

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGÉRIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE



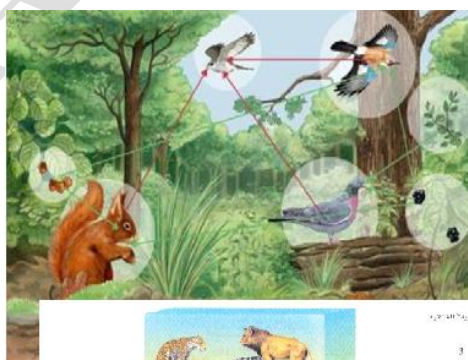
Université Echahid Hamma Lakhdar d'El Oued

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Biologiques

# Cours Ecologie Générale

2<sup>ème</sup> année Ecologie et Environnement



DR. MOUANE Aicha

2022 /2023

## Contenu de la Matière

Introduction.....	9
-------------------	---

### Chapitre I.-

1.1.-Définition de l'écosystème et des constituants (Notions de biocénose et facteur écologique.....	11
1.1.1.-Ecologie .....	11
1.1.2.-Définition d'un écosystème .....	12
1.1.3.- Biocénose .....	14
1.1.4.-Biotope.....	16
1.1.5- Notion de facteur écologique.....	16
I.2.- Domaine d'intervention.....	18

### Chapitre II.- Facteurs du milieu

2.1. -Facteurs abiotiques .....	21
2.1.1.- Facteurs climatiques .....	21
2.1.1. 1.-Paramètres climatiques .....	21
2.1.1. 1.1.- Température .....	21
2.1.1. 1.2.- Précipitations.....	25
2.1.1.1. 3.- Humidité .....	26
2.1.1.1. 4.- Vent.....	28
2.1.1.1. 5.- Lumière.....	29
2.1.1.1. 6.- Neige .....	31
2.1.1. 2.- Utilisation des données.....	31
2.1.1. 2.1. -Expressions numériques .....	31
2.1.1. 2. 2.- Représentation graphiques .....	33
2.1.1. 2.3.- Systématique climatique .....	35
2.1.2.- Facteurs édaphiques.....	36
2.1.2.1.- Définition du sol.....	36
2.1.2.2.- Étude sur le terrain .....	37
2.1.2.3.- Étude au laboratoire .....	38
2.1.2.3.1.- Propriété du sol .....	38
2.1.2.3.1.1.- Caractères physiques des sols .....	38
2.1.2.3.1.1.1.- Texture.....	39

2.1.2.3.1.1.2.- Structure.....	42
2.1.2.3.1.1.3.- Porosité.....	43
2.1.2.3.1.2.- Caractères chimiques des sols .....	43
2.1.2.3.1.2.1- PH du sol.....	43
2.1.2.3.1.2.2.- Calcaire.....	44
2.1.2.3.1.2.3.- Salinité d'un sol.....	45
2.1.2.3.1.2.4.- Sols anormaux .....	45
2.1.2.3.1.3.- Hygrométrie des sols.....	45
2.2.- Facteurs biotiques.....	46
2.2.1.- Coactions homotypiques.....	46
2.2.1.1.- Relations entre individus.....	46
2.2.1.2.- Effet de groupe (grégarisme).....	46
2.2.1.3.- Effet de masse .....	46
2.2.1.4.- Compétition intraspécifique.....	47
2.2.2.- Coactions hétérotypiques (Relations interspécifiques).....	48
2.3. Interaction des milieux et des êtres vivants.....	51
2.3.1. Rôle des facteurs écologiques dans la régulation des populations .....	51
2.3.1.1- Facteur génétiques et la dynamique des population .....	51
2.3.1.2.-Autres paramètres.....	52
2.3.1.2.1-Processus de recrutement .....	52
2.3.1.2.2.- Processus de limitation .....	53
2.3.1.2.3.- Fluctuation de population .....	53
2.3.2.- Notion d'optimum écologique.....	54
2.3.3.- Valence écologique.....	54
2.3.4.- Niche écologique.....	54

### **Chapitre III.- Structure des écosystèmes**

3.1.-.Structure des chaînes alimentaires ; relations entre les producteurs (autotrophes ) et leur dépendance des nutriments et de l'énergie lumineuse ou chimique.....	57
3.1.1.- Biosphère et ses constituants.....	57
3.1.2.- Organisation de la biosphère.....	58
3.1.3.-Facteurs alimentaires.....	59
3.1.4.- Besoins qualitatifs et quantitatifs en nourriture .....	59
3.1.5.- Classification des êtres vivants selon leurs besoins en alimentation.....	59

3.1.6.- Méthodes d'étude des régimes alimentaires.....	60
3.1.7.- Types de régimes alimentaires.....	60
3.1.8.-Chaînes trophiques.....	61
3.1.9.- Notion de niveau .....	66
3.1.10.- Réseau trophique.....	66

#### **Chapitre IV.- Fonctionnement des écosystèmes**

4.1.-Flux d'énergie au niveau de la biosphère.....	69
4.1.1.- Flux solaire .....	69
4.1.2.- Notions de pyramides écologiques, de production, de productivité et de rendement bioénergétiques .....	70
4.1.2.1.- Notions de pyramides écologiques.....	70
4.1.2.2.- Production, de productivité et de rendement bioénergétiques .....	73
4.1.2.2.1.- Définition .....	73
4.1.2.2.2.- Transfert d'énergie .....	73
4.1.2.2.3.- Rendements énergétiques.....	74
4.3.- Circulation de la matière dans les écosystèmes et principaux cycles biogéochimiques .....	76
4.3.1.- Définition.....	76
4.3.2.-Types de cycle biogéochimique .....	76
4.4.-Influence des activités humaines sur les équilibres biologiques et particulièrement sur la perturbation des cycles biogéochimiques ( conséquences de la pollution des milieux aquatiques et de la pollution atmosphérique (eutrophisation ,effet de serre , ozone, pluies acides) .....	82
4.4.1.- Accroissement de l'effet de serre .....	82
4.4.2.- Trou dans la couche d'ozone.....	83
4.4.3.- Pollution de l'air .....	84
4.4.4.- Pluies acides.....	85
4.4.5.-Eutrophisation.....	86

#### **Chapitre V.- Description sommaire des principaux écosystèmes**

5.1.- Foret, prairie, eaux de surface, océan .....	88
5.1.1.- Forêt.....	88
5.1.1.1.- Définition.....	88

5.1.1.2.- Type des forêts .....	88
5.1.2.- Prairie.....	90
5.1.2.1.- Définition.....	90
5.1.2.2.- Types de prairie .....	91
5.1.3.- Eau de surface .....	92
5.1.3.1.- Définition .....	92
5.1.3.2.- Propriété.....	93
5.1.3.3.- Types des eaux de surface.....	94
5.1.4.- Ecosystème océanique.....	94
5.1.4.1.- Définition.....	94
5.1.4.2.- Caractéristique physicochimiques de l'océan mondial.....	95
5.1.4.3.- Géomorphologie de l'océan.....	95
5.1.4.4.- Géomorphologie de l'océan rôle climatique de l'océan.....	96
5.2.-Evolution des écosystèmes et notion de climax .....	97
5.2.1.- Succession écologique.....	97
5.2.1.1.- Définition .....	97
5.2.1.2.- Caractères généraux des successions .....	98
5.2.2.- Climax.....	99

## Listes des figures

Figures	Titres	Pages
1	Représentation sous forme de « gâteau feuilleté » de la hiérarchie des sciences biologiques par ordre de complexité croissante. Si l'on figure sous forme d'un gâteau l'ensemble des sciences biologiques, les tranches verticales du gâteau représentent les subdivisions traditionnelles (botanique, cryptogamie, zoologie, etc.).....	12
2	Différents types des écosystèmes.....	14
3	Types des Biocénoses.....	15
4	Limites de tolérance d'une espèce en fonction de l'intensité du facteur écologique étudié.....	18 8
5	Termohygraphe.....	11
6	Allure générale de la variation d'une activité biologique en fonction de la température ambiante.....	23
7	Pluviomètre.....	26
8	Psychromètre.....	27
9	Anémomètre.....	29
10	Luxmètre.....	30
11	Diagramme Ombrothermique de Gaussen.....	33
12	Climagramme d'Emberger de la région x selon le période dix ans.....	35
13	Couches du sol.....	38
14	Triangle des textures.....	41
15	Différents types de structure du sol .....	43
16	Représentation schématique d'une micelle du complexe absorbant du sol. Les cations sont retenus par les charges électronégatives périphériques des micelles.....	44
17	Diagramme illustrant le principe d'Allee. On constate que la réponse écologique d'une population tend à s'annuler tant pour les faibles densités (absence d'effet de groupe) que pour les fortes densités (effet de masse excessif).....	47
18	Exemple de ségrégation des niches écologiques dans un même peuplement de	

	pigeons frugivores de Nouvelle-Guinée des genres <i>Ptilinopus</i> et <i>Ducula</i> . Les espèces correspondant aux poids indiqués sont les suivantes.....	55
19	Zonation verticale de la biosphère et répartition des macro-écosystèmes.....	58
20	Principaux représentants de la pédofaune et de la communauté de décomposeurs (bactéries, champignons) constituant les peuplements saprophages des sols.....	63
21	Schéma général des deux types fondamentaux des chaînes trophiques dans la biosphère : terrestres et aquatiques.....	65
22	Divers schématisation des pyramides.....	66
23	Divers types de réseaux trophiques propres à l'océan mondial.....	67
24	Pyramide des nombres.....	71
25	Pyramide des biomasses.....	72
26	Pyramide des énergies.....	72
27	Transfert d'énergie et productivité de la chaîne trophique.....	74
28	Biomasse des différents niveaux d'une chaîne alimentaire : le passage d'un niveau alimentaire à un autre entraîne une perte de matière considérable.....	75
29	Cycle biogéochimique du carbone.....	77
30	Cycle de l'oxygène.....	78
31	Cycle de l'azote.....	79
32	Cycle du Phosphore.....	81
33	Cycle de l'eau.....	82
34	Carte de distribution géographique des forêts tropicales. Les forêts tropicales occupent une bande continue de part et d'autre de l'équateur sur les continents avec leur maximum d'extension entre les 10° Nord et Sud.....	89
35	Mécanismes de formation d'un « upwelling » dans les zones néritiques des océans .....	96
36	Succession écologique.....	97
37	Transect dans la région côtière du Nord de la Californie mettant en évidence la coexistence d'un climax climatique, la forêt de séquoia géants et de deux climax édaphiques : la forêt pygmée et les pelouses xériques littorales. ....	100

## Liste des tableaux

<b>Tableaux</b>	<b>Titres</b>	<b>Pages</b>
1	Valeur de l'indice pour quelques zones .....	32
2	Classification granulométrique des éléments des Sols .....	38
3	Pourcentage de chaque élément.....	40
4	Tableau récapitulatif des différentes coactions.....	50

MOUANE A., 2023



## Introduction en écologie

### Ecologie

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, entre ces êtres vivants et le milieu d'autre part.

**Individu** : C'est un système biologique fonctionnel qui peut être unicellulaire ou composé de nombreuses cellules, qui peuvent être groupées en tissu et organes.

**Espèce** : C'est l'ensemble des individus appartenant à des populations interfécondes qui échangent librement leur pool de gènes mais qui, à l'opposé, ne se reproduisent pas avec les individus constituant les populations d'autres taxa voisins appartiennent à un même peuplement.

**Population** : Ensemble des individus appartenant à une même espèce et occupant une même fraction de biotope qui échangent librement entre eux leur gènes dans la reproduction sexuée.

**Peuplement** : Terme désignant l'ensemble des populations des espèces appartenant souvent à un même groupe taxonomique qui présentent une écologie semblable et occupent le même habitat.

**Biodiversité** : L'ensemble de toutes les espèces vivantes d'un territoire donné : animaux, plantes et microorganismes prenant en considération leur variabilité génétique et la multiplicité des communautés et des écosystèmes dans lesquelles elles cohabitent

**Protozoaires** (protos = premier ou primitif): Ce sont des animaux unicellulaires

**Métazoaires** (méta = plusieurs ou avancé): Ce sont des animaux pluricellulaire.

**Parasite**: Organisme animal ou végétal qui se nourrit strictement aux dépens d'un organisme hôte d'une espèce différente, de façon permanente ou pendant une phase de son cycle vital.

**Eucaryotes** : Organismes vivants qui constituent un super-Règne vivant par opposition aux Procaryotes (Monera). Les Eucaryotes se caractérisent par des cellules possédant un noyau différencié dont l'ADN est inclus dans des chromosomes ainsi que la présence de divers organites bimembranaires (mitochondries par exemple) ainsi que des filaments inclus dans leur cytoplasme, caractères absents chez les Procaryotes.

## **Chapitre I**

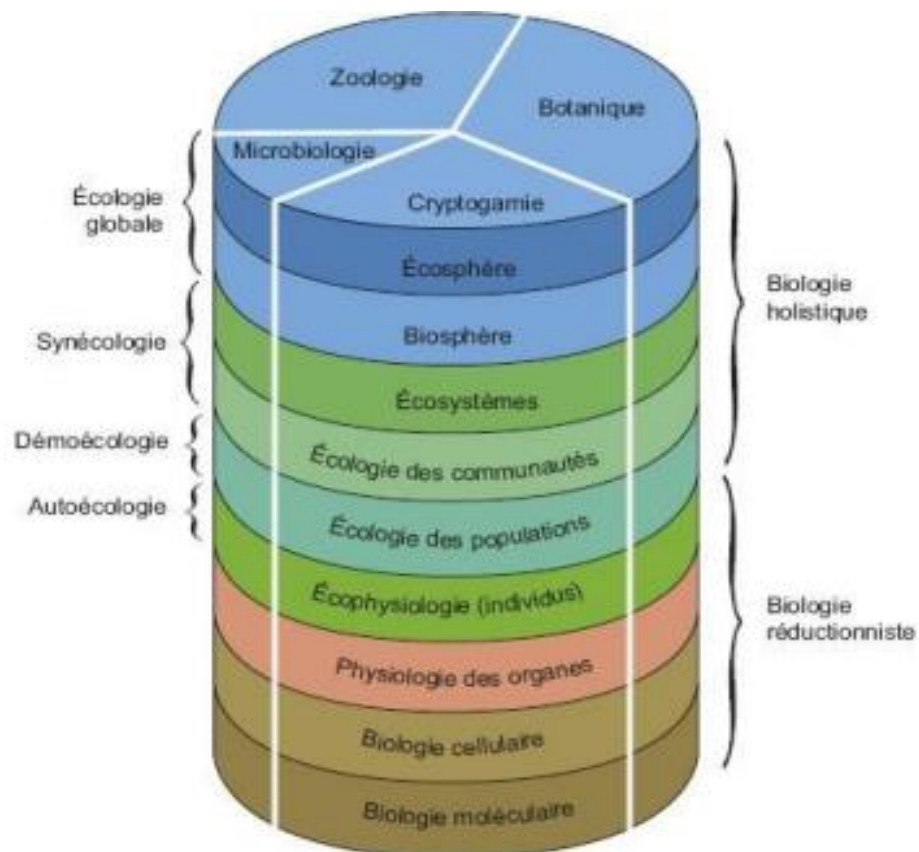
MOUANE A., 2023

## Chapitre I

### 1.1.-Définition de l'écosystème et des constituants (Notions de biocénose et facteur écologique)

#### 1.1.1.-Ecologie

Ce terme a été créé par Haeckel en 1866. Composé de deux mots grecs οἶκος et λογος, il signifie étymologiquement « science de l'habitat ». Selon la définition même qu'en donnait Haeckel, ce terme désigne la science globale dont l'objet est l'étude des inter-relations des êtres vivants entre eux et avec leur environnement. L'écologie occupe une place particulière dans l'ensemble des sciences biologiques. En effet c'est une discipline de nature holistique. Elle place son objet au sommet de l'échelle organisationnelle des êtres vivants et étudie les processus biologiques au niveau de complexité maximal. Historiquement, le développement de cette discipline a en fait débuté par l'étude de l'action des facteurs écologiques sur des végétaux ou animaux isolés. On a intitulé ce domaine de la discipline autoécologie (ou encore écophysologie). Ultérieurement, les recherches ont porté sur les populations (démographie). Pour beaucoup d'écoles de pensée écologiques, en particulier l'école anglo-saxonne, le niveau d'organisation minimal faisant l'objet de l'écologie est la population. Cependant, la partie la plus spécifique de cette dernière correspond aux feuillets supérieurs du gâteau, il s'agit de l'étude des écosystèmes que l'on dénomme synécologie qui représente une partie majeure de l'écologie moderne dont l'objet est d'étudier la structure et le fonctionnement des écosystèmes. À une échelle spatiotemporelle plus étendue, on rencontre des systèmes complexes constitués par plusieurs écosystèmes qui se jouxtent, dénommés paysages. Ils constituent une entité d'ordre supérieur qui fait l'objet de développement spécifique sous le terme d'écologie du paysage. Enfin, le niveau le plus complexe d'organisation biologique étudié par l'écologie est constitué par la biosphère et au-delà par l'écosphère, dont l'étude est l'objet de l'écologie globale (Fig. 1).



**Figure 1.** Représentation sous forme de « gâteau feuilleté » de la hiérarchie des sciences biologiques par ordre de complexité croissante. Si l'on figure sous forme d'un gâteau l'ensemble des sciences biologiques, les tranches verticales du gâteau représentent les subdivisions traditionnelles (botanique, cryptogamie, zoologie, etc.)

### 1.1.2.-Définition d'un écosystème

Ecosystème (s), n. m. (ecosystem). Ce terme, créé par Tansley en 1935, désigne l'unité écologique de base en laquelle peuvent se réduire les systèmes écologiques plus complexes .

La notion d'écosystème, concept clef en écologie, se rapporte en effet à l'unité structurale et fonctionnelle en laquelle on peut subdiviser la biosphère tout entière, et a fortiori les ensembles hétérogènes d'un degré de complexité supérieur qu'elle renferme : « régions », biomes ou paysages par exemple.

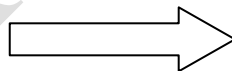
Un écosystème correspond au plan structural à l'association de deux composantes en constante interaction l'une avec l'autre : un environnement dénommé biotope, de nature abiotique, dont les caractéristiques physiques et dont la localisation géographique sont bien définies, associé à une communauté vivante, caractéristique de ce dernier, la biocénose, d'où la relation (Tansley, 1935).

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

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

<b>Ecosystèmes continentaux (terrestres)</b>	Ecosystèmes forestiers (forêts)
	Agro-Ecosystèmes (systèmes agricoles)
	Ecosystèmes prairiaux (prairies, steppes, savanes)
Ecosystèmes des eaux continentales	Ecosystèmes lenthiques (lacs, étangs)
	Ecosystèmes Lotiques (rivières, fleuves)
<b>Ecosystèmes marins ou océaniques</b>	Mers, oceans

Suivant l'échelle de l'écosystème on trouve (Fig. 2) :



Micro-écosystème (*phoenix dactylifera*)

Méso-écosystème (Palmeraie)



Macro-écosystème (région).

**Figure 2.** Différents types des écosystèmes

### **1.1.3.- Biocénose**

Le biocénose est constituée par la totalité des êtres vivants qui peuplent un écosystème donné. Ce terme de biocénose, qui est pris souvent par les écologistes francophones comme synonyme de communauté, désigne l'ensemble des organismes qui peuplent tout écosystème : les producteurs, les consommateurs (les animaux), et les décomposeurs (champignons et micro-organismes hétérotrophes) On divise la biocénose en deux éléments (Fig. 3) :

Les biocénoses sont caractérisées par : (i) une composition spécifique (ii) phénomènes d'interdépendances (iii) occupation d'un espace défini (biotope).



**Phytocèneose**



**Zoocèneose**

**Figure 3.** Types des Biocénoses

#### **1.1.4.-Biotope (écotope)**

Est la partie inerte du milieu. Celle-ci regroupe l'ensemble des caractères géographiques et physico-chimiques constituant l'environnement (climat, nature du sol, relief, eau...) agissant directement ou indirectement sur les êtres vivants qu'il héberge. Cette action peut durer au cours de toute la vie de l'être vivant ou seulement une partie de celle-ci.

#### **1.1.5- Notion de facteur écologique**

On appelle « facteur écologique » tout élément du milieu pouvant agir directement sur les êtres vivants au moins durant une phase de leur cycle de vie.

##### **1.1.5.1.- Classifications des facteurs écologiques**

Il existe plusieurs modalités de classification des facteurs écologiques :

- 1- On peut distinguer des facteurs abiotiques, de nature physique ou chimique (facteurs climatiques, composition chimique d'un sol) et des facteurs biotiques (parasitisme, prédation, alimentation.....)
- 2- Certains facteurs écologiques sont dits indépendants de la densité parce qu'ils exercent leurs effets sur les individus pris isolément, indépendamment de la densité de la population à laquelle ils appartiennent.
- 3- On peut aussi utiliser une classification spatiale des facteurs écologiques qui tient compte de la nature du milieu dans lequel ils exercent leur action. Celle-ci comporte : facteurs climatiques, édaphiques, topographiques et hydrologiques.

Une autre modalité de classification prend en considération les effets de la variable de temps. Elaborée par Mondchasky, elle est fondée sur l'influence des fluctuations annuelles, saisonnières et nyctémérales propre aux déplacements de la terre sur son orbite. Lesquels influent sur la plupart des facteurs écologiques qui vont de ce fait présenter une périodicité plus ou moins marquée.

On peut de la sorte distinguer des facteurs périodiques primaires (température et éclairement), dont la variabilité périodique est évidente, des facteurs périodiques secondaires, dont la variabilité cyclique dépend de celles des précédents (hygrométrie atmosphérique et alimentation végétale).

Enfin, des facteurs apériodiques existent. Certains d'entre eux présentent des fluctuations de caractère à la fois brutal et aléatoire (une sécheresse, une éruption volcanique, traduisent bien de telles modifications essentiellement apériodiques).



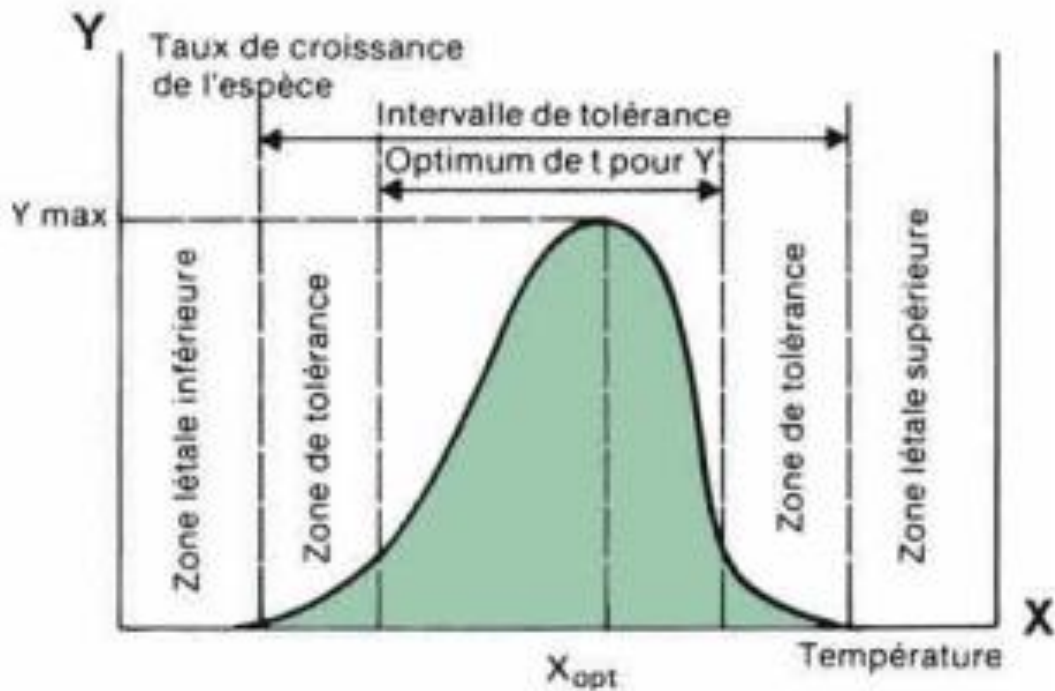
L'action des facteurs écologiques peut se manifester sur :

- Le métabolisme des individus (diapause, hibernation, estivation, réactions photopériodiques, horloge biologique, rythmes d'activité,...) ;
- La densité des populations (fécondité, fertilité, mortalité, cycles de développement, migration,...) ;
- La répartition géographique des populations et des peuplement.

#### **1.1.5.2.- 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. Lorsqu'un facteur écologique est absent, ou descend au-dessous d'un minimum critique ou accède à un niveau maximal tolérable, il est dit : Facteur limitant. Chaque être vivant possède des limites de tolérance entre lesquelles se situe son optimum écologique.

**Loi Shelford's law (intervalle de tolérance):** établie par V. Shelford (Écologue américain qui fut le premier à montrer le rôle des zoocénoses dans les successions), cette loi dite aussi loi de tolérance stipule qu'il existe pour tout facteur écologique un intervalle dit de tolérance pour lequel l'activité physiologique d'un organisme est possible, dont la valeur des bornes supérieure et inférieure dépend de l'espèce vivante considérée. En deçà et au-delà de ces bornes existe un domaine de valeurs du facteur où l'individu entre en torpeur puis où la mort survient par défaut ou par excès du facteur considéré (Fig. 4).



**Figure 4.** Limites de tolérance d'une espèce en fonction de l'intensité du facteur écologique étudié.

### 1.2.- Domaine d'intervention

Les études écologiques portent conventionnellement sur trois niveaux ; l'individu, la population et la communauté.

#### ➤ Organisme ou individu

C'est un système biologique fonctionnel qui peut être unicellulaire ou composé de nombreuses cellules, qui peuvent être groupées en tissu et organes. Le niveau élémentaire en écologie est l'individu. Les études écologiques à ce niveau ont été qualifiées d'autoécologie ou écophysiologie.

-Autécologie ou écologie physiologique se penche sur les aspects comportementaux, physiologiques et morphologiques des réactions d'un organisme aux conditions physico-chimiques de son milieu (les limites de tolérance des organismes aux stress écologiques déterminent en effet où ils peuvent vivre).

#### ➤ Population

Groupe d'individus d'une même espèce vivant dans une aire géographique donnée à un moment précis. L'étude de la structure des populations et de leur dynamique est l'objet de

l'écologie des populations ou la dynamique de 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.

➤ **Communauté – notion de biocénose**

La communauté désigne l'ensemble des populations d'individus appartenant à différentes espèces dans un même milieu en même temps et présentant entre elles des interactions souvent complexes..

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.

MOUANE A., 2023

## **Chapitre II- Facteurs du milieu**

MOUANE A., 2023

## **Chapitre II- Facteurs du milieu**

### **2.1. -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,...).

#### **2.1.1.- Facteurs climatiques**

Le climat joue un rôle fondamental dans la distribution et la vie des êtres vivants. Il dépend de nombreux facteurs: température, précipitation, humidité, évaporation, vent, lumière, pression atmosphérique, relief et nature du sol, voisinage ou éloignement de la mer.....

