

**Module : Ecologie.**

**Chargée de Cours : Dr Belhadj Hanane**

**2023/2024**

**Ecole Supérieure en Sciences  
Biologiques d'Oran.**

**Objectif du module :**

L'objectif de ce module est de cerner les aspects fondamentaux de l'écologie en tant que "science de l'environnement" et de ce fait, cet enseignement constitue une vitrine de l'écologie. Au terme de cet enseignement, les étudiants doivent avoir assimilé les concepts fondamentaux de l'écologie générale, à savoir : 1) le concept de niche écologique régi par les interactions entre les différentes composantes (biotiques et abiotiques) des écosystèmes, et par conséquent l'importance des facteurs écologiques sur la régulation et le fonctionnement des écosystèmes, 2) les flux d'énergie et le cycle de la matière qui conditionnent le fonctionnement des écosystèmes. Par ailleurs, ce cours d'écologie est conçu de telle sorte que les étudiants prennent conscience du fait que l'écologie est une science intégrative par excellence et qu'elle nécessite de bonnes connaissances de base dans les autres disciplines enseignées en biologie et notamment en physique, en chimie et en biochimie.

**E-mail : [belhadj.hananemb@yahoo.fr](mailto:belhadj.hananemb@yahoo.fr)**

## INTRODUCTION

Le mot « **écologie** » vient du grec **Oïkos** (Demeure, habitat) et **Logos** (Science); c'est donc littéralement la science de la maison, de l'habitat.

L'écologie est la science qui étudie les milieux et les conditions d'existence des êtres vivants et les rapports qui s'établissent entre eux et leur environnement.

L'écologie a été définie par le biologiste allemand Ernst Haeckel en 1866, mais ce n'est que vers 1900 que l'écologie fut considérée comme une sorte de carrefour des disciplines majeures de la biologie animale que sont la physiologie, la génétique, l'évolution qui inclut la taxonomie ainsi que l'éthologie. Nous retiendrons la définition plus récente proposée par Dajos (1983) : « L'écologie est 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, et le milieu d'autre part. »

L'un des objectifs de l'écologie est de détecter, d'analyser et de combattre les dysfonctionnements éventuels d'un écosystème. La nécessité de respecter la nature est de plus en plus admise, ce qui permet à l'écologie moderne de proposer des mesures concrètes pour la protection de l'environnement (création de réserves et de parcs naturels, de banques de semences, lois internationales de protection de la faune, de la flore et des milieux naturels...).

L'écologie apporte les connaissances nécessaires pour cerner les problèmes environnementaux, les comprendre et les résoudre :

- Déforestation.
- Érosion des terres par déforestation.
- Appauvrissement des sols par l'agriculture et l'élevage.
- Pollutions de l'eau et de l'air.
- Bioaccumulation des pesticides.
- Destruction de la couche d'ozone sous l'action des CFC (Chlorofluorocarbones).
- Déséquilibres par introduction d'espèces exotiques.

# CHAPITRE I: Généralités

## 1. Définition

A l'origine, l'écologie signifie l'étude de l'habitat des êtres vivants ou encore l'étude des conditions physiques, chimiques et biologiques qui déterminent la présence des espèces vivantes. L'écologie est une branche de la biologie qui s'est constituée en discipline scientifique. Elle se donne pour tâche d'étudier le monde vivant à ses différents degrés d'organisation. Elle met en évidence les relations que les êtres vivants, y compris l'homme, entretiennent entre eux et avec leur milieu de vie.

L'écologie apparaît donc comme la science de l'habitat, étudiant les conditions d'existence des êtres vivants et les interactions de toute nature qui existent entre ces êtres vivants et leurs milieux. Il s'agit de comprendre les mécanismes qui permettent aux différentes espèces d'organismes de survivre et de coexister en se partageant ou en se disputant les ressources disponibles (espace, temps, énergie, matière). Par extension, l'écologie s'appuie sur des sciences connexes telles la climatologie, l'hydrologie, l'océanographie, la chimie, la géologie, la pédologie, la physiologie, la génétique, l'éthologie, ... etc. Ce qui fait de l'écologie, une science pluridisciplinaire !

Le sens du mot écologie a subi une dérive depuis que le grand public a été saisi des problèmes environnementaux (1965-1970). Il faut donc distinguer plusieurs vocables :

- **L'écologie** est une science ;
- **L'écologisme** (Environnementalisme) est l'activité politique visant à l'amélioration du milieu de vie de l'humanité ;
- **Les écologues** sont les scientifiques faisant de la recherche en écologie ;
- **Les écologistes** (Environnementalistes) sont les activistes de l'écologisme.

## 2. Domaines d'intervention

Le champ d'étude de l'écologie est local ou mondial, spécifique ou général, dépendant des questions auxquelles le scientifique essaie de répondre. Un écologue peut déterminer la température et la lumière nécessaire à un chêne isolé, un autre peut étudier tous les organismes qui vivent dans une forêt où l'on trouve ce chêne et un autre peut examiner comment les nutriments circulent entre la forêt et les communautés environnantes. L'écologie est la science la plus vaste des sciences de la nature et elle est liée à chacune des autres disciplines de la biologie. L'universalité et

ÉCOLOGIE

la pluridisciplinarité de l'écologie relie des domaines qui ne font pas partie de la biologie de façon traditionnelle tels : La climatologie, l'hydrologie, les statistiques, l'océanographie, la chimie, la physique, la géologie, la pédologie, la physiologie, l'éthologie, l'économie, la politique,...etc. En effet, l'écologie étudie non seulement chaque élément dans ses rapports avec les autres éléments, mais aussi l'évolution de ces rapports selon les modifications que subissent le milieu et les populations animales et végétales.

Les études écologiques portent conventionnellement sur trois niveaux :

L'individu, la population et la communauté.

- Un **individu** est un spécimen d'une espèce donnée.
- Une **population** est un groupe d'individus de la même espèce occupant un territoire particulier à une période donnée.
- Une **communauté** ou **biocénose** est l'ensemble des populations d'un même milieu, peuplement animal (zoocénose) et peuplement végétal (phytocénose) qui vivent dans les mêmes conditions de milieu et au voisinage les uns des autres.

Chacun de ces trois niveaux fait l'objet d'une division de l'écologie :

- l'individu concerne **l'autoécologie** : c'est la science qui étudie les rapports d'une seule espèce avec son milieu. 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 l'éthologie.
- la population concerne **l'écologie des populations** 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.
- la biocénose concerne **la synécologie** : 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.

### 3. Notion de système écologique : Ecosystème

La biosphère n'est pas peuplée de façon anarchique par les êtres vivants. Bien au contraire, ces derniers constituent des systèmes biologiques complexes consistant en autant de communautés spécifiques, associations de micro-organismes, plantes et animaux, inféodés à un milieu déterminé. Chaque communauté, que l'on dénomme « biocénose », présente un haut degré d'organisation dans les relations réciproques entre les divers individus, populations et espèces qui la composent ainsi qu'avec le milieu physico-chimique ambiant.

