

INTRODUCTION

1. Définition

Le mot « écologie » a été créé à partir de deux mots grecs : *oikos* qui veut dire : maison, habitat, et *logos* qui signifie science.

L'écologie apparaît donc comme la science de l'habitat, étudiant les conditions d'existence des êtres vivants et les interactions de toute nature qui existent entre ces êtres vivants et leurs milieux.

2. Notion de système écologique : Ecosystème

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

La biocénose est l'ensemble des organismes qui vivent ensemble (zoocénose, phytocénose)

Le biotope (écotope) est le fragment de la biosphère qui fournit à la biocénose le milieu abiotique indispensable.

La biosphère est la partie de l'écorce terrestre où la vie est possible. La biosphère comprend une partie de la lithosphère ; une partie de l'atmosphère.

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.

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.

Un **individu** est un spécimen d'une espèce donnée.

Une **population** est un groupe d'individus de la même espèce occupant un territoire particulier à une période donnée.

Une **communauté** ou **biocénose** est l'ensemble des populations d'un même milieu, peuplement animal (zoocénose) et peuplement végétal (phytocénose) qui vivent dans les mêmes conditions de milieu et au voisinage les uns des autres.

CHAPITRE I. FACTEURS DU MILIEU

Notion de facteur écologique

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

Les facteurs écologiques sont de deux types :

Facteurs abiotiques : ensemble des caractéristiques physico-chimiques du milieu tel que les facteurs climatiques et édaphiques.

Facteurs biotiques : ensemble des interactions qui existent entre des individus de la même espèce ou d'espèces différentes.

I.1. Facteurs abiotiques

A- Facteurs climatiques

1. Définition du climat

Le climat est l'ensemble des conditions atmosphériques et météorologiques propres à une région du globe.

2. Principaux facteurs climatiques

2.1. Température

La grande majorité des êtres vivants ne peut subsister que dans un intervalle de températures comprise entre 0 et 50°C en moyenne. Les températures trop basses ou trop élevées déclenchent chez certains animaux un état de dormance appelé estivation ou hibernation.

2.2. Humidité et pluviosité

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

- Des espèces aquatiques qui vivent dans l'eau en permanence (ex : poissons) ;
- Des espèces hygrophiles qui vivent dans des milieux humides (ex : amphibiens) ;
- Des espèces mésophiles dont les besoins en eau sont modérés et qui supportent des alternances de saison sèche et de saison humide ;
- Des espèces xérophiles qui vivent dans les milieux secs où le déficit en eau est accentué (espèces des déserts).

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

Chez les végétaux

- Réduction de l'évapotranspiration par développement de structures cuticulaires imperméables.
- Réduction du nombre de stomates.
- Réduction de la surface des feuilles qui sont transformées en écailles ou en épines.
- Le végétal assure son alimentation en eau grâce à un appareil souterrain puissant.

Chez les animaux

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

2.3. Lumière et ensoleillement

L'ensoleillement est défini comme étant la durée pendant laquelle le soleil a brillé.

L'éclairement a une action importante non seulement par son intensité et sa nature (longueur d'onde) mais aussi par la durée de son action (photopériode).

Action sur les végétaux

Les végétaux sont adaptés à l'intensité et à la durée de l'éclairement. Cette adaptation est importante lorsque les végétaux passent du stade végétatif (phase de croissance et de développement) au stade reproductif (floraison).

Les végétaux peuvent être divisés en trois catégories :

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

Action sur les animaux

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

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

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

- **Rythmes lunaires**

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

2.4. Vent

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

- Il a un pouvoir desséchant car il augmente l'évaporation.
- Il a aussi un pouvoir de refroidissement considérable.

- L'activité des insectes est ralentie par le vent.

2.5. Neige

C'est un facteur écologique important en montagne. La couverture de neige protège le sol du refroidissement. Sous un mètre de neige, la température du sol est de -0,6°C, alors qu'elle est de -33,7°C à la surface.

B- Facteurs édaphiques

1. Définition du sol

Le sol est un milieu vivant complexe et dynamique, défini comme étant la formation naturelle de surface, à structure meuble et d'épaisseur variable, résultant de la transformation de la roche mère sous-jacente sous l'influence de divers processus : physiques, chimiques et biologiques, au contact de l'atmosphère et des êtres vivants. Il est formé d'une fraction minérale et de matière organique.

