République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique

Universite Echahid Larbi Tebessi –Tebessa-

Faculte Des Sciences Exactes Et Des Sciences De La Nature Et De La Vie

Département de Biologie Appliquée

Cours d'**Ecologie générale**

Niveau : 2éme Année Lcence (S_2)

Spécialité: **Sciences Biologiques**

Présentée par : Dr. BOUCHIHA Hanéne

Enseignante-chercheur, Grade : MCA

Département de Biologie Appliquée,

Faculté SE-SNV, Université de Tebessa, Algérie

Courriel : hanene.bouchiha@univ-tebessa.dz

Année universitaire : 2022-2023

LISTE DES FIGURES	*Page*
Figure 01: Les niveaux d'organisation des études écologiques	**01**
Figure 02: Ecosystème = Biotope + Biocénose	**02**
Figure 03 : 5 éléments nécéssaire a la vie	**06**
Figure 04: Le biotope varie selon les écosystèmes	**06**
Figure 05: l'atmosphére	**07**
Figure 06 : Biocénose associée à un biotope	**08**
Figure 07: Réduction de l'évapotranspiration par la fermiture des stomates	**12**
Figure 08 : Réduction de la surface des feuilles	**12**
Figure 09 : Le parenchyme aquifère occupe la quasi-totalité de la feuille d'Aloe vera	**13**
Figure 10 : longueur d'onde lumineuses	**13**
Figure 11 : Mécanisme de la photosynthése	**14**
Figure 12 : la latitude	**18**
Figure 13 : les ***reliefs***	**18**
Figure 14 : la structure du sol	**20**
Figure 15 : l'eau dans le sol	**22**
Figure 16 : Les types biologiques	**27**
Figure 17 : troupeau d'éléphants	**30**
Figure 18 : La compétition intraspécifique	**31**
Figure 19 : compétition alimentaire entre individus de la même espèce	**32**
Figure 20 : Drosophile ou mouche à vinaigre	**33**
Figure 21 : Musaraigne	**33**
Figure 22 : Association entre des champignons et les racines des plantes	**34**
Figure 23 : Exclusion compétitive interspécifique	**35**
Figure 24 : Putois, un prédateur spécialiste régulier du lapin	**36**
Figure 25 : Caribou chassé par un loup (prédateurs nomades)	**36**
Figure 26 : Les microprédateurs (Tique)	**37**
Figure 27 : Champignon parasitant un arbre	**38**
Figure 28 : Bromélia parasite s élevant sur le tronc d'arbre de kauri	**38**
Figure 29 : Gui (*Viscum album*, espèce de plantes parasites)	**39**
Figure 30 : Tenia ou vers solitaire	**39**
Figure 31 : Endoparasitisme, Mésoparasitisme et Ectoparasitisme	**40**
Figure 32 : Un œuf de Vacher à tête brune dans un nid de *Moucherolle phébi*	**41**

Figure 33 : Vacher à tête brune	**41**
Figure 34 :*Moucherolle phébi*	**41**
Figure 35 : Plantation de noyer	**43**
Figure 36 : Champignon microscopique *Penicellium*	**43**
Figure 37 : Le rémora pratique le commensalisme avec un requin	**43**
Figure 38 : les poissons-pilotes avec les requins	**44**
Figure 39 : Les balanes qui se fixent aux baleines	**44**
Figure 40 : Les hérons garde-bœufs se nourrissent des insectes que les gros animaux font.	**44**
Figure 47 : rteprésentation des maillons d'une chaîne alimentaire.	**47**
Figure 48 : chaîne alimentaire en milieu terrestre	**48**
Figure 49: Les phytoplanctons (végétal) et les zooplanctons (animal).	**49**
Figure 50 : chaîne alimentaire en milieu aquatique	**50**
Figure 51 :un cas particulierd'une pyramide invérssée	**51**
Figure 52 : Réseaux trophiques	**52**
Figure 53 : Flux de matiére et d'énergie	**55**
Figure 54 : Pyramide des nombres.	**57**
Figure 55: Pyramide des biomasses.	**57**
Figure 56 : Pyramide d'énergie.	**58**
Figure 57 : les différents compartiments de la Terre	**63**
Figure 58 : Cycle de l'eau.	**65**
Figure 59: Cycle du Carbone.	**66**
Figure 60 : Nodules sur les racines d'une plante.	**67**
Figure 61 : fixation de l'azote atmosphérique	**68**
Figure 63 : Cycle du phosphore (Berg et al., 2009).	**69**
Figure 64 : Pollution atmosphérique	**71**
Figure 65 : molécile de chlorofluorocarbones (CFC)	**73**
Figure 66 : Pluies acides	**74**
Figure 67 : Schématisation théorique de la succession écologique	**75**
Figure 69 : Ecosystème forestier	**79**
Figure 70 : Ecosystème prairial	**80**
Figure 71 : Eaux courantes	**81**
Figure 72 : Eaux stagnantes	**82**
Figure 73 : Les océans	**83**

Figure 74 : Schématisation théorique de la succession écologique au cours du temps.	**84**
Figure 75 : Succession primaire	**85**
Figure 76 : Succession secondaire; la progression de communautés biologiques	**86**
Figure 77 : Succession de régénération	**86**
Figure 78 : Etat de climax.	**87**

LISTE DES TABLEAUX	*Page*
Tableau N° 01 : Classification des éléments du sol d'après leur grosseur.	19
Tableau N° 02 : Valeurs du Quotient d'EMBERGER Q2	25
Tableau N°03 : Valeurs de l'indice d'aridité I	26

Programme

CHAPITRE I : NOTION D'ECOSYSTEME	Page
1- Intrduction a l'ecologie	01
2-La notion de communauté	02
3 Définitions de l'Ecosystème	02
3.1 Domaines d'intervention	04
3.2 Les composantes de l'écosysteme	06
3.2.1 Le biotope	06
3.2.2 La biocénose	07
CHAPITRE II : FACTEURS DU MILIEU	
I FACTEURS ABIOTIQUES	09
1 Facteurs climatiques	09
1 1 Principaux facteurs climatiques	09
1- Température	09
1 1 - Adaptation des êtres vivants à la température	10
2- Humidité et pluviosité	11
2 1- Adaptation des êtres vivants à la sécheresse	11
3 - La lumière et photopériodisme	13
3.1. Classementdes des végétaux selon leurs exigence	15
3.1.1 Adaptation des êtres vivants à la lumière	15
3.1.1.1 Adaptation des végétaux:	15
3.1.1.2 Adaptation des animaux :	15
3. 2 Le photopériodisme :	16
3.2.1 Classement selon les besoin des plantes	16
4. Le vent	17
5. Facteurs géographiques	17
5.1 Classement des espéces selon les besoin	17
6. Facteurs édaphiques	18
6.1. Définition du sol	18
6.2. La texture du sol	19
6.3. L'eau du sol	22
6.4. La porosité	22
6.5. Le pH du sol	22
6.6. La composition chimique	23
7- Bioclimat et indices climatiques	23
7.1. Quotient pluviométrique d'EMBERGER 1942	23
7.2. Indice xerothermique de Bagnols et Gaussen 1955	25
7.3. Indice d'aridité de DEMARTONE	25
7.4. Caractéristiques générales des espèces végétales	26
7.5. Les types biologiques	26
-FACTEURS BIOTIQUES	
1. Coactions homotypiques	29
1.1 L'effet de groupe	29
1.2 L'effet de masse	30
1.3 La compétition intraspécifique	30
a) Causes	30
b) Manifestations:	31

Dr. BOUCHIHA Hanène

2. Coactions hétérotypiques	33
2.1 Le neutralisme	33
2.2 Le mutualism	33
2.3 La compétition interspécifique	34
2.4 La prédation	35
2.4.1 Type de prédateurs	35
- Les prédateurs généralistes	35
- Les prédateurs spécialistes	35
-Les prédateurs nomades	36
-Les microprédateurs	37
2.5 Le parasitisme	37
2.5.1 Types de parasitisme	37
2.5.1.1 L'éctoparasitisme	37
2.5.1.2 Le mésoparasitisme	
2.5.1.3 L'hémiparasitisme	38
2.5.1.4 L'endoparasitisme	39
2.5.1.5 Le parasitisme de couvée chez les oiseaux	40
2.6 L'amensalisme	42
2.7 Le commensalisme	43
3. Rôle des facteurs écologiques dans la régulation des populations	44
3.1 Notion de facteur limitant et loi du minimum	44
3.2 Loi de tolérance (ou loi de Shelford)	45
3.3 Amplitude écologique	45
3.4 La Valence écologique	45
3.5 Notion de niche écologique	45
CHAPITRE III : STRUCTURE DES ECOSYSTEMES	
1 Les chaines alimentaires	46
1.2 Les différents maillons des chaînes alimentaires	46
- Le premier maillon	46
- Le deuxième maillon	46
- Les décomposeurs	46
1.3 Chaine alimentaire en milieu terrestre	48
- Exemple de chaîne alimentaire en Milieu terrestre	48
1.4 Chaine alimentaire en milieu aquatique	48
- Les producteurs	48
- Les consommateurs	48
- Exemple de chaine alimentaire en milieu aquatique	50
2. Les réseaux trophiques	51
CHAPITRE V : FONCTIONNEMENT DES ECOSYSTEMES	
1. Flux d'énergie au niveau de la biosphère	53
- Flux au niveau des producteurs primaires (P1)	53
- Flux au niveau des consommateurs herbivores (C1)	53
- Flux au niveau des consommateurs carnivores (C2	53
2. Pyramides écologiques	55
2.3 Types de pyramides	56
2.3 1- Pyramide des nombres	56
2.3.2- Pyramide des biomasses	57
2.3.3- Pyramide des énergies	58
3. Productivité	58

3.1. Productivité primaire	59
3. 2 Productivité secondaire	59
4 Rendements bioénergétiques	59
4.1. Rendement écologique	60
4.2. Rendement de consommation	60
4.3. Rendement d'assimilation	60
4.4. Rendement de production nette	60
4.5. Circulation de la matière dans les écosystèmes	61
5. Principaux cycles biogéochimiques	62
5.1. Cycle de l'eau	62
5.1.1. Percolation (Infiltration)	64
5.1.2. Evaporation et évapotranspiration :	64
5.1.3. Ruissellement	64
5.2. Cycles biogéochimiques à phase gazeuse	65
5.2.1. Cycle du carbone	65
5..2.2. Cycle de l'azote	66
- La fixation	67
- La nitrification :	67
- La dénitrification :	67
3.3. Cycles biogéochimiques à phase sédimentaire	70
3.3.1. Cycle du phosphore	70
6. Stabilité des écosystèmes	72
7.1. Perturbation des cycles biogéochimiques	72
7.1.1. Pollution atmosphérique	73
7.1.2. Pluies acides	74
7.1.3. Eutrophisation	75
7.1.4. Trou dans la couche d'ozone	76
7.1.5. Effet de serre	77
CHAPITRE V : DESCRIPTION SOMMAIRE DES PRINCIPAUX ECOSYSTEMES	
1. Ecosystème forestier	79
2. Ecosystème prairial	80
3. Ecosystème des eaux de surface	80
3.1. Eaux courante	80
3.2. Eaux stagnantes	81
4. Ecosystème océanique	82
5. Evolution des écosystèmes	84
5.1. Notion de succession végatale	84
5.1.1. Première étape (statique)	84
5.1.2. Deuxième étape (succession)	84
5.1.3. Troisième étape	84
5.1.4. Quatrième étape	85
5.2. Succession primaire ou secondaire	86
5.2.1 L'analyse synchronique	85
5.2.2 L'analyse diachronique	85
5.2.3. Succession primaire	85
5.2.4 Succession secondaire	86
5.2.4.1 Succession de régénération	86
5.2.4.2 Successions de colonisation:	87
5.3. Succession progressive ou régressive	87

5.3.1. Une succession progressivese	87
5.3.2. Une succession régressivese	87
5.4 Notion de climax	87
5.4.1. Climax climatique et climax édaphique	88
5.4.2. Métaclimax	89
6. Influence des activités humaines sur les équilibres biologiques	90
6.1. L'eutrophisation	90
6.2. Les pluies acides	91
a) Les gaz qui sont à l'origine des pluies acides	91
-Le dioxyde de soufre	91
-Le dioxyde de carbone:	91
- Oxyde d'azote	91
b) Les effets des pluies acides	91
- Les conséquences sur les matériaux	91
- Les conséquences sur les plantes et les forêts	91
- Les conséquences sur les sols	92
6.3. Effet de serre	92
7.Effets des activités humaines	94
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	

CHAPITRE I : NOTION D'ECOSYSTEME

INTRDUCTION A L'ECOLOGIE

Le mot « écologie » a été crée en 1866, par le biologiste allemand Ernst Haeckel, à partir de deux mots grecs : « ***oikos*** » qui veut dire : maison, habitat, et « ***logos*** » qui signifie science. L'écologie apparaît donc comme **la science de l'habitat**, étudiant les conditions d'existence des êtres vivants (Biocénose/Biodiversité) et les interactions qui existent entre ces êtres vivants et leurs milieux (Biotope/Ecosystèmes). 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, énergie, matière…).

L'écologie s'appuie sur des sciences connexes (étroitement liées) telles la climatologie, l'hydrologie, l'océanographie, la géologie, la pédologie, la physiologie, la génétique, l'éthologie, etc. Ce qui fait de l'écologie, une science pluridisciplinaire.

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

- Un **individu** est un spécimen d'une espèce donnée.
- Une **population** est un groupe d'individus de la même espèce occupant un territoire particulier à une période donnée.
- Une **communauté** ou **biocénose** est l'ensemble des populations d'un même milieu, peuplement animal (*zoocénose*) et peuplement végétal (*phytocénose*) qui vivent dans les mêmes conditions de milieu et au voisinage les uns des autres.
- -L'étude de la biosphère dans son ensemble se nomme **écologie générale**.
- Le milieu dans son sens écologique le plus large, est constitué au niveau planétaire par la Biosphère qui est définie comme étant la région de la planète qui renferme l'ensemble des êtres vivants et dans laquelle la vie est possible en permanence. En effet toute la surface du globe terrestre n'est pas également favorable aux organismes. On y rencontre des territoires, comme les calottes polaires et les hautes montagnes où la vie y est presque impossible.
- La biosphère ; peut être subdivisée en trois compartiments de natures physiques différentes :

- - La lithosphère : limitée aux couches les plus superficielles de l'écorce terrestre. C'est le milieu solide constitué par l'ensemble des continents émergés.
- - L'hydrosphère : ou océan mondial, milieu liquide qui recouvre les 7/10 de la surface planétaire..
- L'atmosphère : couche gazeuse homogène qui constitue la zone la plus périphérique de notre planète et enveloppe les deux précédents milieux.
- Le champ d'étude de l'écologie est local ou mondial, spécifique ou général, dépendant des questions auxquelles le scientifique essaie de répondre. Un écologue peut déterminer la température et la lumière nécessaire à un chêne isolé, un autre peut étudier tous les organismes qui vivent dans une forêt où l'on trouve ce chêne et un autre peut examiner comment les nutriments circulent entre la forêt et les communautés environnantes. L'écologie est la science la plus vaste des sciences de la nature et elle est liée à chacune des autres disciplines de la biologie.

2-La notion de communauté: peut désigner

- ✓ **Les populations végétales** constituant un groupement ou peuplement végétal ou ***phytocénose***.
- ✓ **Les populations animales** ou peuplement animal ou **zoocénose.**
- ✓ **Les micro-organismes** du sol ou micro-biocénose.

Elle peut désigner aussi l'ensemble des organismes ou biocénose. **(Figure 01)**

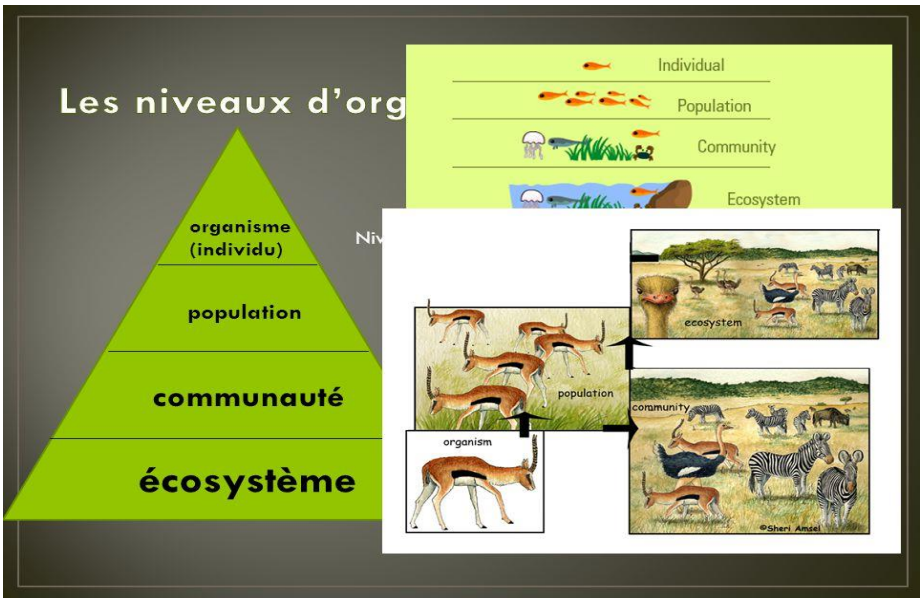


Figure 01: Les niveaux d'organisation des études écologiques

3- Définitions de l'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**. **(Figure 02)**

- C'est l'ensemble formé par une association ou communauté d'êtres vivants (ou biocénose) et son environnement biologique, géologique, édaphique, hydrologique, climatique (le biotope). Les éléments constituant un écosystème développent un réseau d'échange d'énergie et de matière permettant le maintien et le développement de la vie.

