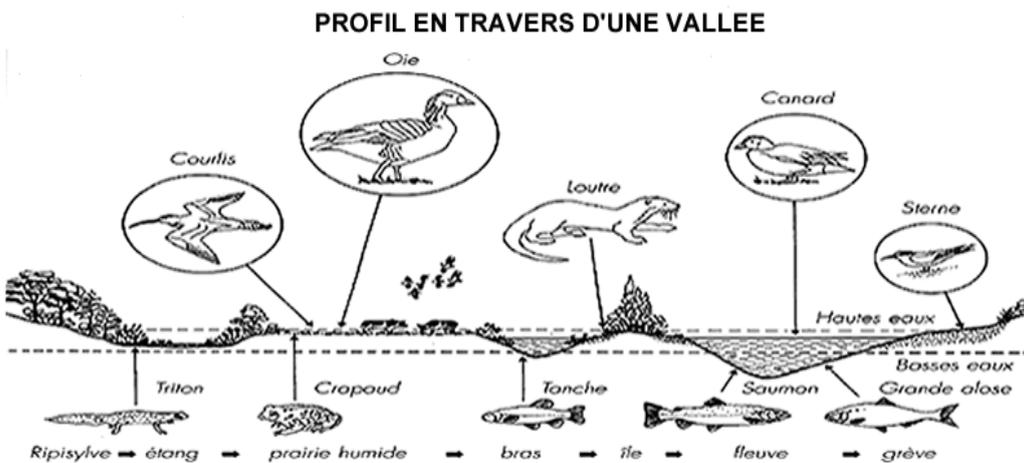
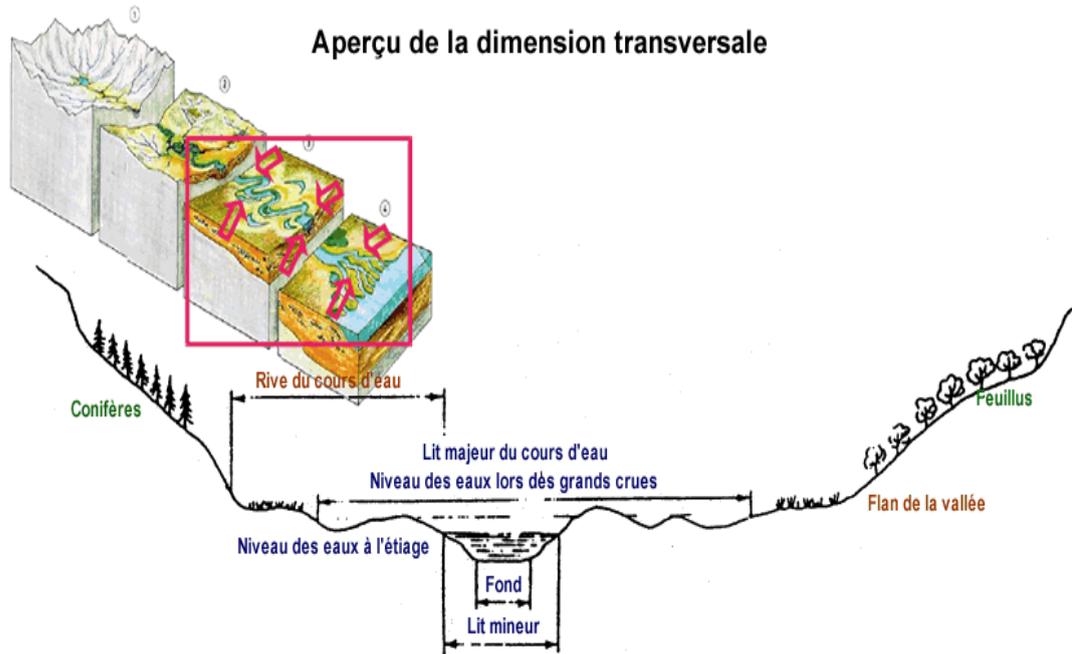


Illustration schématique de la zonation de Huet (d'après Souchon, 1992)

| AMONT | | AVAL | | |
|---------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|------------------------|
| | | | | |
| ZONE A TRUITES | ZONE A OMBRES | ZONE A BARBEAUX | ZONE A BREMES | ZONE A EPERLANS |
| 5 à 10 °C | 8 à 14 °C | 12 à 18 °C | 16 à 20 °C | |
| REGION SALMONICOLE | | REGION CYPRINICOLE | | |



➤ L'hydro système fluvial

L'hydro système fluvial met en évidence les liens étroits qui existent entre le cycle de l'eau et les autres cycles : physique, géochimique et biologique de l'environnement. Il est composé de l'ensemble des cours d'eau entre lesquels se produisent des flux. L'étude de l'hydro système fluvial prend en compte les processus et les modes de circulation de l'eau et la globalité de l'espace géographique visé tout en y intégrant également les influences humaines.

L'hydro système fluvial est, aussi, un système vivant qui abrite un grand nombre d'espèces animales et végétales. L'ensemble des organismes vivants (biocénose) du milieu aquatique et des éléments non vivants dont ils dépendent (biotope) constitue l'écosystème aquatique. Les paramètres dont dépendent les organismes vivants sont de quatre ordres :

▶ l'hydro climat ou les caractéristiques chimiques comme la température, la minéralisation et

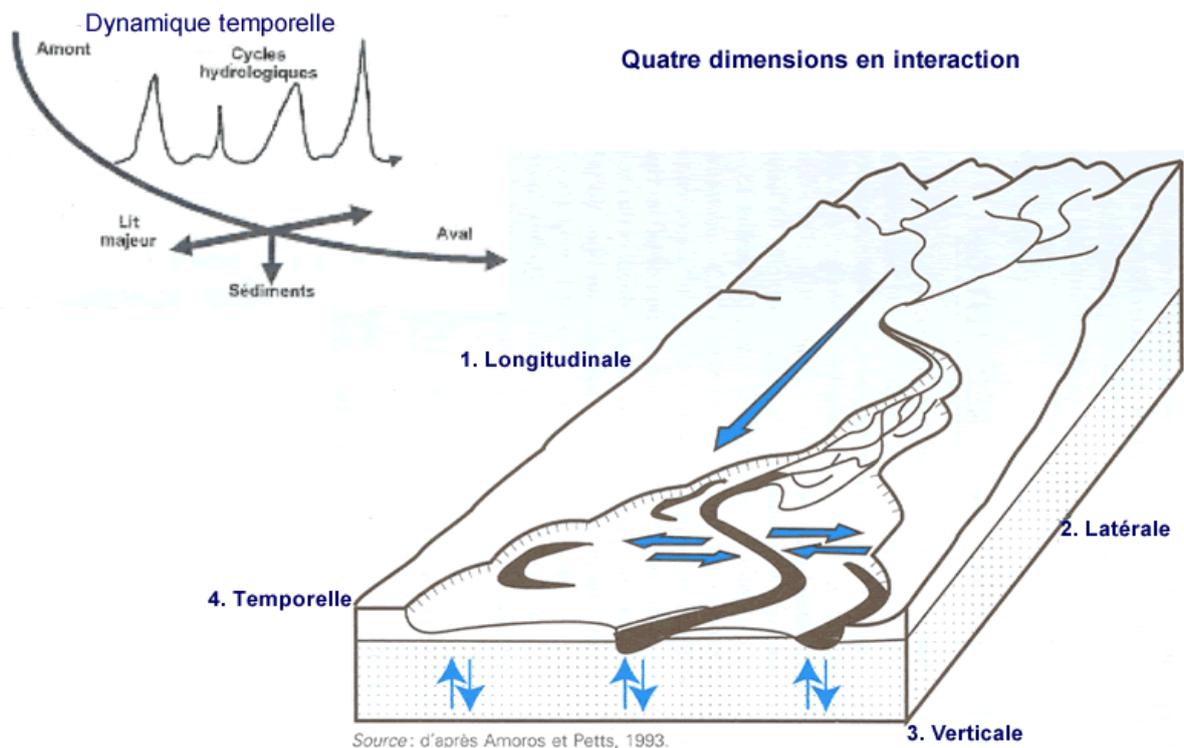
la turbidité de l'eau, etc.

- ▶ l'habitat ou la structure physique de l'espace relative à l'habitant et à ses fonctions biologiques (repos, activité, reproduction). On étudie dans ce cas l'hydro morphologie du cours d'eau, c'est-à-dire la vitesse d'écoulement ou les formes du lit mineur.
- ▶ la nourriture et les différents éléments nutritifs qui passent par les producteurs primaires pour aller jusqu'aux consommateurs.
- ▶ le voisinage entre compétition et prédation.

Dans les eaux courantes, les conditions de vie varient jusqu'à l'embouchure et les caractéristiques des cours d'eau déterminent des zones successives de peuplement dont l'hydro morphologie est un facteur essentiel.

La quasi-totalité des membres de l'union européenne considère que l'atteinte du bon état écologique en 2015 (voir le cours sur la directive-cadre sur l'eau) est un défi majeur à relever en raison de l'état hydro morphologique des cours d'eau. Ce diagnostic est partagé pour les six bassins de la métropole. Aménagements lourds pour la lutte contre les inondations ou le soutien d'étiage, restructuration du foncier avec rectification et curage, etc. figurent parmi les atteintes importantes à l'hydro morphologie, tout au long du 20ème siècle.

Hydrosystème et dynamique fluviale



Aperçu de la dimension longitudinale

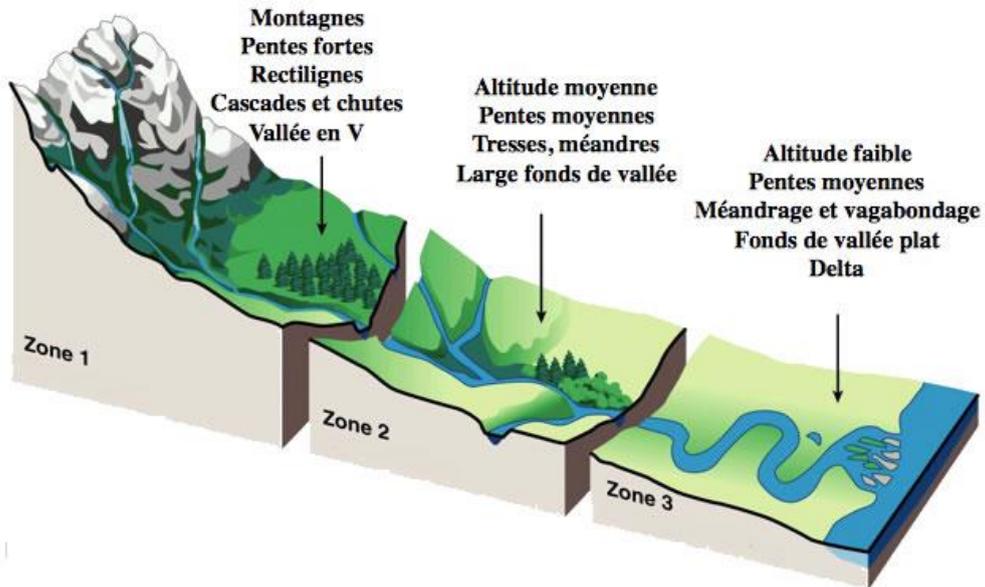
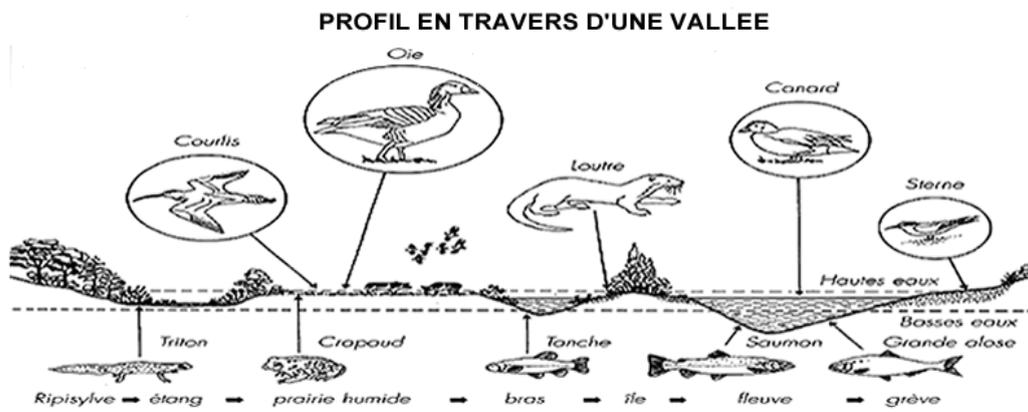
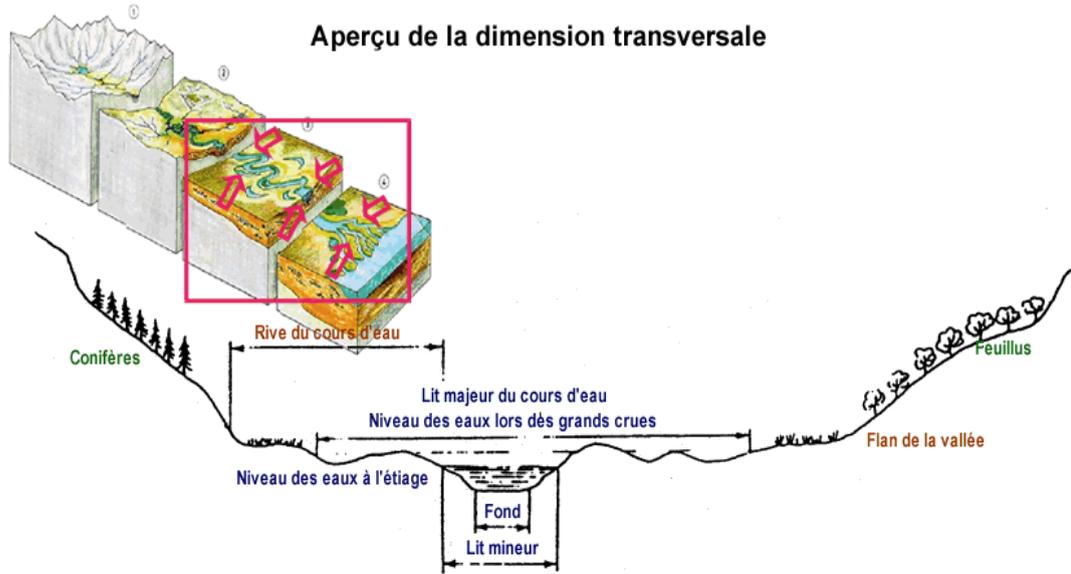


Illustration schématique de la zonation de Huet (d'après Souchon, 1992)

| AMONT | | | | AVAL |
|---------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|------------------------|
| | | | | |
| ZONE A TRUITES | ZONE A OMBRES | ZONE A BARBEAUX | ZONE A BREMES | ZONE A EPERLANS |
| 5 à 10 °C | 8 à 14 °C | 12 à 18 °C | 16 à 20 °C | |
| REGION SALMONICOLE | | REGION CYPRINICOLE | | |



IV Les zones humides

Les zones humides représentent des milieux divers et vastes. Selon l'article premier de la convention RAMSAR « les zones humides sont des étendues de marais, de fagnes, de tourbières, d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douces, saumâtre ou salée y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur, à marée basse n'excède pas six mètres ». Les zones humides se caractérisent également par une présence d'eau au moins une partie de l'année, par des sols saturés en eau et par la présence d'une végétation adaptée à la submersion et/ou aux sols saturés d'eau.

Les milieux humides abritent une biodiversité exceptionnelle tant au niveau végétale qu'animale et leur position d'interface entre la terre et l'eau présentent de nombreux intérêts :

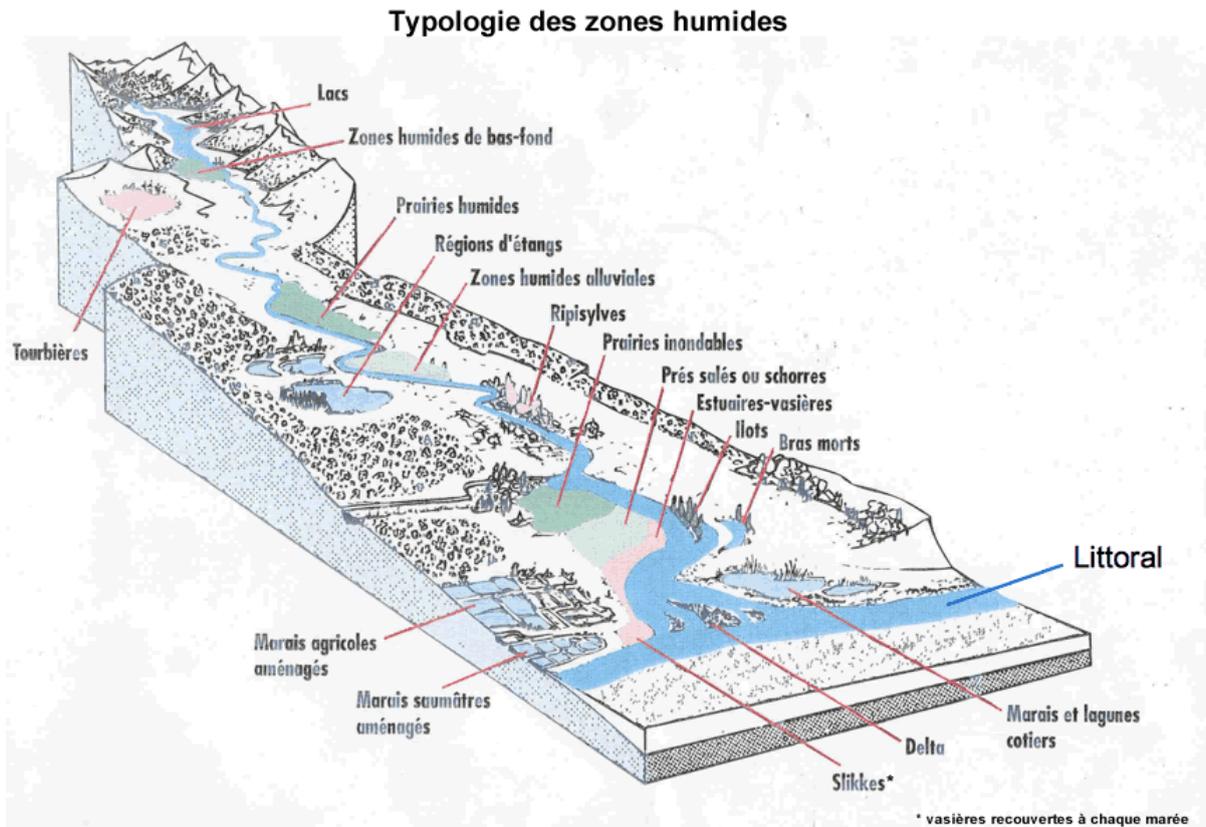
- Fonction biologique : milieux de vie important de nombreuses espèces végétales et animales adaptées aux conditions particulières de ces zones. C'est un lieu d'abri, d'alimentation et de reproduction. Elles peuvent constituer aussi des étapes migratoires pour certaines espèces (oiseaux).

