

Chapitre I : Définitions

Introduction :

Le terme écologie vient des deux mots grecs : *oïkos* qui veut dire : maison, habitat, et *logos* qui signifie science. C'est la science de la maison, de l'habitat. Il fut inventé en 1866 par Ernst HAECKEL, biologiste allemand. Dans son ouvrage : Morphologie générale des organismes, il désignait par ce terme :

« La science des relations des organismes avec le monde environnant, c'est-à-dire, dans un sens large, la science des conditions d'existence. »

L'écologie apparaît donc comme la science de l'habitat, étudiant les conditions d'existence des êtres vivants et les interactions de toute nature qui existent entre ces êtres vivants et leurs milieux. Il s'agit de comprendre les mécanismes qui permettent aux différentes espèces d'organismes de survivre et de coexister en se partageant ou en se disputant les ressources disponibles (espace, temps, énergie, matière). Par extension, l'écologie s'appuie sur des sciences connexes telles la climatologie, l'hydrologie, l'océanographie, la chimie, la géologie, la pédologie, la physiologie, la génétique, l'éthologie, ... etc. Ce qui fait de l'écologie, une science pluridisciplinaire ! Un écologue est un spécialiste de l'écologie. Le terme est souvent confondu avec la dénomination écologiste. Il est à noter que la différenciation entre les termes écologue et écologiste n'existe pas.

1. Définitions

1. Notion de système écologique : Ecosystème

Un système écologique ou écosystème fut défini par le botaniste anglais Arthur TANSLEY en 1935.

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

$$\text{Écosystème} = \text{Biotope} \otimes \text{Biocénose}$$

Le recours à la notation « \otimes » (produit tensoriel) a été proposé par FRONTIER & PICHOD-VIALE (1995) pour remplacer le traditionnel «+». Cette notation mathématique implique l'existence d'interactions entre les éléments ainsi liés.

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

1.3 Le biotope (écotope) est le fragment de la biosphère qui fournit à la biocénose le milieu abiotique indispensable. Il se définit également comme étant l'ensemble des facteurs écologiques abiotiques (substrat, sol « édaphotope », climat « climatope ») qui caractérisent le milieu où vit une biocénose déterminée. Le biotope est défini par les caractéristiques et qualités de 5 éléments indispensables à la vie : **L'eau, le sol, l'air, la lumière, la température.**

Ces 5 éléments de vie se retrouvent dans tous les biotopes mais en quantité et en composition différentes. Le biotope est l'équilibre de ces 5 éléments de vie. Chaque biotope est donc différent et chaque biotope accueille un type de vie différent.

1.4 La biosphère est la partie de l'écorce terrestre où la vie est possible. La biosphère comprend une partie de la lithosphère (partie solide de l'écorce terrestre), une partie de l'atmosphère (la couche gazeuse entourant la terre) et une partie de l'hydrosphère (partie du système terrestre constituée d'eau).

La biosphère désigne l'ensemble de ces milieux et tous les êtres vivants qui y vivent.

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

Ecosystème : forêt.

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

Biotope : sol.

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

Suivant l'échelle de l'écosystème nous avons :

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

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

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

2. Domaines d'intervention de l'écologie

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

- 1) Un **individu** est un spécimen d'une espèce donnée.
 - Une espèce est un groupe d'individu du même genre ayant entre eux des caractères génétiques communs, pouvant se reproduire entre eux pour donner une descendance qui leur ressemble et qui est féconde.
- 2) Une **population** est un groupe d'individus de la même espèce occupant un territoire particulier à une période donnée.
- 3) Une **communauté** ou **biocénose** est l'ensemble des populations d'un même milieu, peuplement animal (zoocénose) et peuplement végétal (phytocénose) qui vivent dans les mêmes conditions de milieu et au voisinage les uns des autres.

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

- L'individu concerne **l'autoécologie** : c'est la science qui étudie des individus pris séparément dans leurs milieux (ou biotope). Elle s'intéresse aux besoins de l'espèce vis-à-vis des facteurs écologiques du milieu et examine l'action du milieu sur la morphologie, la physiologie et l'éthologie.
- La population concerne **l'écologie des populations** ou **la dynamique des populations**: c'est la science qui étudie les caractéristiques qualitatives et quantitatives des populations : elle analyse les variations d'abondance de la population pour en rechercher les causes et si possible les prévoir.
- La biocénose concerne **la synécologie** : c'est la science qui analyse les rapports entre les individus qui appartiennent aux diverses espèces d'un même groupement et de ceux-ci avec leurs milieux.

Chapitre 2: Les facteurs écologiques

1. Introduction

Le biotope ou milieu physico-chimique agit de manière directe ou indirecte sur les êtres vivants. Il est composé de plusieurs éléments qui forment les facteurs écologiques abiotiques. De leur côté les êtres vivants font partie aussi de ce milieu et par leur présence, leurs actions et leurs relations ils peuvent influencer le milieu: ce sont les facteurs écologiques biotiques.

Dans la nature il existe une foule de facteurs écologiques. "On appelle facteur écologique tout élément du milieu susceptible d'agir directement ou indirectement sur les êtres vivants au moins durant une phase de leur cycle de développement" (Dajoz, 1972). Il est classique de distinguer en écologie des facteurs abiotiques et des facteurs biotiques. Le premier groupe concerne les facteurs du milieu tels les facteurs climatiques, les caractéristiques du sol, facteurs propres à la composition physico-chimique du milieu. Le 2^{ème} regroupe les facteurs de prédation, de compétition, de parasitisme.....

Les caractéristiques fondamentales de tout écosystème sont essentiellement gouvernées par les facteurs abiotiques. Par contre, les facteurs biotiques, bien qu'étant très important, n'exercent pas une influence aussi déterminante sur la distribution des espèces et leurs fonctionnement.

La liste simplifiée des principaux facteurs écologiques est résumée ci-dessous:

- a- **Facteurs climatiques** (lumière, température, eau, composition de l'atmosphère, vents et perturbations atmosphériques) ;
- b- **Facteurs édaphiques** (Facteurs physiques: texture (granulo-métrie), structure (compacité et aération du sol), stabilité, hydratation ; facteurs chimiques: pH, la teneur en calcaire, nitrates, salure, la carences en certains éléments,

c- **Facteurs topographiques:** altitude, configuration du terrain ;

d- **Facteurs biotiques:** facteurs liés à la présence des autres végétaux: maladie cryptogamique, concurrence entre plantes d'une même espèce ou d'espèces différentes ; facteurs liés aux animaux: prédateurs; action de l'homme et des animaux domestiques: défrichage ou abattage des forêts, feux, pâturage, pollution de différentes sortes.

2. Relation entre les facteurs du milieu

Les facteurs écologiques sont très nombreux et entre lesquels existent des influences et relations (interactions). Ainsi les facteurs du milieu n'agissent pas isolément. C'est un complexe de facteurs qui agissent ensemble sur les êtres vivants et sur les communautés.

Cependant, souvent l'action d'un seul facteur apparaît comme décisive. Il est évident que lorsqu'on étudie un écosystème, l'analyse des relations entre les différents facteurs écologiques et leur action dans le milieu est fondamentale. Les quatre groupes de facteurs nommés ci-dessus sont tellement inter-reliés qu'il est difficile d'isoler l'influence de chaque facteur séparément. Par exemple, les facteurs climatiques et topographiques conjuguent leurs effets sur le développement des sols.