##### **2.1.1. 1.-Paramètres climatiques**

###### **2.1.1. 1.1.- Température**

###### **2.1.1. 1.1.1.- Définition**

La température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère. L'intervalle thermique dans lequel la vie est possible est compris entre  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  et  $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . La température dépend de la nébulosité, de la latitude, de l'exposition, de la présence d'une grande masse d'eau. Elle dépend aussi des courants marins, du sol, des formations végétales en place.

###### **2.1.1. 1.1.2.- Types des températures**

###### **A.- Température de l'air**

Elle est mesurée grâce à des thermomètres disposés dans un abri météorologique. Les appareils de mesure sont :

###### **✓ Thermomètre à maxima**

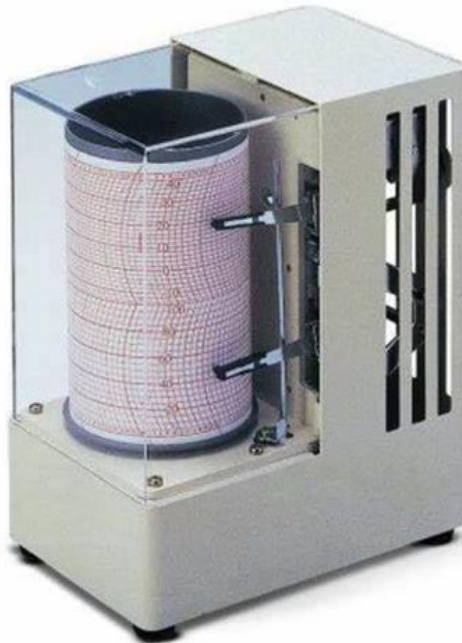
C'est un thermomètre à mercure gradué le plus souvent de  $-20$  à  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$  et qui enregistre la température la plus élevée se produisant pendant un laps de temps déterminé. Il fonctionne comme un thermomètre médical.

###### **✓ Thermomètre à minima**

C'est un thermomètre à alcool, gradué le plus souvent de  $-25$  à  $+65\text{ }^{\circ}\text{C}$  et muni d'un index émaillé mobile noyé dans l'alcool ( ne peut être utilisé qu'horizontalement). Il sert à enregistrer la température la plus basse, pendant un laps de temps déterminé .

### ✓ Termohygrographe

Il permet de recueillir des données continues de température et d'humidité grâce à un dispositif d'enregistrement. La température est enregistrée par un thermomètre à bilame constitué d'une lame métallique composée de 2 métaux ayant un coefficient de dilatation différent. Une extrémité du bilame est fixe, d'autre mobile se déplace en fonction de la température (Fig. 5).



**Figure 5.** Termohygrographe

### **B.- Température du sol**

Elle est mesuré à l'aide de thermomètres plantoirs.

#### **2.1.1. 1.1.3.-Réponses des organismes aux variations de température**

Les effets directs du facteur température qui agit qualitativement et quantitativement sur l'insertion des espèces dans l'écosystèmes via deux sortes de mécanismes :

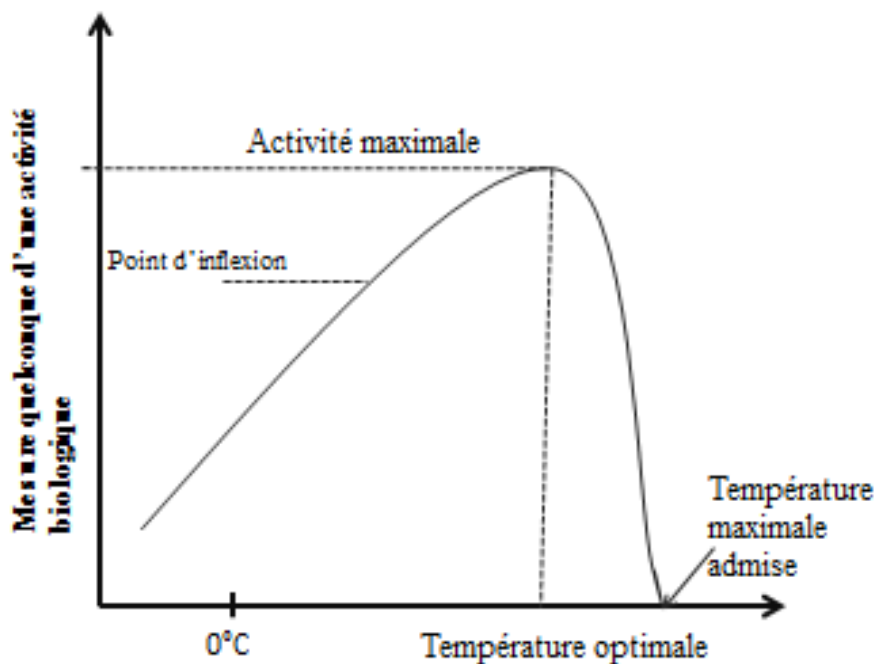
- ✓ En agissant comme facteur limitant, gouvernant les répartitions spatio-temporelles des espèces en fonction de leurs autécologie respectives ;
- ✓ En agissant comme facteur contrôleur l'activité particulières, des diverses espèces, intervenant dans leurs capacités compétitives les unes par rapport aux autres (synécologie).

### 2.1.1. 1.1.3.1 .- Action de la température sur la rapidité des processus biologique

En règle générale, dans l'intervalle des températures compatibles avec la vie, la rapidité des processus biologiques augmente avec la température. Il ne s'agit-là que d'une application de la loi de Van't Hoff, selon laquelle la vitesse des réactions chimiques est approximativement doublée pour chaque augmentation de 10°C de la température ambiante.

En fait, ce n'est toujours que une première phase que la vitesse d'une activité biologique croit exponentiellement. A partir d'une certaine température, on voit au contraire apparaitre un ralentissement, qui s'accroît, suscite un point d'inflexion de la courbe d'accélération, puis un maximum, en générale suivi d'une chute brutale.

Une activité biologique ou biochimique s'annule complètement au-dessus d'une limite thermique qui lui est propre. Le ralentissement et la disparition de l'activité sont le plus souvent dus à une altération des protéines et des enzymes par des températures trop élevées. En fait, chaque activité organique est sous la dépendance complexe d'un double système de réactions chimique et enzymatiques : l'un qui l'accélère, l'autre qui la ralentit (Fig. 6).



**Figure 6.** Allure générale de la variation d'une activité biologique en fonction de la température ambiante.

### **2.1.1. 1.1.3.2 .- Action de la température sur les êtres vivants**

Le plus souvent, ce sont les températures extrêmes plutôt que les moyennes qui présentent des actions sur les êtres vivants. Ces actions portent sur :

- Les activités vitales : la quantité de l'alimentation consommée ; la Vitesse de développement (le Zéro de développement correspond à la température au-dessous de laquelle la vitesse de développement est nulle) ; le nombre de générations (supérieur dans les régions tropicales) ; la fécondité et la fertilité (activité reproductrices, optimum de l'ovulation, taille de la progéniture,...) ;

- La densité des populations : Pullulations ou extinction de certaines populations ;

- La répartition géographique : en latitude (Hémisphères, limites des isothermes) ;

- Localisation des espèces : altitude ; exposition (Adret : Sud, Ubac : Nord) ; recherche de microclimats ...

### **2.1.1. 1.1.3.3 .- Résistance thermique des espèces**

Lorsqu'on observe des réponses de type (tout ou rien) concernant la participation ou non d'une espèce à un écosystème, elles tiennent à l'existence d'un seuil de tolérance. Quand celui-ci est dépassé, l'individu meurt, ou entre en vie ralentie (= diapause). Concernant la température, la vie active est possible entre quelques degrés centigrades au-dessous de zéro (des Diatomées sont très abondantes et actives contre la face inférieure de la banquise, à  $-2^{\circ}\text{C}$ , température de congélation de l'eau de mer), et  $+50^{\circ}\text{C}$  environ ou même plus : les bactéries des sources hydrothermales océaniques ne sont actives qu'à partir de  $+65^{\circ}\text{C}$ , et peuvent survivre jusqu'à  $+113^{\circ}\text{C}$ . En dehors de cet intervalle, toutefois, la vie persiste grâce à des adaptations particulières de deux types :

Des régulation thermiques du milieu intérieur : homéostasies des espèces homéothermes, de nature physiologique et/ou éthologique – mettant en jeu des dépenses énergétiques qui sont à classer parmi les énergies auxiliaires (secondaires) ;

Un passage en vie ralentie (diapause) chez certaines espèces très hétéothermes.

### **2.1.1.1. 1.3.4 .- Conséquences sur les répartitions spatiotemporelles des espèces**

Les répartitions en latitudes, altitudes, selon les saisons, selon la proximité de la mer dans les milieux continentaux, ect... dépendent des tolérances thermiques des espèces, ainsi que de la modification des systèmes d'interactions entre espèces en fonction de la température



ambiante. On distinguera pour chaque espèce deux paramètres : son référendum thermique, et son intervalle de tolérance. On observe alors :

Des espèces sténothermes, à intervalle de tolérance thermique étroit, chez qui on distinguera des sténothermes froids et des sténothermes chauds.

Des espèces eurithermes, à large intervalle de tolérance thermique.

#### **2.1.1. 1.1.3.4.- Influence de la température sur les développements individuels**

La température agit sur les vitesses de croissance, comme sur tout processus biologique. Cependant, cette influence peut s'exercer de façon différentielle sur les diverses parties du corps. Il s'ensuit parfois, outre les variations de taille globales (notamment de la taille finale de l'individu), des variations de forme en fonction des températures rencontrées au cours du développement. Quand les différences morphologiques d'une même espèce paraissent liées à la saison, on parle de cyclomorphose, qui touche la taille atteinte mais parfois aussi la forme du corps.

#### **2.1.1. 1.2.- Précipitations**

##### **2.1.1.1. 2.1.- Définition**

On désigne sous le terme générale de pluviométrie la quantité totale de précipitations (pluie, grêle, neige) reçue par unité de surface et unité de temps.

Avec la température, les précipitation représentent les facteurs les plus importants du climat. La quantité d'eau dont dispose la végétation dépend des pluies, de la neige, de la grêle, de la rosée, de la gelée blanche, des brouillards et des brumes, mais aussi de l'évaporation et de la porosité du sol.

La quantité de précipitation (pluie, neige, brouillard, rosée....) est exprimée en millimètres (mm); elle représente l'épaisseur de la couche d'eau qui resterait sur une surface horizontale s'il n'y avait ni écoulement ni évaporation.

##### **2.1.1. 1.2.2.- Mesure des précipitation**

Elle se fait au moyen d'un pluviomètre constitué par un seau en zinc dans lequel l'eau s'accumule. La mesure de la quantité d'eau tombée, est évaluée avec une éprouvette graduée au 1/10 de millimètre. Il est également intéressant de noter la fréquence des jours de pluie et leur répartition dans l'année ainsi que l'intensité c'est-à-dire la quantité d'eau tombé de temps (Fig. 7).



**Figure 7.** Pluviomètre

### **2.1.1.1. 3.- Humidité**

#### **2.1.1.1. 3.1.- Définition**

L'humidité dépend de plusieurs facteurs, de la quantité d'eau tombée, du nombre de jours de pluie, de la forme de ces précipitations (orage, ou pluie fine), de la température, des vents et de la morphologie de la station considérée.

A chaque température, correspond une tension maximale de vapeur d'eau  $F$ . si  $f$  est la tension de vapeur à la température considérée on peut déterminer l'humidité relative.

Humidité relative est donnée par le rapport en pourcentage entre la tension de vapeur d'eau observée,  $f$ , et la tension maximale, à la même température:

$$\mathbf{Hr = f/F}$$

Le point de rosée correspond à la température au-dessous de laquelle la vapeur d'eau se condense.

L'humidité relative à été mesurée grâce deux types d'appareils: hydrographe et psychromètre (Fig. 8).



**Figure 8.** Psychromètre.

### **2.1.1.1. 3.2.- Influence de l'humidité sur les êtres vivants**

- Influence sur la longévité et la vitesse du développement : organismes gaspilleurs (longévité varie en fonction de la disponibilité de l'eau) ; organismes économiseurs (longévité ne varie pas en fonction de l'eau) ;
- Influence sur la fécondité (Copulation et rythme de pontes ou de naissances) ;
- Influence sur la localisation et la répartition géographique des espèces selon leurs besoins en eau (exposition, altitude, microclimat, Isohyètes) ;
- Influence sur le comportement (Périodes d'alimentation et caractéristiques des aliments en fonction de l'humidité).

- **Adaptation des êtres vivants aux conditions hydriques**

Si l'on procède des milieux les plus secs vers des milieux d'humidité croissante, on peut distinguer des organismes xérophiles, mésophiles, hygrophiles, amphibies (semi-hydrobiontes) et aquatiques (hydrobiontes).

- . – Organismes xérophiles : ils vivent dans des milieux secs, il n'y a pas d'humidité dans l'air et dans le sol, ce sont les espèces du désert ou du Sahara.
- Organismes mésophiles : ils ont un besoin modéré (moyen) en humidité, ils supportent les alternances des saisons sèches et des saisons humides.
- Organismes hygrophiles : ils vivent dans des milieux très humide.

-Organismes aquatiques ou hydrophiles : ce sont toutes les espèces qui vivent dans l'eau.

- **Bilan et métabolisme hydrique chez les êtres vivants**

- ✓ **Apports**

- Absorption directe par voie digestive ou par le système racinaire - Pénétration par la cuticule ou les téguments ;

- Utilisation de l'eau métabolique : eau préformée (combinée aux aliments) ou par oxydation des réserves

- ✓ **Pertes**

- Respiration - Excrétion (urines, digestion) ;

- Transpiration (animaux) et évapotranspiration (végétaux) - Évaporation à travers les téguments

#### **2.1.1.1. 4.- Vent**

Le vent résulte du mouvement de l'atmosphère entre les hautes et basses pressions. Phénomène météorologique qui peut être localement un facteur écologique limitant dans certaines zones de montagnes ou littorales où son intensité est telle qu'il perturbe voire empêche la croissance des arbres. La direction du vent est indiquée par girouette tandis que la vitesse est mesurée grâce à l'anémomètre (Fig. 9)

L'impact de ce facteur sur les êtres vivants peut se résumer comme suit :

La végétation est limitée dans son développement. Les arbres prennent un port en drapeau, leur tronc étant souvent incliné et leurs branches étant orientées dans la direction opposée à celle des vents dominants;

Le vent a un pouvoir desséchant car le vent augmente l'évaporation ;

Il est un agent de dispersion des animaux et des végétaux ;

le vent est ralentie l'activité des insectes ;

Il a aussi un pouvoir de refroidissement considérable ;

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

Les coups de vent, en abattant des arbres en forêt, créent des clairières dans lesquelles des jeunes arbres peuvent se développer.



**Figure 9.** Anémomètre

#### **2.1.1.1. 5.- Lumière**

la lumière est un facteur écologique essentiel en tant qu'unique source d'énergie dans l'écosphère. On peut la diviser en deux composantes : l'intensité et la durée. La durée de l'éclairement varie au cours du cycle nyctéméral (photopériode) et annuel et contrôle le cycle vital de la plupart des espèces vivantes. La lumière joue un rôle fondamental dans la vie des plantes; elle intervient par sa durée, son intensité et la qualité de ses radiations. La luminosité dépend de la latitude, de l'altitude, de la saison, de l'incidence des rayons, de la nébulosité, de la nature du substrat et du couvert végétal. La mesure de l'intensité lumineuse se fait au luxmètre tandis que la durée est connue grâce à l'héliographe de Jordan, chambre noire hémicylindrique au fond de laquelle un papier sensible est impressionné par la lumière pénétrant par une percée sur la face plane de l'appareil (Fig. 10).



**Figure 10.** Luxmètre

#### **2.1.1.1. 5.1.- Action sur les êtres vivants**

- **A.- Action sur les végétaux**

Elle a un rôle important sur les plantes verte ou les végétaux chlorophylliens, elle permet d'assurer leur autotrophie. La photosynthèse se déroule en effet sous l'action de la lumière

Suivant leur exigence en lumière, les végétaux sont classés en :

- Plantes héliophile (lucicole ) Désigne une espèce croissant dans des habitats ouverts très ensoleillés.

- Plantes sciaphiles ce sont des plantes d'ombre comme les plantes de sous-bois ou de la strate herbacées d'une forêt.

- Plantes photomésophiles : Ce sont des plantes intermédiaires, ces plantes peuvent vivre quelque soit l'intensité lumineuses, on peut les rencontrer dans le sous-bois (ombre) ou exposées au soleil.

- ✓ **Action de la photopériode 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, la chute automnale des feuilles des arbres caducifoliés, en fin la floraison. La floraison représente l'un des aspects les plus spectaculaires du photopériodisme, lequel contrôle la différenciation des organes floraux, on distingue :

- Plante de jours courts ( Nyctipériodiques), dont la floraison nécessite que la scotophase soit prédominante et de durée égale ou supérieure à un seuil variable avec l'espèces considéré pour qu'elle puisse avoir lieu ou pour qu'elle soit d'une abondance normale ;

- Plantes de jours longs (héméroperiodiques), qui exigent une photophase prépondérante et de durée supérieure à un certain seuil pour fleurir ou pour que leur floraison soit satisfaisante ;
- Plante photo apériodiques, dont la floraison n'est pas contrôlée par photopériode, ce qui est généralement le cas des espèces tropicales.

### **B.- Action sur les animaux**

La photopériode joue également un rôle très important dans l'écologie des espèces animales. L'activité des métazoaires comporte tout un ensemble de biorythmes. Le plus répandu d'entre eux est le circadien, qui correspond à une périodicité de 24h, et dont le contrôle est généralement assuré par la photopériode.

Chez les vertébrés terrestres, l'activité journalière, l'alimentation, le repos nocturne (ou diurne selon l'espèce), sont déterminés par les heures de lever et de coucher du soleil ainsi que par la durée de la photopériode.

D'autres particularité écophysiologiques des organisme obéissent à des rythme saisonniers également contrôlés par la photopériode.

Un cas très particulier de contrôle de la maturation sexuelle par le photopériodisme est représenté par l'essaimage des palolo, Annélides polychètes du pacifique tropicale.

La migration animales sont aussi la dépendance de la photopériode.

#### **2.1.1.1. 6.- 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.

#### **2.1.1. 2.- Utilisation des données**

Les caractéristiques climatiques d'une région peuvent être exprimées soit par une formule mathématique, soit par un graphe.

#### **2.1.1. 2.1. -Expressions numériques**

Température et précipitation sont deux facteurs capitaux pour définir les climats tempérés, aussi a-t-on cherché à caractériser les climats en liant ces facteurs.

✓ **Indice d'aridité de MARTONE** (Tab. 1) :

$$I = P / T + 10$$

P: précipitation annuelles en millimètres;

T: Température moyenne annuelle en °C

**Tableau 1:** Valeur de l'indice pour quelques zones

Zones	P (mm)	T (°C)	I
Tamanrasset	51	21,8	1,6
Marseille	632	15	25
Paris	624	11,5	29
Brest	1126	10,8	54,13
Biarritz	1182	14	54,13

L'indice pour un mois donné est :  $i = p / t + 10$  ; p : pluviosité du mois ; t : température moyenne du mois ;

l'indice est donc d'autant plus bas que le climat est plus aride.  $I < 10$  très sec ;  $I < 20$  sec ;  $I < 30$  humide ;  $I > 30$  très humide

✓ **Quotient pluviométrique: Indice d'Emberger**

$$Q = P * 100 / (M + m) (M - m) ;$$

P : précipitation moyenne de l'année en mm ;

M : température moyenne du mois le plus chaud en °C ;

m : température moyenne du mois le plus froid en °C.

Cet indice n'est vraiment établi que pour la région méditerranéenne. En fonction de la valeur de ce coefficient on distingue les zones suivantes:

- Humides pour  $Q > 100$ ;
- Tempérées pour  $100 > Q > 50$ ;
- Semi arides pour  $50 > Q > 25$ ;
- Arides pour  $25 > Q > 10$ ;
- Désertiques pour  $Q > 10$ .

Pour Nice par exemple,  $Q = 195$ . Cette ville à donc un climat méditerranéen humide.



### 2.1.1. 2. 2.- Représentation graphiques

#### ✓ Diagramme thermiques et pluviométriques

Ils sont établis à partir de relevés portant sur plusieurs années. Ils mettent en évidence les régimes thermique et pluviométrique de la station considérée .

- **Diagramme thermique**

Il est construit en portant en abscisses les mois et en ordonnées les moyennes mensuelles de température.

- **Diagramme pluviométrique**

Ce sont les moyennes des pluies qui sont portées en ordonnées.

- **Diagramme Ombrothermique (Ombro= pluie; Thermo= Température)**

Le diagramme Ombrothermique de Gausson permet de déterminer les périodes sèches et humides de n'importe quelle région à partir de l'exploitation des données des précipitations mensuelles et des températures moyennes mensuelles.)

Les diagrammes Ombrothermique de Gausson sont constitués en portant en abscisses les mois et en ordonnées, à la fois, les températures moyennes mensuelles en (°C) et les précipitations mensuelles en (mm). L'échelle adoptée pour les pluies est double de celle adoptée pour les températures dans les unités choisies (Fig. 11).

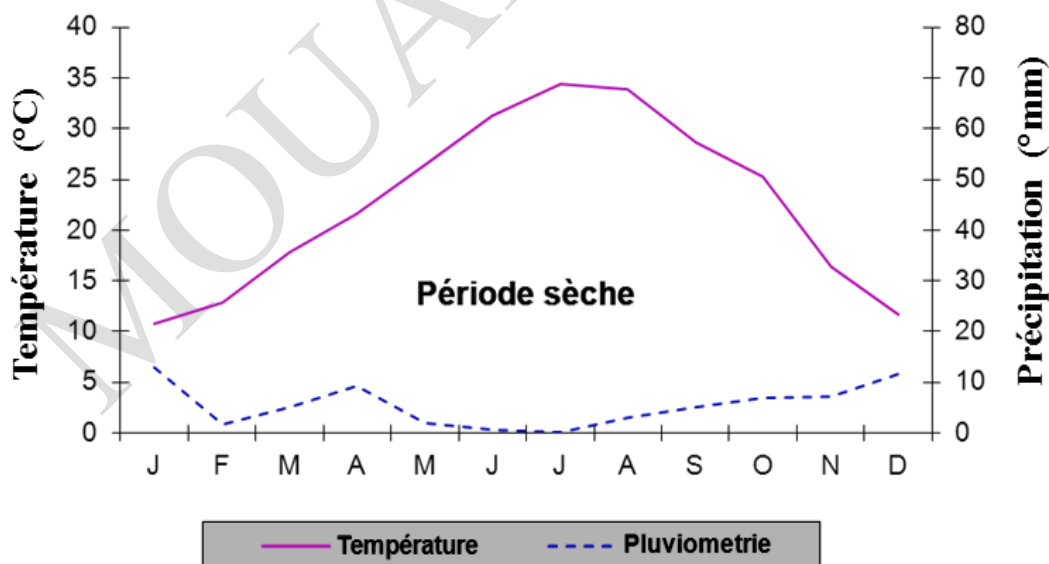


Figure 11. Diagramme Ombrothermique de Gausson

## ✓ Climatogrammes

Pour les construire, on dispose sur un graphique les points de coordonnées pour chacun : aux moyennes mensuelles des pluies en ordonnées et aux moyennes mensuelles des températures en abscisses.

On obtient ainsi 12 points correspondant aux 12 mois ; ces points réunis eux forment une figure qui est le climatogramme du lieu choisi. Ainsi une simple analyse de l'aspect de cette figure nous permet de qualifier le climat de la station étudiée.

### • Climagramme d'Emberger

Le système d'EMBERGER permet la classification des différents climats méditerranéens (DAJOZ, 1985 - 2003). Cette classification fait intervenir deux facteurs essentiels, d'une part la sécheresse représentée par le quotient pluviométrique Q2 en ordonnées et d'autre part la moyenne des températures minimales du mois le plus froid en abscisses. Il est défini par la formule simplifiée suivante (STEWART, 1969) :

$$Q3 = 3,43p/M-m$$

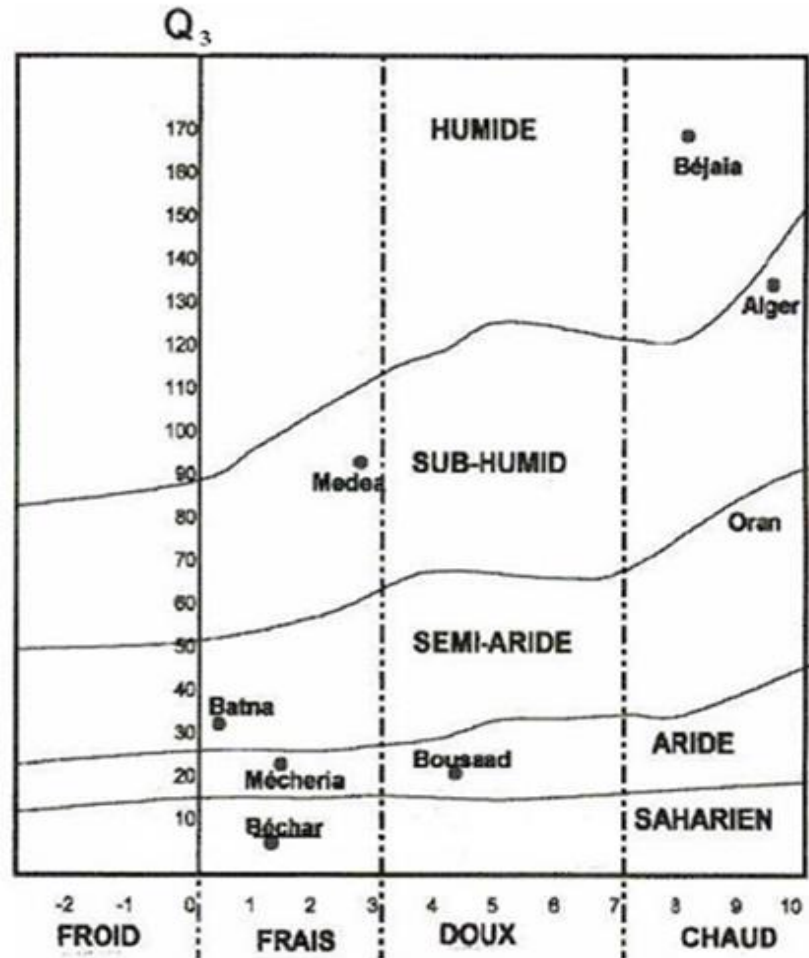
P : pluviométrie annuelle en mm ;

M : température moyenne maximale du mois le plus chaud en °C .;

m : température moyenne minimale du mois le plus froid en °C ;

Le quotient pluviométrique est d'autant plus élevé que le climat est plus humide.

**DAJOZ (1985) et FAURIE et al.**, (1998 - 2003), avancent que cet indice n'est vraiment établi que pour la région méditerranéenne et qu'en fonction de la valeur de ce coefficient (Fig. 12).



**Figure 12.** Climagramme d'Emberger de la région x selon le période dix ans

### ✓ Roses des vents

Le régime des vents d'une station considérée est figuré par une rose des vents, étoile à 8 branches sur lesquelles on porte à partir du centre des segments de longueur proportionnelle au nombre de jours où le vent souffle dans la direction considérée.

### 2.1.1. 2.3.- Systématique climatique

Tous ces éléments peuvent être envisagés à l'échelle du globe, de la région, de la localité ou de l'individu.

