

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Centre Universitaire

Abdelhafid Boussouf Mila

Institut des Sciences et de la Technologie

Département de Science de la Nature et de la Vie

Polycopie Cours d'Ecologie Générale

Présenté par:

Dr : BRAHMIA Hafid

Enseignant-chercheur, Département de Biologie

Courriel : brahmiahafid@yahoo.fr / h.brahmia@centre-univ-mila.dz

Année universitaire : 2020/2021

PREFACE

Le programme de ce cours (d'Ecologie générale) proposé et introduit dans les enseignements de 2^{ème} année tronc commun a pour objectif une connaissance des notions générales de l'écologie. En effet, cet enseignement se rapporte essentiellement aux concepts fondamentaux tels que la notion l'écosystème, biocénoses, biotope, de facteurs écologiques, la notion de communautés vivantes : phytocénoses, zoocénoses, biomes. La définition, la structuration et le fonctionnement des écosystèmes constituent des éléments fondamentaux pour la compréhension des milieux et des communautés vivantes. A travers la notion de facteurs écologiques, abiotiques et biotiques, et la classification des différentes interactions possibles entre les êtres vivants entre eux et entre leurs milieux.

La notion des chaînes et réseaux trophiques, des producteurs primaires (autotrophes) et des consommateurs (hétérotrophes) est fondamentale car elle se rapporte aux transferts et aux échanges d'énergie afin de maintenir la vie de manière permanente au sein des êtres vivants. Ce sont là quelques principes élémentaires de référence qui contribueront à la formation de l'étudiant licence (LMD).

Preface

Liste des figures

Introduction

Chapitre 1 : Généralité

- 1. Définition 02
- 2. Domaine d'intervention 02
- 3. Notion de Système écologique : écosystème 03

Chapitre II : Les facteurs du milieu

- 1. Notions de facteur de milieu 05
- 2. Classification des facteurs de milieu 05
 - 2.1. Les facteurs abiotiques 05
 - 2.1.1. Facteurs climatiques 05
 - a. Température 06
 - b. Humidité et pluviosité 08
 - c. Lumière et ensoleillement 09
 - d. Le vent 11
 - e. La neige 11
 - 2.1.2. Facteurs édaphiques 12
 - a. Définition du sol 12
 - b. La texture du sol 12
 - c. La structure du sol 13
 - d. L'eau du sol 14
 - e. Le pH du sol 15
 - f. La composition chimique 15
 - 2.2. Facteurs biotiques 16
 - 2.2.1. Coactions homotypiques 16
 - a. L'effet de groupe 16
 - b. L'effet de masse 17
 - c. La compétition intraspécifique 17
 - 2.2.2. Coaction hétérotypiques 18
 - a. Les relations de coopération 19
 - b. Les relations d'exploitation 19
- 3. Interaction du milieu et des êtres vivants 21
 - 3.1. Loi du minimum 21
 - 3.2. facteur limitant 22
 - 3.3. Loi de tolérance (intervalle de tolérance) 23
 - 3.4. La valence écologique 23
 - 3.5. Notion de niche écologique 24
 - 3.6. Notion de l'habitat 25

Chapitre III : structure et fonctionnement

1. Biosphère et ses constituants	27
2. Organisation de la biosphère	27
3. Classification des êtres vivants leurs besoins en alimentation	27
4. Les types de régimes alimentaires	28
5. La chaine trophique	29
5.1. Définitions	29
5.1.1. Les producteurs	29
5.1.2. Les consommateurs	29
a. Les consommateurs de matière fraiche	29
b. Les consommateurs des cadavres des animaux	30
5.1.3. Les décomposeurs ou détritivores	30
5.1.4. Les fixateurs d'azote	30
5.2. Différent types de chaines trophique	31
5.3. Représentation graphiques des chaines trophiques	31
5.4. Le réseau trophique	32
6. Transfère d'énergie et rendement	32
6.1. Définitions	32
6.2. Transfert d'énergie	32
6.3. Les rendements	34
6.4. Stabilité des écosystèmes	34
7. Les cycles biogéochimiques	35
7.1. Le cycle de l'eau	35
7.2. Le cycle de carbone	36
7.3. Le cycle du phosphore	38
7.4. Le cycle d'azote	39

Chapitre IV : description et évolution des écosystèmes

1. Ecosystème	42
2. Classement des différents types d'écosystèmes a partir de biotope	42
3. Notion de la succession écologique	43
4. Causes de l'évolution des écosystèmes	44
5. Caractères généraux des successions	44

bibliographies

LISTE DES FIGURES

N°	Titres	Page
01	Hiérarchie du vivant	03
02	Préférendum écologique et intervalle de tolérance	07
03	Schéma représentant les diverses particules qui le composent le sol	13
04	Schéma représentant les diverses formes d'eau contenues dans le sol en fonction de leur degré croissant de rétention	14
05	Schéma représentant l'effet de groupe et l'effet de masse en fonction de la densité	17
06	Les différentes interactions hétérotypiques ou interspécifiques	21
07	Limites de tolérance d'une espèce en fonction de l'intensité du facteur écologique étudié. (L'abondance de l'espèce est maximale au voisinage de l'optimum écologique).	23
08	Schéma représentant les divers types de la niche écologique	25
09	Diverses schématisations des pyramides écologiques.	31
10	Biomasse des différents niveaux d'une chaîne alimentaire : Le passage d'un niveau alimentaire à un autre entraîne une perte de matière considérable.	33
11	Cycle de l'eau	36
12	Cycle de carbone	38
13	Cycle du phosphore	39
14	Cycle d'azote	41

INTRODUCTION

Etymologiquement l'écologie vient du grec "**Oikos**", maison, habitat et "**logos**", science, connaissance ; c'est donc littéralement la science de la maison, de l'habitat. L'écologie est la science qui étudie les milieux et les conditions d'existence des êtres vivants et les rapports qui s'établissent entre eux et leur environnement.

L'écologie a été définie par le biologiste allemand Ernst Haeckel en 1866, mais ce n'est que vers 1900 que l'écologie fut considérée comme une sorte de carrefour des disciplines majeures de la biologie animale que sont la physiologie, la génétique, l'évolution qui inclut la taxonomie ainsi que l'éthologie.

Nous retiendrons la définition plus récente proposée par **Dajos (1983)** : « L'écologie est la science qui étudie les conditions d'existence des êtres vivants et les interactions de toutes sortes qui existent entre ces êtres vivants d'une part, et le milieu d'autre part. »

L'un des objectifs de l'écologie est de détecter, d'analyser et de combattre les dysfonctionnements éventuels d'un écosystème. La nécessité de respecter la nature est de plus en plus admise, ce qui permet à l'écologie moderne de proposer des mesures concrètes pour la protection de l'environnement (création de réserves et de parcs naturels, de banques de semences, lois internationales de protection de la faune, de la flore et des milieux naturels...) Environnement signifie milieu : terrestre ou aquatique dans lequel évolue un être vivant. Il est constitué à la fois des êtres vivants existant et des éléments non vivants comme le sol, l'eau, l'atmosphère, le climat, l'ensemble définissant un écosystème.

CHAPITRE 1 : GENERALITE

1. Définition :

Le mot « écologie » a été créé en 1866, par le biologiste allemand Ernst Haeckel, à partir de deux mots grecs : *oikos* qui veut dire : maison, habitat, et *logos* qui signifie science. L'écologie apparaît donc comme la science de l'habitat, étudiant les conditions d'existence des êtres vivants et les interactions de toute nature qui existent entre ces êtres vivants et leurs milieux. Il s'agit de comprendre les mécanismes qui permettent aux différentes espèces d'organismes de survivre et de coexister en se partageant ou en se disputant les ressources disponibles (espace, temps, énergie, matière). Par extension, l'écologie s'appuie sur des sciences connexes telles la climatologie, l'hydrologie, l'océanographie, la chimie, la géologie, la pédologie, la physiologie, la génétique, l'éthologie, ... etc. Ce qui fait de l'écologie, une science pluridisciplinaire !

L'écologie est une discipline scientifique qui ne peut se limiter à des préoccupations militantes culturelles ou politiques. Elle peut bien sûr contribuer à jeter les bases d'une politique d'environnement et résoudre certains problèmes posés.

2. Domaines d'intervention

Les études écologiques portent conventionnellement sur trois niveaux :

L'individu, la population et la communauté.

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

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

- l'individu concerne l'**autoécologie** : c'est la science qui étudie les rapports d'une seule espèce avec son milieu. Elle définit les limites de tolérances et les préférences de l'espèce étudiée vis-à-vis des divers facteurs écologiques et examine l'action du milieu sur la morphologie, la physiologie et l'éthologie.

- la population concerne **l'écologie des populations** ou **la dynamique des populations** : c'est la science qui étudie les caractéristiques qualitatives et quantitatives des populations : elle analyse les variations d'abondance des diverses espèces pour en rechercher les causes et si possible les prévoir.
- la biocénose concerne **la synécologie** : c'est la science qui analyse les rapports entre les individus qui appartiennent aux diverses espèces d'un même groupement et de ceux-ci avec leurs milieux.

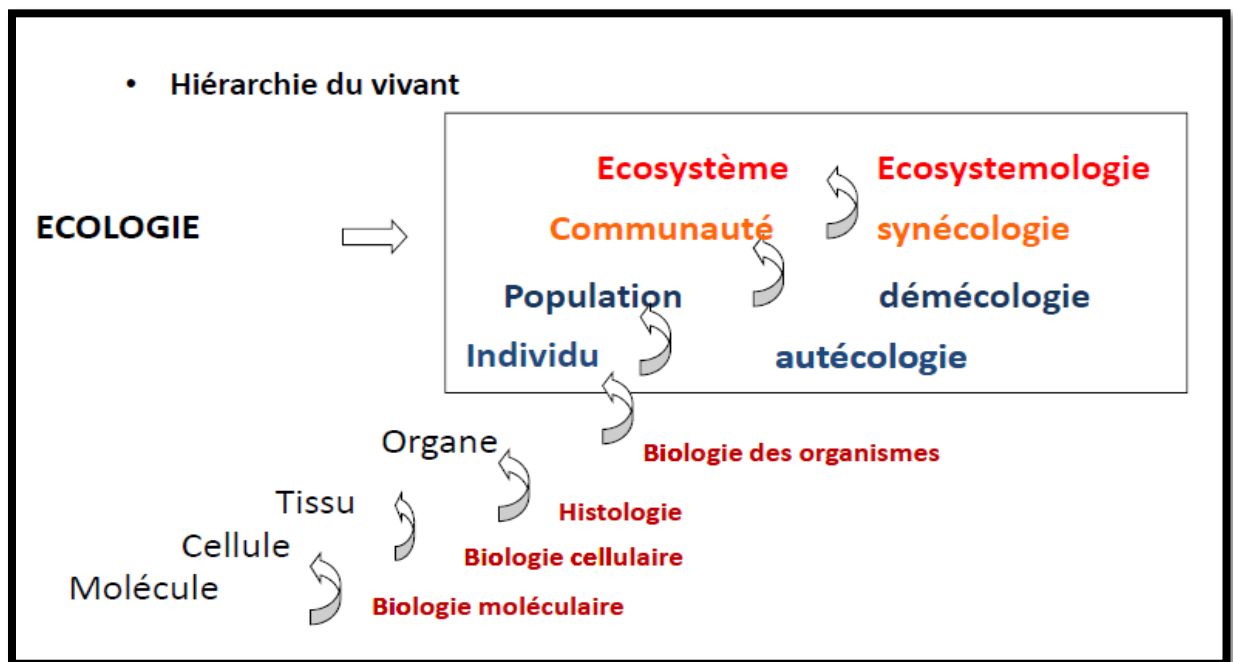


Figure 01 : Hiérarchie du vivant

3. Notion de système écologique : Ecosystème

Un système écologique ou écosystème fut défini par la botaniste anglais Arthur Tansley en 1935.

