



République Algérienne Démocratique et Populaire



**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED**

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie

Polycopier

**Destiné aux étudiants de première année master en Biodiversité et
environnement**

Fonctionnement des écosystèmes

Présenté par Dr NAOUAL BOUKHTACHE

Préface

Ce polycopier du module « Fonctionnement des écosystèmes » est destiné aux étudiants de première année master en Biodiversité et environnement. Il est structuré en huit chapitres suivant le canevas établi par le ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique et il est illustré de 17 figures.

Chapitre I- Introduction à l'écologie et rappelle sur quelques notions de base

Chapitre II- Les grandes divisions climatiques du globe terrestre

Chapitre III- Les facteurs écologiques

Chapitre IV- Influence des facteurs écologiques sur les êtres vivants

Chapitre V- Les différents types de chaînes trophiques

Chapitre VI- Les interactions fonctionnelles dans un écosystème

Chapitre VII- Diversité et stabilité des écosystèmes

Chapitre VIII- Les écosystèmes en Algérie

Chapitre I- Introduction à l'écologie et rappelle sur quelques notions de base

1. Historique et définition du terme Ecologie

Le terme « écologie » fut inventé en **1866** par le biologiste allemand **Ernst Haeckel**. Etymologiquement, il dérive des racines grecques "OIKOS" qui signifie "habitat" et "LOGOS" qui signifie "le discours, la science", donc il se traduit littéralement par "Science de l'habitat". Dans son ouvrage « Morphologie générale des organismes », **Haeckel** en donna cette définition : « (...) la science des relations des organismes avec le monde environnant, c'est-à-dire, dans un sens large, la science des conditions d'existence. »

En **1877**, **Möbius**, à la demande de gestionnaires de la pêche, a mené des études sur un banc d'huîtres qui ne produisait plus normalement. Il le décrivit comme une "Biocénose", ou une « communauté sociale », et ainsi a fondé les bases de l'écologie. Il définit la biocénose comme constituant un "super organisme" où les animaux et les plantes vivent ensemble dans une « communauté » biologique.

Dahl (1908), un collègue de **Möbius**, a créé un nouveau terme "biotope" pour définir un ensemble de facteurs, qui déterminent les conditions physiques de l'existence d'une biocénose. Le biotope a été liée à la biocénose en tant que « biotope d'une biocénose », avant d'être, par la suite, lié à la notion « d'écosystème ».

C'est en **1935** qu'**Arthur George Tansley**, écologiste britannique, appelle écosystème, le système interactif qui s'établit entre la biocénose (l'ensemble des êtres vivants) et le biotope (leur milieu de vie). L'écologie devient alors la science des écosystèmes. La notion d'écosystème s'est trouvée précisée ensuite par l'approche tropho-dynamique proposée par **Lindeman (1942)**, lors de l'étude d'un lac.

Le concept d'écosystème de **Tansley** fut adopté par les frères **Howard** et **Eugene Odum** qui établirent les fondements de l'écologie numérique dans les années **1950**.

Aujourd'hui, l'accent est mis sur la diversité biologique ou biodiversité qui désigne nombre et abondance relatives de différents gènes (diversité génétique), espèces et communautés (diversité spécifique) qui occupent l'ensemble des milieux naturels (diversité écosystémique).

L'écologie est une discipline à part entière, partie intégrante de la biologie. Elle étudie les interactions entre les êtres vivants et leur environnement. L'Ecologie est la science des relations des êtres vivants avec leur milieu, c'est-à-dire qu'elle vise à établir des lois qui règlent leurs rapports, à la fois avec leur environnement abiotique et avec les organismes vivants.

L'écologie moderne repose sur l'énonciation d'hypothèses pour tester des théories en réalisant des expériences et en menant des observations ; c'est donc une science expérimentale. L'écologiste utilise des modèles mathématiques construits à partir de données numériques réelles pour simuler les interrelations organismes-environnement et pour prévoir les changements éventuels à venir.

Elle vise à comprendre comment les organismes interagissent entre eux et avec leur milieu, ainsi que les effets de ces interactions sur l'ensemble de l'écosystème. Les enjeux de l'écologie sont nombreux et touchent à la fois l'environnement et la vie des êtres vivants, notamment en raison des problèmes écologiques tels que la déforestation, la pollution de l'air et de l'eau, ou encore le réchauffement climatique.

2. Domaines et niveaux d'étude de l'écologie

L'écologie couvre plusieurs niveaux d'étude, chacun d'eux se concentrant sur des aspects spécifiques des relations biologiques et environnementales (Fig. 1). Ces niveaux incluent :

- **L'écologie des individus ou autoécologie** : Elle étudie comment un organisme, en tant qu'individu, réagit à son environnement. Cela comprend des études sur la physiologie, le comportement, la survie et la reproduction.
- **L'écologie des populations ou démoécologie** : Elle analyse les interactions entre individus d'une même espèce dans un même habitat. Les principaux sujets abordés ici sont la croissance des populations, leur dynamique, leur structure démographique, et la façon dont elles s'adaptent aux changements environnementaux.
- **L'écologie des communautés ou synécologie** : Elle se penche sur les interactions entre différentes espèces dans un même espace. On y explore des concepts comme la

compétition, la prédation, le mutualisme, et comment ces interactions influencent la structure et la composition des communautés d'organismes.

- **L'écologie des écosystèmes** : Elle s'intéresse aux flux d'énergie et de matière dans un système, en prenant en compte tous les éléments d'un écosystème, y compris les producteurs, les consommateurs et les décomposeurs. Cela inclut des études sur le cycle des nutriments, le recyclage des éléments, et les réseaux trophiques.
- **L'écologie des paysages** : Ce niveau étudie les interactions entre différents types d'écosystèmes à l'échelle du paysage. Il se concentre sur les changements de la structure des paysages, la fragmentation des habitats, et les dynamiques spatiales des communautés et populations.
- **L'écologie globale ou biogéographique** : Elle s'intéresse aux patterns écologiques à l'échelle planétaire, comme la distribution géographique des espèces et la manière dont les grands phénomènes environnementaux, comme le changement climatique ou la déforestation, affectent les écosystèmes à l'échelle mondiale.



Figure 1- Domaines et niveaux d'étude de l'écologie

3. Notion d'écosystème

Un écosystème est par définition un système, c'est-à-dire un ensemble d'éléments en interaction les uns avec les autres.

L'écosystème est défini comme un ensemble formé par une communauté d'organismes vivants (biocénose) et leur environnement physique (biotope). Il est caractérisé par des échanges constants d'énergie et de matière (Fig. 2). Chaque écosystème, qu'il soit terrestre ou aquatique, est un système ouvert qui échange de la matière et de l'énergie avec l'extérieur, mais qui peut aussi s'auto-réguler pour maintenir son équilibre interne (Dajoz, 2002).

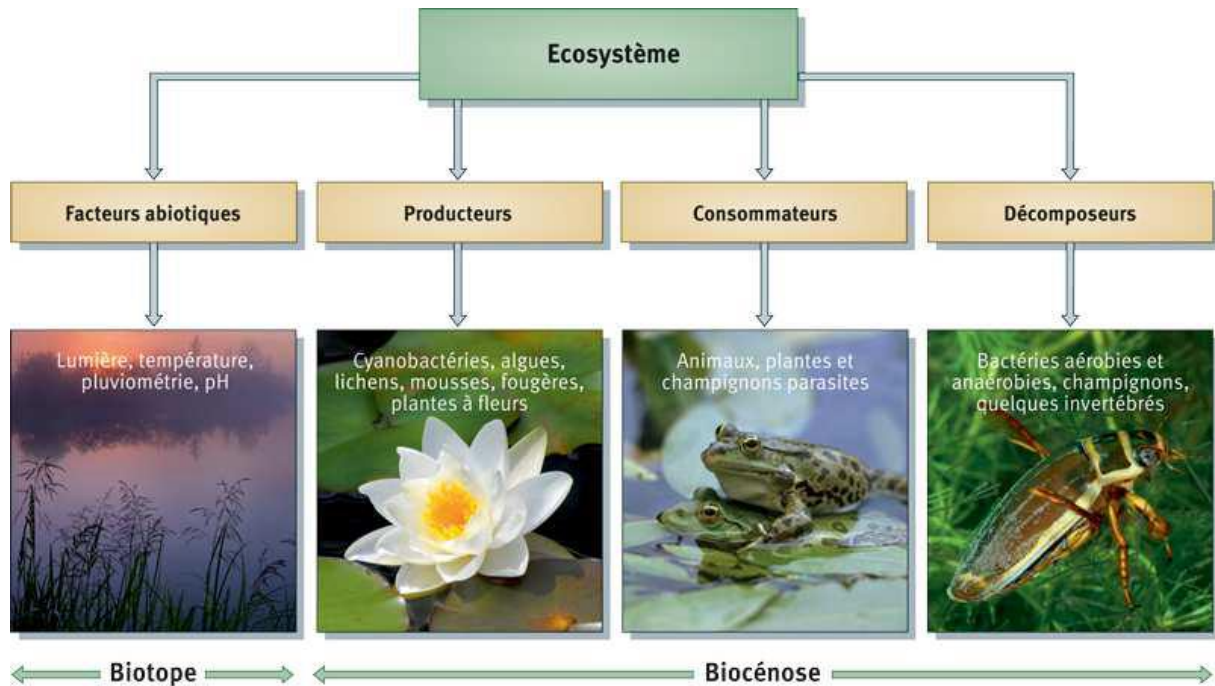


Figure 2- Composants d'un écosystème, exemple de l'étang.

Les écosystèmes varient considérablement en taille et en complexité, allant de petits les étangs à des biomes complexes comme les forêts tropicales. C'est-à-dire que le terme écosystème peut être appliqué à des unités d'étendue très variables (tronc d'arbre mort ou forêt, étang ou océan,...). Suivant l'échelle d'espace 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 d'écosystèmes continentaux (ou terrestres) tels que les écosystèmes forestiers (forêts), les écosystèmes prairiaux (prairies), les agro-écosystèmes (systèmes

agricoles) ; d'écosystèmes des eaux continentales, pour les écosystèmes lenticques des eaux calmes à renouvellement lent (lacs, marécages, étangs) ou écosystèmes lotiques des eaux courantes (rivières, fleuves) ; d'écosystèmes océaniques (les mers, les océans).

4. Notion de biosphère

Le géologue autrichien **Eduard Suess** propose le terme de biosphère en **1875**. **Suess** propose d'appeler biosphère cette enveloppe de vie, caractéristique de la Terre, qui englobe la flore, la faune, les minéraux, les cycles de la matière, etc. Dans les années 1920, le géologue russe **Vladimir Ivanovich Vernadsky**, précise la notion de biosphère dans son ouvrage « La biosphère » (**1926**) et décrit les principes fondamentaux des grands cycles biogéochimiques. Il requalifie alors la biosphère comme étant l'ensemble des écosystèmes de la planète.

Le terme 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.

La biosphère désigne la partie de la Terre où l'on trouve la vie. Elle 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.

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.

5. Définition de quelques concepts importants en écologie

5.1. Biotope

Le biotope correspond à ensemble des facteurs physiques qui caractérisent un écosystème (facteurs climatiques, géographiques, chimiques, physiques, morphologiques, géologiques,...) en équilibre ou cyclique qui est occupé par des organismes qui vivent en association spécifique (biocénose). C'est la composante non vivante ou abiotique, de l'écosystème.

5.2. Biocénose

La 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.

La biocénose comprend l'ensemble de la flore et de la faune d'un biotope déterminé. C'est l'ensemble des organismes vivants (animaux et végétaux dont microorganismes) qui occupent un écosystème donné. Ce groupement d'êtres vivants est caractérisé par une composition spécifique déterminée et par l'existence de phénomènes d'interdépendance. Il occupe un espace que l'on appelle biotope et constitue avec lui l'écosystème. Une biocénose se modifie au cours du temps (phase pionnière, phase intermédiaire et phase d'équilibre).

5.3. Les biomes

Écosystèmes terrestres ou aquatiques caractéristiques de grandes zones biogéographiques qui sont soumises à un climat particulier et caractérisée par une végétation et une faune adaptée à ces conditions.

5.4. Niche écologique

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

Les organismes peuvent changer de niches quand ils se développent.

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

5.5. Habitat

Contrairement à la niche, l'habitat d'un organisme est l'environnement physique dans lequel un organisme est trouvé. C'est l'ensemble des facteurs écologiques qui caractérisent les endroits où se développent une espèce ou une communauté.

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

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

5.6. Espèce

Une espèce est unité taxonomique fondamentale dans la classification du monde vivant. C'est un ensemble d'êtres vivants qui se distinguent des autres du même genre par des caractères communs. Les individus d'une même espèce sont interféconds.

5.8. Ecotype

Un écotype, race ou variété, au sein de l'espèce à laquelle il appartient, se manifeste par sa localisation à des stations ayant les mêmes particularités écologiques.

5.9. Population

Une population est un ensemble d'individus d'une même espèce coexistant dans le même habitat. Une population est le groupe des individus qui réellement se reproduisent entre eux et transmettent ainsi leurs caractères héréditaires à leur descendance. Ce groupe se trouve relativement isolé des autres unités similaires de reproduction. Dans certains cas, à cause de la complexité de l'identification des individus du groupe, il peut être admis de restreindre le terme en lui accolant la désignation de l'aire géographique d'étude du groupe.

En d'autre terme, une population est un groupe d'individus de la même espèce occupant un territoire particulier à une période donnée.

5.10. Communauté (Peuplement)

Une communauté correspond à groupe de populations qui interagissent entre elles dans une région donnée, identifiables par des études écologiques. L'ensemble des communautés forme la biocénose. Par extension, on utilisera le terme pour tout groupe de populations qui ont des modes de vie similaires (ex : communauté d'insectes, d'oiseaux).

6. Défis actuels de l'écologie

6.1. Perte de biodiversité

- Plus d'un million d'espèces sont menacées d'extinction.
- Causes : Déforestation, chasse excessive, espèces invasives.
- Solutions : Création de réserves naturelles, sensibilisation environnementale.

6.2. Changement climatique

- L'augmentation des températures perturbe les cycles naturels des écosystèmes.
- La fonte des glaces menace les écosystèmes polaires et les changements dans les précipitations affectent les régions arides.
- Solutions : Réduction des émissions de carbone, promotion des énergies renouvelables.

6.3. Pollution

- La pollution de l'eau détruit les écosystèmes aquatiques.
- La pollution atmosphérique aggrave le réchauffement climatique.
- Solutions : Réduction des plastiques, gestion durable des déchets.

6.4. Surexploitation des ressources naturelles

- Cela entraîne l'épuisement des ressources comme l'eau douce et les forêts.
- Solutions : Gestion durable des ressources et sensibilisation aux modes de consommation.

6.5. Urbanisation croissante

- Elle fragmente les habitats naturels et réduit les espaces vitaux pour la faune.
- Solutions : Urbanisme durable et conservation des espaces naturels.

Chapitre II- Les grandes divisions climatiques du globe terrestre

1. Définition d'un climat

C'est l'ensemble des éléments qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère dans une région déterminée.

Le climat est aussi la distribution statistique des conditions de l'atmosphère terrestre dans une région donnée pendant une période donnée. La détermination du climat est effectuée à l'aide de moyens établis à partir de mesures statiques annuelles et mensuelles sur des données atmosphériques locales.

Les éléments de climat sont la température et l'humidité de l'air dans les couches voisines du sol, les précipitations, l'insolation, le vent et la pression atmosphérique. Le climat d'une région est déterminé à partir de l'étude de ces paramètres météorologiques évalués sur plusieurs dizaines d'années.

Les systèmes climatiques sont causés par l'ensemble des interactions entre l'atmosphère, l'hydrosphère, la lithosphère et la biosphère de la terre, qui sous l'effet du rayonnement solaire, déterminent les climats de la planète.

L'altitude, la proximité, les courants marins, le voisinage d'une montagne ou d'une forêt influence aussi les éléments du climat.

Ces facteurs permettent de distinguer dans les zones climatiques des climats régionaux et même des climats locaux.

2. Zones climatiques

Sont des divisions du globe terrestre réparties en latitudes de l'équateur jusqu'aux pôles et présentant des caractéristiques climatiques communes.

