

Matière : Ecologie Générale « L2 »

Chapitre I

| | |
|--|----|
| 1.1. Définition de l'écosystème et des constituants (Notions de biocénose et facteur écologique.)..... | 02 |
| 1.2. Domaines d'intervention..... | 08 |

Chapitre II: Les Facteurs du milieu..... 12

| | |
|---|----|
| 2.1. Facteurs abiotiques | 12 |
| 2.1.1. Les facteurs climatiques..... | 12 |
| 2.1.2. Les facteurs édaphiques..... | 17 |
| 2.1.3. Les facteurs Hydriques..... | 20 |
| 2.2. Facteurs biotiques..... | 21 |
| 2.2.1. Compétitions..... | 21 |
| 2.2.2. Ravageurs et Prédateurs..... | 23 |
| 2.2.3. Interaction de coopération et de symbiose..... | 25 |
| 2.2.4. Parasitisme..... | 25 |
| 2.3. Interaction des milieux et des êtres vivants..... | 25 |
| 2.3.1. Rôle des facteurs écologiques dans la régulation des populations | 25 |
| 2.3.2. Notion d'optimum écologique..... | 26 |
| 2.3.3. Valence écologique..... | 27 |
| 2.3.4. Niche écologique..... | 27 |

Chapitre III: Structure des écosystèmes..... 28

| | |
|--|----|
| 3.1. Structure des chaînes alimentaires ; relations entre les producteurs (autotrophes) et leur dépendance des nutriments et de l'énergie lumineuse ou chimique..... | 28 |
| 3.2. Les consommateurs (Hétérotrophes) qui sont liés aux producteurs et enfin les ... | 31 |
| décomposeurs qui assurent le recyclage et la minéralisation de la matière organique. | |

Chapitre IV: Fonctionnement des écosystèmes..... 33

| | |
|--|----|
| 4.1. Flux d'énergie au niveau de la biosphère..... | 33 |
| 4.2. Notions de pyramides écologiques, de production, de productivité et de rendement Bioénergétiques..... | 34 |

| | |
|---|-----------|
| 4.3. Circulation de la matière dans les écosystèmes et principaux cycles biogéochimiques | 43 |
| 4.4. Influence des activités humaines sur les équilibres biologiques et particulièrement sur la perturbation des cycles bio géochimiques (conséquences de la pollution des milieux aquatiques et de la pollution atmosphérique (eutrophisation, effet de serre, ozone, pluies acides).) | 46 |
| Chapitre V: Description sommaire des principaux écosystèmes | 50 |
| 5.1. Forêt, prairie, eaux de surface, océan | 50 |
| 5.2. Evolution des écosystèmes et notion de climax | 53 |
| Références bibliographiques | 55 |

Travaux pratiques

Sortie sur terrain de 8 heures chacune sur deux écosystèmes au choix, ou projection de films décrivant les écosystèmes.

Travaux Dirigés :

Les travaux dirigés concernent les méthodes appliquées pour l'étude du milieu.

Mode d'évaluation

Contrôle continu et examen semestriel

Introduction à l'écologie générale :

L'écologie autant que matière enseignée comme unité d'enseignement méthodologique « *socle commun SNV L2* », représente une étude scientifique des différentes interactions entre les être vivants et leur milieu, vise à établir les lois régissant non seulement les rapports entre les êtres vivants et leur environnement physico-chimique, mais aussi les relations développées entre les organismes et tente de comprendre les causes de la diversité spécifique et les raisons de sa variation dans différentes communautés. L'écologie occupe une place importante dans le domaine des sciences de l'environnement et présente une étroite relation avec la biologie, la physiologie, la génétique, la biochimie et la chimie, les études du comportement, la physique, les mathématiques,...

Pour les étudiants, cette matière apporte les connaissances nécessaires pour mieux comprendre et résoudre d'une part les différents problèmes environnementaux comme le cas des différentes pollutions de l'eau, de l'air, celui de la destruction de la couche d'ozone, de la déforestation, l'utilisation des pesticides, et d'autres part, de maîtriser la notion d'écosystème, de facteurs abiotiques et biotiques et leur interactions, les composants de l'écosystème et son fonctionnement. L'objectif principal émanant par l'enseignement de cette matière est de cerner les aspects fondamentaux de l'écologie en tant que "science de l'environnement".

Cette matière comporte cinq chapitres qui argumentent les différentes bases et concepts fondamentaux utiles pour l'étudiant. Le premier chapitre concerne la définition de l'écosystème et des constituants (Notions de biocénose et facteur écologique.) et les domaines d'intervention de l'écologie. Les facteurs du milieu et la structure des écosystèmes sont représentés respectivement dans le deuxième et troisième chapitre. Le quatrième chapitre est consacré au fonctionnement des écosystèmes, alors que la description sommaire des principaux écosystèmes concerne le cinquième chapitre.

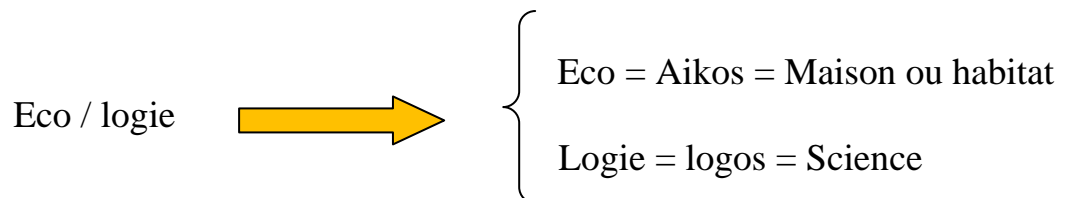
Chapitre I

1.1. Définition de l'écosystème et de ses constituants (notion de **biocénose** et **facteur écologique**)

1.2. Domaine d'intervention

Généralités et définitions

L'écologie crée par le zoologiste Allemand **Ernst Haeckel** en 1866 et définit pour la première fois comme étant « l'ensemble des sciences qui étudient les interactions des êtres vivants et de leur milieu ». « Elle étudie les rapports de ces êtres entre eux et avec le milieu dans lequel ils vivent. L'écologie est donc la science des conditions d'existence ».



Donc : **Ecologie = Science de l'habitat**

1.1. Définition de l'écosystème et de ses constituants (notions de biocénose et facteur écologique)

La notion d'écosystème nous conduit à subdiviser tout système complexe, en l'occurrence la planète, en sous ensembles d'apparence homogène. Nous identifions ainsi les systèmes **forêt, prairie, lacs, rivières, océans,...**etc.

Dans tout système naturel, il est possible de distinguer deux grandes composantes :

- un ensemble de conditions physiques et chimiques relativement homogènes sur une aire géographique donnée à **un instant t** qui constitue **le biotope**. (t représente le temps).
- un certain nombre d'êtres vivants peuplant ce biotope (bactéries, champignons, végétaux, animaux) que nous dénommeront **biocénose**.

Chaque communauté que l'on dénomme biocénose, présente un haut degré d'organisation dans les relations réciproques entre les divers individus, populations et espèces qui la composent ainsi qu'avec le milieu physico-chimique ambiant.

Chaque biocénose se développe en effet sur un substrat abiotique occupant une surface ou un volume variable et soumis à des conditions homogènes que l'on appelle **biotope** qui est caractérisé par un ensemble de facteurs de nature physique ou chimique : localisation géographique, intensité du flux solaire, vent, température, hygrométrie, courants (en milieu aquatique), concentration en éléments minéraux fondamentaux (eau, gaz carbonique, O₂, Ca⁺⁺, nitrate, phosphate, ...etc.).

Chaque biotope constitue donc le support physique d'une biocénose spécifiquement définie par un ensemble de facteurs écologiques.

Il est donc possible de distinguer, parmi les divers milieux et les innombrables êtres vivants qui peuplent la biosphère, un ensemble d'unités fonctionnelles, de nature écologique, stables dans le temps, appelés « **écosystèmes** ». Tansley (1935) a dénommé écosystème l'association d'un environnement physico-chimique spécifique - le biotope - avec une communauté vivante ou biocénose. On peut ainsi écrire la relation suivante :

$$\text{Ecosystème} = \text{biotope} + \text{biocénose}$$

Biotope et biocénose exercent l'un sur l'autre des interactions marquées essentiellement par d'incessants transferts d'énergie et échanges de matières entre ces deux entités et à l'intérieur de chacune d'entre elles (Fig. 1).

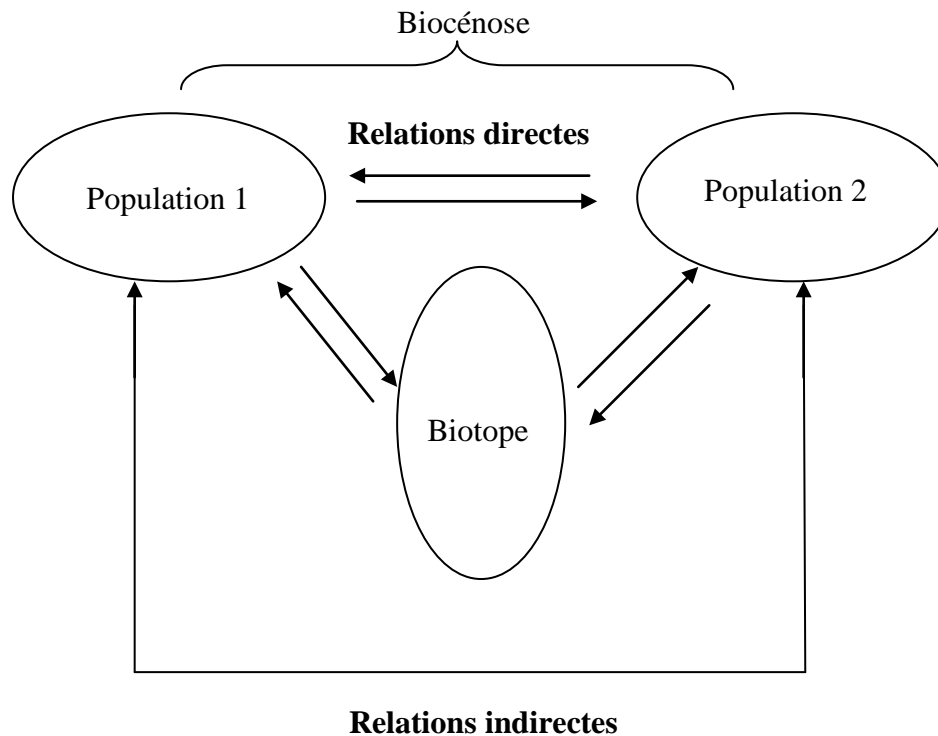


Figure 1: Schéma du fonctionnement d'un écosystème (Frontier et Pichod-Viale, 1995).

C'est grâce à l'instauration de multiples interactions, entre biotope et biocénose, et au sein de la biocénose entre organismes, que se met en place un système fonctionnel ou écosystème pouvant être décrit dans le schéma précédent.

On appelle **écosystème**, l'ensemble constitué d'une communauté d'êtres vivants (animaux et végétaux) et de son environnement.

L'écosystème est donc une unité écologique fonctionnelle de la biosphère, constituée donc par l'ensemble des espèces végétales et animales (**biocénose**) qui vit dans des conditions relativement constantes sur le même territoire (**biotope**).

Suivant l'importance de la biocénose et l'étendue du territoire qu'elle occupe, on distingue les **microécosystèmes** comme un tronc d'arbre ou le dessous d'une pierre qui peuvent abriter un microclimat, les **mésosécosystèmes** plus importants tel que les forêts ou les lacs et les **macroécosystèmes** comme les océans, les déserts, une région, ...etc.

- Exemple :

L'écosystème d'une forêt comprend les arbres, les plantes du sous bois, des animaux variés tels que les insectes, les oiseaux et les mammifères, la nature du sol, les conditions du climat, ...etc.

En conclusion : Nous dirons que :

- 1- **la biocénose** : est un ensemble des espèces végétales et animales qui peuplent un territoire donné (biotope) soumis à diverses conditions externes (Levêque, 2001 ; Faurie *et al.*, 2003).

La biocénose est caractérisée par :

- a/** une composition spécifique déterminée c'est-à-dire l'étude du nombre d'espèces qui sont stables dans la biocénose.
- b/** présence de phénomènes d'interdépendance (des relations) entre les éléments de la biocénose.
- c/** occupation d'un espace déterminé ou biotope.

2- **Le biotope** : constitue un espace soumis à différents facteurs (du sol ou climatiques) occupé par des espèces végétales et animales constituant une biocénose.

* Exemple : considérons **la forêt** comme élément constitutif de la biosphère, on peut distinguer dans cette dernière deux parties :

Première partie : **L'élément vivant** : comprenant les végétaux et les animaux qui trouvent les conditions du milieu physiques et chimiques leur permettant de vivre et de se reproduire : biocénose.

Deuxième partie : **Le milieu physique et chimique** : constituant le milieu dans lequel vit les végétaux et les animaux. Ce milieu ou biotope est l'élément non vivant ou abiotique de la forêt.

3- Notion de facteur écologique :

On appelle « **facteur écologique** » tout élément susceptible d'agir sur les êtres vivants, au moins durant une partie de leur développement. Les principaux facteurs écologiques sont :

- Les **facteurs abiotiques** qui correspondent à l'ensemble des facteurs de nature physique ou chimique qui caractérisent le milieu considéré.
- Les **facteurs biotiques** appelés également facteurs dépendants de la densité, correspondent à l'ensemble des interactions entre individus.

Pour tout facteur écologique abiotique ou biotique, chaque espèce vivante présente **une limite inférieure de tolérance, un optimum et une limite supérieure de tolérance** (Fig. 2).

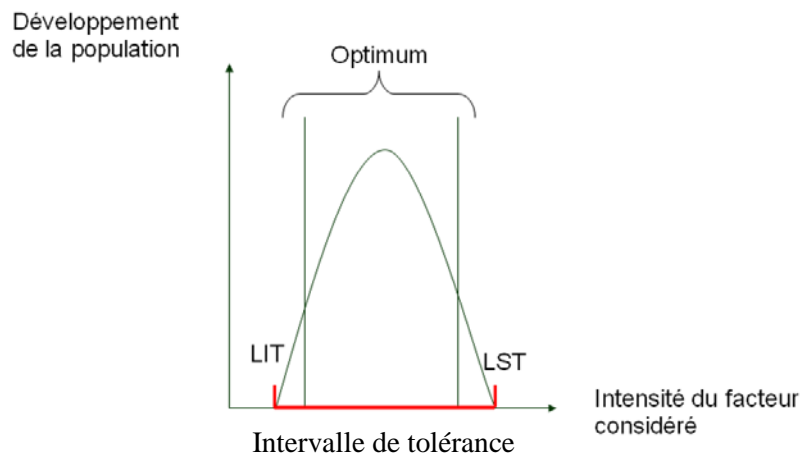


Figure 2 : Développement d'une population animale en fonction de l'intensité du facteur considéré.

LIT : Limite inférieure de tolérance

LST : Limite supérieure de tolérance

L'expérience montre, que tous les facteurs écologiques, sans aucune exception, sont susceptibles à un moment ou à un autre, ou dans certaines conditions locales de se comporter comme **des facteurs limitants**.

3.1- Notion de facteur limitant :

Tout organisme pour vivre a besoin d'un certain nombre de conditions nécessaires. Si tous les facteurs se trouvent favorables sauf un seul qui se trouve incomplètement réalisé, c'est ce dernier qui joue le rôle de facteur limitant.

Un facteur écologique joue le rôle de facteur limitant s'il est absent ou réduit au dessous d'un minimum critique ou bien s'il excède le niveau maximum tolérable (Fig. 3). C'est le cas de la température, lorsqu'elle est très basse ou très forte, elle agit négativement sur les êtres vivants.