3. La loi du minimum

Les premières lois concernant l'influence des facteurs écologiques sur les organismes ont été émises dès le 19^{ème} siècle. En effet, c'est en 1840 qu'un chimiste allemand, Justus Liebig, réalise des expériences sur l'influence de plusieurs facteurs sur la production de céréales. Une des conclusions importantes de ses recherches est que toute production est souvent limitée par des éléments nutritifs nécessaires à des doses réduites plutôt que des éléments nécessaires à de fortes doses tels le carbone et l'eau. De ces expériences résultent la loi du minimum suivante " la croissance des végétaux est limitée par l'élément dont la concentration est inférieure à une valeur minimum en dessous de laquelle les synthèses ne peuvent plus se faire ". C'est le cas par exemple du bore qui se trouve en très faible quantité dans le sol et qui une fois épuiser entraîne l'arrêt de la croissance malgré l'abondance des autres éléments.

4. Limites et tolérances

Une étape importante dans l'étude des facteurs écologiques est franchie en 1930 quand Shelford propose ses lois de tolérance. Selon l'auteur pour chaque facteur une espèce présente des seuils minima et maxima de tolérance. Entre ces deux extrêmes se situe l'optimum. L'amplitude de tolérance peut être représentée par une courbe gaussienne c'est à dire en cloche.

A partir de ces notions, minimum, maximum et optimum, l'auteur définit un facteur limitant comme suit " un facteur écologique joue un rôle de facteur limitant lorsqu'il est absent ou réduit en dessous d'un minimum critique ou excède le niveau maximum tolérable ". C'est la loi de tolérance.

Un exemple classique de facteur limitant par défaut est l'eau dans les régions chaudes. La salure est considérée comme facteur limitant par excès. Elle exerce une sélection des espèces les plus halo-phytiques jusqu'à un certain seuil où aucune espèce ne peut croître. Shelford précise que les facteurs du milieu sont généralement limitant lors des étapes reproductives des cycles de vies des espèces.

Par ailleurs, il est important de noter qu'il existe pour chaque espèce un optimum physiologique qui est réalisé au laboratoire en l'absence de compétiteurs. Quant à l'optimum écologique, il est atteint dans le milieu naturel où vit l'espèce et peut changer selon les pressions du milieu et les compétitions avec d'autres espèces.

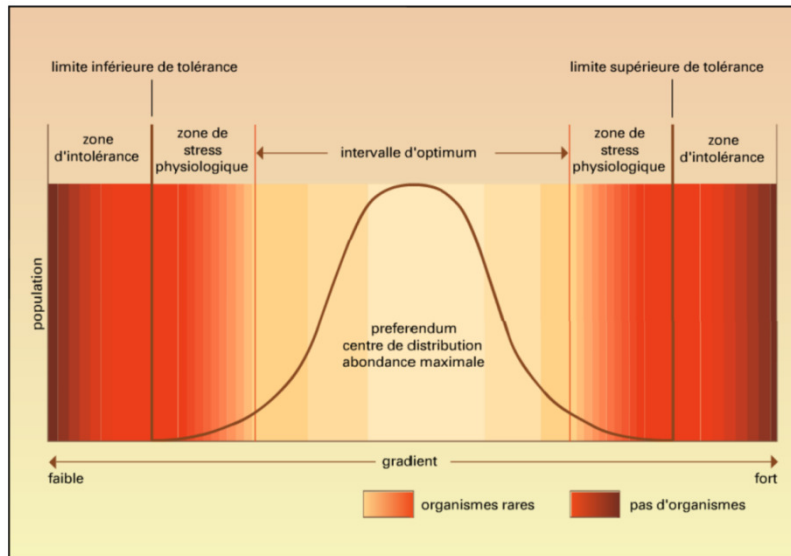


Figure 01. Loi générale de Tolérance biologique

4. Valence écologique

La valence écologique est la possibilité que présente une espèce pour vivre dans un milieu donné caractérisé par des variations plus ou moins grandes des facteurs écologiques.

De plus la valence écologique varie chez une même espèce suivant le stade de développement.

Une série de termes relatifs à la tolérance des espèces est devenue d'usage en écologie.

Ces termes utilisent le préfixe grecque "steno" pour désigner une faible amplitude de tolérance et le préfixe grecque "eury" pour désigner une large amplitude de tolérance.

Quelques exemples des termes les plus usités pour désigner les facteurs écologiques :

Facteur écologique	Large amplitude écologique	Faible amplitude écologique
Température	Eurythermique	Stenothermique
Eau	Euryhydrique	Stenohydrique
Salinité	Euryhalin	Stenohalin
Nourriture	Euryphagique	Stenophagique
Sol	Euryédaphique	Stenoédaphique
pH	Euryionique	Stenoionique

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

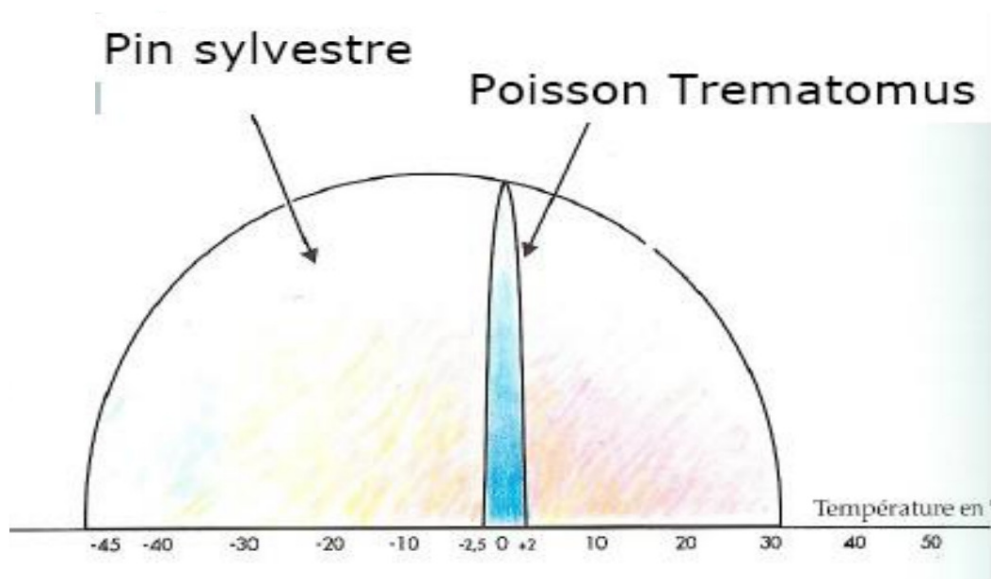


Figure 02. Différence entre une espèce Sténoèce (Poisson) et une autre Euryèce (Pin)

Les facteurs écologiques abiotiques

1. Les facteurs climatiques

Le climat est constitué par l'ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent l'état de l'atmosphère en un point donné de la surface terrestre. On distingue le macroclimat, le mésoclimat et le microclimat.

- Le macroclimat : il caractérise le climat à l'échelle des régions, ou des pays; on parle de climat équatorial, méditerranéen etc.
- Le mésoclimat : il caractérise le climat à l'échelle d'une région déterminée, de surface réduite, où interviennent des facteurs comme la topographie, le voisinage de la mer etc. Au niveau de la région d'Annaba, les hauteurs de Séraïdi sont plus froides que le littoral ; l'exposition nord ou ubac d'une chaîne montagneuse présente un mésoclimat distinct du versant sud ou adret
- Le microclimat : il caractérise une surface très restreinte et se situe à l'échelle de l'individu. Par exemple, la température de l'air à la proximité immédiate d'une plante alpine basse peut être de 20°C supérieure à celle de l'air située à 0.3 m au-dessus de la plante.

Les facteurs climatiques considérés seront respectivement la lumière, la température, les précipitations, le vent et les autres facteurs atmosphériques.