Il existe trois grandes zones climatiques à la surface du globe (Fig. 3) :

2.1. Zone chaude : située entre le tropique du Cancer (23° 26' 12" de latitude Nord) et le tropique de Capricorne (23° 26' 12" de latitude Sud). Dans la zone chaude nous retrouvons le climat équatorial, tropical et désertique.

2.2. Zone tempérée : située entre les tropiques (Cancer et Capricorne) et les cercles polaires (66 ° de latitude Nord et Sud). Dans cette zone on retrouve les climats suivants : méditerranéen, océanique et continental.

2.3. Zone froide : située entre les pôles Nord et Sud et les cercles polaires arctique et antarctique (66 ° degrés de latitude). La zone froide comprend le climat polaire et le climat de montagne.

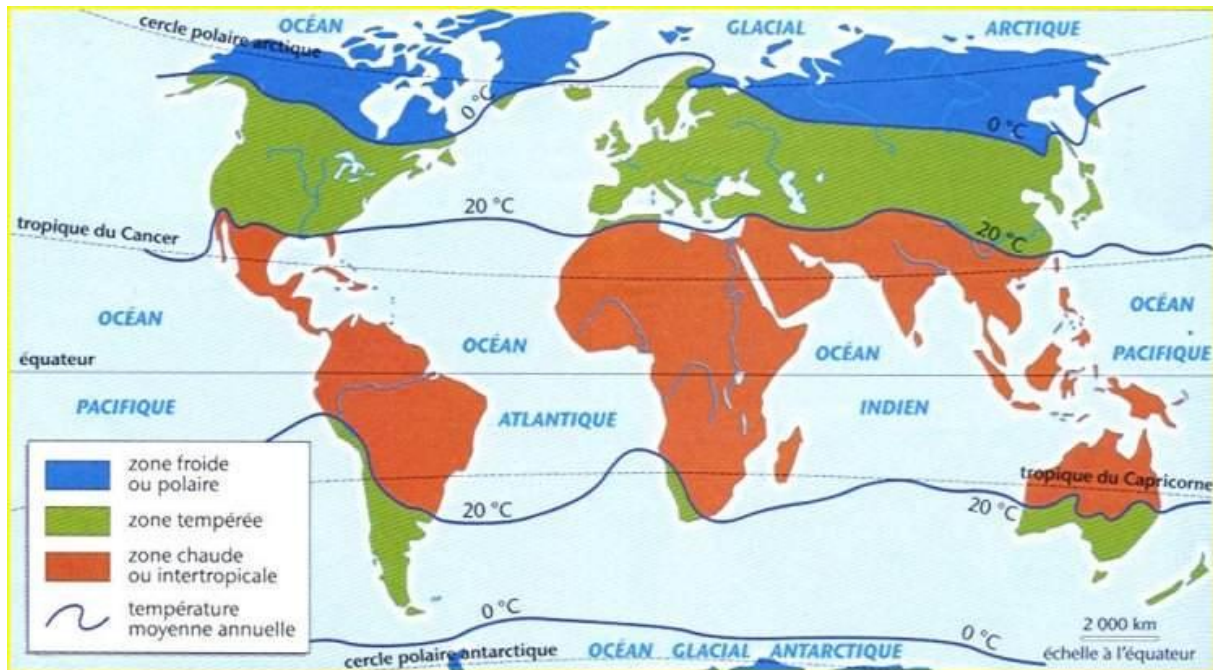


Figure 3- Carte géographique du Monde montrant la répartition des trois zones climatiques à la surface du globe terrestre.

3. Types de climats

Le mouvement de la Terre dans l'espace et la pénétration du rayonnement solaire jusqu'à la surface de la Terre déterminent les modèles climatiques classiques.

La Terre est inclinée à 23,5 °, la longueur du jour et la température varient avec la latitude. Les saisons sont plus marquées au niveau des pôles et quasiment absentes sous les tropiques où le flux solaire total est le plus élevé. Le rayonnement solaire intense à l'équateur provoque une circulation globale de la structure de l'air et se trouve à l'origine des précipitations et du vent. Les modèles d'écoulement d'air sont à la base des prévisions météorologiques et de la définition des régimes climatiques mondiaux.

Il est à signaler que la notion de microclimat est très importante en écologie. Le climat local peut protéger un organisme de conditions environnementales extrêmes tels la lumière du soleil, les fluctuations de température, l'exposition au vent, etc. Le climat consiste en une mosaïque de microclimats : dans les feuilles mortes, sous les pierres, sous le couvert de plantes, à l'intérieur du sol, etc.

Les principaux types de climats pour chaque zone sont comme suit (Fig. 4) :

- Climat polaire → zone froide
- Climat continental } zone tempérée
- Climat méditerranéen } zone tempérée
- Climat océanique } zone tempérée
- Climat équatorial } zone chaude
- Climat désertique } zone chaude
- Climat tropical } zone chaude
- Climat de montagne → zone tempérée et zone froide.

Les modèles climatiques latitudinaux se traduisent par la distribution des biomes terrestres- la température à une forte influence. Beaucoup de ces biomes sont nommés d'après les caractéristiques dominantes de la végétation.

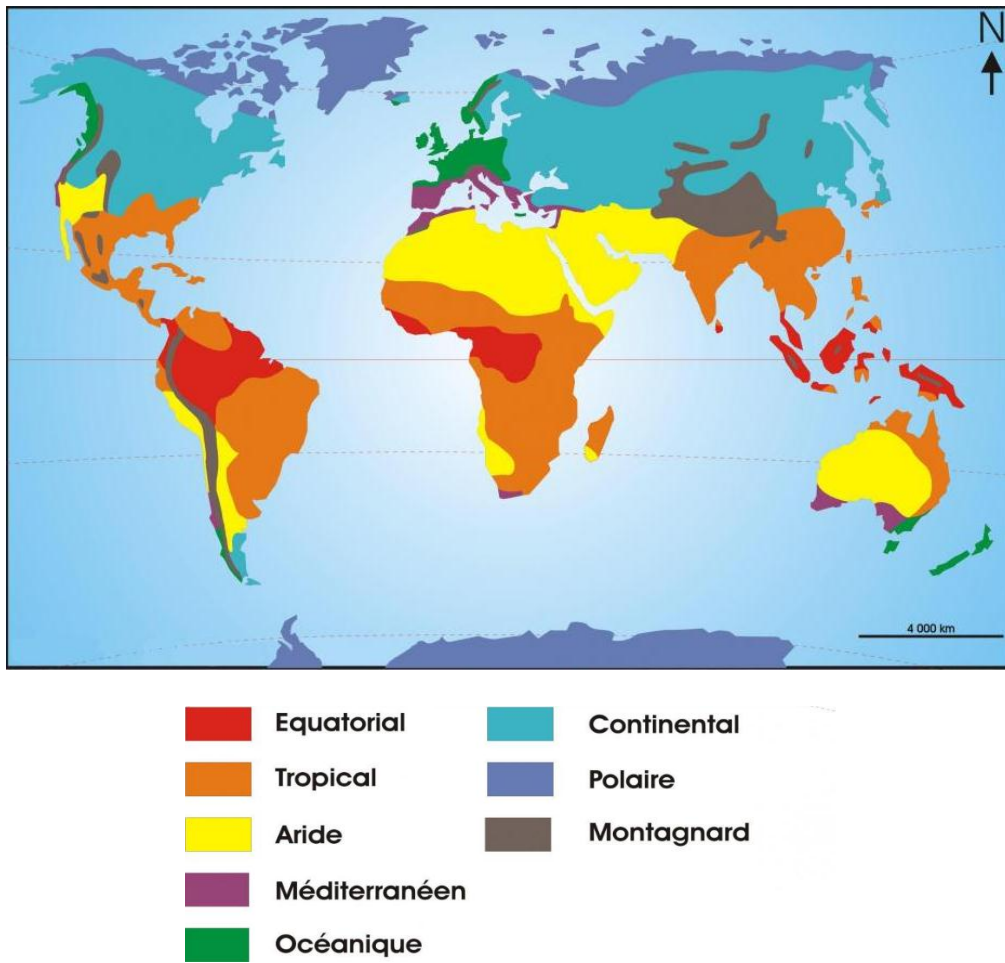


Figure 4- Répartition des climats à l'échelle du globe terrestre.

Chapitre III- Les facteurs écologiques

1. Définition d'un facteur écologique

On appelle facteur écologique tout élément du milieu susceptible d'agir directement sur les êtres vivants au moins pendant une phase de leur développement (cycle de vie).

On distingue deux types de facteurs écologiques biotiques et abiotiques.

2. Facteurs abiotiques

Les facteurs abiotiques consistent en la composante « non vivante » de l'écosystème (température, lumière, nutriments...). Ce sont principalement les facteurs climatiques, les facteurs physicochimiques (hydriques) et les facteurs édaphiques.

2.1. Facteurs climatiques

Ces facteurs sont liés à l'état de l'atmosphère. Ce sont les éléments du climat tels : température, précipitations, hygrométrie (humidité de l'air), luminosité, vent...

Les facteurs climatiques sont fortement corrélés avec la distribution des biomes sur Terre. Le mouvement de la Terre dans l'espace et la pénétration du rayonnement solaire jusqu'à la surface de la Terre déterminent les modèles climatiques classiques.

2.1.1. Température

La température est l'élément du climat le plus important étant donné que tous les processus métaboliques en dépendent (**Dajoz, 1996**). 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.

D'après **Barbault (2000)**, la température a une action majeure sur le fonctionnement et la multiplication des êtres vivants et comme elle varie selon un schéma géographique net, les espèces animales et végétales se distribuent selon des aires de répartition souvent définissables à partir des isothermes.

2.1.2. Vent

Le vent résulte du mouvement de l'atmosphère entre les hautes et basses pressions. Il amplifie l'effet de la température (refroidissement éolien), augmente la perte d'eau par évaporation et la transpiration comme il peut provoquer des dégâts mécaniques.

2.1.3. Insolation (ensoleillement)

La lumière constitue l'énergie indispensable utilisée dans la photosynthèse par les plantes grâce à la chlorophylle. L'intensité lumineuse et l'ombrage sont importants dans les forêts. Dans les habitats aquatiques, l'intensité lumineuse diminue avec la profondeur alors que sa qualité s'altère (spectre).

2.1.4. Photopériode

La photopériode ou (longueur du jour) est un indice saisonnier important.

2.2. Facteurs physicochimiques

Les facteurs physicochimiques, désignés aussi facteurs hydriques, sont liés aux milieux aquatiques et/ou à la solution du sol. Ce sont les sels nutritifs dissous, les gaz dissous et le pH. L'oxygène intervient dans la respiration que ce soit dans les milieux aquatiques ou dans les milieux terrestres.

Les variables physiques et chimiques sont généralement stratifiées dans les milieux aquatiques.

2.3. Facteurs édaphiques

Ces facteurs sont liés au sol. Les principaux facteurs édaphiques sont la texture et la structure du sol, l'humidité du sol, le pH du sol, les éléments minéraux et les gaz dans le sol.

La structure physique des roches et du sol, la composition en minéraux et le pH sont essentiels dans la distribution des plantes et des herbivores.

2.3.1. 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.

2.3.2. Texture du sol

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

Conventionnellement les particules du sol sont classées comme suit :

- Graviers >2 mm
- Sables grossiers de 2 mm à 0,2 mm
- Sables fins de 0,2 mm à 20 μm
- Limons de 20 μm à 2 μm
- Argiles < 2 μm

2.3.3. 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, massive et fragmentaire.

2.3.4. 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, de l'humification de la matière organique (synthèse d'acide humique) et de l'activité biologique. Le pH dépend également de la nature de la couverture végétale et des conditions climatiques (température et pluviosité).

Les pH basiques (supérieurs à 7,5) caractérisent les sols qui se développent sur une roche mère calcaire. On les rencontre généralement dans les climats secs ou saisonnièrement secs et sous une végétation présentant des feuilles à décomposition rapide.

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

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

2.3.5. Composition chimique du sol

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.

3. Facteurs biotiques

Les facteurs biotiques sont l'ensemble des actions que les organismes vivants exercent directement les uns sur les autres. Ces interactions, appelées coactions sont de deux types. Ils peuvent s'exercer sur la même espèce (coactions homotypiques ou intraspécifiques) ou sur des espèces différentes (coactions hétérotypiques ou interspécifiques) :

➤ **Coactions homotypiques ou relations intraspécifiques**

Ce sont les relations entre individus de la même espèce. Elles sont très variées, exemple : effet de groupe et effet de masse et compétition intraspécifique.

➤ **Coactions hétérotypiques ou relations interspécifiques**

Ce sont les relations entre individus de différentes espèces. Théoriquement, la cohabitation de deux espèces peut avoir sur chacune d'elles une influence : nulle, favorable ou défavorable. On distingue huit types de combinaisons (relations) possibles : neutralisme, prédation, compétition, parasitisme, commensalisme, amensalisme, coopération (mutualisme) et symbiose.

3.1. Les relations intraspécifiques

3.1.1. Effet de groupe

On parle d'effet de groupe lorsque des modifications ont lieu chez des animaux de la même espèce, quand ils sont groupés par deux ou plus de deux.

L'effet de groupe se manifeste chez de nombreuses espèces qui ne peuvent se reproduire normalement et survivre que lorsqu'elles sont représentées par un nombre suffisant d'individus au sein d'un même groupe.

L'effet de groupe correspond à tout phénomène, au sein d'une population, qui est directement rattaché au nombre d'individus qui la composent. C'est l'interaction liée au rapprochement des individus et qui entre dans le cadre de la coopération. Il s'agit d'un effet positif. Il en résulte souvent des communautés caractérisées par des alliances (communautés migratoires, communautés de chasse (lion), communautés de reproduction (oiseaux marins). La taille des communautés offre une protection face aux ennemies, évite de trop perdre de chaleur, augmente le succès à la chasse ou lors de la reproduction.

L'effet de groupe est connu chez de nombreuses espèces d'insectes ou de vertébrés, qui ne peuvent se reproduire normalement et survivre que lorsqu'elles sont représentées par des populations assez nombreuses.

Il correspond à des phénomènes considérés comme favorables à l'ensemble de la population.

Exemples :

- On estime qu'un troupeau d'éléphants d'Afrique doit renfermer au moins 25 individus pour pouvoir survivre : la lutte contre les ennemis et la recherche de la nourriture sont facilitées par la vie en commun.
- Les mâles des grenouilles néotropiques se réunissent pour chanter diminuent ainsi la prédation par les chauves-souris et le nombre de femelles attirés augmente.

3.1.2. 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. Chez certains organismes, le surpeuplement entraîne des phénomènes appelés phénomènes d'auto-élimination.

Exemples :

- Milieu surpeuplé par la végétation d'une même espèce.
- Le cas des Goélands argentés. Dans certaines colonies à forte densité d'individus (Pays-Bas), il se produit des phénomènes de cannibalisme à l'égard des nichées.

3.1.3. Compétition intraspécifique

Le terme compétition désigne une situation dans laquelle une ressource n'est pas disponible en quantité suffisante soit pour chaque individu d'une population de la même espèce (il s'agit alors d'une compétition intraspécifique) soit pour deux populations d'espèces différentes (compétition interspécifique).

L'utilisation de la ressource par un individu ou une espèce réduit sa disponibilité pour l'autre individu ou l'autre espèce, lesquels vont être affectés dans leur croissance ou leur survie par la raréfaction de cette ressource. Par exemple, la concurrence pour la nourriture entre les individus d'une population d'écureuils est particulièrement rude durant les années pauvres en glands.

3.2. Relations interspécifiques

La cohabitation de deux espèces peut avoir sur chacune d'entre elles une influence nulle, favorable ou défavorable. Les divers types d'interactions que l'on peut rencontrer dans la nature sont les suivantes :

3.2.1. Neutralisme

On parle de neutralisme lorsque les deux espèces sont indépendantes : elles cohabitent sans avoir aucune influence l'une sur l'autre.

Le neutralisme est l'absence d'interaction concurrentielle ou mutualiste entre deux espèces, ni le bénéfice, ni le détriment d'une espèce sur l'autre.

Exemple :

La relation entre les fourmis et l'éléphant. Elles cohabitent sans avoir aucune influence l'une sur l'autre.

3.2.2. Prédation

La prédation est la relation strictement alimentaire au cours de laquelle une espèce, le prédateur, tue sa proie et s'en nourrit.