- ▶ Fonction hydrologique : les zones humides participent à la régulation du débit des cours d'eau ou de l'épuration des eaux. Leur capacité de stocker puis de restituer l'eau permet d'alimenter les nappes d'eau souterraines et superficielles en cas de besoin.

- ▶ Fonction économique : elles sont le support de diverses activités humaines ; telles que le tourisme, la conchyliculture, la pisciculture ou encore la production de sel

- ▶ Fonction sociale et culturelle : elles sont, aussi, des lieux de détente et de loisirs

Ces espaces tendent à régresser et certains sont menacés de disparition sous la pression des activités humaines, des changements globaux, des actions de drainage, de pollution des eaux ou encore par la prolifération d'espèces invasives, animales ou végétales. Ces milieux riches sont, à ce titre, préservés. La France s'est engagée à protéger ces sites en signant la convention de Ramsar ou en mettant en place un réseau de sites Natura 2000 [1].



4-1) Les services environnementaux rendus par le milieu aquatique

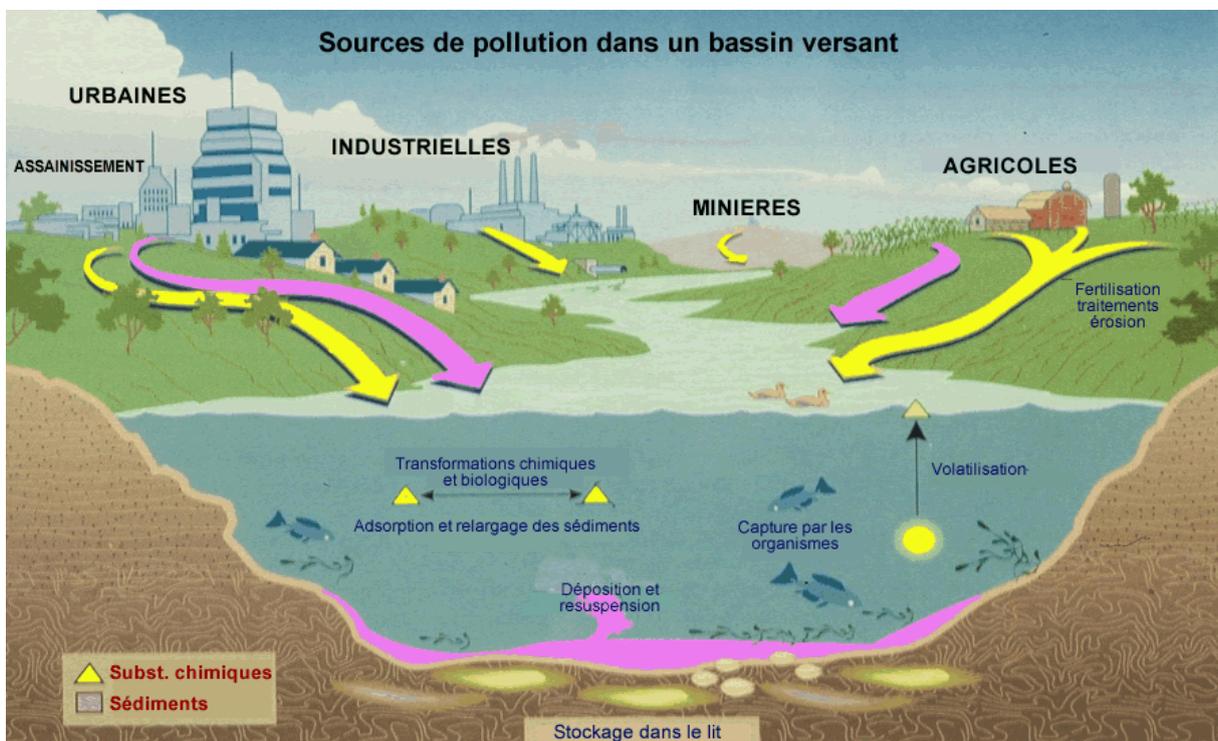
Le milieu aquatique peut devenir le réceptacle de substances dans différentes formes, souvent en provenance des activités humaines, mais pas exclusivement. Ainsi, le ruissellement peut emporter les sédiments superficiels, provoquant l'envasement des cours d'eau. Cependant, c'est les différents flux de polluants auxquels il faut accorder le plus d'attention. Comme on peut le voir sur la figure, ceux-ci peuvent contaminer l'eau (substances solubles), se déposer, voire être stockés dans les sédiments et surtout, contaminer la chaîne alimentaire.

Les écosystèmes aquatiques rendent de nombreux services à l'échelle planétaire et individuelle, parmi lesquels on peut citer, au delà de la fonction de production (culture de plantes ou élevage de poissons) :

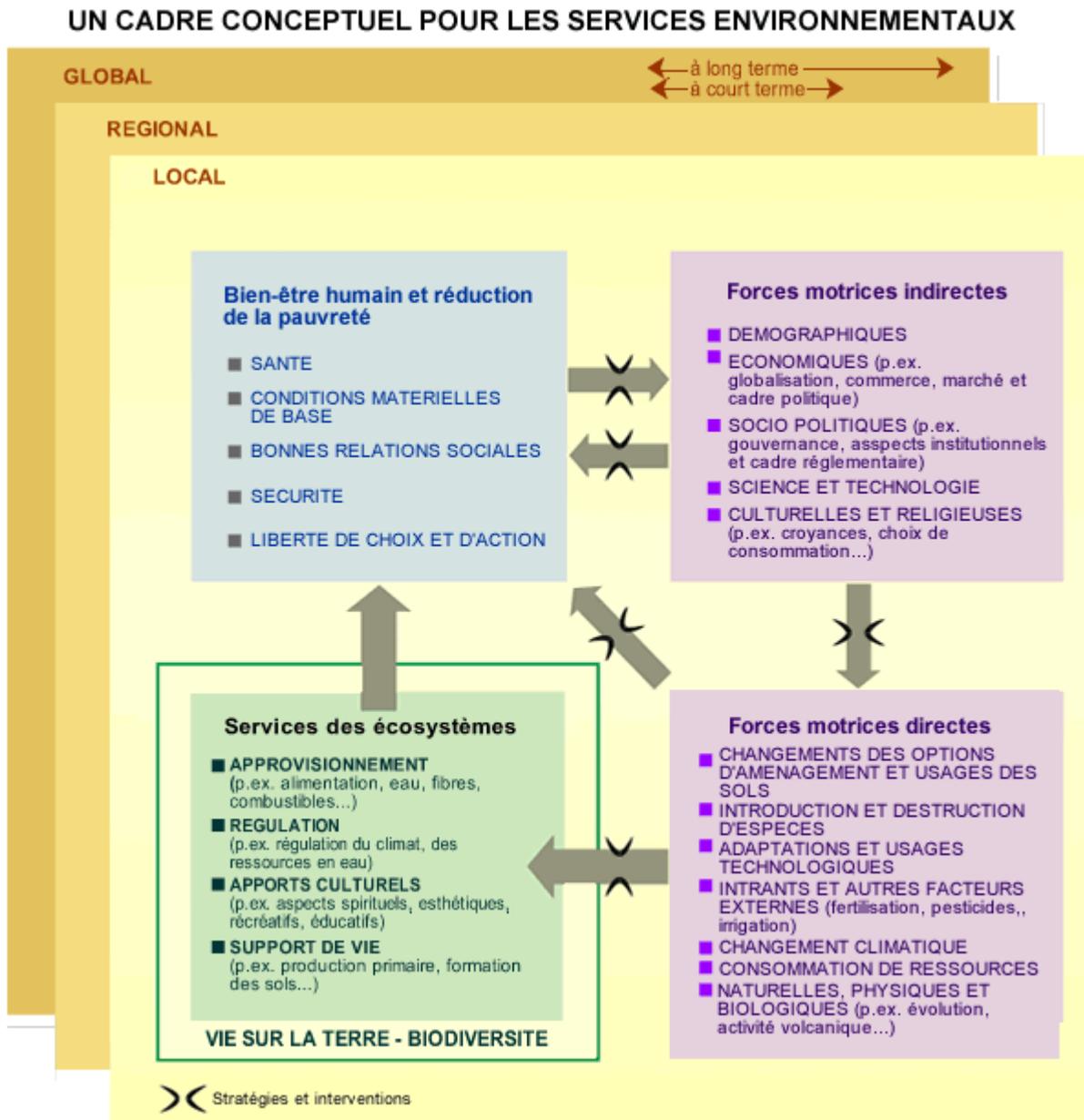
- ▶ la régulation des eaux : les écosystèmes aquatiques contrôlent les ruissellements, les crues ainsi que les recharges des eaux souterraines. Cette fonction est très importante notamment pour la maîtrise des inondations
- ▶ l'épuration des eaux et le traitement des déchets : les écosystèmes ont des capacités en matière de filtration et de décomposition des déchets organiques et des polluants présents dans les eaux.
- ▶ les loisirs et la culture : les écosystèmes aquatiques sont attractifs au niveau esthétique et récréatif (par exemple : la baignade ou la pêche récréative).

- ▶ l'alimentation et l'approvisionnement en eau : les différents écosystèmes aquatiques fournissent l'eau nécessaire à la survie de l'être humain. Ils ont aussi un rôle dans la chaîne alimentaire globale (évoqué plus haut).
- ▶ le contrôle de certains risques naturels : les écosystèmes aquatiques sont capables d'atténuer l'impact des catastrophes naturelles (par exemple : les barrières de corail qui peuvent constituer une protection contre des grandes vagues).

Les écosystèmes aquatiques sont des espaces naturels indispensables en raison des nombreux services qu'ils rendent. Cette notion de services environnementaux n'est pas spécifique des écosystèmes aquatiques. Il en existe d'autres associés aux différents types d'écosystèmes (*Les services de l'environnement*). La préservation de la biodiversité est un des enjeux lié à l'intégrité des écosystèmes.



4-2) Les services de l'environnement



Un écosystème est un ensemble d'organismes vivants (plantes, animaux et micro-organismes) qui interagissent entre eux et avec le milieu dans lequel ils vivent. Les grands écosystèmes sont les écosystèmes aquatiques et terrestres. Ces écosystèmes rendent de nombreux services appelés services environnementaux. Les êtres humains profitent de ses services environnementaux qui leur sont nécessaires pour vivre. A titre d'exemple, on peut citer la production d'oxygène, l'activité des pollinisateurs ou la capacité naturelle épuratrice des eaux. Ces services sont rendus naturellement par l'environnement sans l'intervention de l'homme.

L'état des écosystèmes et par conséquent les services qu'ils rendent ont fait l'objet d'une étude, commandée par l'ONU, appelée « évaluation des écosystèmes pour le millénaire ». L'évaluation de ce type de services demeure difficile dans le sens où leur valeur économique est difficilement mesurable. Cependant, on peut trouver actuellement des résultats donnant une valeur économique réelle à la production liée à l'activité de pollinisation. En effet, l'activité pollinisatrice des insectes dans le monde est estimée à 153 milliards d'euros par an.

Des modifications des forces motrices qui affectent indirectement les écosystèmes, comme les populations, l'introduction de technologies ou les modes de vie, peuvent mettre en place des forces motrices qui produisent des impacts directs sur les écosystèmes, par exemple des pratiques de pêche, l'application de pesticides, liée à l'agriculture intensive. Les modifications qui en résultent modifient les services environnementaux des écosystèmes, avec des effets en retour sur le bien-être des populations. Il est important de noter que les interactions interviennent sur plusieurs échelles. Ainsi, les pratiques agricoles ou la déforestation, du fait de pressions globales du marché, peuvent modifier la dynamique des crues et conduire à des inondations. De même, les interactions peuvent avoir lieu sur différentes échelles de temps.

Le défi actuel est de palier à la dégradation des écosystèmes tout en répondant aux besoins et aux demandes toujours croissantes. Ceci implique, évidemment, des changements significatifs dans nos comportements.

4-3) Le littoral réceptacle des eaux continentales

Les eaux du littoral sont sous l'influence des eaux continentales mais aussi des eaux marines du large. En effet, les eaux continentales parcourent un chemin au travers duquel elles rencontrent diverses formes de pollution qu'elles transportent jusqu'au littoral. Ces pollutions présentes dans les cours d'eau contaminent tour à tour eaux continentales et eaux côtières.

Les conséquences de ces pollutions sur les eaux du littoral sont importantes, parmi lesquelles on peut citer :

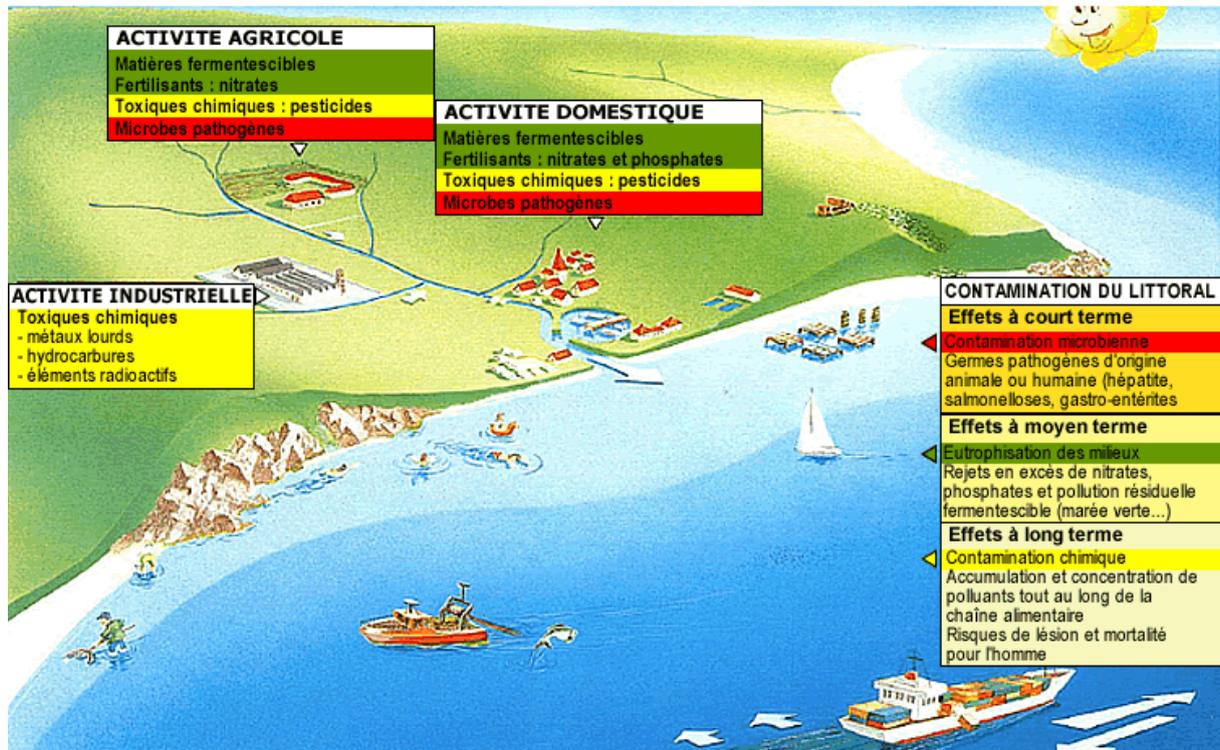
- ▶ l'eutrophisation
- ▶ la contamination chimique de l'eau
- ▶ la destruction des habitats
- ▶ la pression directe sur les peuplements

Ces pollutions peuvent être d'origine naturelle ou anthropique bien que les pressions exercées par les pollutions liées aux activités humaines restent les plus nuisibles pour le milieu.

La qualité des eaux du littoral constitue un véritable enjeu pour les communes et pour le pays car elles sont à l'origine de nombreuses activités économiques et de loisirs mais elles remplissent, aussi, un certain nombre de fonctions naturelles. Une bonne qualité de l'eau préserve le patrimoine écologique présent et maintient la vivacité et le fonctionnement économique d'une région.

Afin de palier à la dégradation des eaux continentales et des eaux côtières et plus globalement de préserver la ressource en eau, de nombreux pays se sont engagés à restaurer la qualité des eaux. Cet engagement a été pris dans le but de redonner à la ressource en eau un bon état général c'est-à-dire tant au niveau écologique, biologique, physico-chimique que chimique. La convention OSPAR (pour Oslo - Paris) en est un bon exemple. La page d'accueil est accessible par le lien en bas de page. Elle sera par ailleurs évoquée dans le cours sur les impacts des polluants.

Sources et natures des contaminations



4-4) Le cycle de l'eau sous l'influence du changement climatique

Le cycle de l'eau repose sur un schéma général constant. Il s'agit d'un cycle fermé, entraîné par l'énergie du soleil. Bien évidemment il varie en fonction des conditions rencontrées localement. Le terme local peut englober des territoires plus ou moins étendus, aux conditions climatiques, géomorphologiques et d'occupation humaines variées.

Le cycle est déjà malmené aujourd'hui, avec des conséquences évidentes en termes de désertification, mais aussi d'atteinte des ressources halieutiques et l'érosion de la biodiversité (entre autres). Dans un contexte de changement global du climat, il nous faut aussi envisager une aggravation des impacts sur le déroulement du cycle de l'eau et pour différentes régions du monde. L'état de la ressource, sur le plan quantitatif d'abord (raréfaction), mais aussi qualitatif (contamination, salinisation) dans le sens de sa vulnérabilité, doit être évalué de manière prospective. L'accès à la ressource sera affecté, comme certaines interactions avec des phénomènes naturels, qui peuvent augmenter la fréquence des désastres majeures (notamment les inondations).

Actuellement, des tendances se dégagent dans les travaux scientifiques sur les conséquences du changement global. Les émissions vers l'atmosphère continueront à modifier les flux radiatifs et la température, ainsi que l'évaporation et les précipitations, affectant directement la ressource en eau. L'Agence européenne de l'environnement prévoit que les risques d'inondation, d'érosion et de disparition des terres humides augmenteront considérablement dans presque toute l'Europe. Les scénarios prévoient aussi des modifications saisonnières, avec augmentation des précipitations hivernales et de sécheresse estivale, d'où une augmentation en saison humide des ruissellements et du drainage.

En zone de montagnes, malgré l'augmentation des précipitations, l'augmentation simultanée de la température de l'air provoque une réduction du stockage hivernal (particulièrement en zone de moyenne montagne). La diminution des précipitations estivales, ainsi que l'augmentation de la température de l'air, aggravent le déficit hydrique des sols, ce qui entraîne une désaturation plus précoce et des étiages plus sévères en automne. Enfin, de nombreux glaciers auront disparus d'ici 2100.