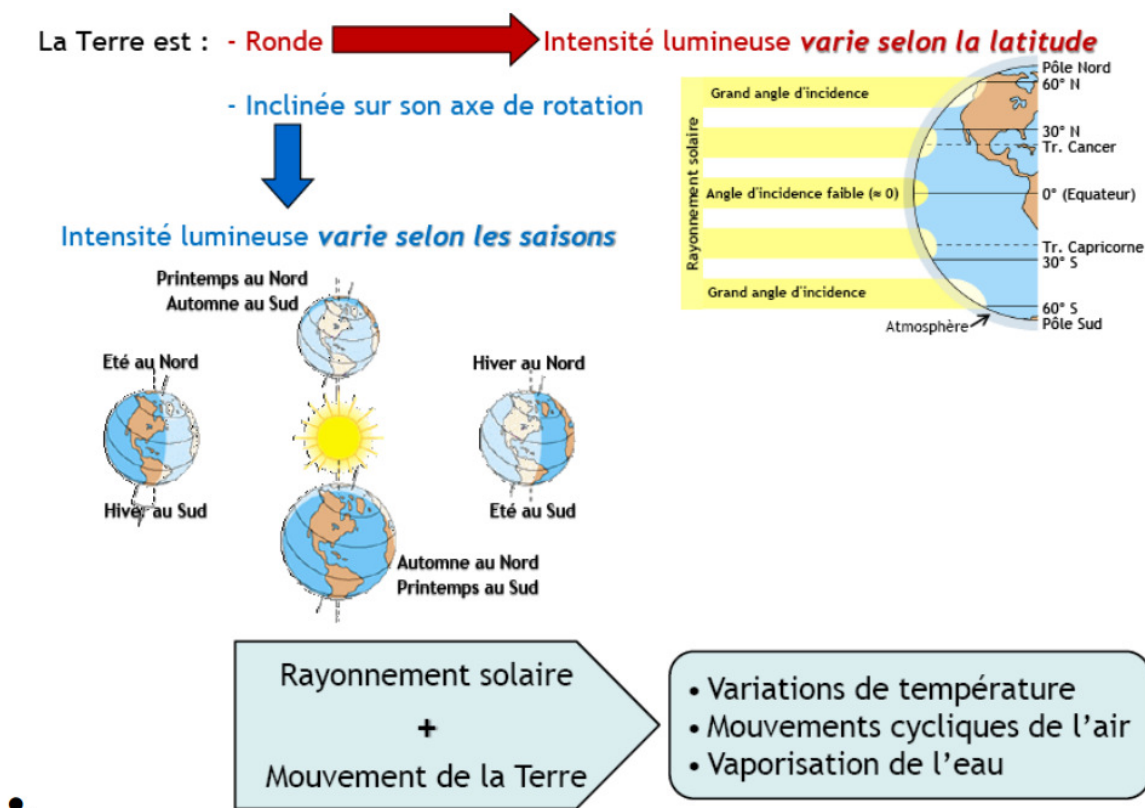
1.1. La lumière

C'est un facteur vital de l'environnement car elle représente la seule source d'énergie pour tous les écosystèmes. La lumière ou rayonnement solaire agit sur les plantes essentiellement par sa nature (ses différentes longueurs d'ondes), son intensité et sa durée (périodicité). La variation de ces trois paramètres gouverne un grand nombre des processus physiologiques et morphologiques aussi bien chez les plantes que chez les animaux.

- **La qualité de la lumière (les longueurs d'onde)** : la plupart des plantes sont adaptées aux longueurs d'ondes comprises entre 200 nm et 800nm. Il s'agit des infrarouges (les plus longues), la lumière visible (longueur d'onde moyenne) et des

ultraviolets (longueur d'onde les plus courtes et les plus énergétiques). De manière générale, la qualité de la lumière ne varie pas suffisamment pour exercer une influence sur la photosynthèse sauf quand la partie supérieure des arbres intercepte une grande partie de la lumière ; les espèces sous-jacentes sont alors adaptées à de faibles quantités lumineuses.

- **L'intensité lumineuse** : elle présente une grande variabilité spatiale et temporelle. L'intensité lumineuse est la plus importante aux faibles latitudes et diminue avec les latitudes plus élevées où les rayons lumineux traversent une distance plus importante dans l'atmosphère. A l'équateur, les rayons tombent à la verticale toute l'année. La chaleur se répartit sur une petite surface. Plus on se dirige vers les pôles, plus les rayons frappent en oblique et la même quantité de chaleur se disperse sur une plus grande surface et chaque point en reçoit moins. De plus certains rayons ne nous atteignent qu'après avoir été diffusés dans le ciel par les nuages et les gouttelettes d'eau en suspension.



- **La durée de l'insolation:** elle varie en fonction de la position d'un lieu donné. Ainsi la durée d'insolation quotidienne à l'équateur est constante pendant toute l'année, alors que l'ensoleillement dans l'hémisphère nord est plus court en hiver qu'en été et vice versa pour l'hémisphère sud. L'alternance des jours et des nuits, leur variation quotidienne constituent la photopériode. Plus la durée d'insolation est longue, plus l'action du rayonnement solaire est efficace. A cette variation globale s'ajoute les variations saisonnières. Elles sont particulièrement importantes dans les latitudes élevées, entre l'été et l'hiver.

Rôle écologique de la lumière:

- **Effet de l'intensité lumineuse:** elle a une action sur l'assimilation; l'intensité de la photosynthèse, nulle à l'obscurité, augmente avec celle de l'éclairement et pour une certaine valeur de celui-ci, elle compense exactement la respiration. Il correspond à un éclairement différent suivant les espèces. Selon l'intensité lumineuse on distingue les plantes d'ombre ou sciaphiles telles les plantes des sous-bois, les fougères (intensité lumineuse faible) et les plantes de lumière ou héliophiles telles la tomate, le thym, la lavande (intensité lumineuse forte).



Effet de la périodicité : la périodicité quotidienne ou saisonnière de la lumière est à l'origine des différents rythmes biologiques chez les plantes et les animaux ; on parle

de photopériodisme. Chez les plantes, les réponses comprennent la floraison, la chute des feuilles, la dormance. Chez les animaux, les différentes réponses incluent les débuts de migration, l'hibernation, la ponte, la mue et les changements de couleur du pelage. En fonction de la durée d'une journée on distingue :

- * Les plantes de jours courts, inférieur à 12h, nécessitent moins de 12 heures pour amorcer la floraison ; c'est le cas du tabac.
- * Les plantes de jours longs, supérieurs à 12h, nécessitent plus de 12 heures pour amorcer la floraison ; c'est le cas du blé, de l'orge et des épinards.
- * Les plantes indifférentes, leur floraison est indépendante de la durée journalière et peut se produire à différentes époques de l'année; comme la pomme de terre.

Ajoutons que dans les régions tropicales, la photopériode est constante tout le long de l'année, elle dure 12 heures. Dans les régions tempérées, elle dépasse 12 heures en été et elle est inférieure à 12 heures en hiver.

1.2. La température

La température du milieu dans lequel vit la plante, c'est à dire celle de l'air et des couches superficielles du sol et des eaux, est tributaire du rayonnement solaire. Elle varie en fonction de la saison, des conditions atmosphériques, de l'altitude et de la latitude. La température intervient dans la répartition géographique des espèces, elle règle l'activité et le fonctionnement des êtres vivants en agissant sur diverses fonctions de la plante notamment la respiration, la photosynthèse, les différentes réactions enzymatiques et le phénomène de la floraison.

La température intervient par ses variations et ses moyennes journalières, mensuelles et annuelles, on parle de thermopériodisme.

L'amplitude de tolérance de la température chez les plantes est très grande et varie généralement entre 0° C et 50° C. Chez toutes les plantes, l'amplitude de tolérance varie avec l'âge, la balance hydrique et la saison. Dans cette amplitude, les espèces ont des besoins minimum, maximum et optimum de température pour leurs activités métaboliques.