En d'autre terme, la prédation est une interaction trophique directe, de nature antagoniste, entre deux organismes, par laquelle une espèce dénommée prédateur, consomme entièrement ou partiellement une à plusieurs espèces dénommée proies, généralement en les tuant, pour s'en nourrir ou pour alimenter sa progéniture. Les prédateurs réduisent ainsi le nombre d'individus de la population de leurs proies.

Exemple :

Le lion se nourrit des gazelles. Le lion est un prédateur des gazelles et celles-ci (les gazelles) sont ses proies.

3.2.3. Compétition

La compétition interspécifique est une interaction concurrentielle pour une ressource insuffisante entre deux espèces occupant souvent une même niche écologique. (Voir plus d'explications ci-haut et ci-après « niche écologique »).

3.2.4. Parasitisme

Le parasitisme est la relation où une espèce, le parasite, vit aux dépens d'une autre, l'hôte. L'avantage - nourriture et habitat - que le parasite trouve dans la relation se fait au détriment de l'hôte.

Le parasite est un organisme qui ne mène pas une vie libre : il est au moins, à un stade de son développement, lié à la surface (ectoparasite) ou à l'intérieur (endoparasite) de son hôte. La relation entre un parasite et son hôte est spécifique.

En général, les parasites sont spécifiques de leur hôte, pour lequel ils ont développé des adaptations spéciales. On distingue les ectoparasites, qui vivent constamment ou occasionnellement à la surface de l'hôte, des endoparasites, qui vivent à l'intérieur du tube digestif ou des tissus de l'hôte.

Par exemple, les poux et les tiques sont des ectoparasites qui se nourrissent des protéines de la peau et du sang de leur hôte, respectivement. Des pattes en forme de pinces, un corps aplati, l'absence d'ailes et des pièces buccales spécialisées leur autorisent ce mode de vie.

On observe souvent une régression de certains organes chez les endoparasites. Chez les vers solitaires, par exemple, le tube digestif est absent. Ils absorbent les substances nutritives dissoutes dans l'intestin de leur hôte par voie cutanée.

Alors que le parasitisme est largement répandu dans le règne animal, il est plutôt rare chez les plantes. La cuscute est un parasite sans chlorophylle qui obtient les nutriments nécessaires à partir des tissus conducteurs de la plante hôte.

3.2.5. Commensalisme

Interaction entre une espèce, dite commensale, qui en tire profit de l'association et une espèce hôte qui n'en tire ni avantage ni nuisance. Les deux espèces exercent l'une sur l'autre des coactions de tolérance réciproque.

Le commensalisme est une relation entre deux espèces dont une seule tire profit (le commensal) sans pour autant nuire à l'autre. C'est-à-dire que l'autre espèce (l'hôte) ne subit toutefois aucun dommage et n'en retire aucun avantage.

Exemple :

- Les animaux qui s'installent et qui sont tolérés dans les gîtes des autres espèces.
- Les moineaux qui nichent au-dessous des nids des cigognes blanches.

3.2.6. Amensalisme

L'amensalisme est une action inhibitrice exercée par une plante ou un champignon, au moyen de sécrétions toxiques libérées dans le sol (par les racines chez la plante ou les hyphes du mycélium d'un champignon). Cette action assure l'exclusivité du territoire à l'organisme vivant.

Le noyer, le chêne, l'eucalyptus et plusieurs autres espèces produisent des substances qui inhibent le développement des espèces concurrentes. Ainsi, le chêne produit dans ses feuilles et dans ses fruits un composé chimique qui parvient dans le sol à la chute des feuilles, et bloque la croissance de plusieurs autres espèces végétales. Les microorganismes – certaines bactéries et moisissures – libèrent dans leur environnement des substances qui bloquent la croissance de leurs concurrents. Ces substances sont des antibiotiques, dont certains sont utilisés en médecine.

3.2.7. Mutualisme (Coopération)

On appelle mutualisme une relation où les deux espèces bénéficient d'un avantage réciproque. Alors que la coopération (mutualisme) est une relation d'association facultative bénéfique entre deux espèces (Fig. 5).

La pollinisation des plantes par les abeilles est un autre exemple de mutualisme. De nombreuses plantes à fleurs attirent les insectes grâce aux couleurs, aux odeurs ou au nectar qu'elles produisent afin d'assurer la pollinisation, en vue de la reproduction. Les insectes utilisent le nectar sucré et le pollen riche en protéines et en acides gras comme source de nourriture. Beaucoup de plantes ont, au cours de l'évolution, développé des formes de fleur spéciales pour que le nectar ne puisse être atteint que par certains insectes. Ainsi, les pollinisateurs ciblent les fleurs de la même espèce végétale, augmentant les probabilités de fécondation.

Exemples :

Un autre exemple, les graines des arbres doivent être dispersées au loin pour survivre et germer. Cette dispersion est l'œuvre d'oiseaux, de singes...qui en tirent profit de l'arbre (alimentation, abri...).



Figure 5- Les oiseaux s'alimentant des ectoparasites de la girafe est une coopération.

3.2.8. Symbiose

L'association obligatoire et indispensable entre deux espèces est une forme de mutualisme à laquelle on réserve le nom de symbiose. Dans cette association, chaque espèce ne peut survivre, croître et se développer qu'en présence de l'autre.

Exemples :

Un des cas les plus connus est celui des lichens où une algue (le plus souvent une Chlorophycée) est associée avec un champignon (un Ascomycète chez la quasi-totalité des lichens européens). Selon la théorie de la symbiose mutualiste, l'algue fournirait au champignon les glucides élaborés par la photosynthèse, en échange, le champignon assurerait l'hébergement de l'algue, la protégerait contre la dessiccation et lui procurerait l'eau et les sels minéraux qu'il puise dans le substrat.

L'association algue et champignon dans le lichen présente des capacités que les partenaires isolés n'auraient pas. Grâce à cela, les lichens colonisent des sites extrêmement défavorables. Sur un rocher nu, le substrat organique manquerait au champignon et le danger de sécheresse au soleil ou de lessivage par la pluie serait bien trop élevé pour l'algue (Fig. 6).



Figure 6- Les lichens (sur le tronc d'arbre) correspondent à la symbiose entre un champignon set une algue ou une cyanobactérie.

Outre les lichens, les micro-organismes se trouvant à l'intérieur du système digestif d'animaux sont un autre exemple de symbiose, comme ceux qui permettent la digestion de la cellulose chez les ruminants.

Les fabacées (légumineuses) comme le lupin, le trèfle, le soya ou les pois sont capables, grâce à leur symbiose avec des bactéries fixatrices d'azote, de coloniser des sols pauvres en azote. En début de croissance, des bactéries du sol du genre *Rhizobium* infectent les racines des fabacées ; en réponse, ces dernières forment des nodosités dans lesquels les bactéries peuvent se multiplier. Les bactéries sont capables de fixer l'azote de l'air (N_2) et de le rendre disponible pour la plante sous forme ammoniacale (NH_4^+). En contrepartie, elles obtiennent des produits de la photosynthèse.

Ces deux dernières relations (coopération : association bénéfique facultative ; symbiose : association bénéfique obligatoire) sont associés sous le nom de mutualisme.

Chapitre IV- Influence des facteurs écologiques sur les êtres vivants

Les êtres vivants recherchent toujours les milieux qui leur offrent des conditions optimales. C'est dans ces environnements qu'ils auront le plus de chance de satisfaire leurs besoins thermodynamiques, mais aussi de mieux protéger leur intégrité structurale quand elle est menacée par des facteurs biotiques défavorables.

Les facteurs écologiques (abiotiques et biotiques) peuvent avoir une action directe sur les êtres vivants. On divise l'action des facteurs écologiques sur les êtres vivants en trois grands types d'actions :

- **Action sur la répartition** (élimination de certaines espèces) ;
- **Action sur la densité** (modification des taux de fécondité et de mortalité) ;
- **Favorisant des adaptations** (modification du comportement, du métabolisme...).

1. Influence des facteurs abiotiques

1.1. Notion de facteur limitant

Au début, cette loi a été définie par rapport aux espèces végétales. **Liebig (1840)** souligne que la croissance des végétaux est limitée par l'élément dont la concentration est inférieure à une valeur minimum sous laquelle les synthèses ne peuvent plus se faire. Par exemple, le bore est un élément rare, à l'état de trace dans le sol. Mais s'il vient à manquer totalement, la croissance des plantes s'arrête, même si les autres éléments nutritifs sont présents en abondance.

Ce sont donc les éléments déficitaires et rares qui vont conditionner la croissance. Par conséquent, le rendement de la biomasse ne dépend qu'en partie de cet élément décrit comme *facteur limitant*.

Cette loi peut être étendue à l'ensemble des facteurs écologiques et à l'ensemble des organismes.

La loi du minimum de **Liebig (1840)** est à l'origine de la notion de facteur limitant. Le facteur limitant est le facteur qui va conditionner la vitesse ou l'amplitude d'un phénomène plurifactoriel à un moment précis. A ce moment-là, tous les autres facteurs permettant la réalisation de ce phénomène sont en excès par rapport au facteur limitant.

Tout facteur écologique agit selon la loi de **Liebig (1840)** qui est la loi du minimum ou du facteur limitant.

Pour qu'un organisme puisse se développer dans un biotope, il exige des conditions particulières de température, éclairement, sol, etc. Parmi l'ensemble des facteurs écologiques, celui qui sera le plus proche du minimum critique se conduira alors comme facteur limitant.

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

➤ **Loi de facteur limitant (loi du minimum)**

Un facteur écologique est limitant lorsqu'il est absent ou réduit au-dessous d'un minimum critique, ou encore s'il excède un niveau maximum tolérable. La notion de facteur limitant s'applique donc non seulement aux divers éléments indispensables aux organismes vivants, comme dans la loi de Liebig, mais aussi à tous les facteurs écologiques et cela aussi bien pour leur limite inférieure que supérieure.

La manifestation de tout processus écologique est conditionnée dans sa rapidité et son ampleur par celui du facteur qui est le plus faiblement représenté dans le milieu.

Cette loi du minimum n'est qu'une restriction d'un concept plus général : *la loi de tolérance*.

1.2. Loi de tolérance

Pour tout facteur de l'environnement existe un domaine de valeurs ou gradient (nommé intervalle de tolérance) dans lequel tout processus écologique sous la dépendance de ce facteur pourra s'effectuer normalement. C'est donc seulement à l'intérieur de cet intervalle que la vie est possible pour une espèce donnée (Fig. 7).

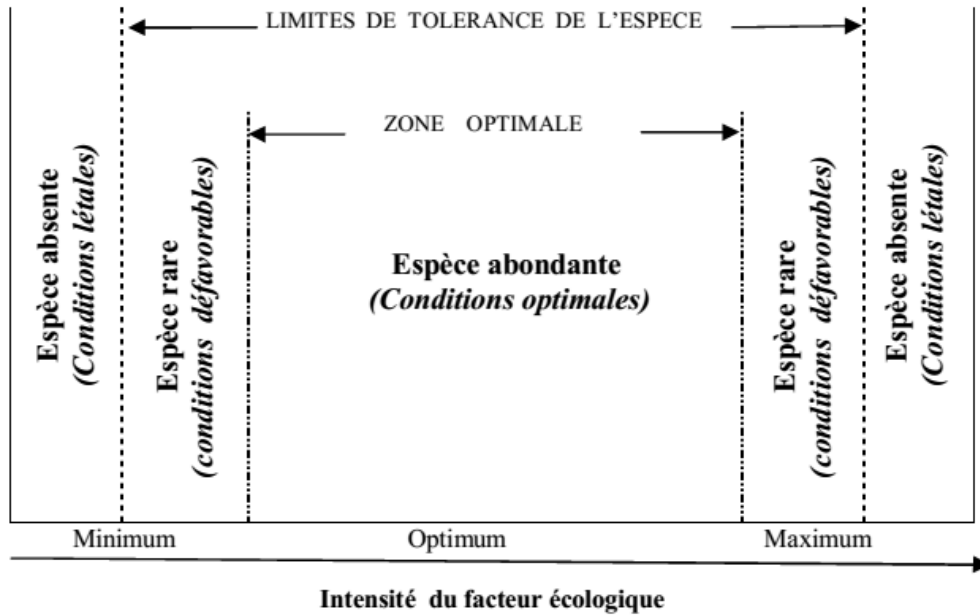


Figure 7- Limites de tolérance d'une espèce en fonction de l'intensité du facteur écologique étudié (l'abondance de l'espèce est maximale au voisinage de l'optimum écologique).

Ainsi chaque être vivant présente vis-à-vis des facteurs écologiques qui constituent son environnement des limites de tolérance entre lesquelles se trouve son optimum écologique (optimum de **Shelford**).

Cette loi permet en fonction d'un facteur du milieu de déterminer plusieurs zones pour la survie de la population (Fig. 8).

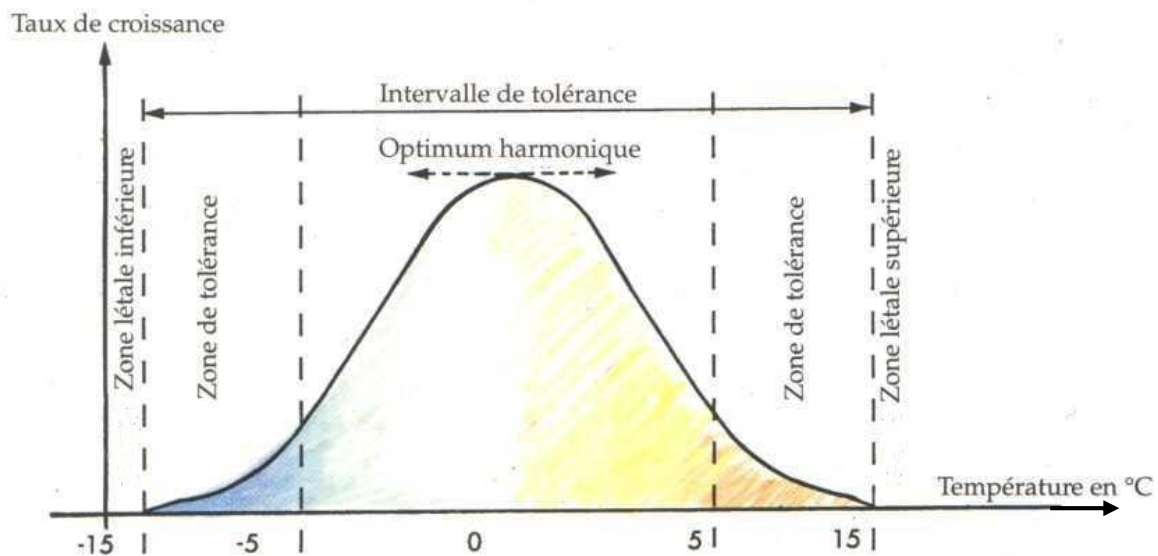


Figure 8- Loi de tolérance (Shelford, 1911).

- **Zone optimale** : zone où la population est dans des conditions favorables.
- **Zone de tolérance** : zone où la population se maintient bien que le facteur abiotique devient défavorable.
- **Zone létale** : zone où la population ne peut plus survivre.

La courbe de tolérance représente les exigences d'une espèce par rapport à un facteur environnemental déterminé. La zone optimale et la zone de tolérance forment l'intervalle de tolérance. Pour chaque espèce, on peut donc tracer une courbe de tolérance en fonction d'un facteur abiotique.

1.3. Valence écologique

La valence écologique est la possibilité pour une espèce de peupler des milieux différents. La valence écologique d'une espèce représente sa capacité à supporter des variations plus ou moins grandes d'un facteur écologique. Elle représente la capacité à coloniser ou à peupler un biotope donné.

Une série de termes relatifs à la tolérance des espèces est devenue d'usage en écologie. Ces termes utilisent le préfixe grec "steno" pour désigner une faible amplitude de tolérance et le préfixe grec "eury" pour désigner une large amplitude de tolérance.

- Les espèces sténoères (sténoèce ou sténœciques) ont une faible valence écologique. Elles sont étroitement limitées dans des biotopes spécifiques et seront très sensibles aux fluctuations des facteurs écologiques (Fig. 9).

- Au contraire, les espèces euryères (euryèce ou euryœciques) ont une forte valence écologique. Elles seront capable de peupler des milieux très différents ou à caractéristiques écologiques variables. Elles seront largement réparties dans des écosystèmes différents (Fig. 9).