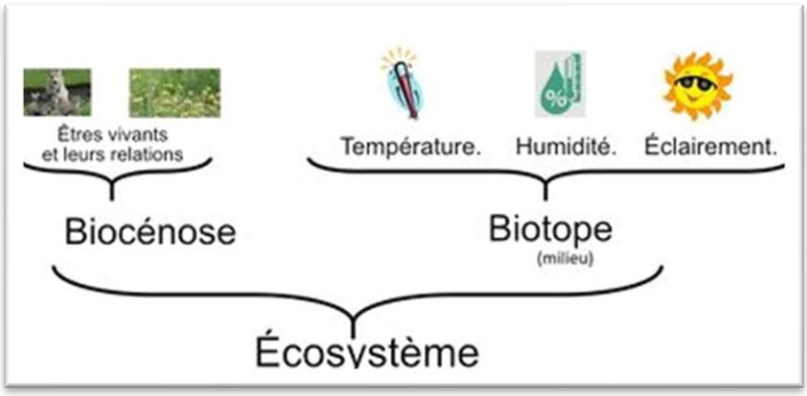


Figure 02 : Ecosystème = Biotope + Biocénose

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

Suivant l'échelle de l'écosystème nous avons :

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

L'action est l'influence exercée par le biotope sur la biocénose. Elle se manifeste de façon très diverse et les conséquences en sont très variées. Parmi ces conséquences, notons l'apparition des adaptations morphologiques et écologiques, le maintien ou l'élimination de certaines espèces et la régulation de leur abondance.

La réaction est l'influence exercée par une biocénose sur son biotope. Elle peut se manifester par la destruction, l'édification ou la modification du milieu. La coaction est l'influence que les organismes exercent les uns sur les autres dans leur milieu naturel.

3.1.Domaines d'intervention

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

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

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

- Une communauté ou biocénose est l'ensemble des populations d'un même milieu, peuplement animal (zoocénose) et peuplement végétal (phytocénose) qui vivent dans les mêmes conditions de milieu et au voisinage les uns des autres. Chacun de ces trois niveaux fait l'objet d'une division de l'écologie.

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

- La population concerne **l'écologie des populations** ou la dynamique des populations : c'est la science qui étudie les caractéristiques qualitatives et quantitatives des populations : elle analyse les variations d'abondance des diverses espèces pour en rechercher les causes et si possible les prévoir.

- la biocénose concerne **la synécologie** : c'est la science qui analyse les rapports entre les individus qui appartiennent aux diverses espèces d'un même groupement et de ceux-ci avec leurs milieux.

-Les écosystèmes sont souvent classés par référence aux biotopes concernés :

- Ecosystèmes continentaux (Terrestres) tels que les écosystèmes forestiers (Forêts).

- Ecosystèmes prairiaux (Prairies).

- Agroécosystèmes (Systèmes agricoles).

- Ecosystèmes des eaux continentales tels que les écosystèmes lentiques (Lacs, étangs) et les Ecosystèmes lotiques (Rivières, fleuves)

- Ecosystèmes océaniques (Mers, océans).

3.2. Les composantes de l'écosysteme

3.2.1 Le biotope

C'est le milieu physique et chimique dans lequel vivent les végétaux et les animaux. C'est l'élément **non vivant** ou **abiotique** de l'écosystème. Il renferme la totalité des ressources nécessaires à la vie.

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. (**Figure 03)**

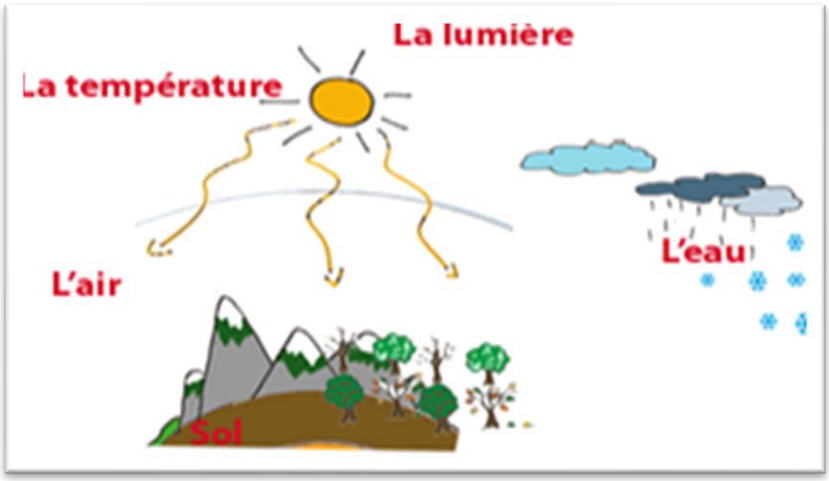


Figure 03 : 5 éléments nécéssaire a la vie

- Le biotope varie selon les écosystèmes, *exemples* **:**

- ***Dans un lac***, le biotope correspond à **l'eau**, aux **substances dissoutes** et au **sol** (**Figure 04)**

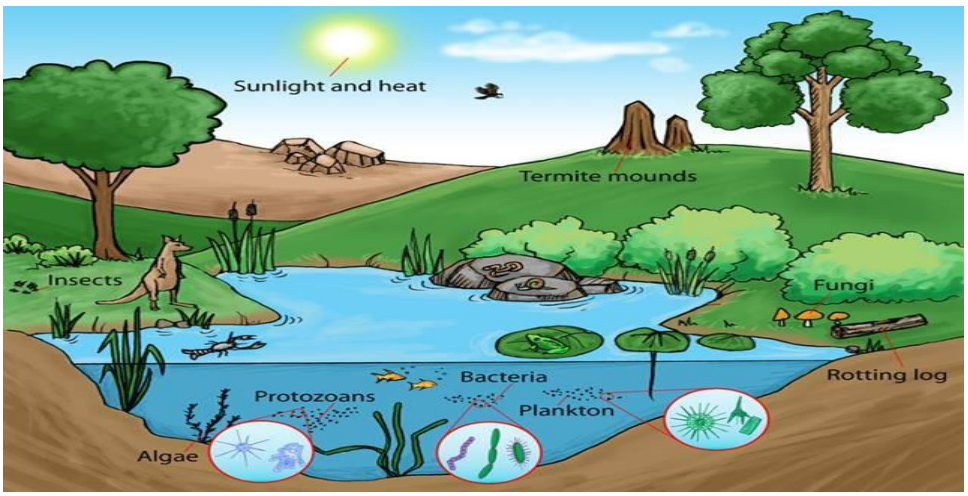


Figure 04 : Le biotope varie selon les écosystèmes

- ***Dans une forêt***, le biotope est constitué par **le sol** qui permet l'enracinement des plantes, qui leur procure l'eau et les sels minéraux nécessaires, et par **l'atmosphère** qui fournit l'oxygène et le gaz carbonique aussi indispensables. (**Figure 05)**

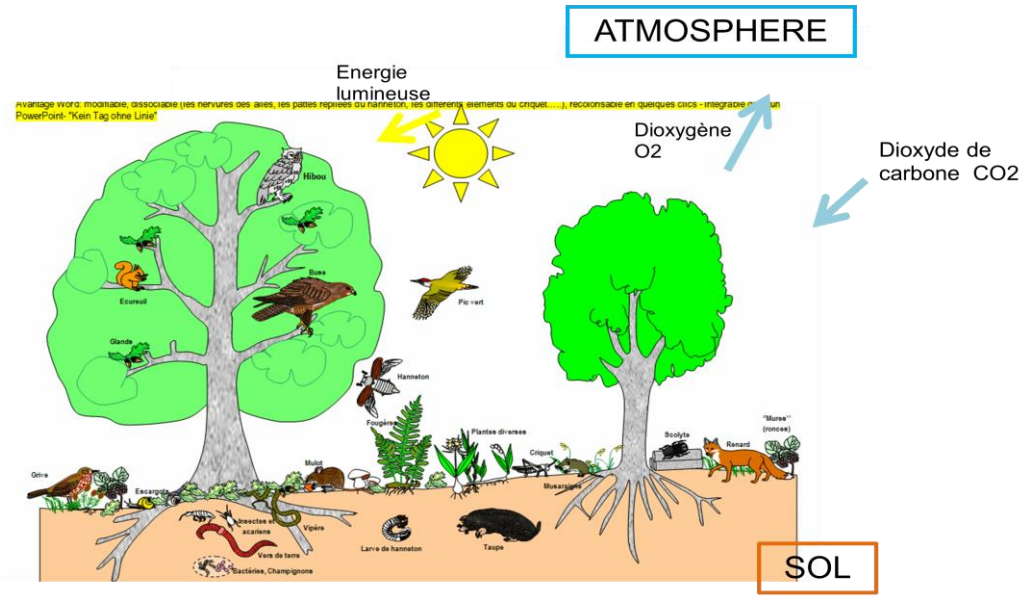


Figure 05 : L'atmosphére

3.2.2 - La biocénose

Le terme de biocénose fut inventé et introduit dans la littérature scientifique par le biologiste allemand Karl August Möbius en 1877.

C'est l'ensemble des êtres vivants, végétaux, animaux et micro-organismes, qui trouvent dans le milieu des conditions leur permettant de vivre et de se reproduire. L'ensemble de ces êtres vivants constitue une communauté ou une biocénose.

La biocénose est un ensemble plus ou moins riche en espèces entre lesquelles existent des liens d'interdépendance qui se manifestent par la compétition, les relations trophiques (les uns mangent les autres), la symbiose, etc.

Les trois catégories d'organismes d'une biocénose sont les producteurs (les végétaux chlorophylliens), les consommateurs (animaux herbivores et carnivores), les décomposeurs (champignons, bactéries et certains animaux). (**Figure 06)**

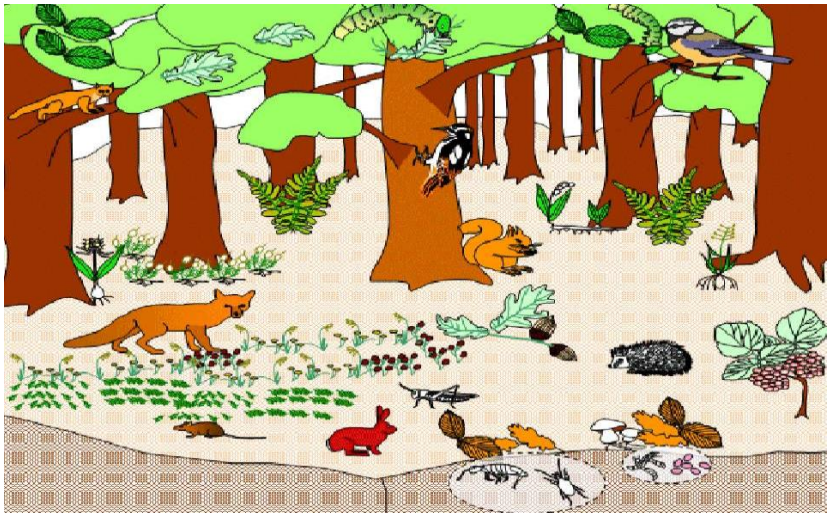


Figure 06 : Biocénose associée à un biotope

CHAPITRE II: FACTEURS DU MILIEU

- FACTEURS ABIOTIQUES

Le biotope est caractérisé par un certain nombre de facteurs qui sont essentiellement des facteurs abiotiques (qui ne dépendent pas des êtres vivants), parmi lesquels on distingue des facteurs:

I. Facteurs climatiques

Le climat joue un rôle fondamental dans la distribution et la vie des êtres vivants, il dépend de nombreux facteurs tel que : la température, les précipitations, l'humidité, l'évaporation, le vent, la lumière et la pression atmosphérique.

- **Précipitations, Température, Luminosité, Vents, Humidité,.....Etc.**

A . Principaux facteurs climatiques

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

1. Température

La température est l'élément du climat le plus important étant donné que tous les processus métaboliques en dépendent. Des phénomènes comme la photosynthèse, la respiration, la digestion et plusieurs réactions chimiques dont leurs vitesse est fonction de la température.

La grande majorité des êtres vivants ne peut subsister que dans un intervalle de températures comprise entre **0** et **50°C** en moyenne.

Les températures trop basses ou trop élevées déclenchent chez certains animaux un état de *dormance* (**quiescence**) appelé estivation ou hibernation.

Dans les deux cas, le développement est quasiment arrêté. Les limites des aires de répartition géographique sont souvent déterminées par la température qui agit comme

facteur limitant. Très souvent ce sont les températures extrêmes plutôt que les moyennes qui limitent l'installation d'une espèce dans un milieu.

1.1 Adaptation des êtres vivants à la température

-Il existe une relation entre la résistance d'un organe végétal au froid et son degré de déshydratation comme les graines, les bulbes, tubercules etc. dans ce cas il n'y a pas gel des composés cellulaires.

-les espèces végétales réduisent leur période végétale en perdant les feuilles ou en disparaissant presque complètement en hiver (il n'y a que la graine ou le bulbe qui reste dans le sol)

- les feuilles peuvent être épaisses d'une épaisse cuticule pour réduire l'évapotranspiration - l'hibernation des espèces animales (reptiles) en hiver

- présence de couches de graisse sous cutanée de certains mammifères pour se protéger conte le froids.

- chez les animaux des pays froids, les pattes, la queue, les oreilles et le nez sont de petite taille afin de perdre le minimum de chaleur et réduire le contact avec le froid.

Ex. le gradient des températures entraine un étagement de la végétation appelée : Les étages de végétation

- Les étages de végétation

la baisse de la pression atmosphérique, les grandes variations de la température sur un versant et une importante pluviométrie conditionne l'apparition des étages de végétation qui se répartissent différemment sur le versant nord (ubac) et le versant sud (Adret) à cause de l'ensoleillement au fur et à mesure que l'on s'élève.

On distingue les étages suivants :

-l'étage collinéen :

étage qui atteint 800 m au sud et 600 m au nord, les espèces trouvées sont Chêne pubescent, Chêne rouvre, Pin maritime

-l'étage montagnard :

de 600 m et 1600 m en nord et de 800 m à 1900 m au sud

- L'étage subalpin

c'est le dernier étage contenant encore des arbres, de 1600 m à 2300 m en versant Nord et de 1900 m à 2200m en versant sud. Les espèces sont le Mélèze, Pin à crochet.

- L'étage alpin :

entre 2200 m à 2900 m au sud et 2300m à 2700m Nord, on retrouve une végétation de pelouse (strate herbacée) et des lichens.

- L'étage nival :

c'est l'étage des neiges et des glaces, l'absence d'eau et le froid empêchent le développement de toute végétation au dessus de 2700m (Nord) et 2900 m (Sud).

1. Humidité et pluviosité

L'eau représente de 70 à 90% des tissus de beaucoup d'espèces en état de vie active. L'approvisionnement en eau et la réduction des pertes constituent des problèmes écologiques et physiologiques fondamentaux.

En fonction de leurs besoins en eaux, et par conséquent de leur répartition dans les milieux, on distingue :

- Des espèces aquatiques qui vivent dans l'eau en permanence (ex : poissons) ;

- Des espèces hygrophiles qui vivent dans des milieux humides (ex : amphibiens) ;

- Des espèces mésophiles dont les besoins en eau sont modérés et qui supportent des alternances de saison sèche et de saison humide;

- Des espèces xérophiles qui vivent dans les milieux secs où le déficit en eau est accentué (espèces des déserts).

2.1 Adaptation des êtres vivants à la sécheresse

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.