La période de croissance est celle où toutes les conditions environnementales

requis sont réunies. La température est considérée comme étant l'un des facteurs critique pour initier cette croissance et plus particulièrement la température minimale. Ainsi, selon les exigences propres à chaque espèce, quant à l'action de la température, on distingue :

- Les espèces dites sténothermes : thermophiles : leur optimum de croissance se situe à des températures élevées, exemples les Cyanophycées (algues bleues), les sténothermes psychrophiles (températures froides), exemple algue cryophile. Ces espèces sténothermes tolèrent de faibles variations de température.
- Les espèces dites eurythermes, elles, tolèrent de larges variations de températures, exemple *Poa annua* (graminée la plus répandue dans le monde).

1.3. Les précipitations

Elles comprennent : la pluie, la neige, la grêle, la rosée et le brouillard. Comme la température, elles sont très liées au rayonnement solaire puisqu'elles sont dues à la condensation dans l'atmosphère de la vapeur d'eau provenant des mers et des terres. Plus il fait chaud, plus l'évaporation est intense.

L'eau est indéniablement l'un des facteurs écologiques les plus importants. Il constitue la plus grande partie du poids des êtres vivants et joue un rôle fondamental dans la physiologie des espèces animales et végétales. L'écologiste s'intéresse à l'eau dans la nature, son origine, sa rétention par le milieu, aux réactions des plantes aux variations naturelles de l'eau dans le milieu (sol et air).

Si l'on considère les précipitations (apport le plus important en eau), elles sont sous la dépendance de la température qui règle l'intensité de l'évaporation au niveau des surfaces marines. L'efficacité des précipitations est exprimée par la balance entre l'évaporation et les précipitations. Quant à l'évaporation, c'est la quantité d'eau perdue de la surface d'un écosystème plus celle transpirée par la végétation.

De plus la répartition saisonnière des précipitations influe grandement sur la végétation. Par exemple en région méditerranéenne la pluie tombe surtout en hiver pendant la période froide quand les plantes en ont le moins besoin et fait défaut en été

au moment où la température augmente l'évaporation, il en résulte donc une végétation xérophytique bien adaptée aux longues périodes estivales sèches.

Les plantes peuvent être classées en fonction de leur besoin en eau. On distingue généralement quatre grands groupes:

- Hydrophile, se sont des plantes aquatiques vivant en permanence dans l'eau
Typha angustifolia, *Nymphaea alba* ;
- Hygrophile, les espèces requiert un milieu très humide, exemple les joncs tel que *Juncus acutus*;
- Mésophile, ce groupe contient les espèces non spécialisées qui tolèrent des conditions modérées. Par ailleurs, elles peuvent supporter des alternances de périodes sèches et humides. Il s'agit de la majorité des espèces cultivées.
- Xérophile, se sont des espèces adaptées au milieu sec telles que *Acacia raddiana*.

1.4. Les vents et les autres facteurs atmosphériques

Le vent agit soit directement par une action mécanique sur le sol et les végétaux soit indirectement en contrôlant d'autres facteurs et particulièrement en modifiant la température et l'humidité.

1.4.1. Action directe du vent

Les vents violents peuvent limiter la croissance des plantes en infligeant des dommages physiques. Des structures de plantes déformées par l'action du vent sont souvent observées dans des lieux exposés, tels que les falaises, les sommets des montagnes ou encore les plaines ouvertes. Ainsi, l'effet mécanique sur les végétaux se traduit par des formes de croissance particulières avec des inclinaisons dans le sens du vent dominant.

Les végétaux s'adaptent soit par le développement des appareils racinaires de fixation au sol (comme chez la graminée *Ammophila arenaria*, utilisée pour la stabilisation des dunes), soit en profitant de la protection des autres végétaux. L'action mécanique la plus importante est la dissémination des pollens, des spores et des semences. Les plantes pollinisées par le vent sont dites anémophiles. Le vent peut également avoir des actions négatives en contribuant à l'érosion du sol quand ce dernier n'est pas protégé par une couverture végétale.

1.4.2. Action indirecte du vent

Elle correspond à la modification des autres facteurs du climat. Le vent joue un rôle dans la distribution des pluies, augmente la vitesse d'évaporation à partir du sol ainsi que la transpiration, diminue les températures et facilite la propagation des feux.

Comme autre facteur atmosphérique, citons la foudre et le feu qui peuvent jouer un rôle écologique très important dans certaines régions du globe.

La foudre est considérée comme un facteur écologique de second ordre sauf dans les régions où les peuplements forestiers sont denses (ex. Canada).

Le feu est un facteur écologique extrêmement important dans la formation des paysages actuels. Ils sont rarement naturels (foudre) et le plus souvent d'origine anthropique soit pour obtenir des surfaces herbagères, soit pour procéder à des cultures sur brûlis soit pour rabattre des animaux sauvages pendant les périodes de chasse.

2. Les facteurs édaphiques

Les caractères physiques et chimiques des sols constituent les facteurs édaphiques. Ce sont des facteurs très importants car ils expriment les relations écologiques entre les êtres vivants et le sol.

Les facteurs qui participent à la formation du sol sont la roche-mère, la topographie, la végétation, l'homme (surtout pour les terres arables) et surtout le climat (il affecte le degré d'altération des roches en réglant le taux et le rythme des précipitations, les écarts de températures, le type de végétation et les établissements

humains). La formation du sol est due à l'action combinée sur la roche des agents atmosphériques et de la couverture végétale. On distingue des phénomènes physiques (eau, température), chimique (apport et migration de substances) et biologiques (flore microbienne, lombric...).

Les sols sont composés de matériaux organiques provenant de la partie biotique de l'écosystème et des matériaux inorganiques provenant de la roche mère par le processus de pédogénèse. La roche mère constitue environ les deux tiers du volume total d'un sol et détermine la plupart de ses caractéristiques physiques.

Pour ce qui est des propriétés chimiques du sol on parle surtout de :

* l'acidité et l'alcalinité, les pH moyens sont ceux qui, généralement, confèrent les meilleures conditions de croissance aux plantes. Cependant, il existe des espèces qui ne poussent qu'en milieu acide ou basique.

* L'humus, c'est un produit de la végétation. Les plantes qui demandent beaucoup d'éléments nutritifs produisent des débris organiques riches en minéraux. Dans des sols bien aérés, ceci encourage une rapide décomposition résultant en un type d'humus appelé mull. Par contre, une végétation qui absorbe peu d'éléments minéraux produira une matière organique déficiente en minéraux et produira un humus acide appelé mor.

Le sol est formé d'un agrégat de particules de taille différentes (gravier, sables, argiles): c'est la texture ; ces particules se trouvent agrégés d'une certaine façon c'est la structure. Texture et structure concourent avec la composition chimique du sol pour conférer à celui-ci d'autres caractères: porosité et aération, pouvoir de rétention pour l'eau, température.

Par ailleurs, des organismes vivants y sont intimement liés tels que les bactéries, les champignons, vers, arthropodes et autres. Le sol est donc considéré comme un support indispensable à la vie des végétaux et animaux.

3. Les facteurs topographiques

Ils résultent de la configuration du terrain à l'échelle régionale ou à l'échelle locale (montagnes, collines, rivières, lacs et autres configuration). Ils ont pour effet de modifier les autres facteurs écologiques. Les facteurs topographiques les plus importants sont l'altitude, l'exposition et la pente. Ils agissent essentiellement sur le climat et le sol.