Chaque biocénose se développe en effet sur un substrat abiotique occupant une surface ou un volume variable et soumis à des conditions homogènes que l'on dénomme « **biotope** ». Ce dernier est caractérisé par un ensemble de facteurs de nature physique ou chimique : Localisation géographique, intensité du flux solaire, vent, température, hygrométrie, courants (En milieu aquatique), concentration en substances biogènes : Eau, gaz carbonique, oxygène, éléments minéraux nutritifs, etc. Chaque biotope constitue donc le support physique d'une biocénose spécifiquement définie par un ensemble de facteurs de milieu appelés « **facteurs écologiques** ». Il est donc possible de distinguer parmi les divers milieux et les innombrables êtres vivants qui peuplent la biosphère un ensemble d'unités fonctionnelles de nature écologique stables dans le temps dénommé « **écosystème** ». Ce terme désignant l'association d'un environnement physico-chimique spécifique (Biotope) avec une communauté vivante (Biocénose). Partant de ces définitions, nous pourrions être tentés comme l'ont fait de nombreux auteurs depuis Arthur Tansley (1935) de définir l'écosystème par l'équation suivante :

$$\text{Ecosystème} = \text{Biotope} + \text{Biocénose}$$

- **Un écosystème** est par définition un système, c'est-à-dire un ensemble d'éléments en interaction les uns avec les autres. C'est un système biologique formé par deux éléments indissociables, **la biocénose et le biotope**.
- **La biocénose** est l'ensemble des organismes qui vivent ensemble (zoocénose, phytocénose, microbiocénose, mycocénose...).
- **Le biotope (écotope)** est le fragment de la biosphère qui fournit à la biocénose le milieu abiotique indispensable. Il se définit également comme étant l'ensemble des facteurs

ECOLOGIE

écologiques abiotiques (substrat, sol « édaphotope », climat « climatope ») qui caractérisent le milieu où vit une biocénose déterminée.

- **Un biome** est une grande région terrestre qui a un climat, un sol, des plantes et des animaux spécifiques. On peut citer : La toundra, la forêt boréale, la forêt tempérée, la forêt tropicale humide, la prairie, le désert ...
- **La biosphère** est la partie de l'écorce terrestre où la vie est possible. La biosphère comprend une partie de la lithosphère (partie solide de l'écorce terrestre), une partie de l'atmosphère (la couche gazeuse entourant la Terre) et une partie de l'hydrosphère (partie du système terrestre constituée d'eau). La biosphère désigne l'ensemble de ces milieux et tous les êtres vivants qui y vivent.

La notion d'écosystème est **multiscale** (multi-échelle), c'est à dire qu'elle peut s'appliquer à des portions de dimensions variables de la biosphère; un lac, une prairie, ou un arbre mort...

Suivant l'échelle de l'écosystème nous avons :

- un **micro-écosystème** : exemple un arbre ;
- un **méso-écosystème** : exemple une forêt ;
- un **macro-écosystème** : exemple une région.

Les écosystèmes sont souvent classés par référence aux biotopes concernés. On parlera de :

- ❖ des écosystèmes terrestres - les forêts, les prairies, les déserts, etc.
- ❖ des écosystèmes aquatiques - en eau salée ou en eau douce;

### Composition d'un écosystème:

<p><b>BIOTOPE</b> (Milieu physique- Chimique)</p>	<p><u>Composante abiotique formées de trois réservoirs:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <u>Air : Atmosphère (basse atmosphère)</u></li> <li>➤ <u>Eau : Hydrosphère (océans, lacs, cours d'eau...)</u></li> <li>➤ <u>Terre : Lithosphère (pellicule de terre)</u></li> </ul>
<p><b>BIOCÉNOSE</b> (Les vivants)</p>	<p><u>Composante biotique formée d'un réservoir:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <u>Êtres vivants : Biosphère</u></li> </ul>

# CHAPITRE II : Le milieu et ses éléments

## 1. Notion de niche écologique

Les organismes d'une espèce donnée peuvent maintenir des populations viables seulement dans un certain registre de conditions, pour des ressources particulières, dans un environnement donné et pendant des périodes particulières. Le recoupement de ces facteurs décrit **la niche**, qui est la position que l'organisme occupe dans son environnement, comprenant les conditions dans lesquelles il est trouvé, les ressources qu'il utilise et le temps qu'il y passe.

Les organismes peuvent changer de niches quand ils se développent.

**Exemple :** les crapauds communs occupent un environnement aquatique (s'alimentent d'algues et de détrit) avant de se métamorphoser en adultes, où ils deviennent terrestres (s'alimentent d'insectes).

Stade	Jeune	Adulte
Environnement	Aquatique	Terrestre
Alimentation	Algues + détritus	Insectes

## 2. Notion d'habitat

Contrairement à la niche, l'habitat d'un organisme est l'environnement physique dans lequel un organisme est trouvé.

Les habitats contiennent beaucoup de niches et maintiennent de nombreuses espèces différentes.

L'habitat naturel est un concept qui se définit par :

- Un espace géographique
- Des facteurs environnementaux : climat, sol,..., faune et flore
- Une organisation dans l'espace et dans le temps.
- ❖ Tout en tenant compte de l'ensemble des facteurs environnementaux, la détermination des habitats naturels s'appuie essentiellement sur la végétation qui constitue le meilleur intégrateur des conditions écologiques d'un milieu. Aussi, à chaque fois que, dans un

ÉCOLOGIE

territoire donné, les mêmes conditions environnementales sont réunies, on retrouve sensiblement le même ensemble de plantes ou groupement végétal.

- ❖ Un habitat naturel est un espace homogène par ses conditions écologiques (compartiment stationnel avec ses conditions climatiques, son sol et matériau parental et leurs propriétés physico-chimiques), par sa végétation (herbacée, arbustive et arborescente), hébergeant une certaine faune, avec des espèces ayant tout ou partie de leurs diverses activités vitales sur cet espace.

**Remarque :** La végétation est donc un bon indicateur permettant de "déterminer" l'habitat.

**Exemple :** Une forêt comporte un vaste nombre de niches pour un choix de oiseaux (sitelles, bécasses), de mammifères (souris de bois, renards), d'insectes (papillons, coléoptères, pucerons) et de plantes (anémones de bois, mousses, lichen).

### 3. Notion de facteurs de milieu

On appelle « facteur écologique » tout élément du milieu pouvant agir directement sur les êtres vivants.

Les facteurs écologiques sont de deux types :

**Facteurs abiotiques :** ensemble des caractéristiques physico-chimiques du milieu tel que les facteurs climatiques (température, pluviosité, lumière, vent...), édaphiques (texture et structure du sol, composition chimique,...)...

**Facteurs biotiques :** ensemble des interactions qui existent entre des individus de la même espèce ou d'espèces différentes : prédation, parasitisme, compétition, symbiose, commensalisme, ...etc.

#### Impact des facteurs écologiques:

Les facteurs écologiques agissent sur les êtres vivants de diverses façons :

- En éliminant certaines espèces des territoires dont les caractéristiques climatiques ou physico-chimiques ne leur conviennent pas et par conséquent en intervenant dans leur répartition géographique.
- En modifiant les taux de fécondité et de mortalité des diverses espèces en agissant sur leur cycle de développement et en provoquant des migrations, donc en agissant sur la densité des populations.

