



جامعة مولاي إسماعيل  
UNIVERSITÉ MOULAY ISMAÏL



كلية العلوم  
FACULTÉ DES SCIENCES

## Filière Des Sciences De La Vie



## Module D'Ecologie/Semestre III Cours D'Ecologie Végétale



L'esprit s'enrichit par  
ce qu'il reçoit  
Le cœur par ce qu'il donne

**Pr.Laila NASSIRI**

« C'est une triste chose de songer que la nature parle et que le genre humain ne l'écoute pas... » Victor Hugo

## Eléments d'Ecologie végétale



L'objectif principal de cet enseignement est d'acquérir une connaissance des notions générales de l'écologie ; il s'agit essentiellement de connaître les concepts de base tels que la notion de facteurs écologiques, la notion de communautés vivantes : biocénoses, écosystèmes, biomes. Aussi, à travers la notion de facteurs écologiques, abiotiques et biotiques, les variables les plus significatives pour les biocénoses seront abordées.

# S O M M A I R E

### ■ INTRODUCTION GENERALE

- Définition et objets de l'écologie
- Types de facteurs écologiques
- Notion de facteur limitant et loi du minimum
- Tolérance & Amplitude écologique (Loi de *Shelford*)
- Accommodation/Adaptation/Convergence écologique/Endémisme

### ■ FACTEURS CLIMATIQUES

- Température
- Lumière
- L'eau dans les écosystèmes terrestres

### ■ FACTEURS TOPOGRAPHIQUES

- Altitude
- Exposition

### ■ FACTEURS ÉDAPHIQUES

- Facteurs physiques
- Facteurs chimiques du sol

### ■ FACTEURS BIOTIQUES

- Relations homo & Hétérotypiques
- Facteurs physico-chimiques d'origine biotique



# Introduction

## I// Définitions et Objets de l'écologie

➤ Première définition de l'écologie :

« Etude des relations des organismes avec leur monde extérieur environnant dans lequel nous incluons au sens large toutes les conditions d'existence » (Haeckel, 1866)

➤ Définition adoptée :

« la science qui étudie les conditions d'existence des êtres vivants et les interactions de toutes sortes qui existent entre ces êtres vivants d'une part, entre ces êtres vivants et le milieu d'autre part ».....( Dajoz, 1983)

### Pourquoi étudier l'écologie?



! Pour comprendre comment les systèmes naturels fonctionnent ;

! Pour comprendre quel est l'impact des activités humaines sur le fonctionnement des écosystèmes et les conséquences graves des atteintes de l'environnement ;

! Pour permettre aux décideurs de mettre en place des pratiques écologiquement correctes : «*S'il n'y a pas de solution c'est qu'il n'y a pas de problème.* »

Au début définie comme science de l'habitat (du grec, *Oikos* : habitat), l'écologie ou *oecologie* avait pour :

- d'analyser les composantes abiotiques du milieu : climat, substrat... « **Biotope ou Ecotope** » ;

- d'évaluer les effets de ces composantes sur les organismes vivants ensemble « **Biocénose** : (zoocénose, phyocénose, microbiocénose, mycocénose...) » ;

- de comprendre les mécanismes qui permettent aux différents organismes de survivre et de coexister en se partageant ou en se disputant les ressources disponibles (espace, énergie, matière...).

Une biocénose intégrée à son biotope constitue un système biologique l'**écosystème** ; il s'agit d'un ensemble organisé, ordonné, cohérent et fonctionnel (organisation spatiale, transfert de matière et flux d'énergie) ; donc, l'écologie est aussi **la science des écosystèmes** (forêts, lacs...).

Cette notion d'écosystème est multi-scalaire (multi-échelle) pouvant s'appliquer à des

portions de dimensions variables de la biosphère; un lac ou une forêt (mésos-écosystèmes), un arbre (micro-écosystème), une région ou un biome (macro-écosystèmes).

De plus, les écosystèmes sont souvent classés par référence aux biotopes concernés ; on pourra alors distinguer les **écosystèmes continentaux** (ou terrestres) tels que : les écosystèmes forestiers (forêts), les écosystèmes prairiaux (prairies), **les écosystèmes des eaux continentales** (écosystèmes lenticques des eaux calmes à renouvellement lent (lacs, marécages, ou écosystèmes lotiques des eaux courantes (rivières, fleuves) et les **écosystèmes océaniques** (mers, océans).

Récemment, l'écologie est considérée comme étant l'étude des actions réciproques «**interactions** », aussi bien entre le milieu et les êtres vivants qu'entre les êtres vivants eux-mêmes et ce dans des conditions naturelles ; delà, l'écosystème est un système d'interactions entre quatre niveaux : le compartiment abiotique (substances minérales et composées organiques, climat...), niveau des producteurs, consommateurs et décomposeurs.

Aussi, l'écologie est une science pluridisciplinaire qui s'appuie sur d'autres sciences telles la climatologie, l'hydrologie, l'océanographie, la chimie, la géologie, la pédologie, la physiologie, la génétique, l'éthologie ... etc.

En outre, Les études écologiques portent conventionnellement sur trois niveaux : L'individu, la population et la communauté.

✚ **Un individu** est un spécimen d'une espèce donnée. Celui-ci fait l'objet de **l'autoécologie** (écologie factorielle): c'est la science qui étudie les rapports d'une seule espèce avec son milieu, son environnement. Elle définit les limites de tolérances et les préférences de l'espèce étudiée vis-à-vis des divers facteurs écologiques et examine l'action du milieu sur la morphologie, la physiologie et le comportement...

✚ **Une population** est un groupe d'individus de la même espèce occupant un territoire particulier à une période donnée. A ce niveau, la division de l'écologie est **l'écologie des populations (démographie)** ou **la dynamique des populations** : c'est la science qui étudie les caractéristiques qualitatives et quantitatives des populations : elle analyse les variations d'abondance des diverses espèces pour en rechercher les causes et si possible les prévoir.

✚ **Une communauté** ou **biocénose** est l'ensemble des populations d'un même milieu qui vivent dans les mêmes conditions de milieu et au voisinage les uns des autres.

La biocénose concerne la **synécologie** (écologie des communautés ou biocénotique) : c'est la

science qui analyse les rapports entre les individus qui appartiennent aux diverses espèces d'un même groupement et de ceux-ci avec leurs milieux. Elle peut être **descriptive** (composition diversité des communautés d'organismes, fréquence, répartition spatiale des espèces constitutives) ou **fonctionnelle** (évolution des groupements, flux de matière et d'énergie entre les différents compartiments de la biocénose « producteurs, consommateurs, décomposeurs ») qui conduit aux notions de réseaux alimentaires, de pyramides des nombres, des biomasses et des énergies, de productivité et de rendement.

---

---

**Le peuplement** : est un terme utilisé pour désigner un ensemble de populations appartenant soit à un même règne (peuplement animal, peuplement végétal), à un même niveau taxonomique (peuplement de plantes supérieures ; peuplement de végétaux inférieurs) ou encore à un même niveau trophique dans la chaîne alimentaire (producteurs, consommateurs primaires, secondaires, tertiaires, etc.).

**La biosphère** : C'est la partie de l'écorce terrestre où la vie est possible en permanence ; elle comprend une partie de la lithosphère (partie solide de l'écorce terrestre ; ensemble des continents émergés), une partie de l'atmosphère (la couche gazeuse entourant la Terre) et une partie de l'hydrosphère (mers, océans, cours d'eau). La biosphère désigne l'ensemble de ces milieux et tous les êtres vivants qui y vivent. Certains auteurs parlent d'**holobiome**, soit l'ensemble des biocénoses (êtres vivants peuplant la Terre).

**L'environnement** : notion globale : ensemble des écosystèmes, les populations humaines et toutes les composantes qui contribuent à la qualité de vie ; il peut se subdiviser en trois axes traduisant l'interaction de l'homme et son milieu : environnement physique (climat, sol, flore, faune), environnement social, économique et culturel (société, activités anthropiques) et environnement politique et juridique (institutions, législation, réglementation).

---

---

## **II// FACTEURS ECOLOGIQUES**

### **A- Définition**

Un **facteur écologique** est tout élément du milieu (température, lumière, pH du sol, prédateur ..... ) susceptible d'agir directement ou indirectement sur les êtres vivants (individu, espèce, communauté) au moins durant une partie de leur développement. Ainsi, tout être vivant doit être considéré dans le contexte environnemental qui conditionne sa vie, et l'étude des écosystèmes nécessite de connaître comment ces facteurs écologiques opèrent.

Les effets d'un facteur écologique peuvent se répercuter sur la répartition géographique « **effet biogéographique** », sur la fréquence des individus « **effet démographique** », sur le déroulement de certaines fonctions vitales - respiration, photosynthèse- « **effet physiologique** ».

Les effets de ces facteurs peuvent être étudiés à plusieurs niveaux :

- au niveau de l'individu (approche éco- physiologique), ex: influence de la température sur la croissance d'un plant de blé ;
- au niveau d'une population déterminée, ex : influence de la température sur un champ de blé ;
- au niveau d'une communauté d'êtres vivants, ex : influence de la température sur l'écosystème forêt.

## **B- Classement des facteurs écologiques**

L'analyse des facteurs du milieu constitue **L'Ecologie factorielle** ou **Mésologie**; on rappelle que L'étude de leurs effets sur les plantes « *in situ* » ainsi que celle des réactions des plantes à leur variation constitue **L'Ecophysiologie (autoécologie)**.

Classiquement, on distingue :

- des facteurs **abiotiques** comme le climat, la composition chimique d'un sol;
- des facteurs **biotiques** comme la prédation ou le parasitisme.

L'opposition abiotique/ biotique n'est pas aussi tranchée puisque le monde vivant agit en retour sur son habitat et contribue à sa modification et évolution.

les facteurs abiotiques correspondent à l'ensemble des facteurs de nature physico-chimique « non liés à la vie » qui caractérisent le milieu considéré (**climatiques, édaphiques, topographiques**) généralement indépendants de la densité de la population sur laquelle ils exercent leurs effets et ont des paramètres mesurables : lumière, température, précipitations, vent, composition et/ou pH et teneur en substances dissoutes (chlorure de sodium, sels minéraux nutritifs, nitrates, phosphates, calcium, carbonates, etc.), ...

Quant aux facteurs biotiques, ils sont biologiques dus à la présence d'autres organismes vivants animaux ou végétaux : parasites, prédateurs, pollinisateurs..... Ce sont donc les interactions des êtres vivants entre eux. Ainsi, lorsqu'on étudie une espèce précise, il faudra distinguer les relations qu'un individu de cette espèce entretient avec ses congénères (relations intra-spécifiques) de celles qu'il subit de la part des autres espèces (relations interspécifiques).

Dans le premier cas, on observe **des relations homotypiques** (effet de groupe, compétition...) dépendant de la densité de la population et s'exprimant par une forme de compétition territoriale, pour la lumière, l'eau et les sels minéraux chez les végétaux et pour la nourriture disponible chez les animaux. Dans le second cas, il s'agit **de relations hétérotypiques**. ; On établit alors un gradient relationnel allant des relations plutôt favorables aux espèces (coopération, symbiose...), aux relations défavorables au moins pour une espèce (compétition, parasitisme...), en passant par l'indifférence (neutralisme).

Toujours est-il, quel que soit le facteur, il n'a de valeur écologique que par la manière dont il affecte l'organisme (**La valeur écologique d'un facteur est proportionnelle à son effet**) ; autrement dit, il ne suffit pas d'évaluer un facteur comme grandeur physique ou chimique (taux de pluie, valeur du pH...) mais, il faut évaluer surtout son action sur les organismes.

		Gain pour l'espèce A		
		Positif	Neutre	Négatif
Gain pour l'espèce B	Positif	Mutualisme Coopération Symbiose	<i>Commensalisme</i>	Prédation Parasitisme
	Neutre	<i>Commensalisme</i>	Neutralisme	Amensalisme
	Négatif	Prédation Parasitisme	Amensalisme	Compétition

Par ailleurs, Les êtres vivants exercent diverses influences sur le milieu où ils vivent. Ces influences peuvent être de nature physico-chimique et on parle alors **de facteurs physico-chimiques d'origine biotique** ; on peut citer :

- les influences mécaniques exercées par les racines des végétaux (action mécanique des racines sur le sous sol...);
- les influences climatiques liées aux effets de l'ombre des végétaux affectant la température, l'évaporation, l'intensité lumineuse sous couvert végétal...).
- les influences diverses des êtres vivants modifiant la composition chimique du milieu où ils vivent (protons H<sup>+</sup>, urines, déchets divers, toxines, etc.).

### III//Quelques concepts utiles pour l'analyse des écosystèmes

#### A- Notion de facteur limitant et loi du minimum

Il arrive parfois qu'un facteur écologique atteigne un seuil critique et fatal incompatible avec la vie pour une espèce animale ou végétale donnée; on dit alors que le facteur écologique en question est un **facteur limitant**. Cette notion découle de la loi du minimum (Liebig ; 1840) qui dit que « *la croissance des végétaux n'est possible que si tous les éléments minéraux sont présents en quantités suffisantes dans le sol et ce sont les éléments déficitaires (dont la concentration est inférieure à une valeur minimum) qui conditionnent et limitent la croissance* ». La loi de Liebig fut généralisée à l'ensemble des facteurs écologiques sous forme d'une loi dite « loi des facteurs limitant ». Cela supposait au début que le facteur était limitant quand son intensité est au-dessous d'une valeur minimale incapable de satisfaire aux exigences de l'espèce et donc il est limitant par manque ou **par défaut**. Puis, cette notion s'étendit pour s'appliquer également aux cas où la valeur d'un facteur dépasse celle acceptable pour une espèce ; le facteur est alors limitant **par excès**.

=====

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

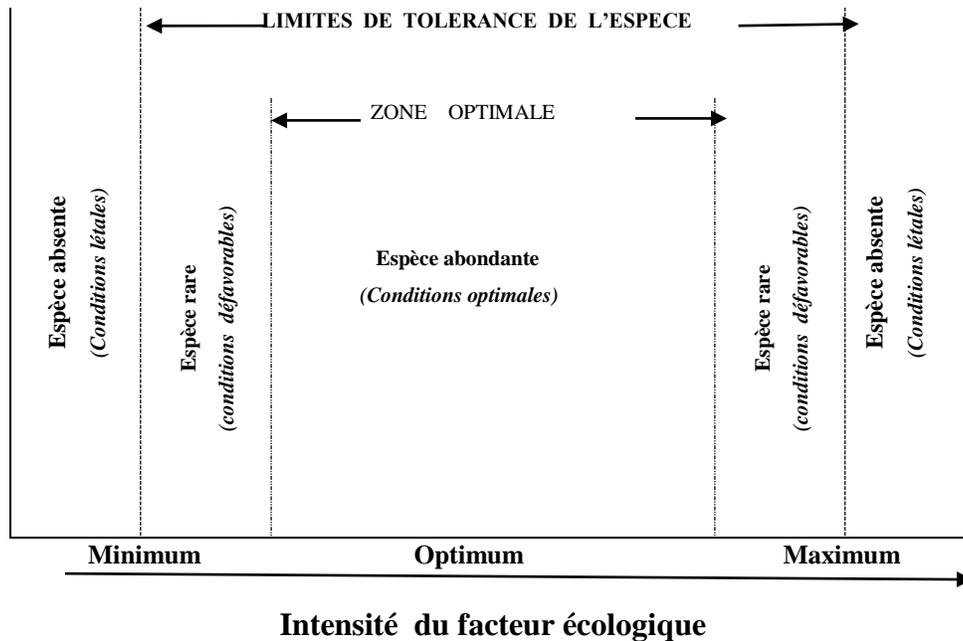
=====

Aussi, tous les facteurs écologiques, à un moment ou un autre, sans aucune exception, sont susceptibles de se comporter comme des facteurs limitant, quand leurs valeurs sont critiques : trop faibles et donc insuffisantes ou bien trop élevées et donc toxiques.

#### B -Tolérance & Amplitude écologique

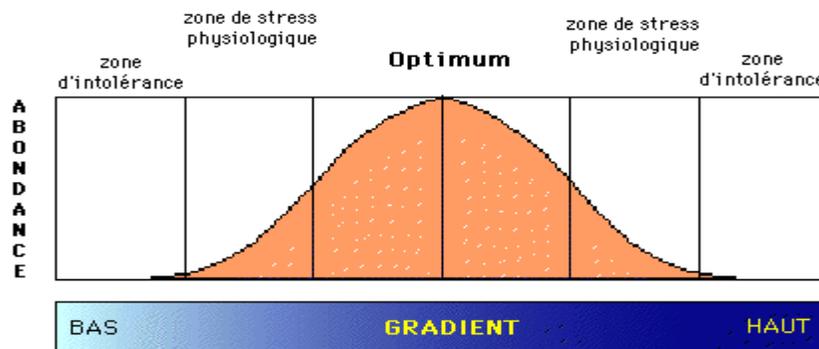
##### ➤ Loi de tolérance (ou loi de Shelford)

Toute unité biologique (individu, espèce, groupement....) présente pour la plupart des facteurs du milieu : une valeur minimale, exigée pour son développement ; une valeur maximale au delà de laquelle, elle disparaît ; Ces deux valeurs, sont appelées, respectivement **limite inférieure** et **supérieure de tolérance**.



### ➤ Amplitude écologique

**Distribution théorique des individus d'une espèce en fonction d'un gradient écologique**



En reportant sur un système d'axes, en abscisses, l'intensité d'un facteur « température, par exemple » et en ordonnées, la performance de l'espèce « biomasse, effectif, activité... » ; On trace une courbe à allure parabolique, délimitée par les deux limites, inférieure et supérieure. L'étendue de l'intervalle entre ces deux limites renseigne sur **la tolérance** de l'espèce en question, pour le facteur considéré et constitue son **amplitude écologique** qui représente le potentiel permettant à une espèce d'exploiter le milieu et supporter les variations environnementales.

Plus l'étendue de la courbe est large, plus l'espèce est tolérante « supporte une grande variation du facteur ». On appelle **optimum**, la valeur du facteur au niveau de laquelle, l'espèce est la plus performante (activité maximale, croissance ou production maximales ...).

Les espèces à large amplitude sont dites euryoeciques (Eurybiotes) tandis que les espèces à faible amplitude sont sténooeciques (Sténobiotes)

L 'amplitude varie d'une espèce à l'autre, et pour la même espèce, d'un facteur à l'autre.

Pour caractériser un organisme, on utilise les suffixes : **phyte** et parfois **bie** (xérophyte ; aérobie) ; Si un organisme n'a aucune tolérance ou résistance pour un facteur- toxique même à faible dose - on le caractérise par le suffixe : **fuge** ou **phobe** (calcifuge ; hydrophobe).

### ➤ Valence écologique

La valence écologique se définit comme la possibilité pour une espèce végétale ou animale de coloniser des milieux différents.

✚ Une espèce à forte valence écologique est capable de peupler des milieux très différents et donc peut supporter des variations importantes de l'intensité des facteurs écologiques. Elle est dite euryèce : espèce peu spécialisée par exemple dans ses choix alimentaires, les territoires qu'elle occupe, ses exigences...

✚ Une espèce qui occupe tous les milieux est dite **ubiquiste**.

✚ Une espèce à faible valence écologique (*sténoèce* ) est dite spécialisée et occupe un sinon très peu de milieux et aussi ne pourra supporter que des variations limitées des facteurs écologiques.

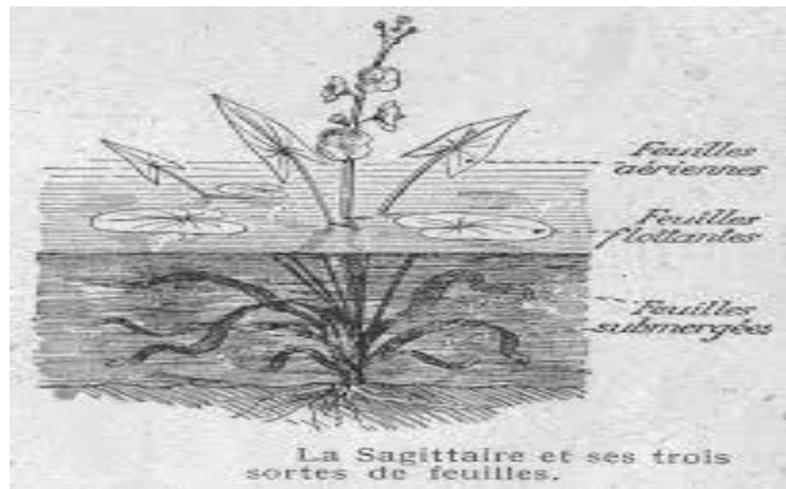
### Exemple de quelques adjectifs utilisés

Facteur	Faible tolérance	Forte tolérance
Température	sténotherme	Eurytherme
Eau	sténohydre	Euryhydre
Humidité atmosphérique	sténohygre	Euryhygre
Salinité	sténohaline	Euryhaline
Nourriture	sténophage	Euryphage « omnivore »
Eclairement	sténophote	Euryphote
Nombre d'hôtes parasités	Sténoxène	Euryxène
pH	sténoionique	Euryionique

### III-3 Adaptation aux facteurs de l'environnement

✚ L'**accommodation** est la transformation chez certains individus ou populations de certaines caractéristiques extérieures (phénotype) en réponse à suite à des facteurs du milieu, sans transmission héréditaire **Exemples:**

- forme isolée et forme forestière d'un arbre;
- la sagittaire (*Sagittaria sagittifolia*), en milieu aquatique, développe 3 types de feuilles « photo jointe ». En milieu terrestre, seul le type de feuilles aériennes apparaît (feuilles en fer de lance)



✚ L'**adaptation** : changement irréversible en réponse à un facteur externe; les adaptations se transmettent d'une génération à l'autre ; les individus adaptés sont appelés écotypes. Si l'adaptation s'accompagne de changement morphologiques, on parle de variétés sinon, on parle de races (climatiques, édaphiques, caryotypiques, chémotypes...)