- **Effet sur la température** : la température de l'air décroît avec l'altitude, environ (0,55°C pour 100 m de dénivellation, celle du sol subit une même diminution avec des valeurs plus faibles de l'ordre de 0,45°C pour 100 m). C'est ce gradient altitudinal de température qui est la principale cause de l'existence d'étages de végétation dans les montagnes.

- L'effet de l'exposition est particulièrement important et se traduit généralement par des différences dans la végétation entre les versants nord (ubac) et les versants sud (adret).

Effet sur la précipitation : ces dernières augmentent avec l'altitude. Ainsi les hauts reliefs du Hoggar et du Tibesti, hébergent, grâce, à des précipitations accrues des plantes d'affinité steppique ou même méditerranéenne lesquelles sont absente du reste du Sahara. Exemple, *Olea laperrini*. Cette augmentation a des limites et au delà d'une certaine altitude elle diminue.

Effet sur le sol : d'une façon générale, les moindres accidents topographiques peuvent modifier fortement la distribution de l'eau dans le sol, le niveau de la nappe phréatique et par conséquent la distribution des plantes. Au niveau des pentes les sols sont bien drainés et l'eau s'accumule en bas de pente avec présence d'une végétation différente. Généralement, les pentes fortes supportent une communauté plus tolérante aux conditions sèches. Les plantes des régions montagneuses ou relief accidenté présentent des adaptations spéciales avec notamment un développement racinaire important et une grande flexibilité des branches et des rameaux.

B. LES FACTEURS ECOLOGIQUES BIOTIQUES

Les facteurs biotiques sont l'ensemble des actions que les organismes vivants exercent directement les uns sur les autres. Ce sont les interactions qui se manifestent entre les divers organismes peuplant un milieu déterminé. On appelle ces interactions des coactions. On distingue également l'action qui est l'influence que le biotope exerce sur la biocénose, la réaction étant l'effet inverse. Ces interactions, sont de deux types :

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

Les unes se produisent entre individus de la même espèce, ce sont des réactions homotypiques ou intraspécifiques ; les coactions entre individus d'espèces différentes sont appelés des réactions hétérotypiques ou interspécifiques.

1. Les réactions homotypiques

On distingue l'effet de groupe et l'effet de masse.

- On parle d'effet de groupe lorsque des modifications ont lieu chez des animaux de la même espèce, quand ils sont groupés par deux ou plus de deux. L'effet de groupe est connu chez de nombreuses espèces d'insectes ou de vertébrés, qui ne peuvent se reproduire normalement et survivre que lorsqu'elles sont représentées par des populations assez nombreuses. L'effet de groupe correspond à tout phénomène, au sein d'une population, qui est directement rattaché au nombre d'individus qui la composent. C'est l'interaction liée au rapprochement des individus et qui entre dans le cadre de la coopération. Il s'agit d'un effet positif. Il en résulte souvent des communautés caractérisées par des alliances (communautés migratoires, communautés de chasse (lion), communautés de reproduction (oiseaux marins). La taille des communautés offre une protection face aux ennemies, évite de trop forte perte de chaleur, augmente le succès à la chasse ou lors de la reproduction.

Exemple : On estime qu'un troupeau d'éléphants d'Afrique doit renfermer au moins 25

individus pour pouvoir survivre : la lutte contre les ennemis et la recherche de la nourriture sont facilitées par la vie en commun.

- A l'inverse de l'effet de groupe, l'effet de masse se produit, quand le milieu, souvent surpeuplé, provoque une compétition sévère aux conséquences néfastes pour les individus. L'effet de masse se manifeste quand le milieu devient surpeuplé ; il remplace alors l'effet de groupe. C'est donc une interaction liée au surpeuplement et qui entre dans le cadre de la compétition. Il s'agit d'un effet négatif. Les effets néfastes de ces compétitions ont des conséquences sur le métabolisme et la physiologie des individus qui se traduisent par des perturbations, comme la baisse du taux de fécondité, la diminution de la natalité, l'augmentation de la mortalité. Chez certains organismes, le surpeuplement entraîne des phénomènes appelés phénomènes d'**autoélimination**.

La compétition intraspécifique

Ce type de compétition peut intervenir pour de très faibles densités de population, et se manifeste de façons très diverses :

- Apparaît dans les comportements territoriaux, c'est-à-dire lorsque l'animal défend une certaine surface contre les incursions des autres individus.
- Le maintien d'une hiérarchie sociale avec des individus dominants et des individus dominés.
- La compétition alimentaire entre individus de la même espèce est intense quand la densité de la population devient élevée. Sa conséquence la plus fréquente est la baisse du taux de croissance des populations.

Chez les végétaux, la compétition intra spécifique, liée aux fortes densités se fait surtout pour l'eau et la lumière. Elle a pour conséquence une diminution du nombre de graines formées et/ou une mortalité importante qui réduit fortement les effectifs.

2. Les réactions hétérotopiques

La cohabitation de deux espèces peut avoir sur chacune d'entre elle une influence nulle, favorable ou défavorable. Les divers types d'interactions que l'on peut rencontrer dans

la nature sont les suivantes :

- **Le neutralisme**, les deux espèces sont indépendantes ; elles n'ont aucune influence l'une sur l'autre : elles cohabitent sans avoir aucune influence l'une sur l'autre.

- **La coopération**, les deux espèces forment une association qui n'est pas indispensable, chacun pouvant vivre isolement, et qui apporte à tous les deux un avantage. Par exemple, les arbres en forêt peuvent se maintenir et se régénérer dans des conditions climatiques défavorables à la survie de ces mêmes arbres isolés.

- **Le mutualisme** ou **symbiose**, chaque espèce ne peut croître, se reproduire et survivre qu'en présence de l'autre. C'est une interaction dans laquelle les deux partenaires trouvent un avantage, celui-ci pouvant être la protection contre les ennemis, la dispersion, la pollinisation, l'apport de nutriments... Les deux espèces vivent en symbiose. On peut citer la symbiose lichénique, association entre une algue et un champignon, les mycorhizes, association entre un champignon ou une bactérie et les racines d'un végétal supérieur. Dans le règne animal les exemples sont également nombreux : le héron garde-boeuf libère les grands mammifères de leur parasites et trouvent quant à lui nourriture et protection (ectosymbiose, bonne santé de l'un et nutrition de l'autre). Lors d'une endosymbiose, l'un des partenaires vit dans l'autre telle que les symbioses nutritives : les ruminants fournissent de la nourriture aux bactéries et ces derniers mangent les microbes morts.

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

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

Exemple : Les lichens sont formés par l'association d'une algue et d'un champignon.

- **Le commensalisme**, l'association comprend une espèce commensale qui en tire un bénéfice et une espèce hôte qui n'en tire ni avantage ni nuisance. Les deux espèces exercent l'une sur l'autre des coactions de tolérance réciproque. Cas des végétaux épiphytes tels certaines fougères, lichens, algues qui s'installent sur les branches et les troncs d'arbres.

Exemple : Les animaux qui s'installent et qui sont tolérés dans les gîtes des autres espèces.

- **L'amensalisme**, c'est une interaction dans laquelle une espèce est éliminée par une autre espèce qui secrète une substance toxique. Dans les interactions entre végétaux, l'amensalisme est souvent appelé **allélopathie**.

Exemple : Le Noyer rejette par ses racines, une substance volatile toxique, qui explique la pauvreté de la végétation sous cet arbre.

- **La compétition interspécifique** peut être définie comme étant la recherche active, par les membres de deux ou plusieurs espèces, d'une même ressource du milieu (nourriture, abri, lieu de ponte, etc...). La compétition interspécifique, chaque espèce agit défavorablement sur l'autre. La compétition est d'autant plus grande entre deux espèces qu'elles sont plus voisines. C'est une concurrence pour des ressources limitées ; chez les plantes elle se traduit par une lutte pour la lumière, l'eau, les éléments nutritifs et pour l'espace, et chez les animaux par une lutte pour la nourriture, pour les lieux d'habitation et de nidification, pour la conquête d'un partenaire.