Outre l'urgence évidente pour atténuer les effets du changement climatique, l'adaptation à ce changement pour prévenir, autant que faire se peut, les conséquences sur les populations qui subiraient les impacts sur la ressource en eau, doivent être au cœur de l'action publique.

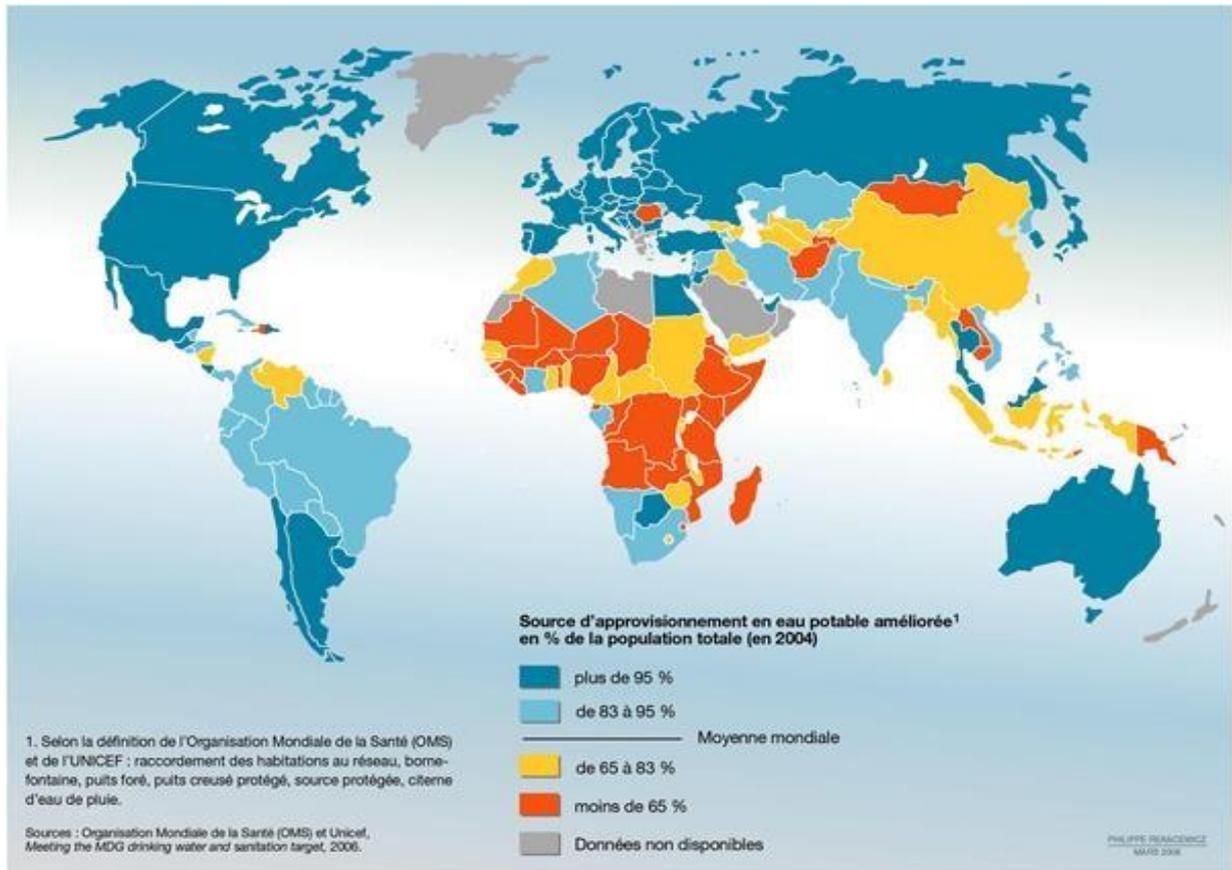
V) Quelques cycles bio-géo-chimiques

5-1) LE CYCLE DE L'EAU

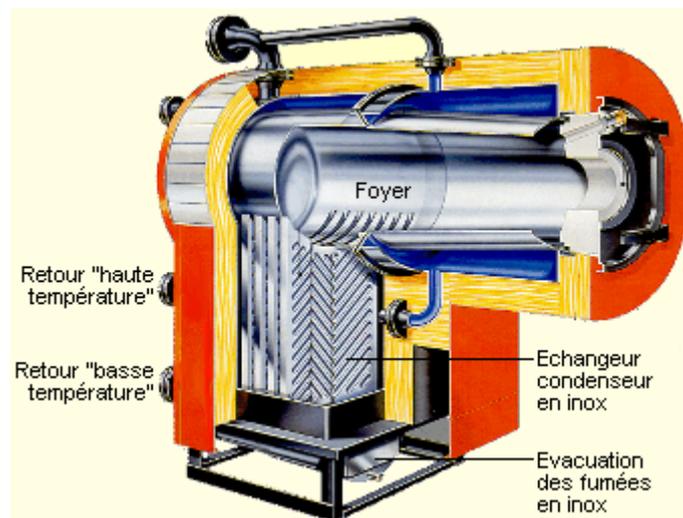


Lorsqu'on voyage dans une capsule en orbite autour de la Terre, celle-ci paraît toute bleue tant l'eau y est présente ; 4/5ème du globe est recouvert d'eau et sa quantité totale est évaluée à environ 1400 millions de km³. L'eau est un élément indispensable à la vie sur la planète ; de plus, elle doit être présente sous forme liquide. Sur la Terre, elle présente ses trois formes physiques naturelles, solide, liquide et gazeuse (ne pas confondre vapeur d'eau et eau gazeuse du commerce !). Sur Venus, trop proche du soleil, la vapeur d'eau ne peut pas se condenser en eau liquide et, sur Mars trop éloignée, elle ne peut pas fondre.

Malheureusement, la majeure partie de cet élément essentiel est salée ou non potable. 97,40 % se trouve dans les mers et les océans alors que seulement 2,60 % est douce, sans être pour autant potable ou accessible (glace). L'eau est donc extrêmement précieuse malgré son abondance.



Les animaux sont constitués à plus de 70 % d'eau, les végétaux herbacés à plus de 85 %. Comme dans le cas du carbone, l'eau circule constamment, traversant inlassablement les formes de vie qui se succèdent, et décrivant un cycle qui dépendra entièrement du soleil.

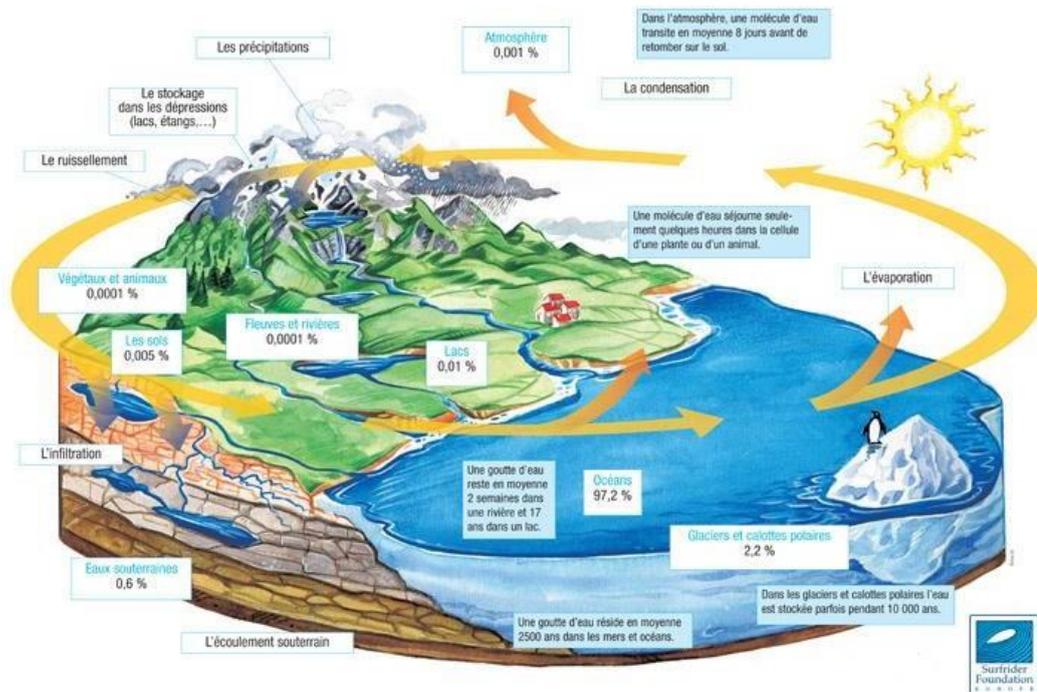


Le dispositif du cycle de l'eau peut être comparé à une machine à vapeur :

- le soleil en est le foyer,
- les océans et les continents en composent la chaudière,
- les couches supérieures froides atmosphériques fonctionnent comme un condensateur.

Cycle de l'eau

L'eau est omniprésente sur terre et indispensable à la vie. La quantité d'eau n'a pas changé depuis 4,4 milliards d'années, et se répartit entre quatre grands réservoirs : les océans, les eaux continentales, l'atmosphère et la biosphère.

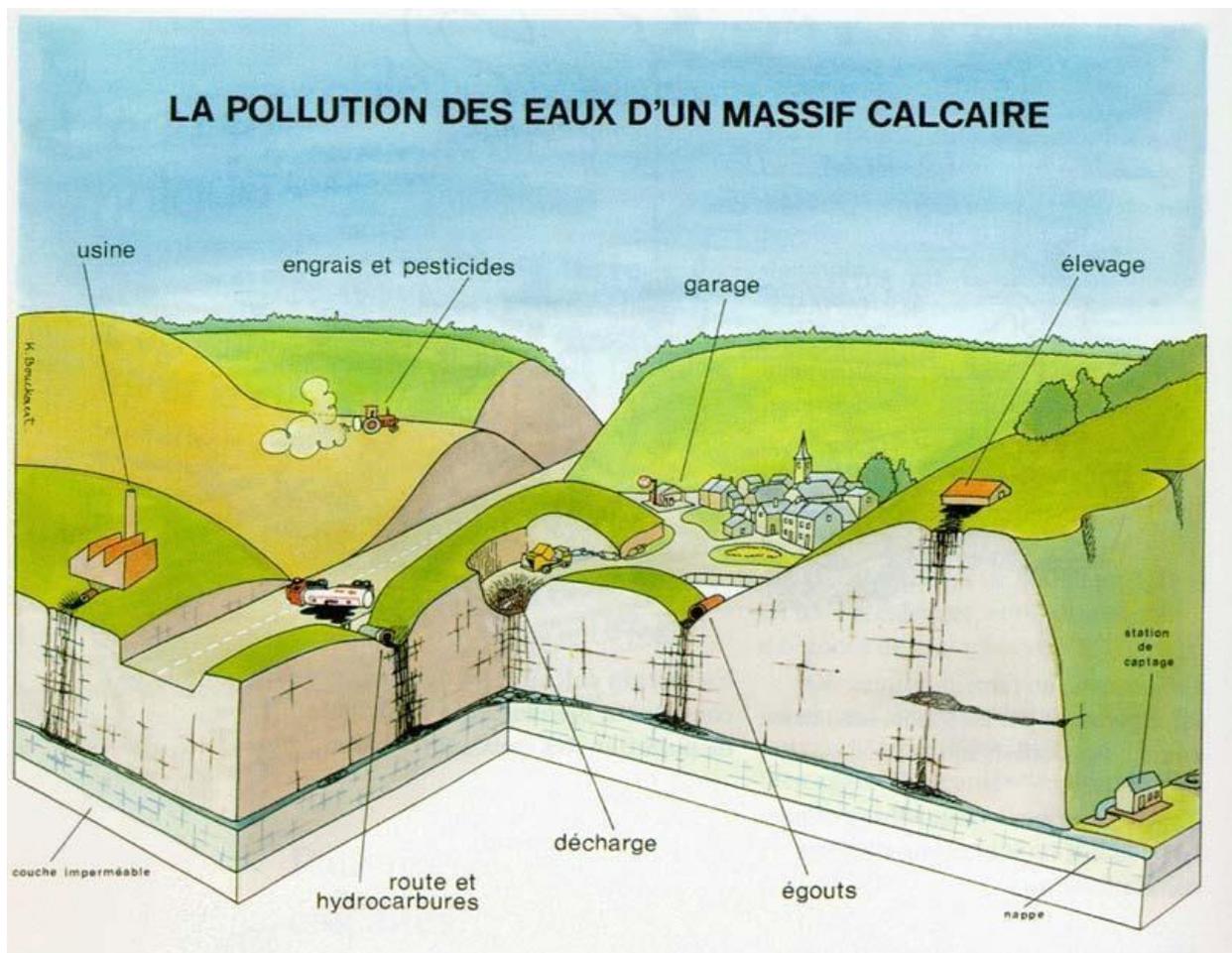


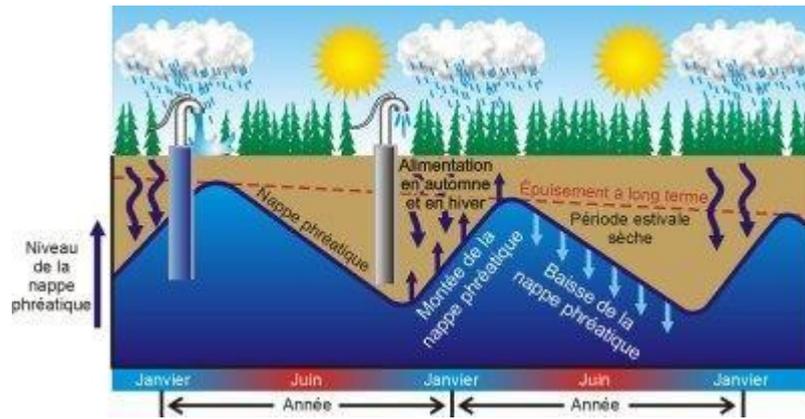
Le soleil chauffe les eaux du globe, qui s'évaporent en partie avant de se refroidir dans la haute atmosphère et de retomber sous les formes variées des précipitations. Tout dépendra donc de l'intensité du soleil, des températures, de la latitude et de l'altitude. Malgré un rendement faible -le cycle de l'eau n'utilisant qu'une faible partie de l'énergie fournie par le soleil, le travail accompli est phénoménal : la machine thermique fait la pluie et le beau temps, régit les climats, oriente les courants marins, érode en la sculptant la peau de la Terre, permet la vie extraordinaire des deltas et assure tout bonnement le maintien de la vie sur Terre. C'est au dessus des océans que le transfert d'eau à l'atmosphère est le plus grand : 450000 km³ d'eau liquide passent à l'état de vapeur. L'atmosphère ne pouvant contenir, dans les conditions actuelles, que 13000 km³, cette vapeur retombera presque entièrement sous forme de pluie dans l'océan (410000 km³) ou sur les continents (40000 km³). Cependant, le cycle se produit également au dessus des continents avec, d'une part, l'évaporation des eaux libres (lacs, cours d'eau...) et, d'autre part, l'évapo-transpiration terrestre (animaux, végétaux et sol) ; ce sont ainsi 71000 km³ qui rejoignent les 40000 venant

de l'océan par l'atmosphère. Au total, 111000 km³ retombent sur les terres sous forme de pluie, de neige, de grêle... Mais tous les hommes ne sont pas logés à la même enseigne !

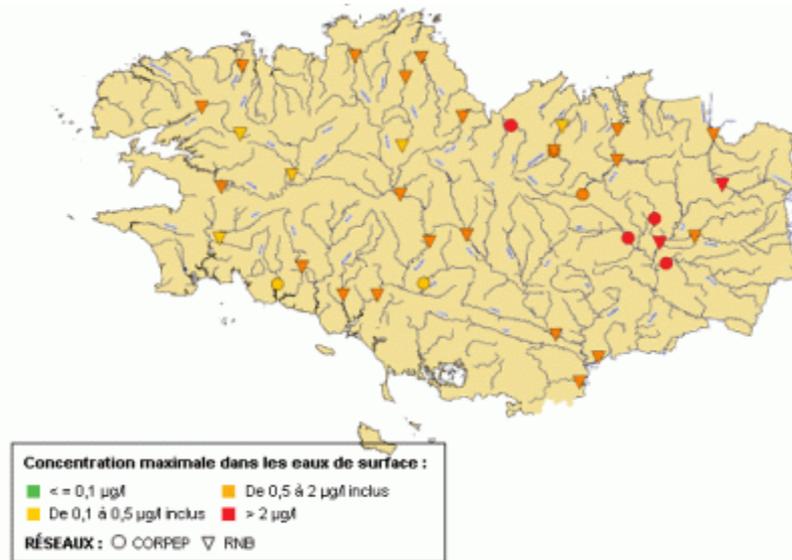
Selon la nature du sous-sol, l'eau s'enfonce en profondeur tant qu'elle ne rencontre pas d'obstacles. La stratification géologique importe donc.

En région à substratum calcaire, l'eau s'infiltré dans les fissures de la roche qu'elle attaque d'autant plus qu'elle est froide pour y former des réseaux karstiques. La gestion de l'eau importe beaucoup car elle abonde peu en surface, ce qui la rend d'autant plus fragile face aux pollutions agricoles, domestiques et industrielles.



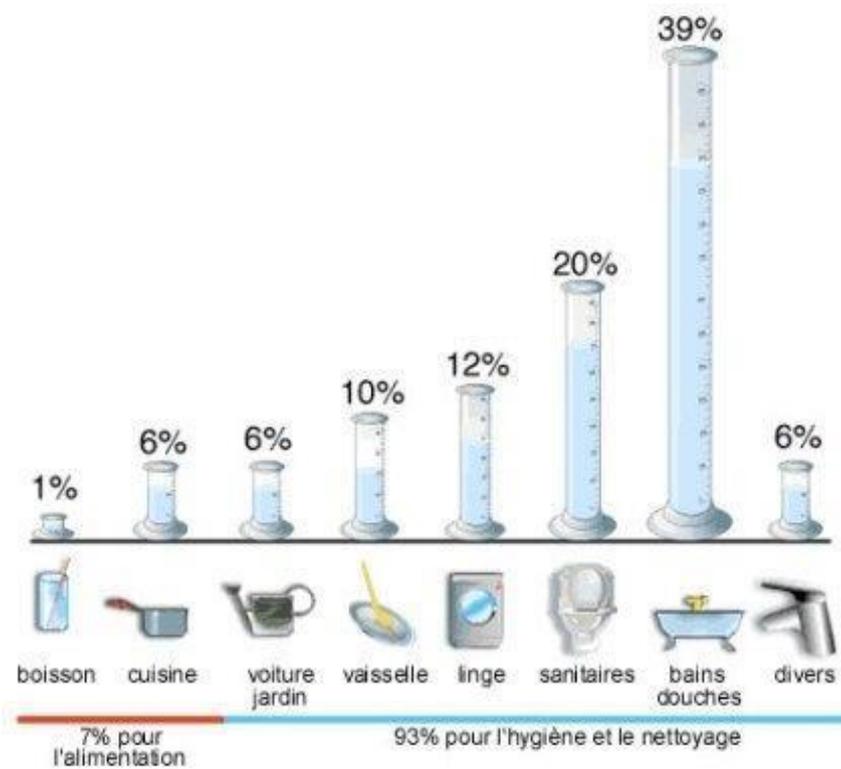


Lorsqu'elle rencontre un obstacle telle une couche marneuse ou argileuse, l'eau stagne pour former des **aquifères** et des *nappes phréatiques*. Cette réserve dépend totalement de la pluviométrie et les années de sécheresse nous ont enseigné qu'elle n'est pas inépuisable et que sa vulnérabilité aux pollutions est grande.