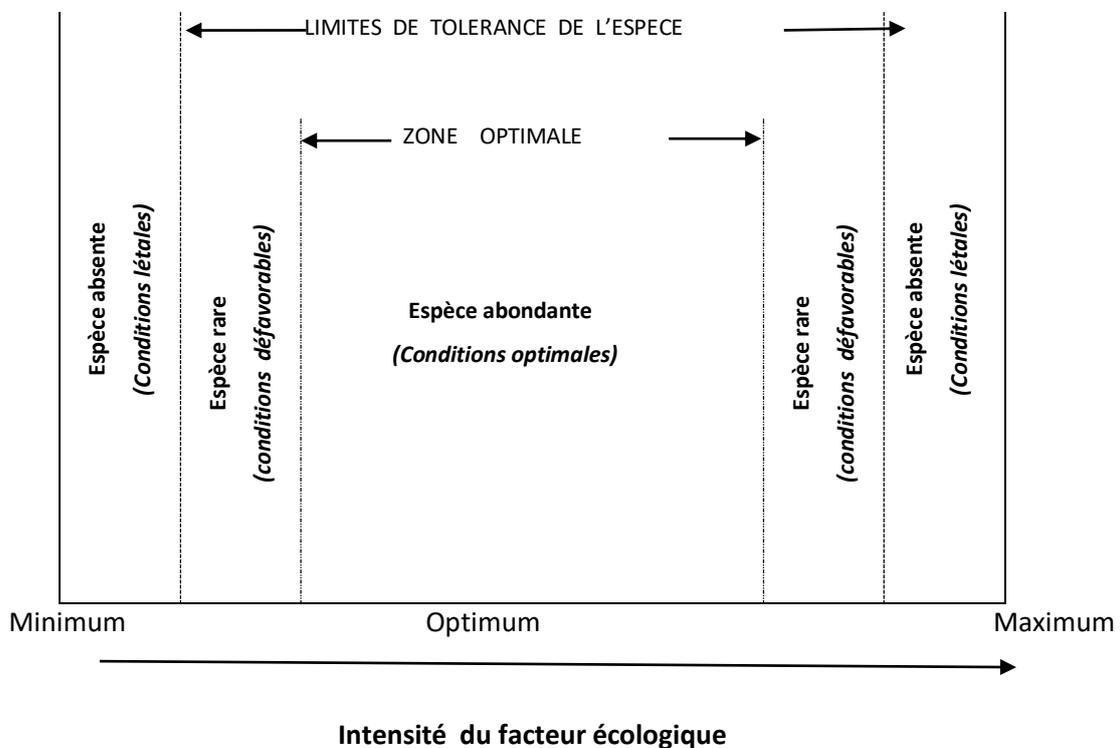
#### 4. Interaction du milieu et des êtres vivants

Les réactions des êtres vivants face aux variations des facteurs physico-chimiques du milieu intéressent la morphologie, la physiologie, le comportement.

Les êtres vivants sont éliminés totalement, ou bien leurs effectifs sont fortement réduits lorsque l'intensité des facteurs écologiques est proche des limites de tolérance ou les dépasse.

##### **A-Loi de tolérance (intervalle de tolérance) :**

Énoncée par Shelford en 1911, la loi de la tolérance stipule que pour tout facteur de l'environnement existe un domaine de valeurs (ou intervalle de tolérance) dans lequel tout processus écologique sous la dépendance de ce facteur pourra s'effectuer normalement. C'est seulement à l'intérieur de cet intervalle que la vie de tel ou tel organisme, population ou biocénose est possible. La borne inférieure le long de ce gradient délimite la mort par carence, la borne supérieure délimite la mort par toxicité. À l'intérieur de l'intervalle de tolérance, existe une valeur optimale, dénommée « préférendum » ou « optimum écologique » pour lesquelles le métabolisme de l'espèce ou de la communauté considérée s'effectue à une vitesse maximale (Fig.01).



**Figure 01 : Limites de tolérance d'une espèce en fonction de l'intensité du facteur écologique étudié. (L'abondance de l'espèce est maximale au voisinage de l'optimum écologique).**

Ainsi chaque être vivant présente vis-à-vis des facteurs écologiques des limites de tolérance entre lesquelles se situe la *zone de tolérance* et l'*optimum écologique* (optimum de Shelford).

**La valence écologique** d'une espèce représente sa capacité à supporter les variations plus ou moins grandes d'un facteur écologique. Elle représente la capacité à coloniser ou à peupler un biotope donné.

- Une espèce à forte valence écologique c'est-à-dire capable de peupler des milieux très différents et supporter des variations importantes de l'intensité des facteurs écologiques, est dite **euryèce**.
- Une espèce à faible valence écologique ne pourra supporter que des variations limitées des facteurs écologiques, elle est dite **sténoèce**.
- Une espèce à valence écologique moyenne, est dite **mesoèce**.

### **B- Loi du minimum**

On doit à Liebig (1840) la loi du minimum qui stipule que la croissance d'un végétal n'est possible que dans la mesure où tous les éléments indispensables pour l'assurer sont présents en quantités suffisantes dans le sol. Ce sont les éléments déficitaires (dont la concentration est inférieure à une valeur minimum) qui conditionnent et limitent la croissance.

La loi de Liebig est généralisée à l'ensemble des facteurs écologiques sous forme d'une loi dite « loi des facteurs limitant ».

Liebig a établi le caractère crucial, pour la croissance des plantes, des sels minéraux contenus dans le sol : si un de ces nutriments essentiels fait défaut, tous les autres nutriments présents sont inutiles.



**Le potentiel de croissance de tout végétal est comme un tonneau avec des barres de longueurs inégales.**

ÉCOLOGIE

La capacité du baril est limitée par la longueur de la barre la plus courte (dans le cas de l'illustration en dessus : Azote), et peut seulement être augmenté en rallongeant cette barre.

Quand cette barre est rallongée, un autre élément risque à son tour de devenir le facteur limitant.

**Par exemple**, le bore est un élément rare, à l'état de trace dans le sol. Mais s'il vient à manquer totalement, la croissance des plantes s'arrête, même si les autres éléments nutritifs sont présents en abondance.

**C- Facteur limitant**

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

Tous les facteurs écologiques, à un moment ou un autre, sans aucune exception, sont susceptibles, dans certaines conditions, de se comporter comme des facteurs limitants, soit parce que leur intensité tombe au-dessous d'une valeur minimale incapable de satisfaire aux exigences de l'espèce, soit parce que leur valeur dépasse celle acceptable pour l'espèce.

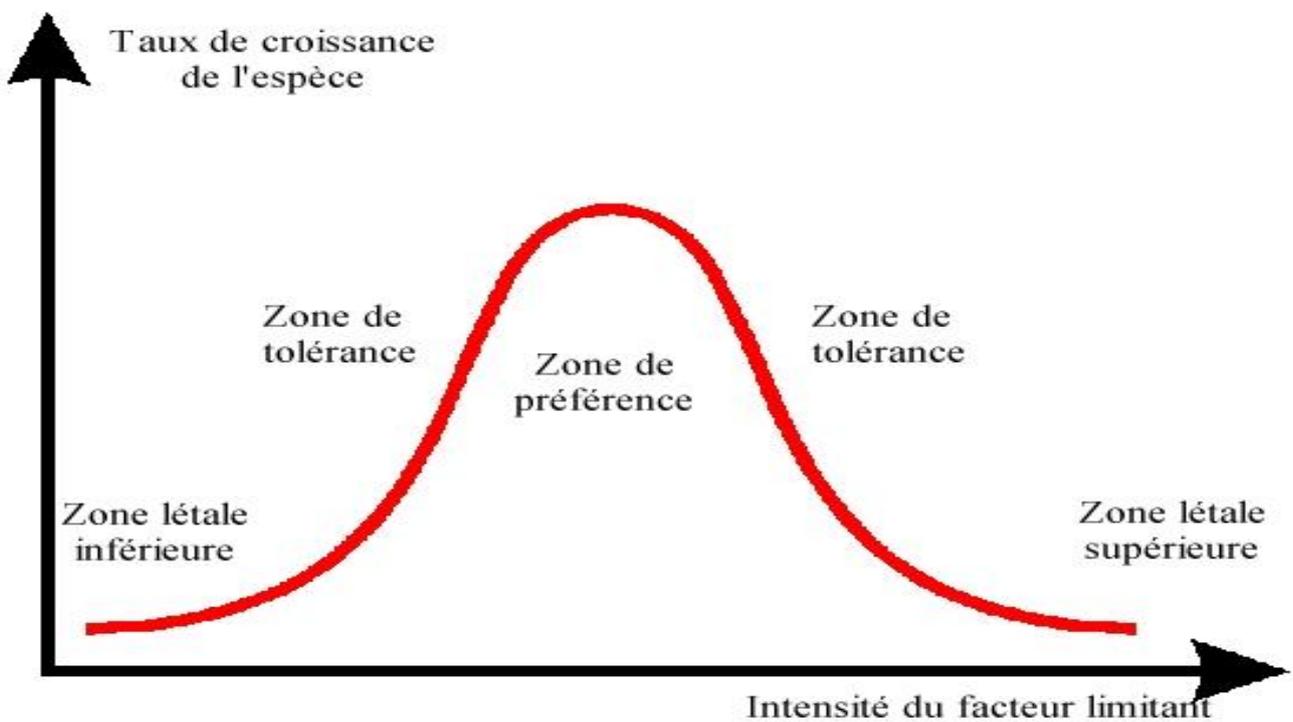


Figure n° 02: taux de croissance de l'espèce par apport a l'intensité du facteur limitant.