Cependant, deux espèces ayant exactement les mêmes besoins ne peuvent cohabiter, l'une d'elle étant forcément éliminée au bout d'un certain temps. C'est le principe de **GAUSE** ou principe d'exclusion compétitive.

- **La prédation**, l'espèce prédatrice attaque l'espèce proie pour s'en nourrir. Les relations prédateurs-proies sont des relations purement alimentaires, au cours desquelles les prédateurs tuent les proies. Le prédateur est tout organisme libre qui se nourrit et dépend d'un autre. 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).

- **Le parasitisme**, une espèce parasite, généralement plus petite, inhibe la croissance ou la reproduction de son hôte. Le parasite est un organisme qui ne mène pas une vie libre : il est au moins, à un stade de son développement, lié à la surface (ectoparasite) ou à l'intérieur (endoparasite) de son hôte. On peut considérer le parasitisme comme un cas particulier de la prédation. Cependant, le parasite n'est pas vraiment un prédateur car il n'a pas pour but de tuer l'hôte. Le parasite doit s'adapter pour rencontrer l'hôte et survivre au détriment de ce dernier. L'hôte doit s'adapter pour ne pas rencontrer le parasite et s'en débarrasser si la rencontre a eu lieu.

Tout comme les prédateurs, les parasites peuvent être polyphages, oligophages ou monophages.

Certains peuvent parasiter des espèces différentes telle que *Orobanche minor*, que l'on retrouve sur Légumineuses ; d'autres sont spécifiques telle que *Fusarium oxysporum* qui parasite uniquement le Palmier dattier ou *Phoenix dactylifera* ou encore la rouille du blé *Puccinia graminis*.

CHAPITRE 03: STRUCTURE DES ECOSYSTEMES

1. La biosphère et ses constituants

Les êtres vivants sont localisés sur une couche étroite à la surface de la Terre. Celle-ci comprend la **basse** atmosphère, les océans, mers, lacs et cours d'eau que l'on regroupe sous le nom d'**hydrosphère** et la mince pellicule superficielle des terres appelés **lithosphère**.

L'épaisseur de la biosphère varie considérablement d'un point à un autre puisque la vie pénètre jusque dans les fosses océaniques au-delà de 10 000 m de profondeur alors que dans la lithosphère, on ne trouve guère trace de vie au-delà d'une dizaine de mètres. Dans l'atmosphère, par suite de la raréfaction de l'oxygène, les êtres vivants se font plus rares avec l'altitude et vivent rarement à plus de 10 000 m.

La source majeure d'énergie dans la biosphère est le soleil. L'autre source importante est l'énergie géothermique. Grâce à la photosynthèse, les plantes transforment l'énergie solaire en énergie chimique, et les animaux en mangeant ces plantes ou en se mangeant entre eux, la récupèrent.

2. Organisation de la biosphère

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

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

Le biotope fournit l'énergie, la matière organique et inorganique d'origine abiotique. La biocénose comporte trois catégories d'organismes : des **producteurs** de matières organiques, des **consommateurs** de cette matière et des **décomposeurs** qui la recyclent. Les végétaux captent l'énergie solaire et fabriquent des glucides qui seront

transformés en d'autres catégories de produits, ils seront broutés par les herbivores qui seront dévorés par des carnivores. Les décomposeurs consomment les déchets et les cadavres de tous et permettent ainsi le retour au milieu de diverses substances. Par son unité, son organisation et son fonctionnement, l'écosystème apparaît comme le maillon de base de la biosphère.

3. La chaîne trophique

3. 1. Notion de chaîne alimentaire

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. Une chaîne trophique ou chaîne alimentaire est une succession d'organismes dont chacun vit au dépend du précédent. 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 chaînes alimentaires ne circulent pas obligatoirement d'un petit à un grand organisme, il arrive d'observer le contraire.

Dans la nature, les êtres vivants peuvent se répartir en trois catégories selon leurs fonctions écologiques dans la communauté :

3.1.1. Les producteurs

Ce sont les végétaux autotrophes photosynthétiques (plantes vertes, phytoplancton, algues bleues....). Ayant le statut de producteurs primaires, ils constituent le premier niveau trophique de l'écosystème. En effet, grâce à la photosynthèse ils élaborent la matière organique à partir de matières strictement minérales fournies par le milieu extérieur abiotique. Ce sont des organismes capables de fixer l'énergie lumineuse et d'élaborer des matières organiques à partir de sels minéraux, de gaz carbonique et d'eau. Ils se forment alors des glucides, lipides et protides.

3.1.2. Les consommateurs

Il s'agit d'êtres vivants, dits hétérotrophes, qui se nourrissent des matières organiques complexes déjà élaborées qu'ils prélèvent sur d'autres êtres vivants. Ils se considèrent comme étant des producteurs secondaires. Les consommateurs occupent un niveau trophique différent en fonction de leur régime alimentaire. On distingue les consommateurs de matière fraîche et les consommateurs de cadavres.

a- Les consommateurs de matière fraîche, il s'agit de :

□ **Consommateurs primaires (C1)** : Ce sont les phytophages qui mangent directement les producteurs. Ce sont en général des animaux, appelés herbivores (mammifères herbivores, insectes, crustacés : crevette).

□ **Consommateurs secondaires (C2)** : Prédateurs de C1. Ce sont des organismes qui se nourrissent au dépend des phytophages. Souvent prédateurs, il s'agit de carnivores se nourrissant d'herbivores (mammifères carnassiers, rapaces, insectes,...).

□ **Consommateurs tertiaires (C3)** : Prédateurs de C2. Ce sont donc des carnivores qui se nourrissent de carnivores. Ils peuvent être soit :

- Des carnivores qui se nourrissent d'autres carnivores
- Des supers prédateurs carnassiers. Exemple : Loups, Tigres...
- Des parasites

Le plus souvent, un consommateur est omnivore et appartient donc à plusieurs niveaux trophiques. Les C 2 et les C 3 sont soit des prédateurs qui capturent leurs proies, soit des parasites d'animaux.

b - Les consommateurs de cadavres d'animaux

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

3.1.3. Les décomposeurs ou détritivores

Les décomposeurs sont des organismes qui bouclent le cycle trophique et qui remettent en circulation les éléments minéraux contenus sous forme organique dans les débris animaux et végétaux (détritiques végétaux, excréta et cadavres d'animaux). Ce sont les différents organismes et microorganismes qui s'attaquent aux cadavres et aux excréta et les décomposent peu à peu en assurant le retour progressif au monde minéral des éléments contenus dans la matière organique. Ce sont des champignons, bactéries, levures et autres microorganismes.

□ **Saprophyte** : Organisme végétal se nourrissant de matières organiques en cours de décomposition.

□ **Saprophage** : Organisme animal qui se nourrit de matières organiques en cours de décomposition.

□ **Détritivore** : Invertébré qui se nourrit de détritiques ou débris d'animaux et/ou de végétaux.

Exemple : Protozoaires, lombrics, nématodes, cloportes.

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

Exemple : Bousier.

Producteurs primaires, consommateurs et décomposeurs sont liés par une chaîne alimentaire.