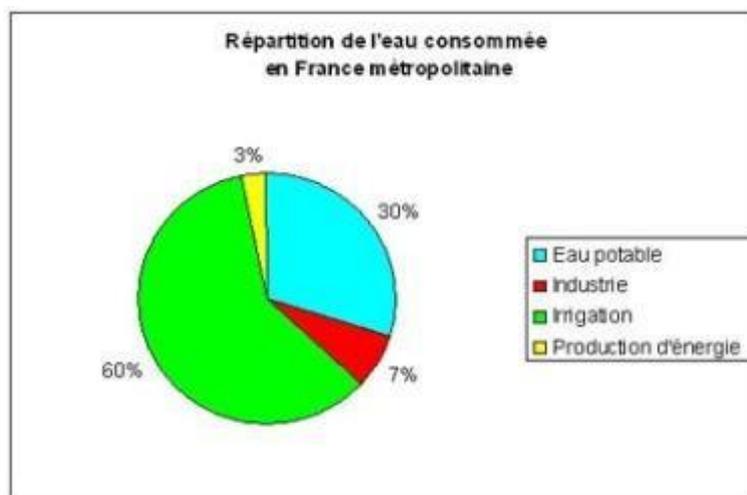
Dans les régions à substratum granitique ou gneissique, les eaux de précipitation ne s'infiltrent pas mais ruissellent en surface, passant des rivières et des fleuves à l'océan. On y trouve peu d'aquifères naturels et la gestion de l'eau peut poser quelques problèmes, notamment en cas de pollution.

Toujours est-il que l'ensemble des sources d'eau potable est pollué par les nitrates, les phosphates, les hormones, les antibiotiques, les pesticides, les PCB, les métaux lourds, les bactéries fécales... Une eau ne pouvant plus assurer naturellement (grâce aux végétaux et à ses bactéries aérobies comme anaérobies) son auto-épuration est dite eutrophisée, voire dystrophe, avant la mort dans le pire des cas.



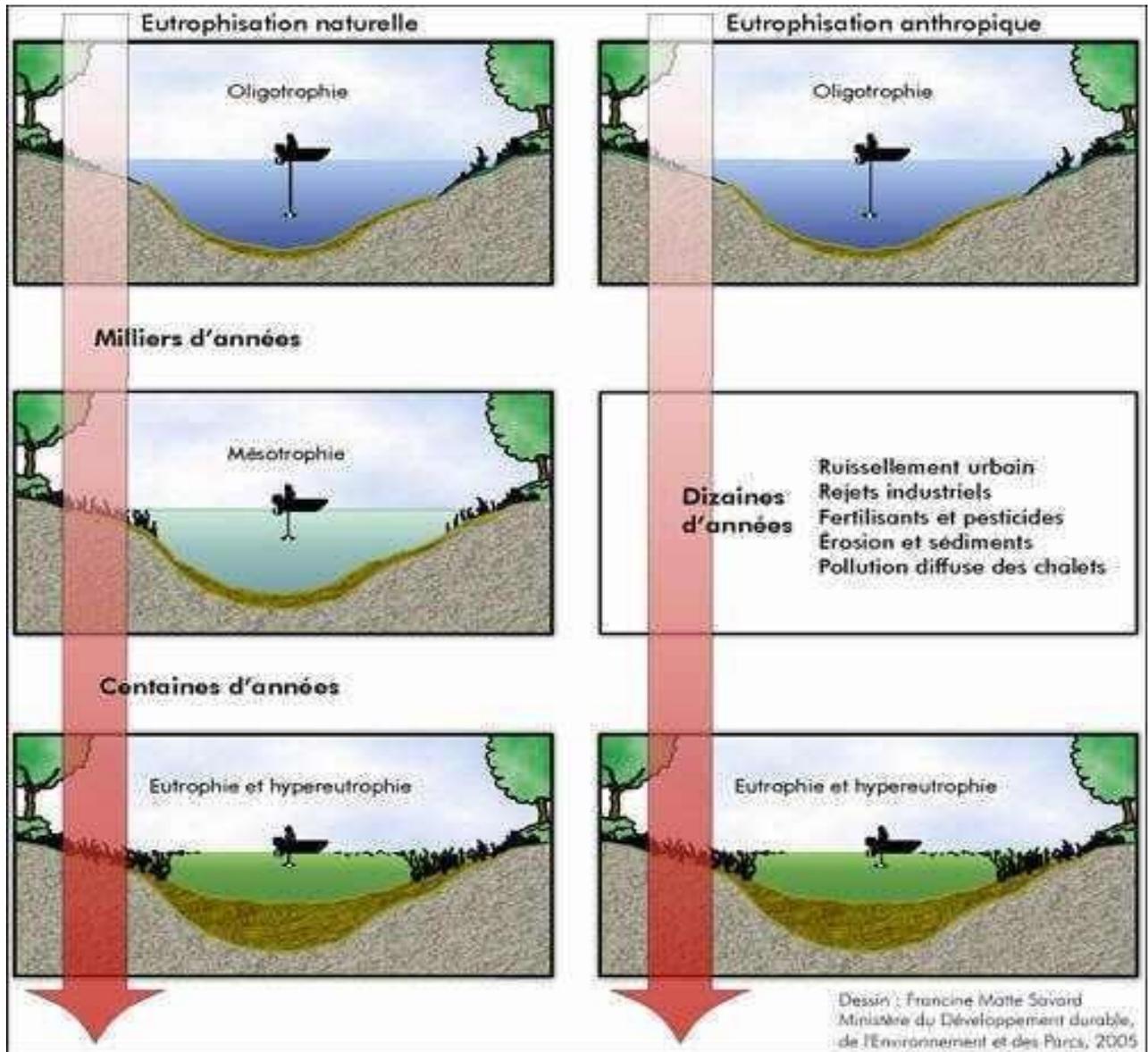
La concentration urbaine aggrave les problèmes de l'épuisement et des pollutions aquatiques que pose déjà notre manière générale de consommer : l'agriculture et l'agro-alimentaire, l'industrie et les centrales électriques, sont fortes utilisatrices d'eau (25 litres sont nécessaires à la fabrication d'un litre de bière, 40000 l pour faire 10 grammes d'antibiotique...) et ne restituent jamais une eau totalement propre.

La France est passée d'une consommation de 1000 km³ d'eau par an à plus de 5000 aujourd'hui.



L'occidental consomme en moyenne 100 fois plus d'eau qu'un Ghanéen ! et moins de 5 % de

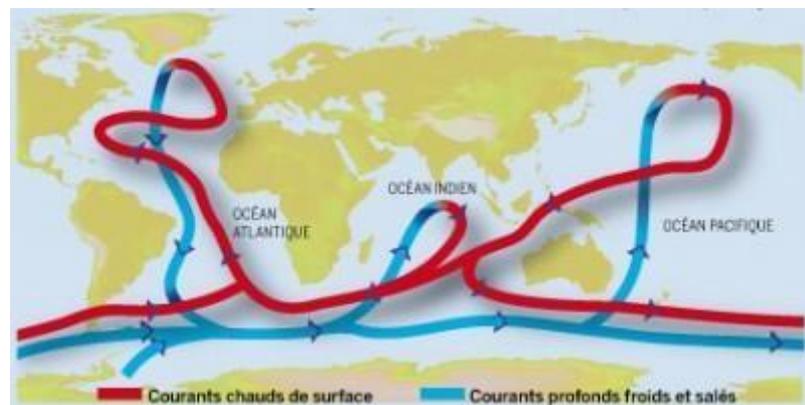
notre eau entre dans un usage purement alimentaire. La majeure partie des eaux domestiques est polluée ; l'industrie, même aux normes, fait des dégâts environnementaux considérables et l'agriculture n'est pas en reste. Un bain fait dépenser 10 à 20 fois plus d'eau qu'une douche, et nos comportements relèvent non plus de l'insouciance mais de l'inconscience. De plus, un niveau de vie élevé est ravageur pour le cycle de l'eau et sa capacité d'auto-épuration. Nous verrons que cycle de l'eau et cycle de l'azote sont interdépendants, ce qui est banal dans la biosphère.



L'eau est un solvant universel doué de propriétés chimiques exceptionnelles. La molécule d'eau est une des plus stables de la biosphère, ce qui, dans l'univers, paraît totalement « anormal »

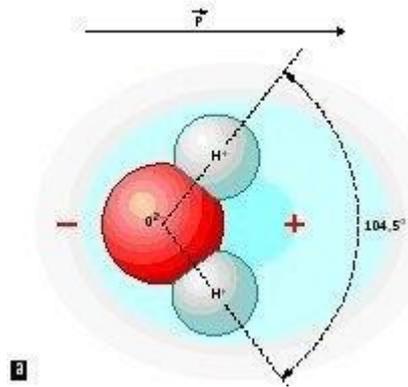


- l'eau se dilate en se solidifiant en glace (à 0°C), contrairement à tous les autres corps qui se contractent à la solidification ; de fait, la glace flotte contrairement aux autres corps, sa densité ayant baissé ; si la molécule d'eau suivait les règles de normalité de l'univers, l'eau devrait se solidifier à 100°C au dessous du zéro !
- de même, l'eau entre en ébullition à 100°C, au lieu de -91°C si elle se comportait *normalement**

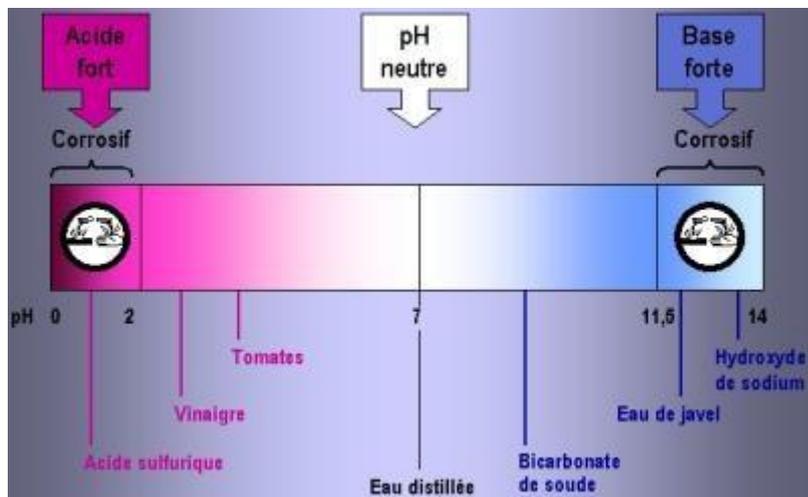


(c'est à dire si elle respectait les règles théoriques de la physique) et sa densité baisse au maximum, alors qu'à 4°C elle est la plus forte (pour remonter à 0°C) ; de fait, les eaux froides s'enfoncent sous l'océan, ce qui entraîne les courants marins généraux.

*Ce *normalement* entraînerait sa disparition définitive sous les formes qui permettent la vie sur terre ;

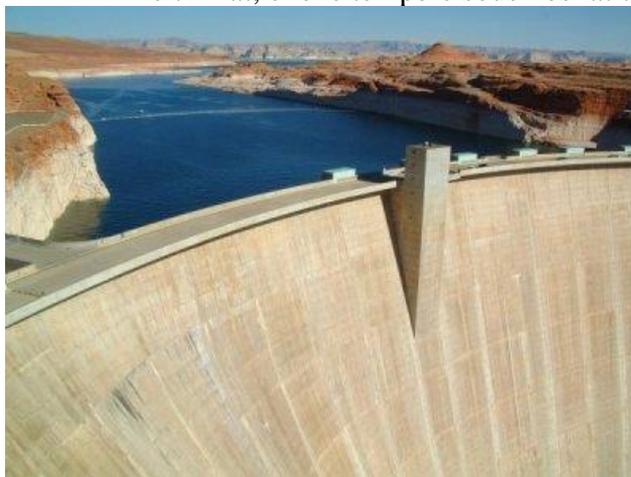


– l'eau (H_2O) est un dipôle électrique (O^{2-} et $2H^+$) qui se comporte comme un micro-aimant avec les autres molécules, et c'est ce qui en fait un solvant assez extraordinaire ; en l'occurrence, elle peut dissoudre une grand quantité d'oxygène.



– le potentiel Hydrogène (**pH** qui mesure l'acidité variant de 0 à 14) de l'eau voisine le degré 7, on la dit de ce fait neutre, c'est à dire ni acide ni alcaline (ou basique) ;

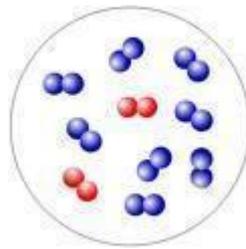
– la vapeur d'eau régule et adoucit le climat, elle le tempère sous nos latitudes ;



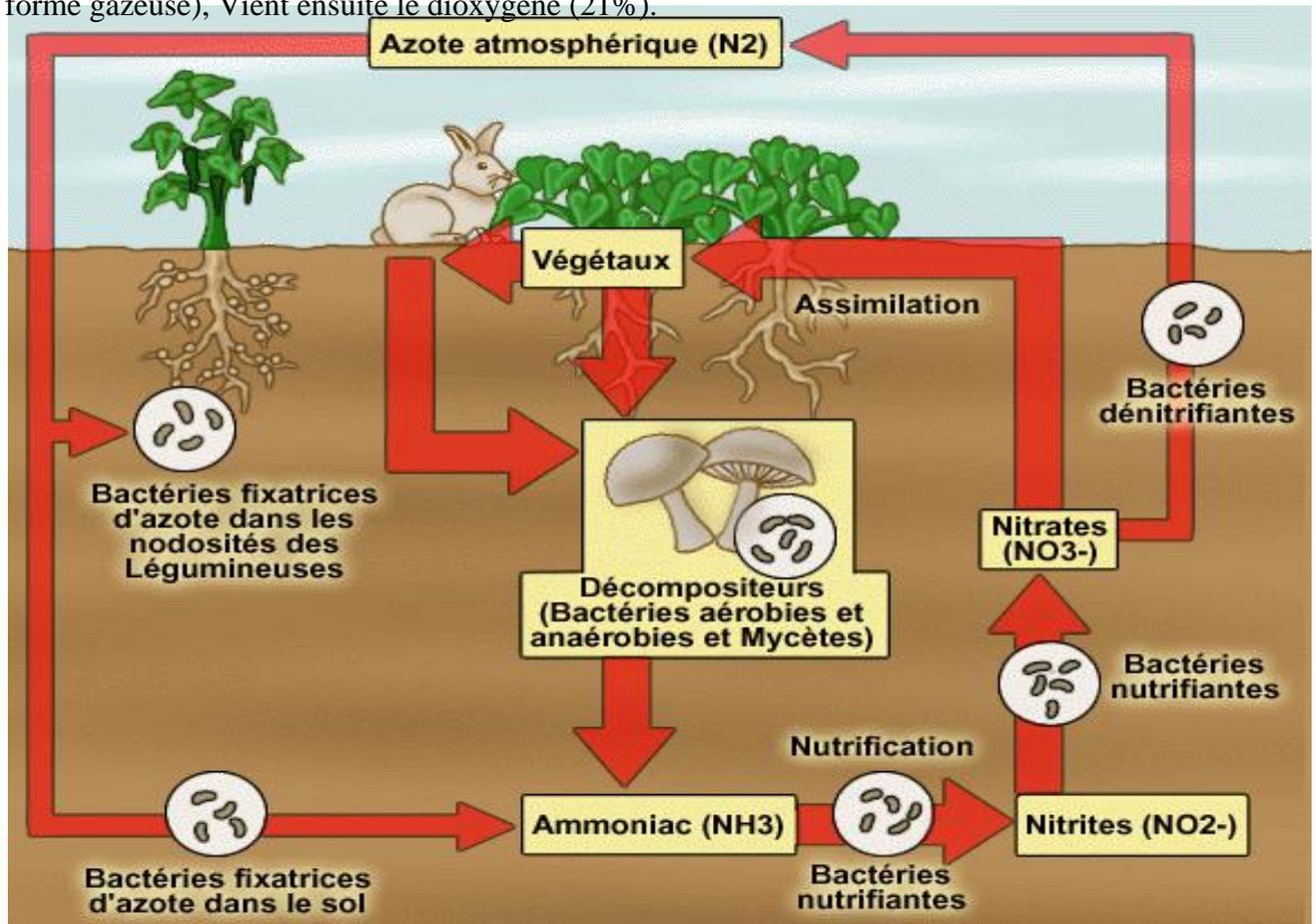
– la molécule d'eau, bien que dépourvue de potentiel énergétique chimique, permet de fournir de l'énergie de gravité (grâce à l'évaporation due au soleil et à la condensation dans la haute atmosphère) dans les centrales hydrauliques ou barrages fluviaux.

Pour finir, l'eau entre dans tous les processus biochimiques rencontrés chez l'ensemble des êtres vivants et c'est parce que l'eau est transparente que la vie sur terre a pu débuter dans les océans primitifs.

5-2) LE CYCLE DE L'AZOTE



L'air atmosphérique est constitué par plus de 78% d'azote moléculaire (diazote = N_2 sous forme gazeuse), Vient ensuite le dioxygène (21%).



Dans le cycle de l'azote, ce n'est pas la forme N_2 , ou si peu (1), qui *traverse* le vivant. Le diazote a d'ailleurs été longtemps négligé car il n'entre pas dans la plupart des réactions biochimiques générales, comme la photosynthèse et la respiration ; par ailleurs, l'étymologie a-zote signifie "*privé de vie*". Il est néanmoins indispensable tant pour ce qui est de notre constitution structurelle organique (acides aminés et protéines) que pour ce qui touche à la reproduction (histones, hormones, ADN...) ou au fonctionnement général des organismes (enzymes).

Malgré la discrétion de cet élément, le cycle de l'azote paraît tout aussi important que ceux du carbone et de l'eau. Je dirais qu'il est plus complexe, c'est pourquoi je n'en parle qu'en troisième lieu et en simplifiant à outrance. Comme le carbone, c'est à la fois un élément de structure et de fonctionnement et c'est un substrat alimentaire.