Un écosystème : est par définition un système, c'est-à-dire un ensemble d'éléments en interaction les uns avec les autres. C'est un système biologique formé par deux éléments indissociables, **la biocénose** et **le biotope**.

La biocénose : est l'ensemble des organismes qui vivent ensemble (zoocénose, phycénose, microbiocénose, mycocénose...).

Le biotope (écotope) : est le fragment de la biosphère qui fournit à la biocénose le milieu abiotique indispensable. Il se définit également comme étant l'ensemble des facteurs

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

La biosphère : est la partie de l'écorce terrestre où la vie est possible. La biosphère comprend une partie de la lithosphère (partie solide de l'écorce terrestre), une partie de l'atmosphère (la couche gazeuse entourant la Terre) et une partie de l'hydrosphère (partie du système terrestre constituée d'eau). La biosphère désigne l'ensemble de ces milieux et tous les êtres vivants qui y vivent.

Exemple : une forêt constituée d'arbres, de plantes herbacées, d'animaux et d'un sol.

Ecosystème : forêt.

Biocénose : phytocénose (arbres, plantes herbacées) et zoocénose (animaux).

Biotope : sol.

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

Suivant l'échelle de l'écosystème nous avons :

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

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

- **Ecosystèmes continentaux** (ou terrestres) tels que : les écosystèmes forestiers (forêts), les écosystèmes prairiaux (prairies), les agro-écosystèmes (systèmes agricoles);
- **Ecosystèmes des eaux continentales**, pour les écosystèmes lenticques des eaux calmes à renouvellement lent (lacs, marécages, étangs) ou écosystèmes lotiques des eaux courantes (rivières, fleuves) ;
- **Ecosystèmes océaniques** (les mers, les océans).

CHAPITRE II

Les Facteurs du milieu

1- Notion de facteur de milieu

On appelle « facteur écologique » tout élément du milieu pouvant agir directement sur les êtres vivants. Une distinction didactique est habituellement faite, lorsqu'on étudie un milieu naturel, entre les facteurs abiotiques et biotiques.

2- Classifications des facteurs écologiques

L'étude des mécanismes d'action des facteurs écologiques, constitue une étape indispensable pour la compréhension du comportement et des réactions propres aux organismes, aux populations et aux communautés dans les biotopes auxquels ils sont inféodés. Quelque soit le niveau d'organisation auquel on se place, ces facteurs n'agissent jamais isolément car les êtres vivants sont toujours exposés de façon simultanée à l'action conjuguée d'un grand nombre de facteurs écologiques dont beaucoup ne sont pas constants, mais présentent d'importantes variations spatio-temporelles ; on distingue 3 classifications :

- Selon **leur origine** : facteurs écologiques abiotiques (physico-chimiques) et biotiques (en relation avec les êtres vivants)
- Selon **qu'ils soient dépendants ou indépendants de la densité** (abondance des espèces)
- Selon **la nature** : facteurs édaphiques, climatiques, topographiques, hydrologiques,...

2-1 Les facteurs abiotiques :

Sont représentés par les phénomènes physico-chimiques (lumière, température, humidité de l'air, composition chimique de l'eau, pression atmosphérique et hydrostatique, structure physique et chimique du substrat).

2-1-1 Facteurs climatiques

- **Définition du climat :**

Le terme climat et l'ensemble de tous les phénomènes météorologiques qui caractérise l'état moyen de l'atmosphère en un point quelconque de la terre.

Thormth Waite à définir le climat comme « l'intégration des facteurs météorologiques et climatique qui concourent à donner à une région son caractère et son individualité »

- **Différent type de climat :**

- **Le macroclimat** : il précise les conditions climatiques d'une région à l'échelle du biome.
- **Le mésoclimat** : quant à lui à l'échelle de l'écosystème. On parlera par exemple du climat d'une forêt, d'un lac ou d'un versant de montagne.
- **Le microclimat** : une définition encore plus restrictive car elle liée aux conditions qui règnent au niveau de l'organisme.

- **Principaux facteurs climatiques**

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

a. Température

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

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

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

- **Comportement en fonction de la température**

Sténotherme : les espèces ne tolérant que des variations de faible amplitude autour de températures moyennes :

- Comprises entre 43°C et 18°C (sténothermes "chauds").

- Comprises entre 18°C et 14°C (sténothermes "tempérés").
- Inférieures à 14°C (sténothermes "froids").

Eurytherme : les espèces susceptibles de supporter des variations de grande amplitude entre une température inférieure à 13°C et une température supérieure à 43°C

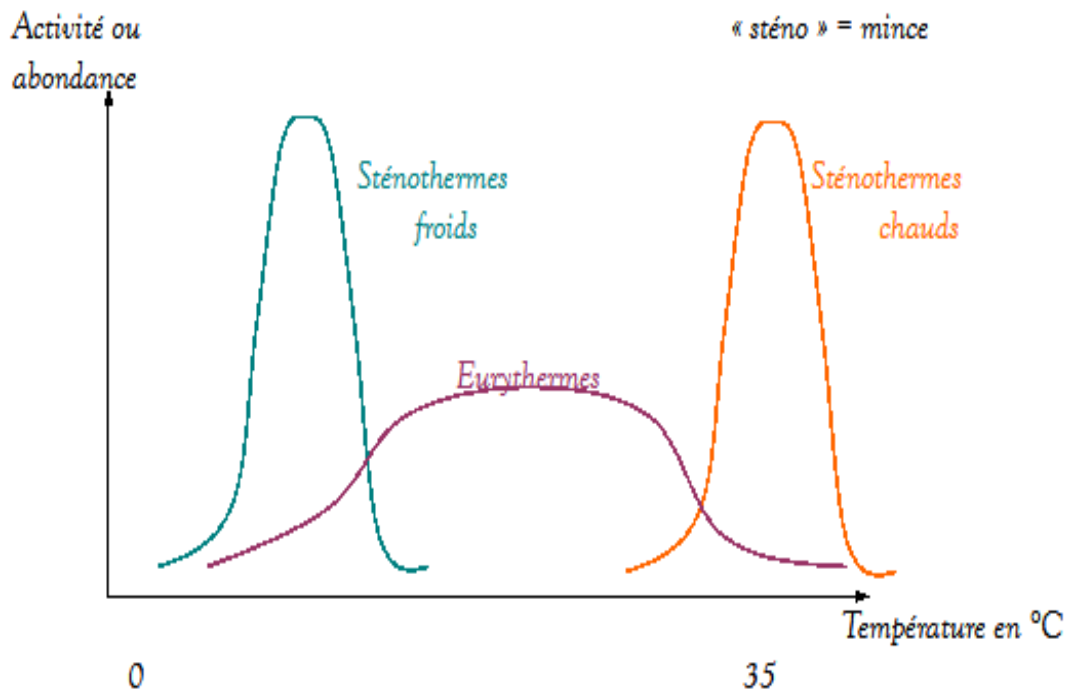


Figure 02 : Préfendum écologique et intervalle de tolérance

- **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...;

- **Réaction aux conditions thermiques défavorables**

- ❖ **Chez les végétaux :**

Dormance : est une période de repos des plantes déclenchée par la baisse de la température, Elle se manifeste par un quasi-arrêt ou ralentissement des phénomènes vitaux et s'accompagne d'une plus grande résistance aux conditions ambiantes. L'interruption ou « levée » de la dormance se fait sous l'effet de la température

Exemple : Dormance des grains et Dormance des bourgeons

- ❖ **chez les animaux :**

- **L'hibernation** : est un état d'hypothermie régulée, de ralentissement général qui permet à certaines espèces de mammifères de préserver leur énergie durant une période plus ou moins longue d'hiver. Elle se caractérise par une hypothermie contrôlée et une immobilisation relative des animaux dans leur terrier, les hibernants se servent des grosses réserves de graisse qu'ils ont emmagasinées avant l'hiver. , comme exp : Les tortues, Les mouffettes, Les loirs, Les hérissons
- **L'estivation** : Sorte d'engourdissement « sommeil » qui s'empare de certains animaux, l'estivation s'observe chez certains serpents, chez des crocodiles et chez des poissons qui s'enfoncent dans la vase. pendant les jours de la saison la plus chaude.
- **La migration** : Chez les animaux, elle se produit en général à des périodes de changements de conditions climatiques comme la température, la **migration** est un phénomène présent chez de nombreuses espèces, (par exemple : les oiseaux) qui effectuent un déplacement, souvent sur de longues distances, à caractère périodique qui implique un retour régulier dans la région de départ.

b. Humidité et pluviosité :

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

- Des espèces aquatiques qui vivent dans l'eau en permanence (ex : poissons).
- Des espèces hygrophiles qui vivent dans des milieux humides (ex : amphibiens).

- Des espèces mésophiles dont les besoins en eau sont modérés et qui supportent des alternances de saison sèche et de saison humide;
- Des espèces xérophiiles qui vivent dans les milieux secs où le déficit en eau est accentué (espèces des déserts).

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

❖ **Chez les végétaux**

- Accumulation d'eau dans les tissus (succulence).
- Cuticule cireuse étanche.
- Feuilles enroulées chez l'oyat.
- Système de racines puissant.
- Réduction de l'évapotranspiration par développement de structures cuticulaires imperméables.
- Réduction du nombre de stomates, stomates dans des cavités
- Réduction de la surface des feuilles qui sont transformées en écailles ou en épines.
- Les feuilles tombent à la saison sèche et se reforment après chaque pluie.
- Le végétal assure son alimentation en eau grâce à un appareil souterrain puissant.
- Mise en réserve d'eau dans les tissus aquifères associés à une bonne protection épidermique.

❖ **Chez les animaux**

- Utilisation de l'eau contenue dans les aliments.
- Réduction de l'excrétion de l'eau par émission d'une urine de plus en plus concentrée.
- Utilisation de l'eau du métabolisme formée par l'oxydation des graisses (dromadaire).

c. Lumière et ensoleillement

L'intensité lumineuse détermine l'activité photosynthétique. La durée d'éclairement ou **photopériode** conditionne la croissance des plantes ainsi que leur époque de floraison.

La lumière a également des effets déterminants sur la physiologie animale (hibernation, maturation sexuelle). La lumière obéit à la loi de tolérance (borne inférieure ou carence mais aussi borne supérieure ou inhibition).

Différentes adaptations à l'éclairement existent dans le monde végétal. On distingue des espèces **héliophiles** (ex: chêne pédonculé) et des espèces **sciaphiles** (ex: hêtre). Les individus jeunes sont souvent moins nécessiteux en lumière. La **photopériode** est l'alternance d'une période de nuit (scotophase) et d'une période de jour (photophase).

La photopériode détermine également l'époque de la chute des feuilles comme l'époque de floraison. Ainsi

La vie animale est aussi dépendante de la photopériode (repos, alimentation, migration des oiseaux...). Ainsi, dans le cas des oiseaux, le départ à partir des zones boréales a lieu même si les conditions climatiques sont encore favorables et si la nourriture est suffisante.

❖ Action sur les végétaux

Les végétaux peuvent être divisés en trois catégories :

- **Les végétaux de jours courts** : ils ne fleuriront que si la photopériode au moment de l'éclosion des bourgeons est inférieure ou égale à 12h d'éclairement.
- **Les végétaux de jours longs** : qui ont besoin pour fleurir d'au moins 12h d'éclairement.
- **Les indifférents** : la durée d'éclairement ne joue aucun rôle dans la floraison.

❖ Action sur les animaux

Chez les animaux, le rôle essentiel de la photopériode réside dans l'entretien des rythmes biologiques saisonniers, quotidiens (circadiens) ou lunaires.