#### **Exemples :**

- genévrier nain en haute altitude / genévrier élancé en plaine

NB : L'étape suivante après la différenciation des écotypes est la différenciation des espèces ; en effet,

Ecotypes + sélection naturelle  $\longrightarrow$  nouvelles espèces (spéciation)

✚ La **convergence écologique** est un cas particulier d'adaptation ; ici, plusieurs individus appartenant à des espèces, genres ou familles différentes ont la même morphologie en réponse à un même facteur externe.

### Exemples :

- Xérophytes épineux « forme en coussinet » vivant en haute montagne méditerranéenne
- Euphorbes cactéoïdes (*Euphorbia resinifera* ; *E. anoplia*)



*E. resinifera*



*E. anoplia*

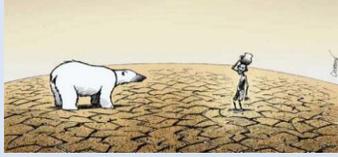
### ✚ Endémisme

L'endémisme désigne la tendance des plantes et des animaux à être naturellement confinés dans une région particulière. On peut envisager l'endémisme à plusieurs niveaux géographiques : une chaîne de montagnes, un lac, une île, un pays ou même un continent. Le terme est souvent utilisé au niveau de l'espèce mais il peut également s'appliquer aux sous-espèces, genres, familles ou autres groupes taxonomiques ; L'endémisme est préservé par des « barrières » qui s'opposent à la migration des espèces concernées. Plus longtemps une région est restée isolée, plus sa proportion d'espèces endémiques ne sera élevée. L'endémisme a deux origines principales :

- l'apparition de nouvelles espèces « spéciation » liée à l'isolement géographique. Ce sont les espèces « néo-endémiques »
- Une espèce peut devenir endémique sur une aire géographique restreinte si elle a disparu partout ailleurs sur son ancienne aire de répartition. Ce sont les paléoendémiques »

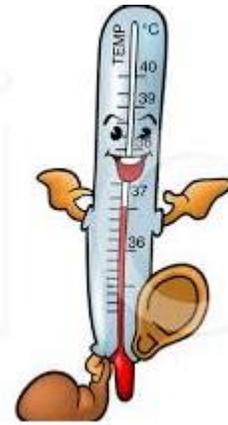
✚ On dit d'un taxon qu'il est **vicariant** d'un autre lorsqu'on le trouve dans un habitat naturel similaire mais séparé géographiquement et qu'il occupe un rôle écologique similaire.

**Ex :** le chêne tauzin (*Quercus pyrenaica*) au Maroc et *Quercus afares* en Algérie existent au niveau de la même tranche altitudinale, sur sol siliceux.



# FACTEURS CLIMATIQUES

## I// LA TEMPERATURE



La température, facteur fondamental, contrôle directement la respiration, la photosynthèse... et conditionne, pour l'essentiel, la répartition des espèces et des communautés en raison de ses importantes fluctuations, latitudinale, altitudinale et saisonnière.

Ce facteur de première importance, peut être repéré par sa moyenne annuelle –**T** en °C- ou la moyenne du mois le plus froid- **m** en °C « le minima »- ou le plus chaud- **M** en °C « de le maxima »- ou encore par le nombre de jours sans gelée.

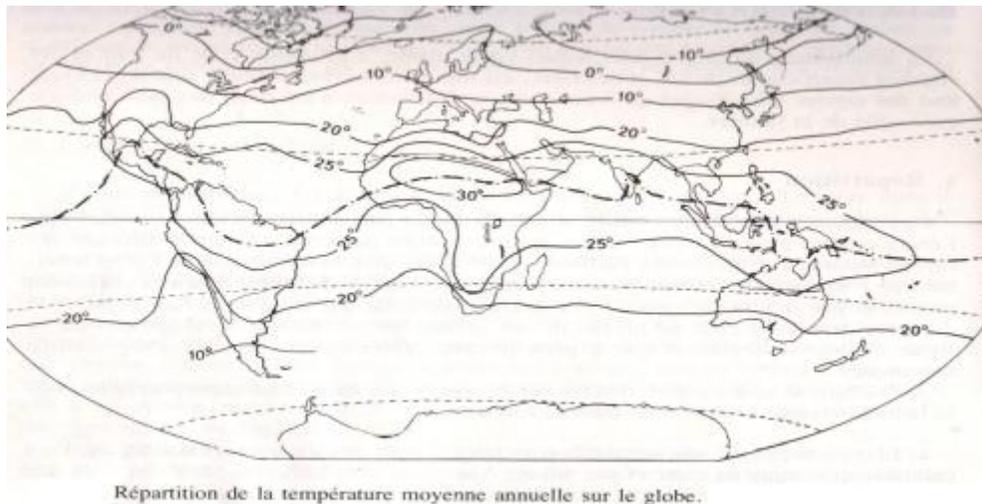
Aussi, la température atmosphérique moyenne en hémisphère nord, à 0 mètres d'altitude est d'environ 13 °C .Les valeurs extrêmes enregistrées à 0 m sont de +58° C dans les déserts de *Libye et du Mexique* et - 78°C en *Sibérie*, et même plus en antarctique.

### A/ Importantes variations de la température

#### ➤ Avec la latitude

En allant de l'équateur vers les pôles, la température diminue progressivement [**Figure T1**] à raison de 0.6°C /degré latitude ou parallèle ; c'est le gradient thermique latitudinal ; ainsi, la température moyenne annuelle, de 26.3°C à l'équateur, n'est plus que de 14°C à latitude

40° nord.



**Figure T1**

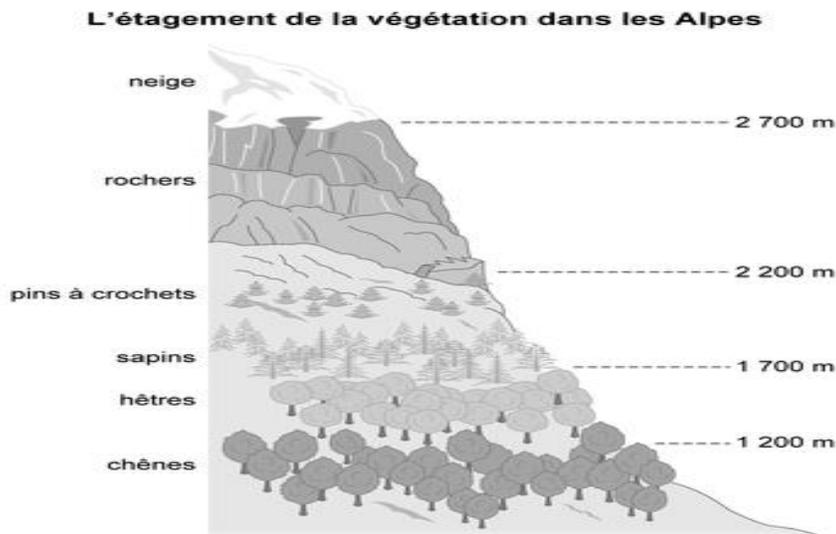
La conséquence majeure en est la délimitation à l'échelle continentale, de zones climatiques disposées plus ou moins parallèlement à l'équateur (on parle aussi de climats généraux et macroclimats) : ce phénomène est **la zonation thermique latitudinale** qui résulte en **une zonation végétale latitudinale** « Les biomes » [Tableau T1]

**Tableau T1:**

Parallèles	Zone thermique	Zone végétale = Macroclimax « type humide »
	Subarctique	Toundra « tapis de mousses et lichens »
55-70	Boréale	Forêts de conifères « Taïga de Sibérie »
40-55	Némorale	Forêts caducifoliées « chute des feuilles en hiver à cause du froid
30-40	Transition	
	*Méditerranéenne	Forêts sclérophylles « F. petites persistantes
	*Subtropicale	Forêts laurifoliées « F. larges persistantes »
10-30	Tropicale	Forêts tropicales « arbres épineux perdant les feuilles en saison estivale à cause de la sécheresse »
0-10	Equatoriale	Forêts pluviales « Feuillus sempervirents »

### ➤ Avec l'altitude

La température diminue graduellement avec l'augmentation de l'altitude (**gradient thermique altitudinal de 0.5°C / élévation de 100 mètres**) ; cela résulte en un **étagement végétal** général à toutes les montagnes du globe. [ **Figure T2**].



**Figure T2 : Etagement dans les Pyrénées**

### ➤ Variations dans le temps

Il y a des variations entre le jour et la nuit et entre les saisons- différence entre la moyenne du mois le plus chaud et celle du mois le plus froid - on parle respectivement d'**amplitude thermique diurne et saisonnière**. La différence saisonnière la plus importante est observée en zone polaire: + 15° à - 70°C; Celle journalière extrême: dans les déserts : + 50°C le jour, - 10°C la nuit.

### ➤ Variations locales

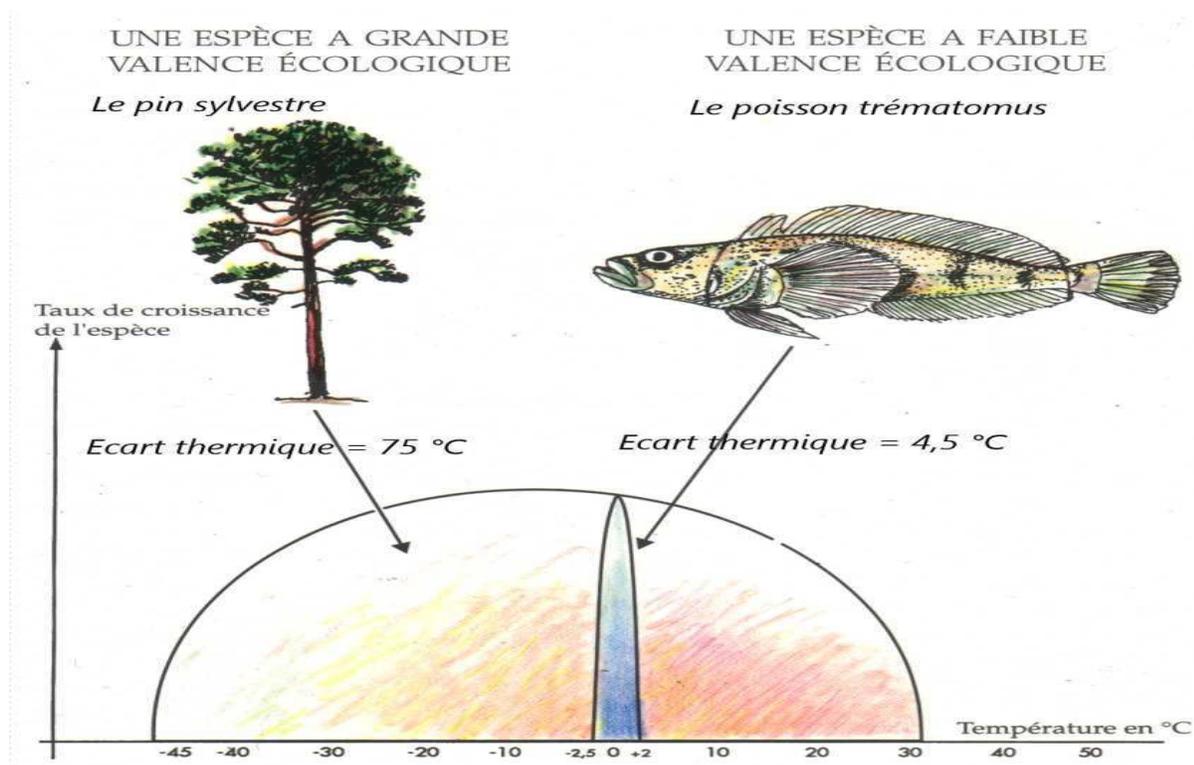
A côté des variations thermiques générales, il y a celles très limitées, liées par exemple à une différence d'**exposition entre les deux flancs d'une montagne** (facteurs topographiques).

## B-Réponses des organismes aux variations thermiques

### ➤ Conséquences spatio- temporelles

Toute espèce a ses propres exigences physiologiques vis-à-vis de la température; il en résulte des conséquences sur sa répartition en latitudes, altitudes, selon les saisons...etc.

Aussi, pour chaque espèce, il y a deux paramètres: l'intervalle de tolérance (délimité par une température minimale et une maximale) et le préférendum thermique " optimum" [Figure T3]. On distingue des sténothermes chaudes, froides - développées entre deux températures assez voisines-, et les eurythermes à large intervalle de tolérance; Globalement, les sténothermes chauds se localisent en pays chauds, en basse altitude (plaines) et sur versants exposés au soleil. Les eurythermes se localisent sous différents climats thermiques et ont une vaste distribution.



**Figure T3 : Exemples d'Eurytherme et de sténotherme**

## C-Actions de la température sur des processus biologiques

La température agit sur les fonctions vitales de la plante et sur la rapidité des processus biologiques. Une activité métabolique normale se déroule dans un intervalle de température de 0 à 50°C. Cependant il existe des exceptions : des espèces de bactéries qui vivent dans les eaux thermales à 90°C voire même des cyanobactéries à 110°C.

En deçà de 0°C, les cellules gèlent et se rompent et au-delà de 50°C, les protéines se dénaturent. À l'intérieur de cet intervalle, les réactions chimiques cellulaires sont possibles ; elles s'accroissent avec l'augmentation de température (la loi de *Van't Hoff* : « vitesse des réactions chimiques doublée pour toute augmentation de 10°C de la température ambiante » "[Figure T4].

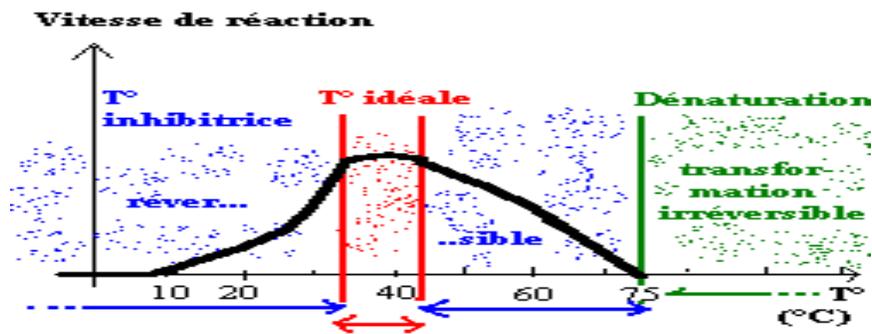
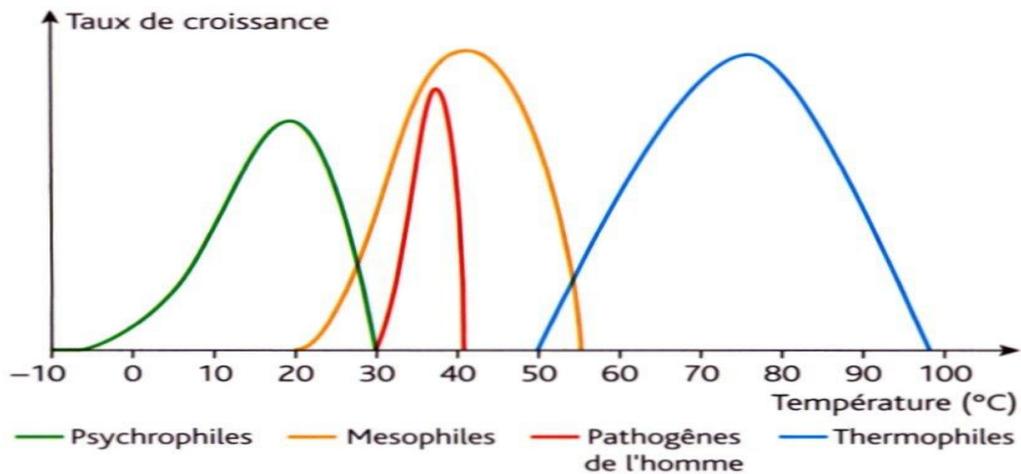
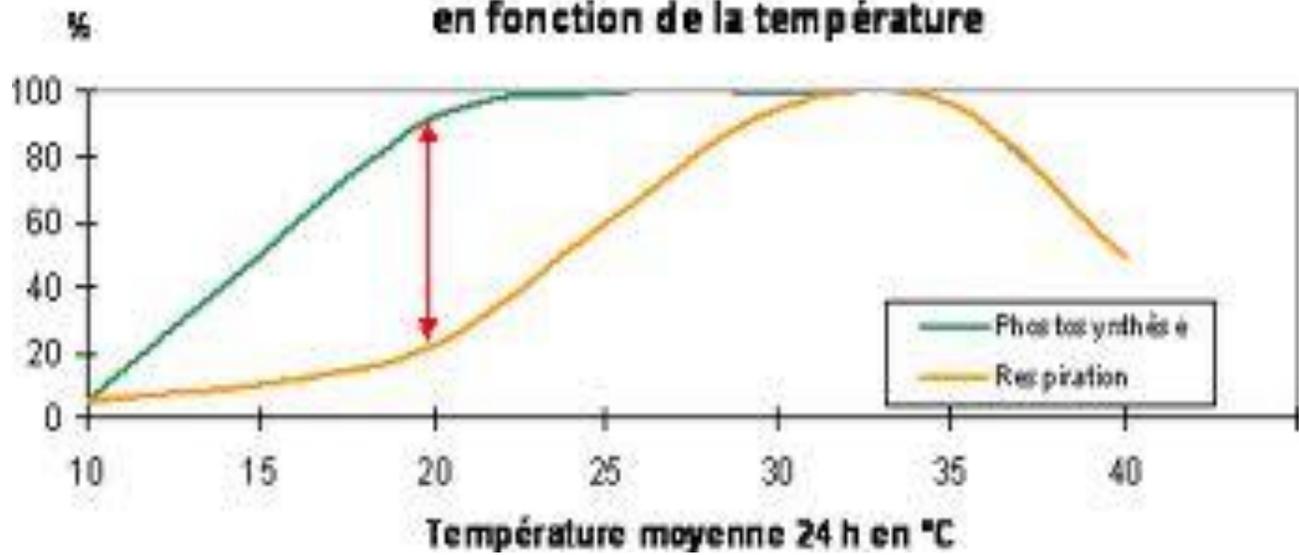


Figure T4

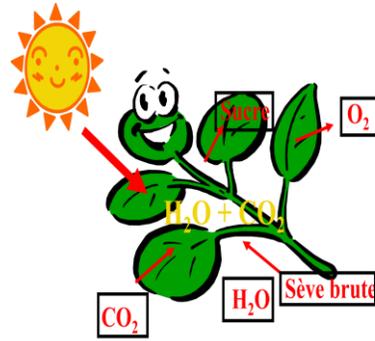


Pour réflexion

**Photosynthèse et respiration de la tomate en fonction de la température**



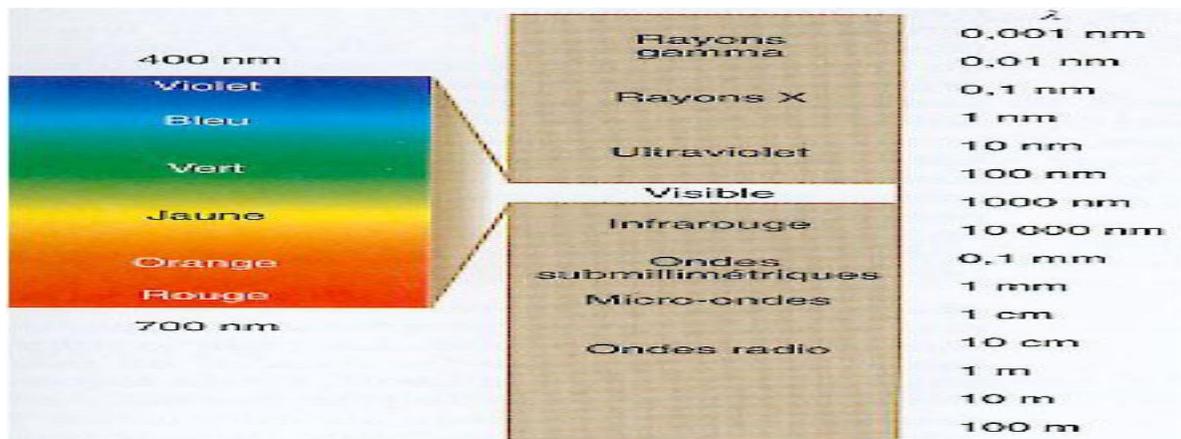
Sciences Hachette 2011, p. 127



## II// La lumière

Trait d'union entre le soleil et la biosphère, la lumière véhicule et transmet l'énergie solaire aux organismes qui pourront l'utiliser pour la synthèse de la biomasse ; C'est aussi l'origine ultime de l'échauffement du milieu afin qu'il puisse abriter la vie animale et humaine.