Les facteurs édaphiques

1.1. La texture du sol

La texture du sol est définie par la grosseur des particules qui le composent : graviers, sables, limons, argiles.

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

On détermine les textures suivantes :

- **Textures fines** : comportent un taux élevé d'argile (>20%) et correspondent à des sols dits « lourds », difficiles à travailler, mais qui présentent un optimum de rétention d'eau.
- **Textures sableuses ou grossières** : elles caractérisent les sols légers manquant de cohésion.
- **Textures moyennes** : on distingue deux types :
 - Les limons argilo-sableux qui ne contiennent pas plus de 30 à 35% de limons, qui ont une texture parfaitement équilibrée et qui correspondent aux meilleures terres dites « franches ».
 - Les sols à texture limoneuse, qui contiennent plus de 35% de limons, sont pauvres en humus.

1.2. La structure du sol

La structure est l'organisation du sol. On distingue principalement trois types de structures :

- **Particulaire** : où les éléments du sol ne sont pas liés, le sol est très meuble (sols sableux).
- **Massive** : où les éléments du sol sont liés par des ciments (matière organique, calcaire). Ce type de sol est compact et peu poreux.

- **Fragmentaire** : où les éléments sont liés par des matières organiques et forment des agrégats de tailles plus ou moins importantes. Cette structure est la plus favorable à la vie des êtres vivants, car elle favorise l'activité biologique en général, en permettant la circulation de l'air et de l'eau.

1.3. L'eau du sol

- **L'eau hygroscopique** : provient de l'humidité atmosphérique et forme une mince pellicule autour des particules du sol. Elle est retenue très énergiquement et ne peut être utilisée par les organismes vivants.
- **L'eau capillaire non absorbable** : occupe les pores d'un diamètre inférieur à 0,2 mm. Elle est également retenue trop énergiquement pour être utilisée par les organismes vivants.
- **L'eau capillaire absorbable** : située dans les pores dont les dimensions sont comprises entre 0,2 et 0,8mm. Elle est absorbée par les végétaux et elle permet l'activité des bactéries et des petits Protozoaires comme les flagellés.
- **L'eau de gravité** : occupe de façon temporaire les plus grands pores du sol.

1.4. Le pH du sol

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

1.5. La composition chimique

Les éléments les plus étudiés en ce qui concerne leur action sur la faune et la flore sont les chlorures et le calcium.

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

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

Les sols dits **anormaux** renferment de fortes concentrations d'éléments plus ou moins toxiques : soufre, magnésium...etc.

I. 2. Facteurs biotiques

Les facteurs biotiques sont l'ensemble des actions que les organismes vivants exercent directement les uns sur les autres. Ces interactions, appelées coactions, sont de deux types :

- **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.

1. Coactions homotypiques

1.1. L'effet de groupe

On parle d'effet de groupe lorsque des modifications ont lieu chez des animaux de la même espèce. 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.

Exemple : On estime qu'un troupeau d'éléphants d'Afrique doit renfermer au moins 25 individus pour pouvoir survivre.

L'effet de masse

L'effet de masse se produit, quand le milieu, souvent surpeuplé, provoque une compétition sévère aux conséquences néfastes pour les individus. Les effets néfastes de ces compétitions ont des conséquences sur le métabolisme et la physiologie des individus qui se traduisent par des perturbations, comme la baisse du taux de fécondité, la diminution de la natalité, l'augmentation de la mortalité.

La compétition intraspécifique

- 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.

Chez les végétaux, la compétition intraspécifique, liée aux fortes densités se fait surtout pour l'eau et la lumière.

2. Coactions hétérotypiques

2.1. Le neutralisme

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

2.2. La compétition interspécifique

La compétition interspécifique peut être définie comme étant la recherche active d'une même ressource du milieu (nourriture, abri, lieu de ponte, etc...).

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.**

2.3. La prédation

Le prédateur est tout organisme libre qui se nourrit aux dépens d'un autre. Il tue sa proie pour la manger.

2.4. Le parasitisme

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.

2.5. Le commensalisme

Interaction entre une espèce, dite commensale, qui en tire profit de l'association et une espèce hôte qui n'en tire ni avantage ni nuisance.

2.6. Le mutualisme

C'est une interaction dans laquelle les deux partenaires trouvent un avantage.