➤ **Rythmes biologiques saisonniers** : ils sont de deux types :

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

➤ **Rythmes quotidiens ou circadiens**

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

➤ **Rythmes lunaires**

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

d. Vent

Dans certains milieux, le vent est un facteur écologique limitant, comme par exemple la réduction de la taille des arbres en montagne. Ainsi, dans le massif Central, la limite supérieure de la forêt se situe à 1500 m contre 2300 m dans les Alpes.

Des adaptations diverses, comme le port en coussinet ou la forme prostrée de certains végétaux, sont bien marquées.

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

- Il a un pouvoir desséchant car il augmente l'évaporation.
- Il a aussi un pouvoir de refroidissement considérable.
- Le vent est un agent de dispersion des animaux et des végétaux.
- L'activité des insectes est ralentie par le vent.
- Les coups de vent, en abattant des arbres en forêt, créent des clairières dans lesquelles des jeunes arbres peuvent se développer.
- Le vent a un effet mécanique sur les végétaux qui sont couchés au sol et prennent des formes particulières appelées anémomorphose.

e. Neige

La neige affecte surtout les régions nordiques et montagnardes. La neige est un bon isolant car les cristaux permettent l'installation d'une couche d'air. Les effets du froid sont moins dommageables (blé d'hiver, galeries des rongeurs,...). Ainsi, pour des températures de l'air de l'ordre de - 50 °C, on peut atteindre des valeurs proches de 0°C à quelques centimètres sous la couche neigeuse. C'est ainsi que les campagnols résistent aux basses températures malgré leur fourrure peu épaisse.

La neige est aussi un moyen efficace de reconstitution des réserves en eau. Par contre, la neige réduit la période de végétation (combe à neige). Elle a une action mécanique défavorable sur la courbure des tiges en montagne. Elle peut aussi provoquer des ruptures de branches (adaptation par un port étroit des résineux nordiques).

2.1.2 Les facteurs édaphiques

a. Définition du sol

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

b. La texture du sol

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

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

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

- **Textures fines** : comportent un taux élevé d'argile (>20%) et correspondent à des sols dits « lourds », difficiles à travailler, mais qui présentent un optimum de rétention d'eau.
- **Textures sableuses ou grossières** : elles caractérisent les sols légers manquant de cohésion et qui ont tendance à s'assécher saisonnièrement.
- **Textures moyennes** : on distingue deux types :
 - 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 meilleures terres dites « franches ».

- Les sols à texture limoneuse, qui contiennent plus de 35% de limons, sont pauvres en humus (matière organique du sol provenant de la décomposition partielle des matières animales et végétales).

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.

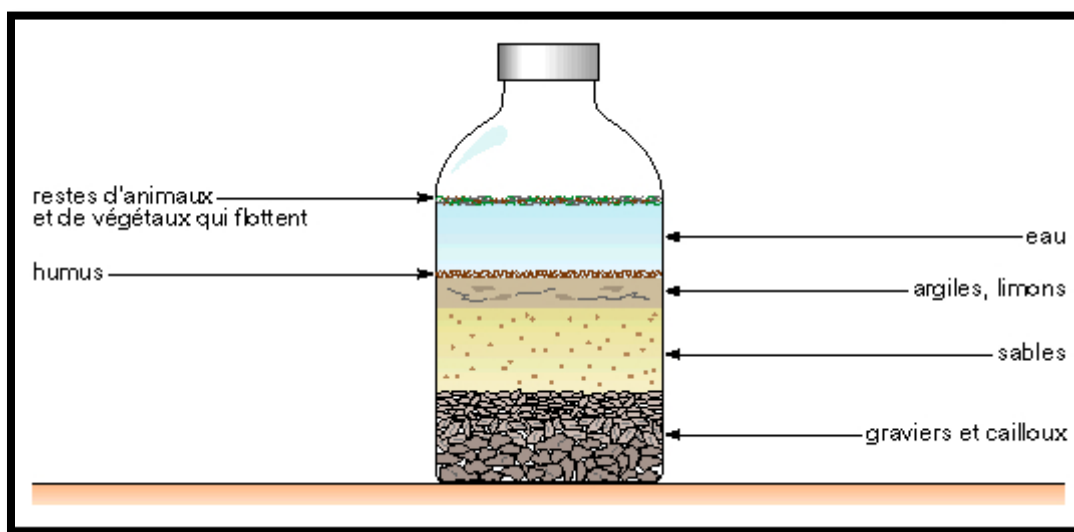


Figure 03 : schéma représentant les diverses particules qui le composent le sol

c. La structure du sol

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

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

favorisent la vie des racines et l'activité biologique en général, en permettant la circulation de l'air et de l'eau.

d. 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. Cette eau s'écoule sous l'action de la pesanteur.

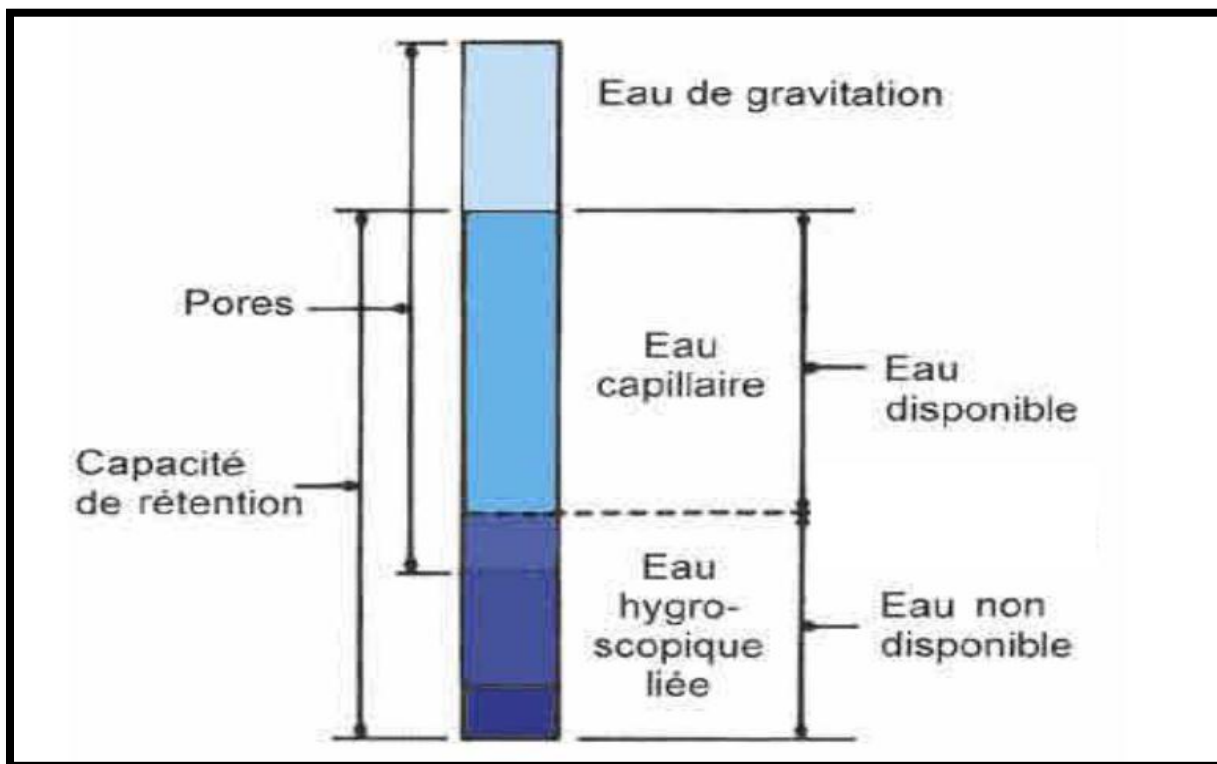


Figure 04 : schéma représentant les diverses formes d'eau contenues dans le sol en fonction de leur degré croissant de rétention

e. Le 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^+ provenant de :

- L'altération de la roche mère
- L'humification de la matière organique (synthèse d'acide humique)
- L'activité biologique
- L'effet des engrais acidifiants

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

- les pH basiques (supérieurs à 7,5) caractérisent les sols qui se développent sur une roche mère calcaire. On les rencontre généralement dans les climats secs ou saisonnièrement secs et sous une végétation présentant des feuilles à décomposition rapide.
- Les pH acides (entre 4 et 6,5) se rencontrent beaucoup plus sous les climats humides et froids favorables à une accumulation de la matière organique. Ils caractérisent les forêts de conifères. Ils se forment surtout sur les roches siliceuses et les roches granitiques.

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

f. La composition chimique

Les divers types de sols ont des compositions chimiques très variées. Les éléments les plus étudiés en ce qui concerne leur action sur la faune et la flore sont les chlorures et le calcium.

Les sols salés, ayant des teneurs importantes en chlorure de sodium, ont une flore et une faune très particulière. Les plantes des sols salés sont des **halophytes**.

En fonction de leurs préférences, les plantes sont classées en **calcicoles** (espèces capables de supporter des teneurs élevées en calcaire), et **calcifuges** (espèces qui ne supportent que de faibles traces de calcium).

Quant aux animaux, le calcium est nécessaire pour beaucoup d'animaux du sol.

Les sols dits anormaux renferment de fortes concentrations d'éléments plus ou moins toxiques : soufre, magnésium...etc. Les métaux lourds exercent sur la végétation une action

toxique qui entraîne la sélection d'espèces dites **toxico-résistantes** ou **métallophytes** formant des associations végétales particulières.

2.2. Facteurs biotiques

Ce sont les facteurs qui découlent de l'existence des êtres vivants. Plusieurs classifications peuvent être adoptées :

➤ Facteurs physico-chimiques d'origine biotique

Les êtres vivants peuvent exercer une influence mécanique ou même climatique (végétaux) sur leur biotope. Ils sont aussi capables de modifier la composition chimique (activités métaboliques, sécrétion de substances favorables ou toxiques). Citons comme exemples l'action mécanique des racines sur le sous sol; le creusement de galeries par les taupes; l'influence de la végétation sur les vents; la fabrication d'oxygène par les plantes.

➤ Facteurs trophiques (nutritifs) de nature biotique

Ex : les organismes décomposeurs libèrent des sels minéraux provenant de la transformation de l'humus

Les facteurs biotiques sont l'ensemble des interactions qui existent entre des individus de la même espèce ou d'espèces différentes. Ces interactions, appelées coactions, sont de deux types :

- **Homotypiques** ou intraspécifiques, lorsqu'elles se produisent entre individus de la même espèce.
- **Hétérotypiques** ou interspécifiques, lorsqu'elles ont lieu entre individus d'espèces différentes.

2.2.1. Coactions homotypiques

a. L'effet de groupe

Chez certaines espèces animales ou végétales, lorsque plusieurs individus vivent en groupe, on observe un effet bénéfique sur la survie et la fécondité des individus. On parle alors de *l'effet de groupe*. Chez les animaux, beaucoup d'activités comme la recherche de la nourriture, la lutte contre les ennemis, la reproduction sont facilitées par la vie en groupe.

Les tisserins, par exemple, se défendent mieux quand ils habitent ensemble dans un palmier que lorsqu'ils sont isolés. Il en est de même pour les hérons, les poissons...

b. L'effet de masse

Lorsqu'une population donnée se développe au point que le milieu ne peut plus nourrir tout le monde, les individus qui la composent se comportent en compétiteurs sans foi ni loi : on consacre tout son temps à la bagarre. Fécondité et natalité s'en font vite ressentir, la mortalité explose et la santé psychique se détraque. Cela peut paraître très malthusien mais le modèle peut s'appliquer à l'homme. Les dominants finissent par devenir insupportables aux dominés qui s'affaiblissent. Or, les dominants n'ont de justification d'être, que la présence des dominés. Equilibre rompu, donc.