Les rayons solaires consistent en un ensemble d'ondes électromagnétiques à longueur variable mais dont 99 % de l'énergie est acheminée par des ondes à longueur comprise entre 0.2 et 4 microns. **La lumière blanche « 0.38 um – 0.72 um »** étant celle **visible à l'œil humain et également celle exploitée par la plupart des plantes** représente 42 % du spectre lumineux.



Les principaux effets écophysiologiques et biogéographiques de la lumière sont dues à la variation de trois composantes :

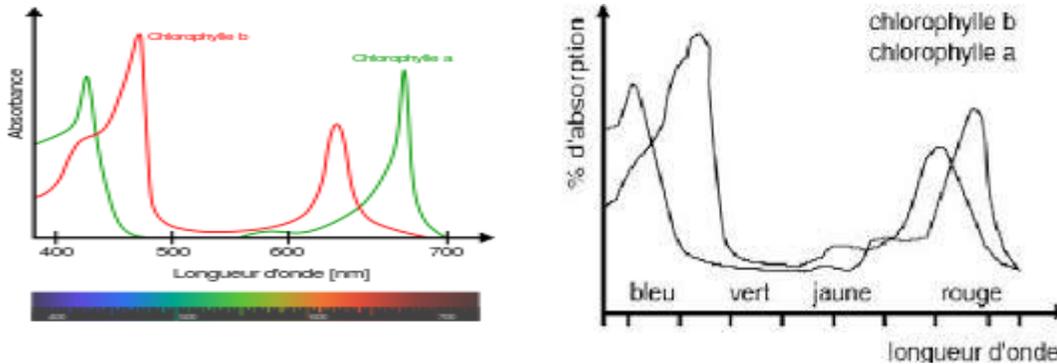
- **l'intensité** " contenu énergétique : quantité " exprimé en calories par m<sup>2</sup> ou cm<sup>2</sup> (la constante solaire est de 2calories/cm<sup>2</sup>/mn) et en flux lumineux, en lux/heure ou mn).
- **la longueur d'ondes**: " composition spectrale: qualité "
- **l'alternance des périodes d'éclairement et d'obscurité**: Photopériode =nombre d'heure de lumière par jour .

## A-Effets de l'intensité lumineuse

### ➤ La photosynthèse

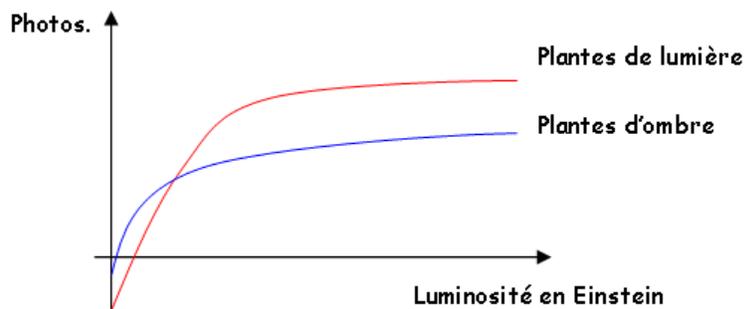
La plupart des plantes et des bactéries autotrophes sont photosynthétiques. L'énergie d'origine lumineuse, captée par les pigments chlorophylliens(en particulier, la chlorophylle **a**) [Figure L1] est transformée en énergie chimique (molécules organiques synthétisées, biomasse).

**Des 42 % visibles, 21 % est utilisable pour la photosynthèse.**



**Figure L1**

L'activité photosynthétique d'une plante est proportionnelle à l'intensité lumineuse, jusqu'à un maximum de production primaire, pour un optimum de lumière (variable selon les espèces et leurs adaptations aux conditions d'illumination) [Figure L3] au-delà duquel, on a une décroissance par photo-inhibition (destruction de certaines enzymes ; altération de la chlorophylle).

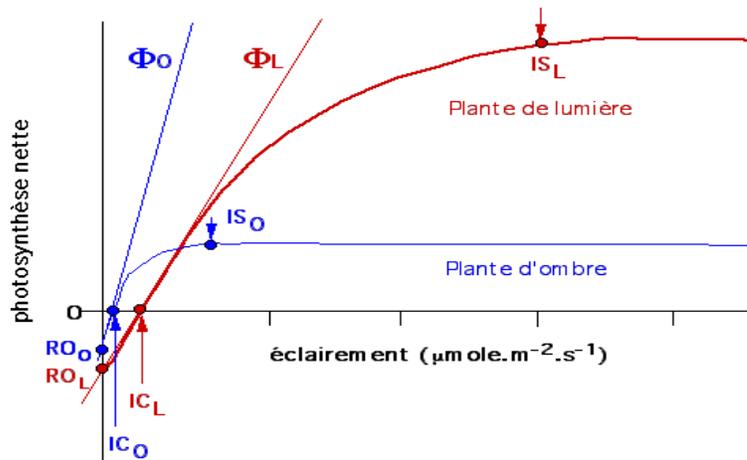


**Figure L2**

### ➤ Adaptation à l'intensité lumineuse

L'intensité régit la répartition géographique et la localisation stationnelle des espèces; selon, l'optimum d'intensité, les espèces se classent le long d'un gradient d'exigences et se répartissent dans la nature selon leur optimum d'intensité lumineuse :**Héliophiles/ Sciaphytes**

[Figure L2].



**Figure L3 :**

- 1) partie linéaire de pente équivalente à  $\Phi$  ( mesure le rendement de l'absorption des photons = rendement quantique foliaire).
- 2) un plateau obtenu pour des valeurs d'éclairement plus ou moins élevées (**IS = éclairement saturant ou optimal**). Au-delà, la capacité d'absorption des photons dépasse la capacité de leur utilisation. Les réactions d'assimilation du  $\text{CO}_2$  deviennent limitantes et la photosynthèse présente une intensité maximale.
- 3) Il existe une valeur de l'éclairement pour laquelle la Photosynthèse nette (Pn) est nulle : la photosynthèse compense juste la respiration. Cette valeur est appelée **point de compensation** pour la lumière (**IC**).
- 4) Quand on compare le comportement de ces deux types de plantes on constate que :
  - $IC_O$  (ombre) est inférieure à  $IC_L$  (lumière) ;  $IS_O$  (ombre) est inférieure à  $IS_L$  (lumière)
  - $\Phi_O$  (ombre) est supérieure à  $\Phi_L$  (lumière)

Les sciaphytes ont un métabolisme lent « taux de respiration faible », présentent une intensité photosynthétique optimale et une intensité de compensation plus faible, mais une efficacité dans l'absorption des photons plus élevée. Inversement, les plantes de lumière sont moins efficaces dans la capture des photons mais fixent davantage de  $\text{CO}_2$  et ont une biochimie active .

**Exemples d'adaptations à l'ombre :** La face inférieure rouge des feuilles de certaines espèces est riche en pigments qui réfléchissent la lumière vers l'intérieur de la feuille. Chez d'autres espèces, la face supérieure des feuilles est comme recouverte de petites loupes qui concentrent la lumière très utile à la plante. D'autres plantes poussent en hélice ce qui permet d'exposer toute les feuilles à la lumière. Chez d'autres plantes, l'adaptation consiste à pousser hors du sol, accrochées aux branches des plus grands arbres. On dit alors que ce sont des plantes épiphytes.

**Remarques:**

❖ Aucune plante supérieure ne peut réellement se développer en deçà du 1% d'éclairement au sol ; Seules quelques mousses y réussissent, avec un record pour des algues rouges se contentant de quelques Lux grâce à des pigments particuliers « les phycoérytrines » leur permettant d'utiliser le bleu-vert qui parvient en profondeurs.

❖ Dans une forêt, la stratification aérienne des végétaux traduit un gradient d'intensité lumineuse, décroissant: la strate supérieure arborescente est composée d'héliophiles par opposition aux espèces en sous-bois qui sont de plus en plus sciaphiles. On appelle **éclairage relatif**, le rapport en pourcentage entre éclairage incident et celui transmis sous couvert végétal.

### **B-Effets de la durée d'éclairage « la photopériode »**

La photopériode croît de l'Équateur vers les Pôles. À l'Équateur, les jours sont rigoureusement égaux aux nuits (La photopériode est constante "12 heures"), pendant toute l'année.

Aux Tropiques, l'inégalité reste faible et pratiquement sans influence. Au-delà du cercle polaire, nuits et jours dépassent les 24h, pour atteindre 6 mois de jours et 6 mois de nuit aux Pôles mêmes (le jour dure tous les mois de l'été; le noir domine ceux d'hiver).

Le photopériodisme (L'alternance de la lumière et de l'obscurité, du jour et de la nuit et la proportion de l'un et de l'autre) joue un rôle essentiel pour les plantes: il influence leur germination, l'entrée en dormance et la reprise d'activité de l'apex des rameaux, la croissance, la chute automnale des feuilles chez les arbres caducifoliés et surtout la floraison.

On distingue ainsi, trois catégories de plantes:

- ✚ **Les végétaux de jours courts « nyctipériodiques »**: ils ne fleuriront que si la photopériode au moment de l'éclosion des bourgeons est <8h d'éclairage (Tabac;Chrysanthème ; Houx.
  
- ✚ **Les végétaux de jours longs «Hémériopériodiques »**: qui ont besoin pour fleurir d'une photopériode >8h d'éclairage. Céréales de printemps ; Betterave, Epinard.....
  
- ✚ Les indifférents « **Photoaériodiques** »: la durée d'éclairage ne joue aucun rôle dans la floraison: la plupart des plantes tropicales.

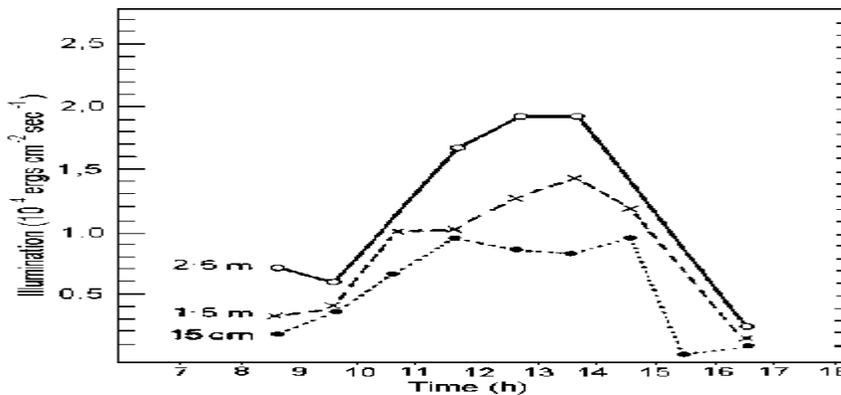
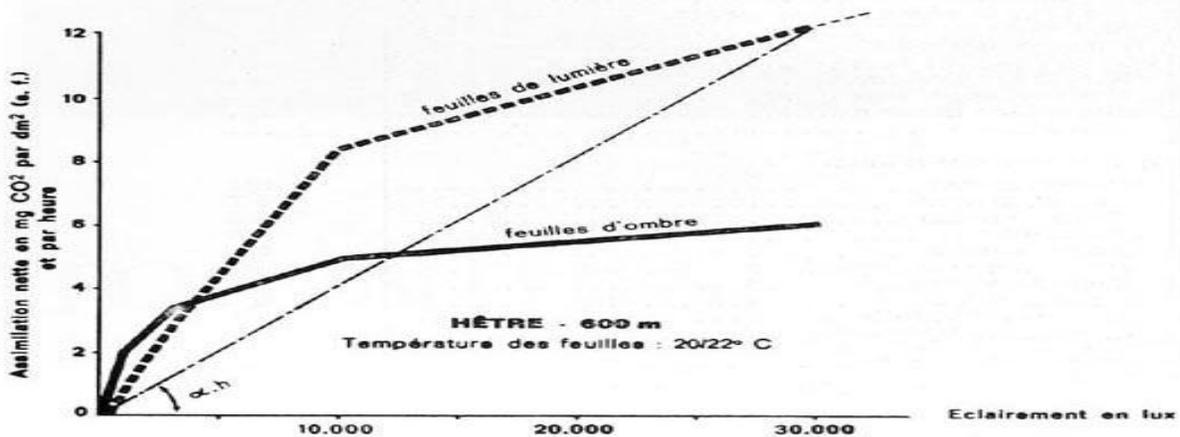
## C- Effets de la longueur d'ondes

Les effets de la longueur d'ondes se font surtout sentir en milieu aquatique, où l'infrarouge est absorbé en quelques centimètres, l'ultraviolet en quelques micromètres ; Seul le visible pénètre profondément dans l'eau: Le rouge est, comme l'infrarouge, très vite absorbé (il n'y en a plus que 1 % à 5 m en eau pure) ; Il y a une filtration des radiations de fortes longueurs d'onde « rouge » par le phytoplancton alors qu'en profondeur la lumière est progressivement enrichie en bleu et violet, puis domine le vert. Cette modification spectrale résulte en un étagement des espèces algales, essentiellement, en fonction de la profondeur.

\*\*\*\*\*



### Pour réflexion

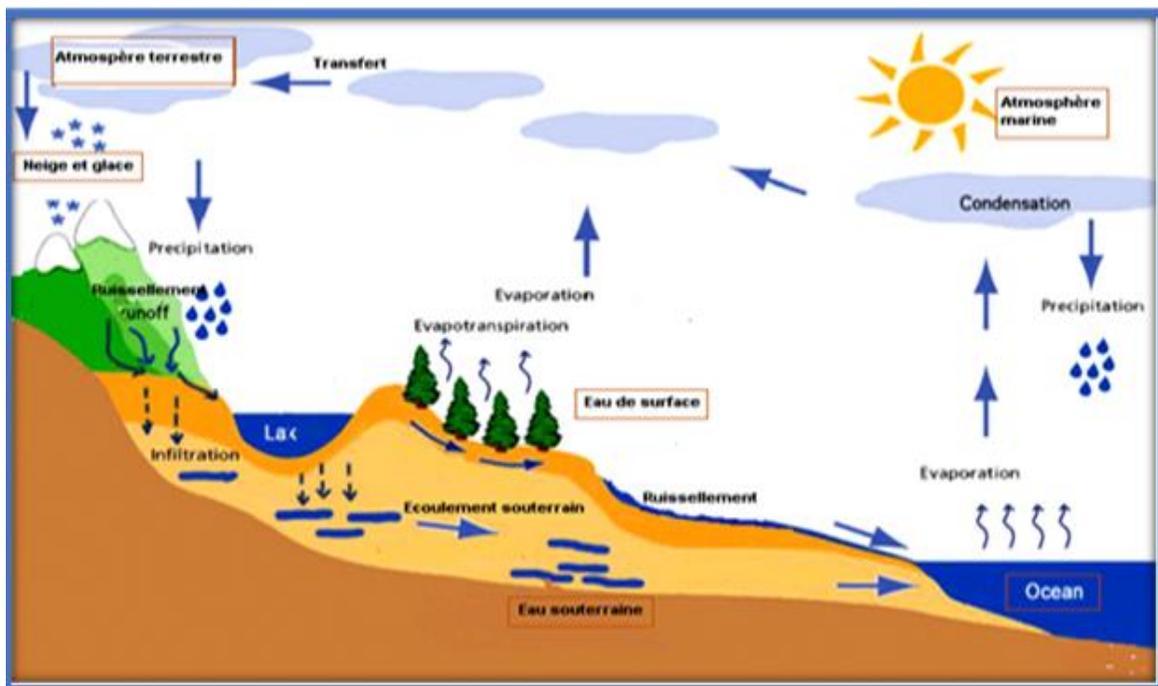




### III// L'Eau dans les écosystèmes terrestres

Dans l'intervalle des températures compatibles avec la vie, l'eau se rencontre sous les trois phases: **Solide**: glace et neige ; **Liquide**: eau libre (écosystèmes aquatiques : lacs, mers); gouttelettes en suspension dans les nuages, brouillards; eau dans le sol ; dans la biomasse (eau de constitution) ; **Gazeuse** : « vapeur : humidité de l'air ».

Le **cycle de l'eau** [Figure E1] est un parcours entre les grands réservoirs d'eau liquide, solide ou de vapeur d'eau sur Terre : les océans, , les lacs, les cours d'eau, les nappes d'eaux souterraines, les glaciers et l'atmosphère. Le « moteur » de ce cycle est l'énergie solaire qui, en favorisant l'**évaporation** de l'eau, entraîne tous les autres processus et échanges (Condensation, précipitation, infiltration, écoulement...).



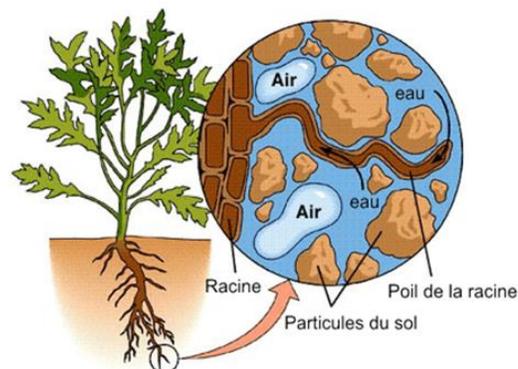
**Figure E1**

A la surface de notre planète, non seulement l'eau fait partie de tous les milieux de vie, mais aussi constitue une proportion importante des tissus de beaucoup d'espèces en état de vie active, le plus souvent entre 65 et 80% chez les végétaux terrestres et 75% chez les animaux terrestres.



D'autre part, la quantité d'eau traversant une plante au cours d'une saison végétative est plusieurs fois égale à son poids ; Autrement dit, l'eau se renouvelle un certain nombre de fois. Cette eau sert de **matrice aqueuse** pour les substances, **de soutien** dans les tissus non ligneux (rigidité grâce à la pression de turgescence) : c'est donc une eau de constitution. Le reste sert au **transit des sèves** brute et élaborée; au **refroidissement** (l'évaporation refroidit la plante et évite son sur-échauffement) et participe au **métabolisme** (hydrolyses, photolyses ....). Les écosystèmes ne fonctionnent que grâce à l'eau qui les traverse en permanence. De toute l'eau absorbée, par la plante, 1 % à 1%° sert à édifier la biomasse, le reste sert uniquement au transit des éléments dissous. Les pertes par évapotranspiration sont de 97 à 99 % de l'eau qu'une plante a absorbée.

Chez les plantes terrestres, la pénétration se fait essentiellement par absorption racinaire de l'eau liquide (succion racinaire de l'eau du sol, grâce à un gradient de pression osmotique existant entre le sol « pression faible » et les feuilles « pression élevée » **[Figure E2]**.



**Figure E2**

Les pertes (vapeur) se font par transpiration via les stomates et évaporation via les cuticules ou directement de la surface foliaire ; Ces pertes dépendent de la température, du vent " facteurs externes" et des plantes (largeur du limbe; nombre de stomates...).

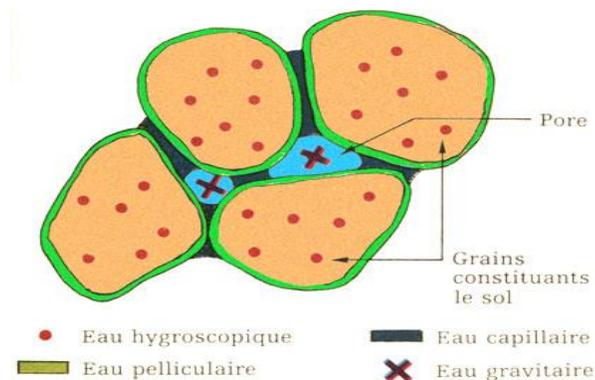
Par ailleurs, dans le sol, l'eau est liquide et s'y trouve sous trois formes [**Figure E3**]:

✚ **gravitaire libre** ; cette eau remplit les macroporosités du sol. Les forces qui lient cette eau aux minéraux du sol sont trop faibles pour s'opposer à l'action de la pesanteur et cette eau va donc s'infiltrer et percoler jusqu'à ce qu'elle rencontre un niveau de roches plus imperméables. Là, l'eau va s'accumuler en saturant le niveau de roches sus-jacent et constitue un aquifère (on parle de nappe phréatique quand l'aquifère est suffisamment proche de la surface pour être accessible par le creusement de puits). Cette fraction de l'eau est appelée : **réserve hydrologique du sol**.