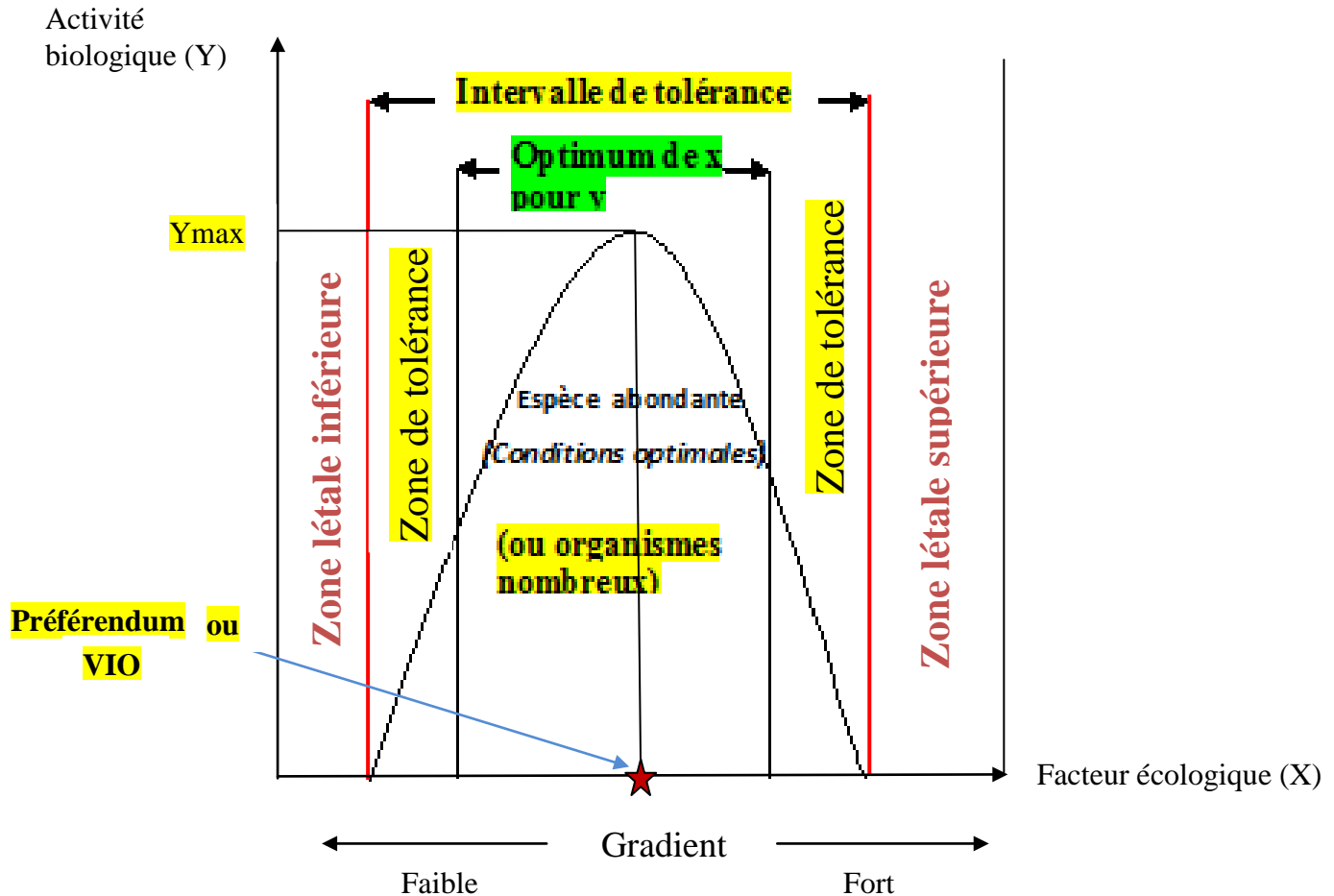


Figure 3 : Courbe illustrant la loi de Shelford (loi de tolérance) (développement personnel).

VIO : Valeur intermédiaire optimale ou Préférendum.

De la figure précédente, on déduit différentes espèces :

| | | |
|------------------------------|---|---|
| Zone optimale | → | Espèce abondante (conditions optimales) |
| Zone létale inférieure (ZLI) | → | Espèce absente (conditions létales) |
| Zone létale supérieure (ZLS) | → | Espèce absente (conditions létales) |
| Zone de tolérance | → | Espèce rare (conditions défavorables) |

Pour tout facteur écologique, existe un intervalle de valeurs (ou gradients) à l'intérieur duquel tout processus écologique dépendant de ce facteur pourra s'exprimer normalement. De part et d'autre de cet intervalle apparaissent des zones létales où la mort de l'organisme résulte respectivement d'un défaut ou d'un excès du facteur considéré.

Au sein de l'intervalle de tolérance, existe une valeur intermédiaire optimale appelée « **préférendum** » pour laquelle la réponse au facteur écologique est maximale.

Donc toute unité biologique (ça peut être un organisme, une population, un peuplement, une **guilde**,...) a vis-à-vis des facteurs écologiques **une amplitude** qui comporte un Minimum, un Maximum et un optimum.

Guilde : ensemble d'espèces qui exploitent le même type de ressources (peuplement dont tous les individus ont la même origine alimentaire). Root (1967), est l'auteur d'une étude qui est à l'origine du développement du concept de « guilde » en écologie.

- * Exemples:
- Une guilde d'oiseaux granivores,
 - Une guilde d'oiseaux insectivores.

1.2. Domaines d'intervention

A l'intérieur de l'écologie, il y'a un nombre de domaines d'intérêt spécifique dont on distingue par exemple :

- **L'écologie du comportement** est concernée par l'explication des types de comportement des animaux.
- **L'écologie physiologique** explore la physiologie d'un individu et considère les conséquences sur l'activité et le comportement.

En général, dans les sciences biologiques, l'attention des chercheurs se porte sur **des niveaux d'organisation très différents**. Les niveaux d'organisation qui appartiennent au domaine de l'écologie sont les suivants : les organismes, les populations et les peuplements, les biocénoses et les écosystèmes, les paysages et enfin l'ensemble de la biosphère (biosphère = est l'ensemble des régions de la terre où la vie est possible en permanence).

Du point de vue méthodologie, l'écologie cherche ce qui se passe réellement dans les conditions naturelles; son domaine d'observation est donc **la nature** l'endroit où vivent les êtres vivants donc l'écologie est avant tout **une science d'observation** dont l'expérimentation occupe peu de place.

Entre autre, il est donc important de signaler que les études écologiques portent conventionnellement sur 03 niveaux à savoir celui de **l'individu**, celui de la **population** et celui de la **communauté**.

- **Un individu** : est un spécimen d'une espèce donnée faisant l'objet de l'autoécologie.
- **Une communauté ou biocénose**: 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).
- **Une population** : Ensemble des individus appartenant à la même espèce (l'ensemble des individus d'une espèce donnée) vivant dans un même biotope à **un moment déterminé**.

Exemples de population :

- Les grenouilles vertes (*Rana esculenta*) d'un étang,
- les grillons (Insectes Orthoptères) d'une prairie forment des populations.

On peut diviser l'écologie en :

- **Autoécologie** : l'étude de l'adaptation d'une espèce à son **milieu**.
- **Synécologie** : qui traite les rapports entre diverses espèces sous l'influence du **milieu**

Le facteur commun entre les deux disciplines est la notion du milieu.

Il existe deux composantes différentes du « **milieu** » ou « **environnement** », il s'agit de l'environnement physique et de l'environnement biotique.

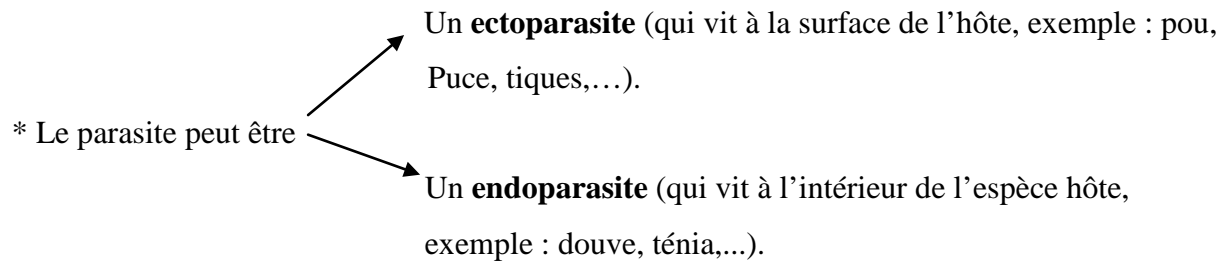
- **Environnement physique** : se traduit par l'étude des paramètres comme la température, la disponibilité de l'eau, la vitesse du vent, l'acidité du sol, ...etc.
- **Environnement biotique** : qui comporte toutes influences sur un organisme exercées par d'autres organismes, incluant la compétition, **la prédation, le parasitisme**, la coopération, ...etc.

* Le prédateur est un organisme libre qui recherche une nourriture vivante. Il tue sa proie pour la manger. Les prédateurs peuvent être polyphages (s'attaquant à un grand nombre d'espèces), oligophages (se nourrissant de quelques espèces), ou monophages (ne subsistant qu'au dépend d'une seule espèce).

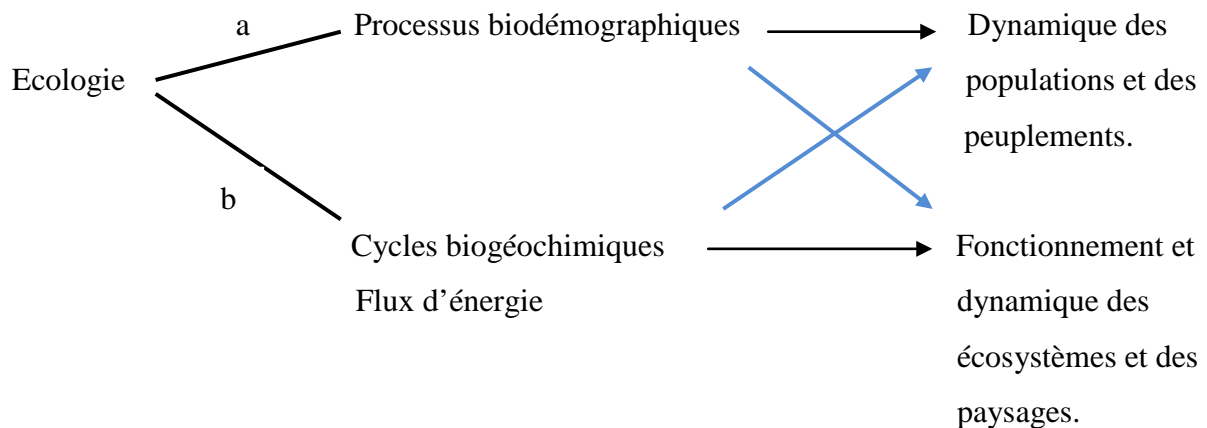
« Les prédateurs jouent un rôle important dans l'équilibre biologique; ils ont une action limitante ou régulatrice sur les populations des espèces proies ».

Les réponses des prédateurs aux variations de densité de ses proies sont de deux sortes : la réponse fonctionnelle et la réponse numérique (Holling, 1959).

- La **réponse fonctionnelle** correspond aux variations du nombre de proies consommées par individu et par jour.
- La **réponse numérique** représente l'augmentation du nombre de prédateurs en fonction du nombre de proies.
- En combinant les deux réponses, la **réponse totale** indique le pourcentage de prédation en fonction de l'abondance de la proie.



L'écologie, en tant que science de la nature, a pour objet, d'une part, l'**analyse des processus biodémographiques** qui interviennent dans la dynamique des populations et des peuplements et, d'autre part, l'**étude des cycles biogéochimiques et des flux d'énergie** qui animent les écosystèmes et paysages.



Sans oublier donc de donner une importance majeure **aux sociétés humaines** qui dépendent et affectent ces cycles et processus.

Donc l'écologie se structure autour de **deux axes fondamentaux** à savoir :

- a-** l'étude de la dynamique et du fonctionnement des populations et des peuplements ;
- b-** l'étude de la dynamique et du fonctionnement des écosystèmes et des paysages.

a - l'écologie populationnelle s'intéresse à des objets de recherche qui sont des **populations** (systèmes biologiques) animales, végétales ou microbiennes, à leur dynamique et à leurs interactions. Taux de mortalité, taux de fécondité, structure sociale, structure génétique, traits physiologiques, comportements, relations de compétition ou de prédation, mutualisme sont tous des processus biodémographiques.

- c-** représente donc l'écologie écosystémique, les objets de recherche dans ce cas sont les **écosystèmes** et les **paysages**. L'écologie s'intéresse aux cycles de la matière et aux flux d'énergie qui les structurent : les processus et mécanismes de décomposition, de production, de transferts, de recyclage – on parle alors de **cycles biogéochimiques** -.

Chapitre II : les facteurs du milieu

Les facteurs écologiques représentent tout élément du milieu susceptible d'agir sur les êtres vivants, ils concernent les facteurs abiotiques et biotiques (Dajoz, 2006). Les conditions qui règnent dans un biotope donné dépendent toujours de deux sortes de facteurs :

- Les facteurs abiotiques indépendants des êtres vivants
- Les facteurs biotiques dépendants des êtres vivants et de leur densité.

2.1. Les facteurs abiotiques

Dreux (1980), montre que tout être vivant est influencé par un certain nombre de facteurs dits abiotiques qui peuvent être répartis-en :

- Facteurs climatiques
- Facteurs édaphiques (du sol)
- Facteurs hydriques

2.1.1. Les facteurs climatiques

Ils concernent tous les éléments du climat tel que la température, la lumière, l'humidité, les précipitations, les vents,...etc. Les facteurs climatiques jouent un rôle fondamental dans la distribution et la vie des êtres vivants (Faurie *et al.*, 1984).

En écologie, il convient de bien distinguer **le macroclimat** ou climat météorologique d'une région **du microclimat** (ensemble des facteurs climatiques agissants en un lieu précis).

* Exemple :

- On parlera du macroclimat des hauts plateaux : il caractérise une zone de grande envergure (à grande échelle).
- On parlera du microclimat régnant sous une pierre ou une écorce d'arbre.

a / Les principaux facteurs climatiques :

On peut distinguer parmi les facteurs climatiques un ensemble de facteurs énergétiques (lumière / température), de facteurs hydrologiques (précipitation = pluviométrie / hygrométrie = humidité) et de facteurs mécaniques (vent, neige, grêle) (RAMADE, 1984).

Prenant comme exemple, le vent, un facteur climatique d'ordre mécanique intervenant dans la pollinisation anémophile et dans le déplacement des graines (SELTZER, 1946). C'est un agent de transport des insectes à de grandes distances (KUHNELT, 1969).

Le rayonnement solaire représente la source d'énergie associée aux deux (02) facteurs écologiques fondamentaux qui sont la lumière (= éclairement) et la chaleur (= température).

DAJOZ (1974), a démontré que les êtres vivants ne peuvent se maintenir en vie et prospérer que lorsque certaines conditions climatiques du milieu sont respectées. Les animaux recherchent toujours la zone où règnent les conditions idéales pour vivre (CUISIN, 1973).

a.1 / **La température**

La température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (RAMADE, 1984 ; 2003). La température représente un facteur essentiel pour expliquer certains résultats et comportements des insectes (DREUX, 1980).

Pris au sens large, l'intervalle thermique dans lequel la vie est possible est comprise entre - 200 °C et + 100 °C. En effet, certaines formes de vie (spores de cryptogames, kystes de nématodes,...etc) peuvent supporter des températures inférieures à - 180 °C. Il en est de même des spermatozoïdes de mammifères qui gardent leur pouvoir fécondant après conservation à la température de l'azote liquide (- 196 °C) : propriété mise à profit dans les techniques d'insémination artificielle.

La température agit directement sur les activités enzymatiques et sur toute une série de phénomènes physico-chimiques extrêmement importants au niveau cellulaire, elle contrôle directement la respiration, la croissance, la photosynthèse et les activités locomotrices.

On distingue pour chaque espèce **trois températures** :

- Une température létale inférieure appelée également température de mort par le froid,
- Une température létale supérieure appelée également température de mort par la chaleur.
- Une température préférentielle (= **Préférendum**) recherchée par les êtres vivants.