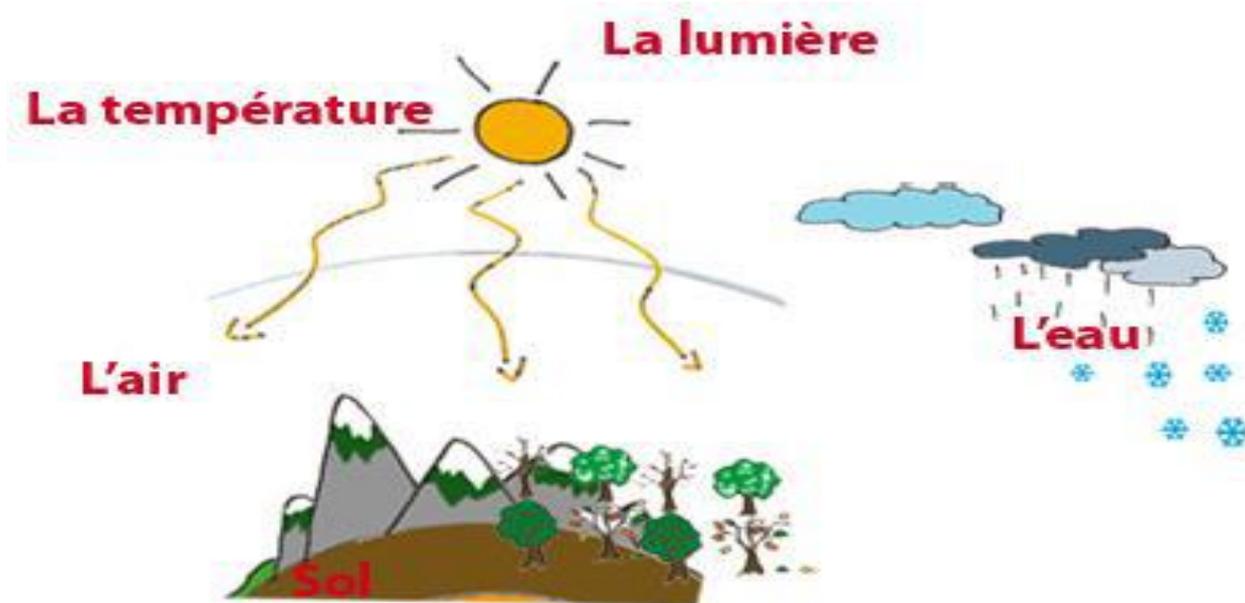
# CHAPITRE III : Les Facteurs abiotiques



### Les facteurs écologiques:

- On appelle facteur écologique tout élément du milieu (température, pluies, PH du sol...) susceptible d'agir directement sur les êtres vivants au moins durant une phase de leur cycle de développement.
- On distingue les facteurs : abiotiques (climatiques et édaphiques) et biotiques.
- Ces facteurs écologiques n'agissent jamais indépendamment, au contraire les êtres vivants sont toujours exposés de façon simultanée à l'action conjuguée d'un grand nombre de facteurs. La résultante de cette action conditionnera donc l'état du développement des êtres vivants.

### \*Les facteurs abiotiques d'un écosystème:



### Les 5 éléments nécessaires à la vie

## A- Facteurs climatiques

### 1. Définition du climat

Le climat est l'ensemble des conditions atmosphériques et météorologiques propres à une région du globe. Le climat d'une région est déterminé à partir de l'étude des paramètres météorologiques (température, taux d'humidité, précipitations, force et direction du vent, durée d'insolation, etc.) évalués sur plusieurs dizaines d'années.

De part et d'autre de l'Équateur et en se déplaçant vers les pôles, on trouve un climat équatorial, tropical, subtropical, tempéré, subpolaire et polaire. Cependant, il existe des variations considérables qui peuvent s'étudier sur des échelles spatiales différentes. Nous distinguerons :

- **Macroclimat** (Régional) : A l'intérieur des grandes zones les conditions climatiques ne sont pas uniformes. Ex. : En Algérie, il existe plusieurs régions climatiques : Région à climat tempéré humide de type méditerranéen (Tell), régions à climat continental (Hautes plaines) et régions à climat aride et sec (Sahara).
- **Mésoclimat** (Local) : Dans une région climatique, le climat n'est pas le même en tous lieux. Nous distinguons des climats locaux variables suivant l'altitude, l'éloignement de la mer, l'exposition...etc. Ex. : Climat d'une forêt.
- **Microclimat**: Conditions climatiques limitées à une région géographique très petite, significativement distinctes du climat général de la zone résultant de la modification du climat local par la topographie, le couvert végétal... Il est défini par les écologues comme étant le climat « à l'échelle de l'organisme ». Ex. : Climat sous un arbre ou une pierre.

Parmi les facteurs climatiques on distingue des facteurs énergétiques (Lumière, température), hydrologiques (Précipitations, hygrométrie) et mécaniques (Vent, enneigement).

### 2. Les Principaux facteurs climatiques

Les éléments du climat qui jouent un rôle écologique sont nombreux. Les principaux sont la température, l'humidité et la pluviosité, l'éclairement et la photopériode (Répartition, dans la journée, entre la durée de la phase diurne et celle de la phase obscure). D'autres, comme le vent et la neige, ont une moindre importance, mais ils peuvent dans certains cas avoir un rôle non négligeable.

## 2.1. Température

La température est l'élément du climat le plus important étant donné que tous les processus métaboliques en dépendent. Des phénomènes comme la photosynthèse, la respiration, la digestion suivent la loi de van't Hoff qui précise que la vitesse d'une réaction est fonction de la température.

La grande majorité des êtres vivants ne peut subsister que dans un intervalle de températures comprise entre 0 et 50°C en moyenne. Les températures trop basses ou trop élevées déclenchent chez certains animaux un état de dormance (quiescence) appelé estivation ou hibernation. Dans les deux cas, le développement est quasiment arrêté.

Les limites des aires de répartition géographique sont souvent déterminées par la température qui agit comme facteur limitant. Très souvent ce sont les températures extrêmes plutôt que les moyennes qui limitent l'installation d'une espèce dans un milieu.

Grandeur physique à laquelle nous sommes le plus sensible. La notion du temps qu'il fait est intrinsèquement liée au sentiment de chaud ou de froid. La température traduit l'agitation moléculaire des gaz atmosphériques, conséquence des chocs entre leurs molécules. Elle représente un facteur limitant de toute première importance car :

- La température agit directement sur les activités enzymatiques et sur toute une série de phénomènes physico-chimiques extrêmement importants au niveau cellulaire. Elle contrôle, par voie de conséquence la respiration, la croissance, la photosynthèse, les activités locomotrices, la résistance à des facteurs défavorables du milieu,...etc
- Les limites des aires de répartition géographique sont souvent déterminées par la température (Facteur limitant). Très souvent ce sont les températures extrêmes plutôt que les moyennes qui limitent l'installation d'une espèce dans un milieu.