### **2.1.1. 2.3.1.- Zones climatiques**

A l'échelle du globe on distingue de grandes zones. 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.

### **2.1.1. 2.3.2.- Climats régionaux ou macroclimats**

À l'intérieur de ces grandes zones les conditions climatiques ne sont pas uniformes; ainsi en France, dans le sous climat tempéré, peut on distinguer plusieurs régions climatiques, certaines ont un climat méditerranéen, sec l'été et chaud en toutes saisons, d'autres un climat océanique doux et humide toute l'année avec les moyennes thermiques les plus basses.

### **2.1.1. 2.3.3.- Climats locaux ou mésoclimats**

Dans une région climatique, le climat n'est pas le même en tous lieux, aussi distingue des climats locaux variable suivant l'altitude, l'éloignement de la mer, ce climat est défini par les données de la station météorologique locale.

### **2.1.1. 2.3.4.- Microclimats**

Les conditions climatiques dans une fissure de rocher, près d'une mare, à l'abri d'un brise vent sont particulières; elles résultent de la modification du climat local par la topographie, le couvert végétal....Elles définissent le microclimat, intéressant pour l'écologiste car il correspond au climat à l'échelle de l'organisme.

## **2.1.2.- Facteurs édaphiques**

### **2.1.2.1.- Définition du sol**

Le sol ou couverture pédologique, forme la couche superficielle meuble qui recouvre la roche mère. Son épaisseur varie de quelques centimètres à quelques mètres. Il est pour la plante un support et un milieu nutritif.

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.

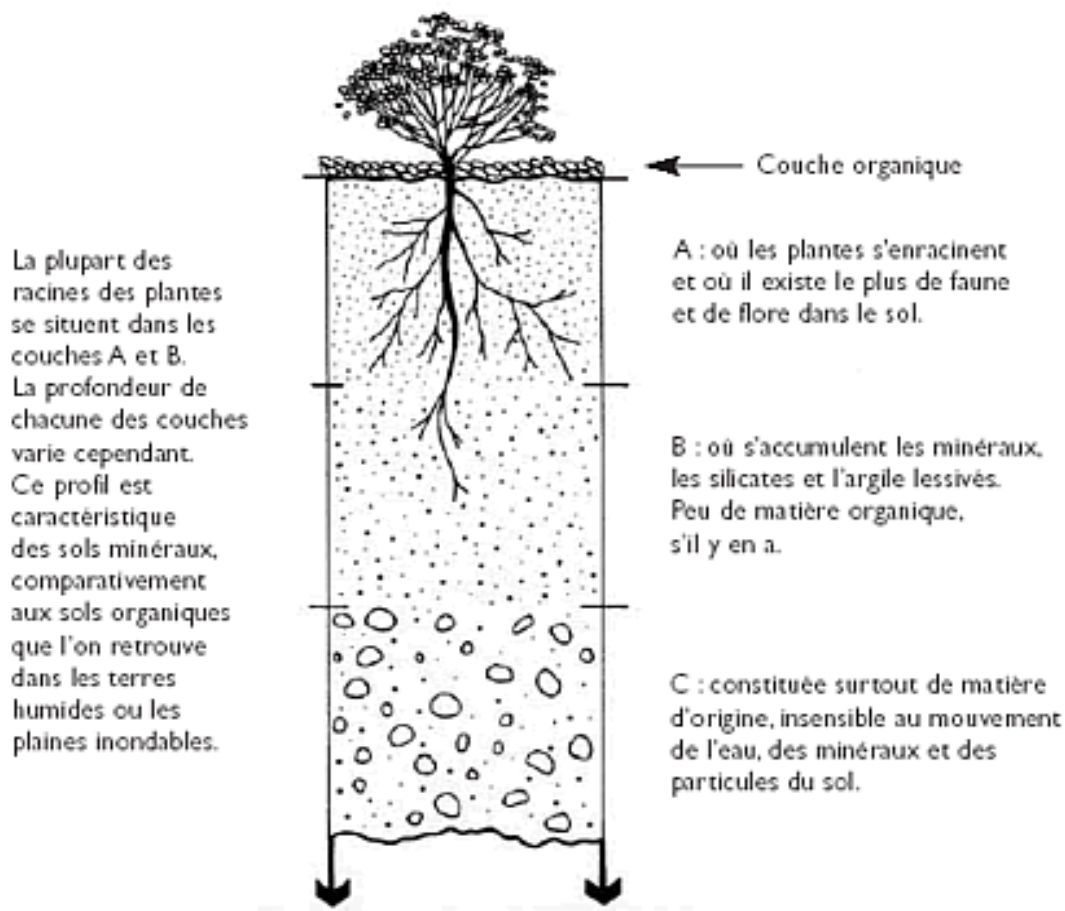
L'étude du sol s'effectue à partir d'observations faites sur le terrain poursuivies au laboratoire par les analyses des échantillons prélevés.

### 2.1.2.2.- Étude sur le terrain

#### ✓ Examen du profil pédologique

L'examen de la tranche verticale ou Solum, d'une fosse allant jusqu'à la roche mère, met en évidence différentes couches verticales ou Horizons. Les Horizons résultent de la transformation et de la migration des constituants du sol. Ils se distinguent les uns des autres par les proportions relatives de matières organiques et minérales (Fig. 13).

- **Horizon 0**, organique est formé de débris animaux et végétaux bruts ;
- **Horizon A**, de couleur foncée sont les horizons de surface, riche en matières organiques soumises à l'action des décomposeurs ;
- **Horizons E (horizons minéraux, appelés éluviaux)**, Ils sont sous l'horizon A, ont été décolorés et appauvris en argiles fines et en hydroxydes de fer par lessivage ;
- **Horizons B et S**, illuviaux ou d'accumulation sont enrichis en colloïdes, argile, fer, et humus provenant des horizons supérieurs. B situé sous E est formé en relation avec l'horizon éluvial E. S est un horizon d'altération du matériau originel et l'ancien horizon B ;
- **Horizon C**, sont les horizons minéraux ;
- **Horizon R**, formés des roches dures.
- **Horizon M**, roches meubles et tendres.
- **Horizon D**, roche remaniée ayant donnée naissance ou non au matériau sus-jacent.



**Figure 13.** Couches du sol

✓ **Prélèvements d'échantillons**

Ils sont réalisés dans les divers horizons du profil pédologique. Chaque échantillon doit être un mélange de 10 prélèvements. L'étude des propriétés physiques telles que perméabilité, porosité.... ne peut se faire qu'avec des échantillons non désagrégés prélevés au moyen de cylindres métalliques. Des prélèvements plus profonds peuvent être réalisés grâce à une tarière.

**2.1.2.3.- Étude au laboratoire**

**2.1.2.3.1.- Propriété du sol**

**2.1.2.3.1.1.- Caractères physiques des sols**

Les principaux facteurs édaphiques sont constitués par la texture et la structure des sols, leur hygrométrie, leur PH et leur teneur en éléments minéraux.

### 2.1.2.3.1.1.1.- Texture

#### A. Définition

la texture du sol dépend directement de la fraction de particules minérales qui le composent ; la roche mère, en s'altérant, se décompose en particules plus ou moins grosses qui en fonction de leur granulométrie vont donner du sable ( gros grains ), du limon ( grains moyens ) ou de l'argile ( grains fins ); le pourcentage de chacun de ces composés minéraux va déterminer la texture du sol, et de celle-ci vont dépendre certaines propriétés comme la perméabilité par exemple .

On déterminera ainsi si un sol est plutôt sablonneux, limoneux ou encore argileux (Fig. 14; Tab. 2).

**Tableau 2** : Classification granulométrique des éléments des Sols

Éléments	Classification géologique et hydrologie	Classification pédologique (écologique)
Cailloux	> 16 mm	>20 mm
Graviers	2 à 16 mm	2 à 20 mm
Sable		
Grossiers	0,5 à 2 mm	0,5 à 2 mm
Moyens	0,25 $\mu$ à 0,5 mm	50 $\mu$ à 0,5 mm
Fins	0,06 $\mu$ à 0,25 $\mu$	20 $\mu$ à 50 $\mu$
Limons	2 $\mu$ à 60 $\mu$	2 à 20 $\mu$
Argile	< 2 $\mu$	< 2 $\mu$

#### B. Critères de classification

Une des représentations classique de la classification de la texture des sols consiste à figure leur proportion relative en sable, limon, et argile dans un système de coordonnées triangulaires (Fig. 14). Ce type de représentation est fondé sur des propriétés du triangle équilatéral par laquelle la somme des distances d'un point situé à l'intérieur de ce dernier aux

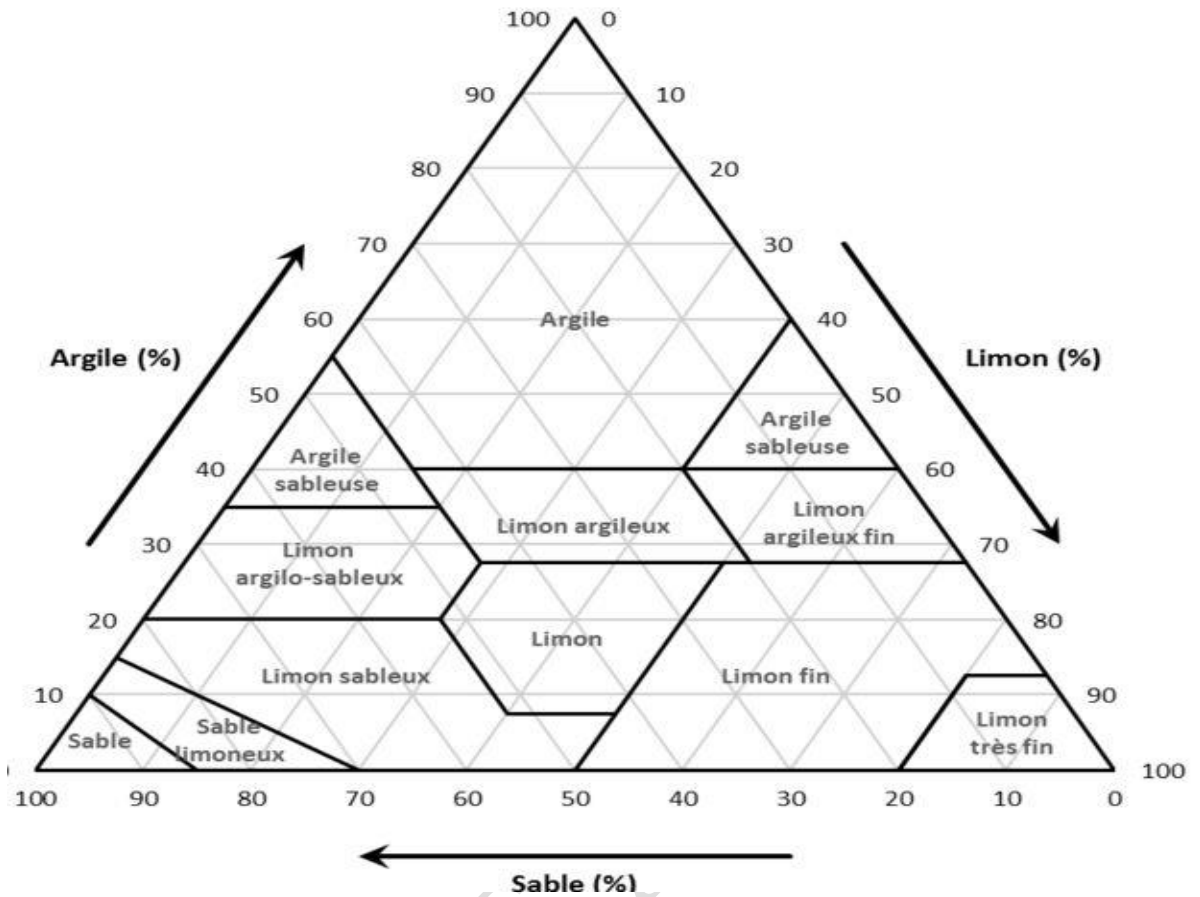
cotes est égale à la longue de décrivant son côté. De la sorte, si la somme des valeur de trois variables un phénomène est constante, on peut représenter ces dernières sous forme de coordonnées triangulaires. La texture des sols présente une grande importance agronomique car elle joue un rôle déterminant dans la fertilité, donc pour la productivité des cultures et de façon plus générale pour l'ensemble de celle de tous les écosystèmes terrestres car c'est d'elle que dépend pour une grande part la circulation de l'eau dans les sols.

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.

**Tableau 3 : Pourcentage de chaque élément**

<b>Texture du sol</b>	<b>% de sable</b>	<b>% de limon</b>	<b>% d'argile</b>
<b>Sols sableux</b>	70 et plus	0 à 30	0 à 15
<b>Sols limoneux</b>	0 à 20	80 et plus	0 à 15
<b>Sols argileux</b>	0 à 4	0 à 40	25 et plus
<b>Sols équilibré</b>	40 à 60	30 à 50	15 à 25





**Figure 14.** Triangle des textures

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 : - 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.

### **2.1.2.3.1.1.2.- Structure**

#### **A. Définition**

La structure traduit la façon dont les particules terreuses sont disposées les unes par rapport aux autres (la manière dont les éléments du sol sont assemblés). La structure des sols dépend de l'état des particules qui les constituent. Lorsque les particules les plus fines, de nature colloïdale, sont floculées, elles forment des agrégats en cimentant les éléments de plus grande taille entre lesquels existent des lacunes. Si, à l'opposé, elles sont dispersées, les éléments du sol vont rester indépendants et ne délimiteront pas de système lacunaire bien défini.

#### **B. Types de structures**

On distingue principalement trois types de structures (Fig. 15) :

- ✓ **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 de tailles plus ou moins importantes. Cette structure est la plus favorable à la vie des êtres vivants, car elle favorise l'activité biologique en général, en permettant la circulation de l'air et de l'eau.



Structure: (A) Particulaire      (B) Compacte      (C) Fragmentaire.

**Figure 15.** Différents types de structure du sol

#### **2.1.2.3.1.1.3.- Porosité**

C'est le pourcentage de pores dans un sol, elle règle la circulation de l'air et de l'eau et de beaucoup d'animaux tel que les vers de terre. Un sol compact est peu poreux, le manque d'O<sub>2</sub> empêche le développement des organismes vivants sauf les espèces anaérobies. Ce sont des sols asphyxiants pour les racines des végétaux.

#### **2.1.2.3.1.2.- Caractères chimiques des sols**

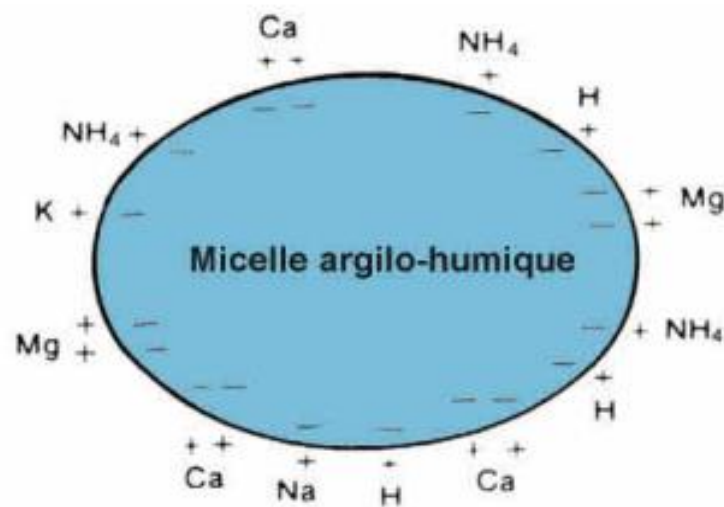
Les propriétés du sol (pH ou acidité, teneur en calcaire, salinité, teneur en eau et présence de métaux lourds) influence directement la croissance et le développement des végétaux et leur répartition dans les écosystèmes.

##### **2.1.2.3.1.2.1- PH du sol**

Le pH du sol est la résultante de l'ensemble de divers facteurs pédologiques. En effet, la solution du sol contient des ions H<sup>+</sup> provenant de l'altération de la roche mère, l'humification de la matière organique (synthèse d'acide humique), l'activité biologique et l'effet des engrais acidifiants.

On distingue des sols acides, neutres ou basiques selon la valeur du pH de l'eau interstitielle. Les premiers se forment sur roches mères acides, les autres sur celles riches en éléments alcalino-terreux en particulier en calcium. Il conditionne la nature des organismes qui peuplent un biotope terrestre. Selon la plus ou moins grande amplitude de pH tolérée, on distingue des organismes euryioniques ou sténoioniques. et parmi ces derniers, des acidophiles (plantes silicicoles par exemple), des basophiles (plantes calcicoles) et des neutrophiles.

Le contrôle du pH des sols résulte de l'existence d'une fraction colloïdale qui régule les échanges d'ions entre les particules et la phase aqueuse. Cette fraction est constituée par des micelles, édifices composites résultant de l'association de particules argileuses et de composés humiques insolubles produits par la dégradation des matières organiques mortes. Le complexe absorbant argilo-humique des sols, représenté par l'ensemble de ces micelles, libère des anions et des cations de divers métaux ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) en échange d'autres ions contenus dans l'eau interstitielle (Fig. 16).



**Figure 16.** Représentation schématique d'une micelle du complexe absorbant du sol. Les cations sont retenus par les charges électro-négatives périphériques des micelles.

• **Acidité du sol ou pH :** critère de sélection des espèces végétales, le pH d'un sol peut avoir des valeurs allant de 3 à 9,5. On distingue :

- Plantes acidiphiles sont des plantes des sols acides dont le pH varie entre 3,5 et 6. Exemple de plantes : La sphaigne des tourbières pH 3,5 et 3, la fougère aigle pH varie entre 4 et 4,5 ;
- Les plantes basiphiles préfèrent les sols alcalins dont le pH varie entre 7,5 à 9. Ex. le thym, le noyer ;
- Les plantes neutrophiles : qui sont les plus nombreuses, elles poussent sur des sols à pH entre 6,5 et 7,5.

#### 2.1.2.3.1.2.2.- Calcaire

Le calcaire est un constituant important du sol, qui participe à sa bonne structure physico-chimique et en fonction de leur préférence pour le calcaire, les végétaux peuvent être classés en :

-Végétaux calcicoles: espèces capables de supporter des concentrations élevées en calcaire rencontrés sur des sols riches en calcaires. Exemple de plantes calcicoles : *Acer monspessulanum* (érable de Montpellier), *Arbutus unedo* (arbousier), *Corylus* (noisetier).

-Végétaux calcifuges: espèce qui ne tolère pas des concentrations élevées en calcium actif. Il existe une différence très nette entre la végétation des sols calcaires et celle des sols siliceux. Exemple de plantes calcifuges : La plupart des éricacées (genres *Calluna*, *Pernettya*, *Rhododendron*, *Vaccinium*...), les myrsinacées (genres *Ardisia*, *Myrsine*...), les théacées (genre *Camellia*...), les protéacées (genres *Banksia*, *Grevillea*, *Leucadendron*, *Protea*...), beaucoup...), de magnoliacées (genres *Magnolia*, *Michelia*, *Liriodendron*...)

#### **2.1.2.3.1.2.3.- Salinité d'un sol**

les plantes des sols salés sont appelées plantes halophytes, ce sont des plantes qui nécessitent des concentrations élevées en sel ( $\text{Na}^+$ ) indispensable à leur métabolisme pour terminer leur cycle biologique, Ex. le Genévrier de Phénicie.

#### **2.1.2.3.1.2.4.- Sols anormaux**

Ils renferment des concentrations élevées en éléments toxiques, tel que le chlorure, le Zinc, les métaux lourds, dans ces zones de pollution se développe une végétation résistante spécialisée dans l'absorption et l'accumulation dans leurs tissus des métaux toxiques. Ex. la violette calamine absorbe le Zinc, la passerage de Bertelon accumule le nickel et l'astragale se nourrit de sélénium.

#### **2.1.2.3.1.3.- Hygrométrie des sols**

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 ;

✓ 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.

## **2.2.- Facteurs biotiques**

Les relations qui peuvent entre les êtres vivants sont fort diverses. Il y a d'abord celles qui s'exercent entre les individus d'une même espèce et qui régissent l'organisation de diverses sociétés (relation intraspécifique), les interactions entre organisme peuvent aussi s'exercer entre les êtres vivants appartenant à des espèces différentes (relation interspécifique).

### **2.2.1.- Coactions homotypiques Relations**

#### **2.2.1.1.- Relations entre individus**

Les êtres vivants peuvent communiquer entre eux de différentes façons : visuelle, sonore, chimique, ... Les phéromones sont des substances chimiques circulant entre les individus de la même espèce et servent à transmettre divers types d'information. Reçues par un autre individu elles peuvent induire une réaction caractéristique (modification du comportement, de développement). Les phéromones existent chez différents groupes de végétaux et d'animaux. Ils agissent à des doses minimales et la variation de leurs concentrations provoque une variation dans les réactions.

#### **2.2.1.2.- Effet de groupe (grégarisme)**

Lorsque les êtres vivants d'une même espèce animale sont groupés en 2 ou plus, ces derniers stimulent la fonction de reproduction. La conséquence de ces groupements impressionnants de reproducteurs a pour effet direct de favoriser la rencontre des sexes et par un mécanisme de régulation neuro-hormonale d'exciter les gonades. Il accélère d'une part l'accroissement des populations en protégeant la naissance et la croissance des jeunes .

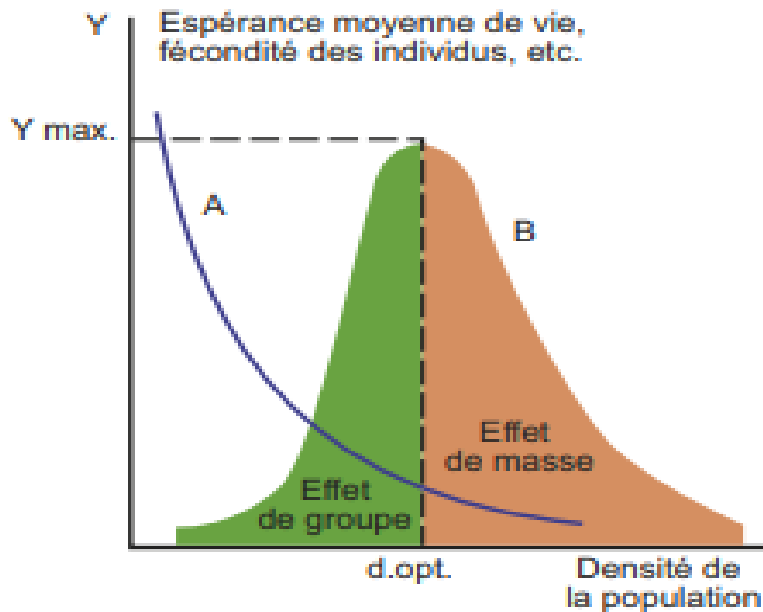
#### **2.2.1.3.- Effet de masse**

A l'inverse de l'effet de groupe, l'effet de masse se produit, quand le milieu, souvent surpeuplé, provoque une compétition sévère aux conséquences néfastes pour les individus. Les effets néfastes de ces compétitions ont des conséquences sur le métabolisme et la physiologie des individus qui se traduisent par des perturbations, comme la baisse du taux de fécondité, la diminution de la natalité, l'augmentation de la mortalité, le cannibalisme, déplacements, ... Chez certains organismes, le surpeuplement entraîne des phénomènes appelés phénomènes d'auto-élimination.

- **Principe Allee**

Ce principe stipule que la densité constitue un facteur écologique limitant pour une population naturelle tant à ses faibles valeurs qu'à ses fortes valeurs. Évident pour les fortes densités, car le surpeuplement exacerbe la compétition entre individus pour l'accès aux

ressources indispensables en particulier la nourriture, ce principe est aussi valable pour ses faibles densités. Ce fait apparemment paradoxal résulte de ce qu'un minimum de densité peut s'avérer nécessaire pour assurer la pérennité d'une population ou d'un groupe d'individus. Il est donc d'importance majeure en biologie de la conservation car les populations des espèces menacées sont toujours très réduite (Fig. 17).



**Figure 17.** Diagramme illustrant le principe d'Allee. On constate que la réponse écologique d'une population tend à s'annuler tant pour les faibles densités (absence d'effet de groupe) que pour les fortes densités (effet de masse excessif).

#### 2.2.1.4.- Compétition intraspécifique

Ce type de compétition se manifeste entre les individus d'une population en surpeuplement et il peut intervenir pour de très faibles densités. Cette relation se manifeste que

- Augmentation de la mortalité et baisse de la natalité suite à un ensemble d'effets socio physiologiques néfastes appelé "Maladie de choc" ;
- Comportement territorial et constitution de groupes et de sociétés. Le phénomène de "Compétition de combat" se manifeste lorsqu'un individu, un couple ou un groupe d'individus s'approprient une ressource environnementale en la défendant énergiquement ;
- Déclenchement de mouvements de déplacements et de migration ;
- Induction de phénomènes de compétitions en mêlée.

## **2.2.2.- Coactions hétérotypiques (Relations interspécifiques)**

Au sien des biocénoses, la vie en commun dans un même milieu impose des degrés divers de relation entre les espèces différentes qui les caractérisent, cette relation peut être:

- **Relation bénéfiques:** Commensalisme, coopération et symbiose.
- **Relation néfaste:** Concurrence, compétition, parasite et prédation

### **2.2.2.1.- Commensalisme**

Une espèce profite de l'autre mais sans lui nuire. Mode d'exploitation non parasitaire d'une espèce par une autre. De nombreuses espèces sont commensales des colonies d'insectes sociaux et vivent souvent des résidus de ces dernières. Ainsi dans les nids de guêpes se rencontrent des larves de divers Diptères Syrphides saprophages qui se nourrissent des détritrus de la colonie tombée au sol. De même, certaines espèces de crabes vivent à la base de la couronne de tentacules des Anémones de mer, les poissons Rémoras sont attachés à l'abdomen des requins par leur nageoire dorsale qui fonctionne comme une ventouse et se nourrissent ainsi des restes alimentaires des requins.

### **2.2.2.2.- Mutualisme**

Phénomène d'association bénéfique entre deux espèces vivantes. Celle-ci peut être facultative (proto-coopération) , ou obligatoire. On la dénomme alors symbiose.. Ex: Les bactéries de l'intestin humain reçoivent de la nourriture et fournissent en échange des vitamines.

### **2.2.2.3.- Coopération**

Deux espèces ou plus forment une coopération non réciproque et/ou non obligatoire, relation bénéfique aux différentes espèces coopérâtes. Ex : Oiseaux coloniaux.

### **2.2.2.3.4.- Symbiose**

C'est la forme la plus évoluée des interactions positives entre espèces et représente le type de mutualisme le plus achevé. Elle tient en un phénomène d'association obligatoire, donc permanente, entre les organismes qui la pratiquent. Dans cette association, chaque espèce ne peut survivre, croître et se développer qu'en présence de l'autre. Dans les cas les plus évolués, et aussi les plus fréquents, elle se traduit par le fait qu'une des espèces héberge à l'intérieur de son organisme l'autre espèce du couple de symbiotes (endosymbiose), par opposition aux cas moins évolués où les deux organismes restent extérieurs l'un à l'autre (exosymbiose).