3.2. Différents types de chaînes trophiques

Dans un écosystème, il existe fondamentalement trois types de chaînes alimentaires, ces dernières ne circulent pas obligatoirement d'un petit à un grand organisme, il arrive d'observer le contraire. Il existe trois principaux types de chaînes trophiques:

- **Chaîne trophique des prédateurs** : Qui partent d'un végétal, passent par de petits organismes de taille de plus en plus grande. Dans cette chaîne, le nombre d'individus diminue d'un niveau trophique à l'autre, mais leurs tailles augmentent (règle d'ELTON énoncée en 1921). En milieu terrestre, les chaînes trophiques comportent en général trois ou quatre niveaux. Une des plus simples est constituée par le schéma :

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

- **Chaîne trophique des parasites** : Elles se manifestent à partir d'organismes de grande taille vers des organismes de petite taille de plus en plus nombreux (la règle d'ELTON n'est pas vérifiée dans ce cas). Ces chaînes jouent un rôle de limitation des populations. Dans certains cas, certains parasites peuvent être éliminés par des hyperparasites.

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

- **Chaîne trophique des Saprophytes** : Ce type de chaîne joue un rôle important dans les écosystèmes forestiers car la plus grande partie du feuillage rejoint la litière puis elle est fragmentée par des animaux saprophages (Exemple: verre de terre. Collembolles...). Il y a ainsi dispersion des fragments dans le sol et ces derniers sont ensuite repris par les champignons et les bactéries qui achèvent la décomposition avec la formation de l'humus. Va de la matière organique morte vers des organismes de plus en plus petits (microscopiques) et nombreux (la règle d'ELTON n'est pas vérifiée dans ce cas).

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

3.3. Représentation graphique des chaînes trophiques

La schématisation de la structure des biocénoses est généralement conçue à l'aide de pyramides écologiques, qui correspondent à la superposition de rectangles horizontaux de même hauteur, mais de longueurs proportionnelles au nombre d'individus, à la biomasse ou à la quantité d'énergie présentes dans chaque niveau trophique. On parle alors de pyramide des nombres, des biomasses ou des énergies (Fig. 02).

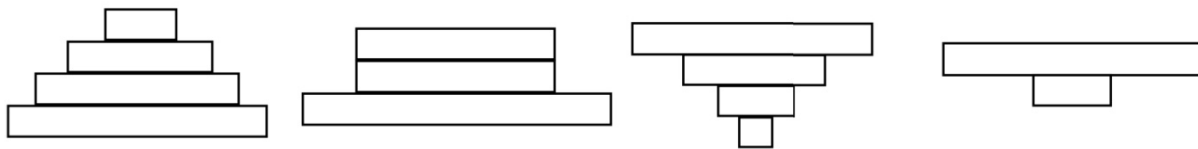


Figure (02): Diverses schématisation des pyramides écologiques.

3.4. Le réseau trophique

Dans un écosystème, la matière et l'énergie circulent à travers de nombreuses chaînes alimentaires. Ces phénomènes de transfert sont nombreux et très diversifiés et interdépendants ; on parle alors de réseau trophique. Il se définit comme un ensemble de chaînes alimentaires reliées entre elles au sein d'un écosystème et par lesquelles l'énergie et la matière circulent. Il se définit également comme étant l'ensemble des relations trophiques existant à l'intérieur d'une biocénose entre les diverses catégories écologiques d'êtres vivants constituant cette dernière (producteurs, consommateurs et décomposeurs).

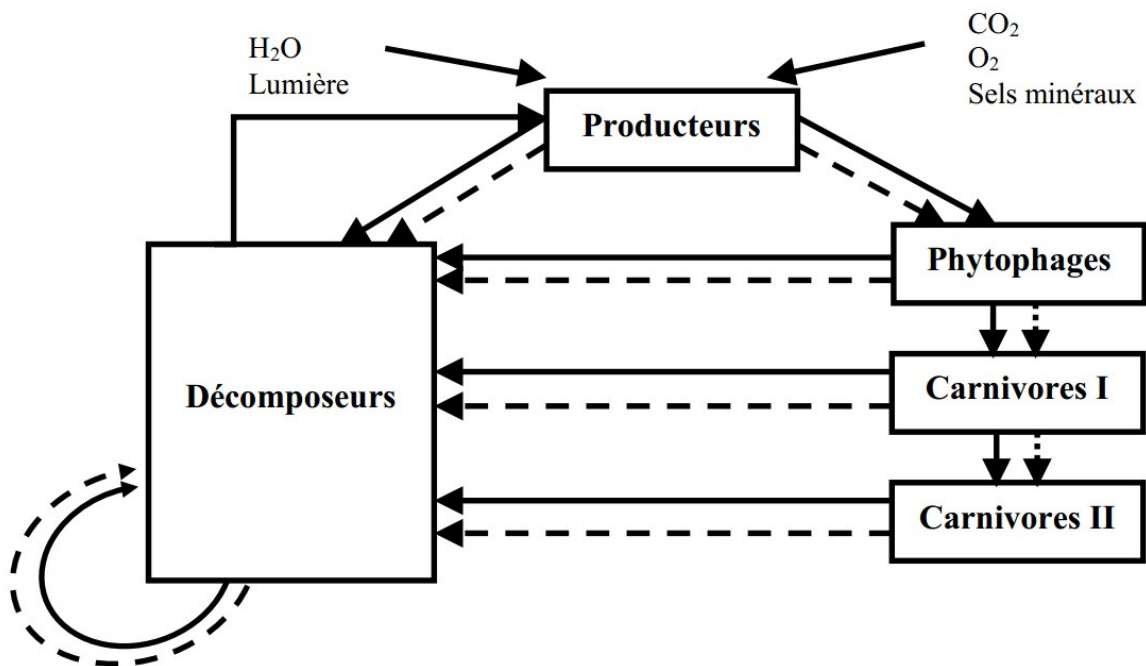


Figure (03): Schéma de la structure globale d'une chaîne alimentaire.

Circulation de la matière (trait continu) et de l'énergie (trait discontinu).

CHAPITRE 04 : FLUX D'ENERGIE ET NOTION DE PRODUCTIVITE

1. Le flux solaire

Unique entrant dans la biosphère, il conditionne toute production de matière vivante car c'est de lui que dépend toute activité photosynthétique. Seule une fraction de la lumière solaire qui atteint l'environnement immédiat de notre planète arrive à la surface terrestre.

On définit le flux solaire comme le taux d'énergie de toute longueur d'onde qui traverse une unité de surface par unité de temps, on peut l'évaluer à $2 \text{ cal/cm}^2/\text{min}$ dans la haute stratosphère.

Plus de 30% du flux solaire qui atteint la haute stratosphère est directement réfléchi dans l'espace par l'atmosphère elle-même et les nuages ; 8% l'est par les poussières en suspension dans l'air. De plus, 10% du rayonnement global est absorbé par la vapeur d'eau, l'ozone et d'autres gaz.

Finalement, seuls 52% des rayons solaires parviennent au sol. Mais à ce niveau se produiront encore des pertes par réflexion, de l'ordre de 10% et près de la moitié seront utilisés comme source de chaleur dans les processus d'évapotranspiration. Enfin, sur les 40% qui restent disponibles, à peine le quart est employé par les végétaux pour la photosynthèse.

2. Notion de Biomasse

Le terme de biomasse désigne normalement la matière vivante, la nécromasse constitue la matière organique morte.

2.1. Composition de la biomasse

La biomasse est constituée de protides, lipides et glucides qui baignent dans un milieu riche en eau. La proportion des éléments diffère selon les types d'organismes et surtout entre les animaux et les végétaux.

2.2. Mesure de la biomasse

La biomasse est en principe une quantité de matière vivante mesurée en unité de masse de substance fraîche ou de poids frais. Ainsi, on exprimera la quantité de matière vivante dans les unités suivantes :

- **Le poids sec** : C'est le poids qui élimine l'environnement aqueux dans lequel baignent les tissus. Il est généralement obtenu par dessiccation dans une étuve à 90°-100° pendant 24h à 48h. On peut également estimer la quantité de matière organique (eau et sels minéraux exclus) en faisant la différence entre un poids sec et ce qui reste de l'échantillon après calcination au four. On définit alors un poids sec sans cendres.