✚ **capillaire interstitielle** ; Cette eau constitue des films dans les microporosités du sol ; les forces qui la lient sont inférieures à 12 atmosphères et donc les plantes peuvent mobiliser cette eau au niveau de leurs racines. Naturellement, cette eau peut être évaporée par contre les forces exercées par la pesanteur sont trop faibles pour la percoler et donc cette eau ne participe pas à l'approvisionnement des nappes souterraines.

✚ **d'imbibition**, soit adsorbée à la surface des grains (pelliculaire) soit absorbée par certains corps, l'argile par exemple (hygroscopique) Les forces qui lient cette fraction de l'eau avec les particules du sol sont supérieures à la force de succion des racines des plantes (12 atmosphères). Cette eau ne peut donc pas être utilisée par les plantes.

✚ **de constitution** C'est l'eau de constitution des minéraux hydratés (telles les argiles : silicates d'alumine **hydratés**) ; Cette fraction de l'eau est totalement indisponible, au moins jusqu'à ce que la roche soit altérée.



**Figure E3**

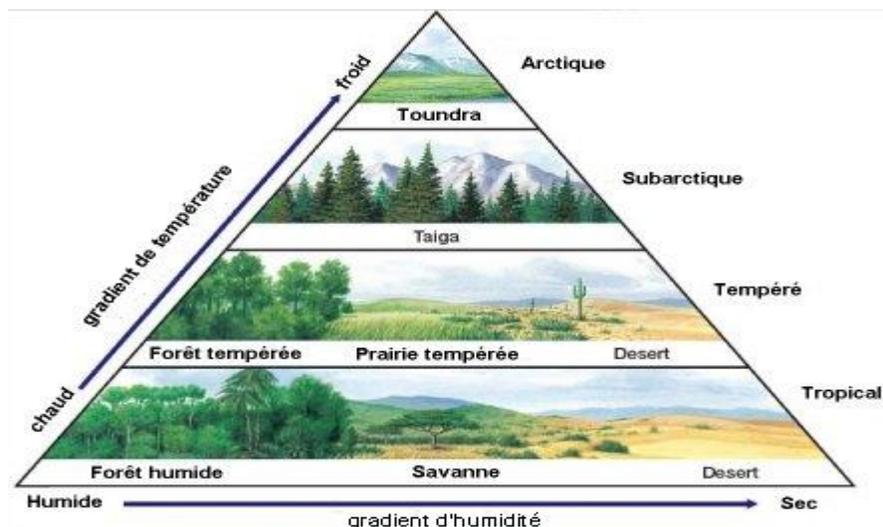
## A-Ecosystèmes terrestres & Problèmes de la sécheresse

La sécheresse est un facteur limitant au moins parce que tous les organismes ont une eau de constitution qu'ils ne doivent pas perdre et que La production primaire des plantes terrestres « Photosynthèse » implique une circulation d'eau à partir du sol et donc, ce dernier ne doit pas être desséché.

Les organismes vivants n'absorbent l'eau que sous sa forme liquide ; donc, la pluviosité plus ou moins importante caractérisant les régions et les saisons est un facteur essentiel de la répartition des espèces terrestres, en particulier les végétaux.

### ➤ **Données biogéographiques**

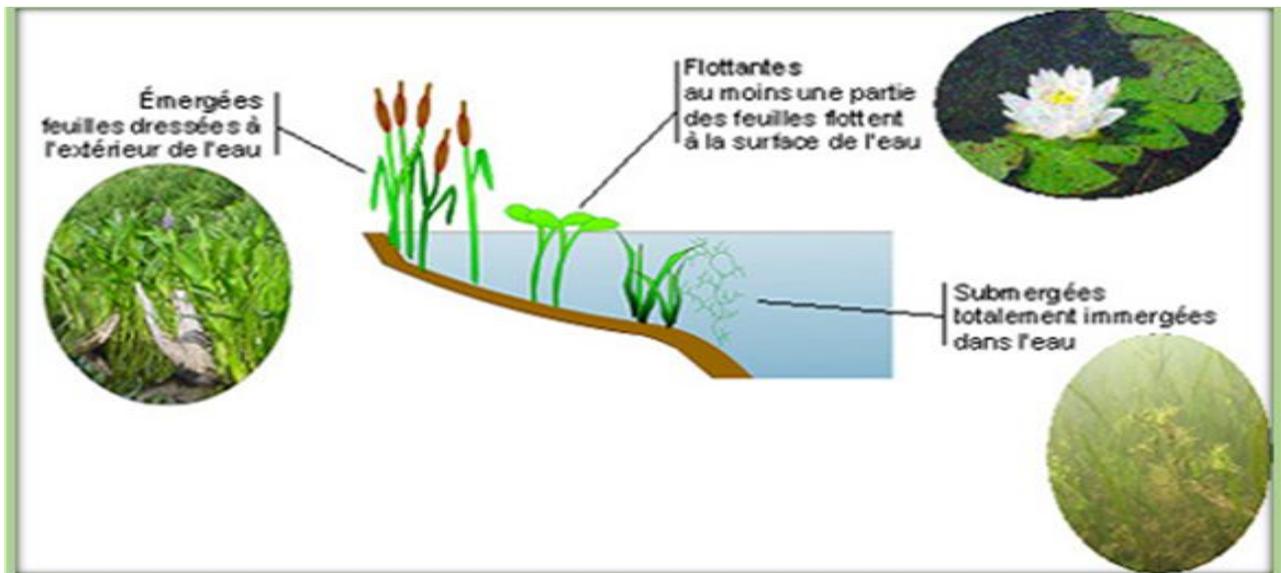
Le volume annuel des précipitations conditionne en grande partie la distribution des biomes : Il existe une nette concordance entre la pluviosité générale et la productivité des grandes biocénoses. A l'échelle générale, le gradient des précipitations décroissant des régions maritimes vers l'intérieur des grandes masses continentales provoque le relai progressif de la forêt, par la savane, la prairie, les semi déserts « les steppes » et les déserts [Figure E4] .



**Figure E4** : Schématisation de la distribution des biomes

➤ De manière générale, la classification adoptée selon les besoins des plantes en eau est la suivante :

- **Hydrophytes: en permanence** dans l'eau: Elodée; Nénuphar (sols marécageux à eau libre superficielle). Les vrais hydrophytes sont les angiospermes qui ont recouvert le milieu aquatique.
- **Hélophytes:** (helos=marécage) plantes semi- aquatiques: à base de la tige supportant l'immersion par l'eau et à racines et rhizomes, ancrés dans la vase (roseau "*Phragmites* ")



**Figure E5**

- **Hygrophytes:** vivent en conditions d'humidité atmosphérique ou édaphique voisines de la saturation ; Ce sont les plantes des milieux très humides: ex : plantes du bord des eaux et des marais " joncs: *Juncus* "; plantes sur les sols argileux, engorgés d'eau et mal drainés (menthe pouliot " fliou ").

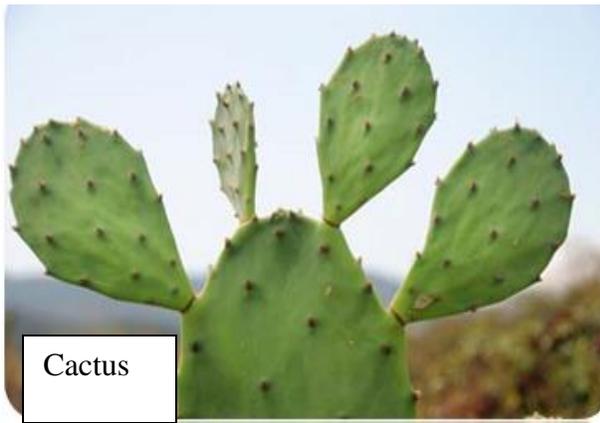


- **Mésophytes:** plantes non spécialisées,

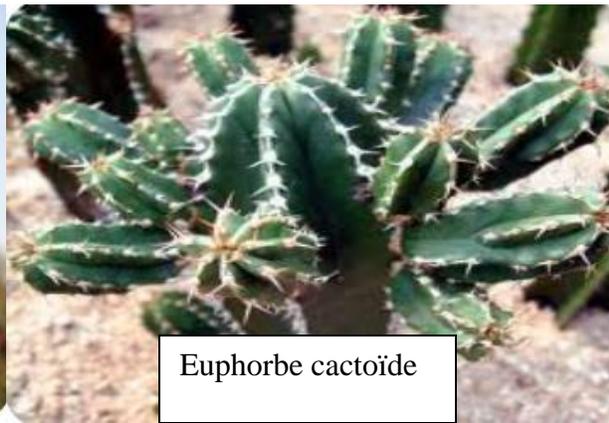
Elles tolèrent des conditions d'humidité **modérées** en eau ou en humidité atmosphérique, (pluies moyennes ou sol frais, conservant l'humidité sans excès, après la pluie (sols argilo- sableux par exemple assez bien drainés) .

- **Xérophytes:** :( Xéros=sec)

Adaptées aux milieux peu approvisionnés en eau (lieux arides et désertiques) ou incapables de l'emmagasiner à cause de la topographie (pente) ou la texture (sable) et se dessèchent rapidement après la pluie et aux longues périodes de sécheresse : " Cactus, Euphorbe cactoïde "



Cactus



Euphorbe cactoïde

Les xérophytes développent plusieurs stratégies d'économie de l'eau et d'évitement de la sécheresse.

### 1-Adaptations morphologiques:

Destinées à chercher l'eau en surface et en profondeur par augmentation du volume et de la masse des racines ; d'autres adaptations tendent à réduire les pertes par les parties aériennes par diminution de la biomasse aérienne, réduction de la taille des limbes et même l'absence de feuilles « aphyllie »

### 2- Adaptations anatomo- histologiques

Destinées également à réduire la transpiration et donc agissent dans le sens d'économie de l'eau : durcissement et épaissement des surfaces foliaires (assises subérisées, présence de cuticules, imprégnation de cirres....).

### 3- Adaptations chimiques:

Dirigées vers l'augmentation de la pression osmotique de la sève; certaines espèces y ajoutent une succulence des tiges et des feuilles " réserve d'eau liée à des mucopolysaccharides " : Cas des Cactées et des Euphorbiacées cactoides.

### 4- Adaptations phénologiques

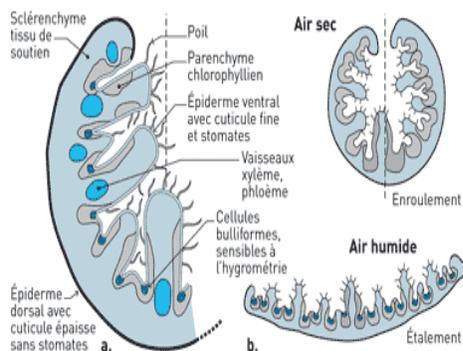
Les plantes ont tendance à faire coïncider le cycle de développement ou la période végétative avec les conditions hydriques: "; Le cas typique est celui des Ephemérothérophytes : Germent, croissent, fleurissent et fructifient en quelques jours, et ce juste après la pluie « Acheb du Sahara »

**Remarque:** Tous ces propos concernent des **stratégies pour éviter la dessiccation**; Il existe cette fois-ci des plantes **supportant la dessiccation** ( jusqu'à 60 à 70 % de perte d'eau ) ; les lichens et les mousses sont qualifiés de **Reviviscents**: se rétrécissent en cas de sécheresse, ( vie latente sous l'effet de l'anhydrobiose ) ; une fois aspergées d'eau, ces plantes reprennent - souvent en quelques minutes -leurs tailles et leurs fonctions physiologiques respectives .

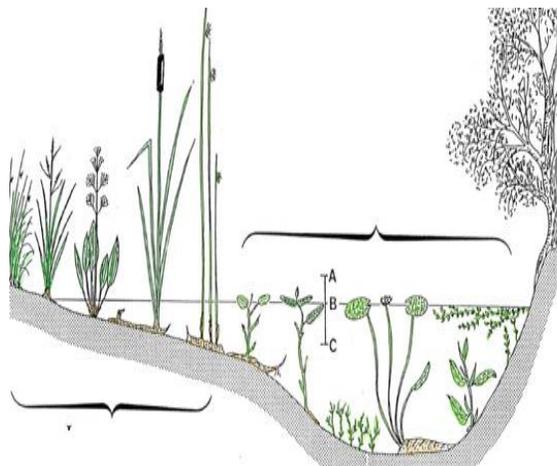
\*\*\*\*\*



### Pour réflexion



Les mouvements des feuilles sont dus à des variations d'hydratation des cellules du tissu bulbiforme. En cas d'humidité, ces cellules se gorgent d'eau et leur volume augmente, entraînant l'ouverture de la feuille. En cas d'air sec, elles se déshydratent et perdent du volume, ce qui entraîne la fermeture de la feuille sur elle-même.





## Facteurs topographiques

La topographie affecte les plantes, à travers ses effets sur des paramètres climatiques (influence sur les précipitations, la température.....) et ses effets sur le sol (variation de la teneur en eau des sols selon la pente, érosion.....).

---

### Principaux paramètres variant avec l'altitude

\* **gradient thermique** : La température de l'air diminue de  $0.5^{\circ}$  à  $0.55^{\circ}$  C / tranche de 100m. La température du sol diminue de  $0.45^{\circ}$  C / tranche de 100 m.

\* **gradient pluviométrique**: précipitations augmente de 50 à 200 mm / 100 m d'élévation jusqu'à l'optimum pluviométrique (2500 m aux Alpes; 2300 à 2600 m aux Atlas (cèdre en difficulté) .

\* **enneigement**: le coefficient de niviosité (% d'eau tombée sous forme de neige) : nul à trop faible en plaines, il atteint 100 % en haute montagne (située en moyenne à 3600 m selon plusieurs auteurs).

\* **vent**: intensité accrue : les vents sont de plus en plus violents en altitude (balayage des crêtes).

\* **brouillard** : important sous climat de montagne.

\* **saison végétative** (nombre de jours consécutifs où les conditions sont favorables pour la croissance des végétaux): en moyenne, on a une diminution de 7 j / 100 m sur flanc nord; 6 j / 100 m sur celui sud.

Exemple: Aux Alpes: la saison favorable est de 100 jours à 2000 m, 58 jours à 2700 m; dans certaines combes à neige, pendant certaines années froides et pluvieuses, la neige s'attarde et les plantes restent en sommeil hivernal: la phase végétative correspond dans ce cas à 0 jours.

---

## A-Topographie et facteurs climatiques

### ➤ Altitude [Voir facteur thermique]

#### ❖ Température

Quand on gravit une montagne, on note progressivement une diminution de la température [Figure Top1]. Cette gradation thermique se traduit par un relai d'espèces de moins en moins thermophiles au fur et à mesure que l'altitude augmente.

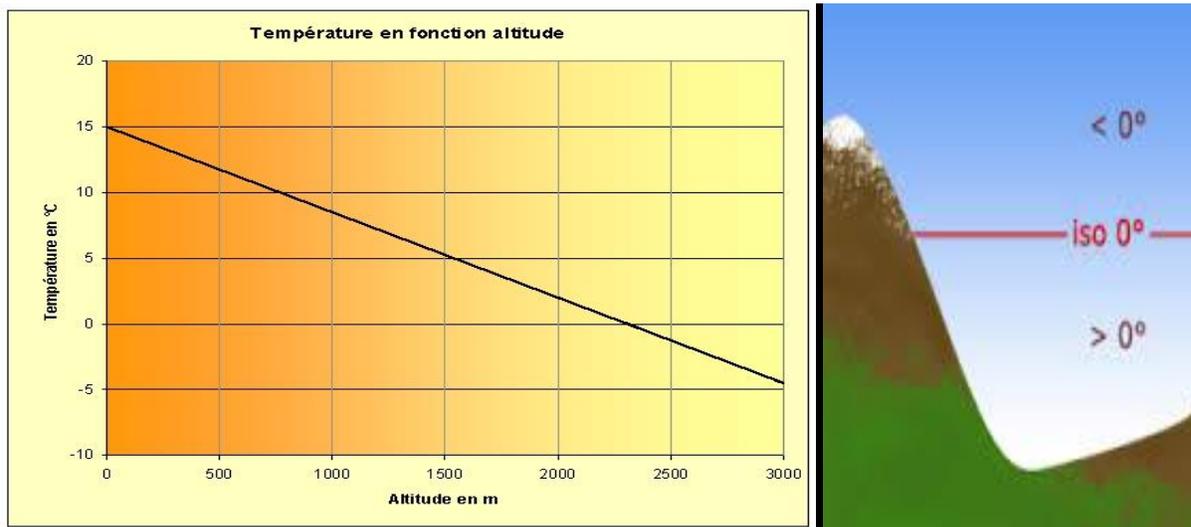
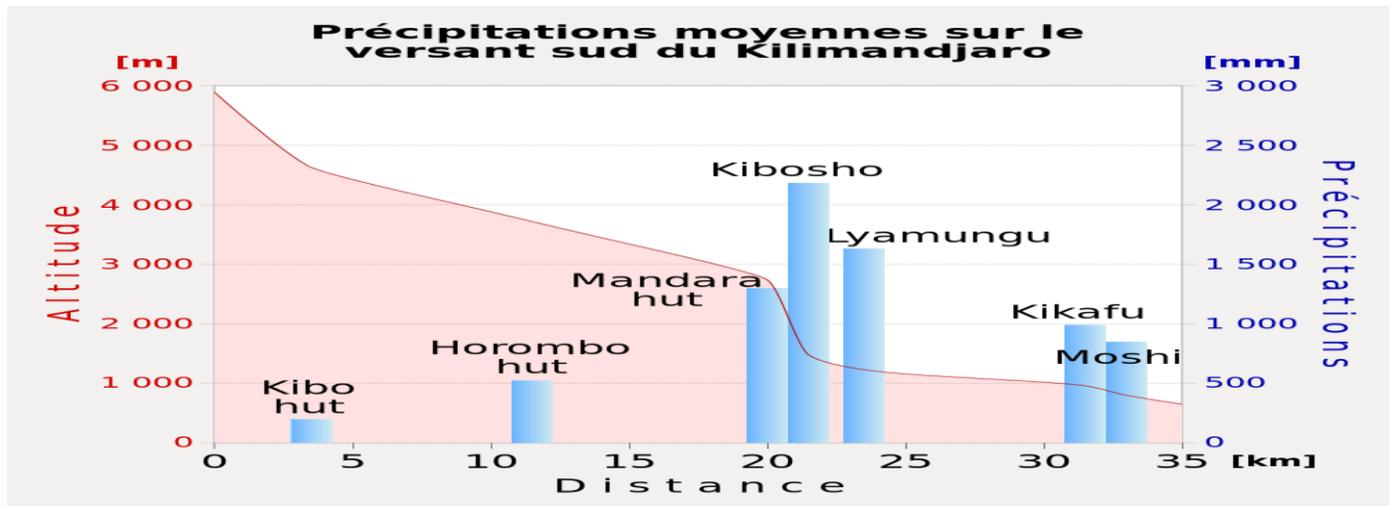


Figure Top1

#### ❖ Conditions hydriques

En général, les montagnes sont plus arrosées que leurs avant-pays; les masses d'air qui s'élèvent le long d'une chaîne se détendent et leur humidité relative augmente; suite au refroidissement, ils atteignent leur point de saturation et la vapeur d'eau se condense donnant naissance à des formations nuageuses: il pleut ou neige.

Les précipitations augmentent avec l'altitude jusqu'à un maximum optimum pluviométrique au-dessus duquel, les précipitations diminuent avec l'altitude [Figure Top2]. La conséquence en est un relai d'espèces de moins en moins xérophiiles jusqu'à l'optimum, au-delà duquel réapparaissent des espèces xérophiiles, cette fois-ci non thermophiles (psychrophiles). [Figure Top3].