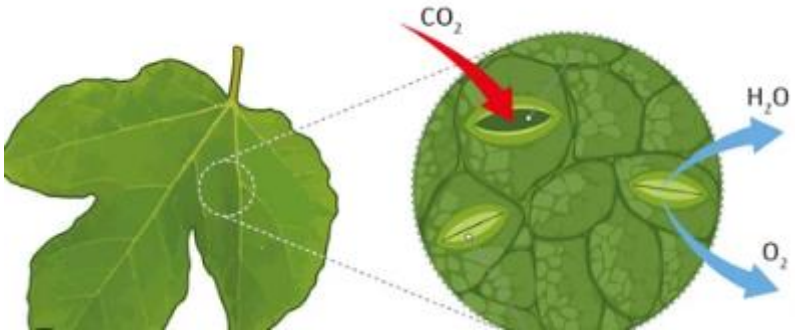


Figure 07 : Réduction de l'évapotranspiration par la fermiture des stomates

-Réduction de la surface des feuilles qui sont transformées en écailles ou en épines.



Figure 08 : Réduction de la surface des feuilles

- Les feuilles tombent à la saison sèche et se reforment après chaque pluie.

-Le végétal assure son alimentation en eau grâce à un appareil souterrain puissant.

-Mise en réserve d'eau dans les tissus aquifères associés à une bonne protection épidermique. Chez les animaux

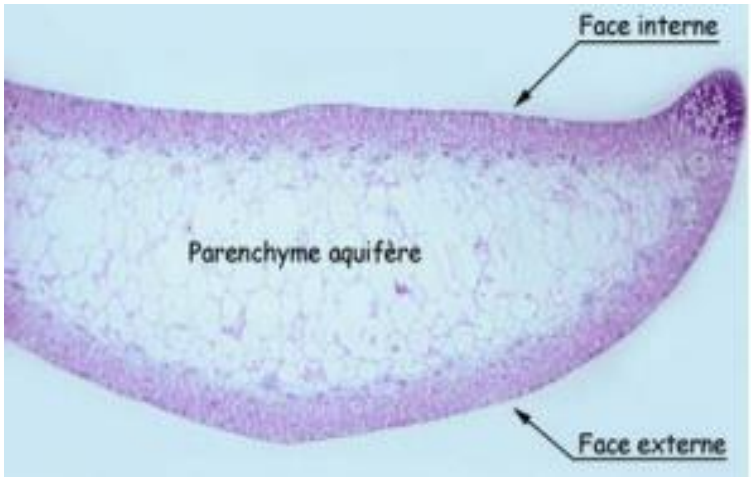


Figure 09 : Le parenchyme aquifère occupe la quasi-totalité de la feuille d'Aloe vera

« Les parenchymes aquifères sont abondants au niveau des tiges et des feuilles des plantes succulentes (Plantes grasses), où ils constituent une réserve d'eau vitale en période de sécheresse ».

- 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).

3. La lumière et photopériodisme

La lumière agit par sont intensité, sa longueur d'onde, sa direction et sa durée, son rôle écologique essentiel réside dans l'entretien de rythme biologique de périodes variables, quotidiens, lunaire ou saisonnier.

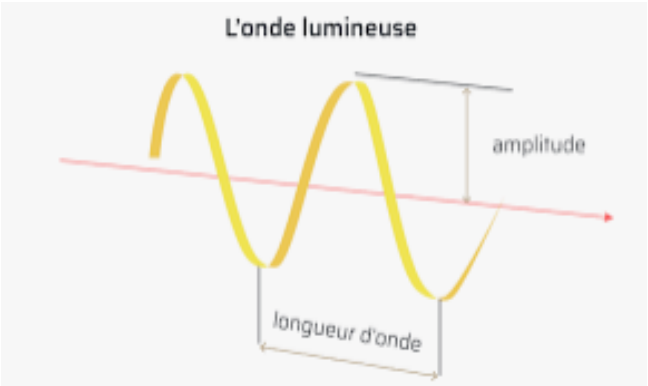


Figure 10 : longueur d'onde lumineuses

Elle a un rôle important sur les plantes verte ou les végétaux chlorophylliens, elle permet d'assurer leur autotrophie.

La photosynthèse se déroule en effet sous l'action de la lumière avec comme équation générale.

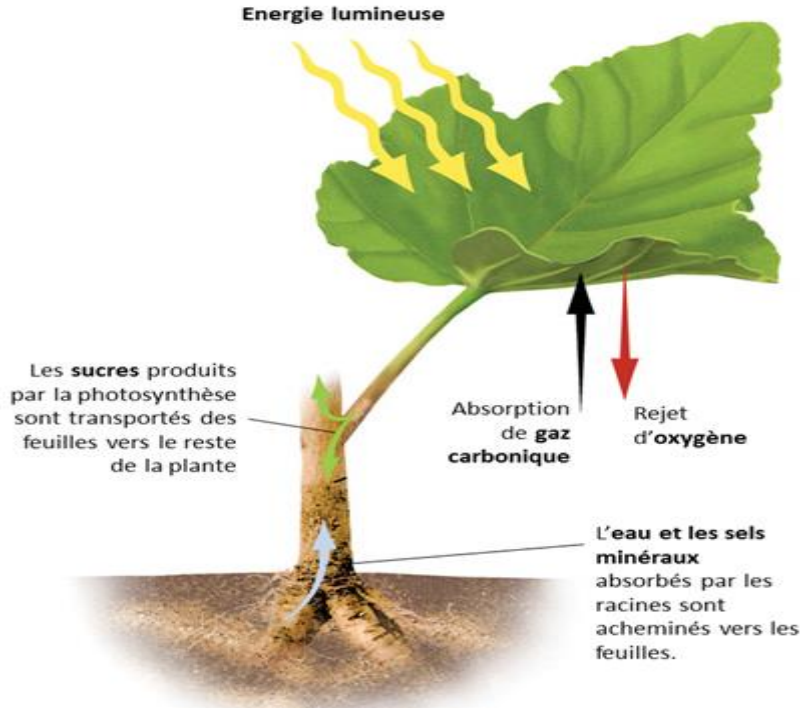


Figure 11 : Mécanisme de la photosynthése

L'équation globale de la photosynthése peut s'écrire comme ceci

$$6CO_2 + 12H_2O \xrightarrow[\text{Chlorophylle}]{\text{Photons (lumière)}} C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2$$

L'ensoleillement est définit comme étant la durée pendant laquelle le soleil a brillé. Le rayonnement solaire est composé essentiellement de lumière visible, de rayons Infrarouge et de rayons Ultraviolet. 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). La photopériode croit de l'Equateur vers les Pôles.

A l'Equateur, les jours sont rigoureusement égaux aux nuits, pendant toute l'année. Au Tropiques, l'inégalité reste faible et pratiquement sans influence.

Aux très hautes latitudes, c'est-à-dire au-delà du cercle polaire, nuits et jours dépassent les 24h, pour atteindre 6 mois de jours et 6 mois de nuit aux Pôles mêmes.

3.1. Classementdes des végétaux selon leurs exigence

Suivant leur exigence en lumière, les végétaux sont classés en :

- **Plantes héliophile**

ce sont des plantes de pleine lumière, leur croissance est maximale sous de forts éclairements.

- **Plantes sciaphiles**

ce sont des plantes d'ombre comme les plantes de sous bois ou de la strate herbacées d'une forêt tel que la fougère.

- **Plantes photomésophilesce**

sont des plantes intermédiaires, ces plantes peuvent vivre quelque soit l'intensité lumineuses, on peut les rencontrer dans le sous bois (ombre) ou exposées au soleil. **Ex.** le lierre rencontré en forêt et sur un tronc d'arbre (ombre) ou sur les façades des maisons exposé à la lumière.

3.1.1 Adaptation des êtres vivants à la lumière

3.1.1.1 Adaptation des végétaux

à l'intérieur de la même espèce, les feuilles sont différentes selon qu'elles se sont développées à la lumière ou à l'obscurité. Une feuille de hêtre exposée à la lumière est épaisse et dure, son épiderme supérieur est couvert d'une cuticule importante, les feuilles développées à l'ombre sont molles et mince

3.1.1.2 Adaptation des 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.

3.2. Le photopériodisme

c'est l'alternance du jour et de la nuit elle concerne la durée de l'éclairement ou la quantité de lumière reçue par les végétaux. Le phototropisme est déterminant pour la floraison. La lumière influe sur la reproduction des végétaux, certaines plantes ne fleurissent pas si elles ne sont pas soumises à des jours longs.

3.2.1 Classement selon les besoin des plantes

Suivant leur exigence en photopériodisme, on distingue Selon les besoin des plantes, on distingue :

-Les plantes indifférentes

Elles n'ont aucune exigence en lumière pour la floraison, il leur faut 4 à 5 h pour élaborer la matière organique nécessaire à leur métabolisme.

-Les plantes des jours courts ou plantes nyctipériodiques

la photopériode pour ces plantes ne doit pas dépasser 12 – 15h selon les espèces, ce sont les plantes de l'automne.

- Les plantes des jours longs ou plantes héméropériodiques

Ce sont des plantes qui fleurissent l'été, ces plantes ne rentrent en floraison que si la photopériode dépasse un seuil de 12h. Ce sont les plantes qui fleurissent l'été, ces plantes

nécessitent en effet, d'importantes quantités de lumière pour élaborer suffisamment de matière organique afin de fleurir.

4. Le vent

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

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

5. Facteurs géographiques

5.1 Classement des espéces selon les besoin

Classement selon les besoin des plantes la latitude, l'altitude, la présence d'étendue d'eau plus ou moins importante, la disposition et la caractéristique du relief, la végétation, mais aussi l'urbanisation**.**

-La **latitude**

est une coordonnée géographique représentée par une valeur (0°- 90°), expression de la position d'un point sur Terre (ou sur une autre planète), au nord ou au sud de l'équateur qui est le plan de référence.

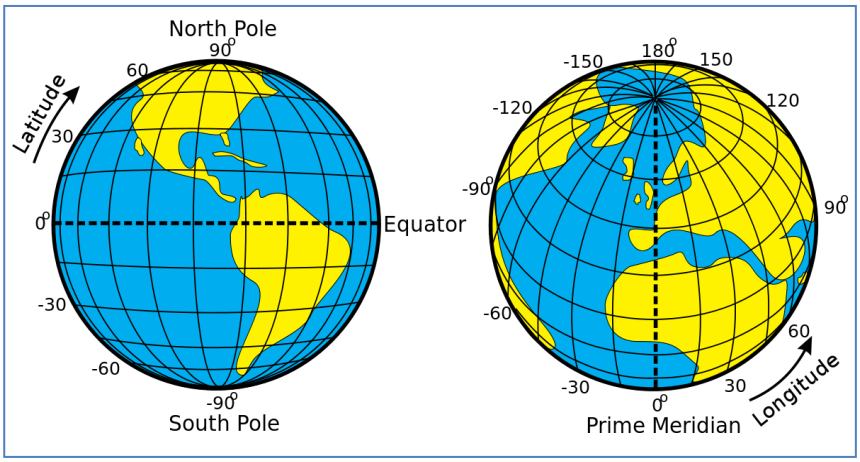


Figure 12 : La latitude

- L'altitude

Est la hauteur d'un lieu par rapport au niveau de la mer.

- les *reliefs*

Une surface non plate. C'est la forte variation verticale d'une surface solide, soit positivement, en saillie, soit négativement, en creux. Ce mot est souvent employé pour caractériser la forme de la lithosphère terrestre.



Figure 13 : les *reliefs*

6. Facteurs édaphiques: ou pédologiques sont des **facteurs** écologiques liés aux caractéristiques physiques et chimiques du sol.

6.1. Définition du sol

Le sol est la couche supérieure recouvrant la roche mère. Il s'agit d'une formation naturelle se développant à la partie superficielle, rocheuse de l'écorce terrestre «la

lithosphère». Généralement meuble, le sol a une épaisseur variable ; il résulte de la transformation lente de la roche sous-jacente, dite roche-mère, sous l'influence de divers processus, physiques, chimiques (t °; eau; gel ...) et biologiques (racines; microorganismes; animaux fouisseurs .....).

-Pour les facteurs édaphiques Il s'agit de la texture, de la structure, de la porosité, de la teneur en eau, du degré d'acidité et de la teneur en éléments minéraux du sol.

- La texture du sol fait référence à la taille et à la proportion des particules minérales qui le composent. Plus spécifiquement

6.2. La texture du sol La texture

correspond à la composition granulométrique des éléments du sol. Selon leur grosseur on les classes en graviers, sables grossiers, sables fins, limons et colloïdes minéraux.

Tableau N° 01 : Classification des éléments du sol d'après leur grosseur.

Particules	Dimension en mm
Graviers	>2 mm
Sables grossiers	2 mm à 0,2 mm
Sables fins	0,2 mm à 20 µm
Limons	20 µm à 2µm
Argiles	< 2µm

- En fonction de la proportion de ces différentes fractions granulométriques, on détermine les textures suivantes :
- - Textures fines : comportent un taux élevé d'argile (>20%) et correspondent à des sols dits « lourds » car leur cohésion est très forte, difficiles à travailler, mais qui présentent un optimum de rétention d'eau.
- - Textures sableuses ou grossières : elles caractérisent les sols légers manquant de cohésion et qui ont tendance à s'assécher saisonnièrement.
- - Textures moyennes : on distingue deux types :

- Les limons argilo-sableux qui ne contiennent pas plus de 30 à 35% de limons, qui ont une texture parfaitement équilibrée et qui correspond aux meilleurs terres dites « franches ».

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

La structure du sol est l'**agencement dans l'espace** de ses constituants. Ainsi, la structure d'un sol fait référence à la façon dont les particules de sable, de limon et d'argile sont disposées les unes par rapport aux autres.

Dans un sol bien structuré, les particules de sable et de limon sont liées en agrégats (petites mottes) par l'argile, l'humus et le calcium. Les grands espaces vides entre les agrégats (macropores) permettent à l'eau et à l'air de circuler et aux racines de s'enfoncer dans le sol. Les petits espaces vides (micropores) retiennent quant à eux l'eau dont les plantes ont besoin. Cette structure « idéale » est appelée structure grumeleuse.

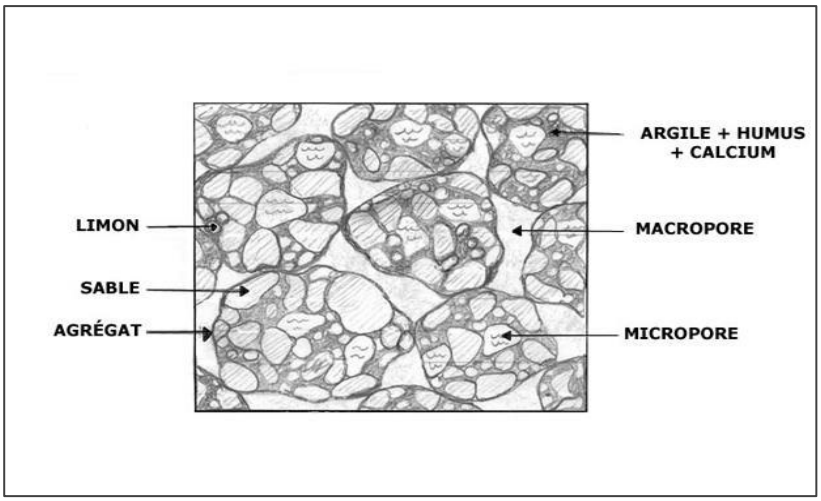


Figure 14 : la structure du sol

La structure grumeleuse comporte de nombreux avantages

- Une bonne rétention de l'eau et des éléments nutritifs,

- Un bon drainage,

- Une bonne aération,

- Un bon développement du système racinaire des végétaux,

- Un travail facile du sol,

- Un réchauffement rapide du sol au printemps,

- Une bonne activité biologique du sol,

- Une bonne résistance à l'érosion et à la compaction.

6. 3 L'eau du sol

La disponibilité de l'eau dans le sol règle, en partie, sa température et son aération. Grace au gel, elle contribue à la désagrégation de la roche mère et comme elle est un excellent solvant elle met à la disposition des vivants des ions et des sels minéraux libérés du matériel parental ou venus des autres sources. Dans un sol lourd, l'eau est très fortement retenue par les éléments du sol car, entre eux, les pores sont très fins. L'eau est présente dans le sol sous quatre états particuliers :

- L'eau hygroscopique : provient de l'humidité atmosphérique et forme une mince pellicule autour des particules du sol. Elle est retenue très énergiquement et ne peut être utilisée par les organismes vivants.

- L'eau capillaire non absorbable : occupe les pores d'un diamètre inférieur à 0,2 mm. Elle est également retenue trop énergiquement pour être utilisée par les organismes vivants. Seuls certains organismes très adaptés peuvent l'utiliser.

- L'eau capillaire absorbable : située dans les pores dont les dimensions sont comprises entre 0,2 et 0,8mm. Elle est absorbée par les végétaux et elle permet l'activité des bactéries et des petits Protozoaires comme les flagellés.