Cette association peut se réaliser entre deux espèces végétales; une espèce végétale et une espèce animale; Des bactéries et d'autres partenaires animaux et végétaux.

#### **2.2.2.3.5.- Amensalisme**

Une espèce est inhibée dans sa croissance ou dans sa reproduction par une autre espèce inhibitrice (amensale) qui secrète dans le milieu des substances toxiques. C'est une action bénéfique pour l'espèce amensale mais néfaste pour l'autre. Dans les interactions entre végétaux, l'amensalisme est souvent appelé allélopathie.

#### **2.2.2.6.- Parasitisme**

Association entre deux espèces vivantes dont l'une dénommée hôte héberge la seconde qui vit à ses dépens au plan trophique. Nidification (brood parasitism) : forme de parasitisme dans lequel les femelles d'une espèce pondent dans le nid d'une autre espèce de sorte que la couvaison et l'élevage du (ou des) jeune(s) sont assurés par le couple hôte. Chez les coucous et divers Ictérides, le jeune de l'espèce parasite rejette hors du nid ou tue directement ceux de l'hôte. Dans d'autres cas, il y a cohabitation entre les jeunes des deux espèces. Cette forme de parasitisme se rencontre dans des familles entières d'oiseaux (Cuculidés, Ictéridés par exemple).

#### **2.2.2.7.- Prédation**

Activité de capture des proies à laquelle se livrent tous les animaux à régime carnivore. Ce phénomène joue un rôle significatif dans la régulation des effectifs tant de la population de proies que dans celle du prédateur. Il a été observé en règle très générale que les prédateurs n'éliminent pas les populations de leurs proies (sinon ils disparaîtraient à leur tour) et à l'opposé qu'ils jouent un rôle positif dans la régulation des effectifs des populations de proies en supprimant les animaux en surnombre, tels les jeunes et les adultes déficients ou malades. Il existe une proportion sensiblement constante, en un lieu donné, entre les effectifs d'un prédateur et ceux de ses proies potentielles dont seule une faible fraction de la population est capturée par les prédateurs au cours du cycle annuel. L'éradication des prédateurs s'accompagne toujours dans la nature d'une pullulation initiale de la proie suivie de son effondrement après que son effectif ait dépassé la capacité limite du milieu. Dans les agroécosystèmes, la rupture des équilibres biologiques due aux traitements insecticides provoque une explosion des populations de ravageurs.

### 2.2.2.8.- Inquilinisme

Interaction positive entre espèces différentes dans laquelle l'une "inquiline" se fait héberger et utilise les déchets alimentaires ou autres présents dans le nid de l'espèce hôte sans que cette dernière ne tire un bénéfice particulier de sa présence à la différence d'une relation coopération.

### 2.2.2.9.- Neutralisme

On parle de neutralisme lorsque les deux espèces sont indépendantes : elles cohabitent sans avoir aucune influence l'une sur l'autre. Ex : Espèces à niches écologiques totalement différentes.

### 2.2.2.10.- Compétitions

La compétition interspécifique peut être définie comme étant la recherche active, par les membres de deux ou plusieurs espèces, d'une même ressource du milieu (nourriture, abri, lieu de ponte, etc.). La compétition désigne une situation dans laquelle une ressource n'est pas disponible en quantité suffisante. Compétition interspécifique: Ce type de compétition se manifeste quand deux espèces différentes utilisent une ressource commune dont la disponibilité est limitée.

Deux espèces ayant les mêmes besoins ne peuvent cohabiter, l'une ou l'autre est éliminée au bout d'un certain temps "Principe d'exclusion compétitive". De ce fait, les espèces cohabitantes dans un même milieu développent un mécanisme d'isolement écologique qui est à l'origine de la spécialisation des espèces (Niche écologique).

La compétition interspécifique est à l'origine de l'élimination de certaines espèces autochtones (spécialisées à faible valence écologique) par des espèces invasives ou introduites (opportunistes ou généralistes à large valence écologique).

**Tableau 4 :** Tableau récapitulatif des différentes coactions

Nature de coaction	Espèces réunies		Espèce séparées	
	Espèces A	Espèces B	Espèces A	Espèces B
Compétitions	-	-	0	0
Amensalisme= Antibiose (1)	0	-	0	0
Prédation ou Parasitisme (2)	+	-	-	0
Neutralisme	0	0	0	0

Commensalisme (3)	+	0	-	0
Coopération	+	+	0	0
Symbiose	+	+	-	-
Inquilinisme (4)	0	+	0	0

- (1) espèce A amensale de l'espèce B ;  
(2) espèce A prédatrice ou parasite de l'espèce B ;  
(3) espèce A commensale de l'espèce B (hôte) ;  
(4) espèce A (hôte) héberge l'espèce B (inquiline) ;  
(+) espèce favorisée ;  
(-) espèce inhibée ;  
(0) espèce non influencée.

### 2.3. Interaction des milieux et des êtres vivants

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.

#### 2.3.1.- Rôle des facteurs écologiques dans la régulation des populations

##### 2.3.1.1- Facteur génétiques et la dynamique des population

##### ✓ Sélection et le polymorphisme génétique

La stabilité des population est dépendante du milieu, qui pour un génotype donné, peut favoriser l'expression du phénotype correspondant. Nous verrons plus loin que si le milieu est stable, s'il ne se produit pas de mutations, s'il n'y a pas de migrations, et si aucune sélection ne s'exerce, on peut définir une loi de la génétique des populations. Mais la plupart du temps une sélection naturelle se manifeste. Elle est basée sur le fait que les population naturelles sont caractérisées par un polymorphisme génétique, c'est-à-dire par une grande diversité génétique. En effet, au sein d'une même espèce, aucun individu ne possède le même génotype, à l'exception des vrais jumeaux, cela entraîne lors de la gamétogénèse et de la fécondation des recombinaisons de gènes possibles.

Certains gènes peuvent ainsi se manifester plus que d'autres et une sélection naturelle va s'installer. Dans la nature, les animaux les plus forts auront tendance à avoir plus de descendants que ceux qui sont faibles ou malades.

### ✓ **Loi de Hardy Weinderg**

La stabilité d'une population est évaluée par la fréquence des gènes d'une génération à la suivante. Cette stabilité nécessite quatre impératifs :

Il ne doit pas y avoir de migration d'individus, ce qui introduirait des gènes nouveaux :

Il ne doit pas se produire de mutations car celles-ci modifient obligatoirement les génotypes ;

Il ne faut pas que s'exerce une sélection car elle risque de déstabiliser la fréquence des gènes ;

Les effectifs doivent être illimités.

Pour chaque locus, la fréquence des gènes allèles est conforme à la loi définie par Hardy Weinderg. Chaque couple de gène peut s'exprimer à l'état homozygote, dominant ou récessif, et à l'état hétérozygote.

### **2.3.1.2.-Autres paramètres**

#### **2.3.1.2.1-Processus de recrutement**

Deux mécanisme peuvent accroître les effectifs d'une population :

#### ✓ **Immigration**

Dans les écosystèmes, les flux d'individus d'un écosystème à l'autre affectent souvent les effectifs de façon spectaculaire. Le manque de place, la baisse de nourriture, l'exclusion réciproque, mais aussi des facteurs climatiques défavorables entraînent des déplacements souvent périlleux, mais vitaux pour les membres des biocénoses. On assiste parfois à des concentrations dangereuses pour le milieu car elles dépassent le potentiel que celui-ci peut supporter.

Les nouveaux venus parviennent souvent à s'intégrer au groupe déjà en place et participèrent éventuellement à la reproduction. Cela peut apparaître salubre dans la mesure où l'on assiste à un brassage génétique qui évite l'installation de consanguinité. En contrepartie les migrants peuvent vecteurs de germes pathologies qui peuvent générer de fortes pertes chez les autochtones.

#### ✓ **Natalité**

Il va de soi que l'augmentation des naissances, si elles dépassent le nombre des morts, durent le même temps accroît les effectifs au sien d'une population. Le problème est bien connu dans l'espèce humaine.

Dans la nature, le nombre des naissances est fortement lié aux facteurs tropiques. L'alimentation interfère également sur la fécondité et la prolificité en limitant la mortalité

embryonnaire. Ce processus n'est pas inconnu des éleveurs qui pratiquent le fushing sur les Brebis en leur fournissant un supplément d'aliments énergétiques avant la période de reproduction.

Les perturbations climatiques peuvent aussi altérer la reproduction. Les orages violents font souvent avorter des niches entières et il est parfois trop tard pour assurer une couvée de remplacement.

#### **2.3.1.2.2.- Processus de limitation**

A l'opposé, les effectifs peuvent chuter pour des raisons inverses aux précédentes.

##### **✓ Emigration**

Phénomène caractérisé par le fait qu'un fragment de population parfois dénommé propagule quitte son biotope d'origine et se fixe définitivement dans une autre zone de l'écosystème auquel il est inféodé dans une autre aire biogéographique. Après la période de reproduction, les familles tendent à se désunir. Souvent, les parents restent sur leur territoire dont le périmètre est disputé par les autres couples. Mais il n'y a pas suffisamment de nourriture et de place pour les jeunes. Aussi ceux-ci vont-ils se mettre en quête d'un autre canton, plus hospitalier. Ils émigrent donc hors du territoire parental.

##### **✓ Mortalité**

A la mort naturelle qui survient normalement après une espérance de vie à peu près constante pour une espèce déterminée, et qui est compensée par le rythme des naissances, des causes de mortalité exceptionnelles limitent la taille des populations.

La mortalité est aussi liée aux compétitions intra et interspécifiques. Les prédateurs et les parasites se taillent en ce domaine une large part dans les fluctuations de populations. Et pour peu qu'une épidémie se déclare, favorisée souvent par une dégradation des conditions de vie environnementale, alors c'est l'hécatombe.

#### **2.3.1.2.3.- Fluctuation de population**

Il n'y a jamais dans la nature un équilibre parfait des populations. La stabilité est ici toujours fluctuante et sans cesse modelée par le potentiel biologique du milieu et les facteurs de régulation.

##### **✓ Fluctuation périodiques**

Il arrive que les variations d'effectifs interviennent régulièrement à des intervalles déterminés. Ce phénomène est lié à l'espérance de vie des individus et à la longueur de leur cycle végétatif.

### ✓ **Fluctuation apériodiques**

Elles se caractérisent par une augmentation ou une diminution des effectifs exceptionnelles, la plupart du temps imprévisibles. Tel est le cas de ce que les habitants du Limousin ont qualifié en 1986 d'invasion de (Culs bruns), Papillons parasites des arbres.

### **2.3.2.- Notion d'optimum écologique**

Chaque organisme présente vis-à-vis des facteurs écologiques des limites de tolérance entre lesquelles se situe son optimum écologique. L'abondance de l'espèce est maximale au voisinage de son optimum écologique. Ex. Les crustacées syncarides vivent dans les eaux souterraines à températures très basses, le stade œuf est un stade très sensible, les œufs ne peuvent supporter des températures  $>13^{\circ}\text{C}$ , ces crustacées sont retenus dans les eaux froides car ils sont éliminés des eaux à températures élevées où ils ne peuvent pas se reproduire.

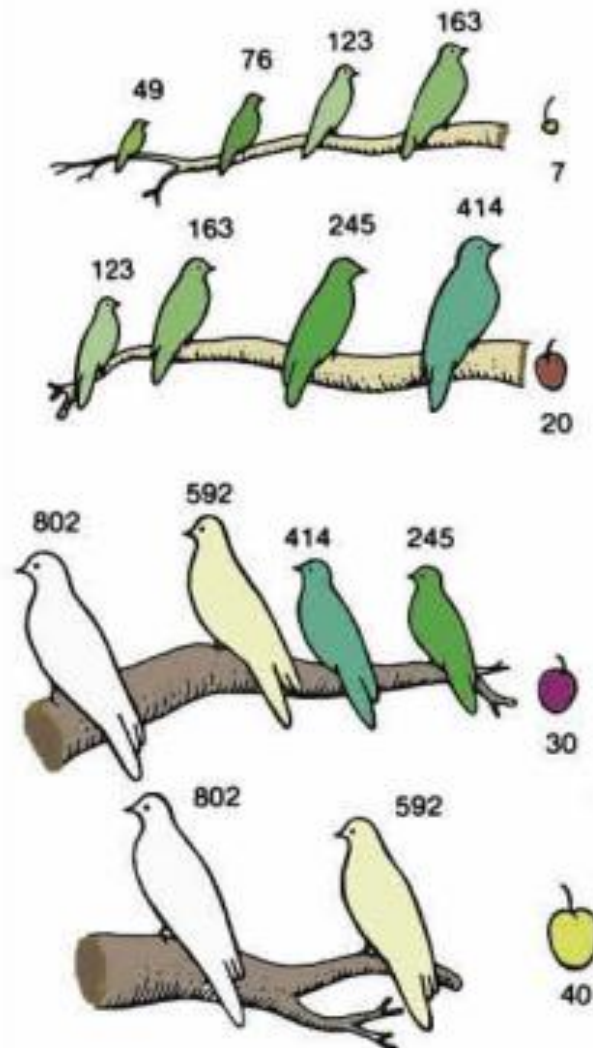
### **2.3.3.- Valence écologique**

d'ampleur de la niche écologique d'une espèce. Elle est d'autant plus importante que son intervalle de tolérance aux facteurs écologiques limitants sera plus étendue. En conséquence, une espèce de forte valence écologique pourra se développer dans des biotopes dont les facteurs écologiques pourront subir d'importantes variations ou coloniser des écosystèmes présentant des différences importantes par rapport aux conditions environnementales moyennes des facteurs écologiques qui les caractérisent (espèce dite euryœcique). À l'opposé, une espèce de faible valence écologique ne pourra vivre que dans un habitat aux conditions environnementales stables, caractérisées par de faibles variations des facteurs écologiques limitants, car elle présente un intervalle de tolérance très étroit à ces facteurs (espèce dite sténoœcique). Les espèces propres aux biotopes continentaux à climat froid ou encore désertiques présentent en général une grande valence écologique tandis que celles qui sont inféodées aux écosystèmes de forêts tropicales sont sténoœciques. Parmi les espèces aquatiques, la valence écologique des sténothermes est généralement très faible. Les Invertébrés et végétaux des sources thermales, ou des mers tropicales, sont polythermes. Les espèces, inféodées aux mers polaires ou encore des espèces crénophiles propres aux torrents de montagne sont psychrophiles.

### **2.3.4. Niche écologique**

en 1917, a été en fait vulgarisé par Elton (1927). La niche écologique peut se définir de la façon la plus simple comme la place et la spécialisation d'une espèce à l'intérieur d'un peuplement. Elle correspond à l'ensemble des paramètres qui caractérisent les exigences écologiques (climatiques, alimentaires, reproductives, etc.) propres à une espèce vivante et qui la différencient des espèces voisines d'un même peuplement. Une confusion fréquente est

faite entre niche écologique et habitat. Ce dernier correspond aux emplacements particuliers où l'espèce considérée se rencontre. La niche, elle, représente la fonction de l'espèce dans un écosystème. Dans tout écosystème, il est fréquent que de nombreuses espèces se rencontrent dans un même habitat voire occupent des microhabitats très voisins sinon identiques. En revanche, une étude détaillée de leur biologie confirme qu'elles occupent chacune une niche écologique bien distincte (Fig. 18).



**Figure 18.** Exemple de ségrégation des niches écologiques dans un même peuplement de pigeons frugivores de Nouvelle-Guinée des genres *Ptilinopus* et *Ducula*. Les espèces correspondant aux poids indiqués sont les suivantes : 49 g, *Ptilinopus nanus* ; 76 g, *P. pulchellus* ; 123 g, *P. superbus* ; 163 g, *P. ornatus* ; 245 g, *P. perlatus* ; 414 g, *Ducula rufi gaster* ; 592 g, *D. zoeae* ; 802 g, *D. pinon*. On constate une double ségrégation selon le rapport entre le poids des pigeons et le diamètre des fruits consommés et entre leur poids et celui des rameaux sur lesquels ils se posent lequel est d'autant plus faible que les espèces sont plus légères.

## **Chapitre III- Structure des écosystèmes**

MOUANE A. 2023



## Chapitre III- Structure des écosystèmes

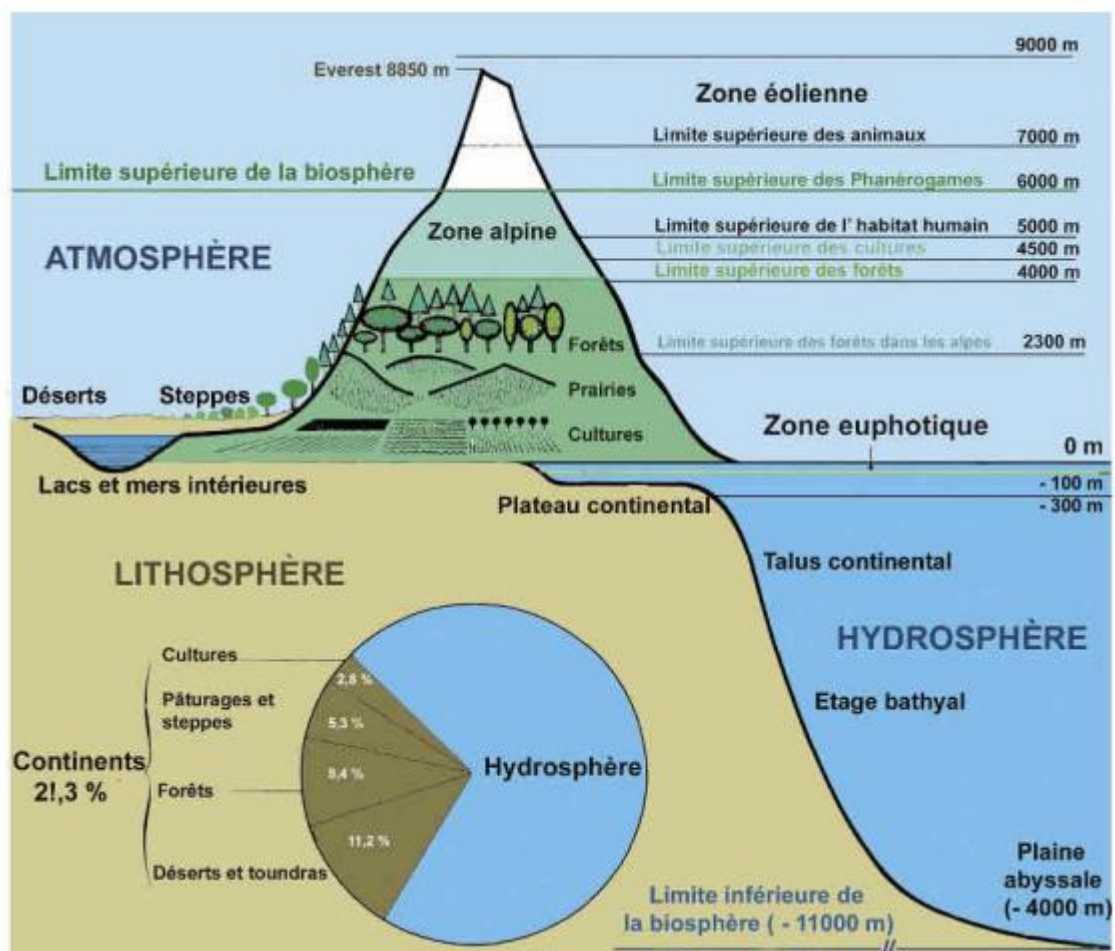
### 3.1.-Structure des chaînes alimentaires ; relations entre les producteurs (autotrophes ) et leur dépendance des nutriments et de l'énergie lumineuse ou chimique

#### 3.1.1.- Biosphère et ses constituants

La notion de biosphère fut dégagée pour la première fois par un biologiste français de génie, Lamarck, qui dans sa Géochimie fut le premier à entrevoir l'importance de l'interaction entre les êtres vivants et le milieu physico-chimique dans la genèse des conditions qui caractérisent la surface de la planète actuelle. Cependant, le terme de biosphère fut créé par Vernadsky en 1925 pour désigner le système complexe que constitue l'association à la surface de la planète Terre de milieux présentant des caractéristiques physico-chimiques uniques : océan, atmosphère, couches supérieures de la lithosphère, auquel est associé l'ensemble des êtres vivants. La biosphère est caractérisée par un état d'équilibre dynamique résultant d'interactions extrêmement complexes entre les processus biologiques et physico-chimiques propres aux compartiments dans lesquels la vie a pu se développer au cours des 3,98 milliards d'années qui nous séparent du moment où s'acheva la condensation de l'Océan mondial. La biosphère peut se définir de la façon la plus simple comme la région de la planète dans laquelle la vie est possible en permanence et qui renferme l'ensemble des êtres vivants. En première approximation, la biosphère peut se subdiviser en trois compartiments :

- La lithosphère, terme pris au sens restrictif c'est-à-dire limité aux couches les plus superficielles de l'écorce terrestre constituant les roches-mères des sols ou le plancher océanique ;
- L'hydrosphère constituée essentiellement par l'Océan mondial, mais à laquelle se rattachent aussi en principe les eaux continentales ;
- L'atmosphère qui en est l'enveloppe externe et gazeuse, actuellement d'origine biologique pour une grande part.

L'épaisseur de la biosphère varie considérablement d'un point à un autre puisque la vie pénètre jusque dans les fosses océaniques au-delà de 11 000 m de profondeur alors que dans la lithosphère, on ne trouve guère trace de vie au-delà d'une dizaine de mètres. Dans l'atmosphère, par suite de la raréfaction de l'oxygène, les êtres vivants se font plus rares avec l'altitude et vivent rarement à plus de 10 000 m (Fig. 19). La source majeure d'énergie dans la biosphère est le soleil. L'autre source importante est l'énergie géothermique. Grâce à la photosynthèse, les plantes transforment l'énergie solaire en énergie chimique, et les animaux en mangeant ces plantes ou en se mangeant entre eux, la récupèrent.



**Figure 19.** Zonation verticale de la biosphère et répartition des macro-écosystèmes.

### 3.1.2.- Organisation de la biosphère

Le niveau le plus élémentaire d'organisation du vivant est la cellule. Celle-ci est intégrée dans l'individu qui s'intègre dans une population. La population fait partie d'une communauté ou biocénose. La biocénose s'intègre à son tour dans l'écosystème. L'ensemble des écosystèmes forment la biosphère qui est le niveau le plus élevé du vivant.

Le biotope fournit l'énergie, la matière organique et inorganique d'origine abiotique. La biocénose comporte trois catégories d'organismes : des producteurs de matières organiques, des consommateurs de cette matière et des décomposeurs qui la recyclent. Les végétaux captent l'énergie solaire et fabriquent des glucides qui seront transformés en d'autres catégories de produits, ils seront broutés par les herbivores qui seront dévorés par des carnivores. Les décomposeurs consomment les déchets et les cadavres de tous et permettent ainsi le retour au milieu de diverses substances. Par son unité, son organisation et son fonctionnement, l'écosystème apparaît comme le maillon de base de la biosphère.

### **3.1.3.-Facteurs alimentaires**

La nourriture est un facteur écologique important dont la qualité, la quantité et l'accessibilité jouent un rôle en modifiant divers paramètres des populations tels la fécondité, la longévité, la vitesse de développement, le taux de natalité.

### **3.1.4.- Besoins qualitatifs et quantitatifs en nourriture**

Toutes les activités vitales des organismes vivants nécessitent des besoins alimentaires caractérisées par la présence en quantités suffisantes de substances chimiques indispensables (oligoéléments, glucides, protéines, vitamines,...). La quantité de nourriture présente et accessible est un facteur limitant pour beaucoup d'espèces. A poids égal, les besoins sont plus importants pour les espèces de petite taille que chez les espèces de grande taille. Ces besoins sont plus élevés chez les homéothermes que chez les poïkilothermes. Le rapport entre la quantité ingérée chaque jour et le poids corporel varie d'une espèce à une autre et d'une région à une autre pour la même espèce.

### **3.1.5.- Classification des êtres vivants selon leurs besoins en alimentation**

On distingue

#### **3.1.5.1.- Production primaire (Autotrophie)**

La production primaire, une quantité donnée de matière organique à partir de matière minérale et d'un apport d'énergie. Elle s'exprime en masse de carbone assimilé par de temps.

Elle est réalisée par des organismes autotrophes ou producteurs primaires, qui constituent le premier maillon ou niveau trophique; les autotrophes les plus connus sont les végétaux qui utilisent l'énergie solaire, le gaz carbonique, l'eau et des sels minéraux pour les transformer en matière biochimique élaborée (plantes vertes vasculaires, phytoplancton : cyanobactéries ou algues bleus : organisme procaryote).

**3.1.5.2.- Hétérotrophes (Consommateurs primaires) :** Dépendent entièrement des autotrophes et ne peuvent se nourrir qu'avec des matières organiques complexes (glucides, acides aminés,...) qu'ils puisent directement sur les autotrophes (phytophages) ou indirectement (carnivores).

**3.1.5.3. - Parasites (consommateurs secondaires)** qui tirent leurs aliments à partir d'hôtes qu'ils ne tuent pas obligatoirement.

Espèce qui se développe au détriment d'une autre espèce dénommée hôte. La plupart des parasites sont dits stricts car inféodés à une ou plusieurs espèces hôtes déterminées. On distingue des ectoparasites qui vivent fixés à la surface du corps de leur hôte et des endoparasites qui croissent à l'intérieur de ce dernier soit dans le tube digestif soit dans

certaines organes ou dans le milieu intérieur : sang, lymphe, cavité générale par exemple (parasites viscéraux). Selon le cas, les parasites se développent soit dans un seul hôte (parasites monoxènes), ils font alors souvent un cycle comportant une phase libre et une phase parasitaire, soit entre deux hôtes successifs, parfois trois voire plus, avec ou sans phases libres (parasites hétéroxènes).

**3.1.5.4.- Saprophytes (Décomposeurs) :** Champignons, bactéries, levures et autres organismes hétérotrophes utilisant la matière organique morte (débris végétaux, excréments et cadavres d'animaux dont ils assurent une minéralisation progressive et totale.

### **3.1.6.- Méthodes d'étude des régimes alimentaires**

#### **3.1.6.1.- Méthodes classiques**

(i) Observation directe : est la plus simple à mettre en œuvre mais non applicable aux espèces de petites tailles et les espèces discrètes (Mammifères et Oiseaux de grande taille) ;

(ii) Analyse du contenu stomacal et des rejets de la digestion : Analyse des éléments contenus dans le tube digestif ou excrétés par celui-ci (excréments, régurgitations). C'est une méthode qui permet de donner des résultats qualitatifs et quantitatifs. Cette méthode nécessite parfois le sacrifice de l'animal (analyse du contenu stomacal).

L'identification des éléments retrouvés est parfois difficile. (Vertébrés et invertébrés).

#### **3.1.6.2- Méthodes modernes**

(iii) Méthode sérologique : Cette méthode se base sur l'utilisation des antisérums fabriqués au laboratoire. C'est une méthode qui permet en particulier de connaître les prédateurs de certaines espèces. Les antisérums ne présentent pas une spécificité absolue et sont généralement coûteux.