- Une espèce à valence écologique moyenne, est dite mesoèce.

Par exemple pour la température, on parle d'espèce eurytherme, c'est-à-dire espèce présentant un intervalle de tolérance élevé aux variations de température (exemple : une espèce d'insecte qui reste active entre -12 °C et 32 °C) et d'une espèce sténotherme, celle présentant un intervalle de tolérance faible aux variations de température

(exemple : une espèce de poisson de l'océan glacial arctique qui vit entre $-2,5\text{ °C}$ et 2 °C).

Un autre exemple pour l'oxygène dans les milieux aquatiques, l'espèce euryoxybionte est une espèce aquatique possédant un grand intervalle de tolérance relatif à la concentration en oxygène dissous. Par contre une espèce sténooxybionte est une espèce possédant un faible intervalle de tolérance relatif à la concentration en oxygène dissous.

Cette notion de valence écologique peut s'appliquer à un peuplement tout entier.

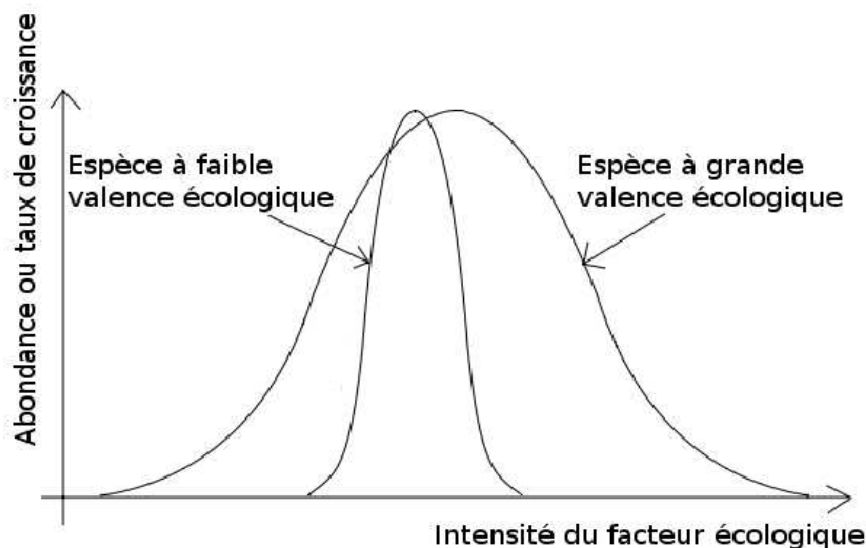


Figure 9- Courbes de tolérance de deux espèces à valences écologiques différentes (une espèce euryèce : à grande valence écologique ; une espèce sténoèce : à faible valence écologique).

Les espèces présentant de larges amplitudes de tolérance pour divers facteurs sont celles ayant une large distribution. Ce sont des espèces cosmopolites et qui croissent dans différents milieux.

1.4. Adaptation aux facteurs de l'environnement

La variabilité de l'environnement implique l'aptitude pour chaque organisme à s'adapter à un gradient pour n'importe quel facteur écologique.

Les populations ne subissent pas de façon passive l'influence des facteurs de l'environnement. Elles présentent des degrés variés de plasticité écologique leur

permettent de s'adapter aux fluctuations temporelles et/ou spatiales des facteurs limitants dans les milieux auxquels ils sont inféodés. La variabilité des facteurs écologiques implique l'aptitude pour chaque organisme de s'adapter.

Les espèces peuvent répondre à trois niveaux différents d'adaptations aux facteurs écologiques. A chaque fois le degré d'adaptation de l'espèce à son milieu sera plus poussé :

1.4.1. Acclimatation

L'adaptation physiologique nommée aussi acclimatation constitue la première expression de la plasticité écologique des espèces. Pour illustrer cette notion prenons un exemple : chez les poissons, toute modification de la température de l'eau sur plusieurs mois induit un phénomène d'acclimatation. Celui-ci se traduit par un déplacement de l'ensemble de l'intervalle de tolérance vers le haut ou vers le bas suivant que l'on réchauffe ou que l'on refroidit l'eau. La modification de température de l'eau pour acclimater les poissons doit être lente pour que les processus physiologiques puissent se mettre en place : échelle de la saison par exemple.

L'acclimatation est une réponse adaptée aux variations saisonnières des milieux. Ce sont des variations relativement lentes qui laissent le temps aux organismes de modifier leur physiologie. Les réactions des animaux face aux variations saisonnières du milieu peuvent être de type physiologique (cas des poissons ci-dessous), comportementaux (truites qui descendent au fond des lacs l'été) ou morphologiques (changement de la couleur du pelage du renard en fonction de la couleur du milieu selon la saison). Toutes ces réactions ne sont que des acclimatations car elles sont réversibles au niveau de l'animal.

1.4.2. Accommodation

L'accommodation correspond à une modification phénotypique (gènes exprimés) résultant de l'action des facteurs écologiques sur les organismes. Elle est généralement peu réversible au niveau de l'individu.

Les espèces végétales fournissent de bons exemples d'accommodats relatifs au port et à l'anatomie foliaire. Prenons l'exemple d'une espèce de plante aquatique, la

sagittaire *Sagittaria sagittifolia* : peut présenter trois morphologies différentes en fonction de son milieu de vie, si elle pousse totalement immergée, ou dans un milieu émergé mais humide ou dans un milieu peu profond (elle a un port intermédiaire). Un même lot de graines est capable de donner les trois formes en fonction du milieu dans lequel se développera la plante (Fig. 10).

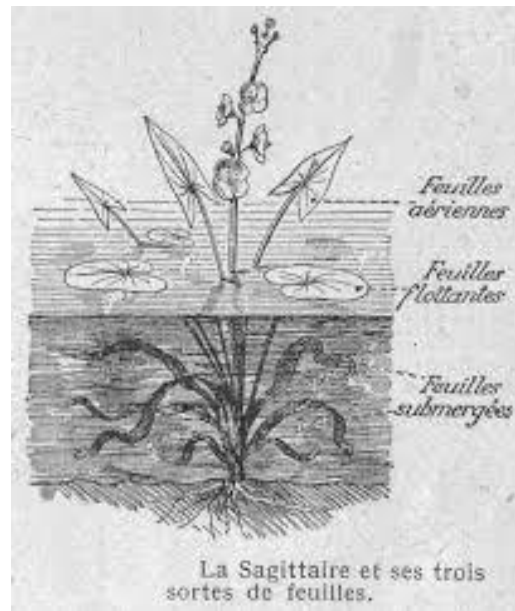


Figure 10- Les trois formes des feuilles de la Sagittaire *Sagittaria sagittifolia*.

1.4.3. Apparition d'écotypes

Les écotypes représentent la forme d'adaptation la plus parfaite des populations d'une espèce donnée aux conditions écologiques locales. A la différence des accommodats les écotypes constituent une expression héréditaire de la plasticité écologique des espèces.

Dans les écotypes, l'adaptation est inscrite dans les gènes de l'individu et ne peut plus faire l'objet de modification à court terme.

1.5. Exemples de l'action de quelques facteurs

1.5.1. La photopériode et les végétaux

La photopériode joue un rôle essentiel dans la nature car elle contrôle la germination des végétaux, leur croissance et leur floraison. La floraison représente un des aspects les

plus spectaculaires du photopériodisme. Si on considère l'influence de la photopériode sur les végétaux on peut distinguer :

- **Les plantes des jours courts** : ce sont des végétaux dont la floraison nécessite que la scotophase (phase obscure) soit prédominante (ex : canne à sucre).
- **Les plantes aux jours longs** : ce sont des plantes qui exigent une photophase prédominante. Ex : céréales du printemps, betterave (un éclaircissement insuffisant inhibe la floraison de ces plantes).
- **Les plantes photoapériodiques** : pour ces plantes la floraison n'est pas influencée par la photopériode.

1.5.2. Action des températures extrêmes

- **Adaptation des êtres vivants aux variations des températures**

Toutes les réactions du métabolisme des êtres vivants sont catalysées par des enzymes et se déroulent en milieu aqueux. Une hausse de la température entraîne une augmentation de leur vitesse de réaction. Mais les enzymes de la majorité des êtres vivants se dénaturent à des températures supérieures à 45°C. L'eau douce gèle en dessous de 0°C et n'est donc plus disponible en tant que solvant ou moyen de transport dans les cellules. En conséquence, la plupart des ectothermes en milieu continental ou lacustre ne peuvent pas être actifs en dessous de 0°C, ni au-delà de 45°C.

Grâce à leur mobilité, les animaux peuvent chercher ou éviter des lieux trop chauds ou trop froids. Les oiseaux et les mammifères régulent leur température corporelle grâce à la chaleur produite par leur métabolisme. Les animaux dont la température corporelle est constante ont été appelés animaux à sang chaud ou homéothermes.

Les animaux dont la température corporelle varie en fonction de la température de l'environnement ont été appelés animaux à sang froid ou poïkilotherme (figure 11).

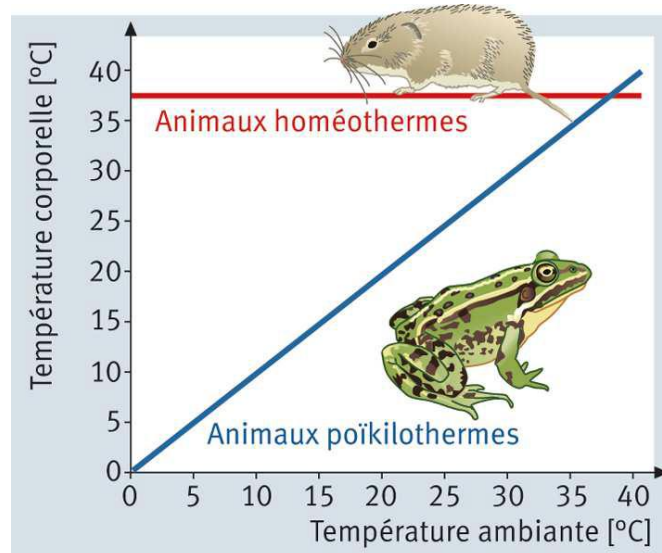


Figure 11- Courbes de variation de la température corporelle en fonction de la température ambiante chez les animaux homéothermes et poïkilothermes.

Chez les végétaux, la capacité de résister à des froids extrêmes dépend de la résistance au gel. Au cours de l'année, certaines plantes accumulent dans leurs cellules des substances qui abaissent le point de congélation de l'eau, comme des acides aminés, des sucres ou du glycérol. Ces substances agissent donc comme antigels. Les conifères comme les pins ou les épicéas sont des arbres à feuilles persistantes ; leurs aiguilles contiennent ce type de substances protectrices contre le gel. Les feuillus, au contraire, n'investissent pas d'énergie pour la synthèse et l'accumulation de telles substances. Ils perdent leurs feuilles en automne et empêchent ainsi leur gel.

Chez les animaux, la température agit sur le métabolisme et l'activité vitale (exemple : la quantité des aliments consommés). Les animaux présentent des adaptations aux températures extrêmes.

- **Règle d'Allen**

Chez les mammifères des régions froides, on observe une réduction importante des appendices (oreilles, cou, pattes, queue) au fur et mesure qu'on approche des pôles. Ce constat appelé règle d'Allen traduit une forme d'adaptation des espèces animales au froid.

En zoologie, à l'intérieur du genre *Vulpes*, c'est-à-dire les renards au sens strict, on note une diminution de la taille des oreilles allant de pair avec la diminution des

températures entre les régions chaudes (de basse latitude) et les régions froides (de haute latitude) de l'hémisphère nord.

Le renard des sables du Sahara ou fennec (*Vulpes zerda*), qui vit en zone intertropicale, a des oreilles plus longues que celles du renard roux (*Vulpes vulpes*), qui vit en climat tempéré, et celles de ce dernier sont plus longues que celles du renard polaire (*Vulpes lagopus*) qui vit dans les régions circumpolaires (Fig. 12).

La réduction de ces appendices limite la perte de chaleur en climat froid et leur taille importante en climat chaud permet au contraire une régulation thermique accrue en augmentant la surface de contact avec l'extérieur.



Vulpes zerda

Vulpes vulpes

Alopex lagopus

Figure 12- La taille des oreilles des renards diminue fortement des déserts tropicaux aux régions polaires.

- **Règle de Bergmann**

Le zoologiste **Carl Bergmann** a noté chez différents homéothermes que les individus d'une même espèce ou d'une même famille sont plus grands dans les régions froides que dans les régions chaudes.

D'après cette loi, on observe au sein d'un ensemble des vertébrés homéothermes appartenant à un groupe systématique proche, un accroissement de la taille et de la masse corporelle des espèces en fonction de la latitude. D'après cette loi les espèces les plus petites se trouvent près des tropiques et les plus grandes à proximité des zones polaires. Cette observation appelée règle de **Bergmann** traduit aussi une forme d'adaptation des espèces au froid.

La règle de **Bergmann** s'explique par le fait que le rapport surface/volume est plus petit chez les grands animaux que chez les petits animaux, ce qui est avantageux pour l'équilibre thermique (Fig. 13).

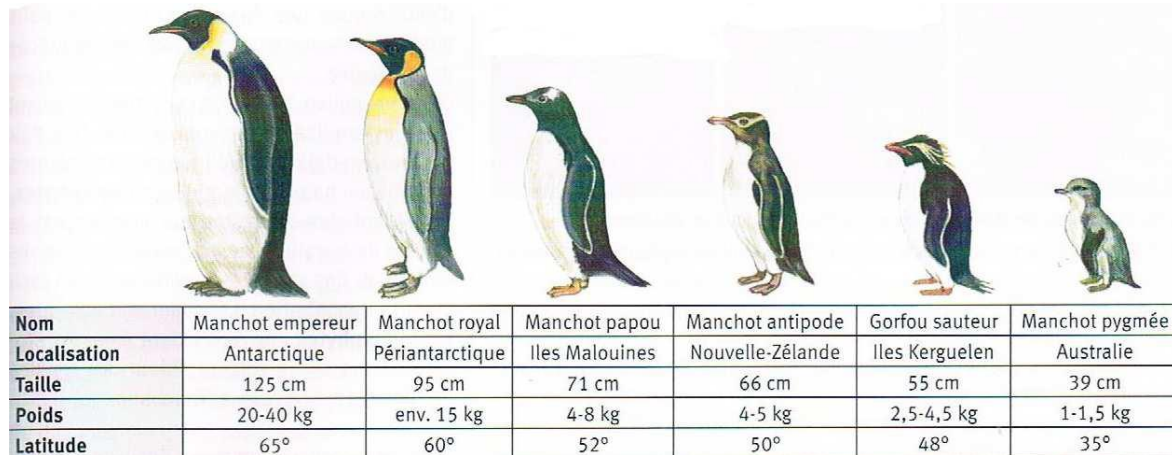


Figure 13- Variation de la taille et masse corporelle des manchots en fonction de la latitude.

1.5.3. Modification de la fourrure

Chez les mammifères des régions froides, la fourrure est plus épaisse qu'en climats chauds.

1.5.4. Développement d'une couche épaisse de la graisse

Les animaux qui vivent dans les milieux froids ont tendance de développer une grande couche de graisse autour du corps.

1.5.5. Adaptations éthologiques

Pour éviter les températures extrêmes certains animaux prennent l'habitude de se cacher sous l'ombre ou dans des terriers pendant les heures chaudes.

1.5.6. Hibernation et hibernation

Le maintien de la température corporelle à une valeur constante nécessite un important investissement énergétique. C'est pourquoi en hiver, lorsque la température baisse et l'offre de nourriture diminue, plusieurs endothermes, comme la marmotte ou le hérisson, entrent en hibernation. Leur température corporelle baisse et leur

métabolisme est fortement ralenti, en conséquence de quoi ils utilisent beaucoup moins d'énergie.

D'autres mammifères comme l'ours ou certains écureuils tombent en hibernation, état de somnolence duquel ils peuvent sortir pour manger ou uriner. Leur métabolisme ralentit légèrement et leur température corporelle ne baisse que de quelques degrés. Les ectothermes entrent en léthargie lorsque la température baisse suffisamment. Certains, comme les coccinelles, survivent aux périodes de gel grâce à la synthèse de glycérol qui abaisse le point de congélation de fluides corporels.