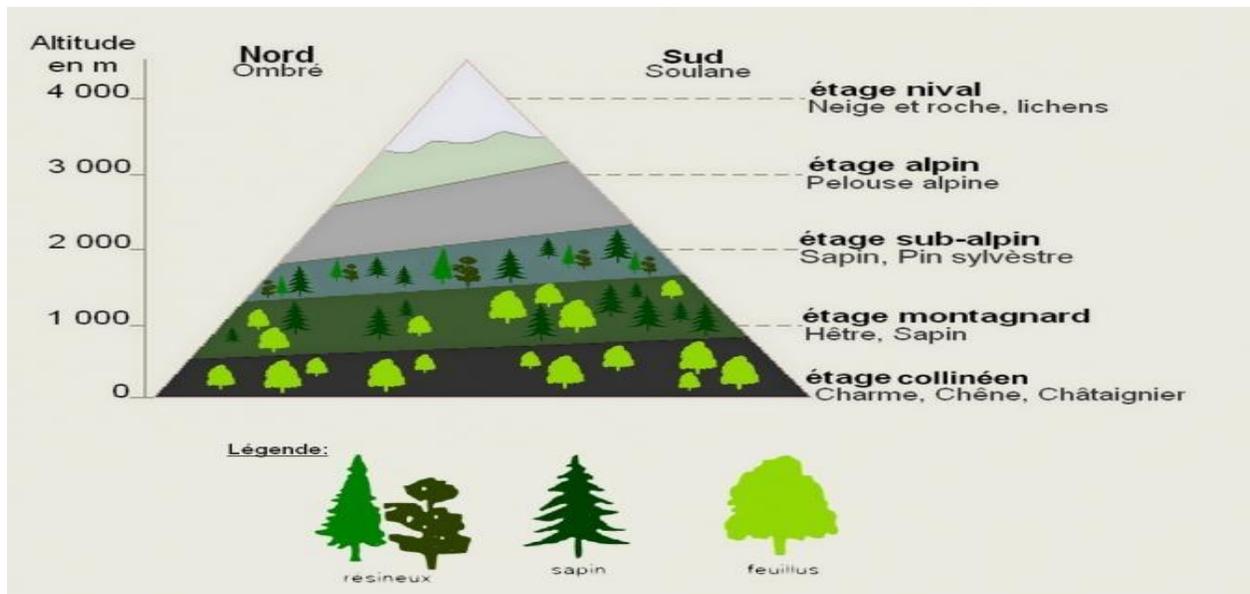


**Figure Top2**

- Sur le versant méridional du Kilimandjaro il tomberait 850 mm de précipitations par an à Moshi à 800 m d'altitude, 992 mm à Kikafu à 960 m d'altitude, 1 663 mm à Lyamungu à 1 230 m d'altitude et 2 184 mm à Kibosho à 1 479 m d'altitude. **Le pic** altitudinal de précipitations se situerait entre 2 400 et 2 500 mètres d'altitude. Au-delà, il y a une **très nette diminution** avec 1 300 mm à Mandara à 2 740 m d'altitude, 525 mm à Horombo à 3 718 m d'altitude et moins de 200 mm par an à Kibo au-dessus de 4 630 m d'altitude.
- Au pied du Kilimandjaro, la température annuelle moyenne est de 23,4 °C alors qu'elle est de 5 °C à 4 000 mètres d'altitude et de -7,1 °C au sommet du Kibo. En conséquence, son gradient thermique est d'environ 0,6 °C tous les cent mètres.

L'expression de ces facteurs écologiques (température & humidité) est l'étagement végétal [Figure Top3], où différentes formations végétales se succèdent du bas vers le haut. Chaque étage, tout en étant une tranche d'altitude est également une combinaison thermo-pluviométrique nommé mésoclimat et dont l'expression est dans la végétation (étage de végétation)

L'étage de végétation est défini comme un ensemble de groupements végétaux réunis par une affinité écologique dans une même tranche d'altitude, la température restant le facteur climatique prépondérant ; il s'agit donc d'une définition thermique et biologique.



**Figure Top3 : Etagement aux Pyrénées**

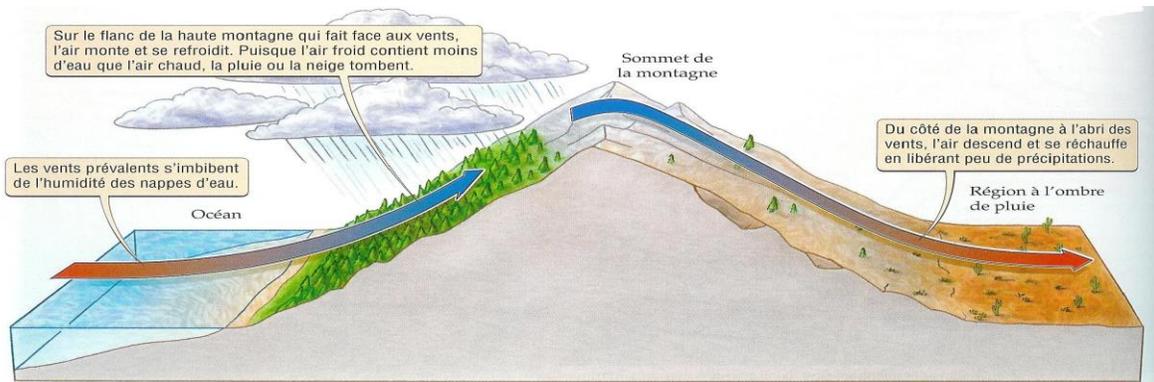
### ➤ Exposition

En montagne, la végétation s'adapte à l'altitude ; par ailleurs, les versants des montagnes ne sont pas exposés au soleil de la même manière.

Ainsi, En Afrique du nord et aux îles méditerranéennes, au niveau d'une montagne, Sur le versant **exposé au sud**, au soleil (l'**Adret** et dans les Pyrénées, on l'appelle **Soulane**), il fait plus chaud; par contre, Sur le versant moins exposé au soleil, **exposé au nord-ouest** (l'**Ubac** et dans les Pyrénées, on l'appelle l'**ombret**), il fait plus froid.

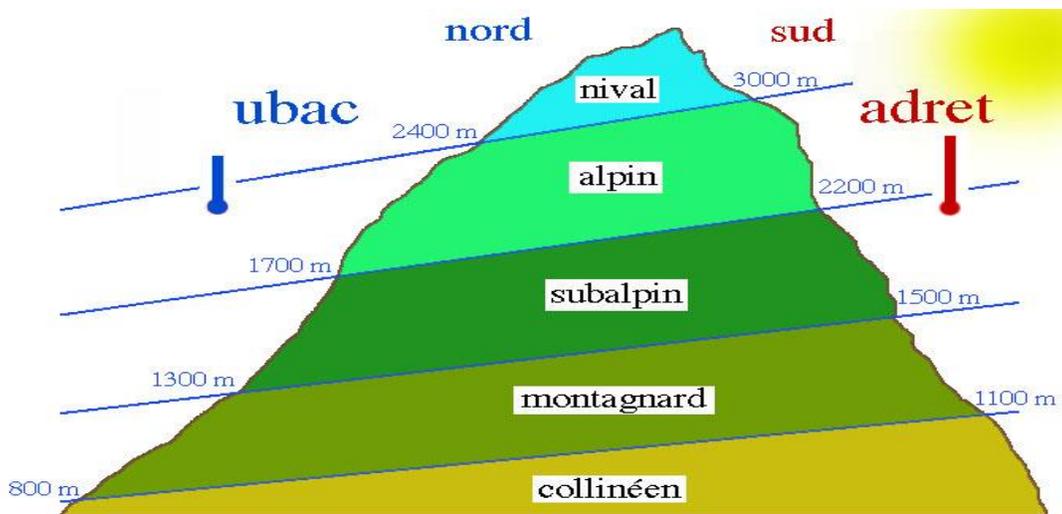
En fait, L'adret absorbe plus d'énergie, surtout en hiver où, le soleil reste bas dans l'horizon et peut même se coucher sans frapper l'ubac (surtout en hiver, où le soleil est bas dans l'horizon: l'ubac peut recevoir jusqu'à 8 à 10 fois moins d'énergie solaire global).

Par contre, les vents humides arrivant d'abord sur l'ubac, vont y laisser une bonne partie de leur humidité et descendent de l'autre côté appauvris et de plus en plus échauffés (l'air en descendant se comprime et donc s'échauffe) : l'ubac est donc plus arrosé, humide, alors que l'adret est plutôt plus sec [Figure Top4].



**Figure Top4**

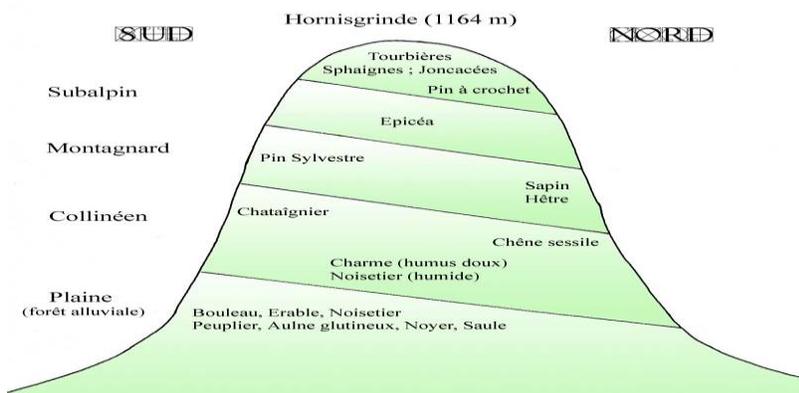
Cette différence d'exposition résulte en **une opposition des versants** avec soit une différence de composition floristique (Cèdre sur l'ubac ; chêne vert sur l'adret), ou une différence de physionomie générale (forêt dense sur l'ubac ; forêt claire sur l'adret) ou un décalage des étages entre les deux versants (Les différents étages vont se développer plus haut sur l'adret ; extension vers le haut d'une espèce scléro-thermophile sur l'adret et à la même altitude, apparition précoce d'une espèce mésophile sur l'ubac) : [Figure Top5 ].



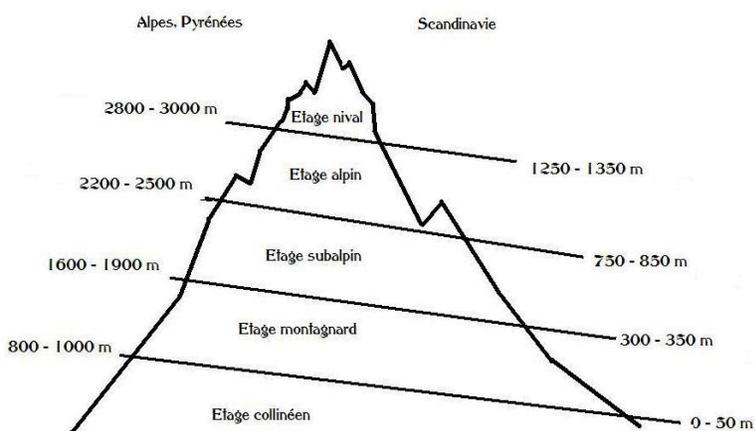
**Figure Top5** Illustration des limites des étages de végétation dans les Alpes en fonction de l'exposition des versants (Dessin original réalisé par Eric Walravens).



## Pour réflexion



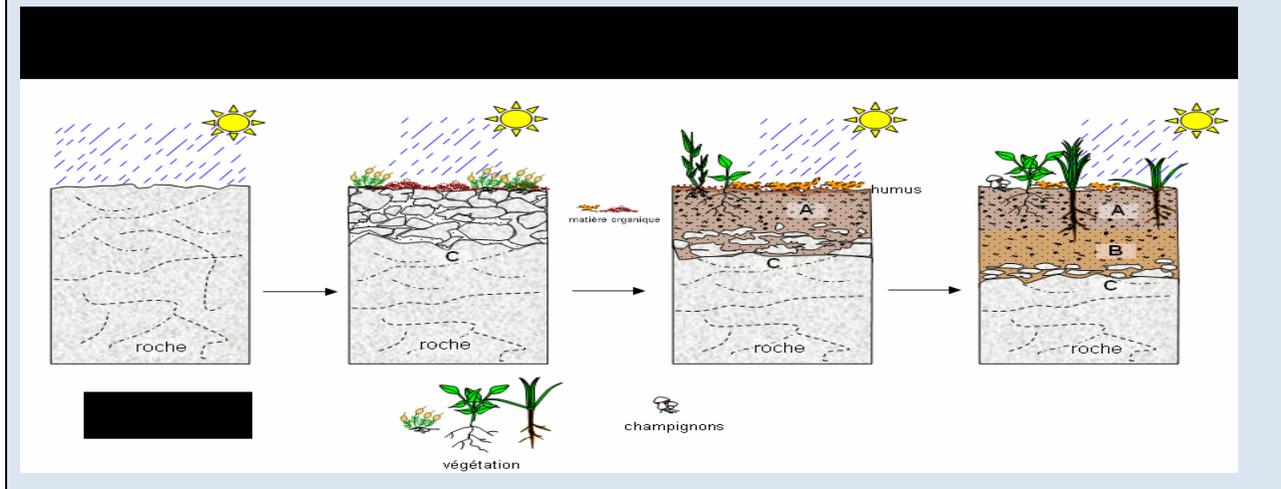
## Étagement en Forêt noire « Allemagne »



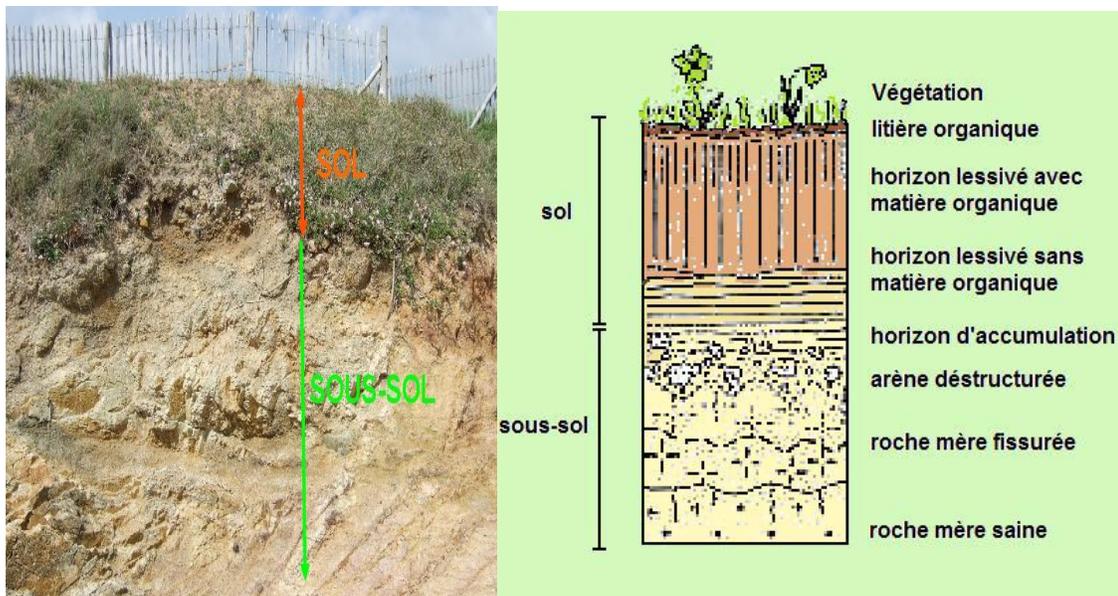
Comparaison des étages d'altitudes des Alpes et Pyrénées et de la Scandinavie entre 68° et 70° N.



# Facteurs édaphiques



**Le sol** est la couche supérieure recouvrant la roche mère. Il s'agit d'une formation naturelle se développant à la partie superficielle, rocheuse de l'écorce terrestre «la lithosphère ». Généralement meuble, le sol a une épaisseur variable ; il résulte de la transformation lente de la roche sous-jacente ,dite roche-mère, sous l'influence de divers processus, physiques, chimiques ( t °; eau; gel ...) et biologiques( racines; microorganismes; animaux fousseurs ..... ).



L'**édaphologie** est l'étude de l'influence du sol sur les êtres vivants, en particulier les plantes; la **pédologie**, elle, est la science qui étudie les sols, leur formation, leur constitution et leur évolution. Ces rapports sol / végétation peuvent être envisagés sous différents aspects:

- **Aspect pédogénique:** se concentrant sur le rôle des plantes dans la formation des sols (action mécanique des racines, apport de matière organique...) objet de la pédogenèse ;
- **Aspect physiologique:** touche à l'alimentation hydrique et minérale des plantes et donc relève de l'Agronomie et de la physiologie végétale ;
- **Aspect biogéographique:** on observe des liens étroits entre d'une part la distribution des plantes, l'individualisation de certains groupements végétaux spéciaux et d'autre part certains caractères chimiques et physiques du sol... Cela concerne l'écologie.



## A- Influence de certains caractères chimiques

### ➤ Salinité / végétation halophile

La genèse des sols halomorphes est liée à la présence des chlorures, les plus courants étant *les chlorures de sodium :NaCl*, d'origine marine ou géologique; le premier type est fréquent à l'embouchure des fleuves et autour des lagunes ( *oued Bouregrag*; lagune *d'El walidia* ) on parle de marais salés (sols plus salés que l'eau de mer); le second type est lié à la remontée de couches salifères du Trias, en bioclimats arides et sahariens " cas des vallées de la moyenne Moulouya :Outat El Haj"

Ces sols sont impropres à la croissance de la plupart des plantes; seule y subsiste une végétation spécialisée : **Halophile**, résistant à l'intoxication des ions tels  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  et dominée par essentiellement par des plantes de la famille des Chénopodiacées: *Salsola*, *Sueada*, *Salicornia*, *Atriplex* ....



*Salicornia maritima*

*Sueda maritima*

Certains halophytes ont de nombreux points communs- convergence - avec l'adaptation à la sécheresse " Xéromorphose " car l'adaptation à la salinité procède des mêmes mécanismes d'économie et de rétention d'eau et ont l'apparence de plantes grasses, à rameaux articulés et souvent même aphyllés; La pression osmotique de la sève est souvent élevée s'opposant à la perte de l'eau. D'autres comme les *Atriplex* excrètent l'excès de sel, via des glandes épidermiques existant au niveau des feuilles " et d'autres comme le Tamarin modèrent plutôt l'absorption racinaire du sel.

➤ **Végétation rudérale**

C'est celle qui pousse dans les décombres et plus généralement au voisinage des points d'occupation humaines (chemins, bergeries, décharges ...);ces espèces sont souvent nitrophiles étant donné la forte teneur en azote de ces lieux par suite d'un important apport de déchets organiques " ordures, fumier ...." ; Ex : *Urtica urens* (L'ortie brûlante).



*Urtica urens*

➤ **Réaction ionique du sol " pH " :Acidophiles / Basiphiles**

La solution du sol contient des ions  $H^+$  provenant de : l'altération de la roche mère, l'humification de la matière organique (synthèse d'acide humique), l'activité biologique, l'effet des engrais acidifiants ; Le pH dépend également de la nature de la couverture végétale et des conditions climatiques (pluviosité). Les valeurs obtenues pour le pH du sol sont très variables allant de 2.2 à 10 ; les plus courantes sont de 3 à 8.5. Un sol est basique:  $pH > 7$  (Sol salin :  $pH < 8.6$  ; Sol alcalin :  $pH$  de 8.6 à 10); Si le pH est égal à 7 , le sol est neutre et si le pH est  $< 7$  ( extrême 3 ) le sol est acide.

Les pH basiques caractérisent les sols qui se développent sur une roche mère calcaire. On les rencontre généralement sous les climats secs ou saisonnièrement secs et sous une végétation présentant des feuilles à décomposition rapide.

Les pH acides (entre 4 et 6,5) se rencontrent beaucoup plus sous les climats humides et froids favorables à une accumulation de la matière organique. Ils caractérisent les forêts de conifères. Ils se forment surtout sur les roches siliceuses et les roches granitiques.

On distingue :

- les **acidophiles** (sur sols à  $4 < pH < 6.5$ ) : Bruyère ;
- les **basiphiles** (sur sols à  $7.5 < pH > 9$ ) : Mouron rouge ;
- les **neutrophiles** ( $6.5 < pH < 7.5$ ) : Aspérule odorante.



La plupart des espèces végétales vivent dans une gamme moyenne du pH ; les pH extrêmes sélectionnent sévèrement les espèces et seules quelques unes peuvent s'y adapter (des sphaignes en sol très acide ; des salicornes en sol très basique).

➤ **Calcium : Calcicoles / Calcifuges**

Le Calcium existe sous forme **Ionique: Ca<sup>2+</sup>** saturant le complexe adsorbant du sol « argile + humus » ou bien sous forme de **Sels solubles**: « bicarbonates, nitrates de calcium » dissous dans la solution du sol ou en fin engagé dans la **Constitution du calcaire** « dur: fragments grossiers, peu attaqués par l'eau chargée en CO<sub>2</sub> et donc il a peu d'action sur la réaction du sol ou tendre: se désagrège en particules fines favorisant la dissolution progressive dans le sol et affectant l'alimentation de la plante comme la forme ionique " Calcaire actif " ».