(iv) Méthode des radio-isotopes : C'est une méthode basée sur l'utilisation de radio isotopes (éléments chimiques radioactifs : deutérium H<sup>2</sup> , tritium H<sup>3</sup> , C<sup>14</sup> , O<sup>18</sup>, P<sup>32</sup>,...). C'est une méthode coûteuse qui permet de dresser les chaînes alimentaires en donnant des résultats quantitatifs précis

#### **3.1.7.- Types de régimes alimentaires**

Le régime alimentaire varie en fonction des espèces, des saisons, selon les disponibilités alimentaires, l'activité de l'animal et son stade de développement. Il n'existe aucun type de régime alimentaire absolu.

Certains animaux ont un régime alimentaire varié (Euryphages), d'autres suivent un régime spécial (sténophages qui se nourrissent d'une seule catégorie d'aliments).

### **3.1.7.1.- Herbivores ou Phytophages**

. Animal dont l'alimentation est strictement fondée sur la consommation de végétaux, donc situé au second niveau dans les réseaux trophiques de consommateurs. La majorité des herbivores phyllophages se nourrit des feuilles et des pousses des végétaux. D'autres sont xylophages, les parties ligneuses suceuses de sève, butineuses de nectar, et/ou collectrices de pollen, enfin frugivores (fruits),.... .

### **3.1.7.2.- Carnivores ou Carnassiers**

Animaux prédateurs qui constituent les consommateurs secondaires des réseaux trophiques. On distingue des carnivores primaires (carnivores 1) qui se nourrissent des herbivores, des carnivores secondaires (carnivores 2) dont les proies sont des carnivores 1, etc. Les consommateurs d'animaux classés selon le type d'animal consommé : Entomophages ou Insectivores (insectes), Aphidiphages (Aphidiens ou pucerons), Piscivores ou ichtyophages (Poissons), Charognards ou Nécrophages = sarcophage (cadavres frais),...

### **3.1.7.3.- Détritivores**

Catégorie d'êtres vivants qui se nourrissent de détritits d'origine végétale ou animale constituant la matière organique morte. Les détritivores se rencontrent dans tous les biotopes terrestres ou aquatiques. On distingue plusieurs catégories de détritivores selon qu'ils consomment de la matière organique en voie de décomposition (saprophages), des excréments (coprophages), des cadavres (nécrophages), ou encore de la matière organique en voie d'humification (géophages) comme les vers de terre. Dans les sols, ces derniers constituent une catégorie dominante de détritivores qui jouent un rôle majeur dans le processus de l'humification en favorisant la transformation des matières végétales mortes en humus grâce aux bactéries qui vivent dans leur tube digestif. En milieu aquatique, les détritivores se répartissent entre les diverses catégories citées plus haut, l'équivalent écologique des géophages étant ici constitué par les organismes mangeurs de sédiments meubles dits limophages.

### **3.1.7.4.- Consommateurs à large spectre alimentaire**

Polyphages (consomment à la fois des aliments de nature animale et végétale), les Omnivores (alimentation très diversifiée), les Microphages (Planctonophages).

### **3.1.8.- Chaînes trophiques**

Terme désignant les relations alimentaires entre organismes de niveau trophique différent à l'intérieur d'une même communauté. dans chaîne alimentaire diverses espèces

établissent entre elles des liens de dépendance tels que l'espèce de rang "n" mange celle de rang "n-1" avant d'être mangée par celle de rang "n+1".

### **3.1.8.1.-Différents types de chaînes trophiques**

Nous avons montré plus haut que les êtres vivants peuvent se répartir en trois catégories selon leur fonction écologique dans la communauté :

#### **3.1.8.1.1.-Producteurs**

Ce sont les végétaux autotrophes photosynthétiques. Ayant le statut de producteurs primaires, ils constituent le premier maillon (niveau trophique) de la chaîne alimentaire.

#### **3.1.8.1.2.-Consommateurs**

Ne peuvent se nourrir qu'avec des matières organiques complexes (glucides, acides aminés, triglycérides). Ils dépendent donc entièrement des producteurs qui représentent la seule source d'énergie utilisable par les animaux, de façon soit directe dans les cas des herbivores (consommateurs primaires), soit indirecte dans celui des carnivores (consommateurs secondaires et d'ordre supérieur).

Les consommateurs occupent un niveau trophique différent en fonction de leur régime alimentaire. On distingue les consommateurs de matière fraîche et les consommateurs de cadavres.

✓ **Consommateurs de matière fraîche**, il s'agit de :

- Consommateurs primaires (C1) : Ce sont les phytophages qui mangent les producteurs. Ce sont en général des animaux herbivores (mammifères herbivores, insectes, crustacés,...).
- Consommateurs secondaires (C2) : Prédateurs de C1. Il s'agit de carnivores se nourrissant d'herbivores (mammifères carnassiers, rapaces, insectes,...).
- Consommateurs tertiaires (C3) : Prédateurs de C2. Ce sont donc des carnivores qui se nourrissent de carnivores (oiseaux insectivores, rapaces, insectes,...)... (super-prédateurs) Le plus souvent, un consommateur est omnivore et appartient donc à plusieurs niveaux trophiques. Les C2 et les C3 sont soit des prédateurs qui capturent leurs proies, soit des parasites d'animaux.

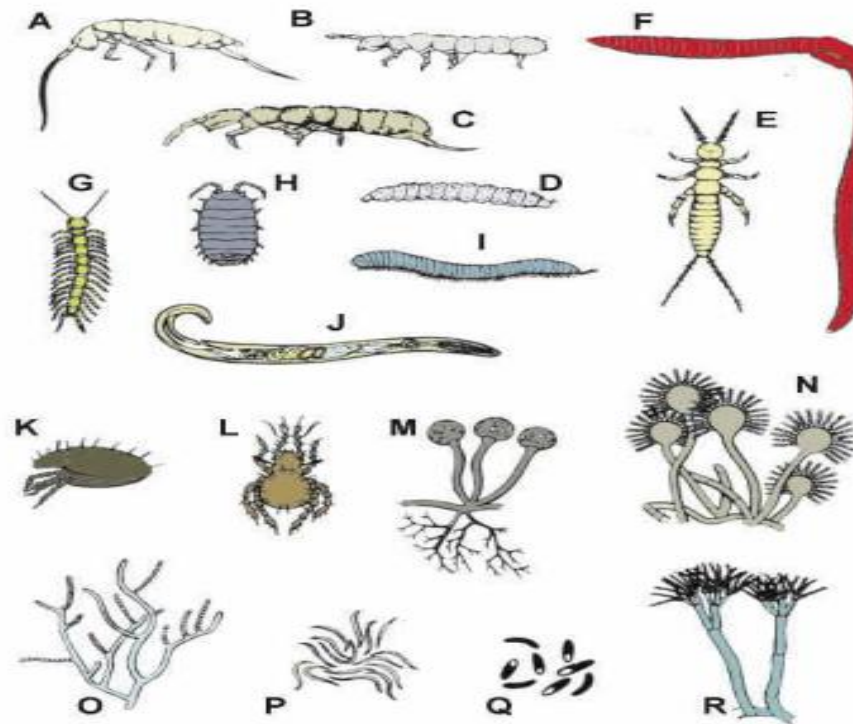
✓ **Consommateurs de cadavres d'animaux**

Les charognards ou nécrophages désignent les espèces qui se nourrissent des cadavres d'animaux frais ou décomposés. Ils terminent souvent le travail des carnivores.

### 3.1.8.1.3.-Décomposeurs ou détritivores

Les décomposeurs sont les différents organismes et microorganismes qui s'attaquent aux cadavres et aux excréta et les décomposent peu à peu. Le caractère cyclique de la chaîne alimentaire est assuré par les décomposeurs qui assurent le retour progressif au monde minéral des éléments contenus dans la matière organique (Fig. 20).

- ✓ Saprophyte : Organisme végétal se nourrissant de matières organiques en cours de décomposition. Exemple: Champignons ;
- ✓ Saprophage : Organisme animal qui se nourrit de matières organiques en cours de décomposition. Exemple : Bactéries.
- ✓ Détritivore : Invertébré qui se nourrit de détritrus ou débris d'animaux et/ou de végétaux. Exemple : Protozoaires, lombrics, nématodes, cloportes ;
- ✓ Coprophage : Animal qui se nourrit d'excréments. Exemple : Bousier.



**Figure 20.** Principaux représentants de la pédofaune et de la communauté de décomposeurs (bactéries, champignons) constituant les peuplements saprophages des sols. A, B, C, Collemboles des genres Tomocerus, Isotoma et Folsomia ; D, larve de Bibionide (Diptères) ; E, Diptoure ; F, Lombric (Annélide Oligochète) ; G, Lithobius (Chilopode) ; H, Glomeris (Diplopode) ; I, Iule (id) ; J, Nématode ; K, L Acariens Oribatides, Belba et Oribatridia ; M, Champignons Phycomycète (Rhizopus), N, et R, Ascomycètes (Aspergillus et Penicillium) ; O, Streptomycète ; P, Bactérie cellulolytique (Cytophaga) ; Q, Bactérie anaérobie fixatrice de l'azote (Clostridium).

#### 3.1.8.1.4.-Fixateurs d'azote

Ils ont une position particulière dans la chaîne trophique. Leur nutrition azotée se fait à partir de l'azote moléculaire. Quant au carbone et à l'énergie nécessaire à leur nutrition, ils utilisent des matières organiques plus élaborées qu'ils prennent à certains détritiques ou à des racines ou feuilles des autotrophes. Ils sont donc autotrophes pour ce qui est de l'azote et hétérotrophes du point de vue carbone. C'est le cas des Azotobacters en fixation non symbiotique et les Rhizobiums en fixation symbiotique.

On en distingue trois types de chaîne alimentaire ;celles de consommateurs, de parasites et de saprophytes.

Les premières prédateurs décrivent les relations trophiques liant un prédateur situé au sommet de la pyramide trophique aux organismes des niveaux trophiques inférieurs. Elles répondent au schéma général (Fig. 21) :

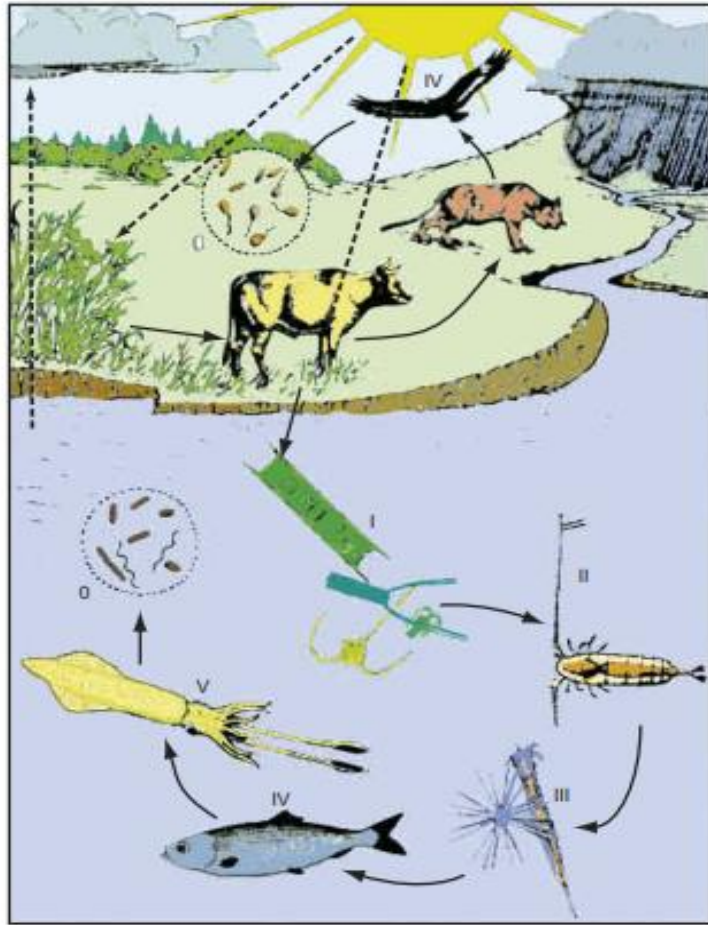
Organisme autotrophe → Herbivore → Carnivore 1 → Carnivore 2

On divise en deux types majeurs les chaînes trophiques de consommateurs : celles propres aux écosystèmes terrestres dont les producteurs primaires sont des végétaux de grande taille – en particulier des arbres –, qui sont relativement courtes ayant généralement 3 voire 4 niveaux trophiques, et les chaînes trophiques aquatiques dont les producteurs primaires sont surtout microscopiques (phytoplancton), qui sont longues comptant souvent 5 voire 6 niveaux trophiques.

Celles de type parasitaire sont caractérisées par la présence d'hyperparasites parasitant une première espèce de parasite dans son hôte.

Celle de saprophytique (saprophytic food chain) : chaîne de consommateurs se nourrissant de matières organiques mortes. Vastes ensembles de relief s'étendant sur des centaines voire des milliers de kilomètres. Elles sont générées par les mouvements tectoniques au niveau des zones de collision où viennent s'affronter des plaques continentales avec formation d'un orogène. La formation des chaînes volcaniques est liée à un autre processus tectonique lié à la subduction d'une plaque océanique sous une plaque continentale.

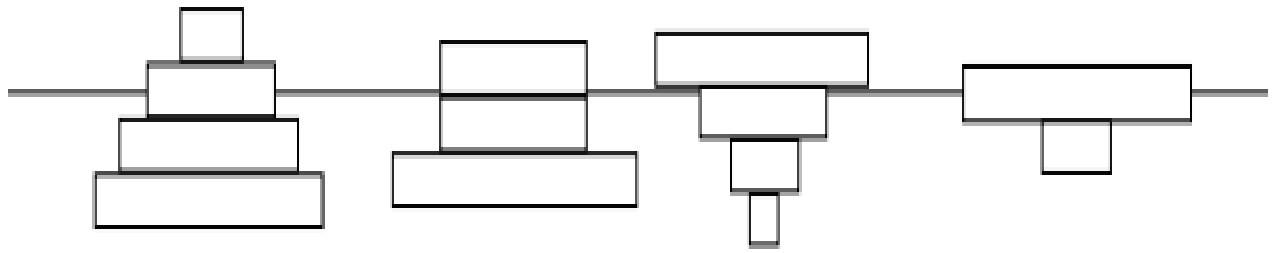




**Figure 21.** Schéma général des deux types fondamentaux des chaînes trophiques dans la biosphère : terrestres et aquatiques

### 3.1.8.2.-Représentation des chaînes trophiques

La schématisation graphique de la structure des biocénoses est généralement conçue à l'aide de pyramides écologiques, qui correspondent à la superposition de rectangles horizontaux de même hauteur, mais de longueurs proportionnelles au nombre d'individus, à la biomasse ou à la quantité d'énergie présentes dans chaque niveau trophique. On parle alors de pyramide des nombres, des biomasses ou des énergies (Fig. 22).



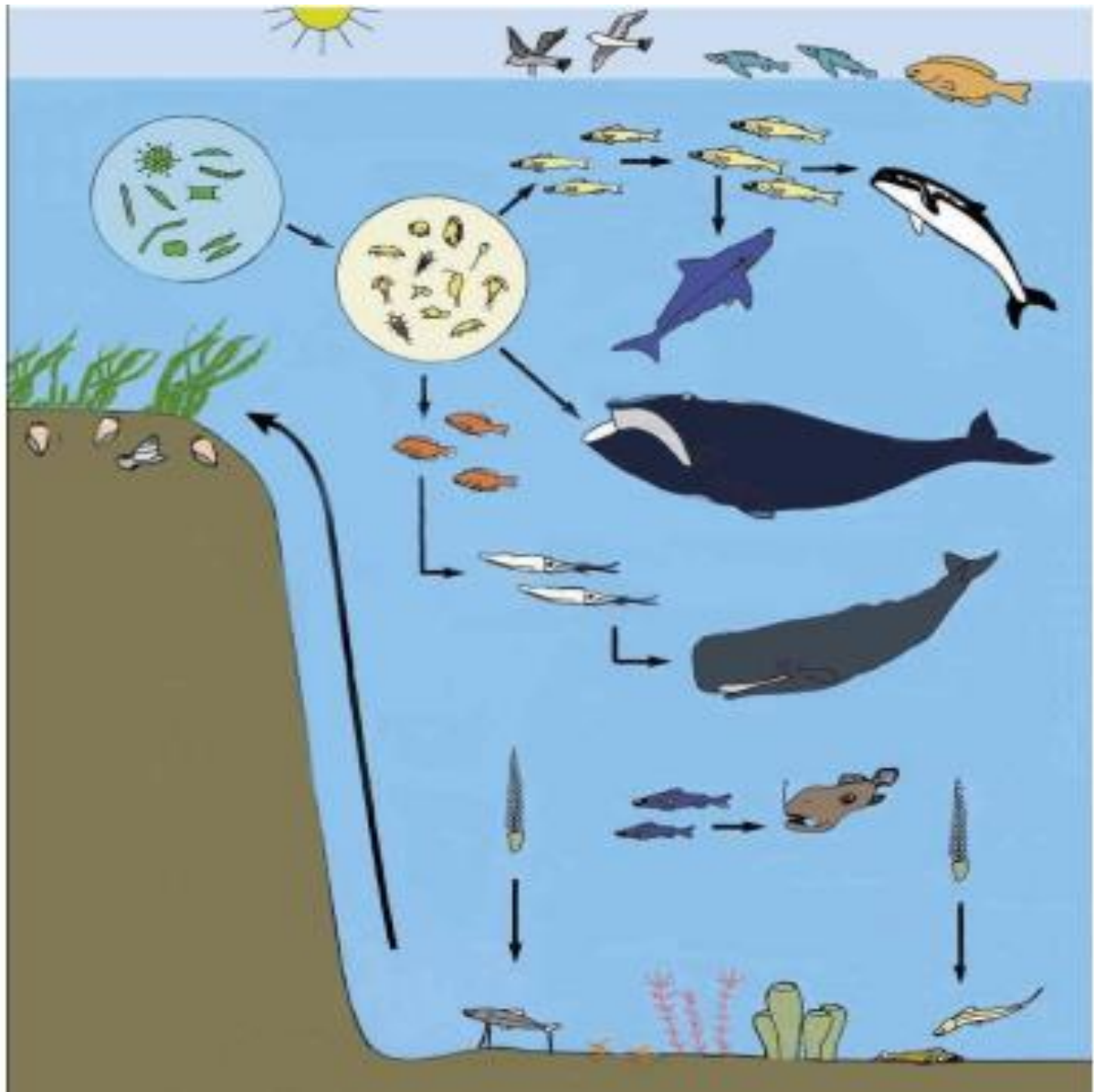
**Figure 22.** Diverse schématisation des pyramides

### **3.1.9.- Notion de niveau**

Dans une chaîne alimentaire, les organismes appartenant au même niveau trophique sont séparés des végétaux chlorophylliens par le même nombre d'étapes. Les végétaux chlorophylliens constituent ainsi le premier niveau trophique (premier maillon). Un même animal peut appartenir à plusieurs niveaux trophiques (polyphages et omnivores). De ce fait, les chaînes alimentaires s'anastomosent pour former des réseaux trophiques complexes.

### **3.1.10.- Réseau trophique**

Le réseau trophique propre à l'ensemble de la biocénose peut être figuré en réunissant dans un schéma théorique général trois grandes catégories de réseaux trophiques spécialisés qu'elle comporte : ceux de consommateurs, ceux de saphrophases détritivores et ceux de prédateurs et parasites ( Fig. 23).



**Figure 23.** Divers types de réseaux trophiques propres à l'océan mondial

## **Chapitre IV.- Fonctionnement des écosystèmes**

MOUANE A., 2023

## Chapitre IV.- Fonctionnement des écosystèmes

### 4.1.-Flux d'énergie au niveau de la biosphère

#### 4.1.1.- Flux solaire

Unique entrant énergétique dans la biosphère, il conditionne toute production de matière vivante car c'est de lui que dépend l'activité photosynthétique des producteurs primaires tant continentaux qu'océaniques. En supposant toutes choses égales par ailleurs, que l'assimilation chlorophyllienne en un biotope déterminé sera d'autant plus importante que la quantité totale de rayonnement solaire qui parvient au sol y sera plus élevée. C'est en effet ce que l'on observe dans les régions équatoriales des continents émergés où le flux lumineux présente une valeur élevée pendant toute l'année.

Seul une fraction de lumière solaire atteint l'environnement immédiat de notre planète (ionosphère) arrive à la surface terrestre.

Si l'on définit le flux solaire comme le taux d'énergie de toute longueur d'onde qui traverse une unité de surface par unité de temps, on peut l'évaluer à  $2 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$  dans la haute stratosphère. Fait remarquable, cette énergie est concentrée pour plus de 99% dans une étroite bande spectrale de longueur d'onde comprise entre 0,2u et 4u, dont près de la moitié se situe dans le spectre visible (0,38 à 0,77u) et le reste est surtout compris soit dans l'ultraviolet proche, soit dans l'infrarouge. plus de 30% du flux solaire qui atteint la haute stratosphère est directement réfléchi dans l'espace par l'atmosphère elle-même et les nuages ; 8% l'est par les poussières en suspension dans l'air. De plus, 10% du rayonnement global est absorbé par la vapeur d'eau, l'ozone et d'autre gaz.

Finalement, seuls 52% de rayons solaires parviennent au sol. Mais à ce niveau se produiront encore des pertes par réflexion. De l'ordre de 10% (Albedo) et près de la moitié sera utilisée comme source de chaleur dans les processus d'évapotranspiration. Enfin, sur les 40% qui restent disponible, à peine la quart est employé par les végétaux et stimule la photosynthèse.

## **4.1.2.- Notions de pyramides écologiques, de production, de productivité et de rendement bioénergétiques**

### **4.1.2.1.- Notions de pyramides écologiques**

Les pyramides écologiques permettent de donner une représentation géométrique à la structure trophique d'un écosystème. Elle se construit par superposition de rectangles de même largeur, mais de longueur proportionnelle à l'importance du paramètre mesuré.

#### **4.1.2.1.1.- Pyramides écologiques**

La structure trophique d'un écosystème peut être décrite en termes d'individus, de biomasse ou d'énergie. Elle peut être représentée graphiquement par les pyramides écologiques qui sont de 3 types (Fig. 24) :

##### **4.1.2.1.2.- Pyramide des nombres**

Le principe consiste à comptabiliser le nombre des individus présents dans chaque maillon trophique d'un milieu donné. Chaque niveau est schématisé par un rectangle dont la taille est proportionnelle au nombre d'individus que l'on comptabilise. Tous les rectangles ont la même hauteur, il n'y a que la base qui change. Plus les chaînes sont longues et plus la pyramide est pointue et élevée.

##### **✓ Nombre d'individus**

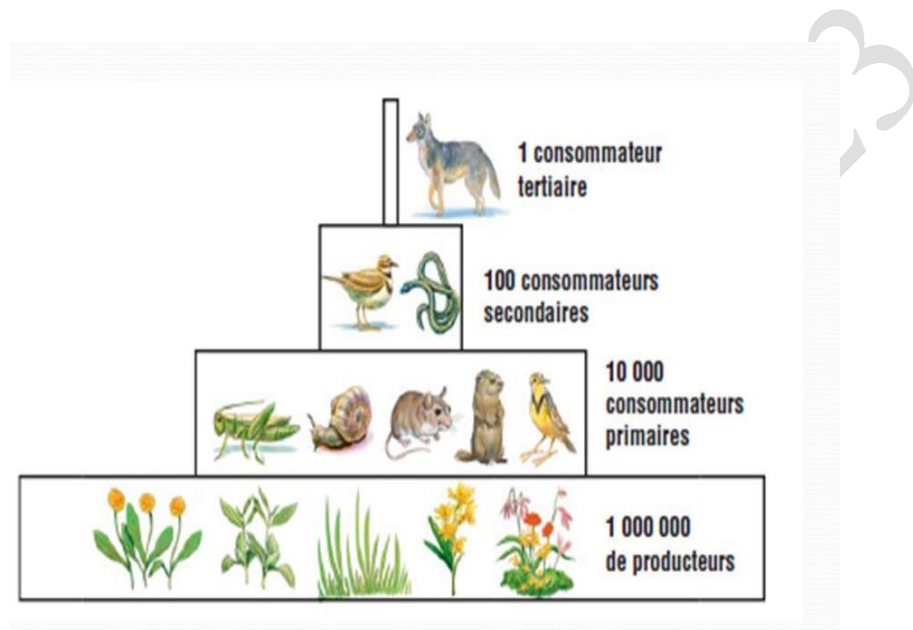
Lorsque l'on s'élève, depuis la base d'un système trophique vers le sommet, on constate que le nombre des individus, dans les chaînes de prédateurs, est de moins en moins important d'un maillon à l'autre. Le rectangle le plus grand correspond aux producteurs primaires (P1). Les végétaux sont en effet très nombreux, surtout dans une prairie, même s'il y a peu d'espèces présentes. La population des herbivores (C1) est beaucoup moins développée, ce qui se traduit par un rectangle plus petit. Celle des carnivores (C2) encore moins importante et celle des prédateurs supérieurs (C3) réduite seulement à quelques unités.

##### **✓ Taille des individus**

Bien que la pyramide des nombres ne montre pas la taille des individus, il est évident que la réduction des effectifs, lorsque l'on s'élève dans la pyramide, est compensée par une augmentation de la taille. Généralement, les herbivores sont plus grands que les Poacées qu'ils consomment, les carnivores plus gros que leurs proies.

### ✓ Prolificité

Les Graminées ont un pouvoir de reproduction fantastique, puisque chaque pied peut produire des graines à profusion. Les criquet qui, dans une chaîne imaginée très simple, les consomment, ne pondent que quelques centaines d'œufs. Les amphibiens qui les mangent à leur tour n'auront que quelque dizaines de têtards. Les reptiles qui se régalent d'amphibiens n'auront que quelques descendants.



**Figure 24.** Pyramide des nombres

#### 4.1.2.1.3.- Pyramide des biomasses

Représente pour chaque niveau trophique la biomasse correspondante (biomasse sèche). Les pyramides des biomasses accordent la même importance à des tissus ayant des valeurs énergétiques différentes (Fig. 25).