- L'eau de gravité : occupe de façon temporaire les plus grands pores du sol. Cette eau s'écoule sous l'action de la pesanteur.

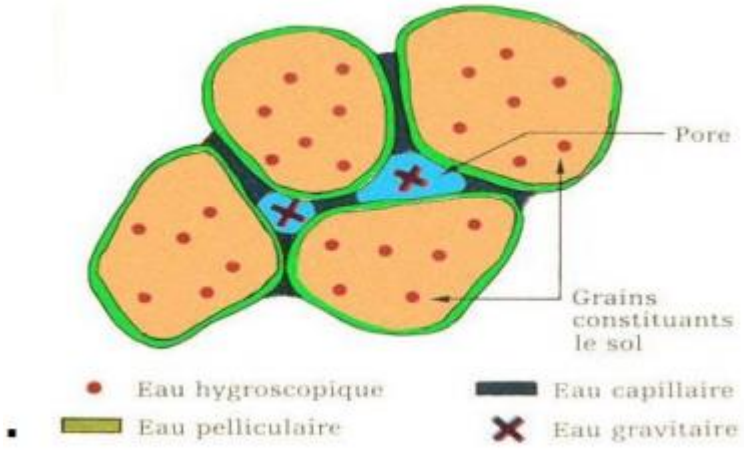


Figure 15 : l'eau dans le sol

6.4. La porosité

Est le volume des "vides" du sol, les pores. C'est par les pores que circulent l'eau et les gaz dans le sol. Ils sont donc importants par leur quantité, mais également par la qualité de leur organisation. Dans l'idéal, il y a autant de "macropores"(dans lesquels circule l'air) que de "micropores"(dans lesquels circule l'eau)

6.5. Le pH du sol

Le pH du sol est la résultante de l'ensemble de divers facteurs pédologiques. En effet, la solution du sol contient des ions H+ provenant de :

- L'altération de la roche mère

- L'humification de la matière organique (synthèse d'acide humique)

- L'activité biologique

- L'effet des engrais acidifiants Le pH dépend également de la nature de la couverture végétale et des conditions climatiques (température et pluviosité) :

- Les pH basiques (supérieurs à 7,5) caractérisent les sols qui se développent sur une roche mère calcaire. On les rencontre généralement dans les climats secs ou saisonnièrement secs et sous une végétation présentant des feuilles à décomposition rapide. Les ions calcium se trouvent dans les sols basiques et neutres ; ils sont spécialement abondants dans les calcaires. Les ions nitrates représentent la seule forme d'azote assimilable par les plantes et leur quantité dépend de l'activité bactérienne.

- Les pH acides (entre 4 et 6,5) se rencontrent beaucoup plus sous les climats humides et froids favorables à une accumulation de la matière organique. Ils caractérisent les forêts de conifères. Ils se forment surtout sur les roches siliceuses et les roches granitiques. L'acidité apparaît dans le sol, soit quand il est riche en matière organique qui, en se décomposant, libère du gaz carbonique, soit quand il est soumis à des précipitations qui entraînent les bases.

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.

6.6. La composition chimique

Les divers types de sols ont des compositions chimiques très variées. Les éléments les plus étudiés en ce qui concerne leur action sur la faune et la flore sont les chlorures et le calcium. Les sols salés, ayant des teneurs importantes en chlorure de sodium CaCl2, ont une flore et une faune très particulière.

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

Quant aux animaux, le calcium est nécessaire pour beaucoup d'animaux du sol. Les sols dits anormaux renferment de fortes concentrations d'éléments plus ou moins toxiques : soufre, magnésium…etc. Les métaux lourds exercent sur la végétation une action toxique qui entraine la sélection d'espèces dites toxico-résistantes ou métallophytes formant des associations végétales particulières.

7. Bioclimat et indices climatiques

Les climatologistes et les biogéographes se sont efforcés de combiner des formules simples avec les principaux éléments du climat (température, précipitation). Ce qui apparaît déterminant pour la répartition des formations végétales et la délimitation des aires naturelles et diverses essences forestières dans le monde. De là vient l'idée de caractériser les différents climats du monde par des formules, des indices et des diagrammes climatiques. On les appelle formules Ombro-thermiques.

7.1. Quotient pluviométrique d'EMBERGER 1942

Le climat méditerranéen est caractérisé par un été sec et un hiver tempéré. Les précipitations présentent de fortes variations (100 à 2500 mm).

Ce climat se rencontre au niveau des territoires bordant la méditerranée, mais également dans d'autres régions du globe telles que : Californie, Chili, Australie et en Afrique du Sud Emberger a proposé une formule plus simple, valable pour la région méditerranéenne où l'évaporation à une importance particulière.

En effet, el admet que cette évaporation croît avec l'amplitude thermique annuelle qu'il exprime par la différence entre la moyenne M du mois le plus chaud et la moyenne m du mois le plus froid. C'est le plus connu et le plus largement utilisé en région méditerranéenne. Ce quotient s'écrit de la manière suivante :

$$Q_2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

Où **P :** précipitation annuelle en mm.

M : Moyenne des maximas du mois le plus chaud en Kelvin

M : Moyenne des minimas du mois le plus froid en kelvin

-La formule a été modifiée par STEWART en 1955 :

$$Q3 = \frac{3.43P}{M - m}$$

Où **P :** Précipitation annuelle en mm

M-M : amplitude thermique en °C

Tableau N° 02 : Valeurs du Quotient d'EMBERGER Q2

Etage bioclimatique	Q_2	précipitation
Saharien	Q<10	P<100
Aride	10<Q<45	100<P<400
Semi-aride	45<Q<70	400<P<600
Sub-humide	70<Q<110	600<P<800
Humide	110<Q<150	800<P<1200
Per-humide	150<Q	1200<P

7.2. Indice xerothermique de Bagnols et Gaussen 1955

On veut estimer avec plus de précision encore l'intensité de la période sèche, ces auteurs ont adopté l'indice xérothermique. Cet indice Xm indique approximativement le nombre de jour biologiquement sec au cours de la période sèche.

$$X_m = J_m - (J_p + J_{br}) J^h$$

Xm : indice d'intensité de sécheresse du mois considéré Jm : Nombre totale de jour de mois **Jp :** Nombre de jour de pluie en ce mois Jbr : Nombre de jour de brouillard ou de rosée en ce mois **J h** : Etat hygrométrique en ce mois (coefficient hygrométrique « K »)

$H < 40\% \Rightarrow K = 1$

$40\% < H < 60\% \Rightarrow K = 0,9$

$60\% < H < 80\% \Rightarrow K = 0,8$

$H > 80\% \Rightarrow K = 0,7$

7.3. Indice d'aridité de DEMARTONE

L'aridité est caractérisée par la faiblesse de précipitations moyennes annuelles. C'est un concept climatique à référence spatiale. Cet indice (annuel ou mensuel) se calcule de la façon suivante :

Indice annuel : $I = \frac{P}{T + 10}$

Indice mensuel : $I = \frac{12P}{T + 10}$

P : Précipitations totales annuelles ou mensuelles

T : Température moyenne annuelle ou mensuelle

Afin de caractériser le climat général d'une région du monde, on utilise les valeurs suivantes :

Tableau N°03 : Valeurs de l'indice d'aridité I

Valeur de I	Type de climat	Type de végétation
0 à 5	Hyper aride	Désert absolu
5 à 10	Aride	Désert
10 à 20	Semi- aride	Steppe
20 à 30	Sub- humide	Prairie naturelle, forêt
30 à 55	humide	Forêt

7.4. Caractéristiques générales des espèces végétales

Dans les zones arides, les conditions climatiques obligent les espèces végétales à des adaptations nécessaires à leur survie. Ces adaptations recouvrent les régulations physiologiques et morphologiques qui permettent aux plantes de s'adapter à une alimentation en eau déficitaire s'opérant à différentes échelles.

7.5. Les types biologiques

Les types biologiques sont considérés comme une expression de stratégie d'adaptation de la flore aux conditions du milieu. Ces types ont été établis par RAUNKIAER pour les végétaux des régions tempérées où la saison défavorable est la saison froide mais ils peuvent être appliqués aux végétaux des régions où la saison défavorable est la saison sèche.

- Les phanérophytes : Sont des arbres et des buissons dont les bourgeons sont situés à plus de 50 cm du sol, et qui perdent leurs feuilles à la mauvaise saison.

- Les chamaephytes : Sont des plantes ligneuses à bourgeons situés à moins 30 cm du sol.

- Les hémicryptophytes : Ont des bourgeons situés au ras du sol (forment de grosses touffes ex : graminées).

- Les géophytes : Sont des plantes vivaces à bulbe ou rhizome souterrains.

- Les thérophytes : Sont des annuelles qui passent la mauvaise saison sous la forme de graines.

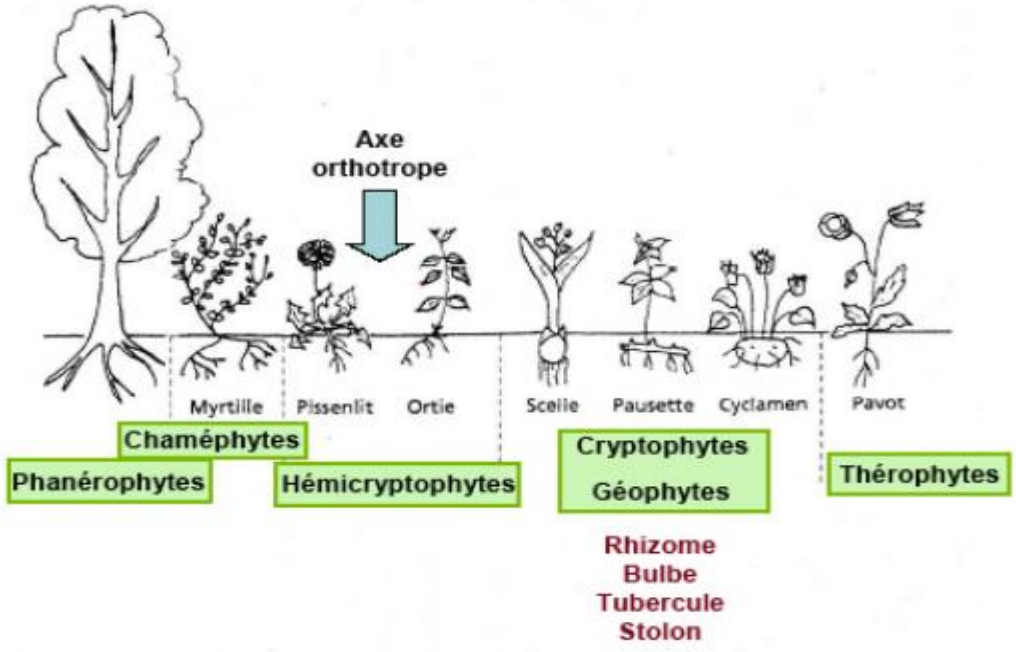


Figure 16 : Les types biologiques

Les pérennes succulentes :

sont capables d'accumuler et de stocker de l'eau, ceci est dû à la prolifération du tissu parenchymal des tiges et des feuilles et aux faibles taux de transpiration qui les caractérisent. Les cactus sont des pérennes succulentes typiques.

Les pérennes non succulentes :

constituent la majorité des plantes de la zone aride. Ce sont des plantes rustiques, qui comprennent les graminées, les petites plantes ligneuses, les buissons et les arbres qui supportent le stress de l'environnement des zones arides. On peut distinguer 03 formes de croissance des pérennes non succulentes :

- Persistantes : actives biologiquement pendant toute l'année.

- Caduques en période de sécheresse : biologiquement dormante en saison sèche.

- Caduques en période froide : biologiquement dormante en saison froide. Les éphémères sont des espèces qui échappent à la sécheresse et ne sont pas considérées comme de véritables xérophytes. Les pérennes succulentes et non succulentes au contraire supportent la sécheresse et sont des xérophytes véritables. Quelques- unes des caractéristiques des plantes xérophiles sont les suivantes :

- Développement d'un important système radiculaire.

- Pousses mois importantes des parties aériennes que les racines.

- Réduction de la surface de transpiration.

- Adaptations spéciales dans les espèces persistantes qui diminuent la transpiration.

- FACTEURS 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. 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, 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 ennemis, 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.



Figure 17 : troupeau d'éléphants

1.2 L'effet de masse

A l'inverse de l'effet de groupe, l'effet de masse se produit, quand le milieu, souvent surpeuplé, provoque une compétition sévère aux conséquences néfastes pour les individus.

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. II 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 entraine des phénomènes appelés phénomènes d'**autoélimination.**

1.3 La compétition intraspécifique

a) Causes

La compétition intraspécifique se manifeste entre les individus d'une même espèce lorsque les ressources exploitées (nourriture, abris, site de nidification...) sont en quantité limitée, ce qui est souvent le cas; ou lorsque ces ressources ne sont pas en quantité limitée mais que les organismes en concurrence se nuisent.

b) Manifestations

La compétition intraspécifique peut se manifester **de façon indirecte** = par exploitation si ressources sont limitées ; ou **directe** = par interférence dans tous les cas (ressources limitées ou pas).

- La compétition indirecte, ou par exploitation , **se produit lorsqu'un individu accapare les ressources aux dépens de l'autre**. La compétition pour l'alimentation augmente avec la densité de population et sa conséquence la plus fréquente est la baisse du taux de croissance des populations. Cette baisse peut se manifester de façons très variées.

EXEMPLE : Chez les végétaux la compétition intraspécifique liée aux fortes densités se fait surtout pour deux facteurs limitants, l'eau et la lumière, et elle produit des modifications plastiques des individus, phénomène qui ne s'observe que rarement chez les animaux. Elle se manifeste également par une mortalité importante qui réduit fortement les effectifs.

- La compétition directe ou par interférence se manifeste **lorsqu'un individu a un comportement agressif vis-à-vis de ses concurrents** ou bien lorsqu'elle se fait par l'intermédiaire de substances toxiques qui sont sécrétées dans le milieu.

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 de la même espèce**. Ce type de comportement est fréquent chez les Vertébrés comme les oiseaux, et les insectes comme les Libellules, les papillons.



Figure 18 : La compétition intraspécifique

➢ Le maintien d'une hiérarchie sociale avec des individus dominants et des individus dominés. Ce comportement est fréquent chez les Mammifères et les insectes sociaux. La reconnaissance, par les membres du groupe, des différents statuts hiérarchiques est facilitée par des comportements (postures de dominance ou de soumission) et par des caractères morphologiques (taille, force, coloration).

Exemple : Les abeilles. Une colonie ne comporte qu'une reine. Si des larves de reine coexistent, celle qui émerge la première tue les autres en cours de développement. Et si deux futures reines émergent en même temps, elles se livrent à un combat singulier, celle qui en sort vainqueur devenant reine de la colonie.



Figure 19: compétition alimentaire entre individus de la même espèce

➢ 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. Cette baisse peut se manifester de façons très variées :

- ❖ Baisse du pourcentage de femelles gravides (ex : cas des insectes, des cerfs),
- ❖ Augmentation de l'âge de maturité sexuelle (cas de l'éléphant),
- ❖ Baisse du nombre de jeunes par couple (mésanges *Parus major*),
- ❖ Baisse du nombre d'œufs pondus (drosophile),

Chez les végétaux, la compétition intraspécifique, 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.



Figure 20 : Drosophile ou mouche à vinaigre

2. Coactions hétérotypiques

La cohabitation de deux espèces peut avoir sur chacune d'entre elles une influence nulle, favorable ou défavorable.

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. Absence d'interaction concurrentielles.

Exemple: Cas de la musaraigne et du cerf vivant dans une forêt;



Figure 21 : Musaraigne

2.2 Le mutualisme

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…

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…).

Cette association bénéfique entre deux espèces vivantes, est soit facultative (*protocoopération*) ou obligatoire, auquel cas on la dénomme symbiose. Dans cette

association, chaque espèce ne peut survivre, croitre et se développer qu'en présence de l'autre.

Exemple : Les mycorhizes sont le résultat de l'association entre des champignons et les racines des plantes. Dans cette association, les hyphes d'un champignon colonisent les racines d'une plante et l'aident à obtenir des sels minéraux présents dans le sol. En retour, le champignon bénéficie de la photosynthèse de la plante sous forme de matière organique riche en énergie (glucides) essentielle à sa survie.