Chez certains organismes, le surpeuplement entraîne des phénomènes appelés phénomènes d'**autoélimination**

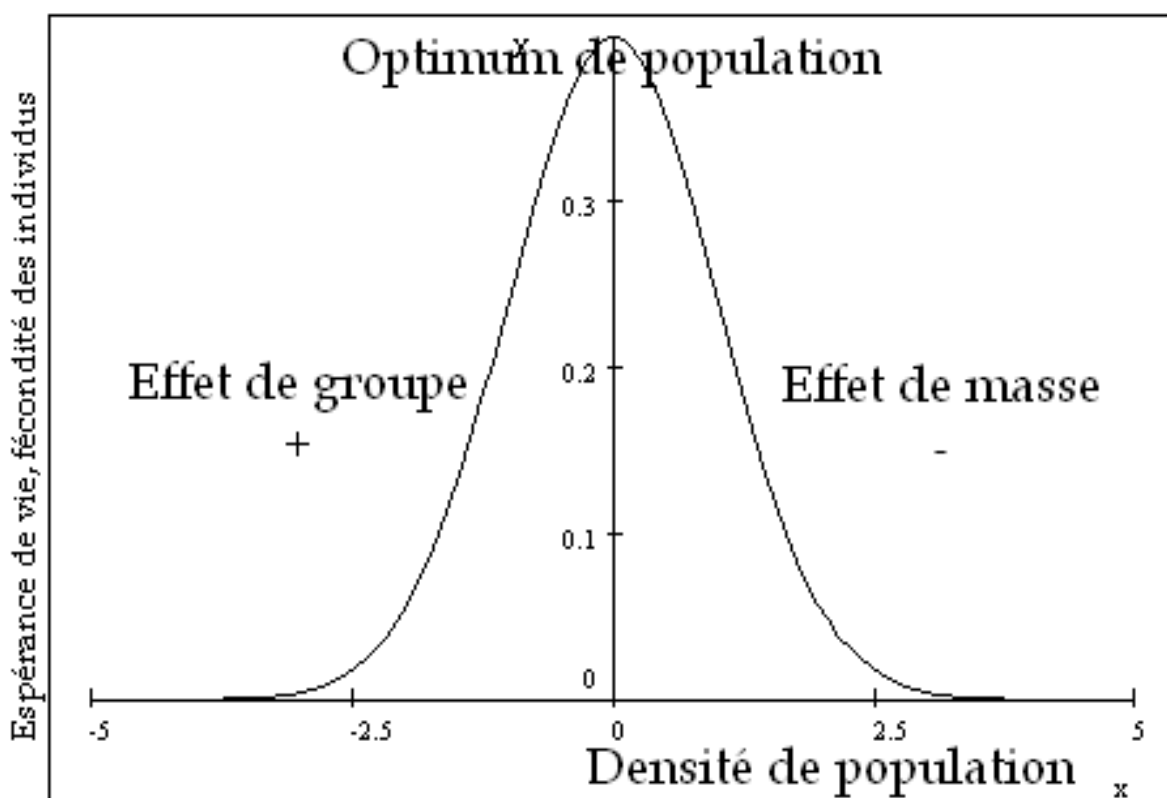


Figure 05 : schéma représentant l'effet de groupe et l'effet de masse en fonction de la densité

c. La compétition intraspécifique

La compétition intraspécifique se manifeste par différents comportements

- **Le comportement territorial :**

Il consiste à défendre une certaine surface contre les incursions des autres individus de la même espèce. La défense d'un territoire est un moyen d'augmenter les chances de survie en fragmentant les ressources (nourriture, nids) et en évitant une compétition trop grande.

Ce type de comportement est fréquent chez les Vertébrés (Oiseaux, Lémuriens) et les insectes (Libellules).

- **Le comportement agonistique :**

C'est un comportement agressif, entre les individus d'une même population, pour l'accès à la nourriture, à un abri ou lors de la recherche de partenaire sexuel. Il peut se manifester sous forme de combats au cours desquels un partenaire chasse l'autre. **L'agressivité liée à l'invasion du territoire se manifeste à l'intérieur d'une même espèce.**

Exemples : Un groupe de gorilles défendra son territoire contre un autre groupe de gorilles et non contre l'invasion d'une autre espèce animale.

- **Le comportement de défense de territoire :**

C'est un moyen de défense contre les prédateurs. En effet, l'animal connaît parfaitement son territoire (chemins de fuite) et peut échapper facilement à ses ennemis

- **La Hiérarchie sociale :**

C'est une organisation qui privilégie le rôle de certains individus dans le groupe, en leur assurant des avantages matériels, alimentaires, sexuels.

Ce comportement est fréquent chez les Mammifères et les insectes sociaux, et peut être assimilé à une forme de compétition.

Exemples : Les primates, rats, poules, etc

2.2.2. Coactions hétérotypiques

La cohabitation de deux espèces peut avoir sur chacune d'elle une influence nulle, favorable ou défavorable. Ce sont ces d'influences qu'on appelle relations ou réactions hétérotypiques ou interspécifiques. Elles peuvent être des relations de compétition, d'exploitation ou de coopération.

Parmi les différentes interactions, nous pouvons considérer :

Parfois entre deux espèces qui cohabitent on peut observer une compétition. Cette dernière est appelée *compétition interspécifique*. Elle existe lorsque ces deux espèces agissent défavorablement l'une sur l'autre dans la recherche de la nourriture, de l'abri, de site de reproduction ou de l'espace vitale.

a. Les relations de coopération

Il s'agit du mutualisme et de la symbiose.

➤ **Le mutualisme :**

Est une interaction interspécifique à bénéfices réciproques. Les associées profitent l'un de l'autre et une fois séparés les individus continuent à vivre sans problème. C'est l'association, **par exemple**, entre la vache et le Garde-boeuf.

➤ **La symbiose :**

Est une forme extrême du mutualisme dans la quelle on observe des bénéfices réciproques pour les associés, mais qui, une fois séparés, ces organismes meurent. Les lichens constituent un cas de symbiose entre une algue et un champignon. On peut aussi citer l'association symbiotique de certaines bactéries vivant dans le tube digestif des ruminants et leur permettant de digérer la cellulose contenue dans l'herbe ou l'association entre les légumineuses (soja, haricots...) et le *Rhizobium* permettant à ces plantes de fixer l'azote atmosphérique. La symbiose se distingue du mutualisme par son *caractère obligatoire*. Les associés sont obligés de cohabiter pour continuer à vivre. La symbiose est parfois appelée symbiose mutualiste.

b. Les relations d'exploitation

Dans cette catégorie des relations on regrouper le commensalisme, le parasitisme et la prédation.

➤ **Le commensalisme :**

Est une association dans laquelle une espèce dite commensale, tire profit de l'autre appelée hôte pour s'abriter, se nourrir ou se déplacer sans que ce dernier en souffre, mais aussi sans qu'il en tire des bénéfices.

Exemple : C'est le cas du cloporte qui vit dans les fourmilières où il se nourrit des déchets laissés par les fourmis sans que ces dernières soient gênées ou profitent de sa présence.

Il existe une forme particulière de commensalisme où l'organisme le plus petit est transporté par le plus grand. Il s'agit de la *phoresie*. La balane méditerranéenne vit.

Exemple : fixée sur la carapace des tortues marines pour se faire transporter. On peut aussi signaler le cas des petits acariens vivant sur le hanneton.

➤ **Le parasitisme :**

Est une interaction entre deux organismes ou espèces dont l'un, le parasite, vit aux dépens de l'autre, appelé hôte, en lui portant préjudice mais, d'une manière générale, sans le tuer directement. On distingue des parasites externes ou *ectoparasites* vivant à la surface du corps de leur hôte et les parasites internes ou *endoparasites* qui se développent à l'intérieur de leur hôte comme l'ascaris, le ténia...

Exemple : C'est le cas larves de certains Diptères qui se développent en mangeant l'intérieur de leur hôte.

➤ **L'amensalisme :**

Est une interaction biologique entre deux espèces dans laquelle une espèce inhibe le développement de l'autre. L'amensalisme est observé le plus souvent chez les végétaux. **Par exemple**, un grand arbre peut empêcher le développement d'un arbre en le privant de la lumière. Un organisme peut aussi excréter une substance au cours de son métabolisme qui est nocive pour l'autre organisme. **Par exemple**, le champignon *Penicillium* peut produire des composés antibiotiques comme la pénicilline et inhiber la croissance des bactéries alentours.

➤ **La prédation :**

Est la relation qui existe entre le mangeur et le mangé. Prise dans son sens le plus large, la prédation est un mode d'alimentation par lequel un animal se nourrit d'autres organismes vivants. Elle inclut à la fois les animaux herbivores, carnivores et parasites. Au sens strict, la prédation est l'interaction existant entre deux espèces animales dont l'une, le prédateur, se nourrit de l'autre, appelé proie, après l'avoir tuée. Elle s'exerce surtout sur certains individus faibles et faciles à attraper tels que les individus sans expérience, les

malades, les blessés ou les individus âgés. La prédation est de ce fait un phénomène biologique fondamental et utile car elle permet l'épuration des populations.

On peut classer les animaux supérieurs selon leur degré de spécialisation :

- Les polyphages qui s'accommodent de plusieurs types d'aliments, sans exclure les préférences. Ainsi, le mouflon de Corse consomme plus d'une centaine de plantes différentes mais recherche surtout l'arbousier et le cytise.
- Les oligophages ne consomment que quelques rares espèces. C'est le cas, par exemple, du doryphore qui ne se nourrit que de feuilles de pommes de terre ou d'autres plantes de la famille des Solanacées.
- Les monophages dépendent d'une seule espèce. Le ver à soie est inféodé au mûrier; le charançon du poirier au poirier...

favorable (+), défavorable (-) ou nulle (0).

Types de relations	Espèces A	Espèces B
Compétition interspécifique	-	-
Prédation (A prédateur, B proie)	+	-
Parasitisme (A parasite, B hôte)	+	-
Symbiose ou mutualisme	+	+
Commensalisme (A commensale de B)	+	0

Figure 06 : les différentes interactions hétérotypiques ou interspécifiques.

3. Interaction du milieu et des êtres vivants

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

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

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 peuplements.

3.1. Loi du minimum

On doit à **LIEBIG** (1840) la **loi du minimum** qui stipule que la croissance d'un végétal n'est possible que dans la mesure où tous les éléments indispensables pour l'assurer sont présents en quantités suffisantes dans le sol. Ce sont les éléments déficitaires (dont la concentration est inférieure à une valeur minimum) qui conditionnent et limitent la croissance. La **loi de LIEBIG** est généralisée à l'ensemble des facteurs écologiques sous forme d'une loi dite « loi des facteurs limitant ».

3.2. 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.