Cas de l'azote moléculaire :



(1) *L'azote atmosphérique (N_2) entre de deux façons dans le cycle biosphérique mais le phénomène est secondaire par rapport aux autres branches du circuit :*

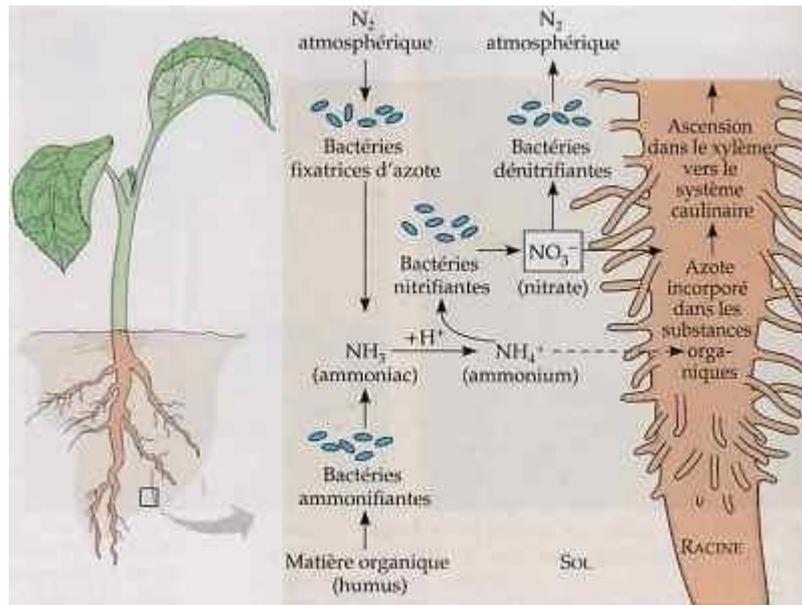
- l'azote moléculaire est, en faible part, transformé en azote nitrique (NO_2 / NO_3) par mécanisme électrochimique lors d'orages à éclairs, ou par phénomène photochimique sous l'influence des ultraviolets (UV) : c'est l'entrée par voie abiotique (sans les vivants) qui apporte au sol environ 10 kg/ha/an ;
- mais N_2 entre aussi par la voie biotique (grâce à l'activités des micro organismes) :

* Les bactéries libres, qu'elles soient du milieu terrestre (Azotobacter, Beijerinckia, Clostridium...) ou aquatiques (cyanobactéries), peuvent produire jusqu'à 25 kg/ha/an d'azote nitrique assimilable par les végétaux (algues, herbacées, arbres...),



* Les bactéries et les champignons, vivant en symbiose (2) avec les végétaux au niveau des racines (Rhizobium / légumineuses, actinomycètes / Aulne...), apportent, après transformation de N₂, 500 kg/ha/an d'azote nitrique au sol.

(2) *La symbiose entre individus biologiquement très différents, permet des échanges à effets bénéfiques pour chaque symbionte : les bactéries apportent l'azote organique au végétal qui leur fournit en échange des sucres et d'autres substances que les bactéries ne savent pas synthétiser.*

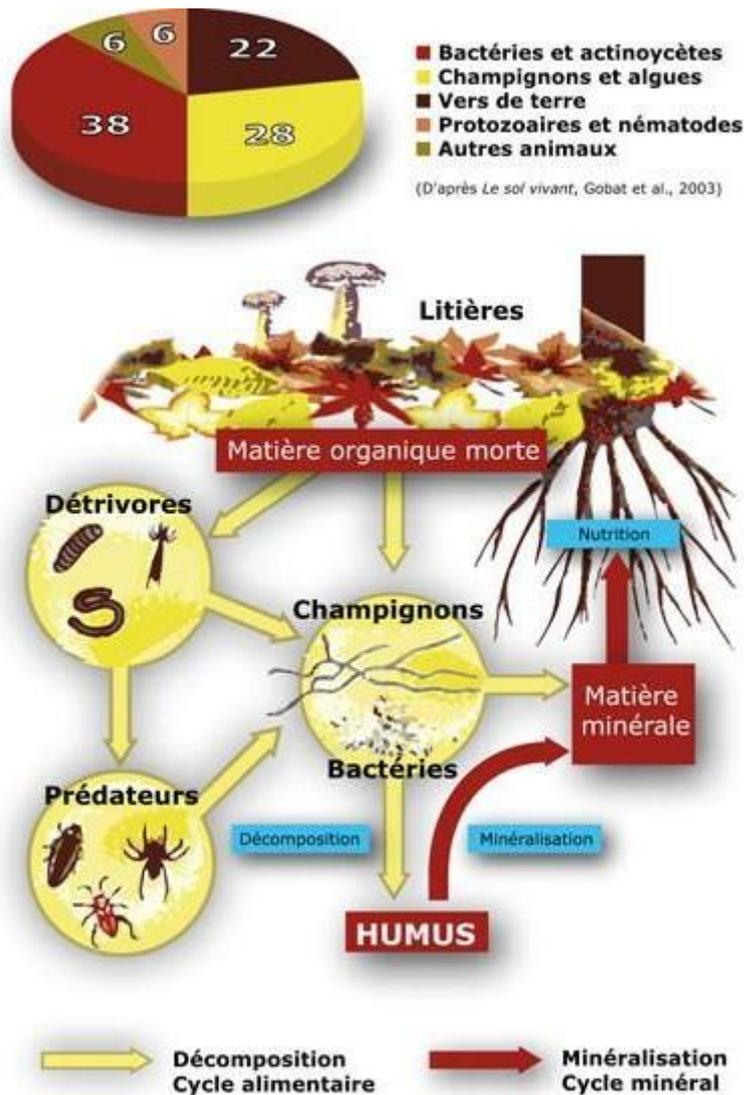


Pendant longtemps on a cru que seules les légumineuses (pois, haricot, soja, luzerne, trèfle...) pouvaient vivre en symbiose bactérienne pour l'azote. Il s'avère que bien d'autres plantes cultivées pour l'alimentation humaine ont ce pouvoir (certaines variétés de blé, de maïs, de sorgho, de riz...). L'industrie agro-alimentaire cherche depuis des décennies le moyen d'isoler le gène bactérien responsable de la fixation d'azote atmosphérique N_2 afin de les « greffer » directement à l'intérieur du génome (ADN) des plantes cultivées (=> OGM). Ce type d'organisme génétiquement modifié, appliqué à l'ensemble des cultures de céréales, éviterait de déverser dans la nature une bonne quarantaine de millions de tonnes de nitrates de synthèse (engrais), réduirait significativement nos rejets de CO_2 (moins de pétrole pour faire les engrais) et nous permettrait une économie d'environ 16 milliards d'euros.

C'est donc essentiellement sous sa forme minérale nitrifiée que l'azote entre et sort des circuits de la vie, très peu sous forme de gaz N_2 directement.

Tous ces micro organismes pourvoient pour une petite partie au fonctionnement du cycle en l'alimentant en nitrates (NO_3^- = nutrition azotée préférée du végétal).

La décomposition de la matière organique et la production d'azote minéral :



Le cycle de l'azote présente une autre particularité et non des moindres : les structures organiques complexes (acides aminés, protéines, protides...) constituant les êtres vivants sont démantelées, après leur mort, par des micro organismes du sol spécialisés dans la **minéralisation de la matière organique** (décomposeurs et transformateurs du sol et de la litière du sol).

Dans un premier temps, ces structures sont transformées et simplifiées en ions ammonium (NH_4^+) – humification due à par des bactéries, des bactéries filamenteuses et des champignons – puis en ions nitrites (NO_2^-) – première phase de nitrification grâce aux Nitrosomonas – eux- mêmes incorporés à l'**humus** qui est une réserve de nutriments pour les plantes. Les végétaux interceptent une partie ces ions azotés.

Dans un second temps et en fonction de la saison, cet humus est re-minéralisé par de

nouvelles bactéries du sol Nitrobacter) en azote nitrique (NO_3^-), assimilable par la végétation ; les animaux consommeront ces végétaux et le cycle biogénique ne s'arrête jamais... le même phénomène se produisant dans les océans.

N.B. : Ces nitrates seront en petite partie réduits, par des bactéries dites dénitrifiantes, en azote atmosphérique (N_2).

Cette partie du cycle de l'azote est de loin la plus importante et une stérilisation, même partielle, de la micro flore du sol peut avoir de graves conséquences pour le fonctionnement des écosystèmes. C'est donc le maillon faible du cycle de l'azote.



Dans les milieux aquatiques de haute altitude ou nordiques, la décomposition de la matière organique est ralentie par certains facteurs limitants (le froid essentiellement). Lorsqu'ils n'ont pas subi l'influence de l'homme, ces milieux, pauvres tant en azote nitrique qu'en sources carbonées, ne parviennent pas à produire de grandes quantités de biomasse. On les dit *oligotrophes*. L'adaptation à ces milieux de l'extrême a conduit certaines espèces végétales à développer des stratégies originales : elles sont devenues carnivores. Piégeant de différentes façons les animalcules qui les approchent d'un peu trop près, ces plantes spécialisées les digèrent à l'aide de sucs agressifs afin de combler leurs besoins en azote.

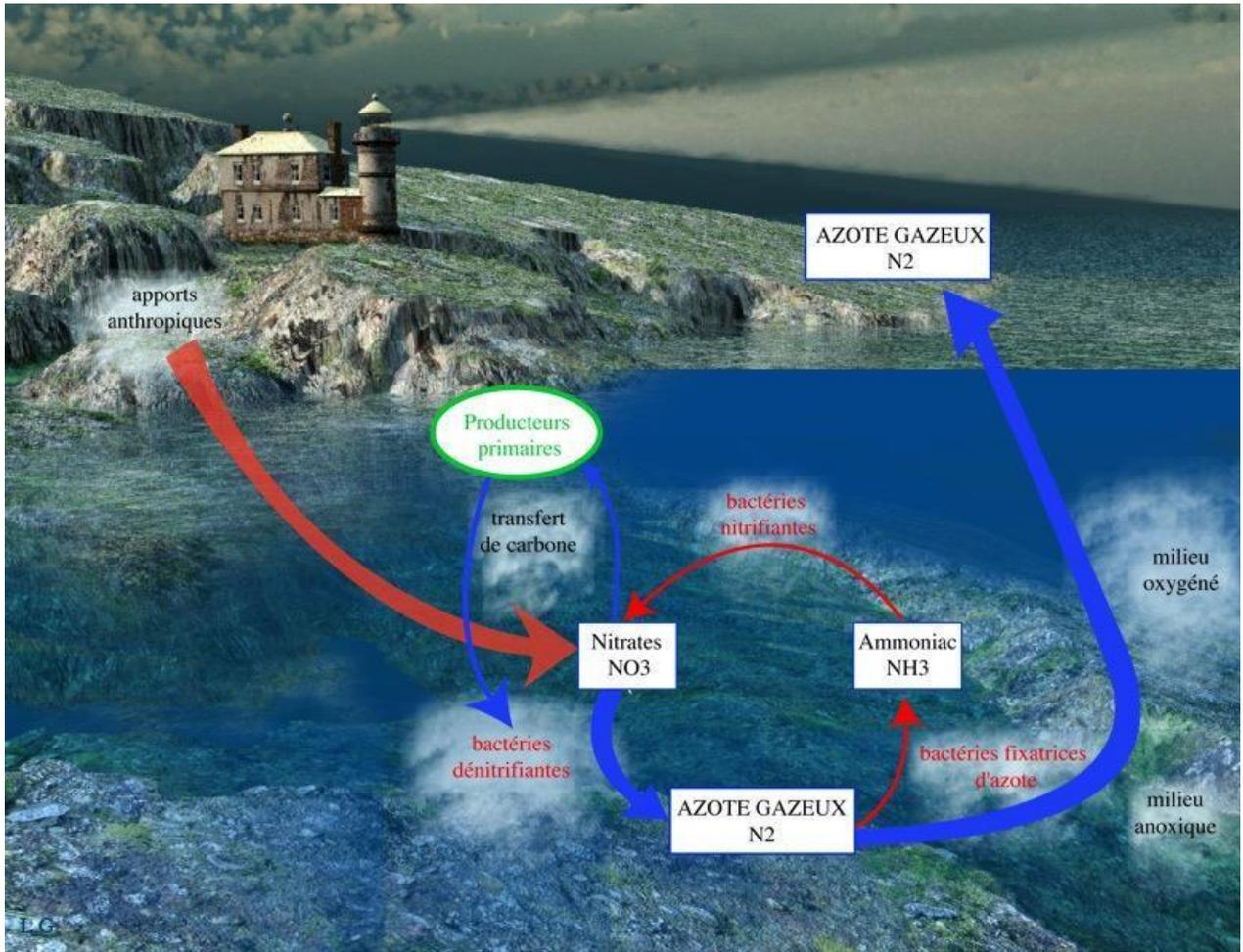


Les pollutions aux nitrates (ammo-nitrates), dues aux activités agricoles – en plus de spolier les eaux de surface et les aquifères, dérèglent le cycle de l'azote qui s'emballé en produisant nombre d'algues envahissantes devenant toxiques en se décomposant (cas actuel de l'*Ulva lactuca* et de l'hydrogène sulfuré).

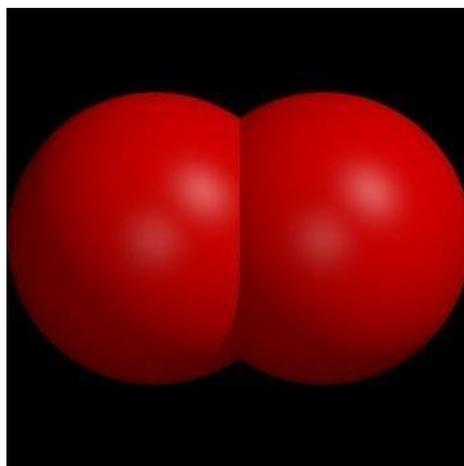
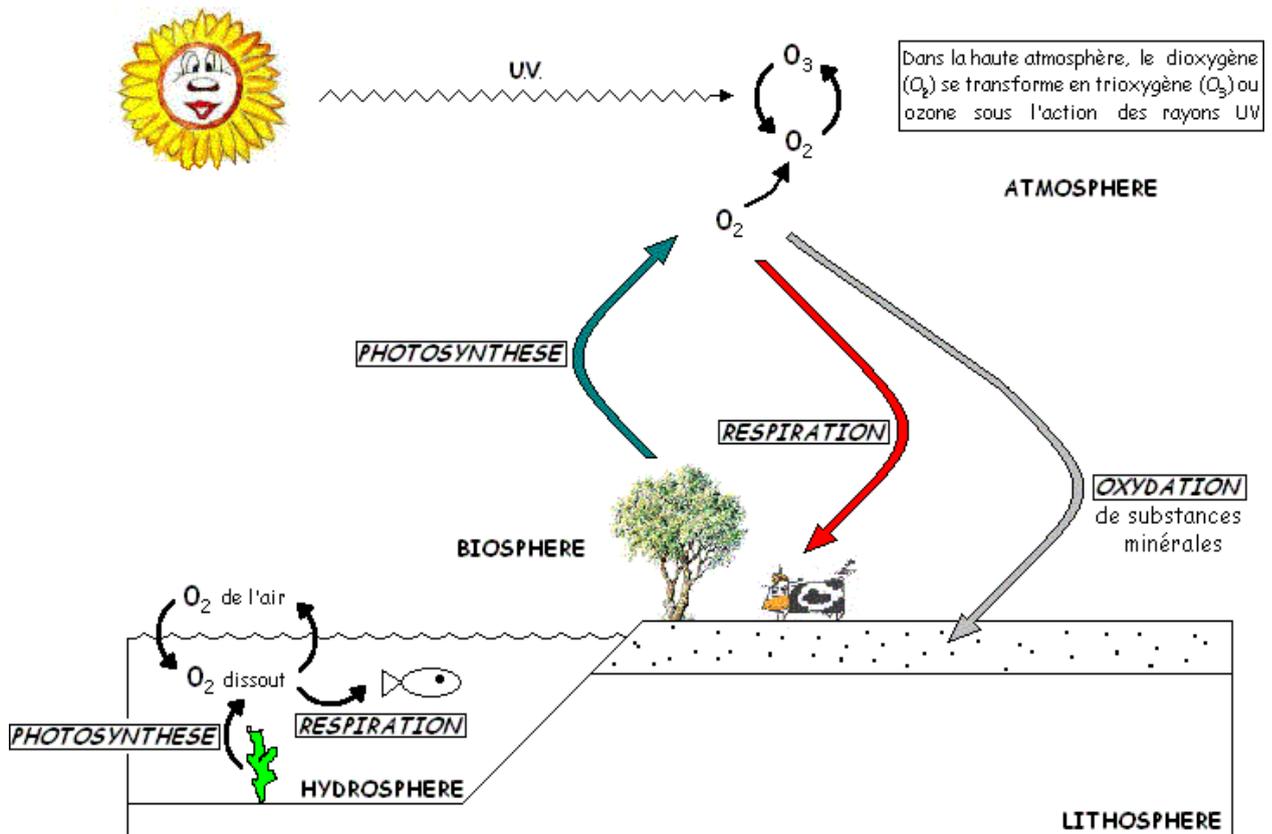
2 millions en trop de tonnes de nitrates sont apportés aux cultures, nitrates que l'on retrouve dans les eaux de consommation alimentaire.

Chez les nourrissons, les nitrates absorbés sont transformés par la flore intestinale en nitrites, qui se combinent à l'hémoglobine, pouvant entraîner la mort, par asphyxie.

Chez l'adulte, il semblerait que la formation de nitrosamine est cancérigène.