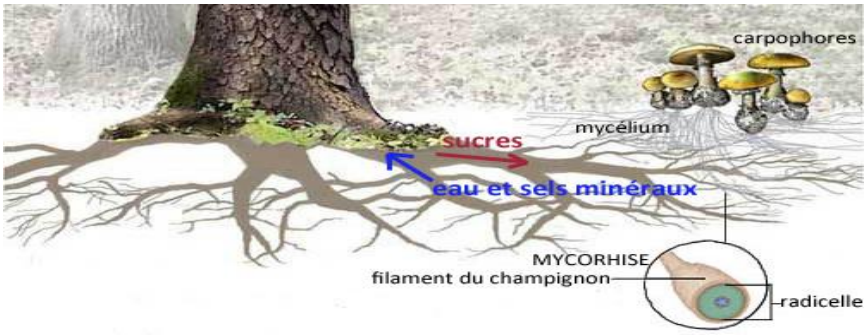


Figure 22 : Association entre des champignons et les racines des plantes

2.3 La compétition interspécifique

La compétition interspécifique peut être définit 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…).

Dans 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.

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.



Figure 23 : Exclusion compétitive interspécifique

2.4 La prédation

La prédation est courante dans la nature où les prédateurs jouent un rôle prépondérant dans le maintien des équilibres écologiques.

La prédation est à distinguer de la nécrophagie, qui consiste à se nourrir d'un animal déjà mort, ou du parasitisme, qui en général ne requiert pas la mort de l'animal consommé.

Le prédateur est tout organisme libre qui se nourrit aux 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).

2.4.1 Type de prédateurs

- Les prédateurs généralistes

Ils se nourrissent d'un large éventail de proies, leur population est relativement stable, et ils contribuent à exercer un contrôle continu sur le niveau des populations de proies.

- Les prédateurs spécialistes

Ils se nourrissent d'une ou d'un petit nombre d'espèces. Chez les mammifères, les véritables prédateurs spécialistes semblent rares. Le putois (*Mustela putorius* L.) est par exemple considéré comme « un prédateur spécialiste régulier du lapin et un prédateur

temporaire des petits rongeurs». Ce type de prédateur est souvent apparemment spécialiste d'une espèces quand celle-ci est très abondante (ex : hermine face au campagnol), et il diversifie ses proies en cas de nécessité.



Figure 24: Putois, un prédateur spécialiste régulier du lapin

-Les prédateurs nomades

A la différence de la murène qui passe sa vie au même endroit, certains requins et d'autres prédateurs spécialistes font des milliers de km à la recherche de proies dispersées ou en migration.

Ainsi, sur terre des loups suivent les troupeaux de caribous ou des hyènes et des lions suivent les migrations de troupeaux de gnous : Les prédateurs nomades qui se déplacent là où leurs proies sont les plus abondantes ou suivent leurs migrations saisonnières sont supposés mieux contribuer à la stabilisation des populations-proies dont ils vivent.



Figure 25 : Caribou chassé par un loup (prédateurs nomades)

-Les microprédateurs

Terme parfois employé dans certains contextes pour désigner les espèces prédatrices de petite taille (musaraigne, etc.) ou des espèces de petites taille par rapport à celle de ses proies dont il se nourrit en s'attachant à ces dernières (ex tiques, moustiques)



Figure 26 : Les microprédateurs (Tique)

2.5 Le parasitisme

C'est une relation biologique entre deux êtres vivants où un des protagonistes — le parasite — tire profit d'un organisme hôte pour se nourrir, s'abriter ou se reproduire. Les organismes qui ne sont pas parasites sont qualifiés de « libres ».

On trouve des parasites dans l'ensemble du monde vivant. Les biologistes distinguent les parasites unicellulaires (coccidies, piroplasmes...) qui appartiennent au monde microbien, et les parasites pluricellulaires.

2.5.1 Types de parasitisme

e parasitisme est un mode de vie ou survie, parfois défini par l'exploitation du vivant par le vivant (*the conquest of life by life*). On considère différents types de parasitisme selon la position du parasite dans l'hôte :

- **2.5.1.1 L'éctoparasitisme**

L'ectoparasite est présent à l'extérieur de son hôte (parties externes comme la peau ou cavités comme les cavités buccales ou branchiales). Chez les végétaux on peut parler de parasites épiphytes.



Figure 27 : Champignon parasitant un arbre



Figure 28 : Bromélia parasite s élevant sur le tronc d'arbre de kauri

- **2.5.1.2 L'hémiparasitisme**

Les hémiparasites possèdent leur propre chlorophylle et ne prélèvent chez leur hôte que de l'eau et des sels minéraux. Ce sont des végétaux comme le gui (*Viscum album*, espèce de plantes parasites, qui ne possède pas de racines mais se fixe sur un arbre hôte dont elle absorbe la sève à travers un ou des suçoir.



Figure 29 : Gui (*Viscum album*, espèce de plantes parasites)

- **2.5.1.3 Le mésoparasitisme**

Le mésoparasite est localisé dans une cavité de l'hôte communiquant avec l'extérieur comme dans le tube digestif (ténia par exemple). La limite entre endo et mésoparasites est parfois floue (comme pour le cas des cavités branchiales).



Figure 30 : Tenia ou vers solitaire

- **2.5.1.4 L'endoparasitisme**

L'endoparasite est présent dans les tissus (intramusculaire par exemple), dans le système sanguin, ou à l'intérieur d'une cellule. Certains parasites cellulaires sont spécialisés : ils ne colonisent qu'un type de cellules, éventuellement chez une seule ou quelques espèces (*Plasmodium*), d'autres sont plus ubiquistes.

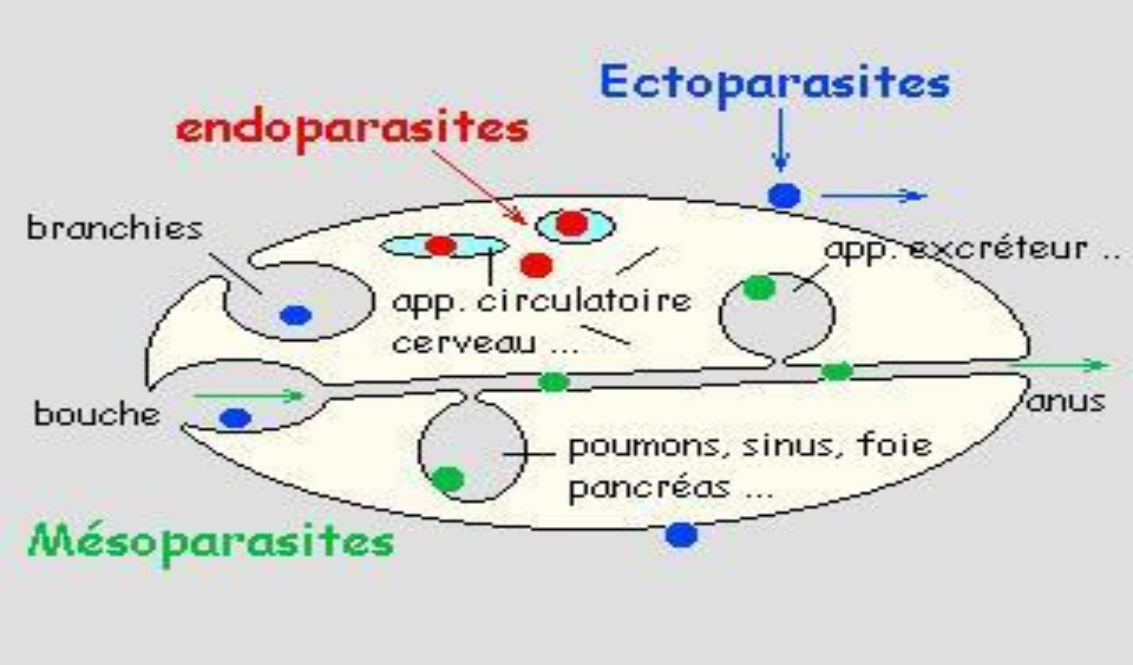


Figure 31 : Endoparasitisme, Mésoparasitisme et Ectoparasitisme

Remarque: D'autres formes de parasitisme sont décrites chez les animaux, par exemple le parasitisme alimentaire appelé cleptoparasitisme, ou le parasitisme de couvée chez les oiseaux.

Un **cleptoparasite** est un animal qui se nourrit aux dépens de la production ou des réserves accumulées par une autre espèce (telles du miel produit par les abeilles, des proies capturées, ou des provisions mises de côté par les insectes coprophages ou nécrophages…).

Ce **cleptoparasitisme**, appelé aussi **cleptobiose**, se rencontre chez certains insectes : plusieurs espèces d'abeilles, chez des coléoptères, chez des araignées, chez des oiseaux telles que certaines espèces de Laridés …

2.5.1.5 Le parasitisme de couvée chez les oiseaux

Les oiseaux qui pondent leurs œufs dans le nid d'autres oiseaux (hôtes) portent le nom de parasites de couvée. Ils laissent aux parents du nid d'accueil la tâche de couver leurs œufs et de prendre soin de leurs oisillons. Étonnamment, cette façon de faire est assez courante. L'oiseau parasite est ainsi libéré de l'obligation de construire un nid, de couver

ses œufs et d'élever ses oisillons. L'énergie ainsi économisée est utilisée pour produire d'autres œufs.



Figure 32 : Un œuf de Vacher à tête brune dans un nid de *Moucherolle phébi*



Figure 33 : Vacher à tête brune



Figure 34 :*Moucherolle phébi*

On distingue deux types de parasitisme de couvée :

Lorsqu'une espèce d'oiseau pond volontairement dans le nid d'un autre de la même espèce, on parle de *parasitisme intraspécifique*, lorsqu'une espèce pond dans le nid d'une autre espèce, on parle alors de *parasitisme interspécifique*.

Une forme particulière de cleptoparasitisme est pratiquée par certaines espèces d'oiseaux comme les coucous qui pondent dans le nid d'autres espèces. Les couples d'individus des espèces parasités, dupes de la supercherie, couvent l'ensemble des œufs et nourrissent l'envahisseur. Ce stratagème fonctionne d'autant que la période d'incubation du parasite est plus courte que celui des parasités. L'oisillon du coucou gris, parasite bien connu, étant plus gros et plus fort que les espèces parasitées, jette en dehors du nid les autres oisillons (ou les œufs non encore éclos) de façon à obtenir toute l'attention des hôtes.

2.6 L'amensalisme

L'amensalisme est une interaction biologique entre deux espèces dans laquelle une espèce inhibe le développement de l'autre. **L'amensalisme est observé le plus souvent chez les végétaux**.

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**.

Exemples:

- ✓ Le Noyer rejette par ses racines, une substance volatile toxique, qui explique la pauvreté de la végétation sous cet arbre. Grâce à cette phytotoxine, le noyer limite sa compétition aux ressources, augmentant ainsi ses potentialités de développement.
- ✓ Un organisme peut aussi excréter une substance au cours de son Métabolisme qui est nocive pour l'autre organisme. Par exemple, le champignon *Penicillium* peut produire des composés antibiotiques comme la pénicilline et inhiber la croissance des bactéries alentours.





Figure 35 : Plantation de noyer **Figure 36 :** Champignon microscopique *Penicellium*

2.7 Le commensalisme

C'est une association entre deux espèces dont une seule tire profit sans pour autant nuire à l'autre.



Figure 37 : Le rémora pratique le commensalisme avec un requin

Le rémora, associé aux requins, raies, grandes tortues marines et d'autres grands poissons, tout comme le poisson-pilote, se nourrit des restes des repas de leurs hôtes.De nombreux oiseaux se nourrissent des insectes attirés et repoussés par les mammifères lors du pâturage : l'oiseau est alors un commensal de l'animal.

C'est un type d'interaction biologique naturelle entre deux êtres vivants dans laquelle l'hote fournit une partie de sa propre nourriture au *commensal* : il n'obtient en revanche aucune contrepartie évidente de ce dernier (le bénéfice de cette relation n'est pas réciproque). Le commensalisme est une exploitation non-parasitaire d'une espèce vivante par une autre espèce. Le commensalisme est une association non-destructrice pour l'hôte (ce qui le différencie du parasitisme) ; ce dernier peut tout à fait continuer à vivre et évoluer en présence du commensal et, le plus souvent, « ignore » tout de la relation. Les survies des deux organismes ne sont pas interdépendantes. L'exploitation se résume la plupart du temps au fait qu'une espèce grappille un peu de la nourriture que l'espèce exploitée gaspille. C'est le cas des relations qu'entretiennent les poissons-pilotes avec les requins. Évoluant dans ce cadre relationnel aux côtés des requins, le poisson-pilote constitue l'exemple le plus significatif du commensalisme. Sa présence près des grands

requins semble plutôt justifiée par les bénéfices qu'il en tire, se nourrissant de rebuts et nageant aisément au sein du flux hydrique de déplacement de son compagnon de route. Ils sont protégés par leur compagnon de voyage : rares en effet sont les prédateurs qui se risqueraient à chasser près d'un requin. Ils bénéficient en outre des restes de nourritures des requins. Ils doivent cependant surveiller leurs arrières s'ils ne veulent pas finir dans leur gueule.



Figure 38 : les poissons-pilotes avec les requins



Figure 39 : Les balanes qui se fixent aux baleines

Autres exemples de commensalisme : Les balanes qui se fixent aux baleines. Ce sont de petits crustacés qui s'accrochent où il sécrète une carapace de calcaire. Il reste ainsi en place toute leur vie en sortant leurs pattes pour filtrer l'eau et s'alimenter du plancton en suspension. Les hérons garde-bœufs se nourrissent des insectes que les gros animaux font sortir de la végétation et ceux-ci n'en souffrent pas.



Figure 40 : Les hérons garde-bœufs se nourrissent des insectes que les animaux font.

3. Rôle des facteurs écologiques dans la régulation des populations

3.1 Notion de facteur limitant et loi du minimum

Il arrive parfois qu'un facteur écologique atteigne un seuil critique et fatal incompatible avec la vie pour une espèce animale ou végétale donnée; on dit alors que le facteur écologique en question est un facteur limitant.

.

« Un facteur écologique joue le rôle d'un facteur limitant lorsqu'il est absent ou réduit au-dessous d'un seuil critique ou bien s'il excède le niveau maximum tolérable. C'est le facteur limitant qui empêchera l'installation et la croissance d'un organisme dans un milieu».

3.2 Loi de tolérance (ou loi de Shelford) : Toute unité biologique (individu, espèce, groupement….) présente pour la plupart des facteurs du milieu : une valeur minimale, exigée pour son développement ; une valeur maximale au delà de laquelle, elle disparaît ; Ces deux valeurs, sont appelées, respectivement limite **inférieure** et **supérieure de tolérance**.

3.3 Amplitude écologique : En reportant sur un système d'axes, en abscisses, l'intensité d'un facteur « température, par exemple » et en ordonnées, la performance de l'espèce « biomasse, effectif, activité…. » ; On trace une courbe à allure parabolique, délimitée par les deux limites, inférieure et supérieure. -Les espèces à large amplitude sont dites euryoeciques (Eurybiotes) tandis que : -les espèces à faible amplitude sont sténooeciques (Sténobiotes)

Pour caractériser un organisme, on utilise les suffixes : **phyte** et parfois **bie** (xérophyte ; aérobie) ; Si un organisme n'a aucune tolérance ou résistance pour un facteur- toxique même à faible dose, on le caractérise par le suffixe : **fuge** ou **phobe** (calcifuge ; hydrophobe).

3.4 La Valence écologique : La valence écologique se définit comme la possibilité pour une espèce végétale ou animale de coloniser des milieux différents. Une espèce à forte valence écologique est capable de peupler des milieux très différents et donc peut supporter des variations importantes de l'intensité des facteurs écologiques. Elle est dite euryèce : espèce peu spécialisée par exemple dans ses choix alimentaires, les territoires qu'elle occupe, ses exigences… Une espèce qui occupe tous les milieux est dite ubiquiste.

3.5 Notion de niche écologique : Les organismes d'une espèce peuvent vivreseulement dans certain conditions, pour des ressources particulières, dans un environnement donné et pendant des périodes particulières. Donc ces facteurs décrit **la niche**, comprenant **les conditions dans lesquelles il est trouvé**, les **ressources qu'il utilise** et **le temps qu'il y passe**.

CHAPITRE III : STRUCTURE DES ECOSYSTEMES

1. Les chaines alimentaires

Une relation assez importante qui a lieu dans l'environnement est la nutrition. Certains organismes se nourrissent d'autres ou de leurs déchets et de cette manière la matière et l'énergie peuvent être transformées.

Une chaîne alimentaire **se réfère au transfert d'énergie et de matière qui passe d'un organisme à un autre**. De plus, cette chaîne alimentaire terrestre prend en compte l'énergie perdue par la respiration dans chacun des groupes d'organismes. Une relation assez importante qui a lieu dans l'environnement est la nutrition.