L'intervalle thermique dans lequel la vie est possible est compris entre -200°C et +100°C.

**Ex.1:** Certaines Cyanophycées capables de se développer dans des eaux dont la température dépasse 80°C.

**Ex.2 :** Certains spores de Cryptogames et kystes de Nématodes peuvent supporter des températures inférieures à -180°C. Cela résulte de leur aptitude à survivre en état **d'anhydrobiose** (L'organisme est fortement déshydraté et les fonctions vitales sont complètement ou presque complètement arrêtées). Cependant, l'intervalle de tolérance de la plupart des espèces

ECOLOGIE

vivantes est généralement beaucoup plus étroit, tout au plus de l'ordre d'une soixantaine de degrés (60°C) même pour les organismes déjà très **eurythermes** (Organismes doués d'une haute tolérance écologique par rapport à la température). A l'opposé, les **sténothermes** ne tolèrent qu'un intervalle limité de températures ambiantes en période de vie active.

**Ex.1** : La Puce des neiges (*Boreus hyemalis*) est un insecte eurytherme qui demeure actif entre -12 et 32°C.

**Ex. 2** : La Truite de rivière (*Salmo trutta*) est un poisson sténotherme dont la température optimale est de 7 à 17°C et la température létale est de 22 à 25°C. Le plus fort degré de **sténothermie** s'observe chez les organismes océaniques, car l'amplitude annuelle des températures est beaucoup plus faible en milieu aquatique qu'en milieu terrestre, justifié par la capacité calorifique de l'eau qui est beaucoup plus forte que celle de l'air (1m<sup>3</sup> d'eau à 30°C stocke 500 fois plus de chaleur que le même volume d'air à cette température). En conséquence, les biotopes aquatiques présentent une inertie thermique beaucoup plus forte que celle des biotopes terrestres qu'ils jouxtent. Ils se réchaufferont donc beaucoup moins en été et à l'opposé seront moins froids que ces derniers en période hivernale.

Les organismes vivants s'adaptent différemment aux variations thermiques, on distingue :

**-Organismes éctothermes (Hétérothermes, poïkilothermes, à sang froid)** : Organismes incapables de réguler leur température corporelle, ils se réchauffent s'il fait plus chaud et se refroidissent s'il fait plus froid.

**Ex.** : Invertébrés, poissons, amphibiens, reptiles,...

**-Organismes endothermes (Homéothermes, à sang chaud)** : Organismes capables de réguler et maintenir leur température corporelle à un niveau constant (37°C pour les mammifères).

**Ex.** : Mammifères, oiseaux...

**-Organismes microthermes (Oligothermes)** : Organismes adaptés à de basses températures.

**Ex.** : Le Poisson des glaces (*Trematomus bernacchii*) est un poisson de l'océan glacial arctique qui vit entre -2.5 et 2°C.

**-Organismes mégathermes (Polythermes)** : Organismes adaptés à des températures élevées.

**Ex.** : Les Madrépores (Corail) vivent dans les massifs coralliens entre 20 et 27°C.

ÉCOLOGIE

On appelle **température optimale**, la température à laquelle le développement et les réactions métaboliques se déroulent de la meilleure manière possible avec le minimum de dépenses énergétiques.

### Réactions des êtres vivants aux conditions thermiques défavorables

Les plantes les plus résistantes aux hautes températures sont celles des déserts subtropicaux où l'on relève les records de chaleur enregistrés en 2009 (56.7°C dans la Vallée de la Mort en Californie et 55.9°C dans le Fezzan en Libye correspondant à des températures de l'air de l'ordre de 58 à 60°C). On conçoit dans de telles circonstances l'existence de certaines plantes xérophiiles comme les cactées, pouvant supporter jusqu'à 65°C.

Chez les vertébrés, diverses adaptations morphologiques accompagnent la résistance au froid :

- En sus d'un plumage pourvu d'un épais duvet ou d'une fourrure épaisse particulièrement isolants, ces animaux sont pourvus d'une forte couche de graisse sous-cutanée.

**Ex. :** Manchots, phoques,...

- Une tendance à la réduction de la longueur des appendices : Oreilles, queue, cou, pattes et ailes, d'autant plus accentuée que l'on se rapproche des régions polaires (Règle d'Allen).

**Ex.:** Le Renard Polaire possède les oreilles les plus petites de tous les renards. Cette adaptation permet à l'animal des milieux chaud de rayonner de la chaleur et de lutter ainsi contre l'élévation de sa température corporelle.

**Ex.:** Le Fennec (*Fenecus zerda*) ayant de très grandes oreilles est inféodé aux déserts subtropicaux.

- La taille et donc la masse des espèces tendent à croître avec la latitude (Loi de Bergmann).

**Ex. :** Le Manchot Empereur qui atteint les 50 kg se rencontre aux latitudes les plus australes, tandis que le plus petit, le Manchot de Galápagos qui pèse moins de 3 kg, vit à l'équateur.

Chez les invertébrés, la résistance aux températures extrêmes est très variable. De façon générale elle est plus forte chez les eurythermes que chez les sténothermes, et plus accentuée chez les formes de durée (Œufs d'hiver, nymphes en état de vie ralentie, kystes,...) que chez les stades métaboliquement actifs. Trois schémas pour l'ensemble des mécanismes d'adaptation aux

ECOLOGIE

conditions thermiques sont observés chez les insectes. Ils sont essentiellement représentés par l'adoption de modes de vie ralentie correspondant à :

- Une déshydratation poussée à un très haut degré.
- Un ajustement du métabolisme et du rythme d'activité au déroulement des saisons.
- La sélection des génotypes thermiquement les mieux adaptés (Intéresse l'espèce).

Les arthropodes ainsi que d'autres invertébrés susceptibles d'être exposés à une phase de gel ou de chaleur excessive au cours de leur cycle vital subissent des arrêts de développements (Chez les jeunes stades) ou d'activité (Chez les adultes) pendant ces périodes défavorables. Selon qu'ils soient facultatifs ou obligatoires, de tels arrêts sont dénommés **quiescence** ou **diapause**. A l'opposé de la quiescence, l'état de diapause se caractérise par un arrêt obligatoire et prolongé de développement et/ou d'activité de plusieurs mois, voire de plusieurs années. Selon le stade auquel elle s'effectue, on distingue des diapauses ovulaire, embryonnaire, larvaire, nymphale et/ou imaginale (Stade adulte). La diapause intervient alors que les conditions écologiques sont encore favorables à l'espèce qui la subit.

Chez beaucoup d'animaux, un état de quiescence dénommé **hibernation** apparaît en début de période hivernale.

**Ex. :** Hormis la pression artérielle qui reste élevée, l'hibernation chez certains rongeurs (Spermophiles) s'accompagne d'une baisse de la température corporelle ( $4.5^{\circ}\text{C}$ ), le rythme respiratoire d'une inspiration par minute et celui du cœur de deux à trois pulsations par minute. Au-dessous d'une température de l'air de  $3.3^{\circ}\text{C}$ , l'activité métabolique du rongeur s'accroît, en particulier si la température de l'environnement tombe au-dessous du point de congélation de l'eau afin de maintenir la température corporelle au-dessus de  $3.5^{\circ}\text{C}$ . A la fin de la période d'hibernation, et lorsque la température de l'air atteint dans le terrier une vingtaine de degrés, celle du corps du rongeur passe de  $3.5^{\circ}\text{C}$  à  $17.5^{\circ}\text{C}$  en à peine une heure et demie. A partir de  $24^{\circ}\text{C}$ , l'animal ouvre les yeux et s'assied. Trois heures après, il est déjà en pleine activité.