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

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.

2.3. L'amensalisme

C'est une interaction dans laquelle une espèce est éliminée par une autre espèce qui secrète une substance toxique.

I.3. Interaction des milieux et des êtres vivants

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

A. Notion de niche écologique

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

Les organismes peuvent changer de niches quand ils se développent.

B. Notion de facteur limitant et loi du minimum

Tous les facteurs écologiques sont susceptibles de se comporter comme des facteurs **limitant** lorsqu'ils atteignent des **valeurs incompatibles avec la vie d'une espèce**. Par exemple, la truite nécessite une eau dont la concentration en O₂ dissous est au moins de 7 mg/l.

La **loi du minimum** dit que " la croissance des végétaux n'est possible que si tous les éléments minéraux sont présents en **quantité suffisante** dans le sol.

C. Loi de tolérance (ou loi de Shelford)

Pour tout facteur de l'environnement, il existe un **intervalle de tolérance** pour un bon déroulement de la vie. C'est seulement à l'intérieur de cet intervalle que la vie de tel ou tel organisme, population ou biocénose est possible. La borne inférieure le long de ce gradient délimite **la mort par carence**, la borne supérieure délimite **la mort par toxicité**. A l'intérieur de l'intervalle de tolérance, existe une valeur optimale, dénommée « **optimum écologique** » pour lesquelles le métabolisme de l'espèce ou de la communauté considérée s'effectue à une vitesse maximale (**Figure 1**).

E. Notion de Valence écologique

La valence écologique d'une espèce représente **sa capacité à supporter les variations** plus ou moins grandes d'un facteur écologique.

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

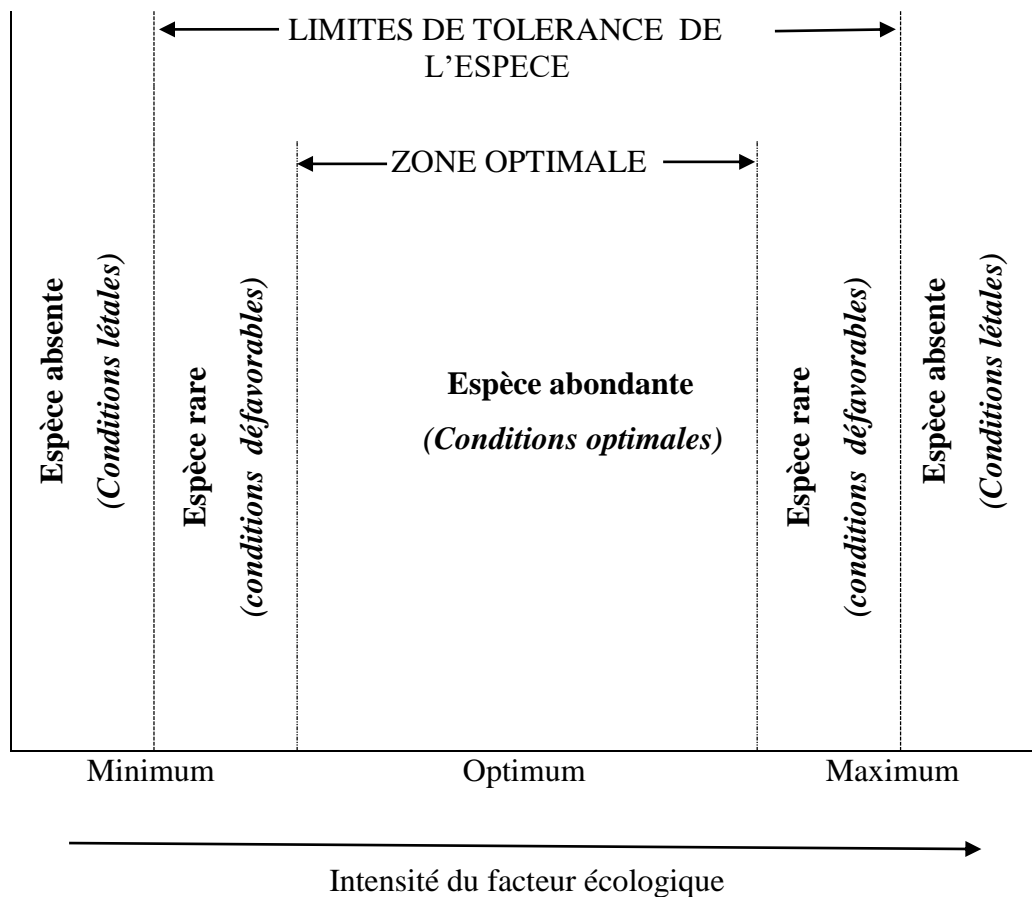


Figure 01 : Limites de tolérance d'une espèce en fonction de l'intensité du facteur écologique étudié. (L'abondance de l'espèce est maximale au voisinage de l'optimum écologique).