1.5.7. Adaptations physiologiques

Les animaux luttent souvent contre les hautes températures par la réduction du métabolisme et l'augmentation de la transpiration cutanée.

Les animaux pratiquent l'hibernation pendant l'hiver pour éviter la perte de chaleur et l'estivation pendant l'été pour éviter les hautes températures.

2. Influence des facteurs biotiques

Les êtres vivants exercent diverses influences sur le milieu où ils vivent. Ces influences peuvent être de nature physico-chimique, on peut citer :

- ✓ les influences mécaniques exercées par les racines des végétaux, par les animaux fouisseurs ;
- ✓ les influences climatiques liées au rejet de gaz du métabolisme par de nombreux animaux ou de nombreux microorganismes (dioxyde de carbone, méthane, etc.) ou au rejet d'oxygène par les végétaux photosynthétiques ;
- ✓ les influences diverses des êtres vivants modifiant la composition chimique du milieu où ils vivent (urines, fèces, déchets divers, toxines, etc.).

Chapitre V- Les différents types de chaînes trophiques

1. Les relations trophiques (Niveaux trophiques)

Les relations trophiques font référence aux relations alimentaires entre les êtres vivants d'un même écosystème. Le terme trophique se rapporte à tout ce qui est relatif à la nutrition d'un tissu vivant ou d'un organe. Par exemple, une relation trophique est le lien qui unit le prédateur et sa proie dans un écosystème.

Dans tout écosystème, on distingue trois niveaux trophiques, aussi appelés niveaux alimentaires : les producteurs, les consommateurs et les décomposeurs.

1.1. Le niveau trophique des producteurs

Ce niveau est représenté par les végétaux, les algues et le phytoplancton. Ils sont le premier maillon de la majorité des chaînes alimentaires qui existent sur la planète. Ils captent la lumière du soleil et, grâce à la photosynthèse, utilisent cette énergie solaire afin de transformer la matière inorganique (eau, sels minéraux et dioxyde de carbone) en matière organique (glucose).

Tous les producteurs sont capables de fabriquer eux-mêmes la nourriture dont ils ont besoin pour vivre. Pour cette raison, on les qualifie d'autotrophes (du grec auto qui signifie seul et trophos, nutrition). Les autres niveaux trophiques sont plutôt qualifiés d'hétérotrophes puisqu'ils ne peuvent pas fabriquer eux-mêmes leur nourriture ; ils se nourrissent de matière organique déjà existante.

1.2. Le niveau trophique des consommateurs

Ce niveau est représenté par tous les organismes vivants qui se nourrissent d'autres organismes vivants pour survivre. 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.

On distingue plusieurs niveaux de consommateurs en fonction de leur régime alimentaire qui peuvent aller jusqu'à trois ou quatre dans certains écosystèmes.

- **Consommateurs primaires** : consommateurs de premier ordre, organismes qui se nourrissent de végétaux (herbivores), donc des producteurs.

Le lièvre est un exemple de consommateur primaire.

- **Consommateurs secondaires** : consommateurs de deuxième ordre, ce sont les animaux qui se nourrissent d'animaux herbivores. On les appelle aussi carnivores de premier ordre.

Le lynx, dont l'une de ses proies est le lièvre, est un exemple de consommateur secondaire.

- **Consommateurs tertiaires** : consommateurs de troisième ordre, ce sont les animaux qui se nourrissent d'animaux carnivores. On les appelle aussi carnivores de deuxième ordre.

Le loup, dont l'une de ses proies est le lynx, est un exemple de consommateur tertiaire.

Certains consommateurs se nourrissent à la fois de végétaux et d'animaux. Ce sont des animaux omnivores. Ceux-ci interagissent avec plusieurs niveaux trophiques à la fois.

Un ours peut, selon les circonstances, se nourrir de baies, de racines, d'insectes, de poissons et de petits mammifères. C'est un omnivore, il interagit donc avec des producteurs, des consommateurs primaires et des consommateurs secondaires.

1.3. Le niveau trophique des décomposeurs

Ce niveau est représenté par les organismes vivants qui puisent leur énergie de la décomposition de la matière organique morte (feuilles mortes, bois mort, cadavres d'animaux, etc.) ou des déchets organiques provenant des organismes vivants (excréments, restes d'aliments, etc.). Ils transforment la matière organique en matière inorganique qui est alors disponible pour les producteurs.

On distingue deux types de décomposeurs :

1.3.1. Les détritivores : comme la blatte et le ver de terre, qui se nourrissent uniquement de détritus.

1.3.2. Les transformateurs : comme les champignons et les bactéries, qui transforment complètement la matière organique en matière inorganique (minérale).

2. Chaines et réseaux trophiques

Dans un écosystème, les liens qui unissent les espèces sont le plus souvent d'ordre alimentaire. Ces relations forment des séquences où chaque individu mange le précédent et est mangé par celui qui le suit ; on parle de chaîne alimentaire. Chaque maillon est un niveau trophique.

2.1. Chaîne alimentaire

Une chaîne alimentaire est une suite d'êtres vivants de différents niveaux trophiques dans laquelle chacun mange des organismes de niveau trophique inférieur dans le but d'acquérir de l'énergie. Le premier maillon d'une chaîne est toujours un organisme autotrophe. Dans les mers et les océans, le phytoplancton assure ce rôle. Dans les profondeurs abyssales où les rayons du soleil ne parviennent pas, les bactéries thermophiles sont les premiers maillons de la chaîne.

On distingue des chaînes alimentaires terrestres (Fig. 14) :

Plantes > Herbivores > Carnivores 1 > Carnivores 2

Et des chaînes alimentaires aquatiques (Fig. 14) :

Phytoplancton > Zooplancton > Prédateurs microphages > Prédateurs macrophages > Super prédateurs.

2.2. Différents types de chaînes trophiques

Il existe trois principaux types de chaînes trophiques linéaires :

2.2.1. 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.

2.2.2. 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) Pucés + (150) Leptomonas.

2.2.3. 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.

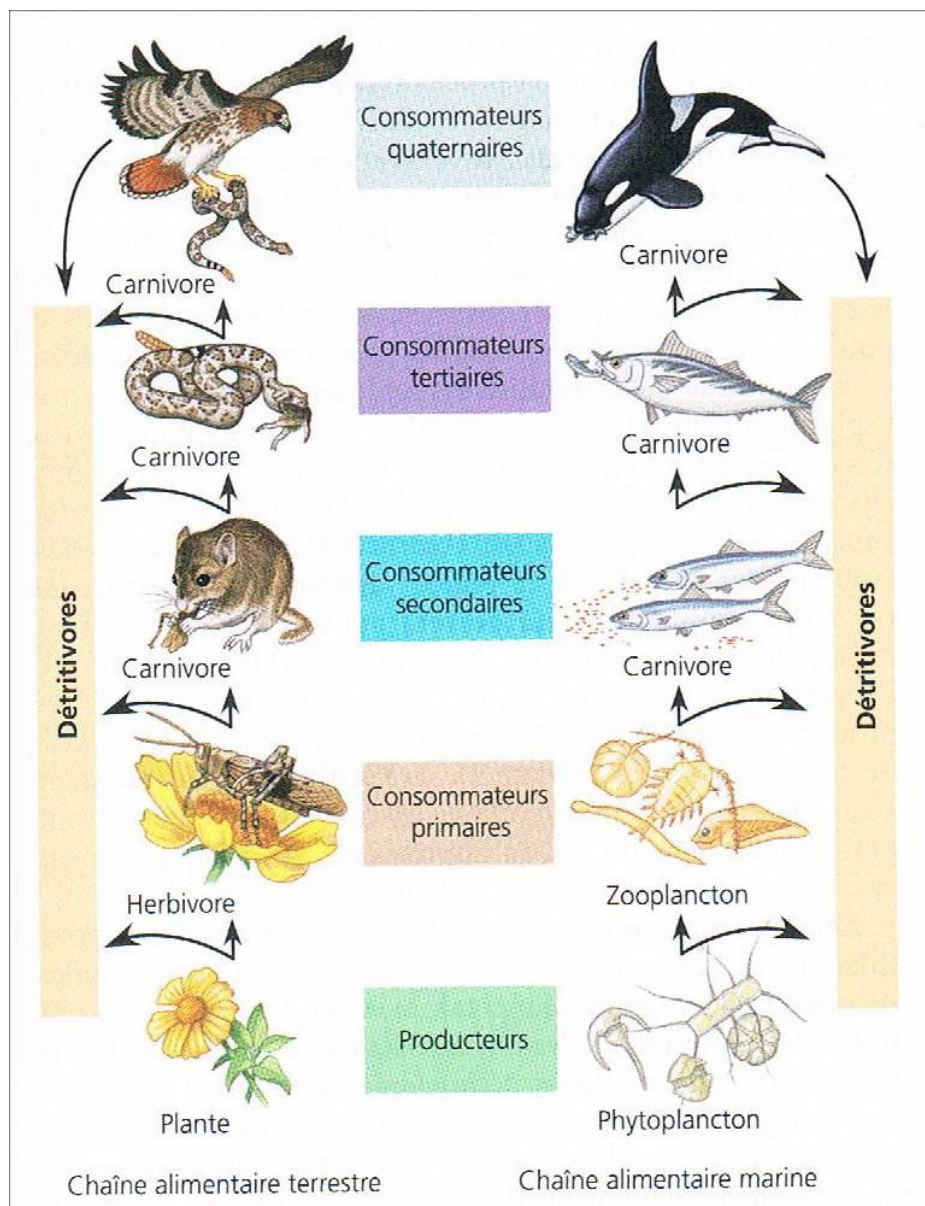


Figure 14- Chaînes alimentaires dans le milieu terrestre (à gauche) et dans le milieu aquatique (à droite).

2.3. Réseaux trophique

La notion de réseau trophique désigne l'ensemble des relations trophiques existant à l'intérieur d'une biocénose.

Un réseau trophique (ou chaîne tropho-dynamique) est un ensemble de chaînes alimentaires reliées entre elles au sein d'un écosystème et par lesquelles l'énergie et la biomasse circulent (échanges d'éléments tel que le flux de carbone et d'azote entre les différents niveaux de la chaîne alimentaire, échange de carbone entre les végétaux autotrophes et les hétérotrophes).

L'établissement du réseau trophique d'un écosystème est une tâche difficile par suite du grand nombre d'espèces en présence et de la complexité du régime alimentaire de chacune (Fig. 15). Non seulement, en effet, un individu se nourrit généralement, à un moment donné de son existence, aux dépens de nombreuses autres espèces, mais son spectre alimentaire varie avec son stade de développement, son âge, sa taille, et aussi avec la période de l'année et les disponibilités qu'elle offre.

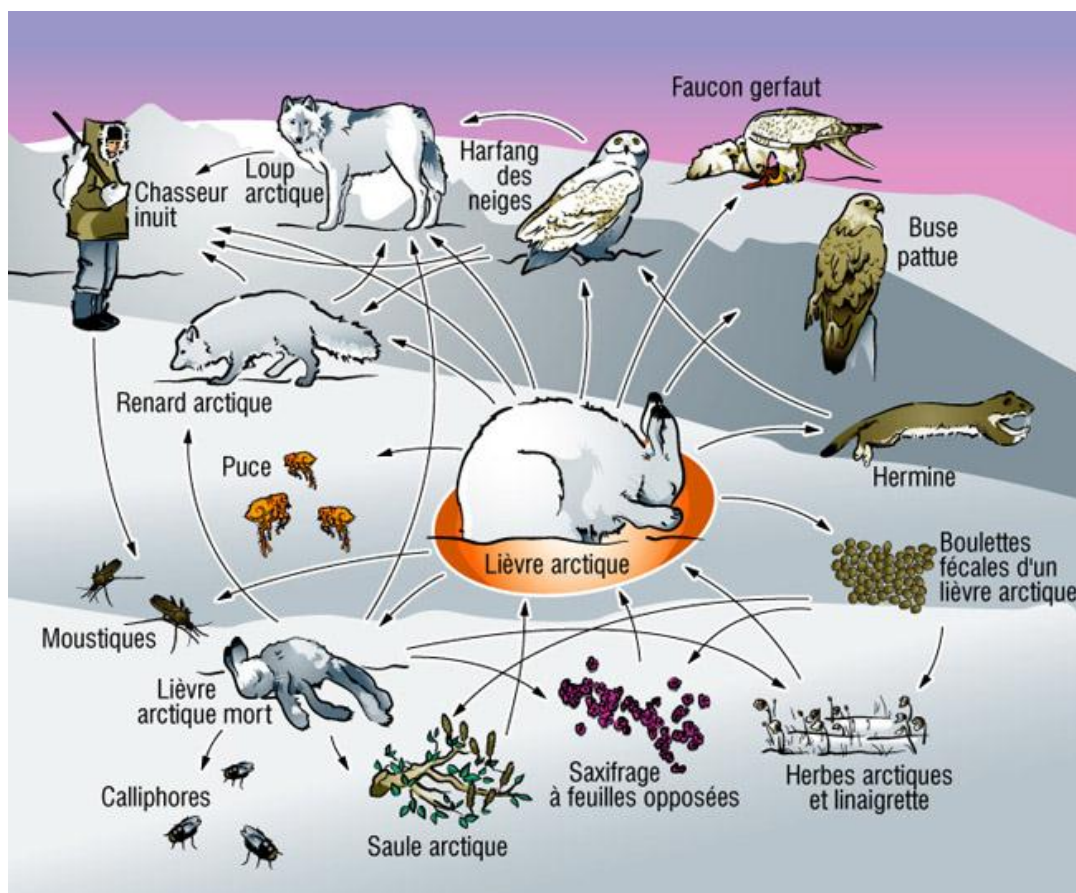


Figure 15- Exemple d'un réseau trophique dans le milieu arctique.

Chaque réseau est caractérisé par des boucles de rétroactions complexes et des équilibres dynamiques, fortement influencées par les paramètres biotiques et abiotiques (température, pH, disponibilité en lumière, oxygène et nutriments notamment). Il s'agit d'un équilibre instable maintenu en équilibre dynamique, par le jeu de deux grandes chaînes de rétro-contrôles : les relations « *top-down* » (régulation des ressources par leurs consommateurs) et « *bottom-up* » (rétroactions des ressources sur leurs consommateurs).

Dans un écosystème, la structure des réseaux trophiques influence fortement la quantité, la diversité, la stabilité et la qualité de la biomasse et de la matière organique résiduelle (excrétions, nécromasse) produites par les écosystèmes. La qualité d'un réseau trophique et de ses interactions a un lien direct avec la stabilité et la résilience des populations qui en font partie.

3. Pyramides écologiques

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.

Une pyramide écologique est une représentation graphique pour indiquer des rapports entre différentes catégories d'espèces correspondant à différents niveaux trophiques.

On distingue trois types de pyramides écologiques (Fig. 16) :

- Pyramide des nombres
- Pyramide de la biomasse
- Pyramide des énergies

Les décomposeurs ne sont pas toujours représentés dans ces pyramides mais ils jouent un rôle essentiel dans le cycle de la matière.

3.1. Pyramide des nombres

Dans la hiérarchie des consommateurs qui se succèdent, les consommateurs de rang inférieur seront plus nombreux et plus petits que les consommateurs du rang suivant et ainsi de suite jusqu'au dernier rang de consommateur connu pour une chaîne trophique.

La pyramide des nombres représente le nombre d'individus à chaque niveau trophique. Dans tout écosystème, ce nombre diminue en passant du niveau des proies à celui des prédateurs (Fig. 16). L'évaluation des populations fournit des indications sur l'état de l'écosystème et peut, par exemple, expliquer des phénomènes d'extinction ou, au contraire, de pullulation.

3.2. Pyramide des énergies

La pyramide des énergies illustre les transferts d'énergie d'un niveau trophique à l'autre et montre que chaque niveau trophique ne dispose que d'une fraction de l'énergie de celui qui le précède (Fig. 16). Elle insiste l'aspect dynamique d'un écosystème.