La température agit également sur la morphologie des espèces végétales (exemple : les formes d'adaptation qui se traduisent par une diminution de la surface foliaire, par le changement d'orientation des feuilles, par la transformation des feuilles en épines, par les feuilles transparentes, par l'augmentation de la taille du système racinaire,...).

Les températures basses et extrêmes (élevées) provoquent chez les animaux et les végétaux certains types de comportement qu'on appelle « **état de vie ralentie** ». Les Arthropodes ainsi que d'autres invertébrés susceptibles d'être exposés à une phase de gel ou de chaleur excessive au cours de leur cycle vital subissent des arrêts de développement (chez les jeunes stades) ou d'activités (chez les adultes) pendant ces périodes défavorables. Selon qu'ils sont obligatoires ou facultatifs de tels arrêts sont dénommés respectivement **Diapause** ou **Quiescence**.

Les nématodes phytoparasites sont exposés à des conditions défavorables (manque ou absence de nourriture, dessiccation, variation de température). Pour y faire face, ces nématodes ont développé des adaptations comportementales, morphologiques ou physiologiques (Antoniou, 1983). Des phénomènes de dormance leur permettent de suspendre leur développement et d'assurer leur survie en conditions défavorables.

* **Le phénomène de diapause**

Il représente une adaptation au cycle saisonnier défavorable. La diapause a pour but de lutter contre le froid hivernal (hibernation) ou à la forte chaleur estivale.

La diapause représente une période du cycle de vie de certains invertébrés, au cours de laquelle **le développement des larves** ou **l'activité des adultes** sont interrompus. La diapause se manifeste de manière obligatoire en prévision des conditions mauvaises et s'étend sur de longues périodes (de plusieurs mois voire de plusieurs années). Une fois les conditions redeviennent favorables, ces êtres vivants reprennent leur état de vie active. Les diapauses sont des arrêts d'activité sous régulation endocrine (hormonale) (Bouché, 1984).

Les phénomènes de dormance peuvent aussi être des réponses programmées à des phénomènes saisonniers et il s'agit alors de diapause. C'est ainsi que certaines populations de l'espèce *Meloidogyne incognita* présentent une diapause embryonnaire, résultat d'une adaptation aux conditions environnementales (plante hôte, potentiel hydrique du sol) pour se maintenir dans des conditions défavorables (de Guiran, 1980).

*** Le phénomène de Quiescence**

Il traduit une forme de repos non obligatoire permettant à un organisme de subsister temporairement lorsque les conditions extérieures lui sont défavorables (arrêt de développement provoqué par le froid ou la chaleur excessive, parfois la sécheresse). Ce sont des arrêts d'activité déclenchés par une cause extérieure (froid, sécheresse) et qui cessent lorsque la cause disparaît (Bouché, 1984).

Par exemple, en milieu déshydratant, *Ditylenchus dipsaci* est capable de suspendre son développement, ce qui lui permet de survivre pendant de nombreuses années en attendant des conditions plus favorables (Perry, 1977).

Des études menées sur *Nacobbus aberrans* ont montré que ce nématode présente des diapauses pour les troisième et quatrième stades juvéniles (J3 et J4) et des quiescences déclenchées par la présence de conditions défavorables comme le froid, la sécheresse et le manque de ressources alimentaires (Clark, 1967; Inserra *et al.*, 1983; Manzanilla-López & Pérez-Vera, 1999; Souza & Baldwin, 2000; Cristóbal *et al.*, 2001).

a.2 / La lumière

Elle joue un rôle primordial dans la plupart des phénomènes écologiques. Son intensité conditionne l'activité photosynthétique des végétaux. Sa durée au cours du cycle nycthéral (photopériode) contrôle la croissance des plantes et leur floraison, mais aussi l'ensemble du cycle vital des espèces animales (phénomènes d'hibernation ou de diapause,...). Les migrations animales (oiseaux, insectes,...) sont aussi sous la dépendance de la photopériode.

- **Photopériode** (ou Photophase) : Elle désigne la durée de la phase d'éclairement au cours du cycle de 24 heures. C'est donc la période éclairée d'un cycle journalier, c'est-à-dire le jour.

- **Nycthéral** : c'est la période de temps comprenant un jour et une nuit dont la durée est proche de 24 heures.

Les photopériodes courtes sont caractérisées par la prédominance de la scotophase, les photopériodes longues par celles de la photophase (Fig. 4).

La photopériode joue un rôle important dans l'écologie des divers êtres vivants. Au cours du cycle nycthéral alternent une période d'obscurité (scotophase = période nocturne) et une période d'éclairement (photophase = période diurne)

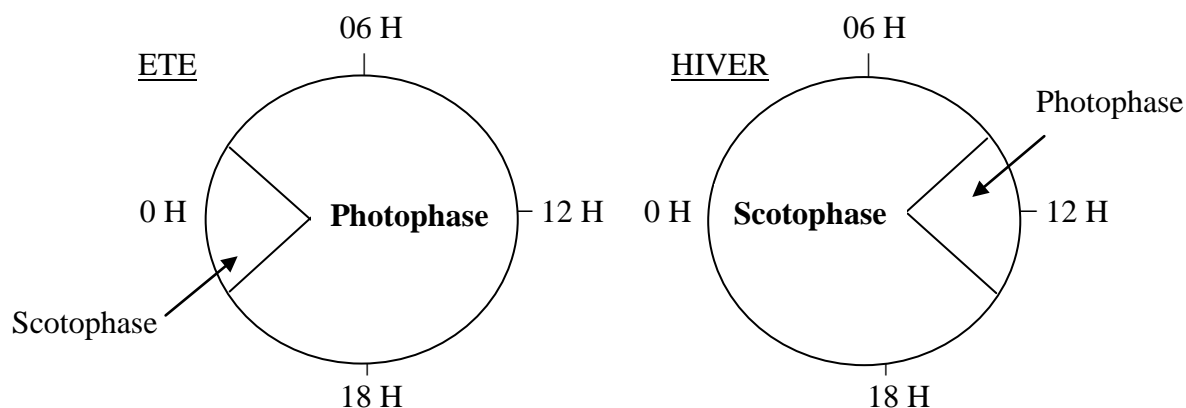


Figure 4: Variations relatives de la **scotophase** et de la **photophase** au solstice d'été et d'hiver à la latitude de 50° N, qui correspond à l'Europe moyenne.

La photopériode varie selon la latitude et les saisons, sauf aux **équinoxes** où elle est de 12 heures de nuit et de 12 heures de jour, quelque soit la localité considérée.

Il est donc important de signaler l'action de la photopériode chez les végétaux et chez les animaux.

Comme exemple la tomate n'est pas sensible au photopériodisme, cependant son développement exige de fortes quantités de lumière (Chougar, 2011).

La longueur de l'obscurité est essentielle pour le contrôle de la croissance et le développement de la tomate. Le développement reproducteur de la tomate est fortement influencé par la quantité totale d'énergie que reçoit la plante quotidienne (Kinet, 1985). Cette quantité dépend à la fois de la photopériode et de l'intensité lumineuse.

Remarque :

Solstice d'Eté : représente le jour le plus long : le 21 ou 22 juin de chaque année.

Solstice d'Hiver : représente le jour le plus court (la nuit la plus longue) dans l'hémisphère nord : le 21 ou 22 décembre de chaque année.

Equinoxe : représente l'égalité périodique des jours et des nuits en tous points du globe. L'équinoxe se produit deux fois par an : le 21 ou 22 mars et le 22 ou 23 septembre.

a.2.1 / Adaptation des végétaux à l'éclairement

En fonction de l'intensité lumineuse pour laquelle l'activité photosynthétique des plantes est maximale, on distingue des "espèces héliophiles" (ou de lumière) et des "espèces sciaphiles" (ou ombrophiles) appelées les plantes d'ombre.

- **Les Héliophytes** ou plantes de lumière dites également espèces héliophiles,
- **Les Sciaphytes** ou plantes d'ombre dites également espèces sciaphiles.

a.3 / Pluviométrie et hygrométrie

On désigne sous le terme général de pluviométrie la quantité totale de précipitations (pluie, grêle, neige) reçue par unité de surface et unité de temps. Les précipitations conditionnent le développement des plantes hôtes d'où leur influence sur les fluctuations des populations. Selon Mutin (1977), la pluviométrie présente une influence importante sur la flore et sur la biologie des espèces animales. L'hygrométrie, désigne la teneur en vapeur d'eau de l'atmosphère. L'humidité de l'air agit sur la densité de la population en provoquant une diminution du nombre d'individus lorsque les conditions hygrométriques sont défavorables (Dajoz, 1971).

L'eau représente donc un élément qui agit à divers niveaux sur les écosystèmes (représente également un milieu de vie pour les organismes aquatiques ; l'ensemble de la végétation et le monde vivant en général, a besoin de grandes quantités d'eau pour croître et survivre, également l'eau est un agent d'érosion,...).

2.1.2. Les facteurs édaphiques

Les sols constituent l'élément essentiel des biotopes propres aux écosystèmes continentaux. En fonction de ses propriétés physiques ou chimiques, le sol agit sur le tapis végétal à travers sa richesse et sa diversité.

Le sol constitue pour la plante un **support physique** et un **milieu nutritif** (eau, sels minéraux,...). Le sol est donc la partie superficielle de l'écorce terrestre explorée par les racines.

Parmi les principaux facteurs édaphiques on note :

2.1.2.1. **L'eau dans le sol** : on détermine quatre (04) catégories d'eau :

a / l'eau hygroscopique :

Elle provient de l'humidité atmosphérique et forme une mince pellicule autour des particules du sol. Elle est retenue très énergiquement et elle ne peut être utilisée ni par les animaux ni par les végétaux (**c'est une eau non utilisable**).

b/ l'eau capillaire non absorbable :

Elle occupe les pores d'un diamètre inférieur à 0,2 mm. Elle est également retenue trop énergiquement pour pouvoir être utilisée par les organismes (c'est une eau non utilisable).

c/ l'eau capillaire absorbable :

Elle est située dans les pores dont les dimensions sont comprises entre (0,2 mm et 8 mm). Elle est absorbée par les végétaux et elle permet l'activité des bactéries et des petits protozoaires comme les flagellés.

d/ l'eau de gravité :

Elle occupe de façon temporaire les pores les plus grands du sol (supérieur à 8 mm). Cette eau s'écoule sous l'action de la pesanteur. Dans la nature, cette eau après les pluies rejoint la nappe phréatique.

2.1.2.2. **La texture du sol** :

D'une manière générale, le sol est constitué de deux compartiments : la **fraction minérale** et la **fraction organique**.

2.1.2.2.1. **La fraction minérale** :

Elle représente l'ensemble des produits de la dégradation physique ou chimique de la roche mère.

2.1.2.2.2. **La fraction organique** :

Elle peut être définie comme une matière carbonée provenant de la décomposition des êtres vivants végétaux et animaux.

La texture d'un sol correspond à sa granulométrie. Elle se mesure par l'analyse granulométrique et correspond à la classification des éléments qui constituent la fraction

minérale du sol en fonction de leur taille (diamètre). On distingue l'argile, le limon, le sable, les graviers et les pierres.

Les divers éléments constitutifs du sol peuvent être séparés en plusieurs fractions :

- les graviers de plus de 2 mm de diamètre
- les sables grossiers de 0,2 mm à 2 mm
- les sables fins de 20 μ m à 0,2 mm
- les limons de 2 μ m à 20 μ m
- les colloïdes minéraux (surtout les argiles) de diamètre inférieur à 2 μ m.

La texture du sol présente une grande importance agronomique car elle joue un rôle déterminant dans la fertilité, donc pour la productivité des cultures. Donc la texture du sol correspond à ses compositions granulométriques.

2.1.2.3. Le pH du sol :

Il fait partie parmi les facteurs chimiques des sols et il influe sur la vie des végétaux. On trouve **des végétaux acidophiles** qui poussent dans les sols acides (exemple : le chêne liège) et **des végétaux basophiles** qui poussent dans les sols basiques (exemple : le pin d'Alep) et **des espèces indifférentes** qui poussent dans les deux types de sol comme l'olivier.

2.1.2.4. La structure du sol :

Elle traduit la façon dont les particules terreuses sont disposées les unes par rapport aux autres. On distingue :

a/ la structure élémentaire ou particulaire :

Exemple : les terres sableuses qui ne retiennent pas l'eau. Dans ce cas les éléments solides sont libres.

b/ la structure fragmentaire :

C'est la structure des meilleures terres de culture. Les constituants solides sont rendus solidaires par **le complexe argilo-humique**, entre lesquels se trouvent des vides permettant la circulation de l'air et de l'eau ainsi que la pénétration des racines. Le complexe joue le rôle de réserve d'eau et d'éléments nutritifs.

Humus : est la zone superficielle du sol caractérisée par l'importance des débris organiques végétaux et animaux dus à leur décomposition par des bactéries.

c/ la structure compacte ou massive :

Aucun vide n'existe entre les particules qui forment un bloc.

2.1.3 Les facteurs hydriques

a.3.1 / Adaptation des êtres vivants aux conditions hydriques = Classification des êtres vivants en fonction de leurs besoins en eau.

On distingue :

- Les organismes aquatiques ou hydrophiles
- Les organismes semi-aquatiques ou amphibies
- Les organismes hygrophiles
- Les organismes mésophiles
- Les organismes xérophiles

a.3.1.1 / **Les organismes aquatiques ou hydrophiles** : Il s'agit d'organismes vivant évoluant en permanence dans l'eau (exemple les poissons chez les animaux, Algues, Nymphaeae, Renoncules aquatiques (plantes dont les inflorescences et les feuilles sont flottantes).

a.3.1.2 / **Les organismes semi-aquatiques ou amphibies**: comme les grandes herbes des rives des cours d'eau et d'étangs (exemple **les roseaux**), les grands arbres des forêts marécageuses et les amphibiens adultes.

a.3.1.3/ **Les organismes hygrophiles** : Il s'agit des organismes ne pouvant vivre que dans des milieux très humides, souvent saturés ou proche de la saturation (exemple : les joncs, les saules chez les végétaux et Gastéropodes terrestres, les lombricidés chez les animaux).

a.3.1.4 / **Les organismes mésophiles** : ce sont des organismes qui ont des besoins modérés en eau ou en humidité atmosphérique et qui supportent les alternances de saisons sèches et de saisons humides. Il s'agit de la majorité des espèces animales et végétales ; exemple : l'Homme.

a.3.1.5 / **Les organismes xérophiles** : Ils vivent dans les milieux secs où le déficit en eau est accentué aussi bien dans l'air que dans le sol (exemple : quelques Insectes et mammifères et diverses espèces dans le règne végétal dont des cactées, des graminées, des composées,...).

Les plantes des milieux secs (**xérophytes**) présentent diverses adaptations morphologiques à l'absence d'eau pendant une durée prolongée.

2.2. **Les facteurs biotiques**

Les facteurs biotiques caractérisent l'ensemble des influences qu'exercent les êtres vivants entre eux et sur leur milieu.

Les interactions qui se manifestent entre les divers organismes peuplant un milieu déterminé sont nommées **coactions**. Elles sont de 02 types :

- celles qui se produisent entre individus de la même espèce : ce sont **des réactions homotypiques**. Parmi ces réactions, l'effet de groupe, l'effet de masse et la compétition intraspécifique,
- celles qui se produisent entre individus d'espèces différentes : ce sont **des réactions hétérotypiques**. Parmi ces réactions, la prédation, le parasitisme, la coopération, la symbiose et la compétition interspécifique.

2.2.1. **Compétitions**

2.2.1.1. Compétition intraspécifique

Cette compétition a lieu entre animaux de la même espèce. Elle aboutit à une certaine sélection naturelle : survie des plus forts, des plus intelligents et des plus rapides et élimination des plus faibles, des moins intelligents et des plus lents.

La compétition intraspécifique apparaît dans les comportements territoriaux, lorsqu'un animal défend son lieu de nidification (l'endroit où il construit son nid et y pond ses œufs) et une certaine surface environnante.