3.3. Loi de tolérance (intervalle de tolérance)

Énoncée par Shelford en 1911, la loi de la tolérance stipule que pour tout facteur de l'environnement existe un domaine de valeurs (ou intervalle de tolérance) dans lequel tout processus écologique sous la dépendance de ce facteur pourra s'effectuer normalement. C'est seulement à l'intérieur de cet intervalle que la vie de tel ou tel organisme, population ou biocénose est possible. La borne inférieure le long de ce gradient délimite la mort par carence,

la borne supérieure délimite la mort par toxicité. A l'intérieur de l'intervalle de tolérance, existe une valeur optimale, dénommée « préférendum » ou « optimum écologique » pour lesquelles le métabolisme de l'espèce ou de la communauté considérée s'effectue à une vitesse maximale

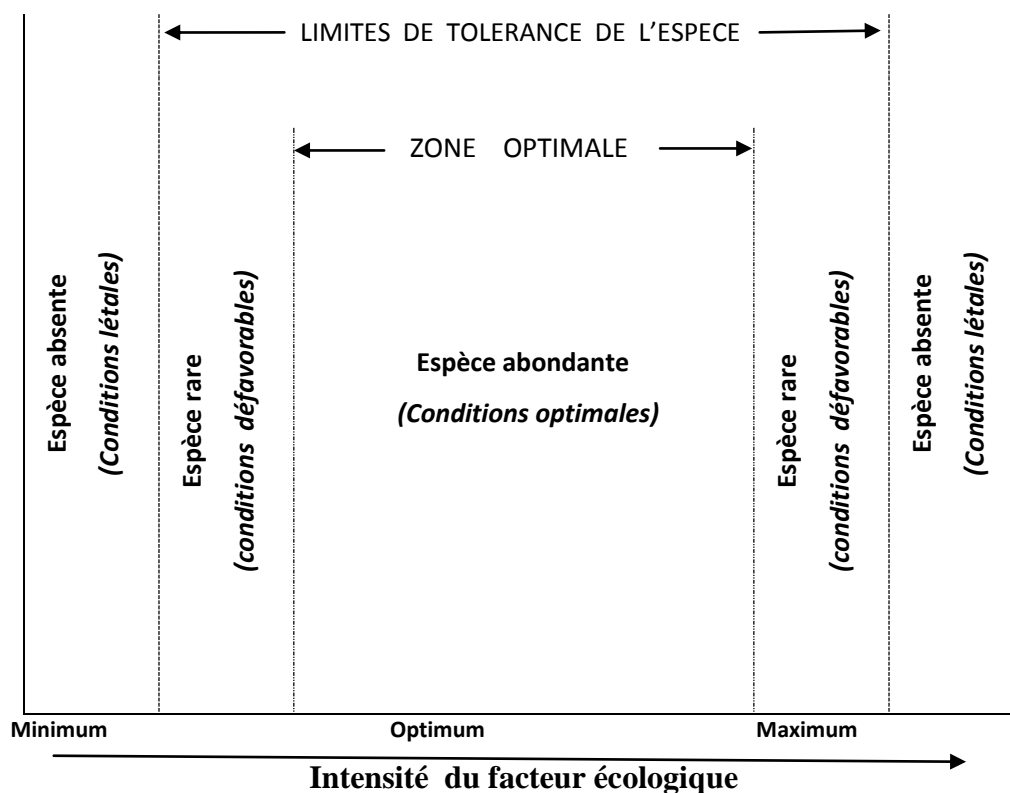


Figure 07 : Limites de tolérance d'une espèce en fonction de l'intensité du facteur écologique étudié. (L'abondance de l'espèce est maximale au voisinage de l'optimum écologique).

3.4. La Valence écologique

La valence écologique d'une espèce est la capacité que possède celle-ci de peupler des milieux différents. Une espèce à valence écologique élevée pourra peupler un grand nombre de milieux ; elle est alors appelée généraliste. Une espèce à basse valence écologique, cantonnée dans un petit nombre de milieux, est dite au contraire spécialiste

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

3.5. Notion de niche écologique

Une niche écologique désigne la place qu'occupe une espèce au sein d'un écosystème. Elle réunit toutes les conditions nécessaires à sa survie. Elle est également définie par les relations qui existent entre les individus de cette espèce et ceux des autres espèces, ainsi que par les modifications de l'habitat entraînées par toutes ces espèces.

Par exemple, une espèce est à la fois en relation avec les espèces qui s'attaquent à elle (prédateurs) et avec celles qu'elle consomme en fonction des saisons (végétaux, proies...). La niche écologique est aussi caractérisée par les paramètres physico-chimiques du milieu (température, précipitations, type de sol...) et par les ressources qui s'y trouvent (nourriture, cachettes...). Tous ces paramètres peuvent varier en fonction du temps.

La niche écologique : ensemble des conditions environnementales telles qu'une espèce donnée peut former des populations viables.

➤ **Niche écologique fondamentale :**

« Ensemble des conditions environnementales telles qu'une espèce, en l'absence de compétiteur, peut former des populations viables »

➤ **Niche écologique réalisée :**

« Ensemble des conditions environnementales telles qu'une espèce, en présence de ses compétiteurs, peut former des populations viables »

Remarque :

L'ensemble des conditions biophysiques permettant à un organisme d'exister est localisé dans la « *niche fondamentale* ». De par la compétition, l'interaction avec d'autres organismes et les phénomènes physiques, la niche fondamentale de l'organisme se réduit à l'espace le plus approprié. Dans différents cas d'espèces adaptées, l'espace devient la niche réalisée

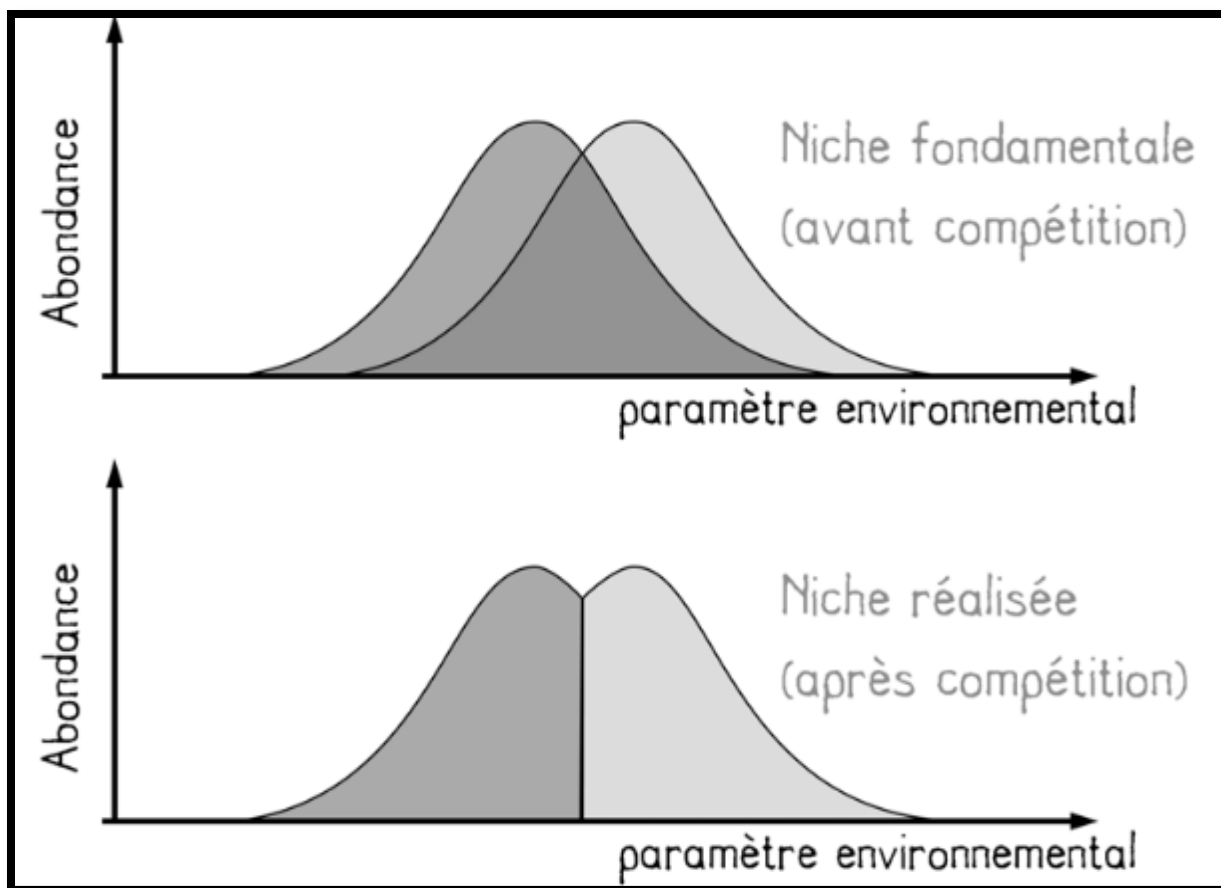


Figure 08 : schéma représentant les différents types de la niche écologique

3.6. Notion d'habitat :

Milieu où une population d'individus d'une espèce donnée ou d'un groupe d'espèces peut normalement vivre et s'épanouir.

En termes plus simples, c'est le **milieu de vie d'un organisme**. Il est formé d'un ensemble de facteurs écologiques qui constituent le milieu et offrent les ressources suffisantes pour permettre à une population d'une espèce de vivre et se reproduire. Finalement, il correspond à une entité écologique incluant espèces et communautés, ainsi que leur environnement biotique et abiotique.

On distingue l'habitat naturel, semi naturel et artificiel :

- Habitat **naturel** : unité naturelle, bien identifiable, essentiellement caractérisée par sa végétation, son climat, son exposition, son altitude, sa géologie (sous-sol), sa pédologie, et par les activités humaines qui s'y déroulent.

- Habitat **semi naturel** : milieu qui réunit les conditions physiques et biologiques nécessaires à l'existence d'une espèce ou d'un groupe d'espèces animales ou végétales.
- Habitat **artificiel** : habitat de substitution, construit artificiellement.

Remarque :

La différence entre niche écologique et habitat tient à la définition de l'habitat, qui intègre divers facteurs: facteurs climatiques, spatiaux, édaphiques, biotiques, abiotiques et la plupart des paramètres d'un écosystème. La niche se concentre sur les interactions d'une espèce sur son environnement sans notion géographique.

CHAPITRE III

Structure et fonctionnement des écosystèmes

1. La biosphère et ses constituants

Biosphère signifie, littéralement, sphère de la vie, c'est-à-dire l'ensemble de la vie terrestre. Les êtres vivants sont localisés sur une couche étroite à la surface de la Terre. Celle-ci comprend **la basse atmosphère**, Les océans, mers, lacs et cours d'eau que l'on regroupe sous le nom d'**hydrosphère** et la mince pellicule superficielle des terres émergées appelés **lithosphère**.

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 10 000 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.

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.

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.

Un écosystème est constitué par l'ensemble des êtres vivants (biocénose) et du milieu dans lequel ils vivent (biotope).

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. Classification des êtres vivants selon leurs besoins en alimentation

On distingue :

- Les **Autotrophes** (Producteurs) : Végétaux chlorophylliens (plantes vertes vasculaires terrestres et algues aquatiques) qui utilisent l'énergie solaire, le gaz carbonique, l'eau et des sels minéraux pour les transformer en matière biochimique élaborée.
- Les **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)
- Les **parasites** (consommateurs secondaires) qui tirent leurs aliments à partir d'hôtes qu'ils ne tuent pas obligatoirement.
- Les **saprophytes** (Décomposeurs) : Champignons, bactéries, levures et autres organismes hétérotrophes utilisant la matière organique morte (détritiques végétaux, excréments et cadavres d'animaux dont ils assurent une minéralisation progressive et totale.

4. Les types de régimes alimentaires

On distingue :

- Les **Herbivores** ou Phytophages; consommateurs de végétaux classés selon la partie du végétal consommé : Phyllophage (feuilles), Granivores (graines), Xylophages (xylème ou bois), Carpophages ou Frugivores (fruits),...
- Les **Carnivores** ou Carnassiers, consommateurs d'animaux classés selon le type d'animal consommé: Entomophages (Insectivores), Aphidiphages (Aphidiens ou pucerons), Piscivores (Poissons), Charognards (Nécrophages, cadavres frais),...
- Les **Détritivores** : Coprophages (excréments), Saprophages (matière organique en décomposition),...
- Les **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)

5. La chaîne trophique

5.1. Définitions

Une chaîne trophique ou chaîne alimentaire est une succession d'organismes dont chacun vit au dépend du précédent. Tout écosystème comporte un ensemble d'espèces animales et végétales qui peuvent être réparties en trois groupes : les producteurs, les consommateurs et les décomposeurs.