CHAPITRE II. STRUCTURE DES ECOSYSTEMES

II.1. La chaîne trophique

II.1.1. Définition

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

II.1.2. Les producteurs

Ce sont les végétaux autotrophes photosynthétiques (plantes vertes, phytoplancton : cyanobactéries ou algues bleues : organisme procaryote).

II.1.3. 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.

A. Les consommateurs de matière fraîche, il s'agit de :

- **Consommateurs primaires (C1) :** Ce sont les phytophages qui mangent les producteurs. Ce sont en général des animaux, appelés herbivores.
- **Consommateurs secondaires (C2) :** Prédateurs de C1. Il s'agit de carnivores se nourrissant d'herbivores.
- **Consommateurs tertiaires (C3) :** Prédateurs de C2. Ce sont donc des carnivores qui se nourrissent de carnivores.

B. Les consommateurs de cadavres d'animaux

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

B.1. Les décomposeurs ou détritivores

Les décomposeurs s'attaquent aux cadavres et aux excréta et les décomposent peu à peu en assurant le retour progressif au monde minéral.

- **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 détritus ou débris d'animaux et/ou de végétaux.
- **Coprophage :** Animal qui se nourrit d'excréments.

B.2. Les fixateurs d'azote

Ils ont une position particulière dans la chaîne trophique. Leur nutrition azotée se fait à partir de l'azote moléculaire. Ils sont donc autotrophes pour ce qui est de l'azote et hétérotrophes du point de vue carbone.

II.2. Différents types de chaînes trophiques

▪ Chaîne de prédateurs

Dans cette chaîne, le nombre d'individus diminue d'un niveau trophique à l'autre, mais leurs tailles augmentent.

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

▪ Chaîne de parasites

Cela va d'organismes de grandes tailles vers des organismes plus petits, mais de plus en plus nombreux.

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

▪ Chaîne de détritivores

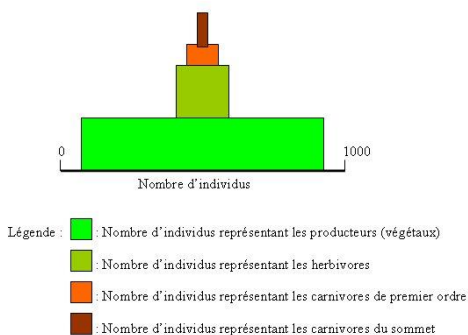
Va de la matière organique morte vers des organismes de plus en plus petits et nombreux.

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

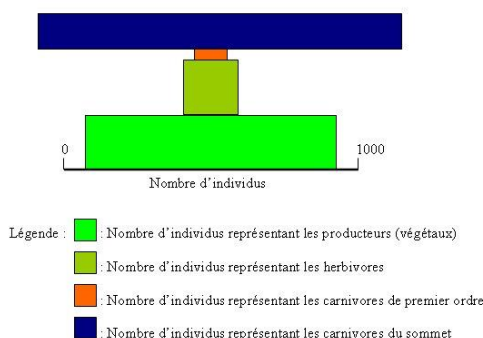
II.3. Représentation graphique des chaînes trophiques

a) La pyramide des nombres

À la base de cette pyramide se trouve habituellement le niveau trophique inférieur de toute chaîne alimentaire : celui des producteurs (les végétaux) au-dessus duquel s'empilent les niveaux trophiques supérieurs. Les pyramides des nombres n'ont pas toutes une base plus large que le sommet.