Le maintien d'une hiérarchie sociale avec des individus dominants (individus qui commandent) et des individus dominés (non dominants) est un autre exemple de compétition intraspécifique.

La compétition alimentaire entre individus de la même espèce est intense quand la densité de la population devient élevée.

2.2.1.2. Compétition interspécifique :

Ce type de compétition se manifeste quand deux espèces différentes utilisent une ressource commune dont la disponibilité est limitée (**compétition par exploitation**) ou si leurs populations se gênent mutuellement pour accéder à la ressource dont elles ont besoin, mais si celle-ci existe en quantité surabondante (**compétition par interférence**). De la compétition interspécifique se définit le **principe d'exclusion réciproque** qui a été mis en évidence par **Gauss (1934)** dans une série d'expériences. Cet auteur a élevé dans des cultures in vitro deux espèces de protozoaires ciliés, *Paramecium aurelia* et *Paramecium caudatum*. Il a observé qu'en culture mixte, la compétition pour la nourriture conduisait toujours à l'élimination de la seconde espèce par la première.

Le **principe d'exclusion réciproque** est donc de portée universelle et peut s'énoncer de la façon suivante : « les populations de deux espèces ayant les mêmes exigences écologiques ne peuvent coexister, l'une d'elles éliminant l'autre à plus ou moins brève échéance » (Fig. 5).

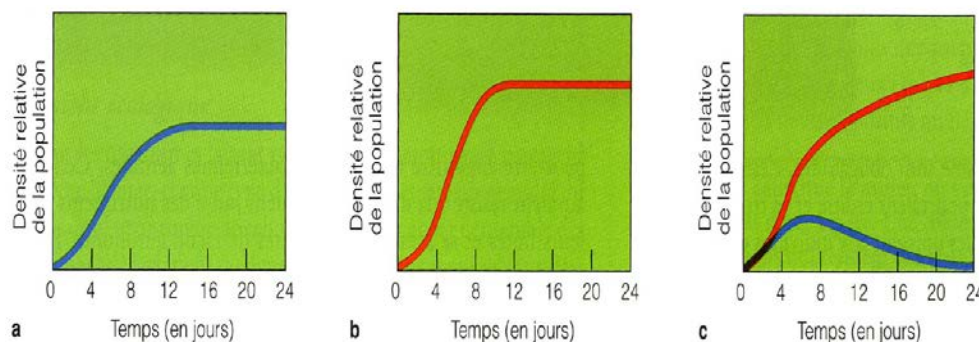


Figure 5 : Le principe d'exclusion réciproque

a : croissance de *Paramecium caudatum* dans un milieu donné : croissance stable.

b : croissance de *Paramecium aurelia* dans un milieu donné : croissance stable.

c : croissance des 2 espèces ensemble : *P. aurelia* provoque l'extinction de *P. caudatum*

En plus de ces deux types de compétitions, on note aussi :

a/ L'effet de groupe (réaction homotypique):

Il désigne l'ensemble des modifications physiologiques, morphologiques et du comportement qui apparaissent lorsque plusieurs individus de la même espèce vivent ensemble dans un espace raisonnable et avec une quantité de nourriture suffisante.

Cet effet de groupe existe chez de nombreux ordres d'insectes et de vertébrés. Il a pour conséquence une augmentation souvent considérable de la vitesse de croissance. L'effet de groupe se manifeste chez de nombreuses espèces qui ne peuvent se reproduire normalement que lorsqu'elles sont représentées par des populations assez nombreuses.

Exemple : on estime qu'un troupeau d'éléphants d'Afrique doit renfermer au moins 25 individus pour vivre. Au dessous de 25, c'est tout le troupeau qui est en danger.

La recherche de nourriture, la lutte contre les ennemis est facilitée par la vie en commun (en communauté) des individus.

b/ **L'effet de masse** (réaction homotypique):

Il désigne les effets qui se produisent lorsque le milieu est surpeuplé (également limiter). L'effet de masse a des conséquences néfastes pour les animaux alors que l'effet de groupe a des conséquences bénéfiques.

(L'effet de masse apparaît lorsque l'espace est limité, insuffisance de ressources alimentaires,...).

2.2.2. Ravageurs et Prédateurs

2.2.2. 1. Ravageurs

La culture de la tomate comme exemple, en plein champ et sous serre, est exposée chaque année à un phytophage redoutable en provoquant des dégâts considérables, connu sous le nom de la mineuse de la tomate (Badaoui et Berkani, 2010) (Fig. 6). Les plants de tomate peuvent être infestés de l'état semence à celui de **plante** mature. La mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) diminue le rendement et la qualité des fruits causant ainsi 100% de pertes de rendement dans les cultures de tomates sévèrement infestées (Arno et Gabarra, 2011).

Tuta absoluta se développe principalement sur la tomate (*Lycopersicon esculentum*) qui se présente comme plante hôte mais aussi sur diverses autres espèces de solanacées cultivées telles que la pomme de terre, l'aubergine, les piments, la morelle noire, la morelle jaune, ... etc. (Ramel et Oudard, 2008 ; Lebdi *et al.*, 2011).



(a)



(b)

Figure 6 : Dégâts de *Tuta absoluta* (Anonyme, 2012). (a) : sur feuilles de tomate, (b) : sur fruit de tomate.

On peut citer également d'autres ravageurs tel que le charançon des céréales (coléoptère granivore) qui se présente comme une espèce cléthrophage se nourrissant de graines sèches et cause ainsi des dégâts au niveau des denrées alimentaires stockées (Fig. 7).



Figure 7 : *Sitophilus granarius* (charançon des céréales)

2.2.2. 2. Prédateurs

Le prédateur est un organisme libre qui recherche une nourriture vivante. Il tue sa proie pour la consommer. La prédation joue un rôle très important dans la nature c'est-à-dire elle régularise les populations (proies) qui sont en surplus pour garder un certain équilibre : Prédateur – Proie.

Le prédateur ou le parasite subsiste au dépend d'une ou de plusieurs espèces.

2.2.3. Interaction de coopération et de symbiose :

2.2.3. 1. Interaction de coopération

Les deux espèces ont un meilleur développement lorsqu'elles se présentent côte à côte, si elles sont séparées elles n'ont aucun effet négatif l'une sur l'autre.

2.2.3. 2. Interaction de symbiose

Elle représente une association stricte et à bénéfice réciproque entre deux organismes d'espèces différentes, ne pouvant vivre l'un sans l'autre.

* Exemple :

Un **lichen** résulte de l'association d'une algue et d'un champignon : l'algue apporte par photosynthèse les matières organiques nécessaires au champignon, tandis que celui-ci (le champignon) lui fournit l'humidité propice à sa survie.

Dans cette association, chaque espèce ne peut survivre, croître et se reproduire qu'en présence de l'autre: les deux espèces vivent en symbiose, c'est l'exemple parfait du mutualisme.

(Lichens : Végétaux inférieurs constitués par un appareil végétatif dépourvu de racines, tiges ou feuilles, qui recouvrent fréquemment des rochers ou des troncs d'arbres).

2.2.4. Parasitisme

Le parasite est au moins à un stade de son développement lié à la surface (**ectoparasite**) ou à l'intérieur (**endoparasite**) de l'espèce hôte. Le parasite possède une petite taille par rapport à son hôte. Le parasite se développe le plus souvent quand l'hôte est en état de faiblesse. Le parasite peut entraîner ou non la mort de son hôte.

3/ Interactions des milieux et des êtres vivants

3.1/ Rôle des facteurs écologiques (biotiques et abiotiques) dans la régulation des populations : notion d'optimum écologique, valence écologique et de niche écologique.

3.1.1/ Impact des facteurs écologiques l'impact de ces facteurs se traduit sur :

a/ **les aires de répartition biogéographiques**

Une espèce peut être éliminée par un certain nombre de facteurs d'une aire biogéographique s'il y aura une incompatibilité avec les exigences vitales de l'espèce.

b/ **la densité des populations**: modification des taux de natalités ou de mortalités.

Pour interpréter la cause des variations d'effectifs d'une population au cours du temps, il est nécessaire de comprendre comment les taux de natalité et de mortalité sont affectés en fonction de la densité de la population considérée, mais aussi en fonction des fluctuations de valeurs présentées par les facteurs écologiques limitants propres à l'écosystème auquel l'espèce est inféodée.

Il faut donc expliquer comment interviennent les mécanismes qui ralentissent la diminution des effectifs quand les conditions ambiantes deviennent défavorables, ou leur accroissement lorsque l'environnement est favorable.

3.1.2/ Notion de loi du minimum et de valence écologique

a/ **Loi du minimum**

Découverte dès 1840 par Liebig, elle concernait initialement l'influence respective des différents éléments minéraux indispensables aux plantes cultivées. Elle stipule que la croissance d'un végétal n'est possible que dans la mesure où tous les éléments indispensables pour l'assurer sont présents en quantités suffisantes dans le sol. Ce sont les éléments déficitaires qui conditionnent la production des cultures.

La croissance des végétaux est limitée par un élément dont la concentration est inférieure à une valeur minimum, en dessous de laquelle la croissance n'est pas possible.

Exemple :

- **Le bore** est un élément indispensable à la croissance des plantes mais la croissance des plantes peut s'arrêter lorsqu'il est absent ou présent en quantité insuffisante.
- Il faut souligner que la loi du minimum varie dans son expression par suite de l'interaction des facteurs écologiques. Ainsi, chez les plantes, **le zinc** est nécessaire à moindre concentration dans les sols pour les sujets croissants dans l'ombre que pour ceux qui sont exposés en plein soleil.

La loi du minimum a été développée et on parle aujourd'hui des facteurs limitants.

b/ Notion de valence écologique

On appelle « **valence écologique** » d'une espèce, la capacité ou la faculté qu'à cette espèce de peupler ou de coloniser des milieux différents caractérisés par des variations plus ou moins grandes des facteurs du milieu.

- Une espèce à faible valence écologique sera dénommée **Sténoèce**
- Une espèce à moyenne valence écologique sera dénommée **Mésoèce**
- Une espèce à forte valence écologique sera dénommée **Euryèce**

La valence écologique de toute espèce vivante sera d'autant plus grande que le gradient des facteurs de l'environnement dans lequel son développement est possible sera plus étendu.

Cette notion de valence écologique s'applique tout autant à des entités biocénétiques plus étendues : peuplement voire communautés tout entières.

c/ Niche écologique

Elle définit la place originale occupée dans un biotope par une espèce et ensemble des relations de tous ordres qu'elle a avec les composantes de ce milieu et ses autres habitants.

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 (Barbault, 1997).

Egalement selon Elton, 1927 ; Hutchinson, 1957 désignent sous le terme de niche écologique le rôle et la place de l'organisme dans le fonctionnement de l'écosystème.

Elton (1927), introduit dans le concept de niche les relations que les organismes entretiennent avec leur nourriture et leurs ennemis (compétition, prédation, parasitisme).

Chapitre III : Structure des écosystèmes

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

Notion de chaîne alimentaire :

On appelle chaîne alimentaire une série d'espèces dont chacune se nourrit au dépend de celle qui la précède dans la série (Dajoz, 2006 ; Lebreton, 2011).

La multitude d'êtres vivants qui peuplent une communauté est unie par des liens de nature alimentaire qui jouent un rôle essentiel dans la cohésion de la biocénose.

L'ensemble de ces liens constitue une chaîne trophique. Celle-ci assure la circulation de la matière et en conséquence le transfert d'énergie sous forme biochimique entre les divers organismes de l'écosystème.

Les relations d'ordre alimentaire jouent un grand rôle dans le fonctionnement des écosystèmes. Une chaîne alimentaire est donc un élément d'écosystème dont laquelle diverses espèces établissent entre elles des liens de dépendance de telle sorte qu'une espèce ne peut consommer que les espèces d'un niveau inférieur et n'être consommée que par les espèces d'un niveau supérieur.

Donc une espèce du rang n consomme celle du rang $n-1$; cette dernière (n) est consommée par $n+1$:

$$n - 1 \longrightarrow n \longrightarrow n + 1$$

\longrightarrow : est mangé par

Selon l'hypothèse traduite par Cousin (1987), la taille joue un rôle important dans les réseaux trophiques où l'aliment - particule est recherché par le prédateur qui est une particule de taille supérieure. En théorie, le long d'une chaîne alimentaire on observe ainsi :

- Une augmentation de la taille des particules vivantes ;
- Une diminution du nombre des particules en fonction de la taille ;
- Une concentration de la biomasse dans les unités de plus en plus grandes.

Dans le cas d'une chaîne alimentaire qui commence par les végétaux supérieurs, tout écosystème comporte un ensemble d'espèces animales et végétales qui peuvent être répartis en trois (03) catégories principales selon les modalités de leur nutrition :

a/ **Les producteurs** : sont des organismes qui édifient leur matières vivantes exclusivement à partir de substances minérales seulement sous l'influence de l'énergie lumineuse du soleil comme exemple (dans le cas de la photosynthèse). Ce sont des organismes autotrophes.

L'ensemble des végétaux autotrophes d'une communauté représente les producteurs.

Les substances organiques synthétisées par les organismes autotrophes (producteurs) servent d'aliments aux animaux hétérotrophes incapables de les fabriquer (consommateurs) au cours des chaînes alimentaires.

Les producteurs représentent le premier maillon (niveau) de toute chaîne alimentaire.

b/ **Les consommateurs** : Ils se nourrissent de matières organiques déjà élaborées. Ce sont des organismes hétérotrophes. On peut distinguer :

b.1/ Les consommateurs de premier ordre (CI) : Ils se nourrissent des producteurs (ce sont les animaux végétariens) appelés également des herbivores.

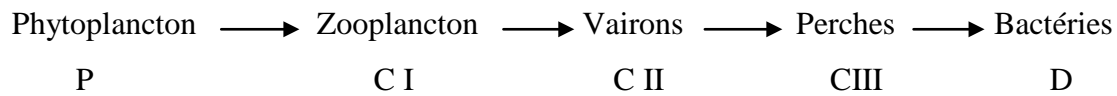
b.2/ Les consommateurs de deuxième ordre (CII) : Ils se nourrissent des consommateurs de premier ordre. Ce sont des animaux carnivores mangeurs d'herbivores.

b.3/ Les consommateurs de troisième ordre (CIII) : Ils se nourrissent des consommateurs de deuxième ordre. Ce sont des animaux carnivores mangeurs de carnivores.

c/ **Les décomposeurs** : Ils se nourrissent des cadavres et des déchets des producteurs et des consommateurs et qu'ils contribuent à transformer en substances minérales et en CO₂. Ce sont surtout des bactéries.

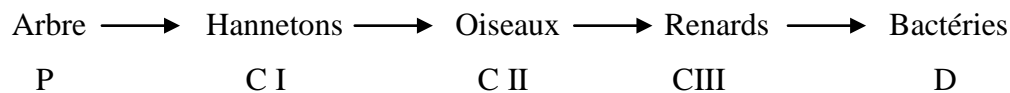
Exemples de chaînes alimentaires :

a/ Au niveau d'un lac :



Avec P: producteurs; C I: Consommateurs de premier ordre ; C II : Consommateurs de deuxième ordre ; C III : Consommateurs de troisième ordre ; D : Décomposeurs.