5.1.1. Les producteurs

Ce sont les végétaux autotrophes photosynthétiques (plantes vertes, phytoplancton : cyanobactéries ou algues bleues : organisme procaryote). Ayant le statut de producteurs primaires, ils constituent le premier niveau trophique de l'écosystème. En effet, grâce à la photosynthèse ils élaborent la matière organique à partir de matières strictement minérales fournies par le milieu extérieur abiotique.

5.1.2. Les consommateurs

Il s'agit d'êtres vivants, dits hétérotrophes, qui se nourrissent des matières organiques complexes déjà élaborées qu'ils prélèvent sur d'autres êtres vivants. Ils se considèrent comme étant des producteurs secondaires. 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.

a- Les 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, appelés herbivores (mammifères herbivores, insectes, crustacés : crevette), mais aussi plus rarement des parasites végétaux et animaux des plantes vertes.
- **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,...).

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.

b- Les 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. **Exemple :** Chacal, Vautour,...

5.1.3. Les 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 en assurant le retour progressif au monde minéral des éléments contenus dans la matière organique.

- **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 détritus ou débris d'animaux et/ou de végétaux.

Exemple : Protozoaires, lombrics, nématodes, cloportes.

- **Coprophage :** Animal qui se nourrit d'excréments.

Exemple : Bousier.

Producteurs primaires, consommateurs et décomposeurs sont liés par une chaîne alimentaire. Le caractère cyclique de la chaîne est assuré par les décomposeurs.

5.1.4. Les 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 détritus 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 Azotobacter en fixation non symbiotique et les Rhizobiums en fixation symbiotique.

5.2. Différents types de chaînes trophiques

Il existe trois principaux types de chaînes trophiques linéaires :

➤ **Chaîne de prédateurs**

Dans cette chaîne, le nombre d'individus diminue d'un niveau trophique à l'autre, mais leurs tailles augmentent (règle d'Elton énoncée en 1921).

Exemple : (100) Producteurs + (3) Herbivores + (1) Carnivore.

➤ **Chaîne de parasites**

Cela va au contraire d'organismes de grandes tailles vers des organismes plus petits, mais de plus en plus nombreux (la règle d'Elton n'est pas vérifiée dans ce cas).

Exemple : (50) Herbes + (2) Mammifères herbivores + (80) Pucès + (150) Leptomonas.

➤ **Chaîne de détritivores**

Va de la matière organique morte vers des organismes de plus en plus petits (microscopiques) et nombreux (la règle d'Elton n'est pas vérifiée dans ce cas).

Exemple : (1) Cadavre + (80) Nématodes + (250) Bactéries.

5.3. Représentation graphique des chaînes trophiques

La schématisation 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

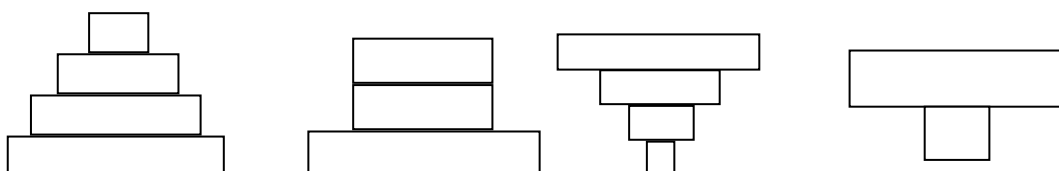


Figure 09 : Diverses schématisations des pyramides écologiques.

5.4. Le réseau trophique

Le réseau trophique se définit comme un ensemble de chaînes alimentaires reliées entre elles au sein d'un écosystème et par lesquelles l'énergie et la matière circulent. Il se définit également comme étant l'ensemble des relations trophiques existant à l'intérieur d'une biocénose entre les diverses catégories écologiques d'êtres vivants constituant cette dernière (producteurs, consommateurs et décomposeurs).

6. Transfert d'énergie et rendements

6.1. Définitions

- **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.

6.2. 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.

- Une partie de la lumière solaire absorbée par le végétal est dissipée sous forme de chaleur.
- 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 constitue 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 (1^{er}, 2^{ème} ou 3^{ème} 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.

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**.

Plus on s'éloigne du producteur primaire, plus la production de matière vivante est faible

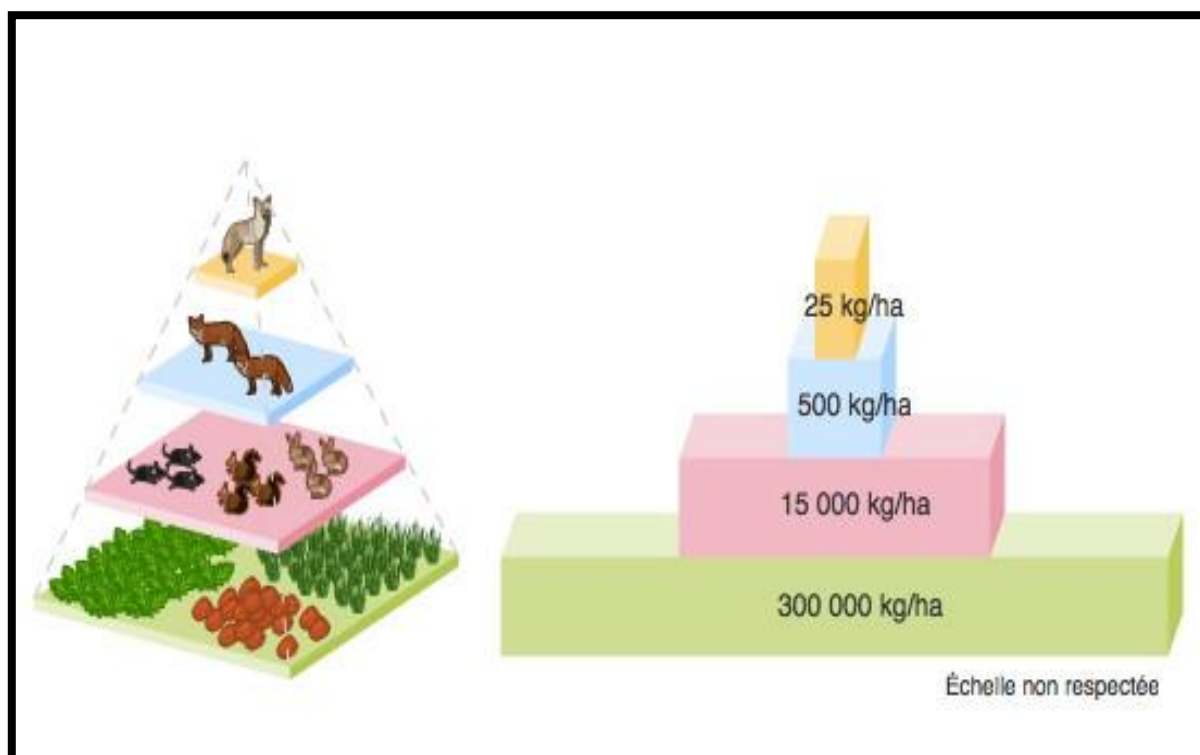


Figure 10 : Biomasse des différents niveaux d'une chaîne alimentaire :

Le passage d'un niveau alimentaire à un autre entraîne une perte de matière considérable.

6.3. Les rendements

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 :

- **Rendement écologique** : 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) : $(PS1/PN \times 100)$ ou $(PS2/PS1 \times 100)$.
- **Rendement d'exploitation** : C'est le rapport de l'énergie ingérée (I) à l'énergie disponible. C'est la production nette de la proie : $(I1/PN \times 100)$ ou $(I2/PS1 \times 100)$.
- **Rendement de production nette** : Qui est le rapport de la production nette à l'énergie assimilée :

$(PS2/A2 \times 100)$ ou $(PS1/A1 \times 100)$. 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.

6.4. Stabilité des écosystèmes

Les ressources disponibles, régulées par les facteurs physico-chimiques du milieu, contrôlent les chaînes trophiques depuis les producteurs jusqu'aux prédateurs. C'est la théorie du contrôle des communautés par les ressources (éléments nutritifs), ou **contrôle bottom-up** (du bas vers le haut).

Exemple : La relation existante entre la teneur en phosphates des océans + la quantité des planctons + taille des poissons qui s'en nourrissent.

A l'inverse, le fonctionnement d'un écosystème dépend de la prédation exercée par les niveaux trophiques supérieurs sur les niveaux trophiques inférieurs. C'est le **contrôle top-down**.

Exemple : Effet régulateur d'une population de carnivores (loups) sur une population de proies (lièvres).

Les deux contrôles interviennent simultanément dans les écosystèmes et peuvent être complémentaires. Les modifications par l'homme d'un niveau trophique peuvent amplifier l'un ou l'autre des deux contrôles et entraîner une instabilité de l'écosystème.

Exemples :

- Augmentation des ressources en éléments nutritifs (amplification du contrôle bottom-up). Cas de la pollution organique des eaux ou eutrophisation.
- Diminution d'abondance d'un prédateur de haut niveau (amplification du contrôle top-down). Cas de la chasse ou de la pêche.

7. Les cycles biogéochimiques

Il existe une circulation de la matière dans chaque écosystème où des molécules ou des éléments chimiques, reviennent sans cesse à leur point de départ et que l'on peut qualifier de cyclique, à la différence des transferts d'énergie. Le passage alternatif des éléments, ou molécules, entre milieu inorganique et matière vivante, est appelé cycle biogéochimique. Celui-ci correspond à un **cycle biologique** (cycle interne à l'écosystème qui correspond aux échanges entre les organismes) auquel se greffe un **cycle géochimique** (cycle de grandes dimensions, pouvant intéresser la biosphère entière et qui concernent les transports dans le milieu non vivant).

On peut distinguer trois principaux types de cycles biogéochimiques :

- Le cycle de l'eau.
- Le cycle des éléments à phase gazeuse prédominante (carbone, oxygène, azote).
- Le cycle des éléments à phase sédimentaire prédominante (phosphore, potassium etc.).

7.1. Le 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.

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.