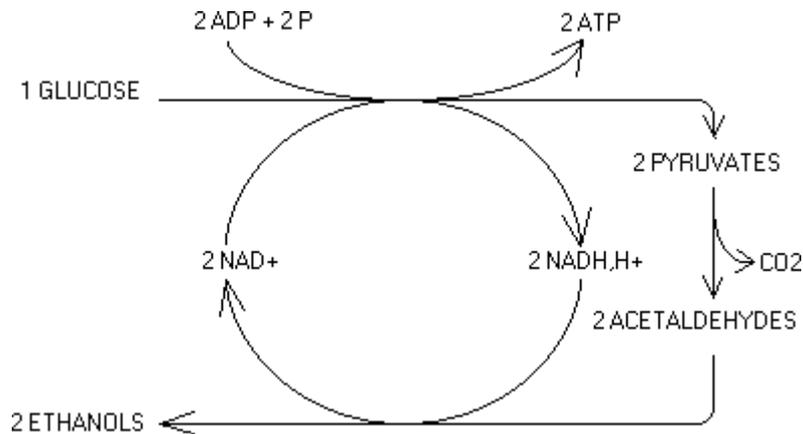


5-3) LE CYCLE DE L'OXYGENE



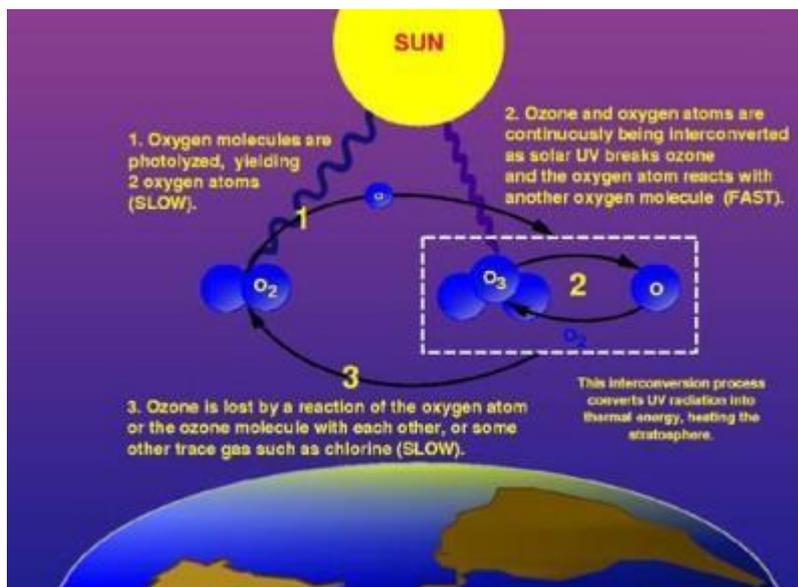
L'atmosphère primitive ne contenait pour ainsi dire pas d'oxygène. Produit en partie par décomposition des molécules d'eau sous l'effet du rayonnement solaire mais, surtout, grâce aux premiers micro organismes doués de photosynthèse, ce gaz a été d'abord dissous dans l'eau des mers puis immédiatement lié à d'autres corps (oxydation des métaux notamment). Ce n'est que récemment (500 à 600 millions d'années) finalement, que l'atmosphère réductrice (dépourvue d'oxygène actif) a pu se faire oxydante. Aujourd'hui, c'est l'ensemble des êtres vivants qui dépendent, pour leur survie, de la photosynthèse, de loin la plus grosse

productrice d'oxygène – qui n'est qu'un déchet de cette noble réaction en réalité.



N.B. : Les premiers êtres vivants (bactéries primitives) ne respiraient pas comme nous, ils pratiquaient leur respiration par fermentation pour puiser leur énergie (ATP) dans le milieu. La fermentation se passe d'oxygène (= respiration anaérobie) mais son rendement énergétique est nettement plus faible qu'avec la respiration aérobie.

Je rappelle que la respiration, en présence d'oxygène, permet de brûler les sucres fabriqués par la photosynthèse. C'est une combustion froide qui se passe dans les mitochondries des cellules végétales et animales. La respiration produit du gaz carbonique qui est repris par la photosynthèse. Ces deux processus complémentaires régissent toute l'organisation de la vie sur terre.



Un phénomène indispensable à l'extension de la vie terrestre et aérienne s'est également produit à la suite de l'augmentation progressive de la concentration en oxygène : l'oxygène (O_2) se transforme en ozone (O_3) sous l'effet des rayonnements UV du soleil. Vers 30 km d'altitude, dans la stratosphère, une couche d'ozone s'est *installée*, qui nous protège des rayons solaires nocifs et mortels. Si cette couche fine venait à disparaître, la vie ne pourrait plus avoir bien lieu que dans les mers ; l'homme en serait le premier touché.



Les deux principaux réservoirs d'oxygène sont l'atmosphère (270 mg/l) et l'hydrosphère (14 mg/l). Peu soluble dans l'eau, l'oxygène sera un facteur limitant pour le métabolisme en vie aquatique ; plus la température de l'eau s'élève, moins elle contient d'oxygène.

Gaz biogène (qui génère la vie) comme le dioxyde de carbone (gaz carbonique), l'oxygène est produit essentiellement par les végétaux chlorophylliens terrestres et marins. Lorsque nous détruisons une forêt pour y installer des cultures vivrières, nous faisons baisser le taux d'oxygène de l'air et augmenter celui du gaz carbonique, principale cause de l'emballement thermique appelé « **effet de serre** »

Les facteurs écologiques abiotiques

Filed under: **4) L'AUTOÉCOLOGIE, ÉLÉMENTS D'ÉCOLOGIE**

Tags: **Eau, Facteurs abiotiques, Facteurs écologiques, Lumière, Sol, Température**

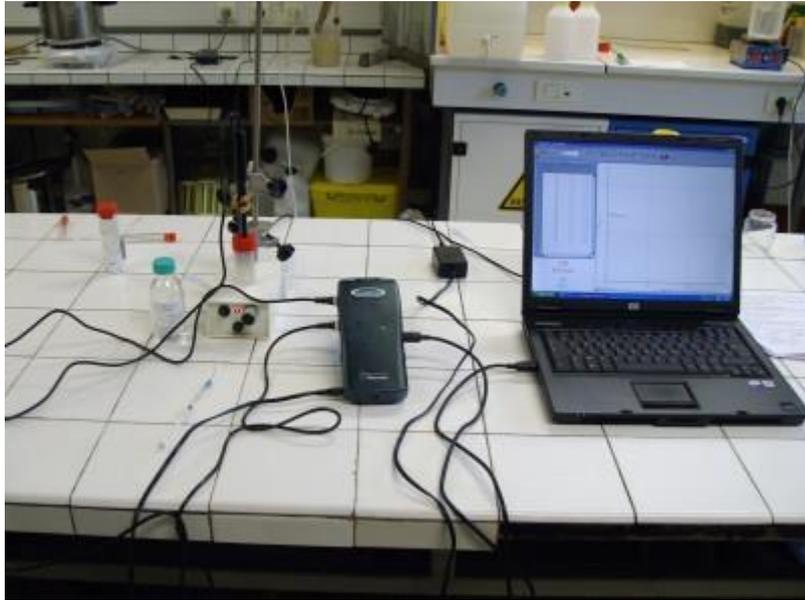
BESOINS ET PRÉFÉRENCES



Lorsqu'on veut connaître l'influence que peut avoir le milieu sur un être vivant, on se heurte, en termes de paramètres, à la complexité de l'écosystème dans lequel ce dernier évolue. Que dire de l'étude du fonctionnement global de la biosphère ! Si j'isole un végétal de son milieu naturel et que je le place *tout nu* sous une cloche privée de lumière, de chaleur et d'air, j'ai peu de chance qu'il survive. De même si c'est un animal qui me sert de cobaye. La plante sera mieux si je lui donne un peu d'eau et de chaleur mais il lui manquera la lumière. Si j'y remédie, elle manquera de nutriments, ceux qu'elle puise naturellement dans le sol avec ses racines. Ainsi eau, lumière, température, air et ses composantes... sont des facteurs dits abiotiques car ils ne concernent que les éléments inertes de la biosphère.

Un être vivant a des besoins qu'il doit impérieusement assouvir en permanence s'il veut rester en vie et pouvoir se reproduire. Il s'agit là d'obligation au sens strict. Il arrive que cet être, sans parler de besoins impératifs, ait des préférences quant aux conditions climatiques, édaphiques (sol), hydrologiques ou encore topographiques, comme nous avons pu le voir avec

l'article précédent.



L'écologue dispose d'un matériel sophistiqué : il ne peut plus se passer de l'ordinateur pour mesurer l'intensité des facteurs abiotiques et l'importance de leur influence sur un individu d'une espèce donnée. L'*épistémè* biologique (ensemble de nos connaissances du moment) ne permet qu'une approche relative des différentes données concernant les facteurs abiotiques d'un milieu étudié. Plus notre savoir grandit, plus nos modélisations mathématiques s'éloignent de l'inexactitude. Ne nous leurrions pas, nous ne serons jamais maîtres des choses, encore moins leurs dominateurs.

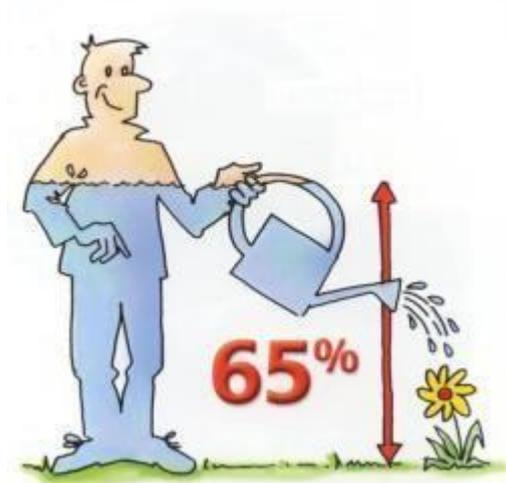
Ainsi, l'hétérogénéité des écosystèmes nous force à conduire notre approche par prises d'échantillons dans le milieu*, échantillons que nous traitons statistiquement et que nous soumettons à nos modèles informatiques complexes, jamais parfaits mais constamment améliorés. Les extrapolations sont justes à quelques degrés de liberté (d.d.l) près et nous pouvons déterminer avec assurance les besoins et les préférences des espèces dans leurs paysages respectifs.

** la science ne peut prendre le complexe comme étude, en tout cas pas directement ; elle en isole, pour les étudier une à une, ses composantes dans les plus petites parties qui le constituent pour pouvoir, par assemblage de savoirs, le comprendre dans son entier ; ceci pose un délicat problème épistémologique, ce qu'a très bien remarqué Goethe – Lire « *Goethe l'hérésiarque* » .*

L'EAU



L'eau est le principe de la vie. Nous avons abordé à plusieurs reprises son importance et le rôle qu'elle a pu jouer dans l'apparition du premier être vivant sur Terre. Je rappellerai simplement le fait qu'elle doit être présente à l'état liquide et à l'état de vapeur d'eau pour rendre fertile une planète -l'eau à l'état solide sert de climatiseur seulement, ce qui n'est pas négligeable en ces temps de réchauffement planétaire. Sur Terre, elle couvre les 4/5 du globe mais elle est salée à presque 98%. Sur le 2% d'eau douce restante, la moitié est inutilisable car sous forme de glace, un quart est pollué et le reste ne représentant qu'un petit demi-pourcent d'eau potable sur la totalité. C'est dire que l'eau devient le facteur limitant de l'accroissement des populations en zones arides.



Dans la biosphère, l'eau permet la distribution des éléments essentiels au vivant : elle dissout l'oxygène, le gaz carbonique et les sels minéraux. Toutes les réactions biochimiques qui ont

lieu dans un organisme nécessitent de l'eau liquide, au point qu'un être vivant est, en moyenne, constitué de plus de la moitié de son poids en eau (50% pour le bois, 65% pour l'homme, 80% pour le ver de terre, 95% pour une méduse). Les êtres vivants ont développé de nombreuses stratégies pour maintenir leur homéostasie hydrique. L'homme meurt par incapacité à réguler sa chaleur interne s'il perd plus de 12% de son poids en eau (5 à 6 litres), la transpiration ne se produisant plus. Sans eau, nous mourons de chaud !



Sur 100 litres d'eau qu'un végétal peut absorber grâce à ses racines, il en rejette jusqu'à 99% par évapo-transpiration. Quand un hectare de prairie absorbe 2000 tonnes d'eau par an, il ne produit en fait que 20 t de matière fraîche dans le même temps. Bien entendu, les besoins en eau d'un cactus ne seront pas les mêmes que ceux du maïs, ceux d'une grenouille différent de ceux du dromadaire. C'est pourquoi on classe les espèces vivantes selon leurs rapport à l'eau:

- les **espèces xérophiles** sont adaptées aux milieux secs et aux longues périodes de sécheresse (lichens, cactées, larve de mite, rat-kangourou, chameau...),
- les **espèces mésophiles** (la plupart des espèces animales et des plantes cultivées chez nous) ont des besoins modérés en eau ou en humidité atmosphérique et supportent des alternances de saisons sèches et humides,



- les **espèces hygrophiles** (et ombrophiles) ne peuvent vivre que dans des milieux très humides, à l'hygrométrie de l'air souvent proche de la saturation (lombric, drosera, crapaud, arbres de la jungle...),
- les **espèces amphibiens** vivent en permanence à proximité de l'eau (tritons, périophtalme des mangroves...),
- enfin, les **espèces aquatiques** qui vivent en permanence dans l'eau (en étang, lac, rivière...).

L'eau contenue dans les plantes du désert ou celles qui poussent en haute altitude s'évapore moins, leur feuillage étant peu développé (la feuille est souvent transformée en aiguille) et une cuticule épaisse, faite de cire, rendant quasiment imperméables les téguments de la tige. Les plantes succulentes (sedum, joubarbe) gorgent d'eau leurs feuilles. Tous ces végétaux de zone aride possèdent un système racinaire fort développé (jusqu'à 50 m de long au Sahara).



Les insectes possèdent une épicuticule imperméable [l'épicuticule est composée de quatre

couches, une couche externe de ciment, une couche cireuse (imperméable), une couche phénolique et une couche de cuticuline]. La larve d'une mite se dispense de boire de l'eau et c'est par oxydation de ses propres graisses qu'elle s'en procure. De même pour le dromadaire ou le chameau chez lesquels l'oxydation des graisses se fait dans la ou les bosses (qui ne sont pas des réserves d'eau !).

Les stratégies pour passer la mauvaise saison sont multiples : s'enfoncer dans un milieu humide comme le sol (crapaud fouisseur de l'Arizona), dans un terrier, une cavité, une coquille ou un cocon (crapaud hurleur du *Gran Chaco*) ; se contenter de l'eau contenue dans les aliments (antilope, rat-kangourou), même secs ; recycler l'eau de son urine (grenouille arboricole de Californie, crapaud à taches rouges du Colorado) ; rejeter une urine sous forme concentrée (oiseaux), ou déshydratée (chauves-souris) ; se couvrir de cire (grenouille

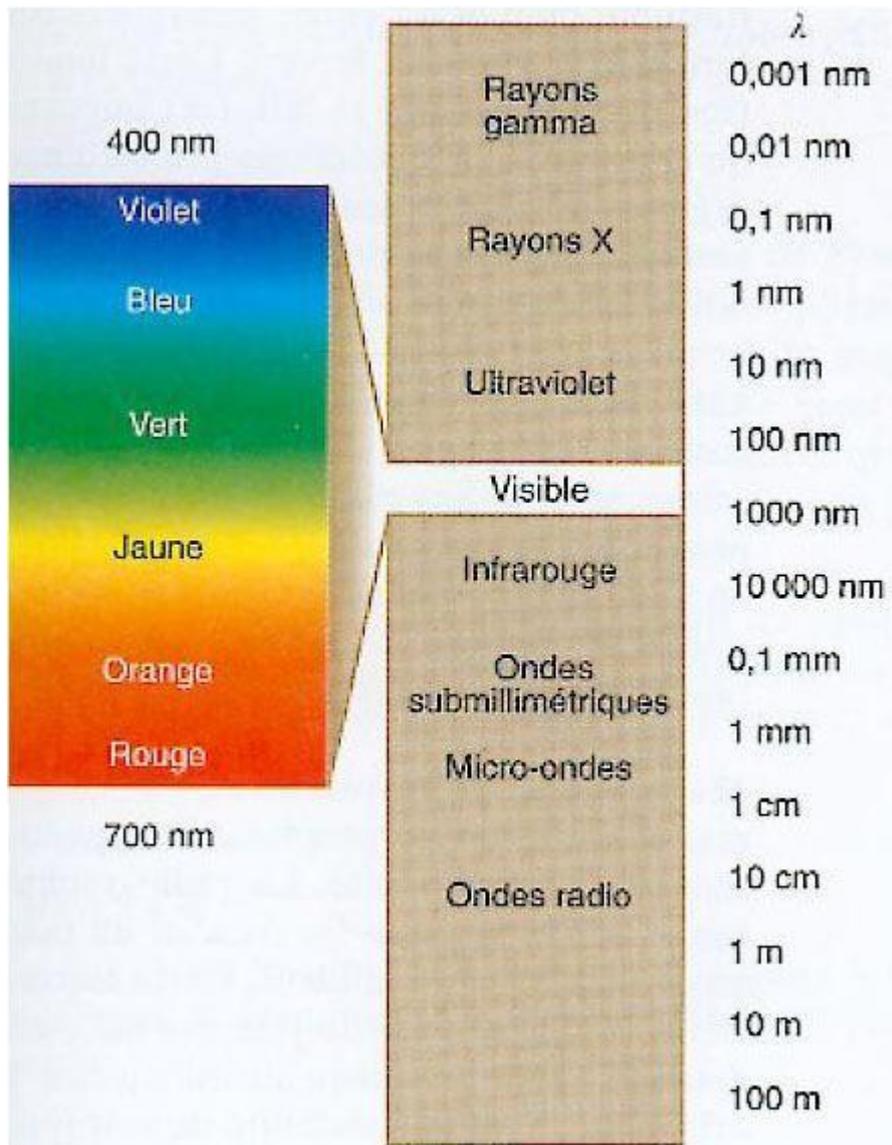


arboricole verte du Paraguay) ; condenser l'eau du peu d'humidité ambiante du petit matin (coléoptère du désert de Namibie – *Onymacris unguicularis*)...

LA LUMIERE



Ce facteur abiotique est quasiment toujours placé en tête sur la liste du pédagogue. Pourtant, l'eau a joué un rôle premier dans l'apparition de la vie sur Terre, et la lumière n'a participé que de façon très physique au départ. En effet et bien avant l'apparition du premier être vivant (protobionte), le rayonnement solaire ultra-violet (UV) décomposait l'eau de la soupe primitive (océan chaud des débuts) en produisant les premières molécules d'oxygène de l'atmosphère primitive qui en était totalement dépourvue. La lumière visible du jour ne servait à rien, la chlorophylle n'ayant pas encore été inventée. Plus tard, toujours dans son action physique, ce sont les mêmes rayons UV qui ont entraîné la formation d'une fine couche d'ozone protectrice dans la haute atmosphère, ce par décomposition de l'oxygène produit par les premières bactéries et cyanobactéries chlorophylliennes pratiquant la photosynthèse. Cette couche d'ozone s'est comportée comme un filtre ne laissant plus passer les UV les plus nocifs, ceux qui empêchaient jusque-là les animaux et végétaux marins de conquérir les continents.