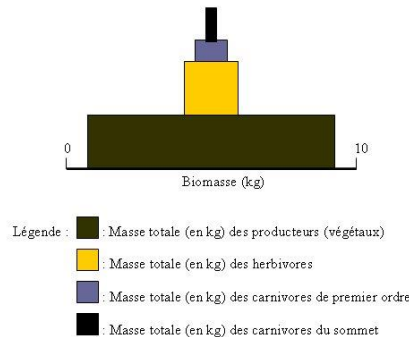
Cette représentation pourrait illustrer la chaîne alimentaire suivante :
herbe - sauterelle - grenouille - faucon.



Cette représentation pourrait illustrer la chaîne alimentaire suivante :
herbe - lapin - renard - pucès.

b) La pyramide des biomasses

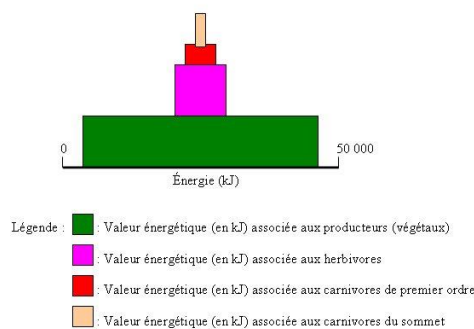
Les pyramides des biomasses sont utiles pour comparer, en termes de masse totale des organismes, les niveaux trophiques d’une chaîne alimentaire. La forme des pyramides des biomasses est **relativement constante** : la biomasse décroît au fur et à mesure que le niveau trophique est plus élevé.



c) La pyramide d'énergie

Ni la pyramide des nombres, ni la pyramide des biomasses ne renseignent sur l’aspect énergétique associé à un aliment bien que cet aspect soit important à considérer dans une chaîne alimentaire.

Exemple : 500 g d’herbes n’a pas la même importance énergétique que 500 g de viande.



CHAPITRE III. FONCTIONNEMENT DES ECOSYSTEMES

III.1. Définition

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

III.2. Transfert d'énergie

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

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

III.3. Les rendements

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)**.
- **Rendement d'assimilation** : C'est le rapport de l'énergie assimilée **(A)** à l'énergie ingérée **(I)**. Ce rendement exprime l'aptitude d'une espèce à utiliser l'énergie contenue dans les aliments : **(A1/I1 x 100)** ou **(A2/I2x 100)**.

III.5. Les cycles biogéochimiques

On peut distinguer 4 principaux types de cycles biogéochimiques :

5.1. Le cycle de l'eau

Le cycle de l'eau consiste en un échange d'eau entre les différents compartiments de la Terre : l'hydrosphère, l'atmosphère et la lithosphère.

Sous l'effet de la chaleur du soleil, l'eau des mers, des fleuves et des lacs s'évapore.

L'évapotranspiration joue un rôle également important dans le cycle de l'eau.

Le ruissellement : phénomène d'écoulement des eaux à la surface des sols.

L'infiltration : phénomène de pénétration des eaux dans le sol, à travers les fissures naturelles des sols et des roches, assurant ainsi l'alimentation des nappes phréatiques.

5.2. Le cycle du carbone

Lors de la respiration, les êtres vivants consomment de l'oxygène et rejettent du dioxyde de carbone (CO₂) dans l'atmosphère. De même, les industries, les véhicules de transports rejettent du CO₂ dans l'atmosphère après combustion d'un carburant, en présence d'oxygène. Les éruptions volcaniques sont également considérées comme source naturelle de CO₂. Le CO₂ est absorbé par les plantes (photosynthèse) et l'eau (dissolution). Photosynthèse et dissolution sont les phénomènes permettant le recyclage du gaz carbonique.

5.3. Le cycle du phosphore

En dépit de la rareté du phosphore minéral dans la biosphère, cet élément reste important pour la matière vivante (c'est un constituant de l'ADN, de l'ARN et de l'ATP). Son réservoir principal est constitué par diverses roches qui cèdent peu à peu leurs phosphates aux écosystèmes. Dans le milieu terrestre, la concentration en phosphore assimilable est souvent faible et joue le rôle de facteur limitant.

5.4. Le cycle de l'azote

Trois processus de base sont impliqués dans le recyclage de l'azote: la fixation de l'azote diatomique N₂, la nitrification et la dénitrification.