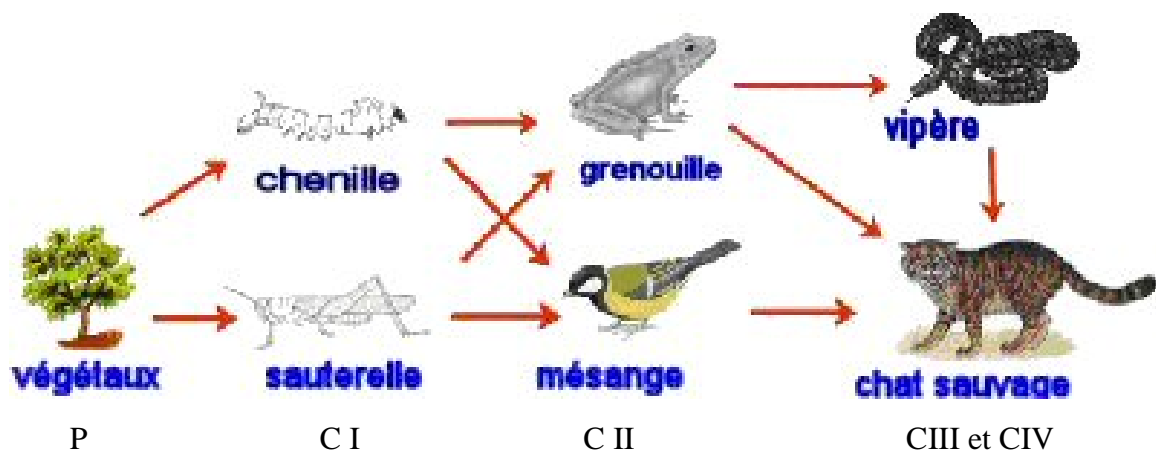
b/ Au de la forêt :



c/ Au niveau du jardin :



La réalité est toujours plus complexe que les exemples cités ci-dessus car certains animaux appartiennent simultanément ou successivement à plusieurs catégories différentes de consommateurs : il se forme ainsi un « **réseau** » plutôt qu'une « chaîne alimentaire ». Les exemples suivants démontrent des réseaux trophiques simples (Fig. 8):

Exemple 1 :

Exemple 2 :

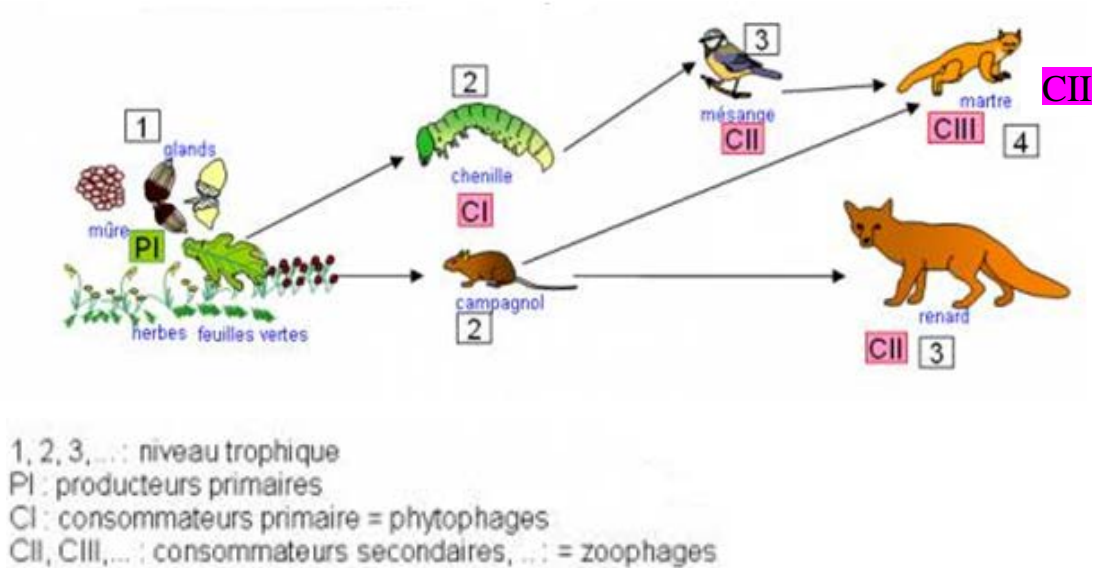


Figure 8: Réseaux trophiques (1 et 2) simples (simplifiés) de l'écosystème forestier.

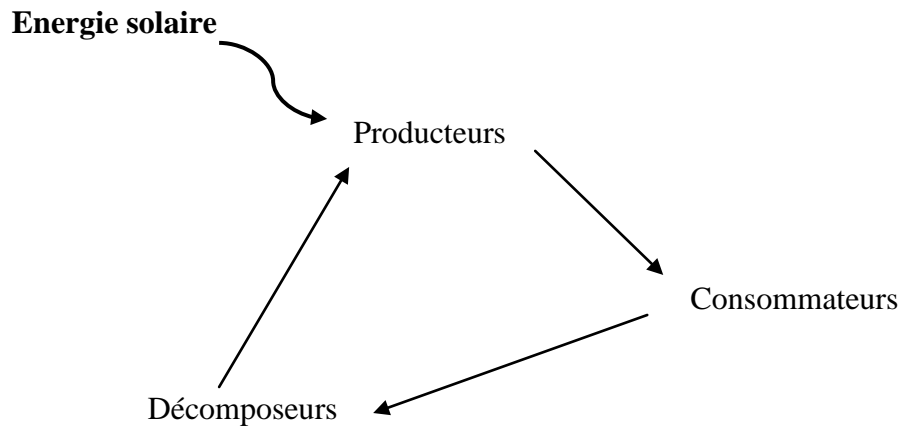
Un niveau trophique signifie le niveau d'alimentation dans une chaîne alimentaire et chaque niveau constitue un lien entre les organismes du niveau inférieur et ceux du niveau supérieur.

3.2. Les consommateurs (Hétérotrophes) qui sont liés aux producteurs et enfin les décomposeurs qui assurent le recyclage et la minéralisation de la matière organique (voir 3.1)

* Définition d'un organisme hétérotrophe

Ce sont donc des organismes en particulier les animaux, incapables de synthétiser leurs constituants organiques à partir des substances minérales. Ces êtres vivants dits hétérotrophes se nourrissent en utilisant les substances organiques produites par les végétaux (autotrophes) ou tirées d'autres animaux. Les hétérotrophes dépendent toujours d'autres êtres vivants pour leur nutrition.

Les relations énergétiques entre ces trois catégories peuvent être représentées ainsi :



Il existe plusieurs sortes de décomposeurs, chacun à une fonction bien précise pour décomposer la matière organique morte en éléments de plus en plus petits. Les plus gros décomposeurs sont les petits animaux se nourrissant de cadavres, de déchets ou de débris végétaux. Leur travail est complété par des micro-organismes comme les bactéries ou les champignons. Les transformateurs (bactéries, champignons) modifient totalement la structure de l'humus puisqu'ils le transforment en éléments minéraux (minéralisation complète) qui pourront à nouveau réintégrer l'écosystème, à travers ses nombreux cycles.

Chapitre IV : Fonctionnement des écosystèmes

Le fonctionnement de la biosphère est la résultante du fonctionnement de tous les êtres vivants qui la composent, et il se manifeste par des transferts continuels de matière et d'énergie entre le milieu physico-chimique ambiant et les organismes d'une part, entre les organismes d'autre part. Ces transferts correspondent à quelques grands mécanismes qui caractérisent divers groupes fonctionnels entre lesquels se répartissent les êtres vivants (1).

4.1. Flux de l'énergie au niveau de la biosphère

Une des principales fonctions d'un écosystème est la production de matière organique vivante par les organismes autotrophes. Cette matière organique contient de l'énergie qui sera utilisée et dégradée par les consommateurs hétérotrophes au sein des réseaux trophiques.

« Après la mort des organismes, la matière organique est décomposée : les constituants minéraux sont recyclés et entrent dans un nouveau cycle d'élaboration des tissus des organismes autotrophes ».

Selon Evans (1956), l'écologie des écosystèmes étudie « la circulation, la transformation et l'accumulation de l'énergie et de la matière à travers le milieu constitué par les formes vivantes et leurs activités ».

4.1.1 - Cycle de l'énergie dans un écosystème :

L'écosystème peut être défini également comme une superposition du cycle de la matière et du cycle de l'énergie mettant en cause des transferts de matière et d'énergie entre les niveaux trophiques.

4.1.2 - Partitionnement de l'énergie au niveau des organismes et des chaînes trophiques :

Echange de matière et d'énergie qui s'effectue depuis les producteurs autotrophes vers le sommet des réseaux trophiques (Fig. 9).

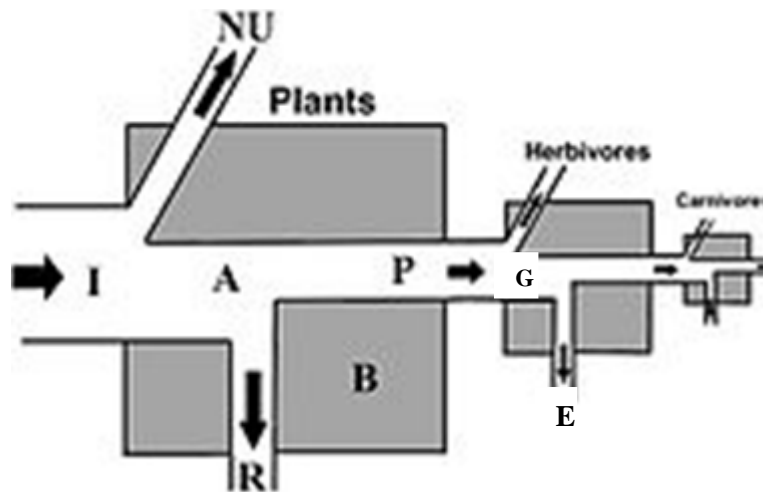


Figure 9 : Schéma du partitionnement de l'énergie au niveau des organismes et des populations. Réseau trophique théorique (Odum, 1988). B = Biomasse, I = énergie ingérée, NU = énergie non utilisée, A = énergie assimilée, R = énergie perdue par la respiration, E = énergie perdue par l'excrétion, P = énergie incorporée dans la production, G = énergie disponible pour la croissance, S = énergie stockée dans la biomasse (graisses par exemple), Pn = production nette disponible.

Tout organisme qu'il soit autotrophe ou hétérotrophe absorbe pour répondre à ses besoins métaboliques une certaine quantité d'énergie **I**. Une fraction de cette dernière sera assimilée (**A**), le reste inutilisé et rejeté avec les excréta dans le cadre des hétérotrophes (**NU**). Une autre partie de **A** sera consommée par la respiration nécessaire pour produire l'énergie métabolique (**R**) conduisant à une production biologique brute (**P**). Cette dernière servira à la croissance de l'individu (**G**) dont une fraction (**S**) sera stockée dans la biomasse (**B**), une autre excrétée (**E**) après avoir contribué à la croissance de la biomasse, le reste (**Pn**), correspond à la production nette disponible pour la reproduction et les organismes situés aux niveaux supérieurs de la chaîne trophique.

4.2. Notions de pyramides écologiques, de production, de productivité et de rendement bioénergétiques

Une chaîne trophique décrit de manière simplifiée le flux de la matière ou de l'énergie entre les différents niveaux trophiques depuis les producteurs autotrophes jusqu'aux consommateurs terminaux. La nature et l'intensité des relations trophiques qui s'établissent

entre les espèces vivantes dans un écosystème jouent un rôle central dans les théories écologiques : c'est par ces réseaux d'interactions que la matière et l'énergie circulent dans l'écosystème.

4.2.1. Notions de pyramides écologiques

Les pyramides écologiques permettent de donner une représentation géométrique à la structure trophique d'un écosystème. Elles se construisent par superposition de rectangles de même largeur, mais de longueur proportionnelle à l'importance du paramètre mesuré. On peut ainsi obtenir des pyramides des nombres, des biomasses et des énergies.

4.2.1.1. Pyramides des nombres

Elles constituent l'approche la plus simple pour étudier la structure trophique d'un écosystème. On constate, en règle générale, qu'il existe dans chaque habitat plus de plantes que d'animaux, plus d'herbivores que de carnivores, plus d'insectes que d'oiseaux, etc.

Dans chaque communauté, et l'on ne rencontre aucune exception, les animaux de petite taille sont plus nombreux et se reproduisent plus vite. On constate donc que le nombre d'individus présents décroît lorsque l'on passe d'un niveau trophique au suivant tandis que la taille augmente.

La pyramide des nombres est obtenue en superposant des rectangles de même hauteur et dont la longueur est proportionnelle au nombre d'individus de chaque niveau trophique. Le nombre d'individus décroît généralement d'un niveau trophique à un autre (Fig. 10).

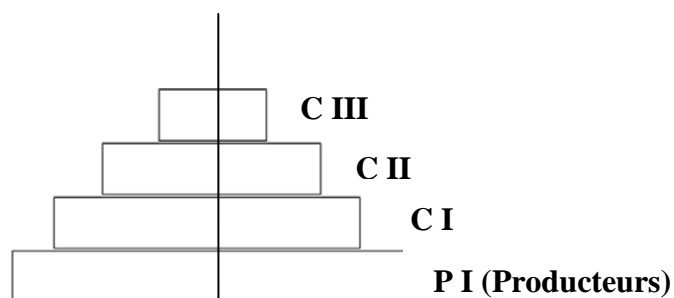


Figure 10 : Pyramide des nombres

Cette réduction du nombre d'individus est compensée en revanche par l'augmentation de leur taille, en effet les animaux de petite taille sont plus nombreux que les gros et ils se reproduisent plus vite.

Exemple (figure 11, 12):

On dénombre par exemple, dans une prairie naturelle 5 842 424 plantes, 708 624 insectes phytophages et seulement 03 oiseaux insectivores.

On note :

P : 5 842 424 plantes

CI : 708 624 insectes phytophages

CII : 03 oiseaux insectivores

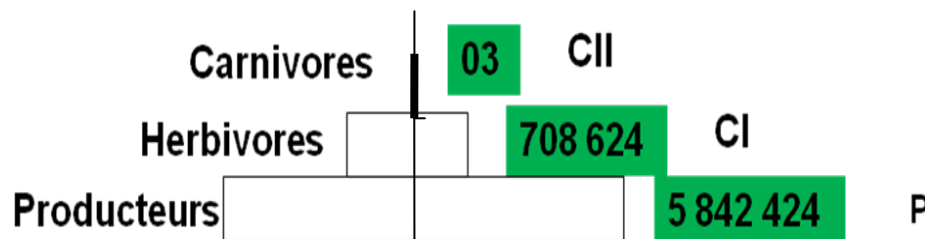


Figure 11 : Pyramide des nombres

4.2.1.2. Pyramide des biomasses

- dans les écosystèmes terrestres :

Dans ce cas, pour une représentation des biocénoses, nous dessinerons une pyramide dont les rectangles superposés auront une surface proportionnelle à la biomasse des individus présents dans chaque maillon. Cette pyramide a une forme qui ressemble à celle des nombres (Fig. 13). Donc pour chaque niveau trophique, le rectangle sera de surface proportionnelle au poids des individus et de tel sorte que ces rectangles se superposent, elle représente pour chaque niveau trophique la biomasse (en poids sec des organismes par unité de surface).

- dans les écosystèmes aquatiques :

Bien que le phytoplancton présente un taux de renouvellement supérieur à celui du zooplancton qui s'en nourrit, le niveau des producteurs primaires (base de la pyramide) est

plus étroit que celui des herbivores (zooplancton). Le reste de la pyramide a une forme traditionnelle classique (Fig. 14).

Le phytoplancton est en fait consommé au fur et à mesure de sa production, sa biomasse ne s'accumule donc pas, ce qui veut dire que le zooplancton consomme toute la production phytoplanctonique journalière. **Donc dans les écosystèmes aquatiques, le phytoplancton a une biomasse < à celle du zooplancton.**

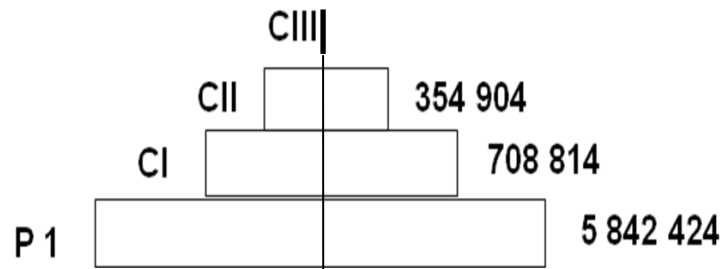


Figure 12 : Pyramide des nombres dans une prairie américaine à *Poa pratensis* (P) (Odum, 1976). **P1** : Producteurs primaires, **CI** : Herbivores (Invertébrés), **CII** : Carnivores (Consommateurs d'invertébrés) et **CIII** : Prédateurs des carnivores.