A l'inverse, les espèces déserticoles évitent les chaleurs excessives en s'enfouissant au fond de galeries souterraines aux heures les plus chaudes de la journée lors de **l'estivation**. Ce processus consiste à un arrêt d'activité provoqué par les hautes températures estivales

ECOLOGIE

(Généralement associées à une sécheresse prolongée). Elle est beaucoup plus fréquente chez les invertébrés. On l'observe cependant chez divers poissons des rivières temporaires des zones tropicales soumises à une période de quasi-assèchement estival, chez des mammifères insectivores, amphibiens et reptiles des zones arides.

**Ex. :** Tortue, escargot,...

La solution parfaite qui échappe aux organismes dépourvus de grandes possibilités de déplacement actif, reste **la migration**, comme celle des oiseaux et des insectes qui constitue la solution radicale du problème. En automne, les oiseaux quittent à l'état adulte, des régions qui vont bientôt devenir trop froides et par conséquent trop pauvres en nourriture. Ils reviendront au printemps. La ponte, l'éclosion surtout, et les premières semaines de vie des jeunes se dérouleront ensuite dans des conditions thermiques optimales pour l'espèce.

**Ex. :** Flamant Rose, Monarque.

## 2.2. Humidité et pluviosité

L'eau représente de 70 à 90% des tissus de beaucoup d'espèces en état de vie active. L'approvisionnement en eau et la réduction des pertes constituent des problèmes écologiques et physiologiques fondamentaux. En fonction de leurs besoins en eaux, et par conséquent de leur répartition dans les milieux, on distingue :

- Des espèces aquatiques qui vivent dans l'eau en permanence (ex : poissons) ;
- Des espèces hygrophiles qui vivent dans des milieux humides (ex : amphibiens) ;
- Des espèces mésophiles dont les besoins en eau sont modérés et qui supportent des alternances de saison sèche et de saison humide;
- Des espèces xérophiles qui vivent dans les milieux secs où le déficit en eau est accentué (espèces des déserts) (ex : Scorpion, chameau).

Les êtres vivants s'adaptent à la sécheresse selon des modalités très variées :

### Chez les végétaux

Chez les végétaux, les espèces xérophytes présentent diverses adaptations morphologiques à l'absence d'eau pendant une période prolongée, visant essentiellement la réduction de l'évapotranspiration par :

- Réduction de l'évapotranspiration par développement de structures cuticulaires imperméables.

#### ECOLOGIE

- Réduction du nombre de stomates.
- Réduction de la surface des feuilles qui sont transformées en écailles ou en épines.
- Les feuilles tombent à la saison sèche et se reforment après chaque pluie.
- Le végétal assure son alimentation en eau grâce à un appareil souterrain puissant.
- Mise en réserve d'eau dans les tissus aquifères associés à une bonne protection épidermique.

#### Chez les animaux

Chez les animaux xérophiles, la résistance à la sécheresse s'accompagne aussi de diverses adaptations morphologiques, écophysiologicals et comportementales destinées à limiter les pertes d'eau par respiration et excrétion, en adoptant les stratégies suivantes :

- Utilisation de l'eau contenue dans les aliments.
- Réduction de l'excrétion de l'eau par émission d'une urine de plus en plus concentrée.
- Récupération de l'eau métabolique (Quand la vapeur d'eau respiratoire n'est pas exhalée, elle repasse dans le sang).
- Utilisation de l'eau produite par le métabolisme oxydatif des glucides et des lipides.
- Enfouissement dans de profondes galeries souterraines aux heures les plus chaudes de la journée où en se plaçant à l'ombre lorsqu'il existe un couvert végétal suffisant.

### 2.3. Lumière et ensoleillement

#### Lumière :

L'énergie solaire est le produit de la réaction d'une énorme fusion nucléaire et est mise dans l'espace sous forme de radiation électromagnétique, en particulier la lumière visible et les rayons infrarouges et ultraviolets, qui ne sont pas visibles par l'œil humain. Un milliardième de l'énergie totale émise par le soleil frappe notre atmosphère, et de cette minuscule quantité d'énergie, une partie infime fait fonctionner la biosphère. Les nuages et, dans une moindre mesure, les surfaces (En particulier la neige, la glace et l'océan) réfléchissent environ 31% de la radiation solaire qui arrive sur Terre. Les 69% restants de la radiation solaire qui atteignent la Terre sont absorbés et font fonctionner le cycle de l'eau, poussent les vents et les courants marins, permettent la photosynthèse et réchauffent la planète.

L'éclairement joue un rôle primordial dans la plupart des phénomènes écologiques. Il a une action importante non seulement par son intensité et sa nature (Longueur d'onde) mais aussi par la durée de son action (Photopériode). Son intensité conditionne l'activité photosynthétique et donc

ECOLOGIE

l'ensemble de la production primaire de la biosphère et celle de chaque écosystème. En fonction de l'intensité lumineuse, on distingue des **espèces héliophiles** (De lumière) et des **espèces sciaphiles** (D'ombre). Les **héliophytes** (Plantes de lumière) présentent leur croissance maximale sous de forts éclairagements et ne tolèrent pas l'ombre d'autres individus. **Ex.:** Ciste, Romarin. Les **sciaphytes** nécessitent quant à elles, une ombre forte voire très dense pour leur croissance. **Ex.:** Fougère, Mousse.

**Ensoleillement :**

L'ensoleillement est défini comme étant la durée pendant laquelle le soleil a brillé. Le rayonnement solaire est composé essentiellement de lumière visible, de rayons Infrarouge et de rayons Ultraviolet. L'éclairement a une action importante non seulement par son intensité et sa nature (longueur d'onde) mais aussi par la durée de son action (photopériode). La photopériode croît de l'Equateur vers les Pôles. A l'Equateur, les jours sont rigoureusement égaux aux nuits, pendant toute l'année. Aux Tropiques, l'inégalité reste faible et pratiquement sans influence. Aux très hautes latitudes, c'est-à-dire 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. L'atmosphère joue le rôle d'écran ou mieux de filtre en arrêtant certaines radiations et en laissant passer d'autres. En effet, l'atmosphère absorbe une part du rayonnement solaire, et diffuse une autre portion. A ces deux actions s'ajoute un phénomène de réflexion.

**Réactions des êtres vivants aux conditions d'éclairement**

**Action sur les végétaux :**

Chez les végétaux, la photopériode joue un rôle essentiel dans la plupart des écosystèmes car elle contrôle la germination des végétaux, l'entrée en dormance et la reprise d'activité des bourgeons de l'apex des tiges et sur les rameaux, leur croissance, la chute automnale des feuilles des arbres caducifoliés ainsi que la floraison. L'adaptation des végétaux est importante lorsque les végétaux passent du stade végétatif (Croissance et développement) au stade reproductif (Floraison). Les végétaux peuvent être divisés en trois catégories :

**-Végétaux de jours courts (Nyctipériodiques) :** Ces végétaux ne fleuriront que si la photopériode au moment de l'éclosion des bourgeons est inférieure ou égale à 12h d'éclairement). **Ex. :** Canne à sucre, soja,...

ECOLOGIE

- **Végétaux de jours longs (Héméropériodiques)** : Qui ont besoin pour fleurir d'au moins 12h d'éclairement (Prédominance de la photophase). **Ex.**: Betterave, épinard,...
- **Végétaux indifférents (Photoapériodiques)** : Dont la floraison n'est pas contrôlée par la photopériode. **Ex.** : Espèces tropicales.