La lumière est un vecteur d'énergie rayonnante. Elle se propage sous forme d'ondes dans l'espace, du soleil – réservoir quasi inépuisable comparé à ce qui est nécessaire à la vie d'une humanité- aux végétaux chlorophylliens qui savent la convertir en énergie chimique sous forme de sucres (glucose, fructose, saccharose...) et d'huiles dans lesquelles l'énergie est encore plus concentrée. Ainsi, l'intensité lumineuse sera le facteur abiotique le plus important puisqu'il conditionnera l'essentiel du phénomène de la photosynthèse, producteur direct ou indirect de toute la biomasse terrestre et océanique. Facteur essentiel à la vie sur Terre, on comprend mieux pourquoi on place la lumière bien avant le facteur eau dans les manuels scolaires.

Si les plantes sont vertes (en apparence), c'est qu'elles ne captent pas les rayonnements lumineux *verts* du spectre de lumière visible, elles les renvoient en quelque sorte (les végétaux réfléchissent à leur façon !). Par contre, le végétal chlorophyllien se délecte des

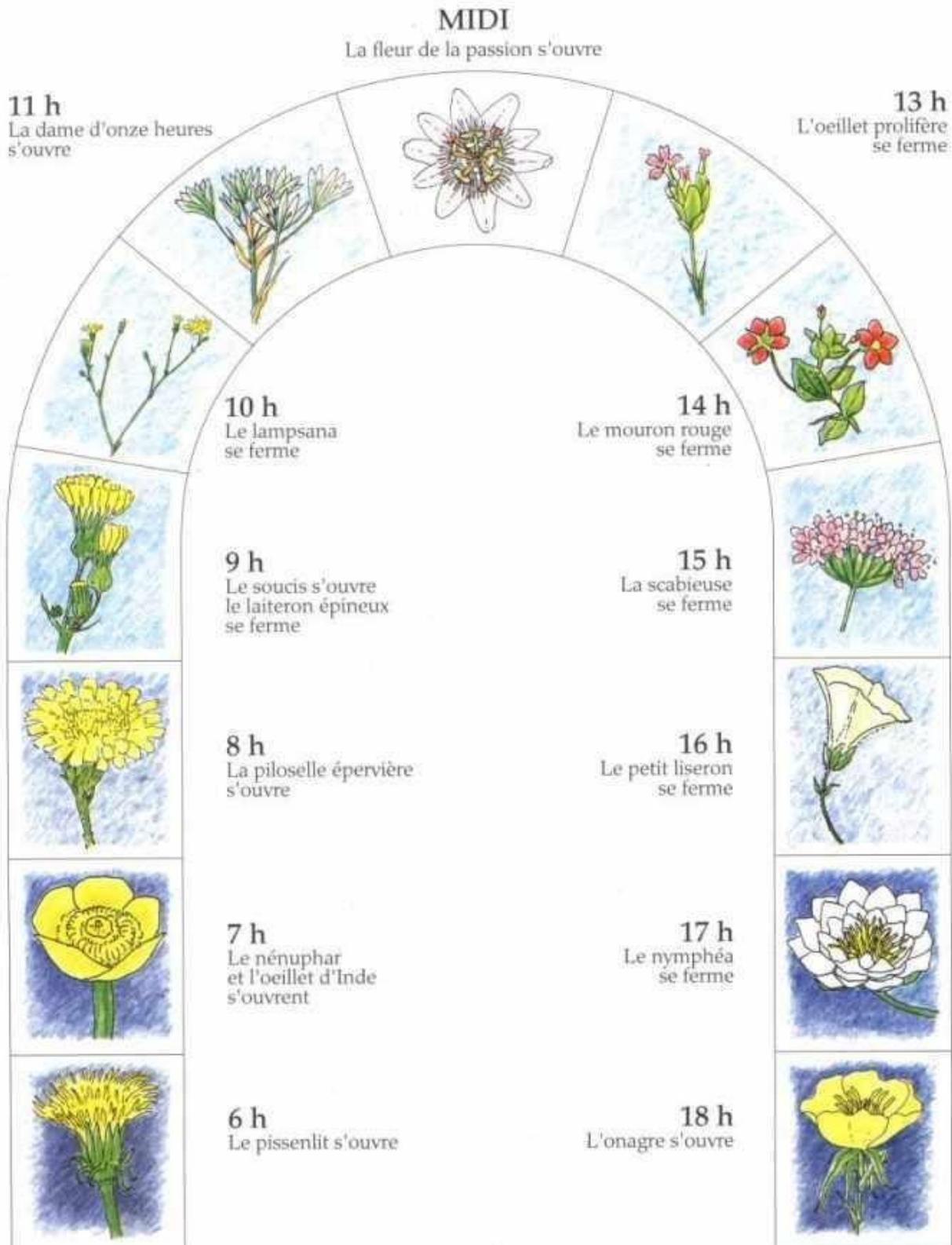
rayonnements, dans le *rouge* et surtout dans le *bleu* du dit spectre -le *bleu* étant plus énergétique que le *rouge*.



Tous les végétaux n'ont pas les mêmes besoins ni les mêmes préférences face à la lumière. Comme il l'a été fait pour l'eau plus haut, on classe les espèces végétales en fonction de leur exigence photosynthétique propre :

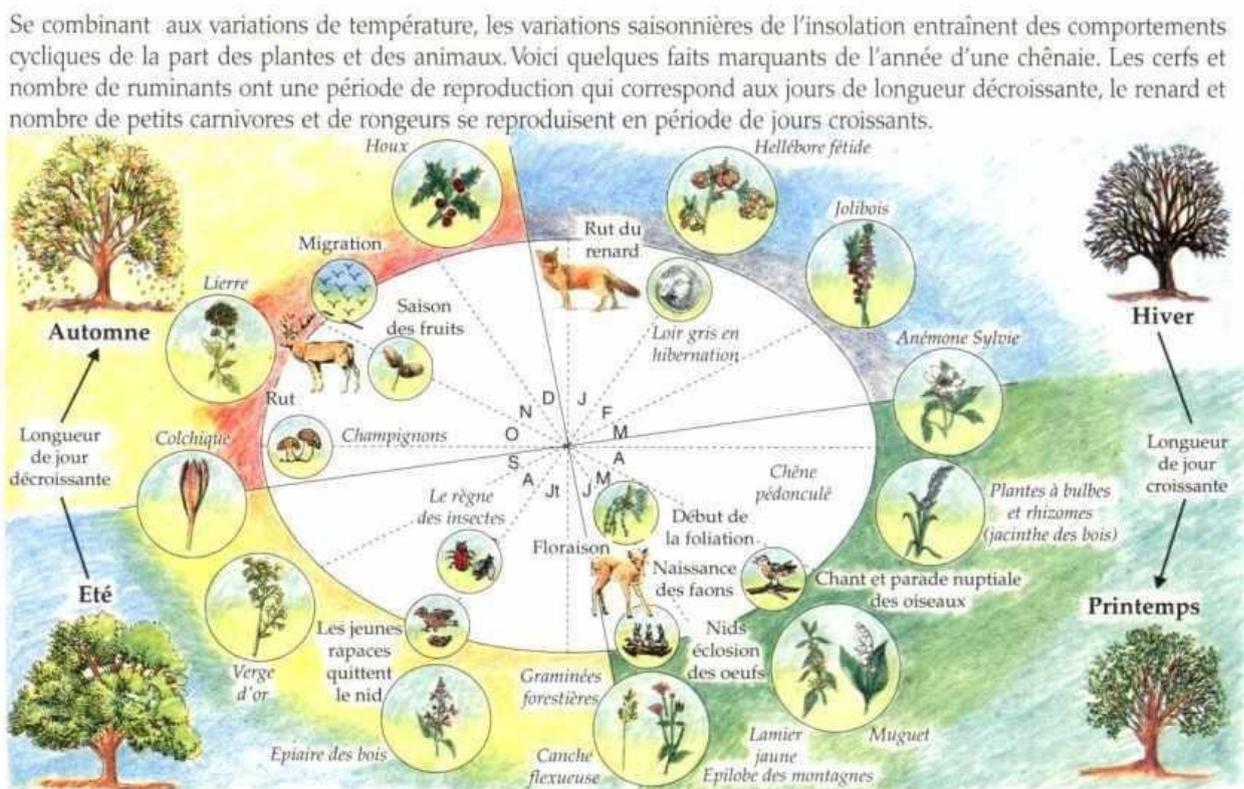
- les **espèces sciaphiles** recherchent l'ombre forte et dense (mousses, nombreuses fougères, oxalis, plantes des forêts tropicales),
- les espèces *intermédiaires* n'ont pas d'étiquette particulière, on les dira *normales* (presque tous les végétaux de France et d'ailleurs),
- enfin, les **espèces héliophiles** ne supportent pas l'ombre et ont besoin d'une lumière intense pour croître et se développer (tomate, jeune mélèze, plantes de la garrigue).

Tout au long de l'année, l'intensité et la durée des jours varient (rythmes *nyctéméraux* ou jour/nuit). A la mauvaise saison, la plupart de nos végétaux s'endorment (*diapause* et *dormance*) et perdent leur feuillage qu'on dit caduc. Chez d'autres, dits à feuillage sempervirent, moins nombreux, ce dernier persiste. Mais la température joue un rôle synergique avec la lumière. Une concurrence pour cette dernière s'installe très vite entre individus peuplant l'écosystème, et si pour l'eau elle se fait à l'horizontale, la quête de lumière force les espèces à gagner de la hauteur. C'est ainsi qu'on définira la *stratification verticale* d'un peuplement végétal. Nous aborderons ce sujet une autre fois



Le photopériodisme induit par les rythmes nyctéméraux est d'une grande importance écologique sous nos latitudes. Les êtres vivants (animaux et végétaux) possèdent une horloge biologique qui leur donne le sens du temps et des saisons qui passent. La nuit, le plancton marin remonte en surface et redescend la journée. Pour les plantes, le photopériodisme joue

un rôle majeur ; la *dormance*, la germination, la croissance et surtout la floraison (donc la fructification) sont sous son contrôle chez bien des espèces. Les cycles de reproduction des animaux et leurs migrations en dépendent également. « *Quand les jours allongent, oiseaux et renards sont portés aux amours. Quand ils décroissent, c'est le tour des ruminants. Le printemps est la saison des nids, la forêt automnale retentit du brame des cerfs. Quand le jour atteint sa durée minimum, le lièvre variable revêt sa livrée blanche et ses ennemis le confondent avec la neige hivernale. C'est un signal d'alarme pour de nombreux insectes qui suspendent toute activité et se figent dans l'attente du retour de la belle saison* » In « Le guide illustré de l'écologie » – éditions de La Martinière.



En milieu marin, les algues sont classées en fonction de la profondeur à laquelle elles peuvent pousser. En effet, l'eau filtre les rayons du spectre de la lumière visible et, plus on va en profondeur, moins les rayonnements peuvent pénétrer (les infra-rouges, les UV puis le rouge d'abord, le orange suivi du jaune, du vert et enfin du bleu). Les algues, sous la pression naturelle de l'évolution, se partagent en différentes classes et forment une *zonation* de peuplements. De la surface en profondeur, nous aurons :

- les algues vertes, ou **chlorophycées**, qui poussent tant qu'il y a du rouge,
- les algues brunes, ou **phéophycées**, adaptées pour capter l'énergie du jaune et du orange,

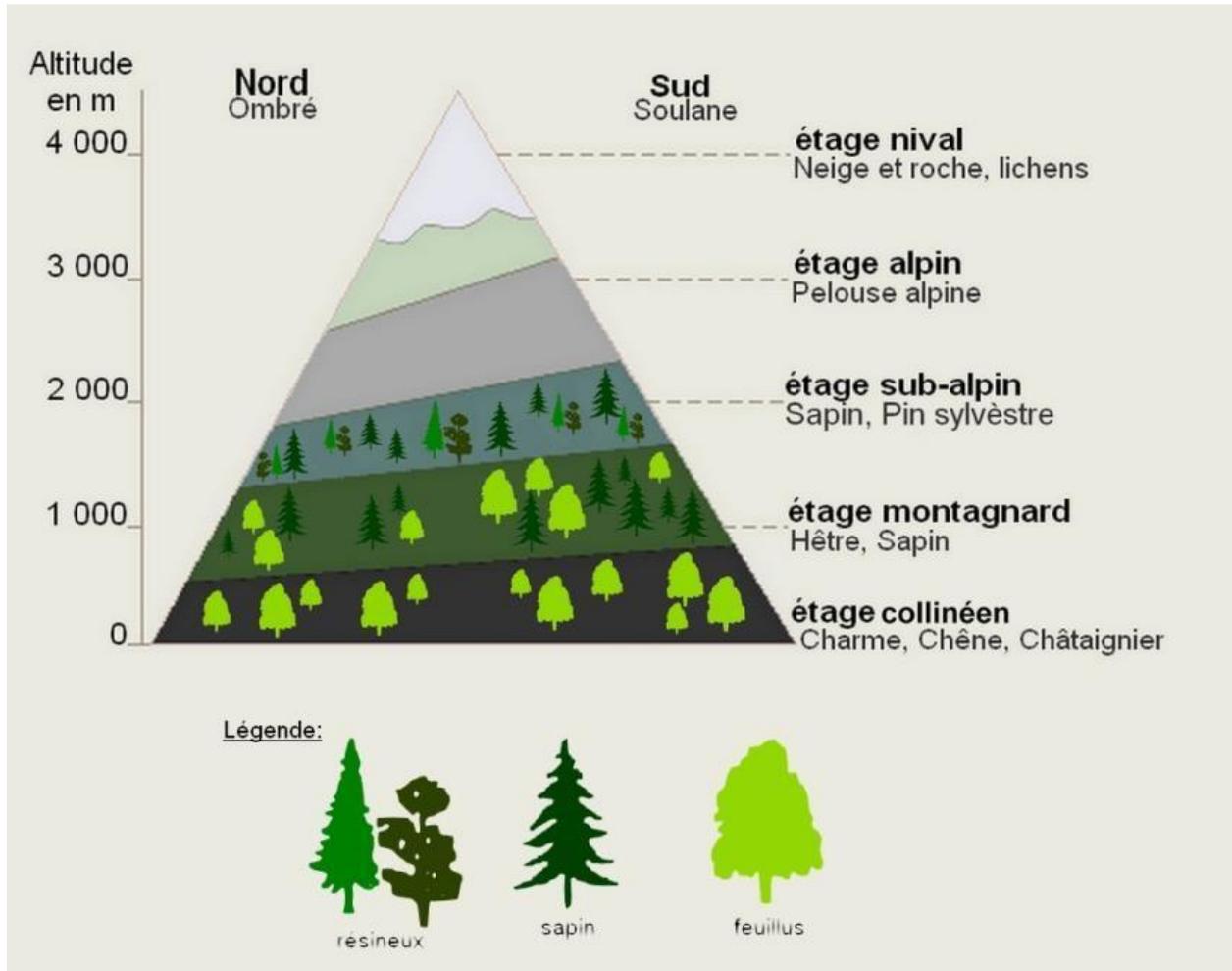
– enfin, à plus de 25 m de profondeur, les algues rouges, ou **rhodophycées**, dont les *pigments surnuméraires* captent même l'énergie des rayons *verts* !

LA TEMPERATURE

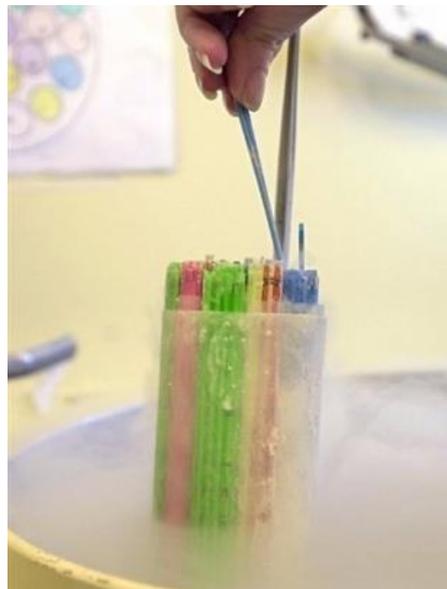


Mine de rien, la température joue un rôle de facteur limitant pour de très nombreuses espèces. Elle agit sur leur métabolisme général (respiration, photosynthèse, évapo-transpiration, déplacements...), et plus que le facteur lumière encore, la température conditionne la répartition des espèces et des communautés de populations dans la biosphère. La piéride du chou se trouve au nord de la France alors que la belle dame se moque des écarts de température, elle est ubiquiste. Et l'on ne rencontrera jamais de cigales au nord de la Provence sans un réchauffement climatique. Il faut 345 jours par an de températures au-dessus de 0° C au houx pour croître. En montagne, le gradient des températures entraîne un *étagement* des peuplements végétaux.

Exemple d'étagement en fonction de l'altitude :



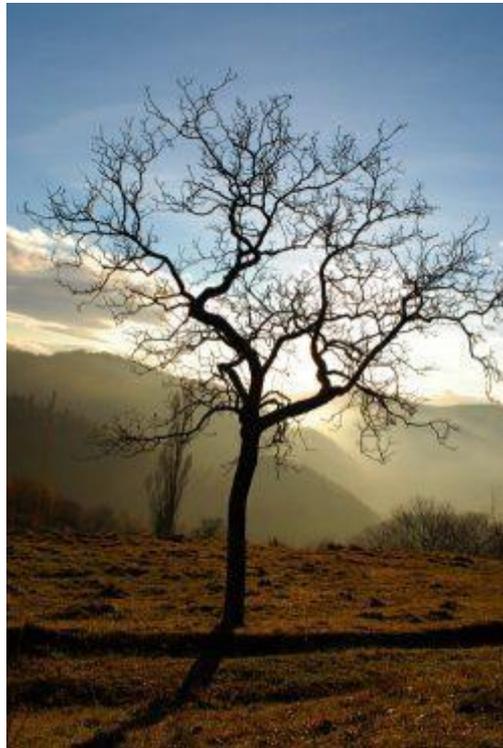
La tolérance à la température, de la plupart des espèces, se situe dans un intervalle compris entre -10 et $+50^{\circ}\text{C}$. Néanmoins, il existe des espèces de l'extrême (déserts, zones polaires, sources hydrothermales abyssales).



Par exemple, les spermatozoïdes de l'homme résistent à -192°C ! Si l'intervalle de tolérance est large, celui des préférences se retrécit. La mouche préfère les températures avoisinant les 42°C , le pou se sent à merveille entre $+24$ et $+32^{\circ}\text{C}$.