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

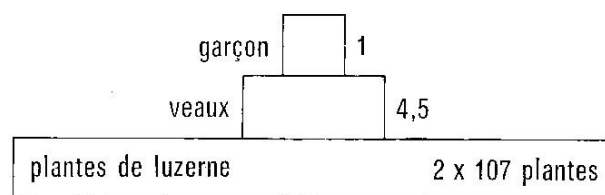
3.3. Pyramide des biomasses

La pyramide des biomasses fournit une évaluation de la masse des producteurs par rapport à celle des consommateurs (Fig. 16). La première étant toujours supérieure à la seconde.

Dans un écosystème, les animaux de petite taille sont plus nombreux que les animaux de grande taille et ils se reproduisent plus vite. De plus, les phytophages sont les plus nombreux et présentent une biomasse plus importante que celle de leurs prédateurs (leur potentiel biotique est plus grand, le taux de reproduction plus élevé).

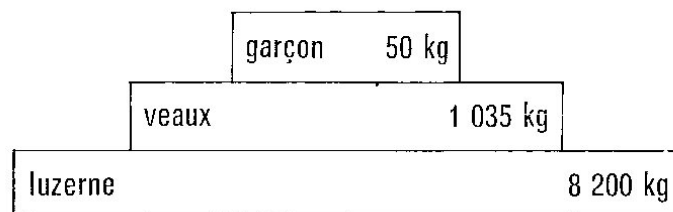
Pour tout animal carnivore, il y a une limite inférieure et une limite supérieure à la taille des proies qu'il peut manger. La limite supérieure est imposée car un prédateur ne peut attraper, tuer et dévorer une proie beaucoup plus grosse que lui. La limite inférieure existe pour des raisons de rendement : des proies trop petites devraient être capturées en trop grand nombre, ce qui serait à peu près impossible, soit par le manque de proies, soit par manque de temps. Il existe donc en général, une taille optimale des proies de chaque espèce.

pyramide des nombres



Pyramide des nombres pour la chaîne théorique : luzerne — veaux — garçon de douze ans (d'après ODUM).

pyramide des masses



pyramide des énergies

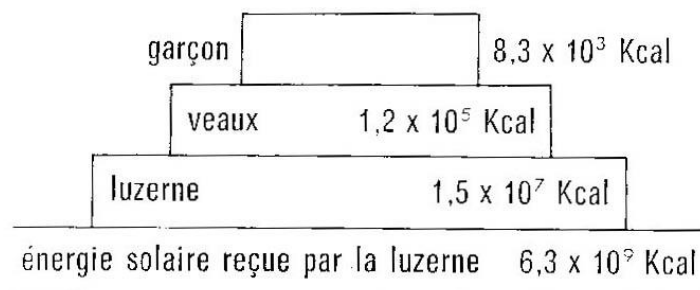


Figure 16- Pyramides écologiques.

4. Productivité des écosystèmes

On appelle biomasse le poids des êtres vivants appartenant soit à une même espèce, soit à un groupe d'espèces (une communauté ou un niveau trophique par exemple), soit à l'ensemble de la biocénose.

L'estimation des biomasses de ses différents constituants donne une vue statique de l'écosystème. La biomasse peut être exprimée en poids vif ; elle est plus souvent donnée en poids sec (après perte au feu à 450 / 600 °C par exemple, pour éviter les pertes de matière organique qu'entraîneraient des températures plus élevées).

Il est préférable de la traduire en contenu d'énergie, c'est-à-dire en Joules, pour éviter de comptabiliser coquilles et squelettes. Les équivalents énergétiques peuvent être mesurés avec une bombe calorimétrique, mais il est souvent suffisant d'utiliser des tables déjà établies.

En écologie aquatique, la biomasse en quantité de carbone peut être rapportée à une unité de volume, centimètre cube ou mètre cube. En écologie terrestre, elle est généralement rapportée à une surface déterminée en mètres carrés, ou en hectares, ou encore en kilomètres carrés selon l'étendue des biocénoses. La biomasse contient, en sus de la matière organique, une certaine quantité de sels minéraux (éléments biogènes ou autres) que l'incinération permet de recueillir sous forme de cendres.

La biomasse ne traduit qu'un aspect statique d'une biocénose, donc d'un écosystème. Plus important est son taux de renouvellement, c'est-à-dire la production biologique appelée « productivité » quand elle est ramenée à une unité de temps qui lui correspond.

La productivité d'un niveau trophique est l'accroissement de la biomasse par unité de temps pour le niveau trophique considéré. Par exemple la productivité primaire est celle des producteurs (végétaux chlorophylliens).

Chapitre VI- Les interactions fonctionnelles dans un écosystème

1. Généralités sur le fonctionnement d'un écosystème naturel (les flux au sein de l'écosystème)

Un écosystème naturel est constitué d'un milieu physico-chimique (biotope) et de l'ensemble d'êtres vivants qui y vivent (biocénose). Son fonctionnement d'ensemble est permis par des interactions complexes qui existent entre les êtres vivants et les facteurs physico-chimiques du milieu. Les éléments constituant un écosystème développent un réseau d'échange d'énergie et de matière permettant le maintien et le développement de la vie.

Un écosystème comprend généralement trois groupes fonctionnels d'organismes vivants : les producteurs, les consommateurs et les décomposeurs.

Un des aspects les plus intéressants qui se dégage de l'étude des écosystèmes, c'est que ceux-ci sont toujours traversés par deux flux :

➤ **Flux de l'énergie**, dont l'origine est solaire et qui traverse successivement les producteurs, puis les consommateurs et les décomposeurs qui dispersent cette énergie (respiration et au travers les déchets qu'ils laissent : excréments, fèces, etc.).

➤ **Flux de la matière** qui circule en permanence entre herbivores, carnivores, détritivores, coprophages, nécrophages, etc. et tous les organismes de la microfaune et de la microflore qui participent à la minéralisation de la matière organique assurant la fourniture de l'alimentation minérale nécessaire aux plantes et la fermeture du cycle de la matière.

2. Circulation globale de l'énergie sur Terre

L'énergie solaire constitue la source essentielle de la matière sur Terre. Environ 30% de cette énergie solaire est immédiatement réfléchi vers l'espace sous forme de lumière, 20% environ est absorbée par l'atmosphère terrestre. La plus grande partie des 50% restants est absorbée par la terre elle-même et transformée en chaleur.

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

qui participent à l'établissement de différents types de climats sur toute la surface terrestre.

Une autre partie, moins de 1%, de l'énergie solaire est captée par les organismes photosynthétiques (cyanobactéries, algues, plantes supérieures). Ces organismes photosynthétiques transforment cette énergie en énergie chimique utilisée par eux-mêmes, organismes autotrophes, et par tous les autres êtres vivants, dits hétérotrophes, assurant ainsi leur nutrition et donc leur survie et leurs diverses activités.

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

L'énergie captée par les plantes vertes est transférée d'une manière très organisée à travers les différents niveaux de la chaîne trophique avant de se dissiper. La quantité d'énergie disponible diminue, donc, tout le long de la chaîne trophique.

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

3. Les écosystèmes, convertisseurs d'énergie (Flux d'énergie)

Trois formes d'énergie entrent en jeu dans le fonctionnement d'un écosystème :

- le rayonnement électromagnétique de courte longueur d'onde (la lumière) ;
- le rayonnement électromagnétique de grande longueur d'onde (infrarouges : chaleur) ;
- l'énergie chimique (sous forme de molécules organiques : glucides, lipides...). etc.).

3.1. Conversion de la lumière en énergie chimique par les organismes photosynthétiques (végétaux)

C'est la lumière solaire qui initie les réactions de photosynthèse qui permettent aux végétaux et aux bactéries photosynthétiques autotrophes de produire des matières organiques utilisées par les êtres vivants hétérotrophes.

Les végétaux reçoivent de l'énergie sous forme de rayonnement électromagnétique de courte longueur d'onde (lumière). La photosynthèse convertit une partie de cette énergie en énergie chimique, c'est-à-dire en énergie de liaison entre atomes dans la molécule de glucose. Cette quantité d'énergie fixée par l'écosystème est la production primaire brute (**PB1**).

Tous les êtres vivants utilisent l'énergie chimique stockée sur les molécules organiques et dispersent celle-ci, au final, en énergie calorifique.

Une partie de cette production brute est brûlée par la respiration des plantes (**R1**), qui libère de la chaleur. La partie qui n'est pas respirée est la production primaire nette (**PN1**).

Nous avons donc : $PN1 = PB1 - R1$

PN1 est utilisée pour la croissance des plantes (**T1**), la production de litières de feuilles mortes (**L1**) et l'alimentation des herbivores (**C1**).

Nous avons donc : $PN1 = T1 + L1 + C1$

3.2. Transferts d'énergie dans les chaînes trophiques

La matière organique fabriquée par les organismes d'un niveau trophique a quatre destinées différentes :

- Une partie sert au fonctionnement de l'organisme et est perdue sous forme de CO₂ et d'eau au cours de la respiration cellulaire (**R**) ;
- Une autre partie est représentée par les excréments, feuilles mortes, cadavres, elle est dégradée et recyclée par l'action des décomposeurs (**L**) ;
- Une partie sert à la croissance de la biomasse des organismes (**T**) ;

- Enfin une dernière partie est consommée par les organismes du niveau trophique supérieur (**C**).

Ainsi, les animaux herbivores consomment une partie **C1** de **PN1**. Cette énergie se partage en quatre postes :

- Accroissement de la taille et du nombre d'individus de la communauté d'herbivores (**T2**) ;
- Respiration des herbivores (**R2**) ;
- Prédation par les carnivores (**C2**) ;
- Cadavres et déchets (**L2**).

Le même raisonnement s'applique aux carnivores (postes **T3**, **R3**, **C3**, **L3**). Il n'y a pas de poste **C3** si les carnivores ne sont pas mangés par des prédateurs.

Les déchets et cadavres produits par chaque niveau trophique (**L1** + **L2** + **L3**) alimentent les organismes du sol, principalement des bactéries et des champignons. Cette énergie se partage en trois postes :

- Accroissement de la masse des organismes du sol (**T4**),
- Accroissement de la quantité de matière organique morte dans le sol (humus : **DH**),
- Respiration des organismes du sol (**R4**).

Nous constatons donc un transfert d'énergie d'un niveau trophique à un autre :

Photosynthèse → matières organiques végétales → matière organique herbivore → matière organique carnivore I → matière organique carnivore II → matière organique carnivore III.

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

3.3. Bilan d'énergie de l'écosystème

Nous observons donc, que l'énergie entrée dans l'écosystème sous forme de production brute **PB** est répartie comme suit :

- Une partie est perdue par la respiration : $R = R1 + R2 + R3 + R4$;

- Une autre partie peut rester stockée dans l'écosystème sous forme d'accroissement des populations d'organismes vivants ($T = T1 + T2 + T3 + T4$) ou d'accumulation de matière organique morte dans le sol (L).

Nous avons donc : $PB = R + T + L$

3.4. Dispersion de l'énergie

Les écosystèmes ne conservent généralement pas l'énergie qui y pénètre. Généralement, cette énergie est complètement dissipée sous forme de chaleur. Le cycle d'énergie dans les écosystèmes n'est donc pas fermé, il est ouvert, et, il a constamment besoin d'être réapprovisionné (énergie solaire) (Fig. 17).

L'énergie emmagasinée par les producteurs se disperse donc d'un niveau trophique à un autre (Fig. 17). Pour donner un aperçu général de ce phénomène, prenons par exemple le niveau des consommateurs primaires. Tout organisme qui se nourrit d'une espèce végétale doit sélectionner sa nourriture : certains végétaux ou des parties de végétaux ne sont pas utilisés, d'où la perte d'une partie des calories emmagasinées par ces végétaux non consommés.

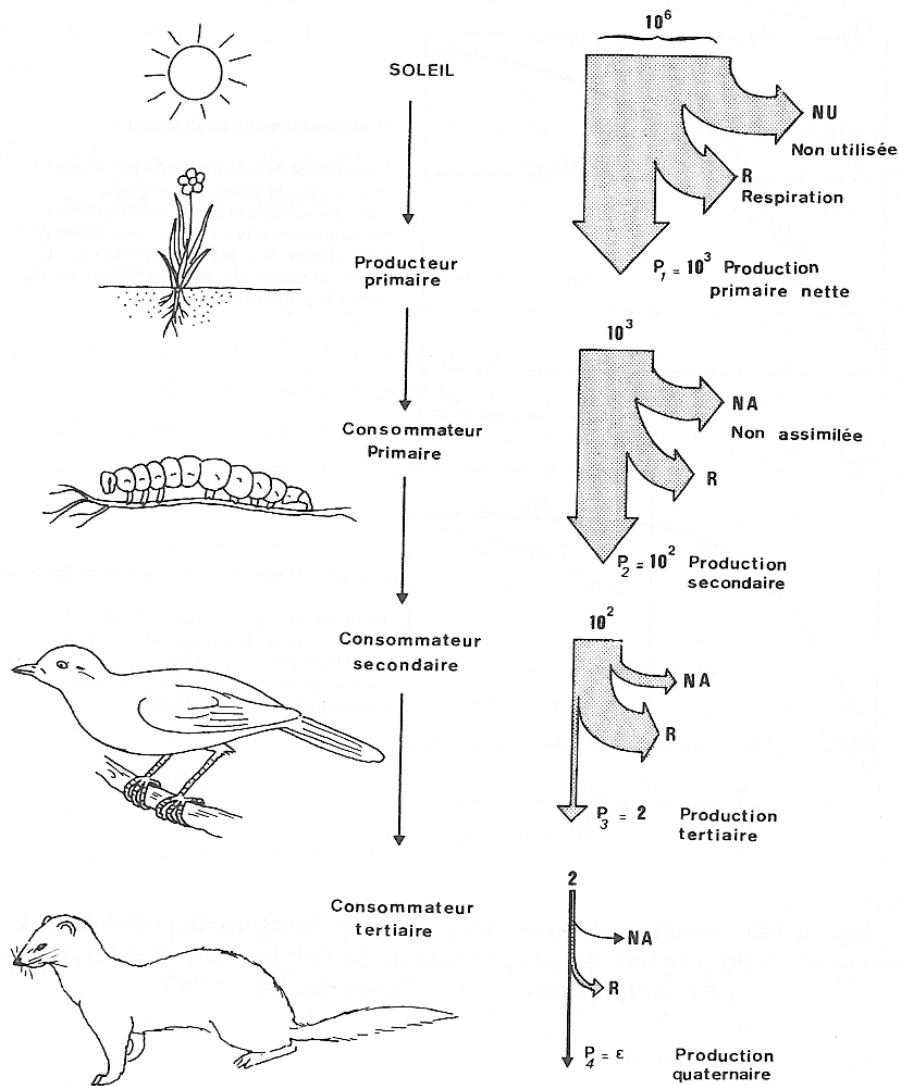


Figure 101 Exemple schématique de chaîne alimentaire montrant le flux d'énergie de niveau trophique en niveau trophique.

Les chiffres, qui expriment la quantité d'énergie entrante et sortante à chaque niveau, sont des approximations théoriques conformes aux données disponibles. Pour simplifier il a été admis que l'énergie investie par chaque population dans la production (P_1, P_2, \dots) est ingérée totalement par l'espèce de niveau suivant. La largeur des flux est représentée selon une échelle logarithmique.

Remarquer l'ampleur des pertes d'énergie entraînées par chaque transfert d'un niveau au suivant.

Figure 17- Flux de l'énergie dans un écosystème.

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

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

On peut dire que les êtres vivants participent aussi à l'augmentation de l'entropie de l'univers (entropie de la Terre), mais on peut dire aussi qu'ils en ralentissent le processus. Cela est d'autant plus vrai quand dans un écosystème très complexe, les échanges énergétiques se font entre d'autant plus d'utilisateurs. Du point de vue strictement thermodynamique, le maintien de la plus grande biodiversité possible est crucial.

4. Flux de la matière dans l'écosystème (cycle de la matière)

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

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

Cette classification écologique qui divise les composants biotiques en trois catégories : Producteurs, Consommateurs et Décomposeurs se fonde sur les modes de nutrition, c'est-à-dire sur la nature de la principale source d'énergie utilisée.

4.1. Les Producteurs

C'est l'ensemble d'êtres vivants autotrophes, notamment les végétaux chlorophylliens qui fixent l'énergie de la lumière solaire par la photosynthèse. Il y a en moyenne 1 à 2 % de l'énergie solaire qui est captée par les plantes.