Les plantes localisées sur sols riches en calcaire " sols carbonatés" sont dites **Calciphiles ou Calcicoles**; celles évitant le calcaire sont **des Calcifuges** et se localisent essentiellement sur sols siliceux « N.B : l'opposé de Calcicole n'est pas silicicole car les deux types ont besoin de Silicium à l'état de traces quoique par habitude, on oppose roche calcaire à roche siliceuse ». on peut aussi noter l'existence de **Calcifuges strictes** ( Lavande papillon), des **Calcicoles strictes** ( Sapin), les plantes **indifférentes** ( Chêne kermès) et les **préférentielles** poussant surtout sur calcaire ( Pin d'Alep).



**Lavande papillon**



**Sapin**

➤ **Autres éléments**

Plusieurs cas de toxicité sont liés à la présence dans le sol d'un taux excessif de métaux lourds " Cuivre, Plomb, Zinc ....); Pourtant, il y a des espèces qui supportent et même accumulent de tels métaux et deviennent caractéristiques : **Toxicophytes (toxico-résistantes ou métalophytes)** : spécialistes, recherchent de tels milieux toxiques et en sont des indicateurs " **Halophytes ; Cuprophytes** (Cuivre); Parfois, ces végétaux sont qualifiés « accumulateurs », car dans leurs tissus, ils accumulent ces éléments déjà présents dans le sol en forte dose: les halophytes (12 à 16 % de Na<sup>+</sup>).

Ainsi, sur sol zincifère, la violette calamine *Viola dubyana* est une pompe à Zinc.



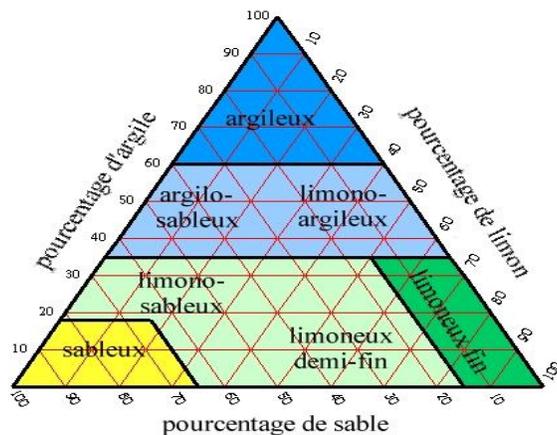
## B- Influence de certains caractères physiques

### ➤ La texture & La structure

#### ⚡ La texture

La texture du sol est définie par la grosseur des particules qui le composent : graviers, sables, limons, argiles (granulométrie : mesure de la forme, de la dimension et de la répartition en différentes classes des grains et des particules de la matière divisée) :

Particule	Diamètre
Graviers	>2 mm
Sables grossiers	2 mm à 0,2 mm
Sables fins	0,2 mm à 20 µm
Limons	20 µm à 2µm
Argiles	< 2µm



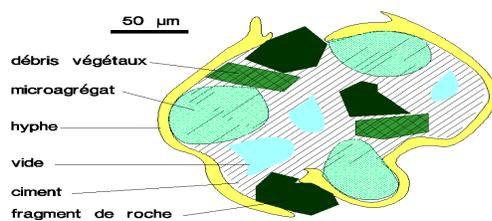
En fonction de la proportion des différentes fractions granulométriques, on détermine les textures suivantes :

- **Textures fines** : comportent un taux élevé d'argile (>20%) et correspondent à des sols dits « lourds », difficiles à travailler, mais qui présentent un optimum de rétention d'eau ;
- **Textures sableuses ou grossières** : elles caractérisent les sols légers manquant de cohésion et qui ont tendance à s'assécher saisonnièrement ;
- **Textures moyennes** : on distingue deux types :
  - ✓ Les limons argilo-sableux qui ne contiennent pas plus de 30 à 35% de limons, qui ont une texture parfaitement équilibrée et qui correspond aux meilleures terres dites « franches ».
  - ✓ Les sols à texture limoneuse, qui contiennent plus de 35% de limons, sont pauvres en humus (matière organique du sol provenant de la décomposition partielle des matières animales et végétales).

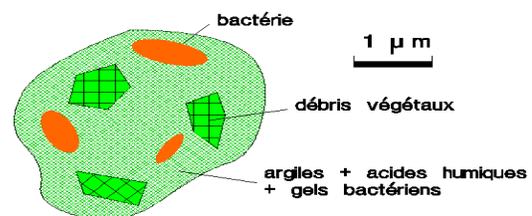
### ▣ La structure

La structure est l'organisation du sol. Elle se définit également comme étant l'arrangement spatial des particules de sables, de limons et d'argiles. On distingue principalement trois types de structures :

- **Particulaire** : le sol est très meuble, les éléments du sol ne sont pas liés (sols sableux);
- **Massive** : le sol est lourd, les éléments du sol sont liés par des ciments (matière organique, calcaire) durcis en une masse très résistante discontinue ou continue (sols argileux) ; ce type de sol est compact et peu poreux. Il empêche les migrations verticales des animaux sensibles à la température et à l'humidité et ainsi en interdit l'existence.
- **Fragmentaire** : les éléments sont liés par des matières organiques et forment des agrégats « mm » (Assemblage hétérogène de substances ou d'éléments qui adhèrent solidement entre eux) et des grumeaux « cm ». Cette structure est la plus favorable à la vie des êtres vivants, car elle comporte une proportion suffisante de vides ou de pores qui favorisent la vie des racines et l'activité biologique en général, en permettant la circulation de l'air et de l'eau.



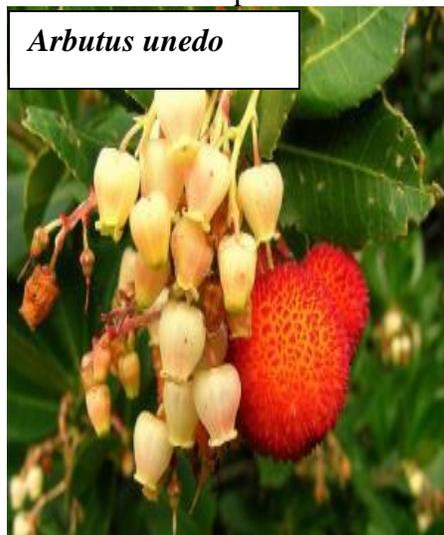
**Macro- agrégat**



**Micro-agrégat**

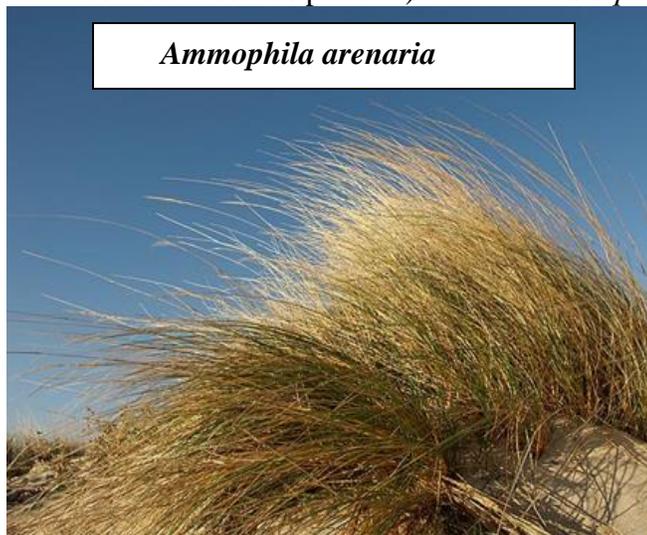
Ainsi, certaines plantes sont liées à un type donné de texture ou de structure :

- **Argilophytes**: liées à des sols argileux : plus de 25 % d'argile (si 80 % d'argile, le sol est dit « argile lourde ») ; exemples : *Artemisia herba alba* " chih " et *Mentha pulegium* " fliou
- **Psammophytes** : plantes des sols sableux, sablo- argileux, sables, ce sont par exemple : les plantes des dunes littorales telle *Ammophila arenaria* " roseau des sables " ou celles des dunes sahariennes ( Ergs ) : *Aristida pungens*.
- **Humicoles**: plantes des sols humifères contenant 10 à 20 % d'humus et de l'humus épais (humus > 20 %) : *Geranium malviflorum*, *Arbutus unedo* , " Arbousier "
- **Lithophytes** : **rupicoles ou rupestres** (différents de ripicoles: plantes au voisinage d'eau); ce sont les plantes vivant à la surface des rochers, cailloux, éboulis, reg saharien (hamada) : *Rumex rupestris* ; *Carex rupestris* ; *Silene rupestris*
- **Limnophytes**: sur limon ou vase (mélange de particules fines et matière organique, formant un dépôt au fond des eaux calmes " eaux douces par ex ") : *Ranunculus aquatilis*.



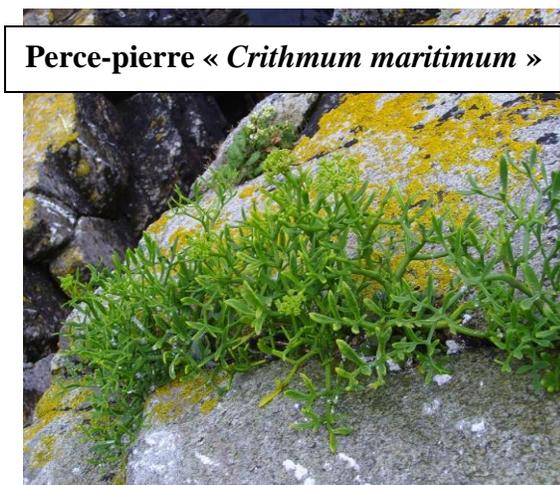
*Arbutus unedo*

Humicole



*Ammophila arenaria*

Psammophyte



Perce-pierre « *Crithmum maritimum* »

Chasmophyte : plante des fissures

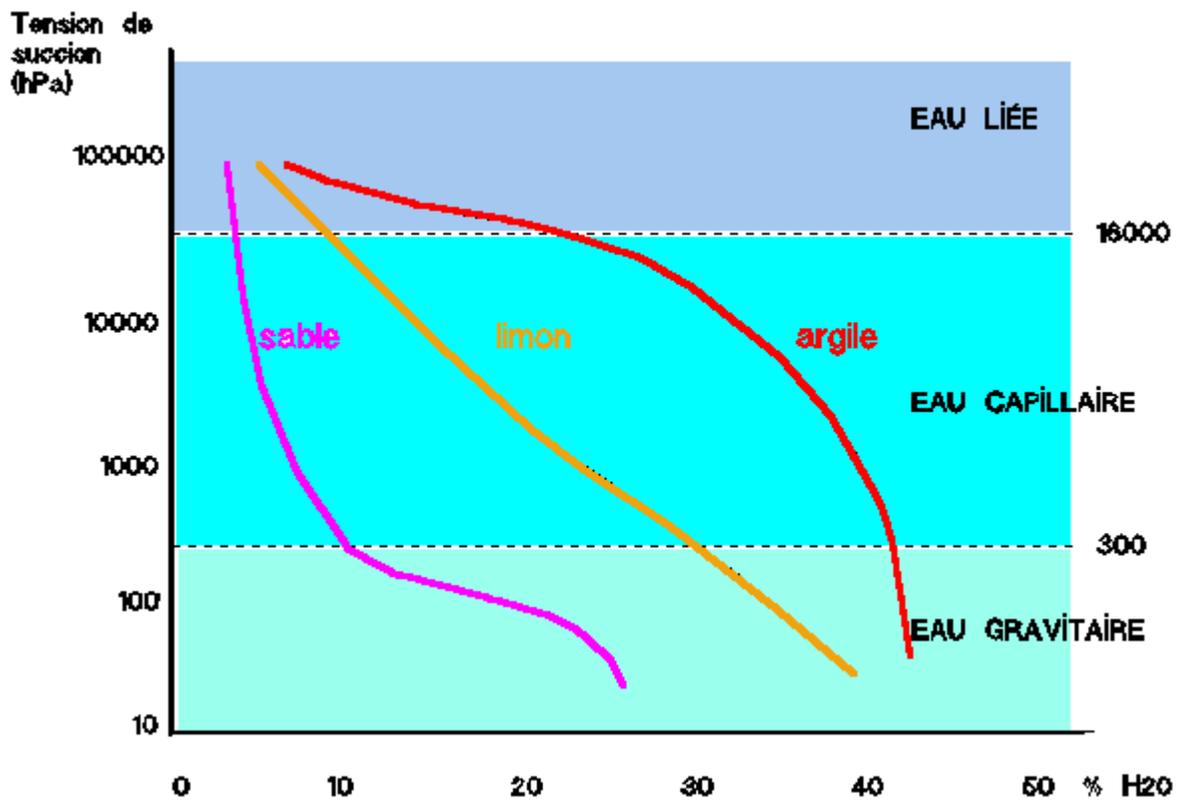
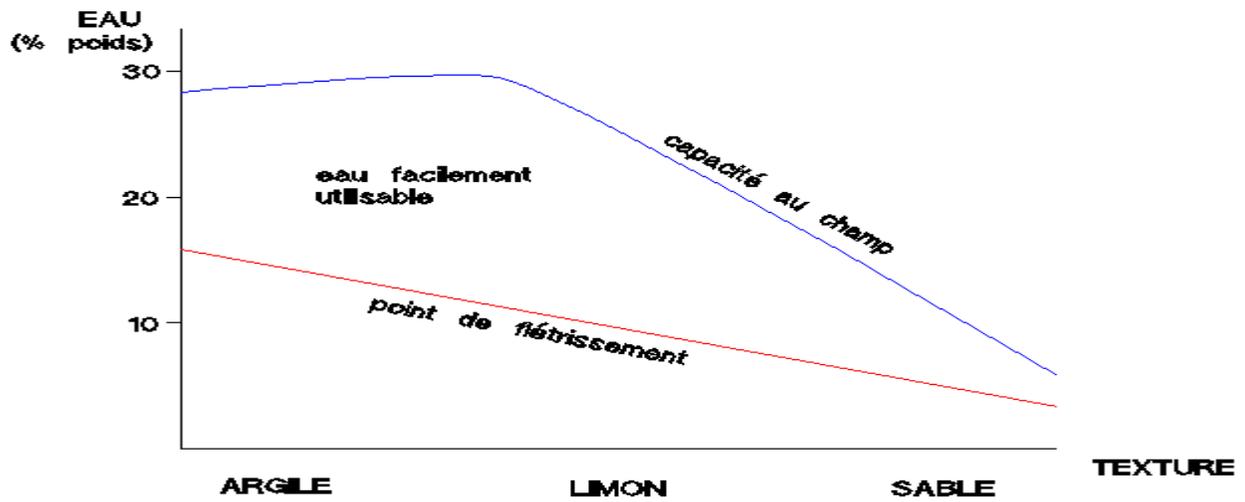


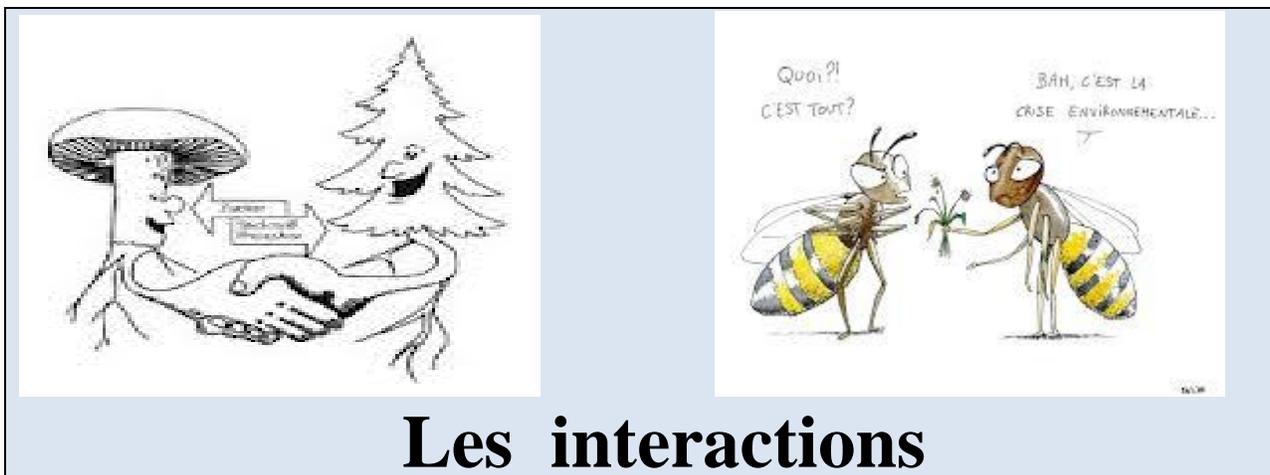
*Rumex rupestris*

Lithophyte



### Pour réflexion





## Les interactions

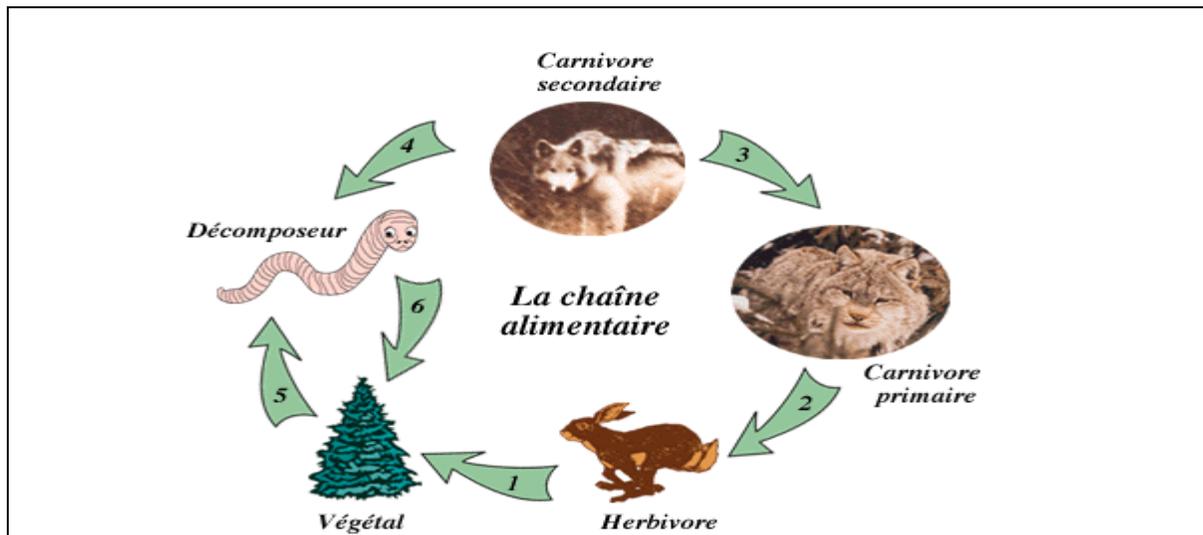
La biomasse est très diversifiée ; elle comprend d'innombrables espèces, végétales, animales, bactériennes, qui diffèrent par la taille, le comportement, la biologie, le métabolisme... Aussi, dans une biocénose certaines espèces sont dominantes et d'autres sont peu représentées ; certaines ont des exigences strictes, d'autres sont dotées d'une grande plasticité... Quoiqu'il en soit, toutes exercent les unes sur les autres des actions très diversifiées [Encadré 1], allant de la prédation à l'union parfaite, d'interactions intra spécifiques « homotypiques » à celles interspécifiques « hétéro typiques » ; de coactions directes à celles indirectes réalisées par l'intermédiaire d'autres espèces ou par la modification du milieu par des actions biologiques.

Interaction	Durée	Effet sur la 1re espèce	Effet sur la 2e espèce	Exemples
<b>Mutualisme</b>	Durable	Positif	Positif	<b>Plantes à fleurs/ Pollinisateurs</b>
<b>Commensalisme</b>	Durable	Positif	Indifférent	<b>Lianes/Arbres</b>
<b>Parasitisme</b>	Durable	Positif	Négatif	<b>Orobanche/Fève</b>
<b>Prédation</b>	Temporaire	Positif	Négatif	<b>Plantes insectivores/ Insectes</b>
<b>Amensalisme</b>	Durable	Indifférent	Négatif	<b>Noyer/ Autres plantes</b>
<b>compétition</b>	Durable	Négatif	Négatif	<b>Plante/Plante</b>

## I//Interactions interspécifiques

### I-1 Interactions trophiques

#### A- Les chaînes alimentaires



- 1- Le lièvre d'Amérique mange le feuillage du sapin baumier.
- 2- Le lynx du Canada mange le lièvre d'Amérique.
- 3- Le loup mange le lynx du Canada.
- 4- Le loup produit des excréments.
- 5- Le sapin baumier produit des débris (ex : aiguilles qui tombent au sol.)
- 6- Le ver de terre transforme les débris et les excréments en éléments minéraux

#### 1- les producteurs :

Autotrophes: végétaux chlorophylliens **essentiellement** " : ce sont les plantes supérieures, les algues, les cyanophycées, les bactéries photosynthétiques.