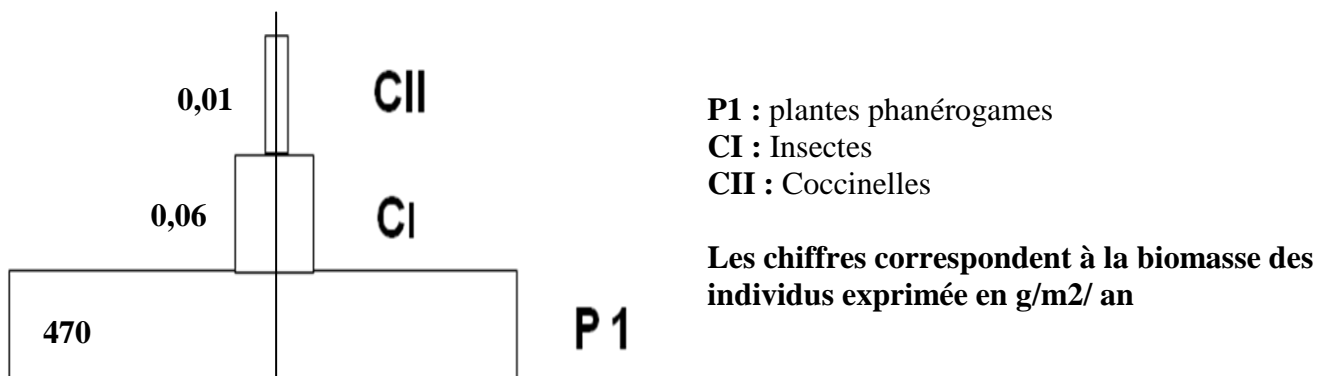


Figure 13 : Pyramide des biomasses dans un champ abandonné de Géorgie (Odum, 1976)

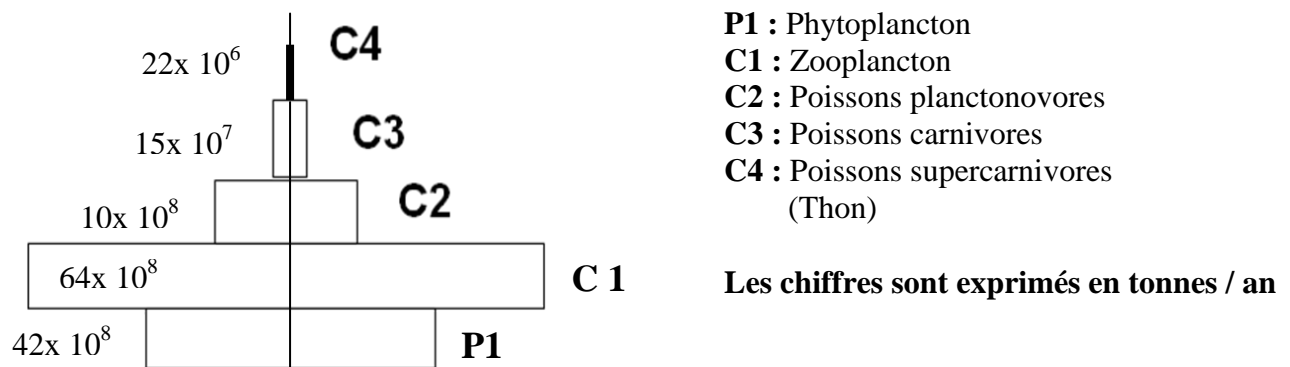


Figure 14 : Pyramides des biomasses dans l'écosystème océan (Duvigneaud, 1980)

4.2.1.3. Pyramide des énergies

C'est la représentation la plus satisfaisante car c'est la seule qui mette en évidence les pertes métaboliques. Elle a le même aspect qu'une pyramide des nombres ou des biomasses. Les niveaux trophiques sont évalués non plus en fonction de leur poids mais aussi en fonction de leur équivalent énergétique en calories (1 calorie = 4,18 Joules ; 1 Kcal = 4,18 KJ) (Fig. 15).

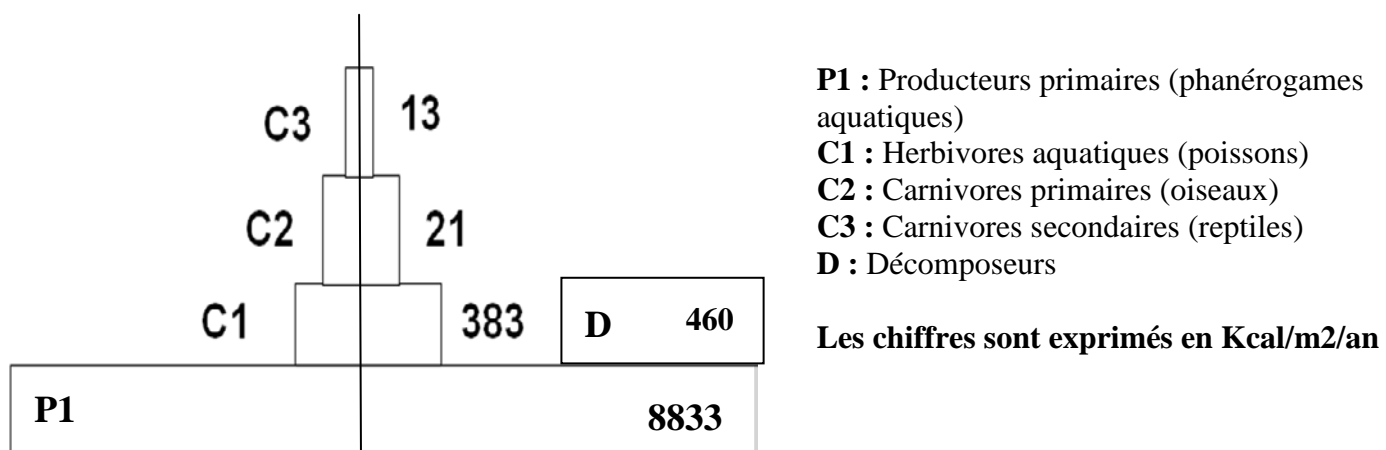
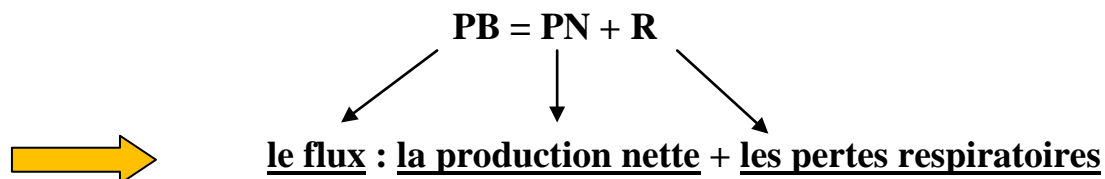


Figure 15 : Pyramide des énergies dans les sources des Silver springs en Floride (Odum, 1976)

La place des décomposeurs dans la pyramide, s'explique par le fait que leur biomasse est faible comparée à celle des producteurs primaires (PI) qui élaborent la matière organique vivante. Pourtant, ils ont un métabolisme très élevé ce que montre donc la figure précédente où les décomposeurs ont un potentiel énergétique de 460 Kcal, donc supérieur à celui des herbivores qui n'est que de 383 Kcal. Ces décomposeurs jouent un rôle dans le bouclage du cycle de la matière qui est capital au sein des pyramides écologiques.

L'activité de tout être vivant nécessite l'utilisation d'une source d'énergie exogène, qu'il s'agisse de lumière pour les autotrophes ou de substances biochimiques (glucides par exemple) pour les hétérotrophes. Dans un cas comme dans l'autre, l'énergie solaire constitue de façon directe ou indirecte l'unique source d'énergie pour les êtres vivants qui peuplent chaque biocénose.

Le flux représente donc le courant d'énergie qui traverse un niveau trophique, il correspond à la totalité de l'énergie assimilée dans le maillon c'est-à-dire l'ensemble de la matière organique vivante produite et de sa respiration, ainsi pour le niveau des producteurs le flux est équivalent à la photosynthèse réelle ou production brute (**PB**), en effet la photosynthèse apparente ou production nette (**PN**) ne tient pas compte des pertes respiratoires des plantes (**R**), donc on peut écrire la relation :

$$\text{PB} = \text{PN} + \text{R}$$


le flux : la production nette + les pertes respiratoires

L'énergie nécessaire au producteur primaire provient du rayonnement solaire, seulement une faible partie de la lumière totale (**LT**) reçue et absorbée par la chlorophylle. Le reste n'est pas utilisé (**NU**).

La lumière absorbée (**LA**) est en partie dissipée sous forme de chaleur (**CH**), le reste sert à la synthèse des substances organiques et correspond à la photosynthèse brute ou productivité primaire brute (**PB**).

La productivité primaire brute est la mesure de l'activité photosynthétique.

La productivité primaire nette :

Correspond à la production brute – la quantité de matière organique dégradée par la respiration **R**. Autrement, c'est donc la différence entre la production primaire brute et la respiration chez un organisme autotrophe.

L'évaluation de la production primaire nette permet de déterminer l'efficacité avec laquelle l'énergie est utilisée par les producteurs pour être transmise ensuite aux autres éléments de l'écosystème et assurer en quelque sorte son fonctionnement biologique.

Une partie de la productivité primaire nette (**PN**) sert d'aliments aux herbivores qui absorbent ainsi une quantité d'énergie ingérée (**I**).

Une partie de la productivité primaire n'est pas utilisée et elle passe dans la biomasse des végétaux vivants avant d'être la proie des décomposeurs (**NU**). La fraction assimilée (**A**) correspond à la productivité secondaire (**PS**) de tel sorte que : **PS = A – R**

Un raisonnement analogue à celui qui a été fait pour les herbivores peut être fait pour carnivores des autres niveaux trophiques :

$$\mathbf{LA = LT - NU}$$

$$\mathbf{PB = LA - CH = PN + R}$$

$$\mathbf{PN = PB - R}$$

$$\mathbf{A = PS + R \quad \longrightarrow \quad PS = A - R}$$

Cet écoulement d'énergie est qualifié de flux d'énergie (Fig. 16). Un flux d'énergie qui traverse un niveau trophique est :

$$\mathbf{A = PS + R \quad \text{pour les consommateurs}}$$

$$\mathbf{Et \quad PB = PN + R \quad \text{pour les producteurs.}}$$

L'importance du flux d'énergie dépend de l'intensité du rayonnement solaire.

Le terme de productivité secondaire désigne le taux d'accumulation de matière vivante (donc d'énergie) au niveau des hétérotrophes : consommateurs et décomposeurs.

Donc pour le flux d'énergie à travers un réseau trophique s'effectue toujours avec d'énormes pertes lorsque l'on passe d'un niveau de production au suivant.

Ainsi, dans chaque maillon (P1, C1, C2, C3, décomposeurs), le flux correspond à la quantité d'énergie assimilée par les êtres qui le composent. Il tient compte non seulement de l'énergie fixée dans la matière organique vivante mais aussi des pertes cataboliques qui ont permis cette fixation :

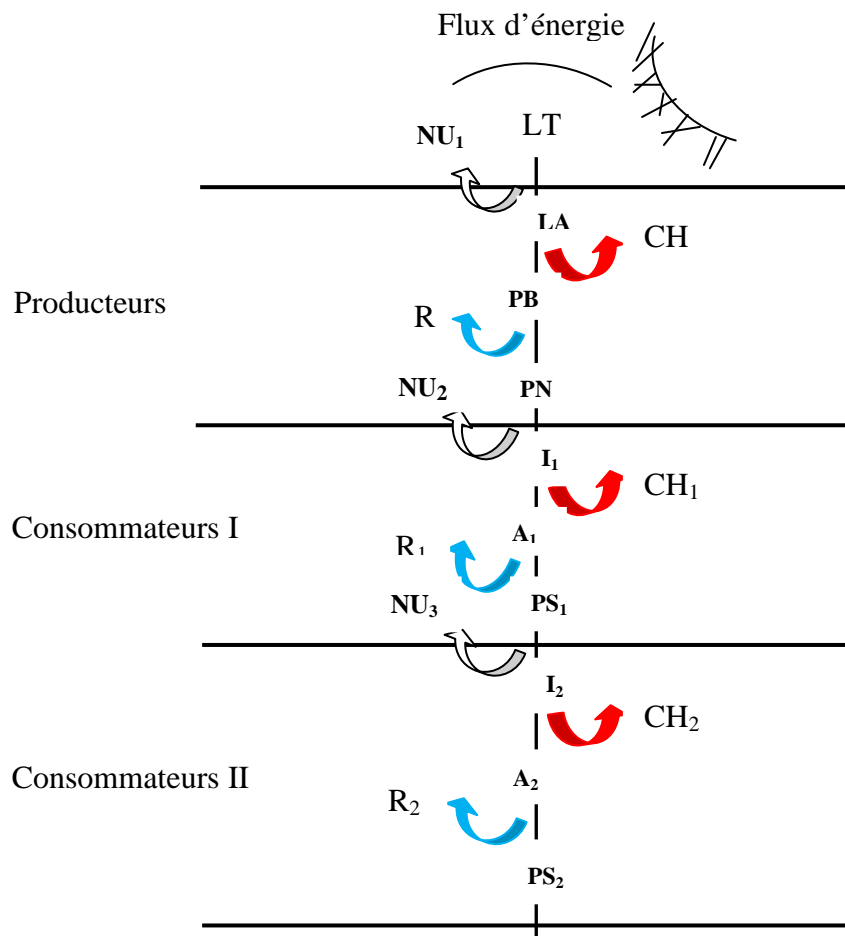
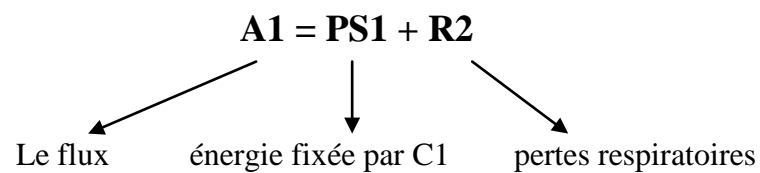


Figure 16 : Flux d'énergie et de matière dans un écosystème

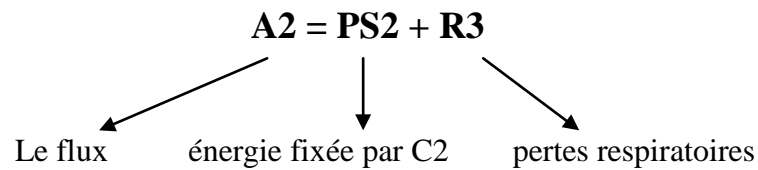
Le Flux au niveau des producteurs primaires (P1) : **PB = PN + R1**



Le Flux au niveau des consommateurs herbivores (C1) :



Le Flux au niveau des consommateurs carnivores (C2) :



Quand aux décomposeurs, ils interviennent également dans le flux d'énergie qui traverse l'écosystème. Ce sont eux qui récupèrent l'énergie stockée dans tout ce qui n'est pas utilisé (NU1, NU2, NU3, ...). Ils en tirent tout ce qui est nécessaire à leur métabolisme et à l'accroissement de leur biomasse.

4.2.2. Le rendement écologique

Appelé couramment l'**efficience écologique** ou l'**efficacité alimentaire** ou encore le **rendement écologique de croissance**.