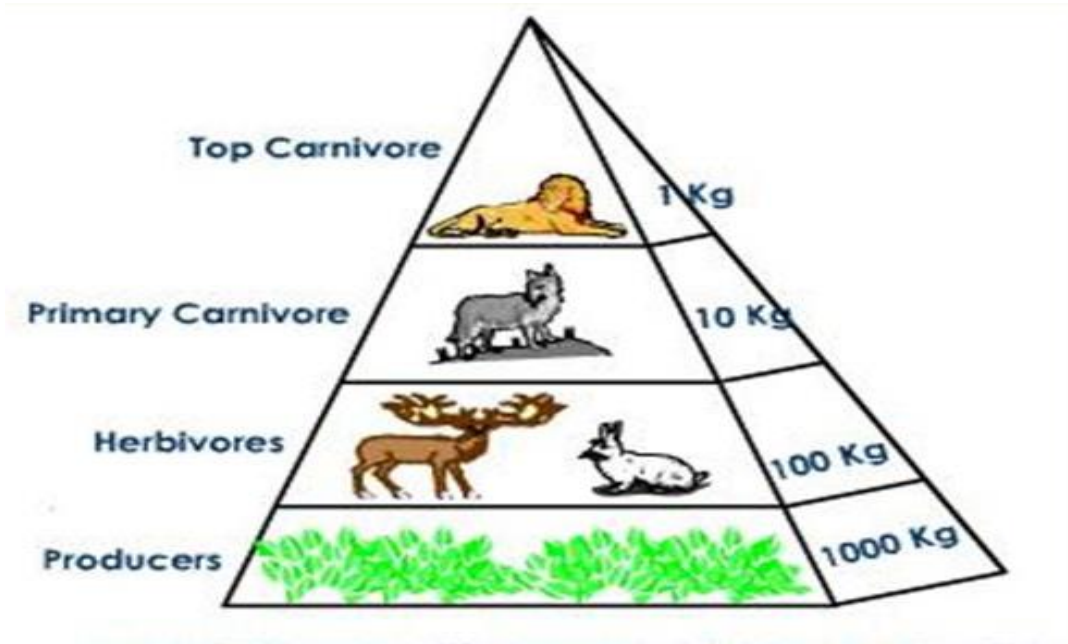


Figure 25. Pyramide des biomasses

#### 4.1.2.1.4.- Pyramide des énergies

Pyramide des énergies est le mode de représentation le plus satisfaisant car chaque niveau trophique est mentionné par la quantité d'énergie accumulée et de celle dépensée par les organismes de chaque niveau (KCal) par unité de surface (ou de volume) et de temps (Fig. 26). Dans les pyramides écologiques, les décomposeurs sont placés habituellement à côté des prédateurs. Les chaînes d'énergie permettent de quantifier le transfert et la productivité d'énergie dans les chaînes trophiques et évaluer ainsi l'efficacité des écosystèmes. Globalement un millionième seulement du flux solaire initial est converti en biomasse de carnivore.

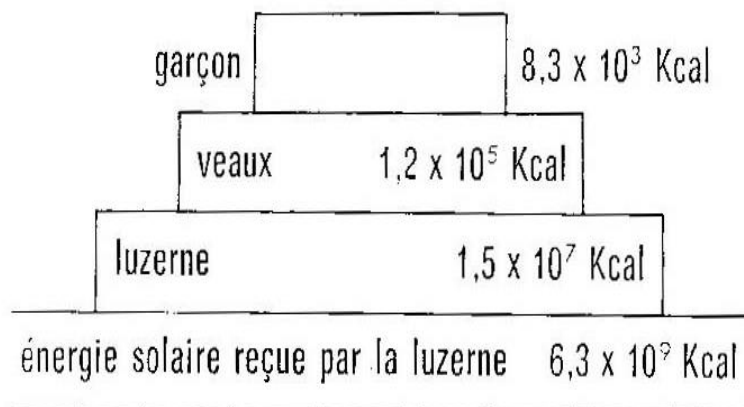


Figure 26. Pyramide des énergies



#### 4.1.2.2.- Production, de productivité et de rendement bioénergétiques

##### 4.1.2.2.1.- Définition

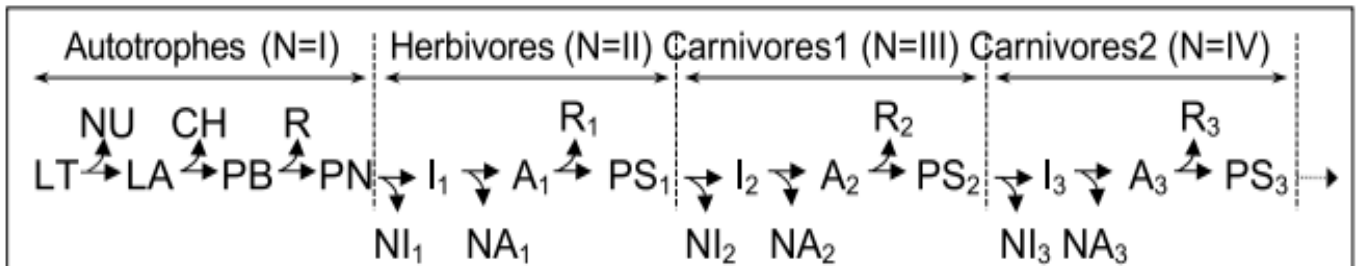
- ✓ **Productivité brute (PB)** : Quantité de matière vivante produite pendant une unité de temps, par un niveau trophique donné ;
- ✓ **Productivité nette (PN)** : Productivité brute moins la quantité de matière vivante dégradée par la respiration. ( $PN = PB - R$ ).
- ✓ **Productivité primaire** : Productivité nette des autotrophes chlorophylliens.
- ✓ **Productivité secondaire** : Productivité nette des herbivores, des carnivores et des décomposeurs

##### 4.1.2.2.2.- Transfert d'énergie

Les relations trophiques qui existent entre les niveaux d'une chaîne trophique se traduisent par des transferts d'énergie d'un niveau à l'autre (Fig. 27).

- ✓ Une partie de la lumière solaire absorbée par le végétal est dissipée sous forme de chaleur (CH) ;
- ✓ Le reste est utilisé pour la synthèse de substances organiques (photosynthèse) et correspond à la Productivité primaire Brute (PB) ;
- ✓ Une partie de (PB) est perdue pour la Respiration (R1) ;
- ✓ Le reste est la Productivité primaire Nette (PN) ;
- ✓ Une partie de (PN) sert à l'augmentation de la biomasse végétale avant d'être la proie des bactéries et des autres décomposeurs ;
- ✓ Le reste de (PN), sert d'aliment aux herbivores qui absorbent ainsi une quantité d'énergie Ingérée (I1) ;
- ✓ La quantité d'énergie ingérée (I1) correspond à ce qui réellement utilisé ou Assimilé (A1) par l'herbivore, plus ce qui est rejeté (Non Assimilée) (NA1) sous la forme d'excréments et de déchets :  $I1 = A1 + NA1$  ;
- ✓ La fraction assimilée (A1) sert d'une part à la Productivité Secondaire (PS1) et d'autre part aux dépenses Respiratoires (R2) ;
- ✓ On peut continuer le même raisonnement pour les carnivores. Ainsi, du soleil aux consommateurs (1er, 2ème ou 3ème ordre), l'énergie s'écoule de niveau trophique en niveau trophique, diminuant à chaque transfert d'un chaînon à un autre. On parle donc de flux d'énergie. Le flux d'énergie qui traverse un

niveau trophique donné correspond à la totalité de l'énergie assimilée à ce niveau, c'est à-dire à la somme de la productivité nette et des substances perdues par la respiration (Fig. 27). Dans le cas des producteurs primaires, ce flux est :  $PB = PN + R1$ . Le flux d'énergie qui traverse le niveau trophique des herbivores est :  $A1 = PS1 + R2$ .



**Figure 27.** Transfert d'énergie et productivité de la chaîne trophique.

#### 4.1.2.2.3.- Rendements énergétiques

A chaque étape du flux, de l'organisme mangé à l'organisme mangeur et à l'intérieur de chacun d'eux, de l'énergie est perdue. On peut donc caractériser les divers organismes du point de vue bioénergétique, par leur aptitude à diminuer ces pertes d'énergie. Cette aptitude est évaluée par les calculs de rendements appelés également des coefficients d'efficacité ( Fig. 28) :

- ✓ **Rendement d'exploitation** : Appelé aussi rendement de consommation

$$C_e = \frac{I_n}{P_{n-1}} \times 100$$

. Où  $I_n$  est la quantité de productivité nette  $P_{n-1}$  du niveau trophique  $n-1$  réellement consommée par les organismes du niveau trophique  $n$ . C'est le rapport de l'énergie ingérée ( $I$ ) à l'énergie disponible. Ex. :  $(I_1/PN \times 100)$  ou  $(I_2/PS_1 \times 100)$ .

- ✓ **Rendement d'assimilation** :  $A_e = \frac{A_n}{I_n} \times 100$

Où  $A_n$  est la quantité d'énergie assimilée contenue dans les aliments ingérés  $I_n$  qui est et devient disponible pour la croissance.

- ✓ **Rendement de production** :  $P_e = \frac{P_n}{A_n} \times 100$

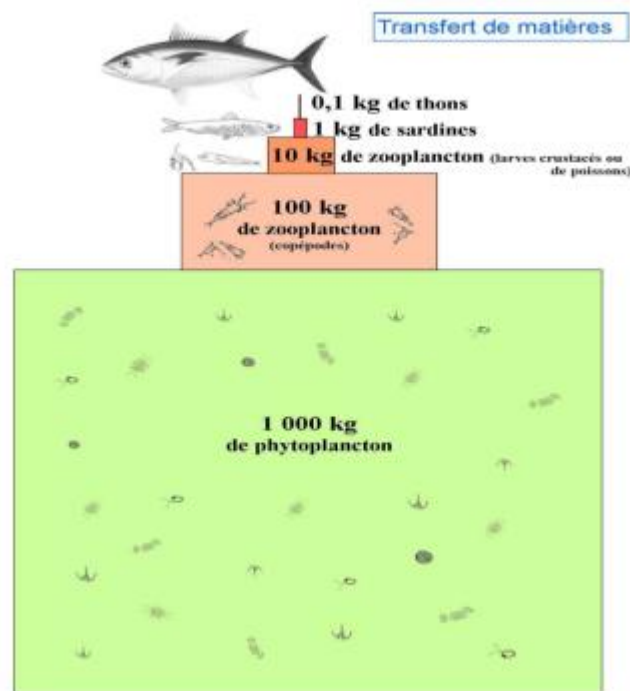
C'est le pourcentage de la quantité d'Énergie qui est convertie en biomasse animale  $P_n$  par rapport à celle assimilée  $A_n$ . Ex. :  $(PS_2/A_2 \times 100)$  ou  $(PS_1/A_1 \times 100)$ . Ce rendement intéresse les éleveurs, car il exprime la possibilité pour une espèce de former la plus grande quantité possible de viande à partir d'une quantité donnée d'aliments.

✓ **Rendement de production brute** :  $R_b = A_e * P_e = P_n / I_n * 100$

C'est le produit des coefficients d'efficacité d'assimilation par celui de production.

✓ **Rendement écologique** :  $R_b = A_e * P_e + P_n / I_n * 100$

C'est le rapport de la production nette du niveau trophique de rang (n) à la production nette du niveau trophique de rang (n-1). Ex. :  $(PS_1 / PN \times 100)$  ou  $(PS_2 / PS_1 \times 100)$ .



**Figure 28.** Biomasse des différents niveaux d'une chaîne alimentaire : le passage d'un niveau alimentaire à un autre entraîne une perte de matière considérable.

## **4.3.- Circulation de la matière dans les écosystèmes et principaux cycles biogéochimiques**

### **4.3.1.- Définition**

C'est le parcours de différents éléments dans la biosphère (lithosphère, hydrosphère, atmosphère).

### **4.3.2.-Types de cycle biogéochimique**

On peut distinguer trois types de cycles biogéochimiques:

- Le cycle des éléments à phase gazeuse (au cours du cycle l'élément se retrouve dans l'atmosphère sous forme de gaz);
- Le cycle de l'eau;
- Le cycle des éléments à phase sédimentaire (l'élément ne transite pas par l'atmosphère. Par exemple: le cycle du phosphore)

#### **4.3.2.1.- Cycle du carbone**

Le plus important des éléments chimiques caractérisant le monde vivant est le carbone. Sous sa forme minérale, il est présent sur le globe dans le dioxyde de carbone, dans les hydrogénocarbonates et dans les carbonates. Sous sa forme organique il entre dans la constitution des glucides, des protides et des lipides.

#### **4.3.2.2.- Réservoirs naturels du carbone**

A l'échelle de la planète, il y a trois réservoirs de carbone: l'atmosphère, les océans, la biosphère continentale. Seule l'atmosphère ne contient que du carbone purement minéral. Dans les deux autres réservoirs s'associent les deux autres formes de carbone (Fig. 29):

- La forme organique dans la biomasse des êtres vivants;
  - Les formes minérales, hydrogénocarbonates, carbonates, sols et roches carbonatées.
- ✓ **Dioxyde de carbone stocké dans l'atmosphère**

Il occupe environ 0,03% du volume de l'atmosphère. On l'évalue à 700 gigatonnes (1 Gt= 10<sup>9</sup>t). Son équilibre est réglé par des échanges incessants qui existent entre les trois réservoirs.

✓ **Carbone stocké dans les océans**

Les êtres vivants des mers et océans ne représentent qu'une petite partie du carbone que l'on rencontre (3Gt). La plus grande quantité du carbone est présente dans l'eau sous

forme d'éléments solubles, le  $\text{CO}_2$  les ions  $\text{HCO}_3^-$  ou monohydrogénocarbonates, et les ions carbonates  $\text{CO}_3^{2-}$ .

✓ **Carbone stocké dans la biosphère continentale**

Il est évalué à 600 Gt pour les êtres vivants et entre 1600 et 2300 Gt pour le sol, ce qui fait un total compris entre 2200 et 2900 Gt. Il faut y ajouter le carbone combustibles fossiles : pétrole, charbon, tourbe, schistes bitumineux.

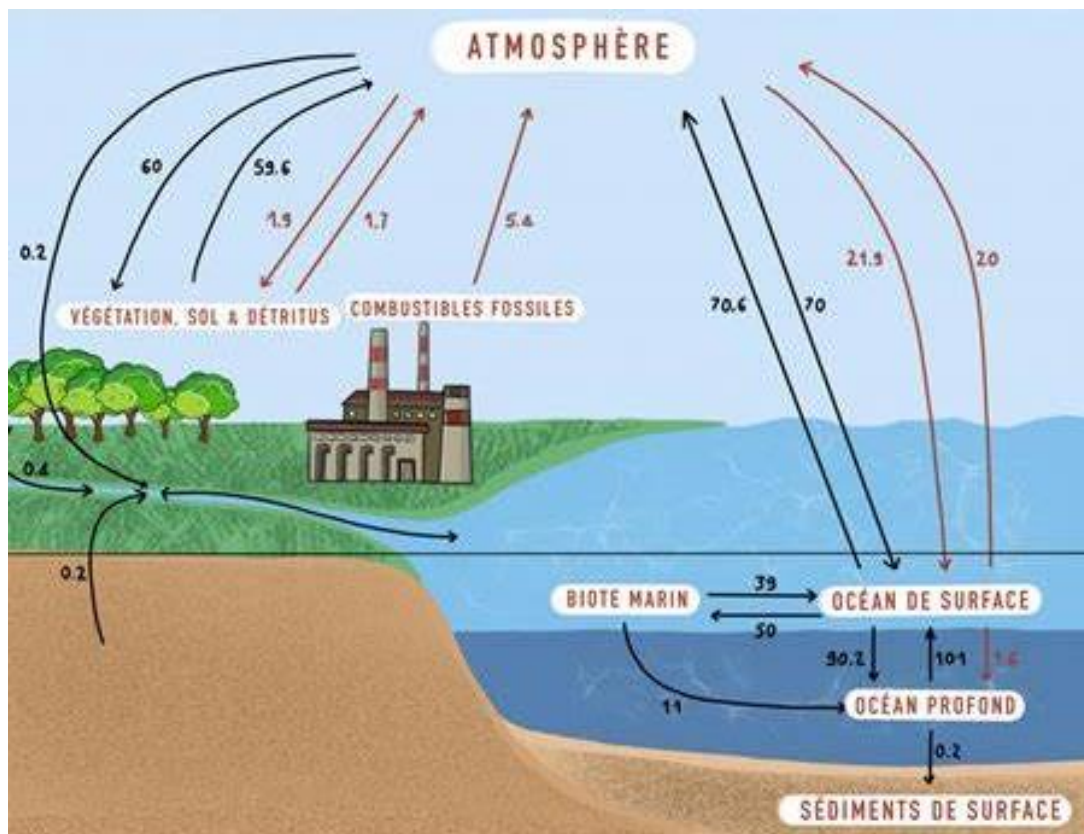


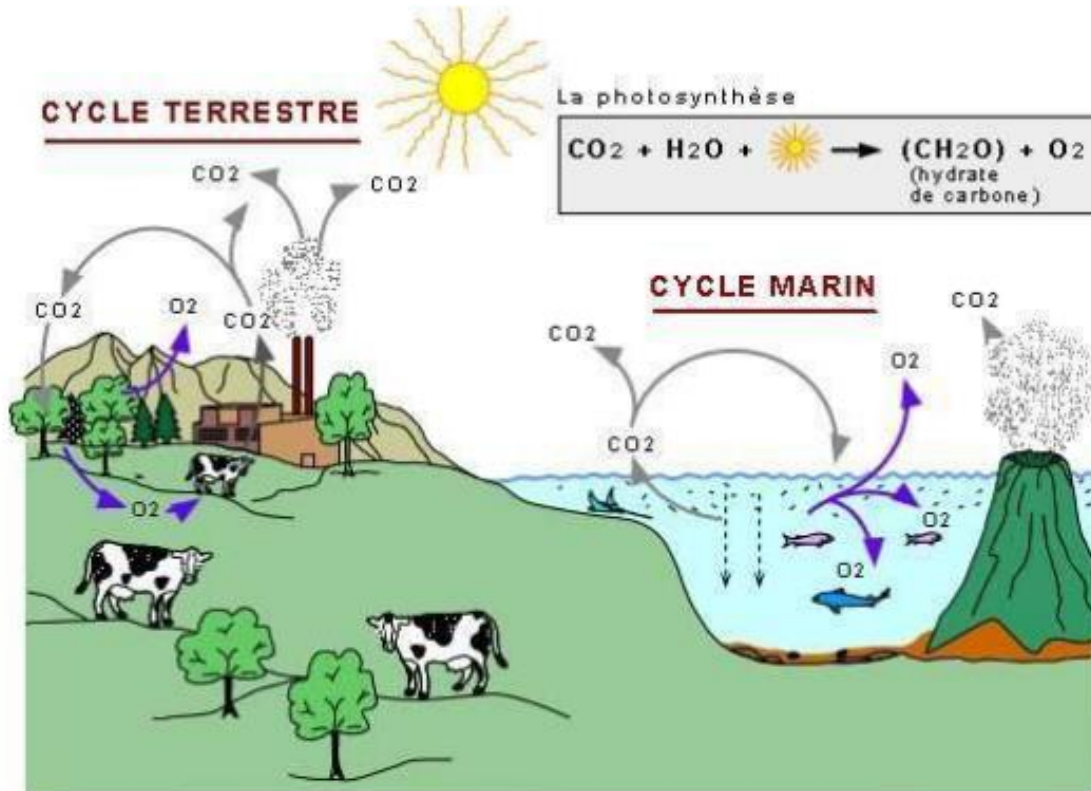
Figure 29. Cycle biogéochimique du carbone.

**4.3.2.2.-Cycle de l'oxygène**

L'oxygène est quantitativement le principal constituant de la matière vivante. Si l'on tient compte de l'eau présente dans les tissus, les corps humains renferment 62.8% de l'oxygène contre 19.4% de carbone. Sur l'ensemble de la planète tel est toujours le cas avec 50% de la lithosphère, atmosphère et hydrosphère.

Le cycle de l'oxygène est complexe en raison de l'aptitude de cet élément à donner de multiples combinaisons chimiques et à se présenter sous diverses formes. Il en résulte de multiples épicycles qui s'effectuent entre l'atmosphère, la lithosphère et l'hydrosphère

L'oxygène atmosphérique et de nombreuses roches superficielles (sédiments calcaires, dépôts ferrugineux) sont d'origine biogène. Nous avons vu plus haut que l'oxygène était absent de l'atmosphère terrestre primitive. Ce sont les organismes autotrophes qui l'ont élaboré (Fig. 30).

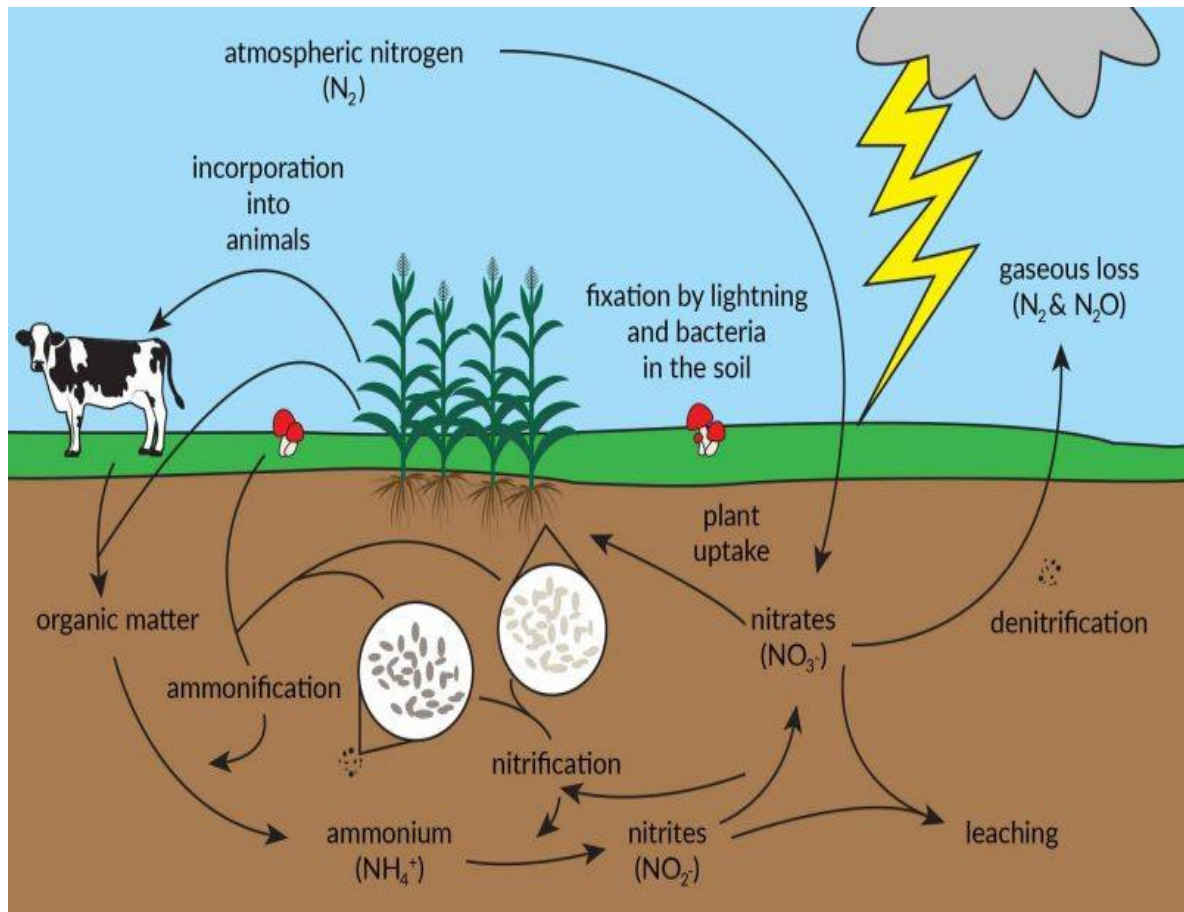


**Figure 30.** Cycle de l'oxygène

#### 4.3.2.3.-Cycle de l'azote

Cet élément est celui qui est sans doute le mieux connu des agriculteurs car ils interviennent fortement sur son cycle par la fertilisation azotée ou la pratique de certaines cultures. L'azote minéral est présent à profusion sur notre planète, puisque sa forme gazeuse, N<sub>2</sub>, l'azote atmosphérique représente la plus grande partie de l'air que nous respirons. En revanche, les ions nitrate, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, seule forme d'azote minéral assimilable par les plantes avec les ions ammonium, sont très instables et sont facilement lessivables. L'azote organique est élément plastique constituant de toutes les cellules animales ou végétales. Il joue également un rôle important comme métabolite puisqu'on en trouve dans les acides aminés, chaînons de base de toutes les protéines. Il entre aussi dans la construction des acides nucléiques sous forme de bases puriques et pyrimidiques. A la mort des êtres vivants, les agents de la putréfaction, la plupart du temps des bactéries aérobies, minéralisent l'azote organique selon

le processus de nitrification qui s'effectue en plusieurs étapes. Par l'intermédiaire de bactéries symbiotiques, certains végétaux, notamment les légumineuses, peuvent capter l'azote atmosphérique, que des réactions biochimiques réduiront en azote ammoniacal, puis en protéines (Fig. 31).



**Figure 31.** Cycle de l'azote

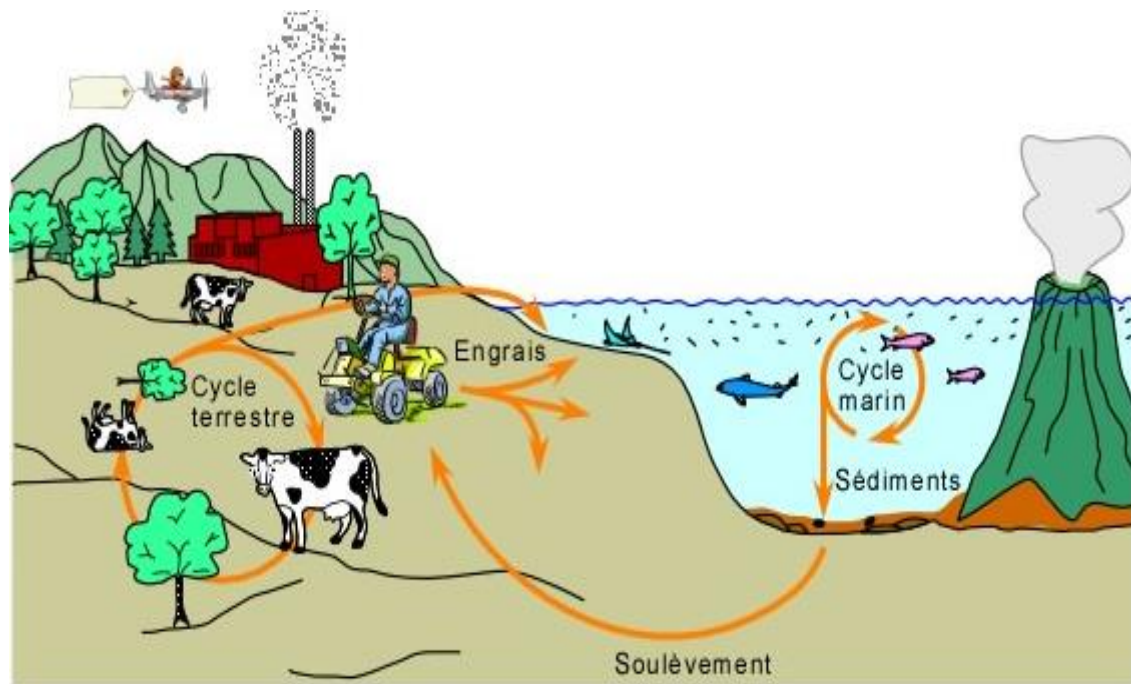
#### 4.3.2.4.-Cycle du Phosphore

A l'échelle de la biosphère, le cycle de cet élément est incomplet et ouvert, comme les autres éléments des cycles biogéochimiques il existe sous forme minérale et sous forme organique. Le stock de phosphore minéral dont disposent les biocénoses est totalement contenu dans les roches. On le rencontre au sien de la lithosphère dans les apatites ou des sédiments fossilisés tels que les phosphorites. Cet élément relativement rare dans la biosphère possède un cycle qui passe par deux phases : l'une qui se déroule dans les écosystèmes terrestres, l'autre dans les écosystèmes aquatiques (Fig. 32).