4.2. Les Consommateurs

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

- **Les herbivores** : ce sont les consommateurs des végétaux : par exemple : les Cétacées consomment les phytoplanctons ; les algues sont mangées par les gastéropodes, les tortues marines, etc. ; les lichens constituent la nourriture des gastéropodes terrestres, les myriapodes terrestres, etc. ;

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

- Prédateurs de premier ordre : qui mangent les herbivores : (chacal, lion, etc.).
- Prédateurs de deuxième ordre : qui mangent les prédateurs du premier ordre (serpents mangent les grenouilles, etc.).
- Prédateurs de troisième ordre : ex : les rapaces qui mangent les serpents, etc.

Parmi les carnivores on peut distinguer que :

- Il existe des animaux qui sont capables de tout consommer : ils sont dits omnivores ou diversivores (sanglier, hérisson, etc.) ;
- En ce qui concerne les parasites : il existe des parasites qui sont fixés en divers points de la chaîne : exemple : l'olivier a deux parasites : un parasite primaire (*Dacus*) et un parasite secondaire (*Opius*).

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

Si nous considérons la chaîne trophique contenant aussi les chaînes de parasites, de saprophages, etc., nous obtiendrons un écosystème très compliqué.

4.3. Les Décomposeurs

Ce sont surtout les organismes qui se nourrissent de la matière organique morte (cadavres, litières, etc.). Leur rôle est de décomposer la matière organique (Les détritivores : vers de terre) ou la minéraliser (Les transformateurs : bactéries et des champignons). Ils transforment la matière organique en matière inorganique qui devient alors disponible pour les producteurs. Ces transformateurs portent également le nom de bioréducteurs.

Ainsi, on distingue deux groupes d'êtres vivants qui interviennent dans la décomposition de la matière organique :

- **Les saprophages** : consomment des végétaux et des animaux morts. Il existe plusieurs types de saprophages :

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

- **Les transformateurs** : ce sont les bactéries et les champignons qui transforment la matière organique morte en matière minérale par le processus de la minéralisation.

Exemple : bactéries nitrifiantes → nitrates ; bactéries sulfurantes → sulfates, etc.

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

En conclusion on peut dire que les décomposeurs jouent un rôle essentiel dans les cycles biogéochimiques des éléments.

5. Les grands cycles biogéochimiques

Contrairement à l'énergie solaire qui est sans cesse renouvelée - et dégradée d'un niveau trophique à l'autre - la matière qui sert à la construction et au fonctionnement de la biosphère est toute entière contenue dans celle-ci (conservée). Cette matière circule de façon ininterrompue du milieu abiotique vers les êtres vivants et inversement, en suivant des cheminements bien définis qui n'excluent pas d'ailleurs, dans certains cas, des points d'immobilisation, au moins temporaires.

Des cycles particuliers se déroulent au sein de chaque écosystème, mais des rapports latéraux plus ou moins importants, suivant que l'écosystème est plus ou moins "ouvert", existent entre eux. Au niveau de la biosphère, ces cycles dits bio géochimiques, qui assurent donc le recyclage permanent des principaux éléments indispensables à la vie, expliquent le pouvoir d'autorégulation des écosystèmes, c'est-à-dire la grande constance des éléments présents dans chacun d'eux.

Ces cycles intéressent des éléments à phase gazeuse prédominante (carbone, oxygène, azote), à phase liquide prédominante (eau) ou à phase sédimentaire prédominante (soufre, phosphore, etc.).

6. Flux d'énergie et flux de matière

Dans un écosystème, si l'énergie perdue sous forme de chaleur est irrécupérable, il n'en est pas de même pour les déchets matériels. Le dioxyde de carbone produit par la respiration et certaines fermentations redevient disponible pour les organismes chlorophylliens. De même pour les substances issues de la minéralisation des déchets organiques par les microorganismes décomposeurs.

Toutefois, si le flux énergétique dans un écosystème est unidirectionnel, les flux de matière constituent en revanche des cycles fermés (cycles du carbone, de l'azote, du soufre, etc.). Pour le cycle de la matière « rien ne se crée, rien ne se perd, tout se transforme ».

Le flux d'énergie traversant un organisme vivant (écosystème, biosphère) est un flux ouvert, toujours associé à des cycles de matières. Une telle association entre flux ouvert d'énergie et recyclage de la matière est une des caractéristiques des systèmes

thermodynamiques dissipatifs. **Mrowitz (1968)** démontre en effet que, dans de tels systèmes, « à tout flux ouvert d'énergie correspond au moins un cycle de matière ».

Chapitre VII- Diversité et stabilité des écosystèmes

1. Rappel sur quelques Notions

1.1. Définition de la Biodiversité

Le terme «biodiversité», contraction de « biological diversity » est proposé en 1988 par E. O. Wilson (**Wilson et Peter, 1988**). Il fait référence à la variété des organismes vivants quelle que soit leur milieu d'origine et prend en compte les diversités intraspécifique (diversité génétique), interspécifique (diversité des espèces) et fonctionnelle (diversité des écosystèmes).

1.2. Niche écologique

La niche écologique peut se définir de la façon la plus simple comme la place et la spécialisation fonctionnelle d'une espèce à l'intérieur d'un peuplement. **Elton** désigne sous le terme de niche écologique le « rôle » et la place de l'organisme dans le fonctionnement de l'écosystème.

En d'autre terme, on appelle niche écologique l'ensemble des exigences d'une espèce quant aux facteurs environnementaux biotiques et abiotiques. L'habitat ne constitue qu'une partie de la niche. Une forêt, par exemple, n'est pas en soi une niche écologique, mais elle offre un ensemble de facteurs biotiques et abiotiques, dont les combinaisons peuvent être propices à une espèce. Ce n'est que lorsqu'une espèce est installée dans une certaine configuration de ces facteurs que la niche est réalisée.

Selon la célèbre analogie d'**Odum (1959)**, la niche écologique, c'est la « profession » de l'espèce alors que l'habitat en est l'«adresse ».

Dans l'écosystème, il est fréquent que de nombreuses espèces puissent se rencontrer dans le même macrohabitat et parfois occupent des microhabitats très voisins sinon identiques. En revanche, une étude détaillée de leur histoire naturelle confirme toujours qu'elles occupent chacune une niche écologique bien distincte.

De nombreuses recherches en écologie démontrent le principe :

Une espèce \longleftrightarrow Une niche écologique

Par exemple, les grands herbivores de pâturage de la savane, chaque espèce occupe une niche qui lui est propre.

Un autre exemple, dans une forêt de hêtres, on trouve plus de 7600 espèces végétales et animales. Pour chacune de ces espèces, les conditions requises pour sa survie sont remplies : nourriture en quantité suffisante, conditions climatiques favorables, concurrents et prédateurs pas trop nombreux.

La diversification induit nécessairement à une différenciation des niches. Ainsi, chaque espèce tend à se trouver une niche qui lui permettra d'éviter la compétition, de ne pas avoir à lutter directement contre les autres espèces pour s'approprier des ressources.

Deux espèces concurrentes ne peuvent coexister sur une longue durée que si elles se différencient par leur niche réalisée. Si deux espèces possèdent la même niche écologique en un lieu donné, la concurrence interspécifique conduit à l'extinction d'une des deux espèces – principe de l'exclusion compétitive – ou à la modification des niches des espèces concurrentes au cours de l'évolution. Cela signifie que les exigences environnementales des espèces concurrentes deviennent plus spécifiques grâce à des adaptations et qu'elles se différencient toujours plus. C'est le phénomène de différenciation de niches.

1.3. Successions écologiques et climax

La succession est le processus par lequel de nouvelles espèces s'établissent dans une région donnée. Les communautés d'organismes se remplacent les unes les autres (se succèdent) jusqu'à ce qu'un équilibre soit atteint. Ce point d'équilibre correspond à l'arrivée à maturité (ou climax) de la communauté, qui est dite alors « communauté climacique ».

Le processus de succession peut commencer sur une roche à nu, dans un champ abandonné, sur les restes calcinés d'une forêt ou à toute étape antérieure au point d'équilibre. Un sol nu, en fait, ne le reste jamais longtemps. Très vite, des plantes

annuelles y poussent. En quelques années, des plantes et buissons vivaces les remplacent, puis des pins. À terme, les feuillus colonisent la région, remplacent les pins et constituent la communauté climacique.

La communauté climacique varie considérablement d'une région à l'autre. Ainsi, la Toundra du Nord, les herbages des prairies et les forêts pluviales diffèrent nettement les uns des autres, alors même qu'ils constituent tous le point d'équilibre final des successions de leurs aires respectives.

Le climax désigne une association stable d'espèces qui caractérisent qualitativement et quantitativement l'ultime phase de développement d'une biocénose dans une succession.

La diversité spécifique atteint son optimum avec le climax ; en conséquence, à l'équilibre, les réseaux trophiques deviennent très complexes et imbriqués les uns aux autres avec des cycles biologiques longs.

2. Relation entre Diversité et Stabilité dans un écosystème

2.1. Rôle (importance) de la diversité d'un écosystème

Malgré leur immuabilité apparente, les écosystèmes sont en perpétuel changement. Le cycle de la matière et le flux de l'énergie les traversent sans interruption ; à l'intérieur des biocénoses, les organismes meurent et naissent sans arrêt. Malgré cette intense activité, l'équilibre dynamique réalisé fait que la physionomie et la structure des communautés ne varient pas sensiblement, même sur une période de temps prolongée.

Cependant, une perturbation d'origine externe, brutale ou progressive, (modification climatique ou action de l'homme par exemple), peut rompre cet équilibre dynamique et la remarquable stabilité de l'écosystème.

Dans un écosystème, chaque individu (ou groupe d'individus d'une même espèce) perçoit des modifications de son environnement (physico-chimiques et biologique) et adapte son comportement selon cette modification. Ainsi, les communautés réagissent en permanence à l'évolution de leur environnement, en intégrant les changements et en se modifiant. Ceci assure une forme de stabilité interne de l'écosystème.

Dans tout écosystème, la communauté présente un réseau d'interactions reliant les populations de différentes espèces. L'extinction locale d'une espèce peut donc avoir des effets négatifs sur d'autres espèces de l'écosystème.

La biodiversité, présente dans l'écosystème, garantit en partie sa plasticité et sa capacité adaptative. Ceci est vrai aussi pour une espèce : plus elle a de diversité (génétique), plus elle a de chance de trouver une solution aux différents problèmes qui se poseront (sécheresse, salinité du sol, maladies fongiques...).

2.2. Diversité fonctionnelle

La diversité fonctionnelle est la variété des réponses que les espèces de l'écosystème apportent à un changement touchant leur environnement ou la variété des réponses que l'écosystème lui-même peut apporter à un tel changement.

En principe, plus la diversité fonctionnelle est grande, plus il y a de chances que certaines espèces réagissent bien à une altération de l'environnement, donc plus l'écosystème est stable. Par contre, si la diversité fonctionnelle est faible, toute la communauté risque de pâtir du changement.

Plusieurs espèces d'un même écosystème peuvent être équivalentes sur le plan fonctionnel, c'est-à-dire avoir la même fonction, jouer le même rôle, occuper des niches écologiques similaires. Les espèces équivalentes au niveau des fonctions sont réputées se livrer concurrence entre elles mais, ici encore, la réalité de cette compétition dépend du degré de précision de la classification des espèces en question (exemple des herbivores à la savane).

2.3. Stabilité d'un écosystème

La stabilité est la capacité d'un système à retrouver son état originel après une perturbation. La vitesse de cette restauration et l'ampleur maximale des perturbations que le système peut subir sans dommage permanent constituent des variables majeures de cette problématique. Une autre définition assimile la stabilité à la résistance que le système peut opposer au changement avant de subir des altérations.

Certains écosystèmes s'avèrent robustes, d'autres sont plus sensibles. C'est donc par la diversité des organismes qui le composent que l'écosystème stabilise les

variations physico-chimiques de l'atmosphère et de la lithosphère. Plus un écosystème a une grande biodiversité plus il pourra faire face à une diversité de situations (il garde sa stabilité).

Un peuplement est considéré comme stable s'il retourne à son état initial lorsque la perturbation cesse. On peut alors évaluer la stabilité de différentes façons : les variations en nombre d'espèces perdues pendant la perturbation (persistance), par les variations en nombre d'individus des populations du peuplement au cours de la perturbation (coefficient de variation) ou bien encore par le temps qu'il faut au peuplement pour revenir à l'équilibre une fois la perturbation terminée (résilience).

Plusieurs expériences ont montré que plus la diversité fonctionnelle des espèces est importante, plus l'écosystème est résilient face aux perturbations.

Exemple : Les communautés plus diversifiées résistent souvent mieux aux espèces envahissantes (organismes qui s'établissent hors de leur aire de répartition naturelle). Les communautés relativement diversifiées accaparent davantage les ressources disponibles du système, ce qui en laisse moins à l'espèce envahissante et réduit ses chances de survie.

Chapitre VIII- Les écosystèmes en Algérie

1. Les écosystèmes de l'Algérie

L'Algérie, plus grand pays africain et méditerranéen, s'étend sur une superficie de 2 381 741 km², et longe la Méditerranée sur 1200 km. Elle s'étire du Nord vers le Sud sur plus de 2 000 km. Elle présente une grande diversité climatique, puisqu'on y rencontre l'ensemble des étages bioclimatiques méditerranéens allant de l'humide au Saharien. Le contraste topographique, accentue les variations climatiques et confère à ce pays une grande diversité faunistique et floristique.

Deux chaînes montagneuses importantes, l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud, séparent le pays en trois types de milieux qui se distinguent par leur relief et leur morphologie, donnant lieu à une diversité climatique. On distingue du Nord au Sud le système Tellien, les Hautes Plaines steppiques et le Sahara.

L'Algérie constitue une entité écologique exceptionnelle dans la biosphère. Rares sont les autres zones biogéographiques présentant une telle étendue et possédant une telle surface constituée par des écosystèmes de type méditerranéen, steppique et saharien. La bioclimatologie et l'étendue de l'aire géographique de l'Algérie sont à l'origine de l'existence d'une diversité écosystémique importante.

En effet, on dénombre cinq principaux types d'écosystèmes :

- les écosystèmes marins et côtiers ;
- les écosystèmes des zones humides ;
- les écosystèmes montagneux (forestiers) ;
- les écosystèmes steppiques ;
- les écosystèmes sahariens.

1.1. Ecosystèmes marin et côtiers

Pendant de nombreux millénaires, la mer méditerranéenne « mer au milieu des terres » a servi de berceau aux innombrables civilisations humaines, en s'inscrivant comme une dimension importante dans leur patrimoine culturel et en leur fournissant des moyens nécessaires pour leur subsistance grâce aux multiples biens et services rendus par ses écosystèmes côtiers et marins.

Unaniment, les écosystèmes marins et côtiers abritent un important capital naturel, tant physique que biologique, et comptent parmi les systèmes écologiques les plus complexes et fructueux existant à la surface de notre planète, leur richesse et diversité en ressources naturelles demeure impressionnantes. Ceux de la mer méditerranéenne représentent environ 18% de la biodiversité marine connue.

Cette diversité, qui caractérise aussi les écosystèmes Algériens, est due essentiellement à deux habitats marins, qui ont un rôle bio-stratégique régional important en participant à une cascade de processus écologiques d'impact mondial : Prairies de *Posidonia oceanica* et le coralligène.

Les écosystèmes côtiers et marins Algériens hébergent aussi d'autres communautés biotiques constituant des pelouses, prairies, ou forêts dans la zone euphotique des fonds côtiers ex : les pelouses à *Cymodosa nodosa*, à *Zostera marina* et *Zosteranoltii*, des formations organogènes à base de vermetes (*Dendropoma sp.*) ainsi que des algues calcaires,

Il est dénombré, actuellement en Algérie près de 4500 espèces marines. Cette richesse spécifique est constituée à plus de 71 % d'arthropodes, de mollusques et d'annélides benthiques, de poissons, d'algues macrophytes et d'espèces zooplanctoniques.

Pour l'avifaune pélagique ou du littoral nous citons : Procellariidae, Phalacrocoracidae Sulidae Phoenicopteridae Pandionidae Falconidae Laridaesternidae Scolopacidae.