- **Le biovolume** : Il est souvent considéré comme proportionnel au poids frais puisque la densité de la matière organique est à peu près invariable. Le biovolume est surtout utilisable pour les organismes de taille moyenne que l'on mesure par immersion dans un volume d'eau connu.

- **Le nombre d'individus** : C'est une bonne estimation de la quantité de biomasse à condition que les individus soient de même taille.

3. Transfert d'énergie et rendements (Notion de productivité)

3.1. La productivité primaire

C'est la quantité de biomasse végétale produite par l'activité photosynthétique des végétaux sous forme de matière organique utilisée comme aliment par les consommateurs.

3.1.1. La production brute (PB)

Elle s'exprime en quantité de carbone fixé par unité de temps par une biomasse végétale donnée. C'est le produit total de la photosynthèse, c'est-à-dire l'ensemble de toutes les matières organiques produites. Cette **PB** assure :

- La maintenance des organes existants.
- La constitution d'organes nouveaux.

- L'élaboration et le stockage de réserves.
- La création d'énergie utilisée pour la reproduction.

3.1.2. La production nette (PN)

C'est la photosynthèse apparente c'est-à-dire l'ensemble de tous les tissus formés par unité de temps et de toutes les matières nouvellement stockées dans tous les organes, c'est donc la différence de biomasse entre T_1 et T_2 .

$$PN = \frac{B_2 - B_1}{T_2 - T_1} = PB - R$$

R : Respiration

$$T_2 - T_1$$

Tout être vivant qui fabrique des tissus et se reproduit utilise une certaine quantité d'énergie pour :

- Assurer les dépenses d'entretien.
- Permettre l'effort musculaire.
- Assurer la croissance.
- Constituer des réserves.
- l'élaboration des éléments nécessaires à la création d'un nouvel organisme (Reproduction).

3.2. La productivité secondaire

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

Finalement :

- **Productivité brute (PB)** : Quantité de matière vivante produite pendant une unité de temps, par un niveau trophique donné.
- **Productivité nette (PN)** : Productivité brute moins la quantité de matière vivante dégradée par la respiration.

$$PN = PB - R.$$

- **Productivité primaire** : Productivité nette des autotrophes chlorophylliens.
- **Productivité secondaire** : Productivité nette des herbivores, des carnivores et des décomposeurs.

4. Transfert d'énergie

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

- Une partie de la lumière solaire absorbée par le végétal est dissipée sous forme de chaleur.
- Le reste est utilisé pour la synthèse de substances organiques (photosynthèse) et correspond à la **Productivité primaire Brute (PB)**.
- Une partie de **(PB)** est perdue pour la **Respiration (R1)**.
- Le reste constitue la **Productivité primaire Nette (PN)**.
- Une partie de **(PN)** sert à l'augmentation de la biomasse végétale avant d'être la proie des bactéries et des autres décomposeurs.
- Le reste de **(PN)**, sert d'aliment aux herbivores qui absorbent ainsi une quantité d'énergie Ingérée (**I1**).
- La quantité d'énergie ingérée (**I1**) correspond à ce qui est réellement utilisé ou Assimilé (**A1**) par l'herbivore, plus ce qui est rejeté (**Non Assimilée (NA1)**) sous la forme d'excréments et de déchets : **I1= A1+ NA1**
- La fraction assimilée (**A1**) sert d'une part à la **Productivité Secondaire (PS1)** et d'autre part aux dépenses Respiratoires (**R2**).
- On peut continuer le même raisonnement pour les carnivores.

Ainsi, du soleil aux consommateurs (1^{er}, 2^{ème} ou 3^{ème} ordre), l'énergie s'écoule de niveau trophique en niveau trophique, diminuant à chaque transfert d'un chaînon à un autre. On parle donc de flux d'énergie. Le flux d'énergie qui traverse un niveau trophique donné correspond à la totalité de l'énergie assimilée à ce niveau, c'est-à-dire à la somme de la productivité nette et des substances perdues par la respiration.

Dans le cas des producteurs primaires, ce flux est : **PB = PN + R1.**

Le flux d'énergie qui traverse le niveau trophique des herbivores est : **A1 = PS1 + R2.**

Plus on s'éloigne du producteur primaire, plus la production de matière vivante est faible (Fig. 01).

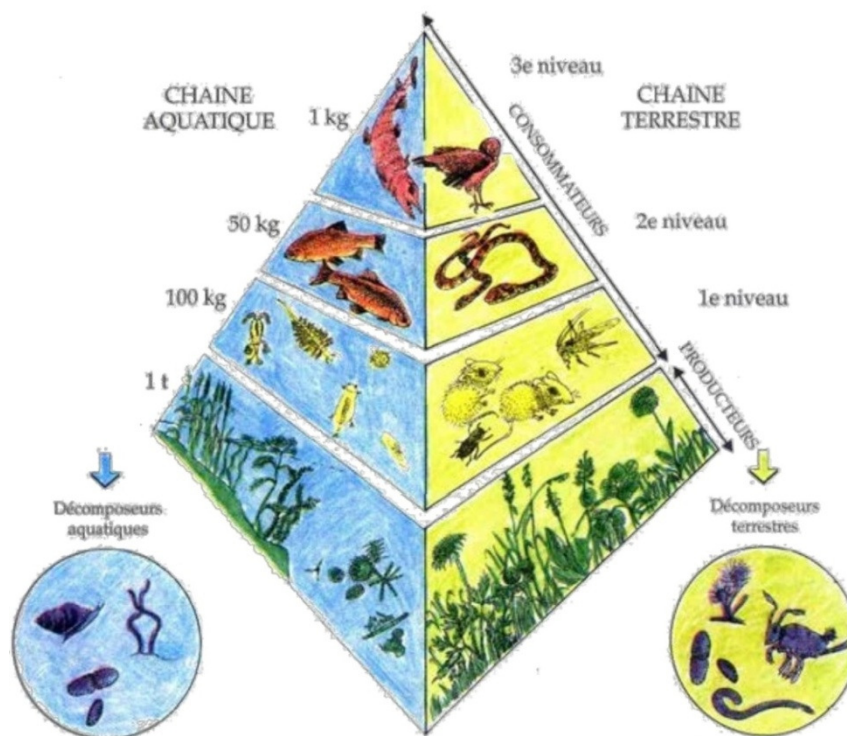


Figure (01) : Biomasse des différents niveaux d'une chaîne alimentaire : le passage d'un niveau alimentaire à un autre entraîne une perte de matière considérable.

4.1. Les rendements

A chaque étape du flux, de l'organisme mangé à l'organisme mangeur, de l'énergie est perdue. On peut donc caractériser les divers organismes du point de vue bioénergétique, par leur aptitude à diminuer ces pertes d'énergie. Cette aptitude est évaluée par les calculs de rendements :

- **Rendement écologique** : C'est le rapport de la production nette du niveau trophique de rang (n) à la production nette du niveau trophique de rang (n-1) : **(PS1/PN x 100) ou (PS2/PS1 x 100)**.
- **Rendement d'exploitation** : C'est le rapport de l'énergie ingérée (I) à l'énergie disponible. C'est la production nette de la proie : **(I1/PN x 100) ou (I2/PS1x 100)**.
- **Rendement de production nette** : Qui est le rapport de la production nette à l'énergie assimilée : **(PS2/A2x100) ou (PS1/A1x100)**. Ce rendement intéresse les éleveurs, car il exprime la possibilité pour une espèce de former la plus grande quantité possible de viande à partir d'une quantité donnée d'aliments.