Ce rendement met en évidence les pertes énergétiques quand on passe d'un niveau alimentaire (trophique) à un autre. Donc des pertes se produisent d'un niveau trophique à l'autre et l'énergie est finalement dégradée, parmi les divers rendements qui ont été définis nous avons :

a/ Le Rendement écologique en % :

C'est le rapport entre l'assimilation au niveau trophique (n+1) et l'assimilation au niveau trophique (n).

$$R_e = \frac{PS_1}{PN} \times 100 \quad \text{pour les consommateurs 1}$$

$$R_e = \frac{PN}{LT} \times 100 \quad \text{pour les producteurs}$$

Le rendement écologique est appelé aussi **efficacité photosynthétique**.

b/ **Le Rendement de production** : appelé également le rendement de croissance tissulaire

Ce rendement dépend de l'âge de l'individu et peut même s'annuler à un certain âge chez les mammifères et les oiseaux. Comme il a été fait remarquer plus haut, le rendement de

croissance est meilleur chez les animaux à sang froid que celui des animaux à sang chaud. On comprend très bien qu'une part de l'énergie consommée par un mammifère sert à maintenir une température corporelle stable (homéostasie thermique) (2).

On évalue donc la fraction d'énergie utilisée pendant la croissance du sujet étudié pour assurer ses fonctions biologiques (= fabriquer de nouveaux tissus, se reproduire et émettre des sécrétions).

c/ Le Rendement globale (Rg):

$$Rg = \frac{PS}{LT} \times 100$$

d/ Le Rendement d'assimilation :

C'est le rapport entre l'énergie assimilée et l'énergie ingérée.

Donc, il tient compte du rapport entre l'énergie réellement utilisée (assimilée) pour assurer les fonctions biologiques de l'individu et l'énergie totale consommée lors d'un repas, dont il y aura des pertes. De fait, certains consommateurs sont économes quand d'autres sont gaspilleurs – mais tous tiennent un rôle au sein de l'écosystème.

4.3- Circulation de la matière dans les écosystèmes et principaux cycles biogéochimiques :

Les relations, souvent compliquées, entre les différents organismes vivants, quelque soit leur position dans la chaîne, et entre ceux-ci et leur milieu inerte, 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 et 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, à savoir les Producteurs, les Consommateurs et les Décomposeurs (voir chapitre III).

On peut distinguer trois (03) types majeurs de cycles biogéochimiques : celui qui implique l'étude des mouvements d'un corps composé (l'eau), les autres, le mouvement de corps simples qui passent sous des formes chimiques différentes par suite de l'action de facteurs biologiques et géologiques d'où le terme de cycle biogéochimique.

4.3.1- le cycle de l'eau :

L'eau atmosphérique est très inégalement répartie, ce qui explique les fortes variations de pluviométrie observées selon les régions de la biosphère.

Les 7/9 de leur volume total retombent à la surface des océans, et les 2/9 seulement sur les continents. La majeure partie du cycle de l'eau s'effectue donc entre océan et atmosphère. Les eaux parvenues à la surface des continents peuvent suivre plusieurs voies différentes (Fig. 17).

- La percolation ou infiltration,
- L'évaporation (très exactement l'évapotranspiration),
- Le ruissellement.

La percolation joue un rôle essentiel dans les écosystèmes terrestres puisqu'elle assure la réhydratation des sols qui emmagasinent l'eau. L'infiltration assure aussi l'alimentation des nappes phréatiques et des rivières souterraines.

L'évapotranspiration, somme de la quantité d'eau transpirée par les plantes et évaporée par les sols, joue un rôle essentiel dans le cycle de l'eau sur les continents. L'évapotranspiration constitue le phénomène opposé de l'infiltration. Les végétaux accélèrent beaucoup le processus de l'évapotranspiration en transpirant des masses considérables d'eau par l'intermédiaire de leur système foliaire.

Le ruissellement est favorisé par la destruction du couvert végétal et représente l'agent principal de l'érosion des sols.

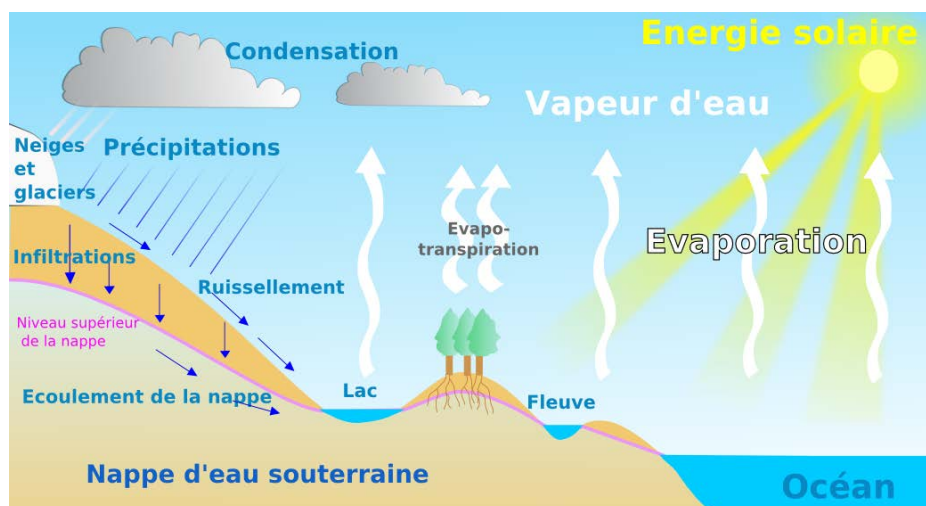


Figure 17 : Cycle de l'eau (3).

4.3.2- Le cycle de l'azote :

L'azote minéral atmosphérique N_2 , non utilisable directement par les végétaux, est par contre assimilé par certains microorganismes tels que les bactéries. C'est aussi sous forme organique que le sol reçoit l'azote des débris des végétaux supérieurs au niveau de la litière et des cadavres animaux. Mais, après une mise en réserve plus ou moins longue à l'état d'humus, un retour de l'azote à sa forme minérale est nécessaire pour que les végétaux, et, par voie de conséquence, les animaux puissent se nourrir (Fig. 18).

Cette minéralisation comprenant l'ammonification puis la nitrification, réalisée par une véritable chaîne de microorganismes, a pour terme l'élaboration des nitrates (NO_3) : composés minéraux absorbés par l'appareil racinaire des végétaux. Ces derniers, en effectuant la synthèse de leurs tissus, font passer l'azote de l'état minéral à l'état organique. Le cycle se ferme avec la mort des végétaux et des animaux. Le cycle peut également se fermer dans des conditions particulières d'anaérobiose, par la mise en jeu d'un phénomène de dénitrification représentant la réduction des nitrates par l'action des microorganismes, pouvant aboutir directement à la libération de l'azote minéral atmosphérique (N_2).

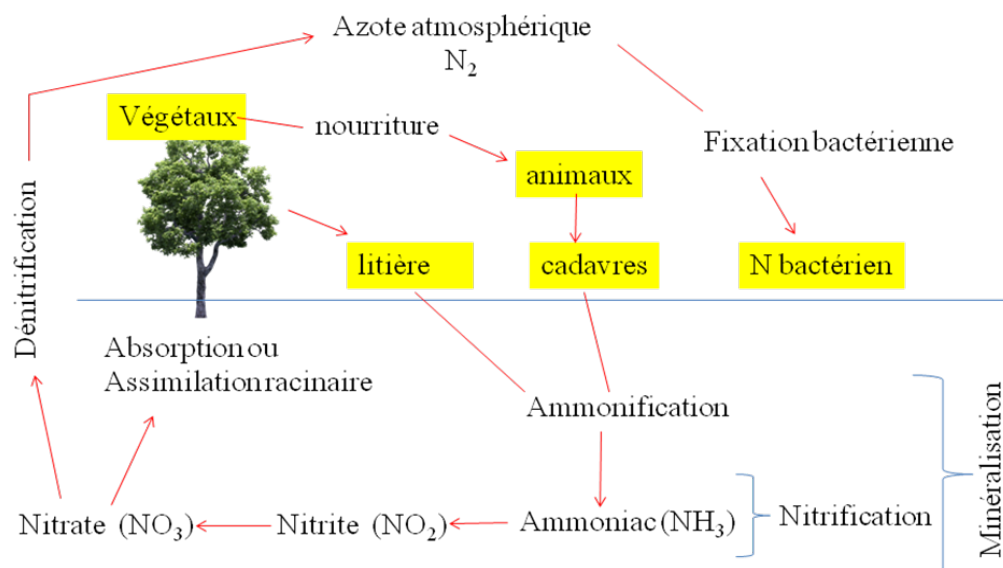


Figure 18 : Cycle de l'azote (développement personnel)

NH_3 , NO_2 et NO_3 : représente l'azote à l'état minéral

: représente l'azote à l'état organique

4.4. Influence des activités humaines sur les équilibres biologiques et particulièrement sur la perturbation des cycles biogéochimiques (conséquences de la pollution des milieux aquatiques et de la pollution atmosphérique (eutrophisation, effet de serre, ozone, pluie acide)

La pollution :

Définition :

La pollution est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît en totalité ou en partie comme un sous produit de l'action humaine au travers des effets directs ou indirects altérant les critères de répartition des flux d'énergie, des niveaux de radiation, du cycle de la matière, de la constitution physico-chimique du milieu naturel et l'abondance des espèces vivantes (Barbault, 2008).

Les activités humaines se traduisent par le rejet dans la biosphère de nombreuses substances dont la présence perturbe les cycles biogéochimiques et est la cause de pollution très diverses (Dajoz, 2006). Les polluants peuvent être des substances toxiques et non biodégradables qui s'accumulent dans les écosystèmes.

La pollution est un phénomène engendré par la civilisation industrielle, responsable de la dégradation des éléments naturels. On distingue :

- Une pollution atmosphérique : dans les villes par exemple, cette pollution est causée par les gaz d'échappement des voitures (essence et surtout le Diesel).
- Une pollution des rivières causée par les déchets des usines.
- Une pollution de la mer causée d'une part par la vidange des pétroliers, et d'autre part par la marée noire représentant une nappe d'hydrocarbure polluant la surface de la mer suite à un naufrage de pétrolier.

Classification des polluants :

Selon Barbault (2008), les principaux types de pollution peuvent être répartis en trois grandes catégories à savoir les pollutions physiques, chimiques et biologiques.

- Les polluants physiques : tels que le bruit, les vibrations, les ondes magnétiques et la pollution thermique,
- Les polluants chimiques : le gaz carbonique (CO₂), les hydrocarbures liquides, les matières plastiques, les pesticides, les dérivés du soufre, les dérivés d'azote, les métaux lourds (Plomb, Chrome, Nickel, Cobalt, ...),

- Les polluants biologiques : il s'agit des microorganismes pathogènes (virus, bactéries, ...).

S'ajoutent également à ces groupes de polluants, les polluants esthétiques tels que l'implantation d'industrie dans les biotopes vierges (forêts, prairie).

Origine des principaux polluants :

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

a/ l'industrie : tels que la cimenterie, les raffineries, les usines chimiques, la sidérurgie, les papeteries, ... ;

b/ Les voitures et les poids lourds : moteurs à essence et surtout les moteurs diesels ;

c/ Le chauffage : tels que les chaudières domestiques, industrielles et les centrales thermiques.

A ces trois grandes sources viennent s'ajouter :

- Des substances rejetées dans l'atmosphère par les volcans, ... ;
- Des composés chimiques longtemps utilisés dont on ignorait le comportement à long terme ;
- La maîtrise non complète de mise en œuvre de certaines techniques accompagnants les réactions nucléaires.

Effets de la pollution atmosphérique :

1/ effets sur la santé humaine :

- Irritation oculaire due aux fines particules en suspension dans l'air ;
- Déficience significative de la vue et de la respiration (telle que la maladie d'Asthme) ;
- Problèmes de cancer de la peau.

2/ effets sur l'environnement :

- Brouillard polluant composé d'un mélange de particules solides et liquides formé quand le taux d'humidité est élevé ;
- Les pluies acides provoquant le changement directe du pH du lac avec disparition de certaines espèces animales (poissons) et végétales par diminution du pH de ce milieu. Les pluies acides ont aussi un effet sur la végétation surtout les milieux forestiers et se manifestent par des jaunissements, des brûlures ou des taches marrons sur les nervures des feuilles ou les feuilles entières ;
- Le changement climatique (effet de serre), réchauffement de la planète, ... ;

- Destruction de la couche d'ozone (O_3) : la catastrophe de Tchernobyl a provoqué une catastrophe écologique sur le sol, l'eau, l'atmosphère, la végétation.

La pollution des eaux :

Est donc la contamination de l'eau par des corps étrangers tel que les microorganismes pathogènes, les produits chimiques (comme l'utilisation des pesticides en milieu agricole), les déchets industriels, une augmentation de sa température. Ces substances dégradent la qualité de l'eau qui devient impropre aux usages souhaités (eau potable, eau pour l'irrigation, ...) (Dajoz, 2006 ; Barbault, 2008).

Au niveau des eaux douces, trois causes importantes de pollution peuvent être retenues : la pollution thermique, la pollution par des matières organiques et la pollution par le ruissellement qui entraîne des nitrates et autres produits d'origine agricole.

Eutrophisation :

L'eutrophisation des milieux aquatiques est un déséquilibre du milieu provoqué par l'augmentation de la concentration d'azote et de phosphore dans le milieu. Elle est caractérisée par une croissance excessive des plantes et des algues due à la forte disponibilité des nutriments (Chauveau, 2017).

Les algues qui se développent grâce à ces substances nutritives absorbent de grandes quantités d'oxygène. Leur prolifération provoque l'appauvrissement, puis la mort de l'écosystème aquatique présent : il ne bénéficie plus de l'oxygène nécessaire pour vivre, ce phénomène est dit " Asphyxie des écosystèmes aquatiques", on note également une diminution de la biodiversité et de la qualité de l'eau en tant que ressource.

Effet de serre :

L'effet de serre est un phénomène naturel provoquant une élévation de la température à la surface de notre planète. Indispensable à notre survie, ce fragile équilibre est menacé.

Les activités humaines affectent la composition chimique de l'atmosphère et entraînent l'apparition d'un effet de serre additionnel, responsable en grande partie du changement climatique actuel (4).

Ozone :

L'ozone est un gaz de couleur bleutée qui varie selon sa concentration. Il est très réactif avec les molécules qui l'entourent et peut produire des explosions. Sa concentration au niveau du sol est de 0,005 ppm (parties par million) à 0,05 ppm. Il présente une odeur acre, perceptible dès une concentration de 0,01 ppm. La pollution à l'ozone est un problème qui peut toucher tous les habitants des régions d'habitation dense et, plus globalement, l'ensemble des pays du fait des modifications climatiques (5).

Les pluies acides :

L'expression « **pluie acide** » désigne toute forme de précipitations anormalement acides. On distingue les retombées humides (pluie, neige, brouillard, smog...) des retombées sèches (particules fines, gaz). Dans les années 1980, certaines stations météo aux Etats-Unis et en Europe ont mesuré une forte augmentation de l'acidité des précipitations. L'effet fût visible dans certains lacs canadiens et scandinaves où l'eau était très limpide, l'acidité des précipitations tuant les espèces qui y vivaient. A l'origine de ces pluies acides, différents gaz liés principalement aux activités humaines à savoir le dioxyde de soufre (SO_2), les oxydes d'azote (NO_x), l'ammoniac (NH_3).

Les pluies acides engendrent notamment un dépérissement à vaste échelle des forêts de conifères. Selon les observations, les arbres dépérissent, y compris le sol et la flore du sol devenu acide. Au niveau des arbres, les feuilles jaunissent, adoptent une coloration anormale et finalement voient leur feuillage s'étioler totalement. Concernant notre santé, les pluies acides entraînent des problèmes respiratoires (6).

Chapitre V : Description sommaire des principaux écosystèmes

5.1. Forêt, prairie, eaux de surface, océan

5.1.1. La forêt :

Une **forêt** ou un massif forestier est une étendue boisée, relativement dense, constituée d'un ou de plusieurs peuplements d'arbres et d'espèces associées. Un boisement de faible étendue est dit **bois**, **boqueteau** ou **bosquet** selon son importance. Elle tient compte de la surface, de la densité, de la hauteur des arbres et du taux de recouvrement du sol.