En dépit de la rareté du phosphore minéral dans la biosphère, cet élément reste important pour la matière vivante (c'est un constituant de l'ADN, de l'ARN et de l'ATP). Son

réserve principal est constitué par diverses roches qui cèdent peu à peu leurs phosphates aux écosystèmes. Dans le milieu terrestre, la concentration en phosphore assimilable est souvent faible et joue le rôle de facteur limitant. Ce phosphore est mis en circulation par lessivage (ou érosion) et dissolution et introduit ainsi dans les écosystèmes terrestres où il est absorbé par les végétaux. Ceux-ci l'incorporent dans diverses substances organiques et le font ainsi passer dans les réseaux trophiques. Puis les phosphates organiques sont restitués au sol avec les cadavres, déchets et excréta produits par les êtres vivants, attaqués par les micro-organismes et retransformés en orthophosphates minéraux, à nouveau disponibles pour les plantes vertes et autres autotrophes. Le phosphore est introduit dans les écosystèmes aquatiques par les eaux de ruissellement. Celles-ci vont ensuite rejoindre les océans, permettant ainsi le développement du phytoplancton et des animaux des divers maillons de la chaîne trophique. Le passage du phosphore de l'état organique à l'état inorganique est assuré par des bactéries et des champignons. Un retour partiel des phosphates des océans vers les terres émergées s'effectue par l'intermédiaire des oiseaux marins ichtyophages ou piscivores par le biais de gisements de guano. Cependant, dans les océans, le cycle du phosphore se fait avec des pertes, puisqu'une partie importante des phosphates entraînée en mer se retrouve immobilisée dans les sédiments profonds (fragments de cadavres de poissons, non consommés par les détritivores et les décomposeurs). Lorsqu'il n'existe pas de courants ascendants permettant la remontée des eaux en surface, la pénurie de phosphore est un facteur limitant. Le cycle du phosphore est donc incomplet et ouvert. Du fait de sa rareté et en raison de ces pertes pour le cycle, le phosphore constitue donc le principal facteur limitant qui contrôle la majeure partie de la production primaire.





**Figure 32.** Cycle du Phosphore

#### 4.3.2.5.- Cycle de l'eau

Le cycle de l'eau consiste en un échange d'eau entre les différents compartiments de la Terre : l'hydrosphère, l'atmosphère et la lithosphère (Fig.33). Sous l'effet de la chaleur du soleil, l'eau des mers, des fleuves et des lacs s'évapore. L'évapotranspiration joue un rôle également important dans le cycle de l'eau. Elle est accélérée par les végétaux qui transpirent de grandes quantités d'eau par leur système foliaire. De plus, leurs racines, accélèrent ces mouvements ascendants de l'eau dans le sens sol-- atmosphère. Cette eau rejoint alors l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau (nuages). Les nuages sont poussés par le vent. Lorsqu'ils traversent des régions froides, la vapeur d'eau se condense. Elle retombe sur le sol, sous forme de pluie, de neige ou de grêle. Les 7/9 du volume total de ces précipitations retombent à la surface des océans et les 2/9 seulement sur les continents. La circulation de l'eau dans la lithosphère emprunte trois voies :

- ✓ Le ruissellement : phénomène d'écoulement des eaux à la surface des sols ;
- ✓ L'infiltration : phénomène de pénétration des eaux dans le sol, à travers les fissures naturelles des sols et des roches, assurant ainsi l'alimentation des nappes phréatiques ;
- ✓ La percolation : phénomène de migration de l'eau à travers les sols (jusqu'à la nappe phréatique). Ruissellement, infiltration et percolation assurent

l'alimentation des cours d'eau qui restituent en dernier lieu l'eau à l'hydrosphère.

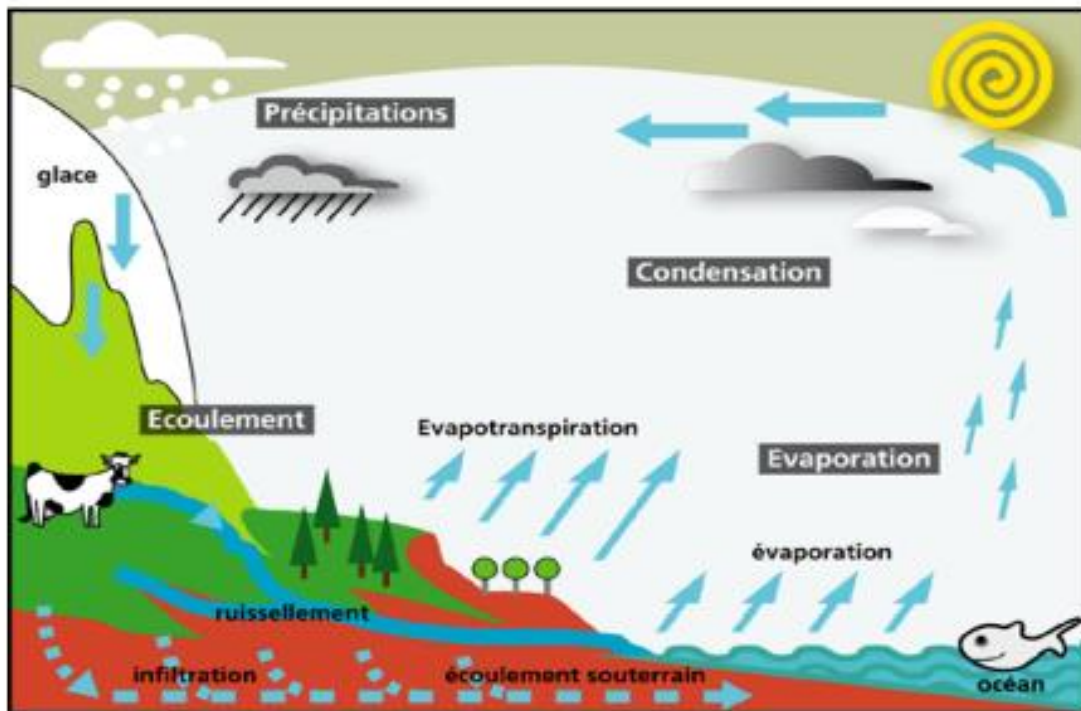


Figure 33. Cycle de l'eau

**4.4.-Influence des activités humaines sur les équilibres biologiques et particulièrement sur la perturbation des cycles bio géochimiques ( conséquences de la pollution des milieux aquatiques et de la pollution atmosphérique (eutrophisation ,effet de serre , ozone, pluies acides)**

#### **4.4.1.- Accroissement de l'effet de serre**

L'effet de serre est un mécanisme naturel : sans lui la température moyenne de la terre, qui est de 14°C dans l'hémisphère nord, serait égale à -18°C. S'il ne gèle pas au cours des nuits froides d'hiver, lorsque le temps est nuageux, c'est encore grâce à lui. Ce qui est (Anormal) c'est l'accroissement de cet effet de serre naturel sous l'action des activités humaines (effet anthropique) et que l'on appelle le forçage radiatif.

##### **4.4.1.1.- Mécanisme de l'effet de serre**

Le rayonnement solaire incident parvenant sur notre planète nous apporte un flux d'énergie thermique. La surface de la terre, chauffée par le soleil, émet un rayonnement infrarouge qui est absorbé par l'atmosphère. L'atmosphère, en retour émet un rayonnement infrarouge vers le sol et le réchauffe.

Un certain nombre de gaz, dits à effet de serre, dont le CO<sub>2</sub> et la vapeur d'eau de la troposphère sont susceptibles de le piéger et de le réfléchir partiellement vers la terre sous forme d'infrarouge thermique de longueur d'onde plus grande que celle des infrarouge reçus. Cette absorption et réémission constitue l'effet de serre.

#### **4.4.1.2.- Principaux responsable de l'effet de serre**

Ce sont l'eau (H<sub>2</sub>O) sous forme de de vapeur, le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le méthane (CH<sub>4</sub>), les oxydes d'azote et les composés chlorofluorocarbonés (CFC). Leur importance est considérable, même s'ils sont en très faible quantité dans l'atmosphère. La propriété de transmettre des infrarouges de grande longueur d'onde n'est pas la même pour tous les gaz. A masse égale, les CFC sont de 6000 à 20000 fois plus efficaces que le CO<sub>2</sub>, l'ozone (O<sub>3</sub>) 2000 fois plus, le méthane (CH<sub>4</sub>) 25 fois plus.

#### **4.4.1.3.- Conséquences pour l'environnement**

L'effet de serre n'est pas en soi nocif aux écosystèmes ; sans lui, la Terre ne serait qu'une boule de glace où la vie ne serait pas possible, car il n'y aurait pas d'eau liquide. Le danger pour les écosystèmes réside plutôt dans la variation trop rapide et trop importante des conditions climatiques pour que la plupart des espèces dites évoluées puissent s'adapter en cas de changements de température et de pluviométrie. Des écosystèmes marins et littoraux pourraient également être touchés par une hausse du niveau de la mer et des modifications des courants marins et des conditions physico-chimiques de l'eau de mer (acidité, taux de gaz dissous...). Les populations humaines seraient évidemment touchées par le réchauffement climatique. En effet, une hausse des températures aide à la prolifération des maladies infectieuses puisque celles-ci survivent mieux dans des milieux chauds et humides

#### **4.4.2.- Trou dans la couche d'ozone**

L'ozone stratosphérique se forme spontanément à partir d'atomes d'oxygène libérés par la molécule de dioxygène. Elle forme une couche d'environ 3mm d'épaisseur entre 15 et 25 Km d'altitude, absorbant la quasi-totalité des ultraviolets à faible longueur d'onde émis par le soleil. Le mécanisme de cette action est suivant : sous l'action des UV, l'ozone se brise et donne une molécule de dioxygène et un atome d'oxygène qui se recombinaient naturellement. L'énergie des UV incident est ainsi fractionnée par la rupture et la recombinaison des molécules d'ozone. Sans la couche d'ozone, les UV à haut énergie risqueraient d'atteindre les êtres vivants dont les molécules organiques seraient altérées, compromettant gravement la survie de la biosphère. Sa réduction est à l'origine d'une augmentation notable des cancers de la peau et diverses autres pathologies, notamment oculaires. La découverte du trou de la couche d'ozone au-dessus de l'antarctique a brutalement fait prendre conscience des dégâts

irréparables causés à l'atmosphère par les activités industrielles. Dès les années 1970, des scientifiques ont montré les dangers d'une utilisation massive et irraisonnée des composés chlorofluorocarbonés (CFC) considérés comme les principaux responsables de l'agression de la couche d'ozone.

#### **4.4.3.- Pollution de l'air**

Elle est due au rejet intempestif de substances diverses dans l'atmosphère. Elle a accompagné la civilisation industrielle et s'est accrue au cours de la dernière décennie dans l'ensemble des pays développés. L'augmentation de la production industrielle et la circulation des véhicules à moteur sont les sources les plus importantes de dégagement dans l'air de fumées, gaz toxiques et divers agents polluants. Cette croissance de la pollution résulte de nombreux facteurs : accroissement de la production d'énergie, de la circulation routière et aérienne, de la quantité des ordures incinérées. La pollution atmosphérique est surtout importante en milieu urbain, à cause de l'activité industrielle et des chauffages domestiques, mais surtout par suite de la circulation des véhicules à moteurs.

##### **4.4.3.1.- Polluants**

###### **4.4.3.1.1.- Origine des principaux polluants**

On considère qu'il y a trois grandes sources de polluants

- ✓ **Industrie** : cimenteries, raffineries, usines, chimiques, sidérurgie, papeteries....
- ✓ **Voiture et poids lourds** : moteurs à essence et surtout moteurs diesel ;
- ✓ **Chauffage** : chaudières domestiques, industrielles, centrales thermiques ;
- ✓ **Substances rejetées** dans l'atmosphère par les volcans, les océans.... ;
- ✓ **Composés chimiques** longtemps utilisés dont on ignorait le comportement à long terme tels que les chlorofluorocarbones...;
- ✓ **Maîtrise non complète** de mise en œuvre de certaines techniques accompagnant les réactions nucléaires.

###### **4.4.3.1.2.- Nature des polluants**

Les dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ), les oxydes d'azotes ( $\text{NO}_x$ ) ; les poussières et fumées noires, les hydrocarbures de carbone ou hydrocarbures, le dioxyde de carbone ou gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ), le monoxyde de carbone ( $\text{CO}$ ), le plomb.

###### **4.4.3.1.3.- Destination des polluants**

Les polluants se retrouvent dans l'atmosphère et suivant les conditions météorologiques ils se dispersent de différentes façons :

- Si la pollution est faible et s'il n'y a pas de vent, la dispersion est dite normale et les gaz se dispersent en altitude ;

- Si la pollutant est forte et sous l'action du vent, les polluants retombent en panache ;
- Si la source de pollution est entre la ville et la campagne, à la tombée du jour, la ville constitue un îlot de chaleur par rapport à la campagne.
- Sous action de la lumière et en présence d'air humide, les oxydes d'azote et de soufre favorisent la formation de pluies acides.

#### **4.4.4.- Pluies acides**

Les pluies acides se forment lorsque les oxydes de soufre et d'azote s'associent à l'humidité de l'air pour libérer de l'acide sulfurique et de l'acide nitrique qui sont ensuite transportés très loin de leur source avant d'être précipités par la pluie sous forme de Pluies Acides. Ces pluies sont une conséquence de la pollution de l'atmosphère. L'acidification provient des masses d'air qui se sont chargées de gaz polluants, présents surtout au-dessus des zones industrielles.

##### **4.4.4.1.- Principaux polluants**

Ces sont tous des gaz qui se combinent aux gouttelettes d'eau de l'atmosphère et finissent par former des précipitation ou des brouillards acides.

- Le dioxyde de soufre,  $\text{SO}_2$  ;

Il est produit essentiellement par les activités humaines liées à l'industrie, au transport routier, au chauffage. Le volcanisme participe aussi à l'enrichissement de l'atmosphère en  $\text{SO}_2$ .

- Les oxydes d'azote,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  ;

Il sont dus aux combustions industrielles, domestiques et surtout automobiles ;

- L'ammoniac,  $\text{NH}_3^+$

Il est principalement issu de l'élevage. Le stockage ou l'épandage de lisier en libère une grande partie ;

- Le chlore,  $\text{Cl}^-$

Il provient de la combustion des PVC et forme avec la vapeur d'eau de l'acide chlorhydrique ;

-l'ozone produit à partir de la photolyse du dioxyde d'azote.

##### **4.4.4.2.- Conséquences de la pollution**

Les gaz, en particulier l'ozone et les acides apportés par les pluies, attaquent la cuticule des feuilles et altèrent la chlorophylle ; le feuillage jaunit, l'activité photosynthétique diminue et les feuilles tombent prématurément.

#### **4.4.5.-Eutrophisation**

L'eutrophisation est une forme singulière mais naturelle de pollution de certains écosystèmes aquatiques qui se produit lorsque le milieu reçoit trop de matières nutritives assimilables par les algues et que celles-ci prolifèrent. Les principaux nutriments à l'origine de ce phénomène sont le phosphore et l'azote. L'eutrophisation s'observe surtout dans les écosystèmes dont les eaux se renouvellent lentement et en particulier dans les lacs profonds. L'eutrophisation devient un problème écologique (et économique) quand il y a déséquilibre entre un apport (excessif) et la consommation naturelle de nutriments par l'écosystème. : Ce milieu déséquilibré est dit dystrophe et peut devenir hypertrophe. Les variations de conditions du milieu abiotique (oxydo-réduction) ou biotique (sous l'influence de l'activité bactérienne et des racines, ainsi que du métabolisme végétal, fongique et animal) peuvent faire passer l'azote, le carbone et le phosphore de l'une de leurs formes à une autre. Or ces formes sont plus ou moins toxiques ou écotoxiques. Ce processus a comme principales origines :

- Des épandages agricoles de fumiers, lisiers ou engrais chimiques trop fréquents ou trop concentrés (en azote et phosphore).
- Des rejets industriels et/ou urbains d'eaux usées ou de boues d'épuration trop riches en nitrates, ammonium, phosphore et matières organiques incomplètement traitées ;
- La déforestation et les coupes rases qui aggravent le ruissellement du phosphore, et les incendies de forêts qui sont suivis d'une augmentation des nitrates dans l'eau de ruissellement.

**Chapitre V.- Description sommaire des principaux  
écosystèmes**

MOUANEZA, 2023

## Chapitre V.- Description sommaire des principaux écosystèmes

### 5.1.- Forêt, prairie, eaux de surface, océan

#### 5.1.1.- Forêt

##### 5.1.1.1.- Définition

Ensemble d'écosystèmes qui se définissent par une couverture végétale dominante constituée par des arbres dont la frondaison est continue en l'absence d'intervention humaine. Les forêts couvrent actuellement environ 27 % de la surface des continents émergés. Leur rôle écologique, beaucoup plus important que ne le laisserait supposer leur superficie relative, est primordial pour l'ensemble de la biosphère. Ce sont les biomes terrestres ayant la plus forte biomasse sur pied et la plus forte productivité primaire. Les forêts interfèrent en outre de façon majeure avec le cycle de l'eau et celui des autres éléments biogènes.

C'est une formation ligneuse dont la hauteur des arbres dépasse 7 m et leur densité 100pieds/ha. Une forêt est dense lorsque les frondaisons des arbres se touchent, trouée ou clairière lorsque les arbres constituent des bosquets denses juxtaposés en mosaïque avec des plages sans arbres ou claire lorsque les arbres sont assez régulièrement disposés sans que leurs cimes se touchent.

##### 5.1.1.2.- Type des forêts

###### ✓ Forêt fermée (Closed forest)

Forêt dont le couvert est continu, car les couronnes des arbres voisins se jouxtent voire s'interpénètrent, de sorte que le rayonnement solaire direct n'accède pas au sol.

###### ✓ Forêt de nuages (Cloud forest)

Type de forêts tropicales plongé en quasi-permanence dans un brouillard épais par suite de l'importance de l'évapotranspiration, qui se rencontre sur les flancs de montagnes où les mouvements orogéniques favorisent la formation de nuages.

###### ✓ Forêt ouverte (Open forest) (syn. : Boisement ouvert)

Type de forêt dont les couronnes des arbres ne sont pas jointives et dont la couverture foliaire est de ce fait discontinue. Spontanées aux limites des conditions pluviométriques qui permettent l'existence de forêts, elles résultent souvent de leur surexploitation par la coupe abusive ou d'autres causes de déforestation. Les forêts ouvertes correspondent à une phase de transition vers les savanes arborées en zone tropicale.

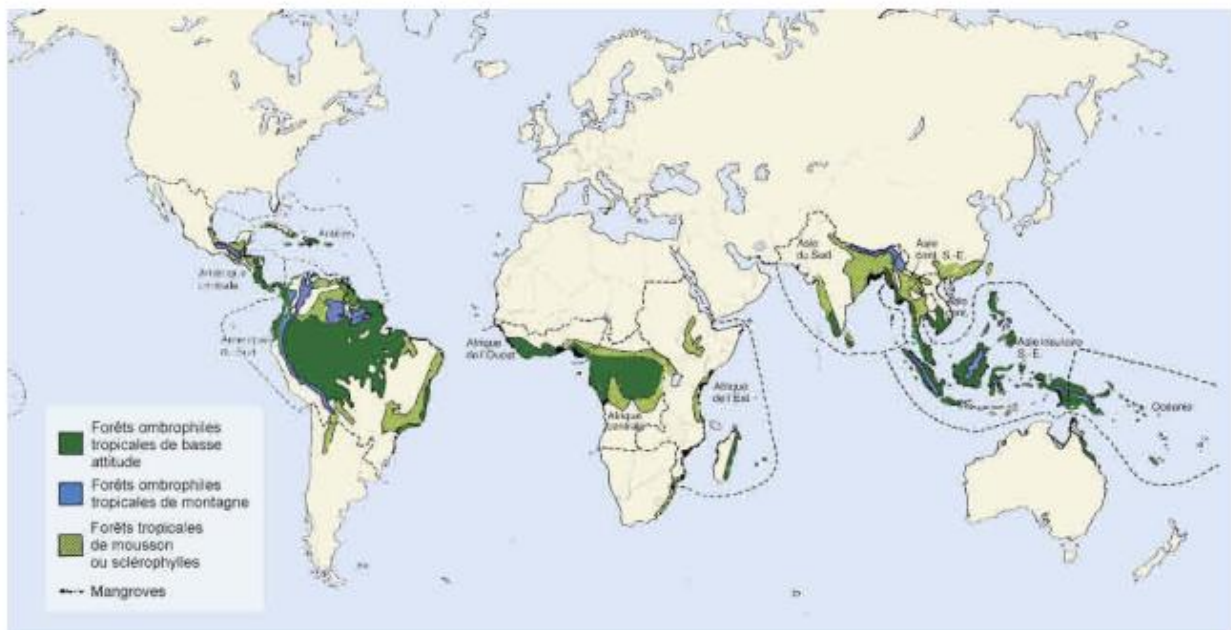
###### ✓ Forêt pluvieuses tropicale

Encore dénommées forêt vierges ombrophiles (pluviisylvae) ou forêt hygrophiles sempervirentes, elles atteignent leur maximum d'extension à l'équateur et forment une bande



quasi continue au niveau de la zone inter tropique entre l'équateur et une dizaine de degrés de latitude. Cette bande correspond aux région de la biosphère qui reçoivent la quantité de chaleur maximale. De plus, le flux solaire les illumine avec une relative constance tout au long de l'année. Les forêt vierges ombrophiles exigent des précipitations abondantes et régulières, supérieures à 1800 mm par an. D'où le terme de forêt ombrophiles, lequel signifie en grec qui aime la pluie.

Ces forêts hébergent une biodiversité tout à fait extraordinaire ! Ainsi on dénombre plus de 2 200 espèces d'arbres sur 100 000 km<sup>2</sup> en Malaisie, contre 125 espèces autochtones environ pour toute l'Europe c'est-à-dire sur plus de 10 millions de km<sup>2</sup> ! Le nombre moyen d'espèces d'arbres par hectare est souvent de plusieurs dizaines et peut excéder 200. L'essentiel de leur biodiversité encore à explorer se trouve dans leur canopée.



**Figure 34.** Carte de distribution géographique des forêts tropicales. Les forêts tropicales occupent une bande continue de part et d'autre de l'équateur sur les continents avec leur maximum d'extension entre les 10° Nord et Sud.

#### ✓ Forêts tropophiles

Lorsqu'on s'éloigne au-delà de ces limites, la pluviométrie se réduit rapidement et à ces biomes succèdent des forêts tropophiles constituées par des forêt de mousson (Hiemisylvae) ou par des forêt sèches tropicales (Spinisylvae). Elles se rencontrent aux basses latitudes, principalement entre 10°C et 20°C, là où existe une saison sèche prolongée. Elle y couvrent une surface actuellement estimée à plus de 7,5 millions de Km<sup>2</sup>.

### ✓ **Forêts tempérées**

Les régions tempérées, situées sous de moyennes latitudes, sont occupées par deux biomes majeurs. Partout où la pluviométrie est abondante s'étendent d'immenses écosystèmes caractérisés par la présence d'arbres à feuilles caduques, tandis que des peuplements mixtes de feuillus et de conifères croissent à leur frange septentrionale. Lorsque les précipitations deviennent insuffisantes pour permettre la croissance des arbres, les biomes forestiers tempérés sont remplacés par des écosystèmes steppiques.

### ✓ **Forêts boréales de conifères**

La Taïga, immense forêt subarctique de conifères, constitue un des biomes majeurs de l'hémisphère nord. Elle recouvre le bouclier sibéro-canadien sur une dizaine de millions de Km<sup>2</sup> et s'étend en moyenne entre le 45° et le 60° degré de latitude nord. Cependant, elle dépasse localement le cercle polaire en Alaska, en Sibérie et en Scandinavie.

### ✓ **Forêts sclérophylles méditerranéennes (Durisylvae)**

se rencontrent à partir des 30° de latitude, partout dans le monde où les conditions climatologiques sont tempérées chaudes et marquées par une saison sèche estivale prolongée. Elles sont surtout constituées de chênes sclérophylles dont les feuilles sont épaisses et à la cuticule vernissée – forme de résistance à la sécheresse. En altitude, et dans les zones subarides, croissent aussi des forêts de conifères dont l'extension actuelle a été favorisée par le passage récurrent des incendies. Les forêts primitives méditerranéennes ont en effet été en grande partie détruites depuis le Néolithique et ne couvrent plus qu'une faible surface dans leur ancienne aire d'extension, estimée à moins de 8 % de sa valeur initiale. Les écosystèmes forestiers méditerranéens ont été dégradés par les incendies, parfois depuis la plus haute Antiquité. Ils ont été remplacés.

## **5.1.2.- Prairie**

### **5.1.2.1.- Définition**

Écosystème de formation herbacée naturel ou résultant de l'action de l'Homme. La « prairie » nord-américaine est en réalité une steppe spontanée homologue de celles d'Eurasie. À l'opposé, la plupart des prairies dites « naturelles » de l'Europe atlantique, sont en réalité des paraclimax qui résultent souvent de la défriche des forêts au début du Moyen Âge.

### 5.1.2.2.- Types de prairie

On parle de prairies pour des bandes enherbées qui restent en place au moins plusieurs années. Selon la durée de cette prairie, les espèces semées et les objectifs, plusieurs types peuvent être distingués :

- Selon la durée et la composition :

- ✓ **Prairie temporaire** : Ensemencée en graminées fourragères (ray-grass anglais, ray-grass d'Italie, ray-grass hybride, fétuque élevée, fétuque des prés, dactyle, brome, fléole des prés...) ou en légumineuses fourragères<sup>3</sup> (luzerne, trèfle violet, trèfle blanc, sainfoin, trèfle incarnat, lotier...) en culture pure, ou en association simple (une graminée et une légumineuse) ou en mélange plus complexe de 3 à 10 espèces de graminées et des légumineuses fourragères pour une durée courte (1 à 3 ans) ou plus longue (3 à 5 ans), etc.
- ✓ **Prairie artificielle** : Ensemencée exclusivement avec des légumineuses fourragères (luzerne, trèfle violet, sainfoin, trèfle incarnat, etc.) pour une durée de 2 à 5 ans et qui rentre généralement dans un assolement. Ce terme est maintenant peu usité.
- ✓ **Prairie permanente** : semée depuis longtemps (plus de cinq ans) avec une ou diverses espèces de graminées et éventuellement de légumineuses. Les prairies permanentes améliorées ont une valorisation plus intensive que les prairies permanentes (fertilisation, chargement, rendement).
- ✓ **Prairie semi-naturelle** : prairie permanente comportant des espèces de graminées indigènes et diverses espèces herbacées, éventuellement en présence de broussailles, d'arbres ou de bosquets.
- ✓ **Parcours** : vastes étendues dominées par des espèces indigènes pâturées, clôturées ou non.
- ✓ **Prairie naturelle** : engazonnée naturellement depuis de nombreuses années.