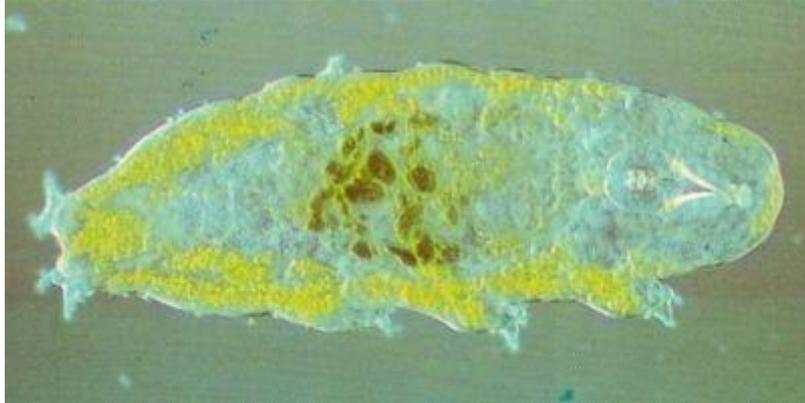
Pour la plupart des insectes, la température est le facteur qui déclenche les grandes étapes de leur cycle de développement. La fréquence du chant des grillons et l'intensité de celui des cigales dépendent de la température de l'air.

La chaleur influe sur l'âge des animaux. Le saumon vit plus longtemps en Norvège qu'en France. On dit bien que le froid conserve l'homme (et la femme), c'est assez vrai car le froid ralentit la division cellulaire dans les tissus. Chez les animaux des pays froids, oreilles, nez, pattes et queue sont de taille réduite afin de perdre le moins de chaleur possible leur pelage s'éclaircit, ce qui rend les poils transparents aux rayons du soleil.



Les stratégies développées par les règnes végétal et animal pour échapper à la mauvaise saison sont nombreuses. Les espèces végétales peuvent réduire leur période de végétation en perdant leurs feuilles ou en disparaissant presque complètement (il en restera toujours les graines). Leurs feuilles peuvent s'épaissir d'une cuticule duveteuse ou cireuse. La plante peut adopter un port prostré, en boule ou en coussinets. Chez les animaux, il en va de même pour le comportement influencé par la chaleur ou le froid. Le lézard dépend de la chaleur des rayons solaires auxquels il soumet le plus de surface de corps possible car il est à *sang froid* ou **poïkilotherme**. C'est l'inverse pour les insectes du désert qui doivent se positionner

de façon à limiter l'impact de la chaleur du soleil sur leur organisme. Certains oiseaux d'habitude solitaires (roitelet, grimpereaux, troglodytes...) se regroupent par les nuits de grande froidure afin de se donner mutuellement chaud.



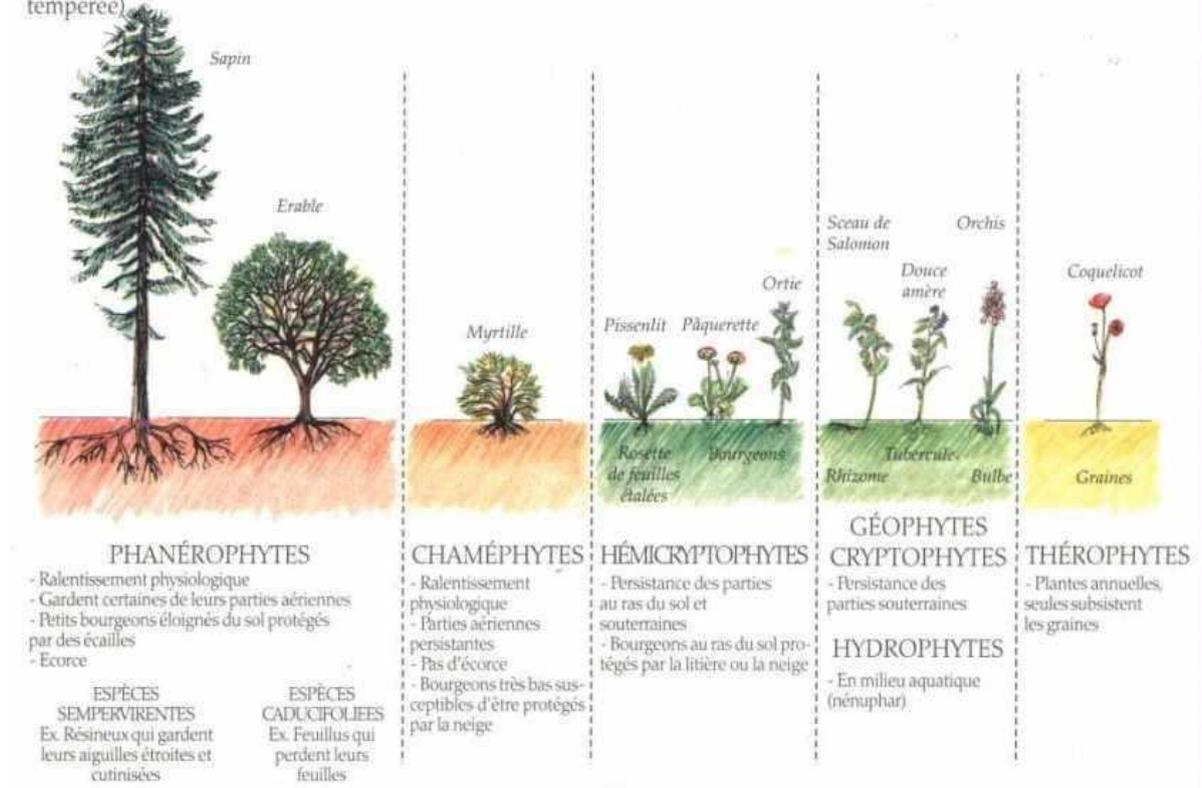
Un tardigrade du Groenland (*Adorybiotus coronifer*) se déshydrate complètement pour passer le long hiver boréal. Les termites ont su construire des habitats à *air conditionné* bien avant l'espèce humaine. Le cloporte fuit la moindre chaleur en s'enfonçant dans les fissures profondes du sol et dès qu'il fait *bon* il ressort de sa cachette. Les abeilles ont des techniques efficaces pour refroidir ou réchauffer la ruche ou le couvain... Sans oublier les différents modes d'hibernation, les protections telles les poils ou les plumes, la couche de graisse sous-cutanée de certains mammifères (cétacés, porc) et les réactions métaboliques permettant le maintien du corps à température constante, chez les animaux à *sang chaud* ou **homéothermes**.

Passage de l'hiver chez les végétaux classés selon **l'échelle de Rankier** :

- les **thérophytes** sont les plantes annuelles. Elle ne vivent qu'une année au plus et la mauvaise saison, il ne persiste que les graines,
- les **hydrophytes** sont les plantes aquatiques dont seules les parties souterraines persistent,
- les **géophytes** ou **cryptophytes**, dont le bourgeon est sous-terre (plantes à bulbes, à tubercules ou à rhizomes),
- les **hémicryptophytes**, végétaux dont les bourgeons, protégés par la *litière* ou par la neige, se situent à la surface du sol (pâquerette),
- les **chamaephytes**, aux bourgeons situés à moins de 50 cm de la surface du sol. La plante végète de ses parties aériennes qui persistent, sans écorce (plantes buissonnantes, myrtiller),

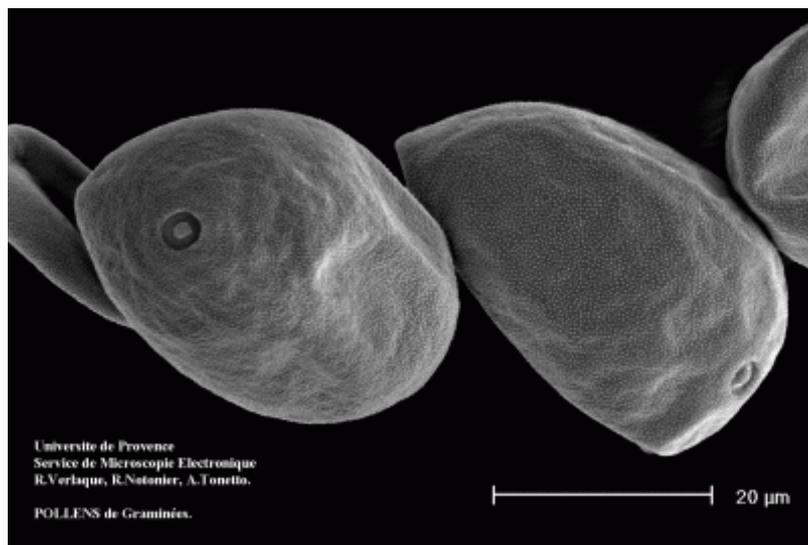
– les **phanérophytes**, plantes dont les bourgeons sont à plus de 50 cm du sol ; on les divise en deux groupes : les **espèces sempervirentes** et les **espèces caducifoliées** (arbustes et arbres).

- Les types biologiques de Raunkier (déterminés par l'aptitude à résister à la mauvaise saison, soit l'hiver en région tempérée)



LES AUTRES FACTEURS

Le vent :



Il assure la pollinisation chez les plantes à fleurs qu'on dit alors **anémophiles** (anémogamie.)

par opposition aux *espèces entomophiles* (entomogamie, besoin d'insectes pollinisateurs) ou aux *espèces hydrophiles* (hydrogamie, pollinisation grâce à l'eau). Les *espèces anémophiles* possèdent de petites fleurs, sans couleur (contrairement aux entomophiles). Les grains de pollen, de petite taille pour peser le moins lourd possible, sont très abondants car le vent, aléatoire par nature, cause de grandes pertes. Ils ne possèdent pas d'ornements sur leurs téguments (graminées, conifères, amentifères...).



Mais le vent assure également la dissémination des graines (ou des fruits non charnus) de pas mal d'espèces et l'on parle d'**anémochorie** par opposition à la *zoochorie* (les animaux, dont l'homme avec l'*anthropochorie*, permettent la dispersion des fruits et des graines) ; à



l'*hydrochorie* (dissémination des graines par l'eau) ; à la *barochorie* (le fruit ou la graine est semé sous l'effet de sa propre par gravité) ; à l'*autochorie* (la plante possède un mécanisme d'éjection de ses diaspores comme l'impatiens) ; enfin, à la *géochorie* (le cacahuétier enterre

lui-même ses cacahuètes dans le sol vers lequel il les dirige). La nature est vraiment bien faite.



Le vent devient un facteur limitant lorsque, trop fort ou trop froid, il empêche un arbre de former sa couronne normalement, ce qui lui donne un port en drapeau. Le moustique disparaît avec un vent de plus de 13 km/h. En étage alpin venté, nombre d'insectes perdent leurs ailes. Un vent continu empêche la forêt de gagner un étage altitudinal modeste, ce qui laisse place à des pelouses alpines qui n'y ont pas leur place, en théorie.

La neige :

Un sol enneigé conserve une température de 0° C en surface ; les graines et les appareils végétatifs des plantes sont protégés des gelées, de même pour de nombreux petits animaux bien à l'abri dans leur terrier. Les bourgeons peuvent bénéficier des mêmes avantages. C'est ainsi que le versant nord (*ubac*) de la montagne est mieux protégé que le versant sud (*adret*), puisque la neige y persiste plus longtemps, et étant moins soumis à l'ensoleillement. Du coup, on peut constater des arbres plus hauts sur l'ubac que sur l'adret



Mais la neige, si elle est trop lourde, peut endommager les branches des arbres. En revanche, ces derniers fixent le manteau neigeux, limitant ainsi le risque d'avalanches en montagne.

Les biologistes classent les associations végétales de l'étage alpin en fonction de la durée d'enneigement que peuvent supporter les plantes de cet habitat. Cette durée dépend des précipitations neigeuses, du terrain, de l'exposition, de la température :

- L'association de **mode nival** supporte **8 à 9 mois** d'enneigement par an (saule herbacé + sibbaldie rampante + alchémille à cinq feuilles + gnaphale couchée),
- l'association de **mode intermédiaire** supporte **5,5 à 6 mois** d'enneigement par an (grande fétuque + centaurée uniflore + trèfle des montagnes + arnica des montagnes + anémone à fleurs de narcisse + asphodèle blanc),
- l'association de **mode thermique bas** supporte **4 à 6 mois** d'enneigement par an (élyne en épi + laiche courbée + edelweiss + raiponce du Piémont + antennaire des Carpates) ; En mode thermique *élevé*, l'association supporte **3,5 à 5,5 mois** d'enneigement par an (seslérie bleuâtre + avoine des montagnes + héliaanthème alpestre + pédiculaire de Jacquin).

Le sol :

Les propriétés du sol (acidité ou pH, teneur en calcium ou calcaire, salinité, teneur hydrique, atmosphère interne, présence de métaux lourds...) influencent directement la croissance et le développement des végétaux. Leur répartition dans l'écosystème en dépend également :



– Influence de l'**acidité** du sol :

critère de sélection des espèces végétales, le **pH** (potentiel Hydrogène) d'un sol peut avoir une valeur allant de 3 (tourbières acides) à 9,5 (prés salés ou *shorres*). En agronomie, le pH neutre d'un sol vaut environ 6,5.

La droséra (plante carnivore de nos tourbières) et la sphaigne des tourbières se complaisent dans un substratum de pH très acide (pH 3,5-3 ; on les dit **acidiphiles**). La fougère aigle (très commune dans nos bois et nos forêts) préfère un sol *podzolisé* (à humus de type *mör* dont le pH est compris entre 4 et 4,5). Le genêt à balai (autre plante courante des landes) est aussi une plante acidiphile et son sol préféré à un pH de 5,5-6.

Les plantes **neutrophiles**, qui sont les plus nombreuses, poussent sur des sols à pH compris entre 6,5 et 7,5 (humus de type *mull*).

Enfin, les végétaux **basiphiles** (ou acidifuges) affectionnent les sols alcalins (inverse d'acide)

et cette alcalinité est le plus souvent due à une forte teneur du sol en ions calcium : bleuet, thym, noyer sont moyennement basiphiles (pH de 7,5 à 9). *Carex firma* l'est davantage (pH > 9) et la salicorne ne pousse qu'aux abords des vasières et sur les *shorres* ou prés salés, le pH y est maximal.



– Influence de la **teneur en calcaire** (ions calcium) du substrat :

Les végétaux se répartissent en fonction de leur préférence vis à vis de l'ion calcium. S'ils affectionnent un sol calcaire, ils sont dits **calcicoles** alors que ceux qui ne supportent pas ce minéral seront dits **calcifuges** (ou *silicoles*). Plus un sol contient de calcaire, plus il sera alcalin. A l'inverse, s'il est dépourvu de calcaire, il sera plutôt acide.

Respectivement et par ordre de tolérance et/ou de besoins croissants des végétaux vis, à vis du calcaire, nous aurons : la primevère auricule, le saxifrage aizoon, le prunus mahaleb et le buis pour les **calcicoles**, le pin sylvestre et la renouées des oiseaux sont dits **indifférents** car ils

supportent des teneurs moyennes en ion calcium ; pour finir, la digitale pourpre, la petite oseille, le genêt à balai et la myrtille sont *calcifuges*.



– Influence de la **salinité** du sol :

Une trop grande *teneur en sels* du sol empêche déjà de croître la majeure partie des végétaux terrestres. On rencontrera, sur un sol moyennement salé, le genevrier de Phénicie et la salsepareille (*donc des schtroumpfs bleus à bonnets blancs*. n.d.l.r). Si la teneur en sel est importante (*shorres*), croîtront l’obione et la saladelle. Plus salé encore et rares sont les plantes comme la grande salicorne à s’y être adaptée.

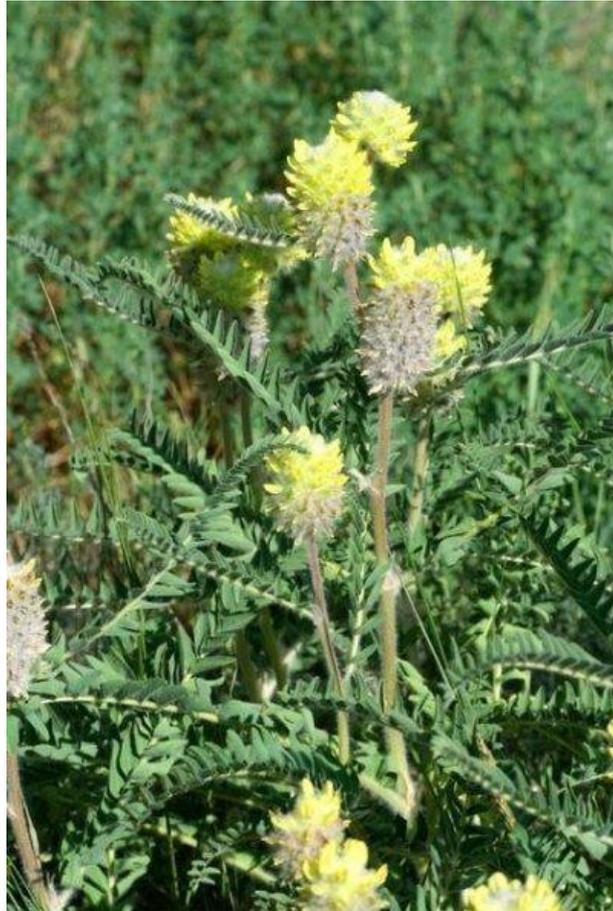
Le génie génétique oeuvre (quand on laisse faire l’INRA qu’il ne faut pas confondre avec la firme Monsanto !) pour fabriquer des plantes génétiquement modifiées pouvant pousser sur ce genre de sols, très nombreux à la surface du globe. De quoi nourrir les milliards d’humains programmés de l’an 2050. A ce propos, les OGM existent depuis les années 70 et ont permis

de sauver de nombreuses vies à moindres frais et sans risque de contaminations exogènes. Des bactéries modifiées fabriqueuses d'insuline ou d'hormone de croissance sans les risques du naturel... cela ne vous dit rien ?



– Influence de l'**eau** et de l'**air** dans le sol :

Un sol est plus ou moins poreux et les microcavités intersticielles sont, le plus souvent, remplies d'air. Les racines ont besoin d'une atmosphère dans le sol pour assurer leur respiration cellulaire. Quand elle est présente, l'eau prend la place de l'air, rendant le sol asphyxiant. Plus un sol est compact et plus il se comportera comme du ciment (on le dit *battant*) ; moins les végétaux s'y plairont... Cette propriété, qui varie d'un sol à l'autre, sélectionne les espèces adaptées ou pas à des conditions plus ou moins prononcées d'asphyxie racinaire.



Ainsi, le hêtre et l'épicéa indiquent un sol aéré, jamais asphyxiant ; un frêne a une très faible tolérance au manque d'air au niveau racinaire ; le peuplier d'Italie et le bouleau acceptent de courtes périodes d'eau stagnante ; saules et aulnes sont les arbres des bords de rivières et des zones humides ou souvent inondées. Enfin, la massette, comme toutes les plantes aquatiques, ne supporte pas le manque d'eau, si infime soit-il.

– Certains végétaux sont spécialisés dans l'absorption et l'accumulation de **métaux lourds et toxiques**. Ils sont bien connus des prospecteurs miniers car ce sont des indicateurs de minerais : la violette calamine absorbe le zinc, la passeraie de Bertelon accumule le nickel et l'astragale se nourrit de sélénium.