#### 2- les consommateurs:

De différents types selon leur position par rapport à la source de matière: primaires " herbivores ", secondaires et tertiaires " carnivores ou à régime mixte, omnivores ". Les consommateurs peuvent n'avoir aucune spécificité alimentaire et leur capture est indifférenciée « cas des requins qui peuvent avaler tout ce qui bouge » ou bien être très spécifiques « Panda géant de chine et koala d'Australie se nourrissant uniquement de feuilles de bambous et d'Eucalyptus respectivement ». Cette spécificité est aussi très marquée chez les insectes phytophages où beaucoup sont associés à un petit nombre d'espèces de plante ou même à une seule espèce et parfois à un seul type d'organes « feuille, fleur ou autre ».

### 3- les décomposeurs

vivants aux dépens des déchets et de matière organique morte laissés par les producteurs et les consommateurs : Il y a les détritivores: se nourrissant directement de matière organique morte ( nécrophages // cadavres; coprophages // excréments ;saprophages // matière organique non différenciée, animale ou végétale ) ; ces détritivores sont surtout des macro organismes tels les fourmis, les termites et les vers de terre; ils dilacèrent et enfouissent la matière organique; en digèrent une partie et la métabolisent mais en rejettent une grande partie, plus dégradée qu'au départ et alors prise en charge par un autre type de décomposeurs : Les transformateurs :Ce sont des microorganismes végétaux capables d'une digestion extracellulaire " exo métabolisme" ,réalisée sous l'effet d'enzymes excrétées dans le milieu.

Le résultat est décomposition de degré varié : allant de la formation de l'humus « corps transitoires », à la régénération de molécules minérales à nouveau assimilables.

En milieu terrestre, ces décomposeurs sont des champignons, actifs surtout en milieu acide et supportant l'anoxie des sols gorgés d'eau et des bactéries, actives à  $\text{pH} > 6$ , essentiellement aérobies et dont les effets sont plus profonds que les champignons.

## B- Rapports spéciaux

**a- les symbioses trophiques " + / + "**: associations intimes et mutuellement bénéfiques (Mutualisme spécial)

---

La symbiose représente la forme la plus évoluée des associations entre les êtres vivants ; les avantages qu'en tirent les deux protagonistes sont réciproques mais ils ne peuvent, sinon très temporairement, se passer l'un de l'autre.

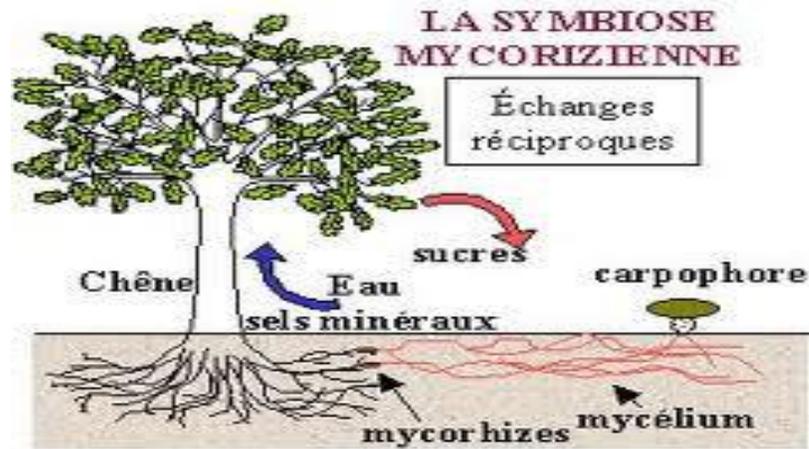
Il s'agit donc d'un mutualisme particulier où l'association entre les deux protagonistes est très étroite (intimité) et revêt un caractère obligatoire pour la vie ou bien pour le déroulement d'un processus donné. Exemple : **Les mycorhizes**

Les champignons peuvent s'engager dans des symbioses avec les racines des plantes : on parle de **Mycorrhisation** ; il s'agit d'une règle plus que d'une exception puisque ces associations se retrouvent dans les racines de 90% des plantes à fleurs et au niveau d'organes souterrains de nombreuses ptéridophytes.

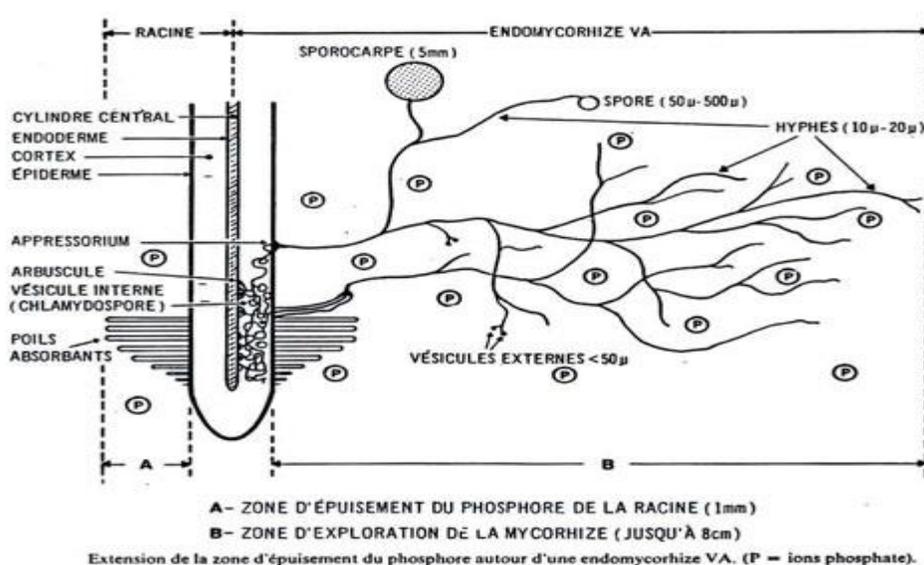
Il y a une forme superficielle : l'ectomycorrhize où les hyphes de champignons supérieurs « + 5000 sp » tels les Basidiomycètes « Bolets du Pin et du Chêne » ou les Ascomycètes « Truffes du Chêne » forment un manteau cachant les racines des arbres et pénétrant surtout dans les poils absorbants ou s'insinuant entre des cellules corticales. Certains champignons sont à spectre d'hôte étroit « *Boletus betulicola* / Bouleau » et d'autres s'associent à plusieurs espèces végétales.



La germination des spores et la croissance des hyphes sont initiées dans la rhizosphère ; Les filaments fongiques proches des cellules racinaires se dilatent et forment un pseudo parenchyme « manteau ; production d'adhésines, d'hydrophobines » tandis que se constitue un réseau fongique entre les cellules « réseau de Hartig » et vers l'extérieur se différencient des hyphes extramatricielles. L'ensemble de ces trois structures a un rôle dans l'alimentation minérale des plantes « Phosphore & Azote ». Réciproquement, l'apport de squelettes carbonés en provenance de la plante au champignon assure l'équilibre de l'association symbiotique.



Il y a aussi l'**endomycorhize** : cette fois ci, les hyphes des champignons inférieurs " tels les *Glomus* " pénètrent dans et entre les cellules racinaires des plantes herbacées et arborescentes. Le type d'endo mycorhize le plus intéressant est celui vésiculo-arbusculaire « AM »:les hyphes intracellulaires pénètrent dans les cellules de l'hôte. Les champignons sont des symbiotes obligatoires « *Glomus, Sclerocystis.....* ».La germination des spores a lieu dans le sol, le tube germinatif pénètre dans une racine hôte ; des filaments se propagent dans l'exoderme racinaire et le parenchyme cortical sans jamais atteindre l'endoderme. On assiste également à une prolifération d'hyphes extramatricielles « assurant la nutrition minérale du champignon ».Les arbuscules représentent une surface de contact entre les deux partenaires « transfert de carbone et de phosphore » ; Les vésicules sont à la fois des structures de stockage des réserves et de propagation du champignon.



## **b- Prédation & parasitisme (+ / -) :**

### **● La Prédation « recherche de nourriture »**

Consiste en une exploitation trophique d'une proie « mangée », plus petite en général, par un prédateur « mangeur » et suppose une **recherche active** « consommatrice d'énergie » de la proie par le prédateur et un **contact intime** entre eux. La prédation est un processus écologique important, essentiel pour le contrôle des populations (si par exemple le prédateur venait à disparaître, on assisterait à une pullulation des proies). Dans le règne végétal, on rencontre également des plantes prédatrices – agressant des animaux- : ce sont les plantes carnivores.

*Drosera* « piège à glu » ; *Nepenthes* « Chausse-trappe » ; *Dionaea* « piège à mâchoires »



✚ *Drosera* « piège à glu » : les feuilles ont des poils sécrétant un mucus visqueux « acide » (et des enzymes protéolytiques) formant des gouttelettes qui attirent et engluent des insectes ; s'ensuit leur protéolyse. Les insectes, attirés par les reflets des gouttelettes (ce qui explique le nom de la plante qui signifie "couvert de rosée") et les couleurs souvent vives, croient venir se désaltérer et se retrouvent englués. En essayant de se libérer, ils vont s'engluer de plus en plus pendant que les poils alentours, tels des tentacules, vont lentement se pencher vers la proie pour augmenter encore l'emprise.

✚ *Nepenthes* « Chausse-trappe » largement répandue dans les forêts tropicales d'Asie : dont les feuilles transformées en urne, surmontée d'un couvercle et remplies de suc digestif ; cette salive gluante à caractéristiques viscoélastiques idéales pour empêcher la fuite des proies, cause la perte finale des victimes.

✚ *Dionaea* « attrape-mouche ; la dionée pièges à mâchoires » ; Le piège est constitué par les deux lobes de la feuille transformée qui vont se refermer en un mouvement très rapide. C'est un piège dit "actif" dont la fermeture est déclenchée par des poils sensitifs (6 en général) situées sur les faces internes.

- **Parasitisme « dépendance durable : adhésion ; pénétration »**

C'est l'utilisation d'un hôte par une espèce pour se nourrir et/ou se reproduire ; cela pourrait être une fixation sur cet hôte ou même une pénétration en son intérieur ; l'exploitation de l'hôte peut assurer au parasite la totalité de ses besoins « parasitisme complet ;» ou seulement un complément essentiel ou non «parasitisme facultatif ».

**\*\*Selon l'agent parasite,** on a : des viroses, des bactérioses, des maladies fongiques « = mycoses :tumeurs, cloques, rouille, pourriture..». Il ya aussi des protozoaires parasites « *Phytomonas.sp* causant la pourriture du cocotier » , des nématodes phytoparasites : ectoparasites explorant les cellules végétales à l'aide d'un stylet, semi-endoparasites dont les larves sont partiellement localisées *in planta*, endoparasites dont presque la totalité du cycle du nématode se déroule dans la racine..... et des insectes « ex : les *Cynips*, de minuscules hyménoptères, introduisent leurs œufs dans certains tissus de la plante '' feuilles de chêne par exemple'' et sous l'effet de sécrétions embryonnaires ou larvaires, la plante réagit par une multiplication anormale des cellules et la formation d'une galle servant de gîte pour la minuscule larve ». Certains des parasites sont eux même parasités ; on parle **d'hyperparasitisme**.

**\*\* Modes d'action :**

-- Pénétration par les ouvertures naturelles « stomates par ex » ou les blessures variées « mécaniques, gels, etc » ou après digestion des structures « polymères végétaux : cutine, cellulose, subérine » de surface

--Pour coloniser « colonisation des parenchymes et des vaisseaux » et détruire la plante, un arsenal d'armes chimiques est déployé :

\*\*\*Enzymes : hydrolases « cellulase », oxydases « ligninase », des amylases et protéases dont les produits finaux, glucose et acides aminés sont assimilés par le parasite

\*\*\*Toxines : agissant sur les constituants cellulaires causant des désordres physiologiques irréversibles « inhibition de l'activité de certaines enzymes et de leur transcription, altération des facteurs de croissance

\*\*\*Production de polysaccharides extracellulaires « cas de la bactérie *Xanthomonas* » s'accumulant dans les vaisseaux de xylème, y bloquant la circulation et causant ainsi le flétrissement de la plante.

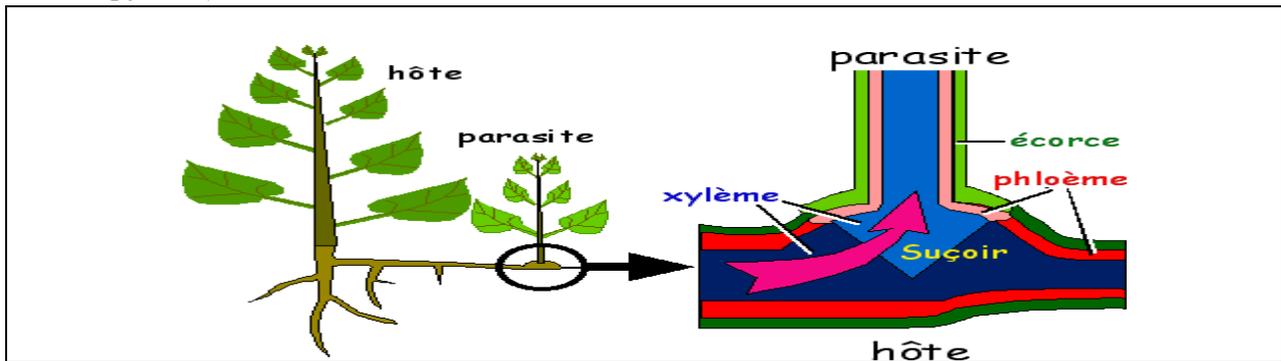
\*\*\*L'infection virale se fait par l'intermédiaire d'insectes, de nématodes piqueurs ou de champignons inférieurs. On parle de maladies à vecteurs.

## **\*\*Cas particulier : Les plantes parasites**

Certains végétaux vasculaires ont perdu leur capacité d'autotrophie et ne peuvent se développer qu'aux dépens d'autres plantes: il s'agit alors de plantes parasites (2 % des plantes à graines : 3000 à 5000 espèces, réparties en 19 familles de dicotylédones et une seule gymnosperme « *Parasitaxus ustus* »).

- **Hémiparasitisme :**

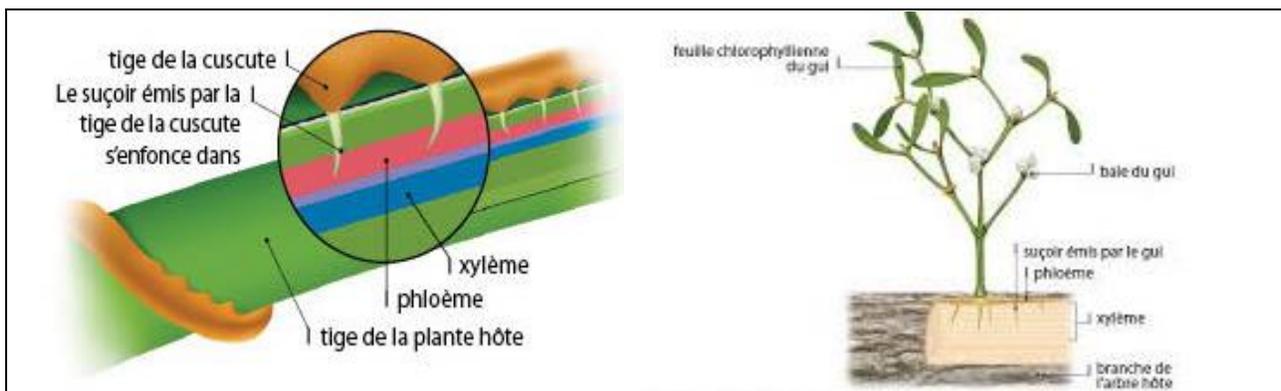
Les hémiparasites (80 % des parasites), correspondent aux plantes chlorophylliennes qui ne sont tributaires de leur hôte que pour leur alimentation en eau et en sels minéraux (Gui, Mélampyre....)



- **Holoparasitisme:**

Les holoparasites « Les parasites complets » dépendent entièrement de leurs hôtes (Orobanche, quelques espèces du genre *Cuscuta*, *Lathraea*....) sont incapables de la photosynthèse car leur feuillage est inexistant ou réduit et dépourvu de chlorophylle. Ils doivent prélever chez leurs hôtes, non seulement eau et sels minéraux, mais aussi des substances organiques élaborées.

**N.B :** la majorité des parasites sont implantés sur les racines de leur hôte « **épirhizes** » (orobanche, mélampyre ; euphrase....), les autres sont fixés sur les parties aériennes (cuscute, gui....)



## I-2 Interactions non trophiques

### **A- Les relations favorables**

**a- Le commensalisme** (+ ; 0) : association profitant à un seul partenaire « le commensal » alors que l'autre partenaire est indifférent.

Le contact est permanent entre le commensal et son hôte ; Ainsi, les plantes volubiles et celles grimpantes (Clématite ; Lierre, *Smilax aspera*) utilisent les troncs d'arbres pour se hisser vers la lumière grâce à des racines adventives de fixation « les crampons » ou des vrilles stipulaires et ce tout en restant fixées au sol.

Parfois, on peut assister à un affranchissement du commensal vis à vis du sol et alors la seule source d'humidité, de sels minéraux est l'atmosphère « exemple : plantes à feuilles enroulées en puits collecteurs de pluies » ; on parle d'**épiphytes**, très abondants en forêt équatoriale.



Lierre grimpant sur arbre



plante hôte

Epiphyte

## **b-Le mutualisme**

Interaction biologique favorisant la croissance, la reproduction et/ou la survie des deux espèces interagissant ; le bénéfice est réciproque, même si les deux partenaires peuvent vivre indépendamment dans des conditions normales.

### ❖ **Pollinisation :**

- **Fleurs malacophiles :**

La pollinisation est l'œuvre des **Limaces et autres mollusques** ; Cas des Vanilliers ; des saxifragacées.

- **Fleurs Ornithophiles :**

La pollinisation est l'œuvre des **oiseaux** « 20% de plantes à fleurs au Brésil sont pollinisées par de petits oiseaux appelés oiseaux-mouches 'Colibri' ». La plupart de ces fleurs sont inodores et sont souvent rouges, orangées ; Le pollen adhère au plumage ou aux becs (souvent à langues adaptées : fourchue, ciliée...)

- **Fleurs cheiroptérophiles :**

la pollinisation est assurée par des **chauve-souris** : ces fleurs s'épanouissent la nuit et dégagent une odeur de moisi ( cas du Fromager et du Baobab en Afrique tropicale).

- **Fleurs entomophiles :**

La pollinisation par **les insectes** est la plus fréquente ;

- **Attrait Optiques** (couleur et forme)

Les hyménoptères « Abeilles ; Bourdons » : leurs pièces buccales sont soudées en un tube suceur ; le pollen adhère aux poils sur leurs corps et aux peignes à pollen sur leurs pattes ; les fleurs sont bleues, jaunes avec souvent des lignes indicatrices du nectar.

- **Attrait Olfactifs** (odeur)

Les coléoptères : fleurs blanches ou ternes à forte odeur en rapport avec leur odorat plus développé comparé à leur vue.

### ❖ **Dissémination des graines et des fruits :** La zoochorie

\*\*Les insectes disséminateurs, surtout les fourmis jouent un rôle important dans la dissémination de plusieurs plantes

\*\*Les vertébrés propagateurs :

- ✓ Transport involontaire des semences adhérant aux pattes, et aux toisons des animaux grâce à leur caractère accrochant ;
- ✓ Transport involontaire de semences adhérant aux pattes ou aux plumages des animaux fréquentant les milieux boueux « les grues, les canards, disséminent activement les graines des espèces palustres ».
- ✓ Les grives aident à la propagation de l'if et du gui dont ils apprécient les baies ; les graines, protégées par du mucilage et une enveloppe dure contre les sucs gastriques de l'oiseau seront rejetées à distance avec les excréments



### I-3 Interactions par l'intermédiaire de substances oligo-dynamiques (appelées molécules-signaux)

Ces substances sont émises par des organismes en très faibles quantités et peuvent agir sur des organismes de la même espèce « **phéromones** » ou sur des espèces différentes « **écomones** ».

Aussi, il peut s'agir aussi bien de stimulation que d'inhibition.

#### ➤ *Inhibitions*

**L'amensalisme** : Au sens strict, c'est l'opposé du commensalisme et donc est une relation de type (- ; 0). Il s'agit d'une situation où une espèce est perturbée par une autre sans que cette dernière y trouve un avantage particulier ; cependant, Il est souvent difficile d'affirmer que le perturbateur ne tire pas profit de l'inhibition de ses voisins.

Les exemples d'amensalisme vrai sont donc peu nombreux .C'est pourquoi, pour certains auteurs, l'amensalisme " appelé aussi **antagonisme**" est une relation de type (- ;+) consistant en l'**exclusion** d'une espèce par une autre, d'une part **à distance** et donc par le biais de substances volatiles ou solubles et d'autre part, **sans exploitation trophique** «exclusion sans consommation»). Généralement, l'amensalisme constitue une compétition entre les espèces qui se traduit par l'invasion de l'espèce amensale, qualifiée de « supérieure », et la disparition ou la migration géographique ou saisonnière de l'autre espèce, dite « inférieure ».