Certains organismes se nourrissent d'autres ou de leurs déchets et de cette manière la matière et l'énergie peuvent être transformées. Une chaîne alimentaire **se réfère au transfert d'énergie et de matière qui passe d'un organisme à un autre**.

1.1 Définition

On appelle chaîne alimentaire un groupe d'êtres vivants reliés entre eux par leurs habitudes alimentaires. En effet, dans une chaîne alimentaire, chaque espèce (une plante, un champignon ou un animal) représente un maillon (= niveau trophique) qui est mangé par une autre espèce (un animal).

1.2 Les différents maillons (= niveaux trophiques) des chaînes alimentaires

– Le premier maillon d'une chaîne alimentaire est constitué par les producteurs (autotrophes). Ce sont des végétaux qui fabriquent eux-mêmes leurs constituants par photosynthèse, à partir d'éléments minéraux et de la lumière du soleil. Les producteurs sont les seuls êtres vivants de la chaîne à pouvoir fabriquer leurs constituants : tous les autres doivent se les procurer par l'intermédiaire de leur nourriture.

– Le deuxième maillon de la chaîne est constitué par les animaux qui se nourrissent de plantes (des herbivores) : les consommateurs primaires ou de 1er ordre (hétérotrophes).

– Les herbivores sont à leur tour mangés par des animaux carnivores (des prédateurs) : les consommateurs secondaires ou de 2ème ordre. Ceux-ci peuvent être eux-mêmes être dévorés par d'autres prédateurs (des consommateurs tertiaires ou de 3ème ordre).

– Les décomposeurs ou détritivores représentent le dernier maillon de la chaîne. Leur rôle est de décomposer les débris végétaux (feuilles et brindilles mortes), les cadavres et les excréments d'animaux, libérant ainsi l'eau, les sels minéraux et la matière organique qui retourneront au biotope où ils seront absorbés par les racines des plantes ce qui favorisera leur croissance.

Les détritivores sont surtout des insectes, des vers, des bactéries et des champignons…

- 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.

Ainsi, chaque organisme occupe un rang qui lui est propre dans la chaîne alimentaire: c'est son niveau trophique.

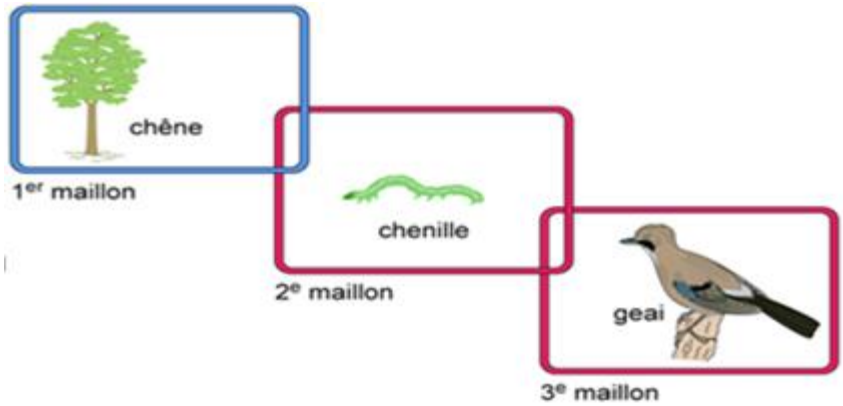


Figure 47 : rteprésentation des maillons d'une chaîne alimentaire.

Il existe de nombreuses chaînes alimentaires différentes, en fonction des milieux et des écosystèmes dans lesquels elles prennent place, et en fonction du nombre de maillons. Au début de chaque chaîne, cependant, on trouve toujours une plante ou une algue unicellulaire.

1.3 Chaine alimentaire en milieu terrestre

- Exemple De Chaîne Alimentaire En Milieu Terrestre

La chaîne alimentaire terrestre est celle qui implique des organismes terrestres. C'est-à-dire aux espèces animales et végétales qui remplissent des fonctions vitales dans l'environnement terrestre et en dehors du milieu aquatique.

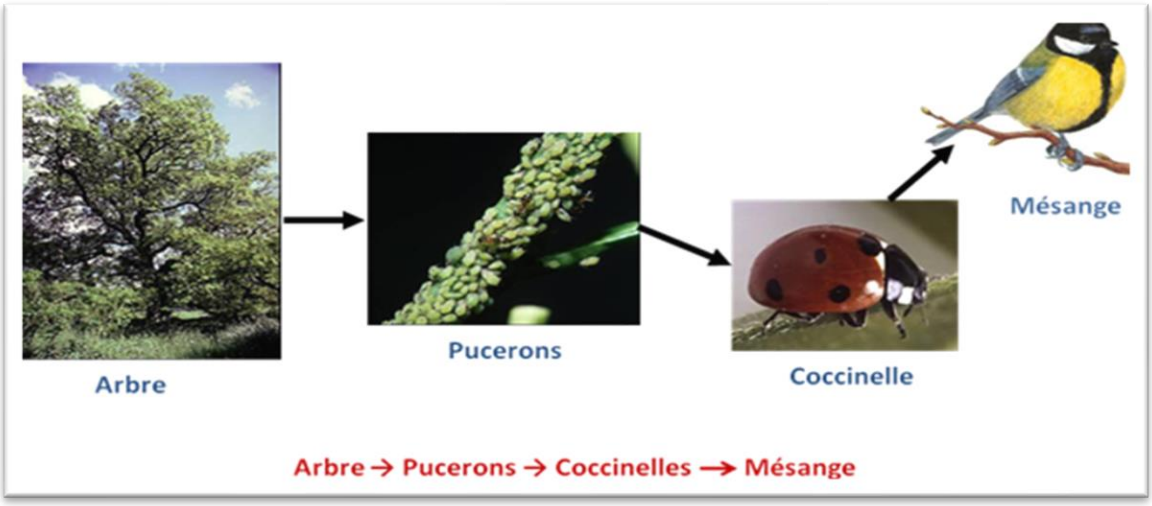


Figure 48 : chaîne alimentaire en milieu terrestre

1.3 Chaine alimentaire en milieu aquatique

D'une manière schématique, un écosystème aquatique peut être divisé en **trois compartiments biologiques**

- Les producteurs : ce sont essentiellement tous les végétaux qui utilisent tous la lumière solaire comme source d'énergie pour fabriquer, par photosynthèse, les matières organiques dont ils ont besoin pour croître ; ce faisant, les plantes aquatiques consomment le gaz carbonique dissous dans l'eau, les nutriments dissous que sont surtout l'azote, le phosphore et la silice, ainsi que divers autres constituants minéraux, et elles rejettent de l'oxygène ; les principaux producteurs sont les algues microscopiques ou phytoplancton ;

-Les consommateurs : ce sont

- soit **des herbivores stricts**, comme certaines espèces du zooplancton qui se nourrissent de phytoplancton ou certaines espèces d'invertébrés et de poissons qui se nourrissent d'algues et d'autres végétaux fixés sur le fond,

Plancton: l'ensemble des organismes, principalement microscopiques, unicellulaires ou pluricellulaires qui vivent en suspension dans les eaux douces, saumâtres ou salées, et dérivent entrainés par les courants. On distingue, notamment, le phytoplancton, végétal, et le zooplancton, animal.



Figure 49 : Les phytoplanctons (végétal) et les zooplanctons (animal).

-Soit **des espèces plus omnivores** consommatrices de végétaux, de zooplancton et autres invertébrés,

- soit enfin des **espèces strictement carnivores**, comme certains gros poissons qui se nourrissent des plus petits, ou encore certains oiseaux et petits mammifères ; ces animaux respirent en consommant l'oxygène produit par les plantes et en rejetant du gaz carbonique;

- **Les décomposeurs** : ce sont les micro-organismes, comme les bactéries aérobies ou les champignons, qui se nourrissent de toute la matière organique morte et biodégradable présente dans le milieu aquatique, qu'elle soit produite par les autres organismes (telles les sécrétions animales) ou issue de leur décomposition, ou encore qu'elle provienne d'eaux de ruissellement, d'eaux infiltrées dans les sols ou d'eaux usées rejetées par les hommes. Pour dégrader ces matières organiques, les décomposeurs utilisent l'oxygène produit par les plantes.

-Le rôle des décomposeurs, bactéries et champignons, est prépondérant car en décomposant les matières organiques, ils participent à l'épuration des écosystèmes

aquatiques. En outre, en transformant les matières organiques complexes en substances minérales simples dont les producteurs, les végétaux, ont besoin, c'est-à-dire en recyclant les matières organiques, les décomposeurs referment en quelque sorte la boucle qui, des producteurs, mène aux consommateurs puis aux décomposeurs, une boucle que l'on a coutume d'appeler la chaîne alimentaire, ou chaîne trophique.

- Exemple De Chaîne Alimentaire En Milieu Aquatique

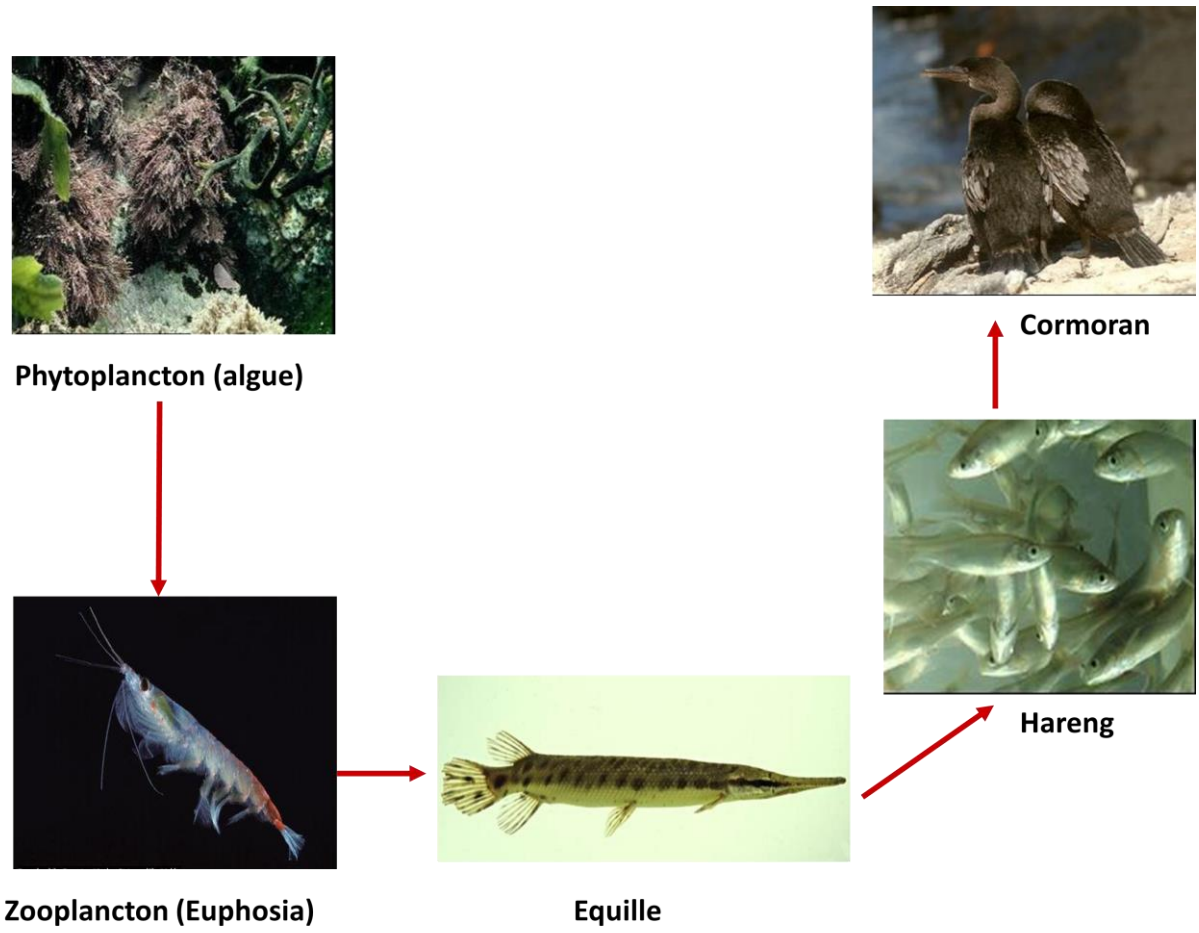


Figure 50 : chaîne alimentaire en milieu aquatique

Dans un cas pariculier on trouve une pyramide inversée

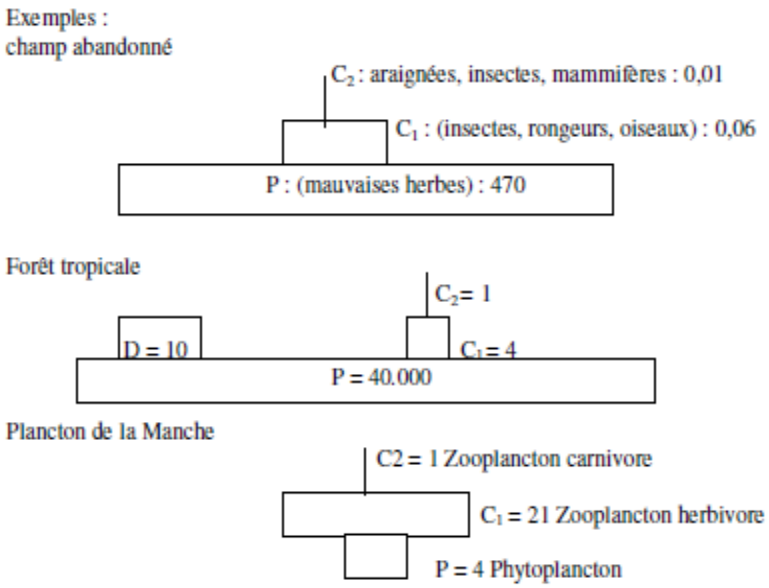


Figure 51 : un cas particulier d'une pyramide inversée

« On observe dans ce cas une pyramide inversée, où la biomasse de producteurs primaires est inférieure à celle des consommateurs, car le phytoplancton se reproduit très vite mais est consommé très vite pendant le même temps ».

2. Les réseaux trophiques

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

Le terme *trophique* se rapporte à tout ce qui est relatif à la nutrition d'un *tissu* vivant ou d'un organe. Par exemple, une relation trophique est le lien qui unit le prédateur et sa proie dans un écosystème.

La notion de *réseau trophique* désigne 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, décomposeurs). Il peut aussi se définir comme étant la résultante de l'ensemble des chaînes alimentaires unissant les diverses populations d'espèces que comporte une biocénose.

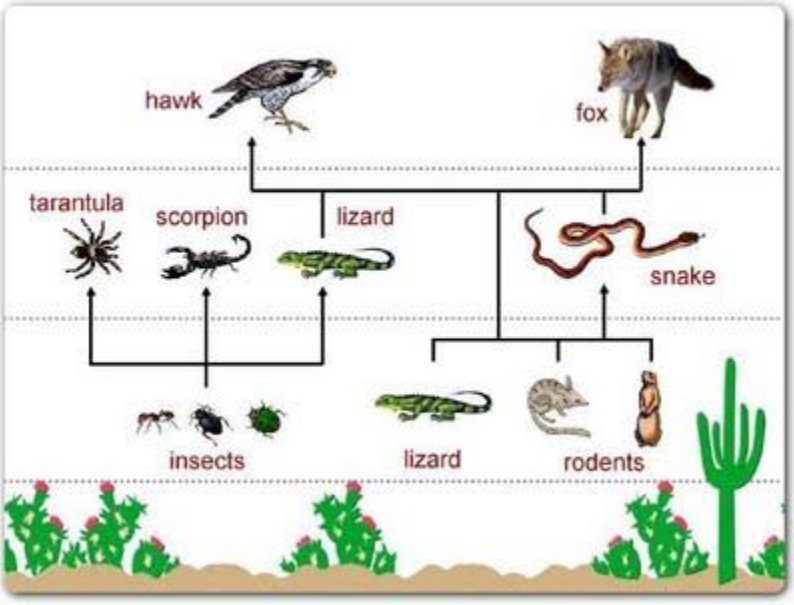


Figure 52 : réseaux trophiques

CHAPITRE IV : FONCTIONNEMENT DES ECOSYSTEMES

1. Flux d'énergie au niveau de la biosphère

Le transfert de l'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 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.

- Flux au niveau des producteurs primaires (P1)

-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).** Nous pouvons donc écrire : PB=PN+R1 -Une partie de (PN) sert à l'augmentation de la biomasse végétale.

-Le reste de **(PN)** est utilisé par le niveau trophique suivant.