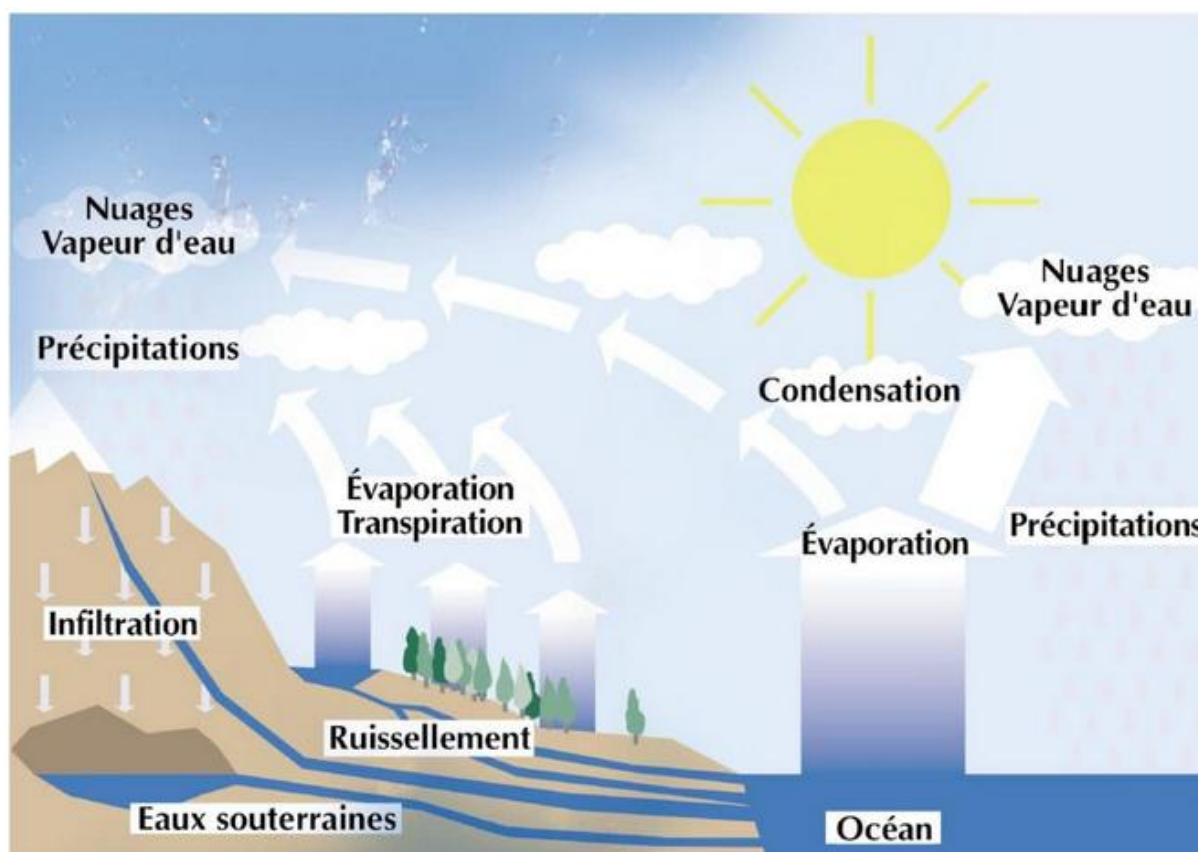


Figure 11 : Cycle de l'eau

7.2. Le cycle du carbone

Lors de la respiration, les êtres vivants consomment de l'oxygène et rejettent du dioxyde de carbone (CO_2) dans l'atmosphère. De même, les industries, les véhicules de transports rejettent du CO_2 dans l'atmosphère après combustion d'un carburant, en présence d'oxygène. Les éruptions volcaniques sont également considérées comme source naturelle de CO_2 . Le CO_2 est absorbé par les plantes (photosynthèse) et l'eau (dissolution). Photosynthèse et dissolution sont les phénomènes permettant le recyclage du gaz carbonique (**Fig.05**).

Après la photosynthèse, le carbone se combine avec d'autres éléments pour former des molécules complexes, qui après la mort de la plante seront dégradées très lentement en charbon. Lors de leur combustion, ces combustibles fossiles formeront à nouveau du CO_2 .

Le CO₂ de l'air et celui dissous dans l'eau constituent la seule source de carbone inorganique à partir de laquelle s'élaborent toutes les substances biochimiques constituant la cellule vivante (grâce à l'assimilation chlorophyllienne).

Au cours de la respiration des autotrophes, des hétérotrophes et de divers autres organismes, le gaz carbonique est dégagé parallèlement à la consommation d'oxygène.

Le dégagement de CO₂ a lieu également au cours des fermentations qui conduisent à une décomposition partielle des substrats dans des conditions anaérobies.

Dans les sols, il se produit souvent un ralentissement du cycle du carbone : les matières organiques ne sont pas entièrement minéralisées mais transformées en un ensemble de composés organiques acides (les acides humiques). Dans certains cas les matières organiques ne sont pas entièrement minéralisées et elles s'accumulent dans diverses formations sédimentaires. Il se produit une stagnation et même un blocage du cycle du carbone. C'est le cas actuellement de la formation de tourbe ou par le passé de la constitution de grands dépôts de houille, de pétrole et d'autres hydrocarbures fossiles.

Cependant, nous produisons trop de dioxyde de carbone et notre Terre n'arrive plus à le recycler. Le taux de CO₂ dans l'atmosphère augmente et le climat se réchauffe. En effet, le CO₂ présent dans l'atmosphère permet de piéger la chaleur du soleil qui rend la vie possible sur Terre. C'est ce qu'on appelle l'effet de serre. En augmentant la concentration de CO₂ dans l'atmosphère, l'équilibre de notre écosystème est perturbé. Le climat se réchauffe et cela peut avoir des conséquences graves sur la vie sur Terre : les calottes glaciaires pourraient fondre et augmenter le niveau des mers en certains points provoquant des inondations, augmentation des conditions climatiques extrêmes comme les tempêtes, les raz de marée, la sécheresse... etc.

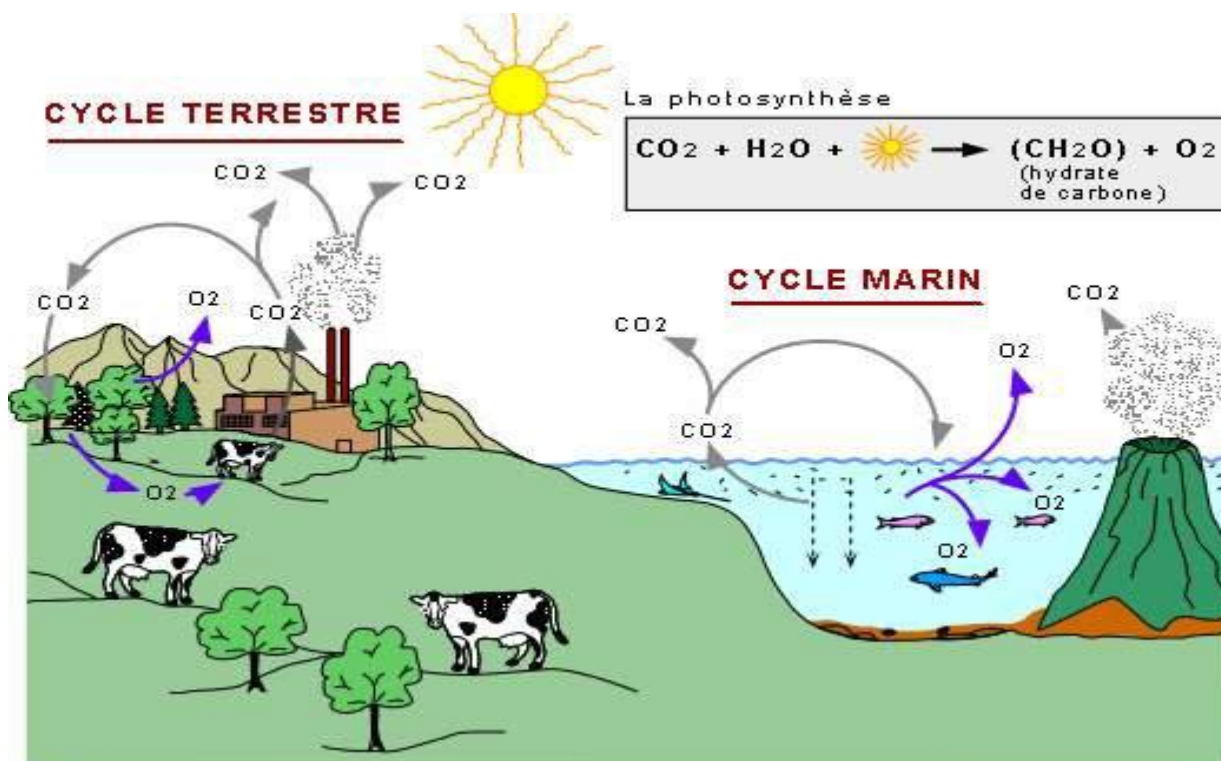


Figure 12 : Cycle du carbone.

7.3. Le cycle du phosphore

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 réservoir 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.

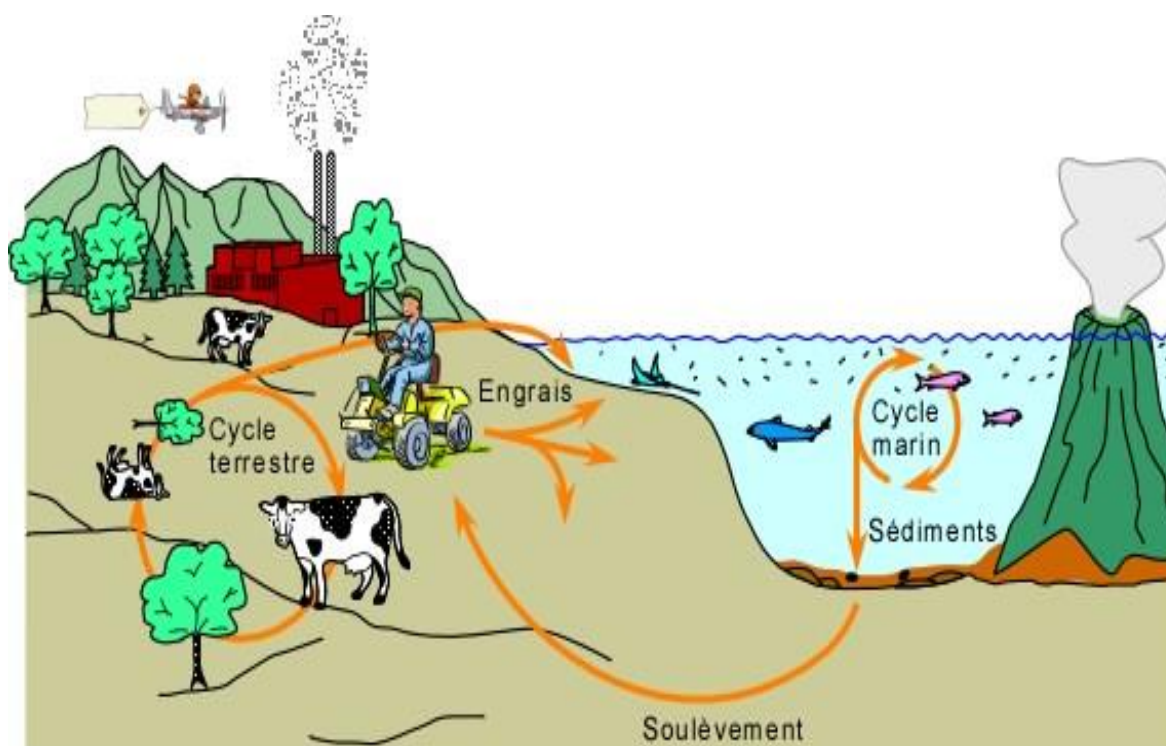


Figure 13 : cycle du phosphore

7.4. Le cycle de l'azote

Le principal réservoir de l'azote est l'atmosphère qui en renferme 79% en poids. La formation de nitrates par voie inorganique s'effectue sans cesse dans l'atmosphère par suite des décharges-électriques lors des orages. Mais, elle ne joue qu'un rôle secondaire par rapport

à celui des micro-organismes nitrifiants. Ces derniers sont surtout représentés par des bactéries, soit libres (Azotobacter, Clostridium, Rhodospirillum), soit symbiotiques (Rhizobium). Dans le milieu aquatique ce sont surtout les algues cyanophycées (algues bleues) qui sont fixatrices de l'azote gazeux.

L'azote nitrique ainsi élaboré par ces nombreux micro-organismes terrestres ou aquatiques est finalement absorbé par les végétaux, amené dans les feuilles et transformé en ammoniacque, grâce à une enzyme spécifique, la nitrate-réductase. Ensuite, l'ammoniacque est transformée en azote aminé puis en protéines.

Les protéines et autres formes de l'azote organique contenues dans les cadavres, excréta et déchets organiques vont être attaquées par des microorganismes bioréducteurs (bactéries et champignons) qui produisent l'énergie dont ils ont besoin par la décomposition de cet azote organique qui est ensuite transformé en ammoniacque, c'est l'ammonification.