- Du point de vue botanique, une forêt est une formation végétale, caractérisée par l'importance de la strate arborée mais qui comporte aussi des arbustes, des plantes basses, des grimpantes et des épiphytes. Plusieurs arbres forestiers vivent en symbiose avec des champignons et d'autres micro-organismes, et beaucoup dépendent d'animaux pour le transport de leur pollen, de leurs graines ou de leurs propagules.
- Du point de vue écologique, la forêt est un écosystème complexe et riche, offrant de nombreux habitats à de nombreuses espèces et populations animales, végétales, fongiques et microbiennes entretenant entre elles, pour la plupart, des relations d'interdépendance.

Qu'elle soit tropicale, tempérée, boréale ou méditerranéenne, la forêt garde cette valeur emblématique forte de milieu « naturel », bien qu'une grande partie des forêts soit aujourd'hui gérée par l'Homme (7).

Selon les latitudes, on distingue quelques exemples :

a/ la forêt boréale ou taïga :

Elle représente un biome et une formation végétale caractérisée par ses forêts boréales de conifères. C'est une région biogéographique nordique subarctique dans laquelle la flore est principalement composée de sapins et autres conifères à feuilles persistantes, qui sont adaptés au climat froid.

Les écosystèmes de la taïga connaissent des températures annuelles moyennes se situant généralement sous 0 °C. Les températures moyennes d'été se situent entre 10 et 15 °C, mais les moyennes minimales d'hiver peuvent descendre au dessous de – 30 °C. Les précipitations, régulières tout au long de l'année, sont de l'ordre de 400 à 800 mm par an.

b/ **la forêt tempérée** :

b.1/ la forêt tempérée sempervirente :

La forêt sempervirente est l'un des types de forêt tempérée ((précipitations abondantes et fréquentes, variations saisonnières de températures et de luminosité contrastées). Elle se caractérise par des peuplements d'arbres au feuillage persistant dans les zones tempérées aux étés chauds et aux hivers doux **(8)**.

Les forêts tempérées sempervirentes peuvent être constituées exclusivement de conifères ou bien être mixtes, avec un mélange de résineux, d'espèces feuillues sempervirentes et d'espèce à feuilles caduques. Ces forêts constituent une zone de transition entre les forêts tempérées décidues au sud et les taïgas au nord.

b.2/ la forêt tempérée décidue (formée d'arbres à feuilles caduques):

La forêt tempérée décidue représente un biome peuplé de très grands arbres aux feuilles caduques. Ce type de biome est aujourd'hui localisé principalement en Asie de l'est, dans une grande partie de l'Europe et en Amérique du nord **(9)**. La constitution varie selon les zones, mais ces forêts sont généralement constituées de chênes, d'érables, de hêtres, ... etc. La forêt tempérée décidue couvre les endroits où les précipitations sont suffisamment abondantes et fréquentes pour permettre la croissance de ces grands arbres.

c/ **la forêt méditerranéenne ou forêt sclérophylle** :

Désigne les plantes méditerranéennes à feuilles résistantes comme l'olivier et le chêne vert. L'environnement méditerranéen correspond à un des 14 grands biomes répartis sur l'ensemble de la planète. On y retrouve près de 20% des espèces de plantes répertoriées, elles se sont adaptées au climat méditerranéen de ces régions **(10)**.

5.1.2. Prairie :

En agriculture, la **prairie** ou pâture est une culture de plantes fourragères, principalement composée de graminées et de légumineuses, destinée à être pâturée ou fauchée. Ces milieux rappellent plus ou moins, selon leur degré de naturalité, les prairies sauvages (vastes surfaces naturellement couvertes de graminées), ou certaines pelouses naturelles **(11)**.

En agriculture, plusieurs types de prairies peuvent être distingués selon la durée de cette prairie, les espèces semées et les objectifs :

- **Prairie permanente** : semée depuis longtemps (plus de dix ans) avec diverses espèces de graminées et de légumineuses,
- **Prairie naturelle** : engazonnée naturellement depuis de nombreuses années.
- **Prairie temporaire** : n'est maintenue que quelques années et estensemencée en graminées fourragères ou en légumineuse fourragère.
- **Prairie artificielle** :ensemencée exclusivement avec des légumineuses fourragères comme le trèfle, le sainfoin ou la luzerne.

5.1.3. Les eaux de surface :

On appelle eau de surface également appelée eau superficielle, une eau se trouvant à la surface de la terre, telle que les lacs, les rivières, les fleuves, les étangs ou les sources. Elles sont constituées, par opposition aux eaux souterraines, de l'ensemble des masses d'eau courantes ou stagnantes, douces, saumâtres ou salées qui sont en contact direct avec l'atmosphère (12).

Les eaux de surface peuvent être réparties en deux ensembles :

- Les eaux courantes se déplaçant par écoulement sur le sol,
- Les eaux non courantes animées de mouvements d'oscillation ou de courants internes; selon la taille et la salinité on parlera de lacs, de mers ou d'océans.

Les eaux de surface tiennent une place essentielle dans certaines régions du monde, tel qu'en Bretagne (France), elles assurent 80% de la ressource en eau potable et abritent une importante richesse faunistique et floristique.

5.1.4. Océan :

Un **océan** est souvent défini, en géographie, comme une vaste étendue d'eau salée. En fait, il s'agit plutôt d'un volume, dont l'eau est en permanence renouvelée par des courants marins. Approximativement 71% de la surface de la terre est recouverte par l'océan Mondial, communément divisé en cinq océans - Pacifique, Atlantique, Arctique, Austral, Indien - et en plusieurs dizaines de mers (13).

5.2. Evolution des écosystèmes et notion de climax :

5.2.1. Evolution progressive (positive) :

Si on a un sol dénudé (pas de végétation) et on va l'abandonner pendant une longue durée (environ 80 ans), ce sol va être colonisé par une végétation à chaque stade de son évolution :

Stade pionnier : c'est l'installation des premiers groupes de végétaux (quelques graminées et herbes, ...) puis cette végétation va être remplacée par une végétation constituée des arbustes et des arbrisseaux et avec le temps on va aboutir finalement à la formation d'une forêt qui constitue **le stade final** de développement des écosystèmes, c'est donc un stade qui est équilibré que l'on dénomme **Climax** (stade final). On appelle cette évolution, une évolution progressive (la végétation ou les écosystèmes en général sont en dynamique continue).

Dans le contexte du climax, il ne s'agit pas de classer les groupements végétaux mais de comprendre la dynamique qui conduit la formation végétale vers un stade d'équilibre déterminé par le climat régional.

L'écologiste Cléments (1936), le père de la notion du climax, fut l'un des premiers à suggérer au début du xx ième siècle, que la formation végétale était similaire à un organisme qui naît, vit et meurt, et dont le climax (phase mature de la communauté végétale) est le stade adulte.

Après l'abandon d'une culture, un incendie, une coupe, le paysage se transforme sauf intervention humaine, il se produit de stade en stade, une succession de formations végétales aboutissant à la reconstitution de l'écosystème caractéristique de la zone climatique concernée. Il s'agit donc d'une évolution ordonnée et prévisible, véritable développement de l'écosystème terminal, au sens où l'on parle du développement d'un organisme. La formation terminale, de structure et de composition floristique stable dans les conditions définies par le climat régional, est le climax.

Selon Ramade (1984), le climax représente une association stable d'espèces qui caractérisent qualitativement et quantitativement l'ultime phase de développement d'une biocénose dans une succession. Fischesser et Dupuis-Tate (1996) définissent le climax dans leur Guide illustré de l'écologie comme le « groupement vers lequel tend la végétation d'un lieu dans des conditions naturelles constantes, en l'absence d'intervention de l'homme ».

Barbault (2003) évoque également que le climax représente une évolution directionnelle des écosystèmes vers un stade autorégulé d'équilibre sol/végétation/climat.

5.2.2. Evolution régressive (négative) :

Les causes de cette évolution sont les incendies naturels ou anthropiques, les invasions d'insectes, les changements climatiques, ... Tous ces facteurs vont contribuer au changement de la végétation dans un sens négatif ce qui signifie une évolution de la végétation de la forêt vers le stade initial (stade pionnier). Dès fois, il y'a l'apparition de ce que l'on appelle le phénomène de désertification.

Références bibliographiques

- Anonyme, 2012 - La protection des tomates contre *Tuta absoluta*. Protection biologique intégrée. GRAB, 4 p.
- Antoniou M., 1989 - Arrested development in plant parasitic nematodes. Helminthological Abstracts, Series B, Plant Nematology, 58: 1–19.
- Arno J et Gabarra R., 2011 – Lutte contre *Tuta absoluta*, un nouveau ravageur qui envahit l'Europe. ENDURE, Formation en lutte intégrée – N°5, Edition IRTA, Cabrils, Espagne, 8p.
- Badaoui M.I. & Berkani A. (2010). Morphologie et comparaison des appareils génitaux de deux espèces invasives *Tuta absoluta* Meyrick 1917 et *Phthorimaea operculella* Zeller 1873 (Lepidoptera: Gelechiidae). *Entomologie faunistique – Faunistic Entomology*, 63 (3), pp 191-194.
- Barbault R., 1997 – Ecologie générale. Structure et fonctionnement de la biosphère. Ed. Masson, Paris, 286 p.
- Barbault R., 2003 - Écologie générale. Structure et fonctionnement de la biosphère. 5^e édition. Dunod, Paris, 326 p.
- Barbault R., 2008 - Écologie générale. Structure et fonctionnement de la biosphère. 6^e édition. Dunod, Paris, 400 p.
- Bouché M.B., 1984 - Les modalités d'adaptation des lombriciens à la sécheresse. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 131 : 319-327.
- Chauveau L, 2017 - Eutrophisation des eaux : ça ne s'arrange pas », », *Sciences et avenir*.
- Chougar S, 2011- Bioécologie de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (MEYRICK, 1917) (Lepidoptera : Gelechiidae) sur trois variétés de tomate sous serre (Zahra, Dawson et Tavira) dans la wilaya de Tizi-Ouzou. Mémoire de Magister. Université de Tizi-Ouzou, 122p.
- Clark M.A., 1967 - The development and life history of the false root-knot nematode, *Nacobbus serendipidicus*. *Nematologica*, 13: 91–101.
- Clements F.E. (1936), Nature and structure of the climax. *The Journal of Ecology*, 24 (1): 252–284.
- Cristóbal-Alejo A .J., Cid Del Prado I., Marbán-Méndez N., Sánchez G.P., Mora-Aguilera G. et Manzanilla L.R.H., 2001 - Survie des différents stades biologiques de *Nacobbus aberrans* au champs. *Nematropica*, 31 : 227–233.
- Cuisin M., 1973- le comportement animal. Ed. Bordas, Paris, 175 p.
- Dajoz R, 1971- Précis d'écologie. Ed. Bordas, Paris, 434p.

- Dajoz R, 1974 - dynamique des populations. Ed. Masson et Cie, 434 p.
- Dajoz R, 2006 – Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 631p.
- De Guiran G., 1980 - Facteurs induisant chez *Meloidogyne incognita* un blocage du développement des œufs considéré comme une diapause. *Revue de Nématologie*, 3 : 61–69.
- Dreux P, 1980. Précis d'écologie. Ed. Presses universitaires de France, Paris, 231p.
- Duvigneaud, P., 1980 - La synthèse écologique. Doin, Paris. 296
- Elton, C.S., 1927 – Animal ecology. Sidgwick et Jackson, London.
- Evans, F. C., 1956 - Ecosystems as the basic unit in ecology. *Science*, 123: 1127-1128.
- Faurie C., Ferra C. et Medori P., 1984 - Ecologie. Ed. Baillière, Paris, 168 p.
- Faurie C., Ferra C. et Medori P., Devaux J., Hemptinne J. L, 2003 - Ecologie approche scientifique et pratique. Ed. Lavoisier, Paris, 407 p.
- Fischesser B et Dupuis-Tate MF., 1996. Le guide illustré de l'écologie. Cemagref Editions, Antony, 319 p.
- Frontier S et Pichod-Viale D., 1995 - Ecosystèmes structure, fonctionnement, évolution. Ed. Masson, Paris, 447p.
- Holling CS, 1959. The component of predation as revealed by a study of small mammal predation of the European pine sawfly. *Canad. Ent.*, 91, pp 293-320
- Hutchinson G.E., 1957 - Concluding remarks. In : *Population studies: animal ecology and demography*. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology, 22 (2): 415 – 427.
- Inserra R.N., Vovlas N, Griffin G.D et Anderson J.L., 1983 - Development of the false root knot nematode, *Nacobbus aberrans*, on sugar beet. *Journal of Nematology*, 15 : 288–296.
- Kinet B., 1985 – Contrôle du développement de l'inflorescence de la tomate par les facteurs de l'environnement et les régulateurs de croissance. *Rev. Hort*, n°200, pp 30-36.
- Kuhnelt W., 1969 – Ecologie générale. Ed. Masson et Cie, Paris, 359 p.
- Lebdi G.K, Skander M, Mhafdhi M et BelHadj R., 2011 - Lutte intégrée contre la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) en Tunisie. *Faunistic Entomology*, 63 (3) : 125-132.
- Lebreton A, 2011 – La chaîne trophique. Formation Biologie sous-marine, 21 p.
- Levêque C., 2001 - Ecologie. De l'écosystème à la biosphère. Ed. Dunod, Paris, 502 p.
- Manzanilla-López R.H et Pérez-Vera O.A., 1999 - Survival of dehydration and infectivity of the developmental stages of *Nacobbus aberrans* (Thorne, 1935) Thorne & Allen, 1944. *Nematropica*, 29: 125–126.

- Mutin G., 1977 – La Mitidja. Décolonisation et espace géographique. Ed. Office publ. Univ., Alger, 607 p.
- Odum E.P., 1976 - Ecologie. HRW, Montréal, 254 p.
- Odum, H. T. 1988. Self-organization, transformity, and information. *Science* 25:1132-1139.
- Perry R.N., 1977 - The water dynamics of stages of *Ditylenchus dipsaci* and *D. myceliophagus* during dessication and rehydration. *Parasitology*, 75: 45–50.
- Ramade F., 1984. Éléments d'écologie. Ecologie fondamentale. McGraw-Hill, 397 p.
- Ramade F., 2003- Elément d'écologie – Ecologie fondamentale. Ed. Dunod, Paris, 689 p.
- Ramel J M et Oudard E., 2008 - *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917). Éléments de reconnaissance L.N.P.V, S.R.P.V. *Avignon*. 2 p.
- Root R.B., 1967 - The Niche Exploitation Pattern of the Blue-Gray Gnatcatcher. *Ecological monographs*. Ecological Society of America, 37 (4): 317 – 350.
- Seltzer P., 1946 – Climat de l'Algérie. Ed. Inst. Météo. Phy., Globe de l'Algérie, Alger, 219p.
- Souza R.M et Baldwin J.G., 2000 - Differential behaviour of the survival stages of *Nacobbus aberrans* (Nemata: Pratylenchidae) under suboptimal environments. *Nematologica*, 2: 211–215.
- Tansley A.G., 1935 - The Use and Abuse of Vegetational Concepts and Terms. *Ecology* 16 (3): 284-307.

Autres références (site web):

- (1): <https://www.universalis.fr/encyclopedie/biosphere/2-le-fonctionnement-de-la-biosphere>
- (2): <https://laimaisondalzaz.wordpress.com/tag/rendement-de-croissance-tissulaire>
- (3): <http://www.alloprof.qc.ca/BV/pages/s1381.aspx>
- (4): <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/comprendre-le-climat-mondial/leffet-de-serre-et-autres-mecanismes>
- (5): sante.lefigaro.fr/mieux-etre/environnement/ozone/quest-ce-que-lozone
- (6) : https://www.notre-planete.info/environnement/pollution_air/pluies_acides.php
- (7) : <https://www.lestaxinomes.org/cat766>
- (8) : <http://www.futura-sciences.com/planete/definitions/Botanique>

(9) : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Forêt>

(10) : https://fr.wikipedia.org/wiki/Forêt_terres

(11) : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Prairie_\(agriculture\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Prairie_(agriculture))

(12) : https://fr.wikipedia.org/wiki/Eau_de_surface

(13) : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Océan>