- Flux au niveau des consommateurs herbivores (C1) -Une partie seulement de la production végétale est ingérée par les herbivores qu'on appellera Partie Ingérée (PI1). -Tout le reste est mis à la disposition des détritivores et décomposeurs à la mort des végétaux. Comme il n'est pas utilisé par les herbivores nous le nommerons (NU1). -La quantité d'énergie ingérée (Partie Ingérée) (PI1) correspond à ce qui est réellement utilisé ou Assimilé (A1) par l'herbivore (Par digestion), plus ce qui est rejeté (Non Assimilée) (NA1) sous 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) : A1=PS1+R2

- Flux au niveau des consommateurs carnivores (C2)

-Une partie seulement de l'énergie fixée par les consommateurs primaires sera ensuite utilisée pour le fonctionnement des organismes carnivores ou consommateurs secondaires. Nous l'appellerons **(PI2).**

-Bon nombre de proies mourront de vieillesse et leurs cadavres seront livrés au bon vouloir des décomposeurs **(NU2).**

- Une partie seulement de la biomasse consommée sera assimilée, soit **(A2)**.

-Tout ce qui sera éliminé par les fèces et les sécrétions diverses correspondra à **(NA2)**.

-Comme dans le niveau précédent, une bonne partie de l'énergie fixée par la digestion va servir au métabolisme des carnivores et sera éliminée sous forme de pertes respiratoires **(R3)**. -Si **(PS2)** représente l'énergie gagnée qui s'ajoute à celle de la biomasse existante, le flux au niveau des carnivores est alors le suivant :

A2 =PS2+R3.

- Le processus se poursuit de la même manière si la chaine trophique s'allonge à des niveaux de supracarnivores. Au vu des énormes pertes qui apparaissent à chaque niveau trophique, il est clair que les réseaux alimentaires sont toujours courts.

- Quant aux détritivores et 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, et comme les autres consommateurs, perdent de l'énergie par le catabolisme respiratoire ou les fermentations. Ainsi, du soleil aux consommateurs (**1er, 2ème ou 3ème ordre**), l'énergie s'écoule de niveau trophique en niveau trophique, diminuant à chaque transfert d'un chainon à un autre. On parle donc de flux (Ecoulement) 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, il est :

PB = PN+R1.

Le flux d'énergie qui traverse le niveau trophique des herbivores est :

A1 = PS1+ R2.

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

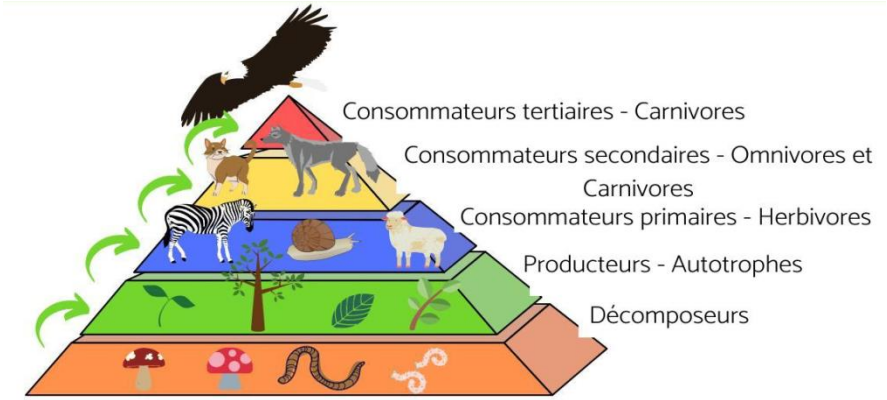


Figure 53 : Flux de matiére et d'énergie

2 . Pyramides écologiques

Les réseaux trophiques présentent une structure bien définie caractérisée par la nature et le nombre d'organismes présents à chaque niveau des diverses chaînes alimentaires. Celle-ci correspond à une valeur particulière du rapport «taille des individus/type de métabolisme» des diverses espèces constituants la communauté.

Les pyramides écologiques permettent de donner une représentation géométrique à la structure trophique d'un écosystème.

Ce sont des représentations graphiques qui résument l'organisation ou la structure trophique d'un écosystème en classant les organismes par niveau trophique.

Elles se construisent par la superposition de rectangles de même hauteur, mais de longueur proportionnelle à l'importance du paramètre mesuré.

Quelle que soit la biocénose dont elles représentent la structure trophique, les pyramides présentent deux caractères fondamentaux :

-La hauteur sera proportionnelle à la longueur de la chaîne alimentaire considérée, c'est-àdire au nombre de niveaux trophiques qu'elle renferme ;

-Leur forme sera plus ou moins étalée selon l'efficacité de transferts d'énergie d'un niveau à l'autre.

2.3 Types de pyramides : Il y'a trois principaux types de pyramides :

- Pyramide des nombres :

L'anglais ELTON 1927 a remarqué que dans un écosystème, l'on pouvait regrouper tous les organismes ayant une même fonction en les superposant dans l'ordre qu'ils occupent dans la chaîne alimentaire.

Exmple: on dénombre par exemple dans une prairie naturelle (ODUM 1959) 5.842.424 plantes par hectare (niv. Trophique I), 708.624 insectes phytophages (niv. Trophique II), 354.904 insectes prédateurs et araignées (niv. Trophique III) et seulement 3 oiseaux insectivores (niv. Trophique IV).

2.3.1 Le Pyramide des nombres

correspond au nombre d'organismes à chaque niveau trophique dans un écosystème donné, avec les plus grands nombre illustrés par une plus grande surface pour cette partie de la pyramide. Dans la plupart des pyramides des nombres, les organismes à la base de la chaîne trophique sont les plus abondants, chaque niveau successif est occupé par un nombre moindre d'organismes.

On observe aussi des pyramides des nombres inversées, dans lesquelles les plus hauts niveaux trophiques présentent plus d'organismes que les niveaux trophiques inférieurs. C'est le cas pour les décomposeurs, les parasites, les insectes herbivores vivant dans les arbres et d'autres organismes similaires.

Ex.: Un arbre peut fournir de la nourriture pour des milliers d'insectes consommateurs de feuilles. Il est à noter que les pyramides des nombres sont d'une utilité limitée parce qu'elles ne donnent pas d'indications sur la biomasse des organismes à chaque niveau et elles n'indiquent pas la quantité d'énergie transférée d'un niveau à l'autre.

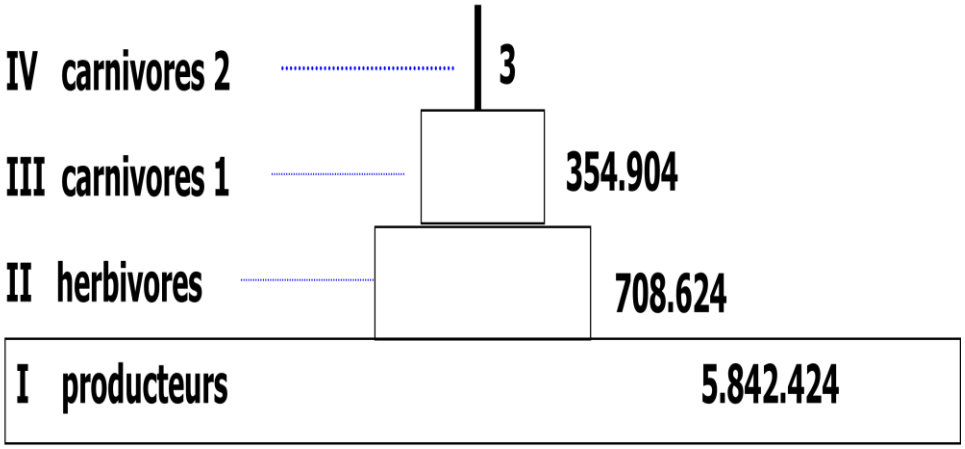


Figure 54 : Pyramide des nombres.

« Ce type de pyramides reflète mal les relations alimentaires dans une communauté car elles accordent une importance égale à tous les individus quels que soient leur taille ou leur poidsà »

2.3.2 Pyramide des biomasses

Elle reflète mieux les relations trophiques dans un écosystème car elle exprime la biomasse présente à un instant donné à chaque niveau de la chaine alimentaire.

La biomasse est une estimation quantitative de la masse totale de la matière vivante, elle indique la quantité d'énergie fixe à un moment particulier.

Elle est représentée en tant que volume total, poids sec ou poids frais. Habituellement, les pyramides de biomasse montrent une réduction progressive de biomasse dans les niveaux trophiques successifs. On estime qu'il y'a en moyenne une réduction d'environ 90% de la biomasse à chaque niveau trophique.

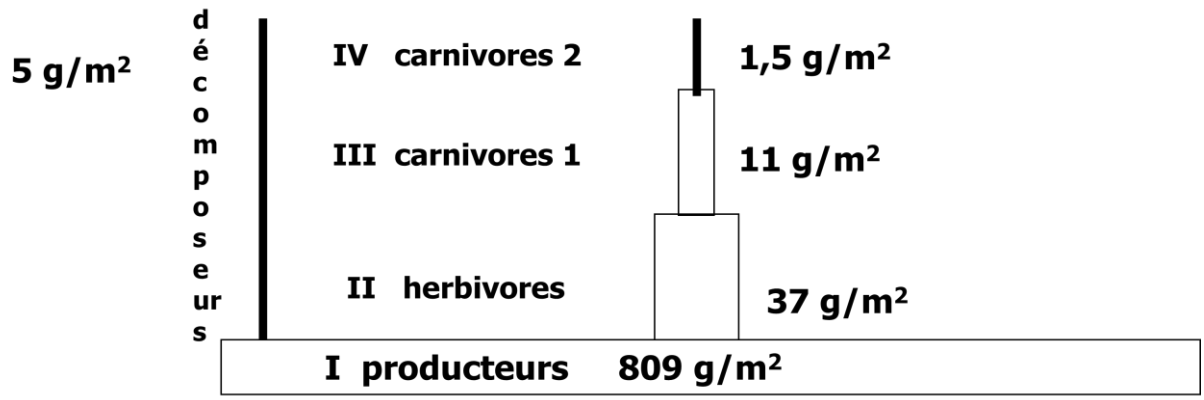


Figure 55: Pyramide des biomasses.

2.3.4 Pyramide des énergies

Elles s'établissent par calcul de la quantité d'énergie (Kcal) par unité de surface et par unité de temps.

Et illustre la quantité d'énergie souvent exprimée en kilocalories/m2/an contenue dans la biomasse de chaque niveau trophique.

Ces pyramides qui ont toujours de grandes bases et deviennent progressivement plus petites à travers les niveaux trophiques successifs, montrent que la plupart de l'énergie se dissipe dans l'environnement en passant d'un niveau trophique au suivant.

En réalité, une fraction seulement du flux d'énergie entrant dans un écosystème est fixée dans les organismes de chaque niveau trophique et stockée dans la biomasse, le reste est dépensé pour assurer les besoins métaboliques des êtres vivants : Entretien, croissance, reproduction (Fig.6).

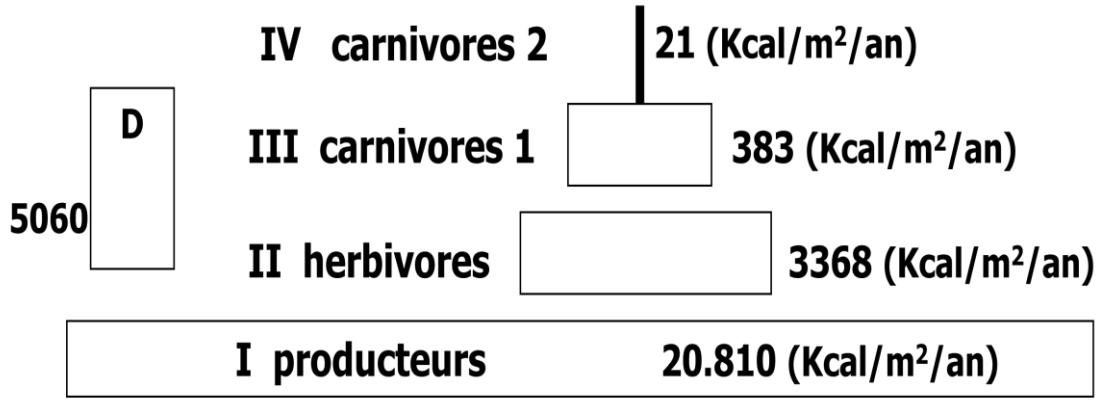


Figure 56 : Pyramide d'énergie.

3. Productivité

Dans chaque écosystème, une partie du flux d'énergie qui pénètre dans le réseau trophique n'est pas dissipée mais stockée sous forme de substances organiques.

Cette production ininterrompue de matière vivante (Biomasse) constitue un des processus fondamentaux de la biosphère, dont l'importance décroit d'ailleurs au fur et à mesure que l'homme exerce une pression de plus en plus grande sur les ressources naturelles.

C'est en effet cette productivité des écosystèmes qui assure le renouvellement de ces ressources (**Production primaire** et **secondaire**).

3.1. Productivité primaire

La productivité primaire brute **(PB)** correspond à la quantité totale de carbone fixée sous forme de matière organique par les autotrophes exprimée par unité de surface et par unité de temps.

C'est aussi l'équivalent de la fraction du flux solaire utilisée par les organismes photosynthétiques.

Elle est exprimée en règle générale en tonnes de carbone/hectare/an ou en gramme de carbone/m2 /jour. On l'estime à 1% de la quantité totale d'énergie annuellement reçue par la végétation terrestre, laquelle est de l'ordre de 5.10-20 kcal.an-1.

Nous savons qu'une partie des matières organiques ainsi élaborées est utilisée par les végétaux pour leurs propres besoins métaboliques. Si l'on tient compte de ces pertes, on en vient à dégager la notion de production primaire nette (PN) qui traduit la productivité des végétaux dans les écosystèmes continentaux et du phytoplancton dans l'océan **(PN = PB -R)**.

3. 2. Productivité secondaire

Désigne le taux d'accumulation de matière vivante (Donc **d'énergie**) au niveau des hétérotrophes : Consommateurs et décomposeurs.

Il n'existe qu'un seul type de productivité secondaire. En effet, quel que soit le niveau trophique dans lequel on se place, celle-ci consiste toujours en la conversion de la productivité primaire nette en différents tissus des multiples organismes hétérotrophes, grâce à un processus unique et général puisque les animaux et les micro-organismes décomposeurs ne font que transformer des matières organiques déjà produites.

Ce processus s'effectue avec un rendement assez faible, une bonne partie de l'énergie absorbée étant dissipée au cours des diverses phases de la respiration cellulaire et autres phénomènes métaboliques.

4. Rendements bioénergétiques

Le rendement énergétique (Ou efficience) est défini pour un niveau trophique comme le rapport entre le flux énergétique retenu et le flux entrant, c'est-à-dire le rapport « énergie fixée/ énergie reçue ».

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 :

4.1. Rendement écologique

De loin le plus intéressant car c'est le seul rendement qui mette en évidence les pertes énergétiques quand on passe d'un niveau alimentaire à un autre. C'est le rapport de la production nette du consommateur à la production nette du niveau trophique consommé.

4.2. Rendement de consommation

C'est le rapport entre l'énergie ingérée par un consommateur et celle qui est contenue dans la nourriture dont il dispose.

Pour un prédateur ce sera la part de l'énergie contenue dans une proie qui sera effectivement ingérée.

Toute la production nette mise à la disposition du consommateur n'est pas exploitée. Un herbivore n'exploitera pas toute la production nette d'un végétal. Il délaissera par exemple les racines ou les parties ligneuses et préféra les pousses tendres.

Un carnivore abandonnera les os et les phanères, qui contiennent pourtant de l'énergie.

4.3. Rendement d'assimilation

Lorsque les aliments sont ingérés par un consommateur, ils sont soumis au cours du transit dans le tractus digestif à des processus mécaniques et chimiques de digestion.

Une partie seulement traversera la muqueuse intestinale pour passer dans le sang, ce sont les nutriments. Le reste ne sera pas assimilé et sera éliminé avec les fèces.

Le rendement d'assimilation est donc le rapport entre l'énergie assimilée des nutriments et l'énergie ingérée des aliments.

4.4. Rendement de production nette

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, vu que tout ce qui est assimilé ne participe pas à l'élaboration de la biomasse du consommateur.

Une part importante de la biomasse de l'énergie assimilée ne sera pas fixée car elle est mise à profit pour couvrir les besoins métaboliques qu'exigent la respiration, l'excrétion ou l'homéothermie… Ce rendement est le rapport de la production nette à l'énergie assimilée.

4.5. Circulation de la matière dans les écosystèmes

L'interaction continue qui s'exerce entre facteurs abiotiques et organismes vivants d'un écosystème, s'accompagne d'une circulation ininterrompue de matière entre biotope et biocénose sous forme de substances alternativement minérales et organiques.