- Selon l'objectif

- ✓ Prairie destinée à la pâture,
- ✓ Prairie mixte destinée à la pâture et à la fauche,

- ✓ Prairie de fauche pour le foin ou l'ensilage en tas ou avec enrubannage (boules entourées de film plastique).
- Les prairies peuvent également être qualifiées selon leur situation et leurs environnement :
  - ✓ Les prairies bocagères peuvent relever des types précédents, elles sont simplement caractérisées par le fait qu'elles s'inscrivent écopaysagèrement dans un réseau dense et maillé de haies, le bocage.
  - ✓ Les prairies humides (inondées ou gorgées d'eau en hiver) en pâturage extensif, sont des habitats de zone humide généralement riches en biodiversité utilisés par des herbivores, mais avec une pression de pâturage modérée et contrôlée<sup>5</sup>. Ces prairies sont très utiles à la régulation des cours d'eau, notamment pour la prévention des inondations. Elles semblent être un outil intéressant pour la gestion écologique et l'entretien des zones humides, car elles sont l'un des moyens permettant d'entretenir des mosaïques d'habitats en milieux plus ou moins ouverts. Cette gestion restauratoire<sup>6</sup> a pour objectif de faire faire par des animaux domestiques ou semi-domestiques le travail des grands herbivores sauvages qui limitaient l'extension des couverts forestiers en permettant la floraison de nombreuses autres espèces végétales non ligneuses au sol. Une pression suffisante pour éviter la pousse des arbres permet aussi de limiter l'évapotranspiration et la baisse de nappe qu'implique souvent l'enfrichement des petites zones humides ou le comblement rapide des zones humides par les feuilles mortes. Ces milieux sont encouragés en Europe par les mesures agro-environnementales dans le cadre de la politique agricole commune (PAC).
  - ✓ Les prairies sèches occupent généralement les coteaux thermophiles et secs. Elles ont une faible valeur agronomique mais par contre une grande richesse floristique. Ces milieux devenus rares ne sont plus que les résidus des espaces non mécanisables autrefois parcourus par les ruminants (majoritairement les ovins). Les nombreuses espèces végétales qui y sont liées dont certaines sont protégées, tendent alors à se raréfier et à disparaître.

### **5.1.3.- Eau de surface**

#### **5.1.3.1.- Définition**

Une eau de surface précède qu'une eau, telle qu'issue d'un ruissellement, reste à la surface du sol et peut être stockée en étangs ou autres ouvrages de retenue. Elle résume la collecte de l'eau souterraine ou de l'eau atmosphérique. Par définition, les eaux de surface sont tirées des lacs, rivières, chutes d'eau et de la mer. Ces eaux superficielles jouent le plus grand rôle dans la formation de l'hydrosphère sur Terre.

L'eau de surface est de l'eau qui s'accumule sur le sol ou dans un cours d'eau, dans le lit d'une rivière, d'un lac, d'une zone humide, d'une mer ou d'un océan. Son degré de pollution est mesuré par la qualité de l'eau recueillie.

#### **5.1.3.2.- Propriété**

Les eaux de surface sont celles qui se trouvent à la surface de la planète. Ceci est produit par le ruissellement généré par les précipitations ou l'affleurement des eaux souterraines. Ils peuvent survenir de manière rapide, comme dans le cas de ruisseaux, rivières et fleuves, ou plus lentement s'il s'agit de lacs, de plans d'eau, de réservoirs, de lagunes, de zones humides, d'estuaires, d'océans et de mers.

- Aux fins de la réglementation, une eau de surface est généralement définie comme toute eau ouverte à l'atmosphère et sujette au ruissellement. Une fois produite, l'eau de surface suit le chemin qui offre le moins de résistance. Une série de ruisseaux, ruisseaux et fleuves et rivières amènent l'eau des zones en pente vers un cours d'eau important.

Une zone de drainage est souvent appelée un bassin de drainage ou un bassin versant.

La qualité de l'eau est fortement influencée par la pointe du bassin dans laquelle elle est détournée pour son utilisation. La qualité des ruisseaux, des rivières et des ruisseaux varie en fonction des débits saisonniers et peut changer considérablement en raison des précipitations et des déversements accidentels. Les lacs, les réservoirs, les réservoirs et les lagunes contiennent en général moins de sédiments que les rivières, mais sont soumis à des impacts plus importants du point de vue de l'activité microbologique. Des masses d'eau, telles que des lacs et des réservoirs, vieillissent pendant une période relativement longue en raison de processus naturels. Ce processus de vieillissement est influencé par l'activité microbologique qui est directement liée aux niveaux de nutriments dans le corps de l'eau et peut être accélérée par l'activité humaine.

- Les utilisations des eaux de surface non salines sont reconstituées par les précipitations et par le recrutement dans les eaux souterraines. Il est perdu par évaporation, infiltration dans le sol où il devient une eau souterraine, utilisé par les plantes pour la transpiration, extrait par l'homme pour l'agriculture, la vie humaine, l'industrie, etc. ou rejeté dans la mer où il devient salin.

### 5.1.3.3.- Types des eaux de surface

Trois types principaux d'eaux de surface peuvent être distingués :

- **Eaux lotiques** : sont les masses d'eau qui vont toujours dans le même sens que les rivières, les sources, les ruisseaux et autres cours d'eau. Si les débits d'eau sont puissants avec un courant fort, les eaux sont rhéophiles (rapides).
- **Eaux lenticues** : appartiennent aux eaux intérieurs calmes ou stagnantes, des eaux continentales, tels que lacs, lagunes, étangs, zones humides et marécages.
- **Eaux artificielles** : qui définit les masses d'eau de surface qui n'ont pas été modifiées par des actions anthropiques.

Les eaux de surface peuvent être classées comme artificielles (masse d'eau de surface créée par l'activité humaine) ou hautement modifiées (masse d'eau de surface qui, à la suite de modifications physiques produites par l'activité humaine, a subi une modification substantielle dans sa nature). Dans ces cas, les eaux superficielles interviennent dans les cas suivants :

- Il y a eu des changements importants dans les caractéristiques hydromorphologiques de la masse d'eau. Cela intervient lors de travaux de construction destinés à la navigation, d'installations portuaires ou de loisirs, d'alimentation en eau potable, de production d'énergie ou d'irrigation, de régulation de l'eau, de protection contre les inondations, de drainage des sols ou d'autres activités économiques.
- Les avantages découlant des caractéristiques artificielles ou modifiées de la masse d'eau ne peuvent pas être raisonnablement obtenus, en raison des possibilités techniques ou des coûts disproportionnés pour les atteindre, dans le respect de la présence environnementale de la région. Il conviendrait d'étudier d'autres solutions de remplacement pour l'utilisation des ressources en eau, qui constituent une option plus respectueuse de l'environnement.
- **Eaux utiles** sont des eaux de surface ou des eaux souterraines constituant une ressource utilisable. Ce sont des eaux douces.

## **5.1.4.- Ecosystème océanique**

### **5.1.4.1.- Définition**

Si la zonation en latitude des macroécosystèmes apparaît en définitive de façon très nette à la surface des continents, il n'en est plus du tout de même lorsque l'on étudie l'hydrosphère. Par suite de l'isotropie du milieu aquatique, les facteurs physico-chimiques y varient beaucoup moins et de façon plus lente que dans le milieu terrestre. En effet, les phénomènes de convection et de diffusion des substances solubles, enfin les courants marins assurent une certaine uniformisation des facteurs abiotiques, ce qui limite le nombre d'habitats possibles et rend difficile la distinction de grands biomes. D'ailleurs, les océanographes n'utilisent pas d'habitude.

Il apparaît donc nécessaire d'étudier les caractères écologiques généraux de l'environnement océanique avant d'en examiner les diverses subdivisions biocoenotiques qui pourraient être distinguées. L'océan mondial, terme qui désigne la quasi-totalité de l'hydrosphère puisque l'ensemble des eaux continentales correspond tout au plus à 3% de cette dernière, recouvre 71% de la surface terrestre totale soit environ 360 millions de Km<sup>2</sup>. Ce compartiment de la biosphère, dont le rôle a été déterminant dans la genèse de la vie et les étapes décisives de l'évolution biologique, contrôle l'ensemble des climats globaux par le jeu des échanges d'énergie et d'eau avec l'atmosphère.

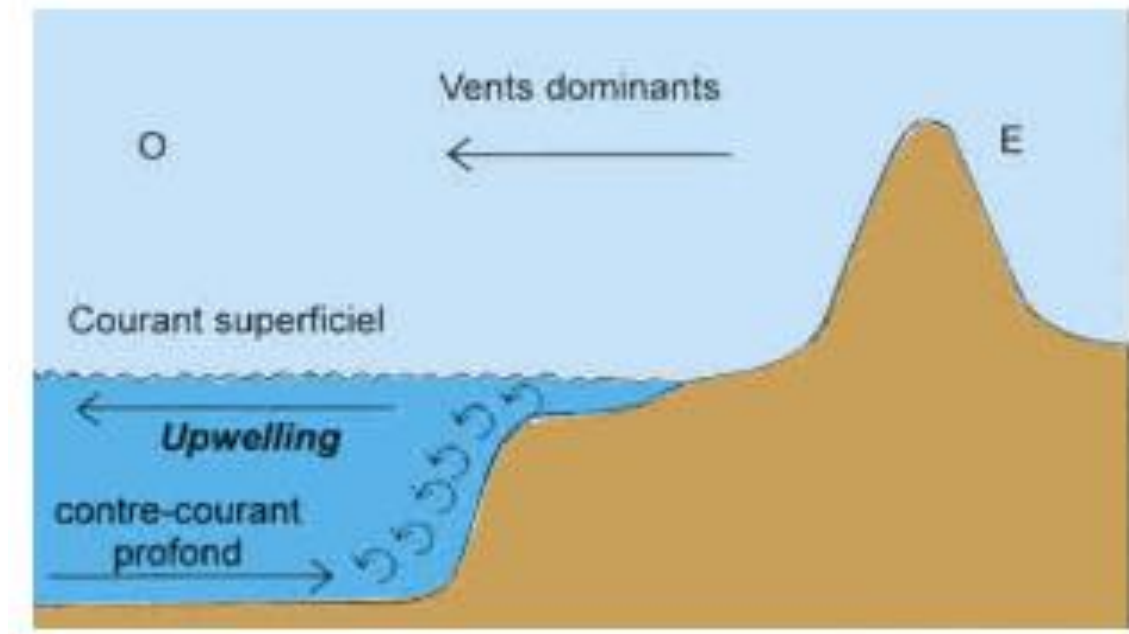
### **5.1.4.2.- Caractéristique physicochimiques de l'océan mondial**

L'océan présente un ensemble de particularités physiques très remarquables. Sa profondeur moyenne est considérable, de l'ordre de 4000 m. Alors que seulement 2% des terres émergées excèdent 3000 m. L'océan mondial possède une remarquable constance dans ses caractères physico-chimiques, en particulier de sa salinité et de ses températures. Les températures varient peu dans le milieu marin, même dans les couches superficielles et elles demeurent remarquablement constantes au-dessous de la thermocline permanente.

### **5.1.4.3.- Géomorphologie de l'océan**

Le fond des océans est essentiellement constitué par un ensemble de plaques qui sont les fragments contigus de la croûte océanique. Néanmoins, certaines mers sont situées sur le plateau continental. On distingue dans ce dernier des dorsales océaniques (dites aussi médio-océaniques quoique pas toujours situées dans la partie médiane des océans), larges de quelques centaines de km, qui s'étendent sur des dizaines de milliers de km ; en leur milieu se trouve le rift océanique qui est un fossé d'effondrement. Leur ligne de crête est à une altitude moyenne de 2 000 m au-dessus de la plaine abyssale. Les bassins océaniques se placent entre les dorsales océaniques et la base du talus continental. Ils correspondent aux plaines abyssales

au milieu desquelles s'élèvent des collines abyssales. Ils présentent par place, en général au voisinage des marges continentales actives, de grandes fosses marines, larges d'une centaine de km dont le fond est toujours situé à plus de 7 000 m de profondeur et peuvent atteindre 11 000 m ( Fig. 35).



**Figure 35.** Mécanismes de formation d'un « upwelling » dans les zones néritiques des océans

#### **5.1.4.4.- Géomorphologie de l'océan rôle climatique de l'océan**

Par suite de son gigantesque volume, l'océan mondial joue un rôle majeur dans l'ajustement et l'homogénéisation des climats terrestres, amenant par le jeu des courants marins des masses d'eaux chaudes aux hautes latitudes qu'il réchauffe, tandis que les courants froids modèrent les températures de zones côtières tempérées et tropicales. Les eaux marines sont en effet animées de perpétuels déplacements tant verticaux qu'horizontaux. Cependant les différences de densité font que les masses d'eau ainsi juxtaposées ou superposées ne se mélangent que peu ou pas là où elles sont en contact. Certains grands courants tels le gulf stream, sont d'une importance écologique tant pour l'océan que pour la régulation des climats des régions continentales qu'il longe. Au voisinage de certaines côtes existent aussi d'importants mouvements verticaux ascendants. Dénommés « upwellings », ils amènent dans les eaux superficielles, euphotiques, des eaux profondes chargées en sels minéraux nutritifs,



en particulier en phosphates, provoquant la prolifération du phytoplancton dans ces zones qui sont de ce fait d'une très forte productivité biologique. L'océan mondial présente une remarquable stabilité de ses caractères physico-chimiques comme sa salinité dont le taux en surface est constant et égal en moyenne à 35 p. 1 000. Il en est de même des températures qui varient fort peu en milieu marin, même dans les couches superficielles et qui demeurent remarquablement constantes au-dessous de la thermocline permanente (de l'ordre de 4 °C, sauf aux hautes latitudes où elle tombe à 2 °C).

## 5.2.-Evolution des écosystèmes et notion de climax

### 5.2.1.- Succession écologique

#### 5.2.1.1.- Définition

La succession écologique est un processus naturel d'évolution des écosystèmes d'un stade initial vers un stade théorique final dit climacique. Ce stade final est le stade le plus stable possible et le niveau de développement maximal d'un écosystème compte tenu des conditions existantes. Il est caractérisé par un équilibre dynamique à partir duquel l'énergie et les ressources ne servent qu'à maintenir l'écosystème en l'état. Des changements naturels et graduels d'habitats et de communautés vivantes associées se succèdent dans le temps (Fig. 36). La succession écologique : des végétations tout d'abord pionnières de petites plantes annuelles, puis de plantes vivaces, d'arbustes et enfin d'arbres vont se succéder. Ces milieux sont souvent très riches car aux caractéristiques écologiques très spécifiques.

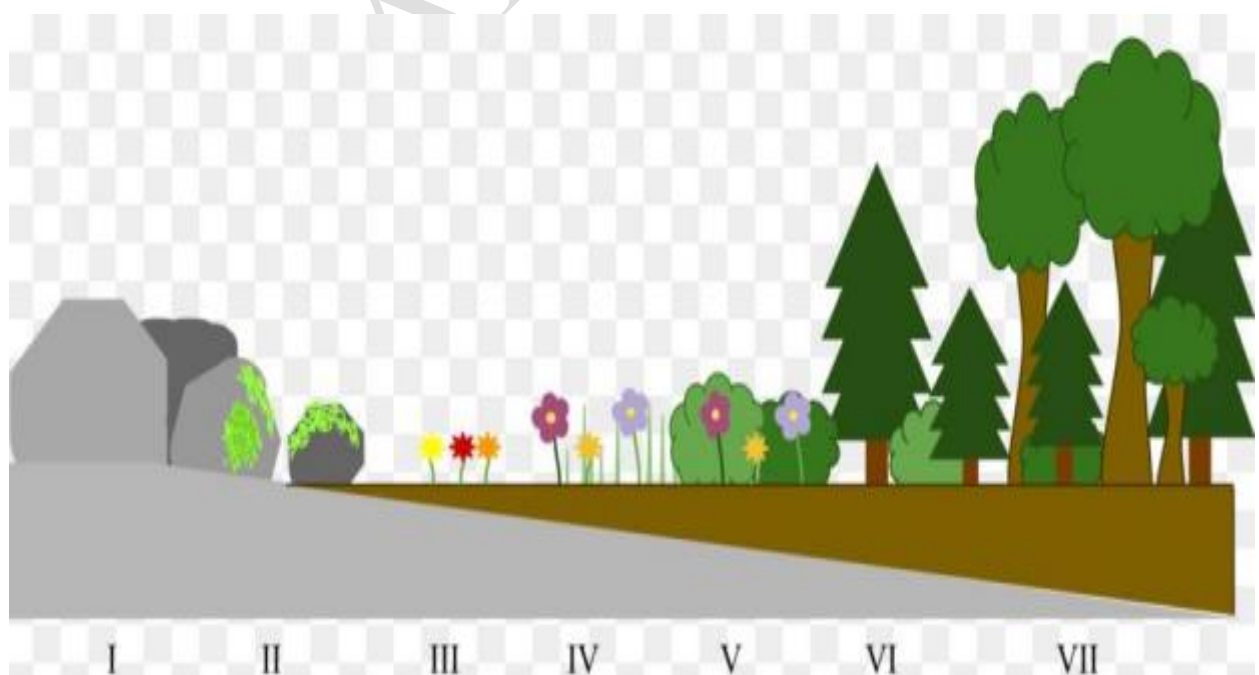


Figure 36. Succession écologique

On distingue deux types principaux de successions

- **Succession primaire** lorsqu'aucun sol n'est présent au stade initial à cause d'un glissement de terrain, d'une éruption volcanique... La roche apparaît à la surface. Les premières espèces à s'installer sont des lichens, des mousses et d'autres organismes autotrophes appelés pionniers. L'érosion de la roche et la matière formée par la décomposition des pionniers forme un sol superficiel (pédogenèse) qui peu à peu s'épaissit et permet l'installation d'espèces plus complexes : plantes herbacées puis arbustes, puis arbres. Le développement de la végétation est accompagné de la faune associée : insectes, puis petits oiseaux, puis mammifères
- **Succession secondaire** lorsque le milieu initial est engendré par la perturbation d'un milieu déjà avancé dans la succession écologique (feu de forêt, tempête...). Les pionniers sont alors différents et la succession est plus rapide (le sol est déjà en place, il reste des propagules laissés par le milieu précédent...).

Il est important de noter que l'état climatique ne signifie pas nécessairement une forêt de vieux arbres. Il peut s'agir d'un équilibre de cactus dans un biome désertique ou de communautés d'herbacées dans une prairie sèche (steppe) où le climat annihile le développement d'une forêt.

#### 5.2.1.2.- Caractères généraux des successions

1. Les écosystèmes les plus proches du stade climax sont plus organisés, plus complexes que les écosystèmes proches du stade pionnier ;
2. La biomasse augmente au fur et à mesure qu'on s'approche du climax. Elle devient ensuite constante puisque la productivité tend vers zéro ;
3. La diversité spécifique augmente le long des successions, passant par un maximum avant de décroître légèrement au stade climax ;
4. L'équitabilité faible au début devient plus élevée ;
5. Les relations interspécifiques évoluent avec la succession, la symbiose et la compétition deviennent plus fréquentes ;
6. Les chaînes alimentaires linéaires dominées par les herbivores deviennent des réseaux ramifiés et complexes où les détritivores prennent une place de plus en plus importante ;
7. Les niches écologiques deviennent de plus en plus étroites et spécialisées à l'approche du climax. Les cycles biologiques s'allongent et se compliquent ;

8. La mobilité des espèces tend à diminuer dans les milieux climaciques favorisant l'apparition de races géographiques ;

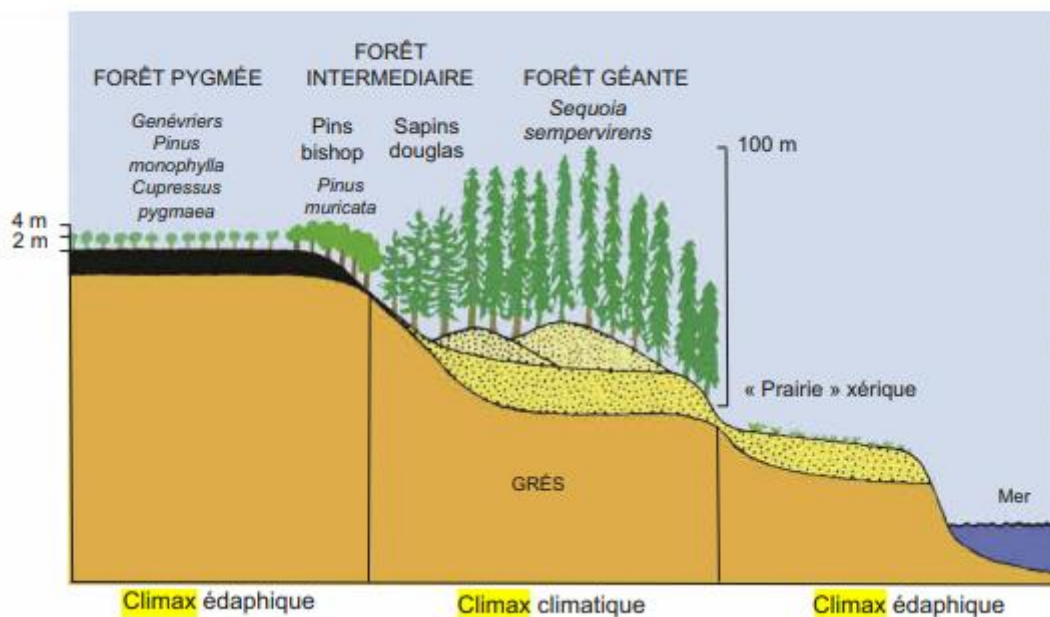
9. Les espèces pionnières sont souvent opportunistes ayant adapté des stratégies de type r (espèces possédant un potentiel biotique élevé, une croissance rapide, une faible longévité, des populations se renouvelant vite et soumises à de fortes fluctuations). Les espèces des stades climaciques sont des espèces ayant choisi des stratégies de type k (utilisant la majeure partie de leur énergie dans la croissance et la maintenance).

### **5.2.2.- Notion de climax**

Terme ultime de l'évolution d'une communauté végétale qui correspond à son optimum de développement compte tenu des conditions climatiques et(ou) édaphiques prévalant dans le biotope considéré. Stade d'équilibre dynamique, de ce fait susceptible de variations, il représente la culmination d'une succession biocœnotique et se caractérise par un développement maximum de la biomasse – et aussi souvent de la biodiversité – dans un écosystème donné compte tenu des conditions écologiques prévalentes. En règle générale, dans une région donnée, les conditions climatiques moyennes qui caractérisent les biotopes « normaux » induisent des successions phytocœnotiques qui conduisent à un stade ultime d'équilibre appelé climax climatique, car ce sont elles qui constituent les facteurs limitants des écosystèmes continentaux. Ainsi, en France, sur sol calcaire, le climax climatique méditerranéen est une forêt de chênes verts ou de chênes pubescents, le climax atlantique une hêtraie ou une forêt mixte de chênes et de hêtres. Cependant, il advient parfois que ce sont les conditions édaphiques qui conditionnent le développement du climax. Ainsi, sur terrains dont la roche-mère est de la serpentine, riche en divers métaux toxiques, seuls certaines métalphytes pourront se développer. De même sur substrat sablonneux, ou encore en présence d'une cuirasse d'aliôs, la phytocœnose climacique ne sera pas déterminée par le climat local mais par la constitution du sol. On parlera alors de climax édaphique. Plus rarement, le relief, conjuguant l'effet de la pente et la modification du drainage qui en résulte, prend l'ascendant sur les conditions climatiques, engendrant un climax topographique (topoclimax). Les phytocœnoses littorales de Californie du Nord donnent un excellent exemple du rôle respectif du climat, de la nature de la roche-mère et de la pente dans la genèse d'un climax. Ici selon un transect orienté Est-Ouest se rencontre sur un substrat gréseux un plateau ayant généré un sol podzolique avec une épaisse couche d'aliôs, une première rupture de pente avec affleurements gréseux suivis en contrebas d'une terrasse

glaciaire étendue sur laquelle subsistent des dunes fossiles sur lesquelles s'est formé un sol forestier. Après une nouvelle rupture de pente, on rencontre une terrasse plus basse recouverte de sable pur à grains lâches qui jouxte le rivage. Sur le plateau croît une forêt pygmée de genévriers et de cyprès nains correspondant à un édaphoclimax, puis, sur les premières pentes se rencontre un boisement de pins bishop (topoclimax) auxquels succèdent des Douglas. Sur les dunes fossiles s'est développée une forêt de séquoias géants (*Sequoia sempervirens*) (climax climatique), enfin, les secondes terrasses, les plus proches de l'Océan, sont couvertes d'une prairie xérique de graminées croissant sur des sables purs (édaphoclimax ou climax édaphique). On rencontre de la sorte quatre types de climax se succédant sur un même écoclive.

Dans certaines circonstances liées à la présence d'un facteur perturbateur dû à l'action de l'homme (incendies récurrents par exemple), s'installe un dysclimax qui se maintiendra aussi longtemps que le facteur perturbateur exercera son effet (Fig. 37).



**Figure 37.** Transect dans la région côtière du Nord de la Californie mettant en évidence la coexistence d'un climax climatique, la forêt de séquoia géants et de deux climax édaphiques : la forêt pygmée et les pelouses xériques littorales. Ces climax édaphiques résultent de conditions pédologiques particulières : sols aliosiques pour la première et sables dunaires pour les secondes).

## **Références bibliographiques**

MOUANE A., 2023

## Références bibliographiques

- BARBAULT R., 2008. Ecologie générale – Structure et fonctionnement de la biosphère, 6e édition. Éd. Dunod, Paris, 389 P.
- BENZINA I., 2021. Polycopie de cours écologie générale, Université Mostefa Ben Boulaid Batna 2. 60 P.
- DAJOZ R., 1971. Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 434 p.
- DAJOZ R., 1975. Précis d'écologie. Ecologie. Ed. Dunod, Paris, 434 p.
- DAJOZ R., 1985. Précis d'écologie. Éd. Dunod, Paris, 505 p.
- DAJOZ R. 2000. Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 615 P
- DAJOZ R 2003. Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 615 p.
- DIAMOND J.M., 1973. Distribution ecology of New Guinea Birds », Environmental Science 179 (4 075) 759
- FAURIE C., FERRA C., MEDORI P., DEVAUX J., HEMPTINNE J.L., 2012. Écologie - Approche scientifique et pratique, 6e édition. Éd. Lavoisier, collection "Tec & Doc", Paris, 488 P.
- HERVE K., 2010. Biologie : le renouveau de l'écologie scientifique sur le monde. Jouranle Le Monde.
- KÜHNELT W., 1969. Ecologie générale, Ed. Masson, Paris, 360 p.
- GRAVES J., REAVEY D., 1996. Global Environmental changes : plant, animals and communities, Ed . Longman, Londres, 226 p.
- RAMADE F., 2003. Eléments d'écologie – Ecologie fondamentale, Ed. science-Dunod, Paris, 660 p
- RAMADE F., 2008. Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité. Ed. Dunod, Paris, 726 P.
- RAMADE F., 2009. Eléments d'écologie, Ecologie fondamentale, 6<sup>ème</sup> édition. Ed. Dunod, Paris,

689 P.

MASON C.F., 1996. Biology of freshwater pollution. Ed. Longman, , Harlow, 356 p.

MILON A., 2014. Pour une critique de la raison écologique, ED. Circé

NORTON B.G., 1988. The preservation of species : the value of biological diversity, Princeton University Press, 306 p.

PUIG H., 2001. La Forêt tropicale humide, Ed. Belin, Paris, 450 p.

S TEWART P., 1969- Quotient pluviothermique et dégradation biosphérique. Quelques réflexions. *Bull. Int. Nati. Agro. El Harrach* : 24-25 .

MOUANE A., 2023