Une partie de cet azote ammoniacal peut être absorbé directement par les végétaux, mais il peut être aussi utilisé par des bactéries nitrifiantes (les Nitrosomonas) pour produire leur énergie métabolique. Celles-ci transforment l'ammoniacque NH_4^+ en nitrite, NO_2^- , c'est la nitrification, puis les Nitrobacter le transforment en NO_3^- , c'est la nitrification. L'ion nitrate NO_3^- est alors absorbé par les végétaux.

L'azote retourne constamment à l'air sous l'action des bactéries dénitrifiantes (Pseudomonas) qui sont capables de décomposer l'ion NO_3^- en N_2 qui se volatilise et retourne à l'air; mais le rôle de ces bactéries est heureusement peu important.

Une partie non négligeable des nitrates peut être lessivée par les eaux de ruissellement et entraînée en mer. L'azote peut alors être immobilisé par incorporation aux sédiments profonds. Cependant, il est en grande partie repris par les organismes du phytoplancton et il entre dans une chaîne alimentaire aboutissant à des oiseaux qui le ramènent, par leurs déjections, au milieu terrestre sous la forme de guano.

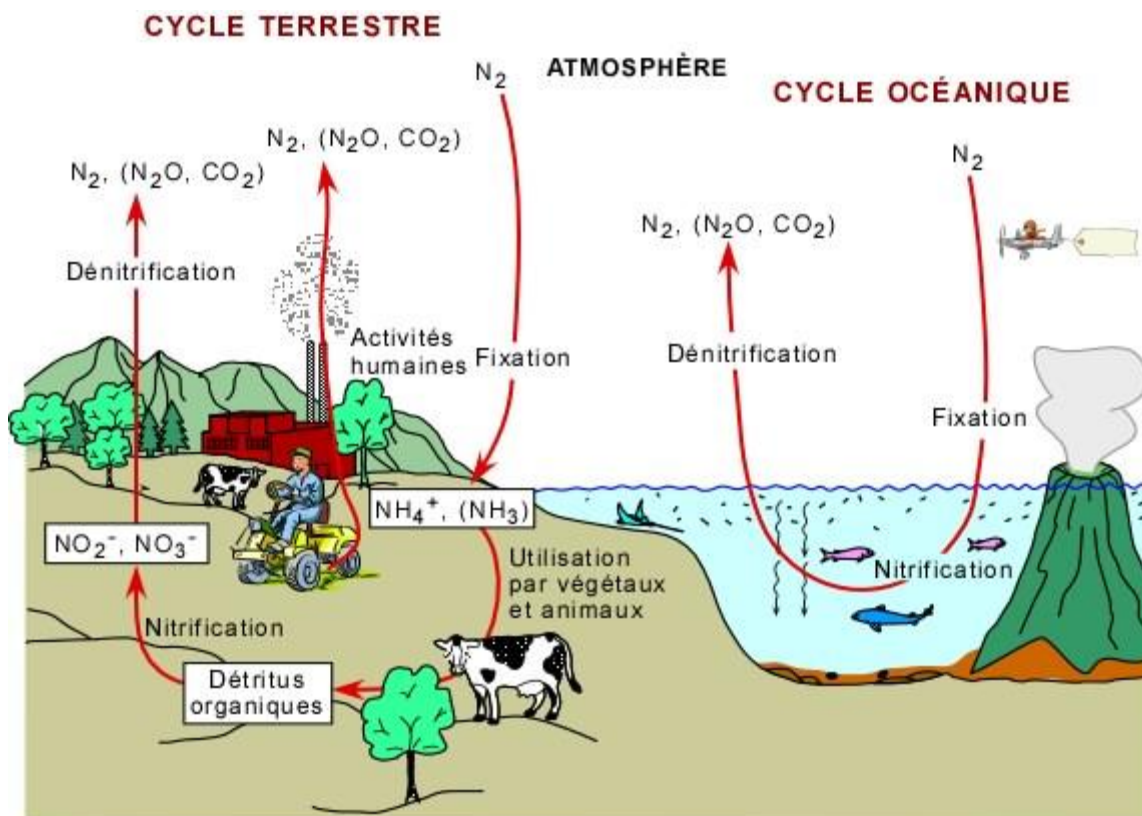


Figure 14: cycle de l'azote

Chapitre IV: Description et évolution des écosystèmes

1. Ecosystème :

La définition la plus simple d'un écosystème est la suivante : il s'agit d'un ensemble d'être vivants qui vivent au sein d'un milieu ou d'un environnement spécifique et interagissent entre eux au sein de ce milieu et avec ce milieu. Par exemple, une forêt tropicale est un écosystème constitué d'êtres vivants (arbres, plantes, insectes, animaux, micro-organismes) qui sont en constante interaction.

L'écosystème est l'unité de base du champ d'étude scientifique de la nature (l'écologie scientifique). Selon cette discipline, l'écosystème un milieu physiquement délimité, constitué de ses deux composantes indissociables :

- **Le biotope** : c'est-à-dire un environnement physique particulier avec des caractéristiques physiques spécifiques (température, humidité, climat)
- **La biocénose** : c'est-à-dire un ensemble d'êtres vivants (animaux, végétaux, micro-organismes) en interaction, et donc en interdépendance.

La biocénose (les êtres vivants) évoluent sur un biotope particulier et constituent un écosystème.

Le concept d'écosystème se décline à toutes les échelles de grandeur (simple mare, forêt, chaîne de montagnes, planète Terre dans son ensemble). Une entité vivante, ou une partie de cette entité, constitue elle-même un écosystème en soi (exemple : le biotope intestinal et son microbiote).

2. Classement des différents types d'écosystèmes à partir du biotope :

Le mode de classement le plus largement utilisé est celui qui est réalisé à partir du biotope, autrement dit le milieu. Par exemple, le milieu marin donne les écosystèmes océaniques. Un biotope (ou milieu) se décompose en autant d'écosystèmes qu'il y a de groupes d'êtres vivants y vivant en communauté.

L'exception à ce mode de classement est l'écosystème des humains qui fait référence à la biocénose et non au milieu, c'est-à-dire les hommes.

Milieus se trouvant sur les continents	→	Ecosystèmes terrestres ou continentaux
Forêts tempérées, forêts humides, forêts tropicales	→	Ecosystèmes forestiers
Prairies, steppes et savanes	→	Agro-écosystèmes
Océans et mers	→	Ecosystèmes océaniques
Rivières et fleuves	→	Ecosystèmes lotiques
Lacs et étangs	→	Ecosystème lentiques

3. Notion de succession écologique

La **succession écologique** est l'ensemble des phénomènes de colonisations d'un milieu par les êtres vivants et de changements de la composition de la flore et de la faune au cours du temps.

La **série** (sere) désigne la séquence complète d'une succession écologique. Elle est caractérisée par une séquence rigoureuse de stades comportant chacun une biocénose particulière.

Les organismes qui s'installent en premier sont appelés : espèces **pionnières** et les biocénoses qui se succèdent correspondent aux séries. Les successions écologiques se poursuivent pendant des décennies ou des siècles jusqu'à ce qu'elle atteigne son stade ultime d'évolution dénommé : **Climax**.

Le **Climax** est une association stable d'espèces qui caractérisent qualitativement et quantitativement l'ultime phase de développement d'une biocénose dans une succession écologique.

4. Principaux types de successions écologiques

On distingue : Les successions primaires des secondaires.

Les **successions primaires** correspondent à l'installation des êtres vivants dans un milieu qui n'a jamais été peuplé. Les successions secondaires apparaissent dans un milieu qui a déjà été peuplé mais dont les êtres vivants ont été éliminés par des modifications climatiques (glaciations, incendies naturels), géologiques (érosion) ou par l'intervention de l'homme.

On distingue également les successions **autogéniques** (progressives) des successions **allogéniques** (régressives).

Les successions autogéniques proviennent d'un processus biotique s'exerçant à l'intérieur de l'écosystème (compétition, prédation, parasitisme...).

Les successions allogéniques résultent de l'influence des facteurs perturbateurs d'origine extérieure à l'écosystème (action des facteurs perturbateurs : feu, vent, sécheresse, homme...).

5. Causes de l'évolution des écosystèmes

On résume les causes de l'évolution des écosystèmes à 3 aspects différents (**action, réaction, coaction**):

- **L'action** : influence exercée par le biotope sur la biocénose avec induction de phénomènes d'adaptations (morphologiques, physiologiques, éthologiques) et de régulation des abondances des populations (maintien, élimination).
- La **réaction** : Influence exercée par les êtres vivants sur le biotope avec des manifestations destructrices, modificatrices ou édificatrices.
- La **coaction** : Influence des organismes les uns sur les autres (relations biotiques).
Relations biotope biocénose

On regroupe les causes de l'évolution des écosystèmes en 4 principaux groupes:

i. Facteurs **climatiques** (changement au cours des ères géologiques et actuels)

ii. Facteurs **géologiques** et édaphiques (érosion, sédimentation, volcanisme)

iii. Facteurs **biologiques** (compétition, parasitisme, prédation)

iv. Facteurs **anthropiques** (pollution, incendies, déforestation, introduction d'espèces)

4. Caractères généraux des successions

i. Les écosystèmes les plus proches du stade climax sont plus organisés, plus complexes que les écosystèmes proches du stade pionnier.

La biomasse augmente au fur et à mesure qu'on s'approche du climax. Elle devient ensuite constante puisque la productivité tend vers zéro.

ii. La diversité spécifique augmente le long des successions, passant par un maximum avant de décroître légèrement au stade climax.

iii. L'équitabilité faible au début devient plus élevée.

- iv.** Les relations interspécifiques évoluent avec la succession, la symbiose et la compétition deviennent plus fréquentes.
- v.** 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.
- vi.** Les niches écologiques deviennent de plus en plus étroites et spécialisées à l'approche du climax. Les cycles biologiques s'allongent et se compliquent.
- vii.** La mobilité des espèces tend à diminuer dans les milieux climaciques favorisant l'apparition de races géographiques.
- viii.** 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).

Bibliographies

BARBAULT R., 2000. Ecologie générale. Structure et Fonctionnement de la biosphère. 6eme Édition. Dunod, 390p.

CAMPBELL, 2012. Biologie ; 4ème édition. PEARSON, 1457p.

CHRISTIAN L., 2001, Ecologie de l'écosystème à la biosphère, Dunod, Paris, 502p.

DAJOZ R., 2000. Précis d'écologie 4ème Edition, Dunod, 493p.

DANCHIN E, GIRALDEAU L.A, CERILLY F, 2005. Ecologie comportementale; Dunod, Paris, 637p.

FRONTIER S, PICHOD-VIALE D, LEPRETE A, DAVOULT D, LUWAK C, 2008, Ecosystème structure, Fonctionnement, Evolution, 4ème Edition, , Dunod, Paris, 558p.

FAURIE C, FERRA C, MEDORI P, DEVAUX J, ET HEMPTINNE J L, 2003. Ecologie approche scientifique et pratique, 5ème Edition TEC & DOC. 407p.

JORGENSEN S E, BRIAN F; 2008. Encyclopedia of Ecology, 1st Edition from S.E. Printbook.

MCFARLAND D, 2001, Le comportement Animal : Psychologie, Ethologie et Evolution, 1ère Edition, DeBook Université, 613p.

RAMADE F, 2009. Éléments d'écologie : Ecologie fondamentale, 4èmè Edition, Dunod, Paris, 689p.

RAMADE F, 2008, Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité, Dunod, Paris, 726p.

TRIPLET P, 2016, Dictionnaire encyclopédique de la diversité biologique et de la conservation de la nature. 939p.