**Action sur les animaux :**

Chez les animaux, le rôle essentiel de la photopériode réside dans l'entretien des rythmes biologiques :

- **Rythmes biologiques saisonniers** : ils sont de deux types :
  - **Rythme de reproduction chez les vertébrés** : ils ont pour résultat de faire coïncider la période de reproduction avec la saison favorable.
  - **Diapause** : la photopériode est le facteur essentiel qui déclenche chez l'animal l'entrée en diapause avant que ne survienne la saison défavorable.

- **Rythmes quotidiens ou circadiens**

Il s'agit de rythmes dont la période est égale à 24h. Ils sont entretenus par un mécanisme interne mal connu appelé « horloge biologique », dont le réglage est conditionné par l'éclairement et la température.

- **Rythmes lunaires**

Il s'agit de rythmes d'activité déclenchés par la lumière lunaire. Ils sont surtout connus chez les animaux marins.

## 2.4. Vent

Le vent résulte du mouvement de l'atmosphère entre les hautes et basses pressions. L'impact de ce facteur sur les êtres vivants peut se résumer comme suit :

Il a un pouvoir desséchant car il augmente l'évaporation.

- Il a aussi un pouvoir de refroidissement considérable.
- Le vent est un agent de dispersion des animaux et des végétaux.
- L'activité des insectes est ralentie par le vent.
- Les coups de vent, en abattant des arbres en forêt, créent des clairières dans lesquelles des jeunes arbres peuvent se développer.

ECOLOGIE

- Le vent a un effet mécanique sur les végétaux qui sont couchés au sol et prennent des formes particulières appelées anémomorphose.



## 2.5. Neige

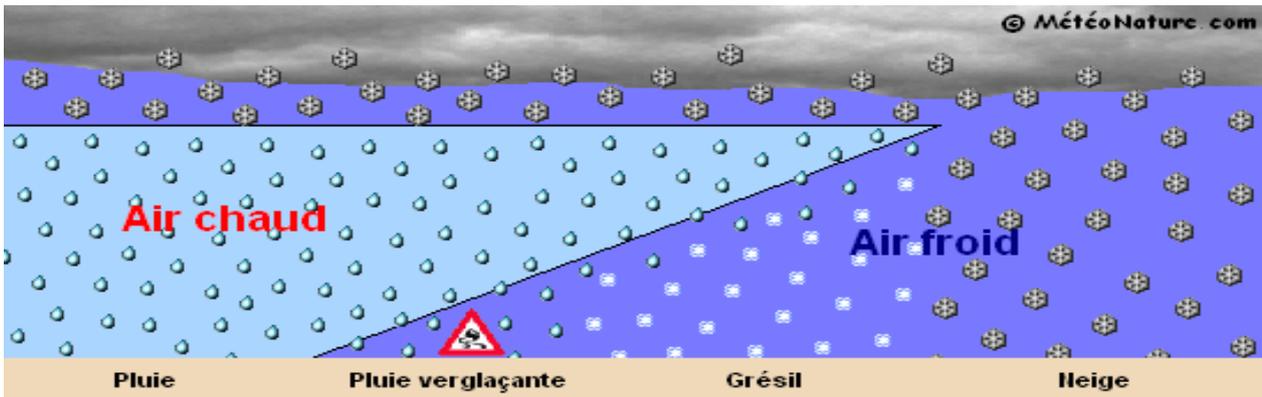
C'est un facteur écologique important en montagne. La couverture de neige protège le sol du refroidissement. Sous un mètre de neige, la température du sol est de  $-0,6^{\circ}\text{C}$ , alors qu'elle est de  $-33,7^{\circ}\text{C}$  à la surface.

C'est un facteur écologique de toute première importance dans les milieux subpolaires et montagnards. Il exerce des actions biologiques variées de natures thermique et mécanique. La couverture neigeuse par ses propriétés isolantes protège efficacement du froid la végétation et les animaux.

**Ex.:** Rongeurs enfouis sous la neige. Alors que la température de l'air peut être inférieure à  $-50^{\circ}\text{C}$  dans les zones de Toundra arctique, celle-ci peut s'élever à  $-20^{\circ}\text{C}$  à la surface du sol à 60 cm en dessous de la couche neigeuse. En règle générale, la température de la neige à une dizaine de centimètres au-dessous de sa surface est à peine inférieure à  $0^{\circ}\text{C}$ . Ceci explique pourquoi les campagnols et d'autres rongeurs des régions froides peuvent résister aux basses températures malgré leur fourrure peu épaisse.

A l'opposé, la neige peut constituer un facteur écologique défavorable là où elle persiste longtemps car elle réduit la période végétative. Ainsi, on observe la présence d'associations végétales dites **chionophiles** adaptée à la persistance de la couverture neigeuse donc à une brève saison végétative.

**Ex.:** Saule, mousses. En outre, l'accumulation de la neige sur les végétaux arborés et arbustifs exerce une action mécanique défavorable, courbant les tiges et provoquant la rupture des branches.



Lorsque la température de l'air est supérieure au point de congélation, les flocons produits par les nuages fondent et tombent sous forme de **pluie**.

Si les gouttes de pluie traversent une mince couche d'air froid, elles demeurent en surfusion jusqu'au moment où elles touchent le sol gelé. A l'impact, elles gèlent instantanément et forment du verglas. Ce type de pluie est appelé **pluie verglaçante**.

Une couche peu épaisse d'air chaud fait partiellement fondre les flocons. Ceux-ci regelent en surface en pénétrant dans une nouvelle couche d'air froid et prennent alors la forme de petits grains de glace (5 mm), c'est le **grésil**.

Si les flocons ne rencontrent aucune masse d'air chaud, ils ne fondent pas et c'est de la **neige** qui s'accumule sur le sol.

## B-FACTEURS EDAPHIQUES

### 1. Définition du sol

Le sol est un milieu vivant complexe et dynamique, définit comme étant la formation naturelle de surface, à structure meuble et d'épaisseur variable, résultant de la transformation de la roche mère sous-jacente sous l'influence de divers processus : physiques, chimiques et biologiques, au contact de l'atmosphère et des êtres vivants. Il est formé d'une fraction minérale et de matière organique. Végétaux et animaux puisent du sol l'eau et les sels minéraux et trouvent l'abri et/ou le support indispensable à leur épanouissement.

### 2. Les facteurs édaphiques

On peut scinder les facteurs édaphiques en facteurs physiques et facteurs chimiques :

#### 2.1. Les facteurs physiques :

##### 2.1.1. La texture du sol :

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) :

**Tableau 1** : Classification granulométrique des éléments des sols (Ramade, 2009).

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 de ces 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 :

ÉCOLOGIE

- **Les limons argilo-sableux** qui ne contiennent pas plus de 30 à 35% de limons, qui ont une texture parfaitement équilibrée et qui correspondent aux meilleurs 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).

Sur le plan biologique, la granulométrie intervient dans la répartition des animaux et des eaux souterraines. Nombreux organismes tels que les vers de terre préfèrent les sols limoneux ou argilo-sableux, tout comme quelques espèces de coléoptères qui préfèrent les sols argileux et/ou limoneux, présentant une teneur élevée en éléments fins et qui ont la faculté de retenir l'eau nécessaire, contrairement aux éléments grossiers qui permettent une dessiccation trop rapide du sol.

### 2.1.2. La structure du sol

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** : où les éléments du sol ne sont pas liés, le sol est très meuble (sols sableux).
- **Massive** : où les éléments du sol sont liés par des ciments (matière organique, calcaire) durcies en une masse très résistante discontinue ou continue (sols argileux). Ce type de sol est compact et peu poreux. Il empêche cependant, les migrations verticales des animaux sensibles à la température et à l'humidité et ainsi en interdire l'existence.
- **Fragmentaire** : où les éléments sont liés par des matières organiques et forment des agrégats (Assemblage hétérogène de substances ou d'éléments qui adhèrent solidement entre eux) de tailles plus ou moins importantes. 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.