Enfin, pour d'autres auteurs, l'antagonisme englobe toutes les relations à effet négatif « mauvais rapports », y compris prédation, parasitisme, amensalisme, compétition.

- **La télétoxie** : appelée parfois **phytotoxicité** désigne un mode de relation antagoniste, dans laquelle un végétal sécrète une ou plusieurs substances phytotoxiques afin d'inhiber, limiter, ou empêcher la germination ou la croissance d'autres plantes plus ou moins proches.
- **Antibiose**, antibiosis, Antagonisme entre certains principes vivants, microbes ou bactéries. C'est le contraire de *symbiose*.
- **NB** : Certains auteurs réservent le terme allélopathie pour l'antagonisme plante/animaux, télétoxie : plante/plante et antibiose : entre microorganisme/ microorganisme.

## 1- L'épervière piloselle

(*Hieracium pilosella*), une astéragée très commune en Europe sur les sols secs, possède des facultés télétoxiques lui permettant d'être dominante voire envahissante des sols grâce à l'émission d'acides organiques de la famille des phénols -acide caféique et acide chlorogénique-. Ce dernier possède un pouvoir antibactérien, fongicide et herbicide.



## 2- Le noyer herbicide



Les feuilles du noyer sécrètent une phytotoxine phénolique, la **juglone**. Lessivée par la pluie, elle tombe sur le sol, empêchant le développement de beaucoup de plantes herbacées. La juglone a donné son nom botanique au noyer : *Juglans regia*. Il s'agit bien d'un phénomène d'amensalisme et non d'une compétition. En effet, la croissance des mousses, des fougères et des autres plantes à fleurs de petite taille, d'autres arbres, arbustes est inhibée. Cependant, toutes les plantes ne sont pas affectées négativement par la juglone ( ex : Myosotis,...)

=====  
Les molécules chimiques allélopathiques sont souvent des métabolites secondaires. Leur rôle ne semble pas nécessaire au niveau de la cellule car elles n'exercent pas de fonction directe dans les activités fondamentales du végétal (acides phénoliques, flavonoïdes, terpénoïdes et alcaloïdes). Cependant, ces substances jouent un rôle important à l'échelle de la plante, car elles sont souvent capables d'inhiber la germination ou le développement des organismes alentour.

Ces substances naturelles pourraient, à terme, solutionner les problèmes des mauvaises herbes qui doivent toujours être gérées par l'utilisation d'herbicides de synthèse. On constate un appauvrissement de la flore dans les parcelles régulièrement désherbées, des résistances à certains herbicides sont apparues et les risques de pollution des eaux sont réels. Maîtriser l'usage des plantes et des substances allélopathiques en agriculture permettrait de disposer d'herbicides, de fongicides et d'insecticides naturels censés pouvoir préserver l'environnement.

=====

## **I-4 L'anthropisation**

L'homme fait aussi partie des écosystèmes dans lesquels il s'insère ; or, il se distingue par son action à la fois systématique, de plus en plus rapide et se faisant à l'échelle planétaire dépassant ainsi, la nécessité trophique et l'aménagement d'abris.

En fait, l'homme a créé des systèmes totalement nouveaux ; les uns productifs « les agro systèmes » et d'autres structurés « milieux urbains » ;

Ceci se fait au détriment des milieux naturels « défrichement et déboisement des forêts ; surexploitation des sols, bouleversement des cycles géo-biochimiques, érosion de la biodiversité... » ; En outre, diverses pollutions accompagnent le développement humain, déchets domestiques, émissions et rejets des industries, résidus des pesticides, etc....La solution idéale serait une bonne gestion de l'environnement pour un développement durable ....

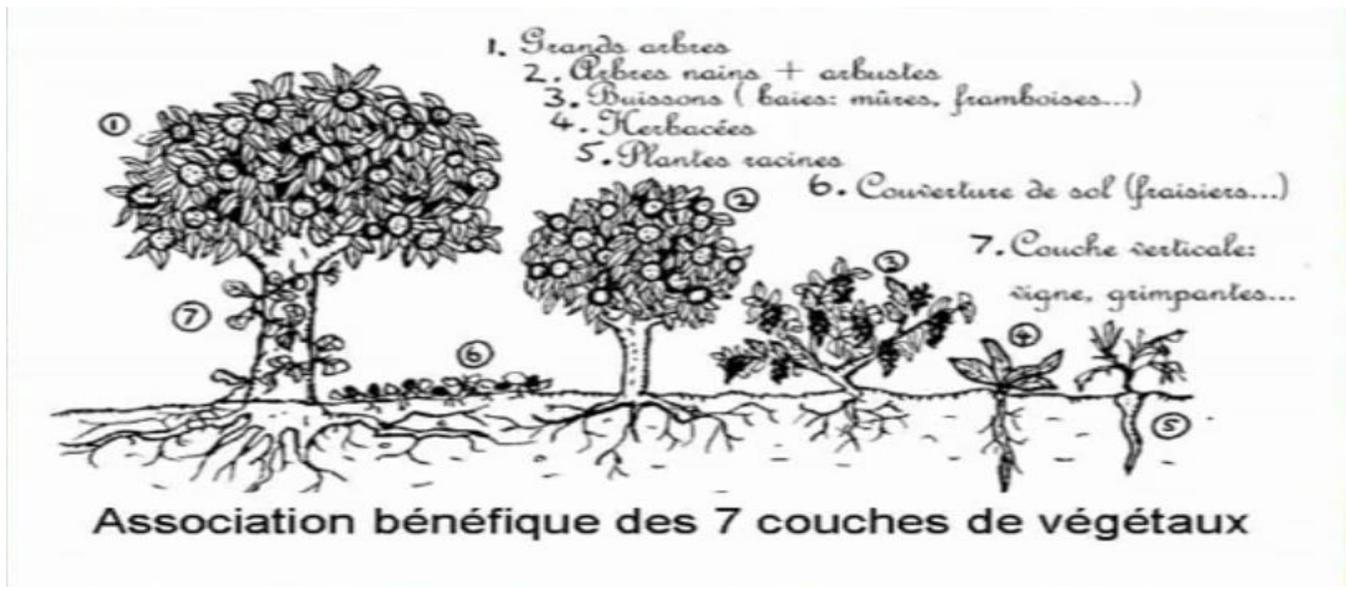
## **I-5 La compétition**

La compétition pour les ressources et pour l'espace vital (nourriture, territoire, abri...) est à la fois intra et interspécifique; elle est d'autant plus sévère que les exigences écologiques sont voisines, que la ressource est disponible en quantité limitée « pénurie » ou que la densité est élevée. En peuplement végétal serré, la compétition se produit surtout pour la lumière; en milieu sec, pour l'eau et si les racines de diverses espèces sont entremêlées, elles sont directement en concurrence.

Souvent, la compétition prend l'aspect d'une lutte pour l'existence: les espèces les mieux adaptées aux conditions de la station éliminent les moins adaptées; parmi, ces dernières, celles à croissance rapide, éliminent les autres. La compétition est d'autant plus sévère que les individus sont morphologiquement identiques et donc ont un même pouvoir d'extension. De manière générale, on peut dire que sont favorisées :

- ✓ l'espèce qui trouvera localement des conditions proches de son optimum écologique.
- ✓ celle à longs rhizomes, à stolons, à multiplication végétative efficace.
- ✓ Celle à croissance rapide

Par ailleurs, parmi, les solutions réduisant les effets de la compétition pour l'eau et les sels minéraux, il y a la stratification des systèmes racinaires permettant l'exploitation des différents horizons du sol alors que la stratification aérienne, elle, répond plutôt à la lumière.



## II//Les interactions intraspécifiques

Au sein de la même espèce, les relations entre individus peuvent aller de la collaboration jusqu'au stress « compétition pour la nourriture et l'espace, et même prédation ».

### ➤ La compétition

Animaux ou végétaux se livrent à une lutte sans pitié ni compassion pour la nourriture, la lumière, l'eau, un territoire, une zone où se reproduire, un abri... Plus leurs exigences écologiques seront voisines, plus deux espèces entreront en compétition. Les individus d'une même espèce n'échappent pas à la règle, surtout lorsque la densité de leur population atteint un certain seuil.

Chez les individus de la même espèce, la compétition se fait pour la nutrition et pour l'espace aérien et le volume de sol exploité par les racines et ceci aussi bien entre des espèces différentes qu'au sein de la même espèce.

Généralement, au dessus d'un seuil d'individus, la croissance est ralentie, puis les individus parvenus à une taille plus élevée, étouffent les autres. C'est pourquoi, l'éclaircissement d'une forêt « coupe de certains arbres » permet une augmentation de la biomasse due à une augmentation de la vitesse de croissance.



## **Actions des organismes Sur Leur environnement Physico-chimique**

### **I- Actions sur des paramètres climatiques**

Dans une formation végétale, la strate supérieure est la première à intercepter le rayonnement solaire « héliophiles » et fait alors de l'ombre aux plantes installées au dessous devenant ainsi de plus en plus sciaphiles ; Donc, L'intensité lumineuse s'atténue du haut vers le sol ; de même, la composition spectrale est affectée « dominance des ondes vertes non utilisées en photosynthèse » ; de leur côté, la température, l'humidité de l'air au dessus du sol sont aussi affectées .

Ainsi, dans une hêtraie âgée, de la région tempérée, la proportion d'énergie atteignant le sol est de 1/100 ; des espèces particulièrement sciaphiles croissent dans le sous-bois. En forêt équatoriale cet éclairage relatif n'est plus que de 1/1000 : il n'y a plus de sous-bois.

### **A- Cas du microclimat forestier « exemple concret de l'action des organismes vivants sur le milieu »**

\*1\* Diminution de l'intensité lumineuse du haut vers le bas (les végétaux les plus hauts interceptent plus de lumière). L'éclairage relatif: « rapport en % de l'éclairage incident à celui transmis sous couvert » est variable :

- selon les espèces : sous-bois du Pin plus lumineux que celui de l'hêtre;
- selon la phase phénologique : pour une forêt caducifoliée, la différence est grande entre la période hivernale et celle estivale.

La composition spectrale est aussi affectée: la lumière arrivant au sol, sous un couvert dense est plus riche en radiations jaune-vertes, peu favorables à la photosynthèse.

\*2\* **L'échauffement consécutif à l'absorption du rayonnement solaire s'atténue d'autant** plus rapidement que la formation est plus dense et pluristratifiée; pendant le jour, le gradient thermique est décroissant vers le sol, inverse de celui à l'air libre; La nuit, la protection végétale permet de réduire le refroidissement du sol et des strates inférieures ( la capacité thermique des plantes est supérieure à celle de l'air).Donc, les températures du sol, de l'air sous couvert , en comparaison avec l'extérieur du couvert, sont moins élevées le jour, moins froides la nuit.

\*3\* **L'atmosphère est plus humide** qu'à l'extérieur de la forêt: l'hygrométrie atteint parfois 100 % au niveau du sol ; la transpiration se fait essentiellement à partir des feuilles supérieures, soumises au vent et exposées aux rayons lumineux alors qu'au niveau du sol, l'évaporation est faible et même souvent nulle.

Par conséquent, des conditions particulières, différentes de celles à l'extérieur sont ainsi créées favorisant à la fois une flore et une faune différentes également de celles des alentours; Parfois, aussi, l'humus accumulé sous les arbres est profond, épais et frais, favorisant des espèces humicoles ( pivoine, renoncules ...); en fin, en cas de forêt à rythme saisonnier, parallèlement aux phénophases des arbres, différentes plantes se succèdent en sous- bois: alternance sciaphiles, héliophiles en rapport avec la présence ou la chute des feuilles chute .

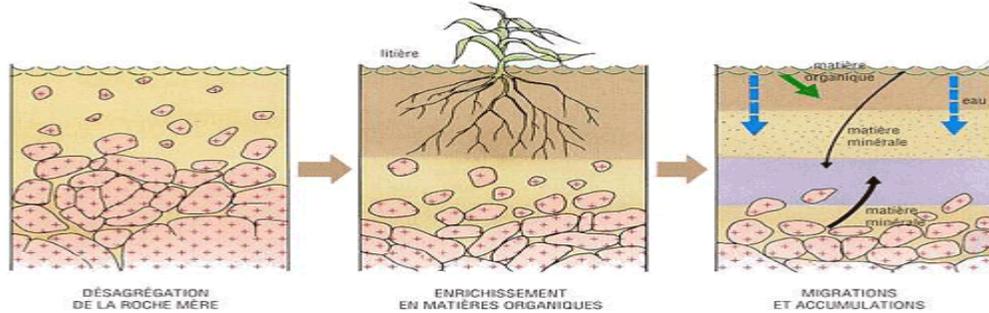
## **B-Rapports végétation, conditions hydriques**

La végétation affecte la disponibilité de l'eau dans la rhizosphère en l'interceptant par sa masse foliaire avant qu'elle atteigne le sol, favorisant dès lors sa perte par évaporation (Ecran végétal). **L'interception** dépend en grande partie de la surface foliaire: les forêts connaissent de fortes pertes par interception);

Une forêt de feuillus peut intercepter les 2/ 3 des pluies contre 1 /5 en cas de résineux. Au-delà de la variation de la quantité d'eau disponible, la végétation peut aussi régler son devenir: **diminution du ruissellement superficiel; infiltration** par les porosités créées par les racines; sous l'ombre, les températures atténuées **réduisent le pouvoir évaporant** d'où une humidité édaphique et même atmosphérique plus élevées sous couvert végétal.

## II // Rôles de la végétation dans la pédogenèse

### A- Ameublissement de substrat compact



#### ➤ **Effet destructeur**

Les plantes, surtout celles à racines pivotantes ou traçantes, puissantes, participent dans la **désagrégation** de la roche-mère en créant et élargissant les fissures; cette action mécanique agit dans le même sens que les variations brutales de la température ou l'alternance du gel et du dégel qui causent eux aussi l'éclatement des roches.

D'un autre côté, en plus du CO<sub>2</sub> atmosphérique apporté par les eaux de pluie, les exsudats acides, issus essentiellement de mousses et de lichens, les protons H<sup>+</sup> libérés par les radicelles des plantes photosynthétiques au contact même de la roche et les acides organiques transitoires « formés dans les premiers stades de décomposition de la matière organique », offrent des conditions d'acidité favorables à l'**altération** des roches; en effet, les hydrolyses et les dissolutions, toutes, se réalisent en conditions acides. En conséquence, le substrat compact devient progressivement poreux et meuble.

#### ➤ **Effet édificateur:**

L'apport et l'incorporation de la matière organique reste la participation la plus importante des végétaux dans la formation des sols. En effet, la litière du sol est essentiellement d'origine végétale (feuilles tombées, brindilles, racines mortes...), la biomasse animale des écosystèmes terrestres étant plus faible.

=====

## Devenir de cette matière organique

En moyenne, au bout d'un an, 60 à 70 % de la matière incorporée au sol est **minéralisée**. Le reste continue à s'oxyder et se minéraliser très lentement (taux de 1 à 3 %) ou au contraire se polymérise en molécules organiques de haut poids moléculaire : l'**humus (matière organique du sol, néoformée)** : l'humification est donc une déviation sur la voie principale de minéralisation totale. Lentement, aura lieu une déshumification, transformant l'humus en matière minérale. Ainsi, l'humus, est d'abord une réserve de minéraux ( aspect nutritionnel direct ); de plus , en association avec l'argile ,colloïde minéral issu de la décomposition des roches, il forme le complexe organo-minéral ou complexe adsorbant du sol , fixant de façon réversible les cations métalliques " Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>...", les préservant de l'entraînement en profondeur par les eaux de pluie" lessivage il les remet progressivement à la disposition des plantes (aspect nutritionnel indirect )

**Rq1** : plus hydrophile que l'argile, un gramme d'humus fixe 5 fois plus de cations qu'un gramme d'argile; et 15 fois son propre poids d'eau; D'un autre côté, l'humus empêche la dispersion de l'argile en formant autour d'elle une couche protectrice, d'où une meilleure stabilité du sol.

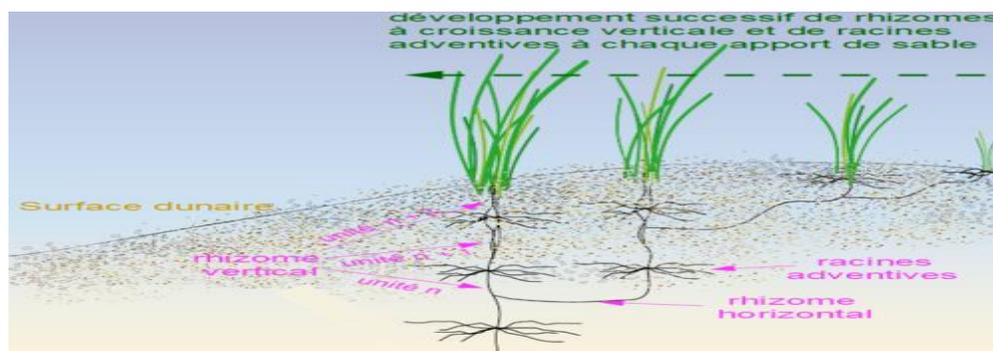
**Rq2** : la composition floristique a un rôle décisif du type d'humus: les espèces à feuilles très lignifiées et pauvres en azote et en bases "tel le calcium " induisent le plus souvent un humus acide "*Mor* " et sont dites **acidifiantes**; d'autres plantes, telles les légumineuses, le chêne, à débris riches en azote sont dites **améliorantes** et l'humus est de type "*Mull*".

**Rq3** : les organes souterrains (tubercules, rhizomes, racines), enfoncés en profondeur, une fois morts, leur matière organique libérée sur place, s'associe en profondeur à l'argile du sol: ce processus est appelé: **infiltration ou injection humifère**.

=====

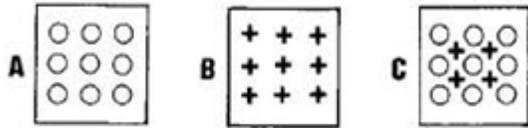
## B- Fixation et induration des sols

L'enfoncement des racines permet la consolidation de substrats trop meubles et instables. Sur les dunes de sable, le chevelu racinaire permet la fixation du substrat, que viennent renforcer la matière organique morte et l'eau « la rétention hydrique du sol étant accrue ». Ainsi, l'oyat (*Ammophila arenaria*), roseau des sables est une graminée des dunes et plages de bords de mer du littoral méditerranéen ou Atlantique. Sa présence importante sur les côtes sableuses ( plante psammophile ) a une utilité considérable puisque **la plante contribue à fixer les dunes** grâce à ses racines et rhizomes qui s'enfoncent dans le sable. Par voie de conséquence, la végétation qui se trouve juste derrière les dunes est protégée des vents et peut se développer.

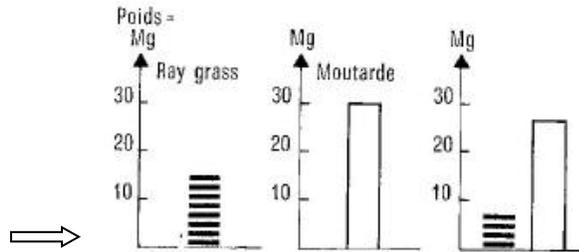




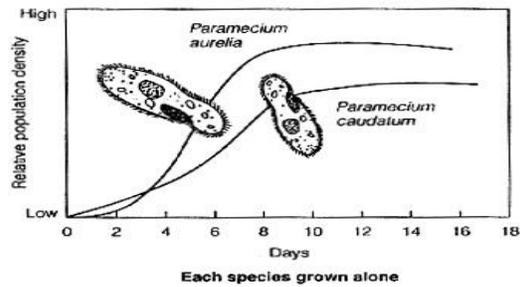
## Pour réflexion



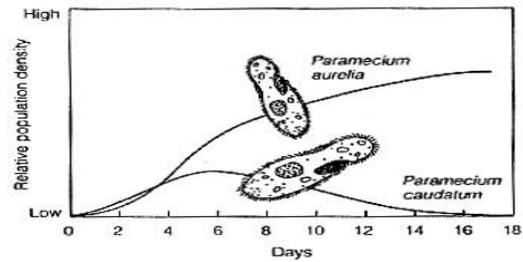
(A : moutarde, B : ray grass) ou mêlées (C).  
Si la distance est de 2 cm entre graines de la même espèce, on obtient très vite (3 semaines) des résultats significatifs :



Poids moyen individuel du ray grass et de la moutarde en terrines (A et B) ou ensemble (C).



Each species grown alone



Both species grown together

Figure 6-3 The results of G. F. Gause's classic laboratory experiment with two similar single-celled, bacteria-eating species of *Parametium* (that reproduce asexually) support the competitive exclusion principle that similar species cannot indefinitely occupy the same ecological niche.