III. 6. Influence des activités humaines sur les équilibres biologiques

6.1. L'eutrophisation

L'eutrophisation est une forme **singulière mais naturelle** de pollution de certains écosystèmes aquatiques qui se produit lorsque le milieu reçoit trop de matières nutritives assimilables par les algues et que celles-ci prolifèrent. Les principaux nutriments à l'origine de ce phénomène sont le phosphore et l'azote. L'eutrophisation s'observe surtout dans les écosystèmes dont **les eaux se renouvellent lentement** et en particulier dans les lacs profonds.

L'eutrophisation devient un problème écologique (et économique) quand il y a déséquilibre entre un apport (excessif) et la consommation naturelle de nutriments par l'écosystème. :

Ce milieu déséquilibré est dit *dystrophe* et peut devenir *hypertrophe*. Les variations de conditions du milieu abiotique (oxydo-réduction) ou biotique (sous l'influence de l'activité bactérienne et des racines, ainsi que du métabolisme végétal, fongique et animal) peuvent faire passer l'azote, le carbone et le phosphore de l'une de leurs formes à une autre. Or ces formes sont plus ou moins toxiques ou écotoxiques.

Ce processus a comme principales origines :

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

6.2. Les pluies acides

Les pluies acides se forment lorsque les oxydes de soufre et d'azote s'associent à l'humidité de l'air pour libérer de l'acide sulfurique et de l'acide nitrique qui sont ensuite transportés très loin de leur source avant d'être précipités par la pluie sous forme de PLUIES ACIDES.

a) Les gaz qui sont à l'origine des pluies acides

Le dioxyde de soufre : SO₂. C'est l'un des plus dangereux gaz et il provient surtout des sources industrielles et d'électricité mais aussi des combustibles, usines à charbon...etc.

Le dioxyde de carbone : CO₂. Ce gaz provient des transports en tout genre, des feux de forêts...etc.

Oxyde d'azote : NO_x. Provient essentiellement des combustions de carburants de véhicules automobiles, des combustibles d'appareils de chauffage domestiques et de l'alimentation des centrales thermiques.

b) Les effets des pluies acides

Les enfants, les personnes âgées et celles qui ont des problèmes respiratoires et cardiaques voient leur état de santé se détériorer lorsqu'ils vivent dans des régions où il y a des pluies acides. Les différents composants de notre environnement peuvent être affectés par les pluies acides : eaux, sol, matériaux et végétaux.

- **Les conséquences sur l'eau et la vie des lacs :** L'eau paraît plus transparente car le plancton a disparu. Les poissons respirent mal. Les différentes espèces disparaissent.

- **Les conséquences sur les matériaux** : Lorsque les précipitations lavent l'atmosphère de ses polluants, pratiquement tout l'ensemble des différents matériaux ou monuments est susceptible d'être dégradé. L'acidification des précipitations entraîne une corrosion des surfaces métalliques
- **Les conséquences sur les plantes et les forêts** : Les pluies acides participent au dépérissement des forêts. Sous l'action des polluants la perméabilité de la cuticule des feuilles et des aiguilles est modifiée.
- **Les conséquences sur les sols** : Les précipitations acides modifient la composition chimique de certains sols en les acidifiant. Ces effets se traduisent par une perte d'éléments minéraux nutritifs pour les arbres et la végétation.

6.3. Effet de serre

Les gaz à effet de serre sont des composants gazeux de l'atmosphère qui contribuent à l'effet de serre. Ces gaz ont pour caractéristique commune d'absorber une partie des infrarouges émis par la surface de la Terre. Sous l'effet des gaz à effet de serre, l'atmosphère terrestre se comporte en partie comme la vitre d'une serre, laissant entrer une grosse partie du rayonnement solaire, mais retenant le rayonnement infrarouge réémis.

Effets des activités humaines

La plupart des gaz à effet de serre (GES) sont d'origine naturelle. Mais certains d'entre eux sont uniquement dus à l'activité humaine ou bien voient leur concentration dans l'atmosphère augmenter en raison de cette activité. C'est le cas en particulier de l'ozone (O₃), du dioxyde de carbone (CO₂) et du méthane (CH₄). La combustion des carbones fossiles comme le charbon, le lignite, le pétrole ou le gaz naturel (méthane) rejette du CO₂ en grande quantité dans l'atmosphère. La seconde cause d'émission de gaz à effet de serre est la déforestation, qui est responsable à elle seule de 20 % des émissions mondiales.

Conséquences pour l'environnement

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