### 2.1.3. L'eau du sol

L'eau est présente dans le sol sous quatre états particuliers:

- **L'eau hygroscopique** : provient de l'humidité atmosphérique et forme une mince pellicule autour des particules du sol. Elle est retenue très énergiquement et ne peut être utilisée par les organismes vivants.

ECOLOGIE

- **L'eau capillaire non absorbable** : occupe les pores d'un diamètre inférieur à 0,2 mm. Elle est également retenue trop énergiquement pour être utilisée par les organismes vivants. Seuls certains organismes très adaptés peuvent l'utiliser.
- **L'eau capillaire absorbable** : située dans les pores dont les dimensions sont comprises entre 0,2 et 0,8mm. Elle est absorbée par les végétaux et elle permet l'activité des bactéries et des petits Protozoaires comme les flagellés.
- **L'eau de gravité** : occupe de façon temporaire les plus grands pores du sol. Cette eau s'écoule sous l'action de la pesanteur.

## 2.2. Les facteurs chimiques :

### 2.2.1. Le pH du sol

Le pH du sol est la résultante de l'ensemble de divers facteurs pédologiques. Le pH des eaux libres et interstitielles (Contenues dans la porosité) intervient de façon essentielle dans la nature et le développement des espèces végétales propres à tel ou tel écosystème terrestre ainsi que dans ceux de la microflore et de la faune édaphique. Selon la nature du pH de l'eau interstitielle, on distingue des sols acides ( $\text{pH} < 7$ ), neutres ( $\text{pH}$  voisin de 7) et basique ( $\text{pH} > 7$ ). Le pH des sols dépend du  $\text{CO}_2$ , de la concentration et de la proportion relative des sels minéraux et des molécules organiques dissoutes dans cette eau de rétention qui résultent de divers facteurs pédologiques (Altération de la roche mère, humification de la matière organique, activité biologique, effet des engrais acidifiants,...).

Le pH dépend également de la nature de la couverture végétale et des conditions climatiques (température et pluviosité) :

- les pH basiques (supérieurs à 7,5) caractérisent les sols qui se développent sur une roche mère calcaire. On les rencontre généralement dans 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.

Les organismes vivants tels que les Protozoaires supportent des variations de pH de 3,9 à 9,7 suivant les espèces : certaines sont plutôt **acidophiles** alors que d'autres sont **basophiles**. Les **neutrophiles** sont les plus représentées dans la nature.

### 2.2.2. Éléments minéraux

Les divers types de sols ont des compositions chimiques très variées. Les éléments les plus étudiés selon leur action sur la faune et la flore sont :

- **Phosphore** : Élément indispensable pour tous les êtres vivants puisqu'il est un des constituants essentiels des acides nucléiques. Présent dans les sols à l'état de phosphates, d'acide phosphorique ou bien comme anion libre en solution dans l'eau interstitielle, cet élément constitue souvent le principal facteur limitant par suite de sa faible concentration dans les sols.
- **Azote** : Représente avec les phosphates un des éléments minéraux dont la disponibilité est la plus importante pour le développement des autotrophes. L'accumulation d'azote organique provoque un enrichissement excessif du sol en nitrates (Voisinage des étables, enclos du batail,...) qui s'accompagne d'une multiplication des plantes nitrophiles qui peuvent envahir les pâturages.
- **Potassium** : Constitue aussi un élément nutritif essentiel pour les végétaux. En général les végétaux cultivés sont beaucoup plus exigeants en potassium que les plantes sauvages, mais il existe d'importants écarts selon les espèces entre les teneurs limites au-dessous desquelles se manifeste la carence.
- **Calcium** : Représente un constituant fondamental qui conditionne plus que tout autre les caractéristiques des sols, car de lui dépend la plupart des paramètres physico-chimiques du milieu édaphique. Sa plus ou moins grande concentration contrôle le pH, l'aération, la perméabilité et la résistance mécanique des sols. Le calcaire édaphique intervient de façon déterminante dans la répartition de nombreuses espèces végétales. Les plantes sont dites **calcicoles, indifférentes** ou **calcifuges** selon leur plus ou moins grande exigence en calcium, car cet élément est de toute façon indispensable à la nutrition minérale des végétaux. Contrairement aux calcicoles qui se rencontrent dans les biotopes où le calcium est abondant, les calcifuges se trouvent sur des terrains acides pauvres en cet élément. En conséquence, on distingue des communautés de calcicoles qui constituent des groupements végétaux propres aux régions calcaires et des communautés de calcifuges inféodés aux terrains siliceux.
- **Magnésium** : Représente, après le calcium, l'élément métallique le plus abondant chez les végétaux. Lorsqu'il est en excès par rapport au calcium, cet élément provoque des carences calciques.

- **Sodium** : Constitue l'élément prédominant dans les sols salés, qui se forment dans toutes les zones mal drainées situées dans des régions à climat sec ainsi que dans les milieux littoraux soumis à l'invasion périodique des eaux marines. Bien que le sodium soit un élément indispensable pour tous les êtres vivants, sa concentration dans les sols, au-delà d'un certain seuil, interdit le développement normal de la plupart des espèces végétales. Les végétaux qui croissent sur des sols sursalés, appelés **plantes halophytes**, présentent plusieurs adaptations leur permettant de pallier les concentrations excessives en sels de sodium.

La salinité moyenne de l'eau de mer est de l'ordre de 35‰, le chlorure de sodium représentant à lui seul 80‰ de la teneur totale en sels dissous. La salinité des eaux saumâtres varie de 3‰ à 20‰ et celle des eaux douces est inférieure à 3‰.

En réalité, les biotopes d'eau saumâtre sont dits **euryhalins** car ils présentent généralement une importante variation annuelle de salinité en fonction des fluctuations climatiques mais aussi en conséquence d'actions anthropiques. A l'inverse des biotopes euryhalins, dont la salinité varie en fonction du temps, existent des biotopes **sténohalins** dont la salinité est constante. Il s'agit soit des milieux marins dits « **polyhalins** » car de salinité élevée, soit des eaux douces qui constituent des biotopes « **oligothalins** » pauvres en sels dissous.

Les sels minéraux nutritifs, plus particulièrement les phosphates et les nitrates, ne se rencontrent jamais à forte concentrations dans les milieux aquatiques. Certains oligoéléments (Manganèse, zinc, vanadium, cobalt, bore, molybdène) se rencontrent à l'état de traces infimes et peuvent être de ce fait des facteurs limitant la productivité de lacs aux eaux très pures. En milieu marin, la concentration en phosphates et nitrates constitue le principal facteur limitant de la production primaire océanique.

- **Oligo-éléments** : C'est une série d'éléments minéraux indispensables, à de faibles concentrations, pour le développement des plantes et/ou des animaux. La photosynthèse exige la disponibilité de manganèse, de fer, de chlore, de vanadium,... D'autres fonctions métaboliques des plantes nécessitent en sus de ces éléments le bore, le cobalt, le silicium,... La plupart de ces éléments sont également indispensables aux animaux qui requièrent en outre du fluor et de l'iode.

*ECOLOGIE*

Les sols dits anormaux renferment de fortes concentrations d'éléments plus ou moins toxiques : soufre, magnésium...etc. Les métaux lourds exercent sur la végétation une action toxique qui entraîne la sélection d'espèces dites **toxico-résistantes** ou **métallophytes** formant des associations végétales particulières.