1.2. Ecosystème des zones humides

Conformément à l'article 1 de la loi 11-02 du 17 février 2011, relative aux aires protégées dans le cadre du développement durable, une zone humide est définie comme toute zone se caractérisant par la présence d'eau douce, saumâtre ou salée, permanente ou temporaire, en surface ou à faible profondeur dans le sol, stagnante ou courante, naturelle ou artificielle, en position d'interface et/ou de transition, entre milieux terrestres et milieux aquatiques, ces zones abritent de façon continue ou momentanée des espèces végétales et/ou animales.

A l'instar des autres zones humide dans le monde, ces milieux exceptionnels en Algérie, assurent un rôle primordial dans la régulation de la ressource en eau, l'épuration et la prévention des crues et l'adaptation au changement climatique. Ils sont aussi un support de nombreuses activités sources d'emplois tels que la chasse, l'agriculture, la pisciculture ou encore tourisme.

L'Algérie abrite une grande diversité d'habitats et d'écosystèmes des zones humides représentées par des lacs, des Oueds, des marais, des chotts, des sebkhas, des dayas, des oasis et qui se caractérisent par une richesse en espèces végétales et animales remarquables. Selon la Stratégie Nationale des Zones Humides, élaboré par la Direction Générale des Forêts, l'Algérie recèle 16 complexes et 103 sous complexes, comportant 2375 zones humides avec 2056 zones humides naturelles et 319 artificielles et dont 50 zones humides sont classées sur la liste Ramsar d'importance internationale.

Compte tenu des enjeux environnementaux, économiques et sociaux de ces milieux riches, fragiles et menacés, l'Algérie s'est engagée à préserver ces écosystèmes sur son territoire, notamment à travers la signature de la convention de Ramsar le 11 décembre 1982, et le lancement de nombreuses études permettant l'identification d'actions concrètes, de préservation et restauration de ces milieux humides.

1.3. Ecosystèmes Montagneux et forestiers

Avec une superficie de 8,7 millions d'hectares, l'écosystème montagneux représente 3,6% du territoire. Il est composé de :

- **L'ensemble tellien et littoral**

Un espace de montagnes forestières et de piémonts variés et assez diversifiés. Géographiquement, les espaces de montagne s'étendent le long de la partie Nord du pays et en bordure des hautes plaines steppiques. Ils occupent les sommets des monts et des massifs de l'Atlas tellien, une grande partie des versants septentrionaux ainsi que de nombreux piémonts en bordure des plaines.

Ils sont définis comme des ensembles qui regroupent toutes les terres au-dessus de 12% des pentes, soit 43% de l'ensemble tellien. Les zones qui les constituent couvrent une superficie globale de 7565 000 ha. Ces montagnes telliennes sont occupées sur les

hauteurs par des forêts de cèdre, de chêne-liège, de chêne-vert, de thuyas et de maquis divers (notamment dans les zones Est et Centre), ainsi que par de nombreuses aires de culture et d'élevage. Ces zones abritent également, dans les vallées, sur les plateaux et les versants, une population souvent dense, groupée en habitat compact mais aussi en habitat assez dispersé.

- **L'ensemble Atlas saharien**

Zones de montagne habitées par les sociétés agropastorales. Ces montagnes, semi-arides et fortement érodées, se situent sur les vieux massifs de l'Atlas Saharien (Aures, Djebel Amour...), sur les hauts et les bas piémonts du Tell Ouest et du Tell de l'extrême Est (Némemcha, Saida, Tébessa). Ces zones présentent des boisements clairsemés, des pratiques agricoles annuelles anciennes comme la céréaliculture et les légumes secs associées à l'élevage ovin, des terrasses irriguées dans les vallées et des densités humaines moindres.

1.4. Ecosystèmes steppiques

L'écosystème steppique couvre 20 millions d'hectares ce qui représente une part de près de 8,37% du territoire national. Il s'étend des piémonts Sud de l'Atlas tellien au Nord jusqu'au piémont sud de l'Atlas saharien au Sud.

Ces écosystèmes sont délimités au Nord par l'isohyète 400 mm, qui coïncide avec l'extension des cultures céréalières en sec et au Sud, par l'isohyète 100 mm qui représente la limite méridionale de l'extension de l'alfa (*Stipa tenacissima*).

Ils sont dominés par 4 grands types de formations végétales et de formations azonales (spasmophiles et halophiles). Il s'agit des steppes d'alfa (*Stipa tenacissima*), des steppes d'armoise blanche (*Artemisia herba alba*), des steppes à base de sparte (*Lygeum spartum*) et des steppes d'*Arthrophytum scoparium* (remth).

Les Hautes Plaines steppiques constituent une région à caractère rural où le pastoralisme est l'activité principale. L'effectif du cheptel dans ces régions, dont la composante prédominante est la race ovine (environ 80 % du cheptel) avec une charge de près de dix fois supérieure à la charge d'équilibre des parcours dont l'offre fourragère est en constante décroissance.

1.5. Ecosystème Saharien

L'écosystème saharien représente 87 % de la superficie de l'Algérie. Il est constitué de plusieurs unités géomorphologiques distinctes à l'instar des ergs (Oriental et occidental), des hamadas (Regs ou déserts caillouteux), des montagnes (Ahaggar) et des plateaux (Tassilis de l'Ahaggar et des Aajjers).

Le climat se caractérise par une aridité prononcée (moins de 100 mm), des températures élevées (de 20 °C à plus de 35 °C) et des amplitudes thermiques journalières importantes (30 °C). La répartition des pluies est variable dans l'espace et dans le temps.

Du point de vue de la biodiversité, les écosystèmes sahariens sont relativement riches mais fragilisés par l'activité anthropique.

Sur le plan floristique, l'écosystème saharien renferme 2800 taxons avec un fort taux d'endémisme.

Sur le plan faunistique, on recense plus de 150 espèces d'oiseaux et une quarantaine de mammifères à l'intérieur des limites géographiques des parcs nationaux du Tassili N'Ajjer (Wilaya d'Illizi) et de l'Ahaggar (Wilaya de Tamanrasset). La présence du Guépard a été confirmée en Algérie.

2. Biodiversité en Algérie

L'Algérie est caractérisée par une diversité biologique remarquable liée à la diversité de son climat, de sa géomorphologie et de ses écosystèmes.

Certains écosystèmes présentent un intérêt particulier en termes de biodiversité de richesse paysagère et culturel.

En Algérie, la conservation des espèces et des habitats a commencé dès les années 70, cet intérêt accordé à la protection de l'environnement a amené notre pays à créer des aires protégées.

2.1. Conservation de la biodiversité

Pays Partie à la Convention sur la Diversité Biologique (CDB) depuis 1995, l'Algérie a élaboré une première Stratégie et Plan d'Actions Nationaux pour la

Biodiversité (SPANB) en 2000 qui a permis d'évaluer le niveau de connaissances relatif à différents taxons de la faune et de la flore en Algérie. Cette stratégie a été mise à jour et adaptée à l'évolution des différents contextes en 2016 et s'inscrit dans la vision de « la biodiversité pour le développement économique et social durable et l'adaptation aux changements climatiques ».

Selon diverses études (SPANB 2000, 4^{ème} et 5^{ème} rapports nationaux), la biodiversité algérienne globale (naturelle et agricole) compte environ 16000 espèces et taxons confondus. Il est à souligner :

- **3139 espèces** de spermaphytes décrites totalisant 5402 taxons en tenant compte des sous-espèces, de variétés et autres taxons sub-spécifiques ;
- **67 espèces** végétales parasites ;
- **Environ 1000** espèces présentent des vertus médicinales ;
- **1670 espèces** (soit 53,20% de la richesse totale algérienne) sont relativement peu abondantes et se présentent comme suit : 314 espèces assez rares, 590 espèces rares, 730 espèces très rares et 35 espèces rarissimes ;
- **Près de 700** espèces sont endémiques ;
- **226 espèces** sont menacées d'extinction et bénéficient d'une protection légale (Décret n° 12-03 du 4 janvier 2012) ;
- **850 espèces** ont été recensées dont, environ, 150 espèces sont menacées ;
- **713 espèces** de phytoplancton, des algues marines et des macrophytes, ont été recensées ;
- **Plus 150 espèces** de champignons sont connues.

La population faunistique connue totalise 4963 taxons dont un millier de vertébrés. Cette dernière catégorie est représentée notamment par les classes suivantes : les poissons (300 espèces), les reptiles (70 espèces), les oiseaux (378 espèces) et les mammifères (108 espèces).

L'Algérie compte près de 150 taxons de micro-organismes et de nouveaux micro-organismes sont identifiés dans le cadre de recherches en cours.

2.2. Aires protégées

L'administration forestière, procède au classement des écosystèmes en aires protégées en s'appuyant sur des textes nationaux et des conventions et accords internationaux que l'Algérie a ratifié en matière de protection et de préservation des ressources naturelles.

La Direction Générale des Forêts (DGF), sous tutelle du ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche (MADRP), dotée des attributs de puissance publique, gère et administre un patrimoine forestier de 4,7 millions d'hectares et un patrimoine alfatier de 3 millions d'hectares, qui constituent la composante essentielle de la nature, englobant une grande partie de la faune et la flore sauvages du nord et des milieux steppiques.;

Aujourd'hui, l'Algérie compte quatre types d'aires protégées :

- les parcs nationaux ;
- les réserves de chasse ;
- les réserves naturelles ;
- les zones humides ;

Aujourd'hui l'administration forestière compte 8 parcs nationaux au Nord du pays d'une superficie totale de 165 362 ha, qui relèvent de la tutelle du Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche. Il s'agit de Djurdjura, Chréa, El Kala, Gouraya et Taza, Belezma, Théniet El Had et Tlemcen.

Parmi les huit parcs nationaux sept sont classés Réserves de Biosphères (MAB), sauf le parc de Tlemcen est en cours de classement.

Références bibliographiques

1. Allen, Michael R., et al. "Warming Amplification in Arctic Regions." *Nature Climate Change*, vol. 3, no. 4, 2013, pp. 315–321.
2. Barry, Roger G., et Chorley, Richard J. *Atmosphere, Weather and Climate*. 8e éd., London: Routledge, 2003.
3. Begon, Michael, Townsend, Colin R., et Harper, John L. *Ecology: From Individuals to Ecosystems*. 4e éd., Oxford: Blackwell Publishing, 2006.
4. Cardinale, Bradley J., et al. "Biodiversity Loss and Its Impact on Humanity." *Nature*, vol. 486, no. 7401, 2012, pp. 59–67.
5. Chapin, F. Stuart III, et al. *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology*. 2e éd., New York: Springer, 2002.
6. Chapman, J.L., et Reiss, M.J. *Ecology: Principles and Applications*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.
7. Connell, Joseph H. "Diversity in Tropical Rain Forests and Coral Reefs." *Science*, vol. 199, no. 4335, 1978, pp. 1302–1310.
8. Dajoz, Roger. *Précis d'écologie*. 7e éd., Paris: Dunod, 1996.
9. Ehrlich, Paul R., et Ehrlich, Anne H. *Extinction: The Causes and Consequences of the Disappearance of Species*. New York: Random House, 1981.
10. FAO. *State of the World's Forests 2020*. Rome: FAO, 2020.
11. FAO. *Water Quality for Agriculture*. Rome: FAO, 1985.
12. Griffiths, H. (2008). *Plant Growth and Development*. Springer, Berlin.
13. Grime, J.P. *Plant Strategies, Vegetation Processes, and Ecosystem Properties*. 2e éd., New York: John Wiley & Sons, 2001.
14. Groom, Martha J., Meffe, Gary K., et Carroll, C. Ronald. *Principles of Conservation Biology*. 3e éd., Sunderland: Sinauer Associates, 2006.
15. Hooper, David U., et al. "Effects of Biodiversity on Ecosystem Functioning: A Consensus of Current Knowledge." *Ecological Monographs*, vol. 75, no. 1, 2005, pp. 3–35.
16. Hubbell, Stephen P. *The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography*. Princeton: Princeton University Press, 2001.
17. Huggett, R. J. (2004). *Fundamentals of Biogeography*. Routledge.

18. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.
19. Krebs, Charles J. *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. 6e éd., New York: Benjamin Cummings, 2008.
20. Lamb, H. H. (1982). *Climate, History, and the Modern World*. Methuen & Co., London.
21. Lindeman, R.L. "The Trophic-Dynamic Aspect of Ecology." *Ecology*, vol. 23, no. 4, 1942, pp. 399–418.
22. Loreau, Michel, et al. "Biodiversity and Ecosystem Functioning: Current Knowledge and Future Challenges." *Science*, vol. 294, no. 5543, 2001, pp. 804–808.
23. Lovelock, James. *Gaia: A New Look at Life on Earth*. Oxford: Oxford University Press, 1979.
24. Lovelock, James. *The Vanishing Face of Gaia: A Final Warning*. London: Penguin Books, 2009.
25. Manuel de climatologie générale :
Lamb, H. H. (1982). *Climate, History, and the Modern World*. Methuen & Co.
26. Margalef, Ramon. *Perspectives in Ecological Theory*. Chicago: University of Chicago Press, 1968.
27. Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington, DC: Island Press, 2005.
28. Molles, Manuel C. *Ecology: Concepts and Applications*. 5e éd., New York: McGraw-Hill, 2010.
29. NASA Earth Observatory : Pour les cartes climatiques et les données sur les températures globales. <https://earthobservatory.nasa.gov>
30. National Geographic Climate Resource Center : Explications vulgarisées sur les zones climatiques. <https://www.nationalgeographic.com>
31. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2023). *Climate and Weather: Global Climate Change Indicators*.
32. Odum, Eugene P. *Fundamentals of Ecology*. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1953.

33. Odum, H.T. "The Energy Basis for Man and Nature." *Science*, vol. 174, no. 4011, 1971, pp. 129–137.
34. Organisation météorologique mondiale (OMM) :
35. Peixoto, José P., et Oort, Abraham H. *Physics of Climate*. New York: Springer, 1992.
36. Pimm, Stuart L. *Food Webs*. New York: Springer-Verlag, 1982.
37. Primack, Richard B. *Essentials of Conservation Biology*. 6e éd., Sunderland: Sinauer Associates, 2014.
38. Primack, Richard B., et Sher, Anna. *Introduction to Conservation Biology*. 5e éd., Sunderland: Sinauer Associates, 2016.
39. Ramade, François. *Éléments d'écologie: Écologie fondamentale*. 3e éd., Paris: McGraw-Hill, 1971.
40. Schaefer, H. et al. (2011). *Wind and Water: The Ecological Impact of Wind on Ecosystems*. *Ecological Research Journal*, 24(3), 210-223.
41. Schlesinger, William H. *Biogeochemistry: An Analysis of Global Change*. 2e éd., San Diego: Academic Press, 1991.
42. Schulze, E. D. et al. (2019). *Ecology of Climate Change: Ecological Impacts of Changing Weather Patterns*. Wiley-Blackwell.
43. Stern, N. (2007). *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press.
44. Sterner, Robert W., et Elser, James J. *Ecological Stoichiometry: The Biology of Elements from Molecules to the Biosphere*. Princeton: Princeton University Press, 2002.
45. Tilman, David. "Biodiversity: Population Versus Ecosystem Stability." *Ecology*, vol. 77, no. 2, 1996, pp. 350–363.
46. Tilman, David. *Plant Strategies and the Dynamics and Structure of Plant Communities*. *Monographs in Population Biology*, vol. 26, Princeton: Princeton University Press, 1988.
47. UNEP. *Global Environment Outlook 6 (GEO-6): Healthy Planet, Healthy People*. Cambridge: Cambridge University Press, 2019.

48. UNEP. *Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone*. Nairobi: UNEP, 2011.
49. United Nations Environment Programme (UNEP). (2019). *Atlas of Our Changing Environment*. Nairobi, Kenya : UNEP.
50. Vitousek, Peter M., et al. "Human Domination of Earth's Ecosystems." *Science*, vol. 277, no. 5325, 1997, pp. 494–499.
51. Wallace, John M., et Hobbs, Peter V. *Atmospheric Science: An Introductory Survey*. San Diego: Academic Press, 1977.
52. Wilson, Edward O. *The Diversity of Life*. Cambridge: Harvard University Press, 1992.
53. World Resources Institute. *World Resources 2000-2001: People and Ecosystems: The Fraying Web of Life*. Washington, DC: WRI, 2000.
54. WWF. *Living Planet Report 2022: Building a Nature-Positive Society*. Gland: WWF, 2022.