Les diverses espèces (Autotrophes et/ou hétérotrophes) cherchent et absorbent sans relâche les substances indispensables à leur croissance, leur entretien, leur reproduction et rejettent dans le milieu des déchets minéraux et organiques plus ou moins complexes provenant de leur métabolisme.

De la sorte, carbone, hydrogène, oxygène, azote, phosphore, soufre, potassium, chlor, calcium, magnésium, fer et une trentaine d'autre corps simples indispensables à l'édification de la cellule vivante sont sans cesse transformés en matières biochimiques (Glucides, lipides, acides aminés,…), ou absorbés sous forme d'ions inorganiques par les végétaux autotrophes, puis utilisés par les hétérotrophes : Animaux puis micro-organismes dégradeurs.

Ceux-ci décomposent en dernier lieu les excrétas, détritus végétaux et cadavres, en éléments minéraux hydrosolubles ou en composés gazeux qui retournent dans le sol, les eaux et l'atmosphère.

Ainsi les divers éléments biogènes circulent sans cesse par dissolution dans les eaux continentales superficielles, qui les amènent dans les océans, ou entre les continents ou les mers et l'atmosphère, entre lesquels s'effectuent d'incessants échanges gazeux.

A l'échelle de la biosphère, on désigne sous le terme de cycles biogéochimiques ce passage alternatif des éléments entre milieu inorganique et matières vivantes, et dont les diverses phases se déroulent au sein des écosystèmes.

L'existence de tels cycles confère à la biosphère un pouvoir considérable d'autorégulation, lequel assure la pérennité des écosystèmes et se traduit par une remarquable constance du taux des divers éléments présents dans chaque milieu.

5. Principaux cycles biogéochimiques

On peut distinguer trois types majeurs de cycles biogéochimiques :

-Cycle de l'eau,

-cycle des éléments à phase gazeuse prédominante et

- cycle des éléments à phase sédimentaire prédominante.

5.1. Cycle de l'eau

L'eau représente le constituant inorganique le plus abondant dans la matière vivante. Chez l'Homme adulte, elle constitue 63% du poids corporel. Près des 3/4 de la surface terrestre sont recouverts par l'hydrosphère (Soit 363 millions de km2 sur un total de 510 millions de km2).

Les océans représentent à eux seuls 96,5% de la masse totale d'eau présente dans la biosphère.

Il existe deux cycles de l'eau :

Un cycle lent dans les océans et les nappes souterraines, et

un cycle court sur la surface de la Terre et dans l'air.

Si l'eau des cellules est remplacée après quelques heures, le cycle de l'eau dans les rivières dure en moyenne 16 jours.

L'eau des lacs et des grandes mers intérieures connait un cycle qui varie de 10 à 1 000 ans tandis que le cycle des eaux souterraines est d'environ 1 500 ans.

L'eau des océans se renouvelle quant à elle tout les 2 500 à 3 500 ans.

Le cycle le plus lent se situe dans les glaciers qui peuvent retenir l'eau pendant une période de 9 500 à 15 000 ans.

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 (Fig.7).

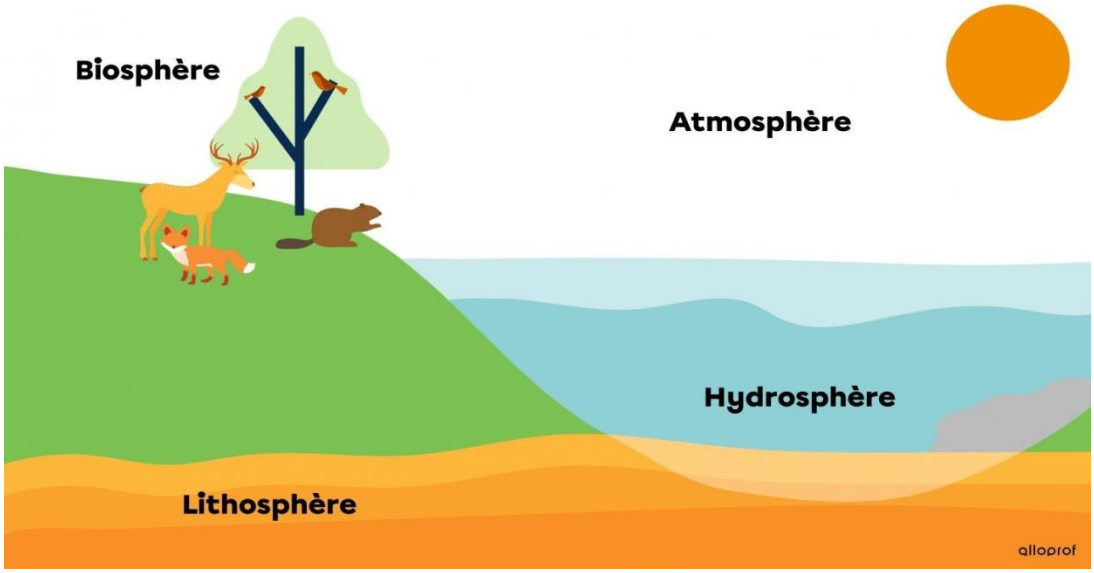


Figure 57 : les différents compartiments de la Terre

« La Biosphère, l'Hydrosphère, Lithosphère et Atmosphère sont les 4 enveloppe de la planète. L'Hydrosphère regroupe le coté aquatique et marin, la Litosphère quant a elle, regroupe la croute terrestre (Roche, mineraux et minerais). La Biosphère, elle, tout ce qui est sur terre ferme (plante, animeaux) et l'atmosphère est ce qui se trouve dans le ciel (les gaz, l'O_2, le CO_2, Méthane) »

Sous l'effet du flux solaire, l'eau des nappes liquides superficielles (Mers, fleuves, lacs,…) s'évapore. L'eau transpirée par les végétaux (Evapotranspiration) s'évapore également.

Les masses d'air chargées de vapeur d'eau se déplacent tandis que celle-ci condense en nuages. Leur refroidissement ramène cette eau à la surface du sol ou des mers sous forme de précipitations (Pluie, neige, grêle ou plus rarement par condensation sur des corps froids « rosée »).

Le 7/9 de leur volume total retombe à la surface des océans et le 2/9 seulement sur les continents.

La majeure partie du cycle de l'eau s'effectue donc entre océan et atmosphère. La circulation de l'eau dans la lithosphère emprunte trois voies :

5.1.1 Percolation (Infiltration)

Phénomène de migration de l'eau à travers les sols (Perméables). Joue un rôle essentiel dans les écosystèmes terrestres puisqu'il assure la réhydratation des sols qui emmagasinent l'eau, en particulier dans les couches superficielles.

L'infiltration assure aussi l'alimentation des nappes phréatiques.

5.1.2 Evaporation et évapotranspiration :

Constitue le phénomène opposé de l'infiltration. Certes, l'évaporation à la surface d'un sol joue un rôle important dans le régime hydrique, mais les végétaux accélèrent beaucoup ce processus en transpirant des masses considérables d'eau par l'intermédiaire de leur système foliaire et/ou racinaire.

Cette transpiration du couvert végétal vaporise chaque année des quantités d'eau considérables.

L'évapotranspiration, somme de la quantité d'eau transpirée par les plantes et évaporée par les sols, joue donc un rôle essentiel dans le cycle de l'eau sur les continents. Il s'évapore en effet jusqu'à 50 tonnes d'eau chaque année d'un hectare de forêt feuillue.

5.1.3 Ruissellement :

Phénomène d'écoulement des eaux à la surface des sols. Favorisé par la destruction du couvert végétal, il représente l'agent principal de l'érosion des sols. Ruissellement superficiel et résurgence des nappes souterraines assurent l'alimentation des cours d'eaux qui restituent en dernier lieu ce volume d'eau à l'océan mondial.

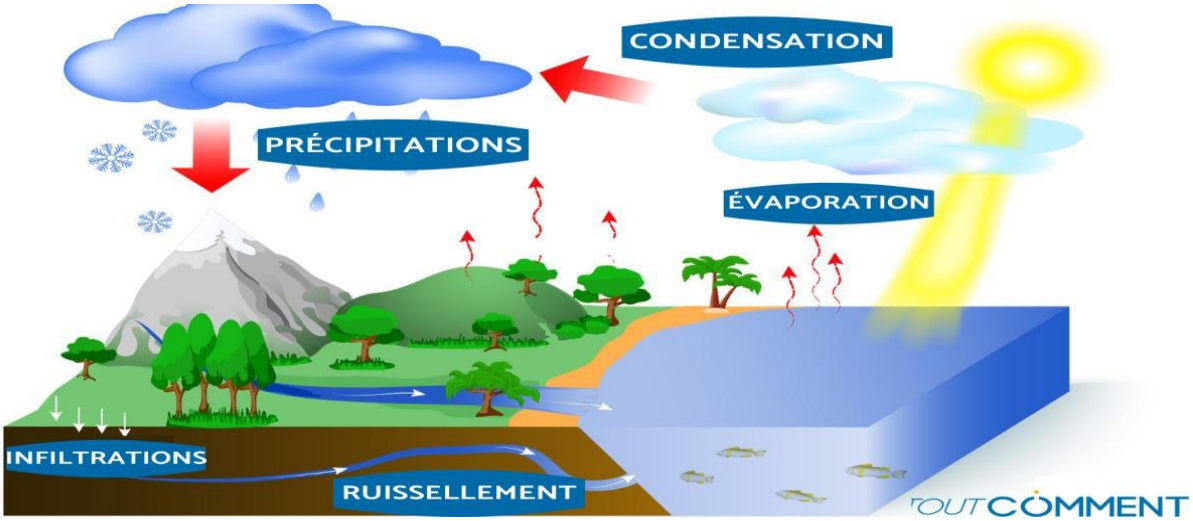


Figure 58 : Cycle de l'eau.

5.2. Cycles biogéochimiques à phase gazeuse

5.2.1. Cycle du carbone

Le carbone est le plus important des éléments chimiques caractérisant le monde vivant. A l'échelle de la planète, il existe trois réservoirs de carbone :

L'atmosphère, les océans et la biosphère continentale.

Les échanges entre l'atmosphère et la biosphère sont essentiellement liés à l'activité des êtres vivants.

Lors de la photosynthèse, les producteurs autotrophes fixent le carbone pour assurer leurs constituants organiques.

Les consommateurs permettent par ailleurs le transfert de ces constituants dans les divers réseaux trophiques.

A l'opposé, d'autres échanges biochimiques vont équilibrer ces prélèvements en rejetant dans l'atmosphère un flux identique de carbone : 100 Gt (Gigatonnes) issu de la respiration cellulaire et la fermentation (Décomposition de la matière organique).

De même, les éruptions volcaniques, les industries et les véhicules de transports, rejettent du (CO2) dans l'atmosphère.

Quant aux flux du carbone entre l'air et l'eau des océans, ils sont équilibrés et du même ordre. Les échanges physicochimiques aux interfaces des deux éléments font apparaitre

un rejet de 100 Gt de (CO2) dans l'atmosphère et une absorption identique de 100 Gt de ce gaz par l'eau.

La quantité de dioxyde de carbone dissous dans les océans est environ 50 fois plus grande que celle qui est présente dans l'atmosphère.

Dans les sols, il se produit souvent un ralentissement du cycle du carbone : Les matières organiques ne sont pas entièrement minéralisées mais transformées en un ensemble de composés organiques acides qui s'accumule dans diverses formations sédimentaires (Acides humiques).

II se produit une stagnation et même un blocage du cycle du carbone. C'est le cas de la constitution de grands dépôts de pétrole et d'autres hydrocarbures fossiles, lesquels malgré leur forte teneur en carbone, n'interfèrent pas dans les conditions naturelles avec le cycle du carbone.

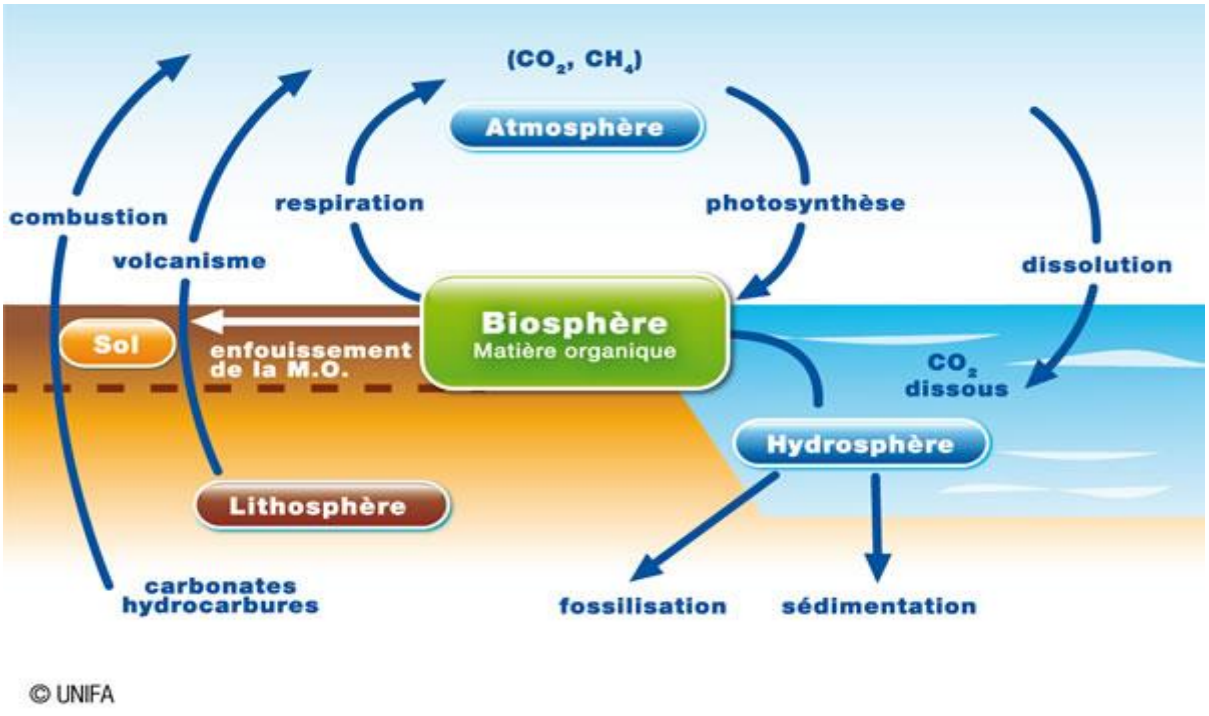


Figure 59 : Cycle du Carbone.

5.2.2. Cycle de l'azote

L'azote minéral est présent à profusion sur notre planète puisque sa forme gazeuse (N2) (Azote atmosphérique) représente la plus grande partie de l'air que nous respirons (78 % du volume).

En revanche, les ions nitrates (NO3 -) constituent la seule forme d'azote minéral assimilable par les plantes avec les ions ammonium. Cet élément se retrouve entre autres dans les acides aminés constituant les protéines et dans les bases azotées de l'ADN.

La plupart des êtres vivants ne peuvent utiliser la molécule (N2). De ce fait, ils ont besoin de ce qu'on nomme l'azote fixé dans lequel les atomes d'azote sont liés à d'autres types d'atomes comme par exemple à l'hydrogène dans l'ammoniac (NH3) ou à l'oxygène dans les ions nitrates (NO3).

Des processus sont nécessaires pour transformer l'azote atmosphérique (N2) en une forme assimilable par les organismes : La fixation de l'azote diatomique (N2), la nitrification et la dénitrification.

- La fixation :

Correspond à la conversion de l'azote atmosphérique en azote utilisable par les plantes et les animaux.

Elle se fait par certaines bactéries qui vivent dans les sols ou dans l'eau et qui réussissent à assimiler **l'azote diatomique** (N2).

Il s'agit en particulier des **cyanobactéries** et de certaines bactéries vivant en symbiose avec des plantes (Ex. : **Légumineuses**), qui ont la faculté de produire de **l'ammoniac** (NH3) à partir de l'azote et de l'hydrogène atmosphérique grâce à une enzyme : **La Nitrogénase**.



Figure 60 : Nodules sur les racines d'une plante.

L'ammoniac peut aussi provenir de la décomposition d'organismes morts (Action des bactéries saprophytes) sous forme d'ions ammonium (NH4 +).

Dans les sols où le pH est élevé, l'ammonium se transforme en ammoniac gazeux.

- La nitrification :

Transforme les produits de la fixation (NH4 + , les ions nitrates NH3) en (NOx) (Soient NO2 - et NO3 -), des nitrites et nitrates.

Les végétaux absorbent grâce à leurs racines les (NO3 -) et, dans une moindre mesure, l'ammoniac présent dans le sol, et les incorporent dans les acides aminés et les protéines.

Les végétaux constituent ainsi la source primaire d'azote assimilable par les animaux.

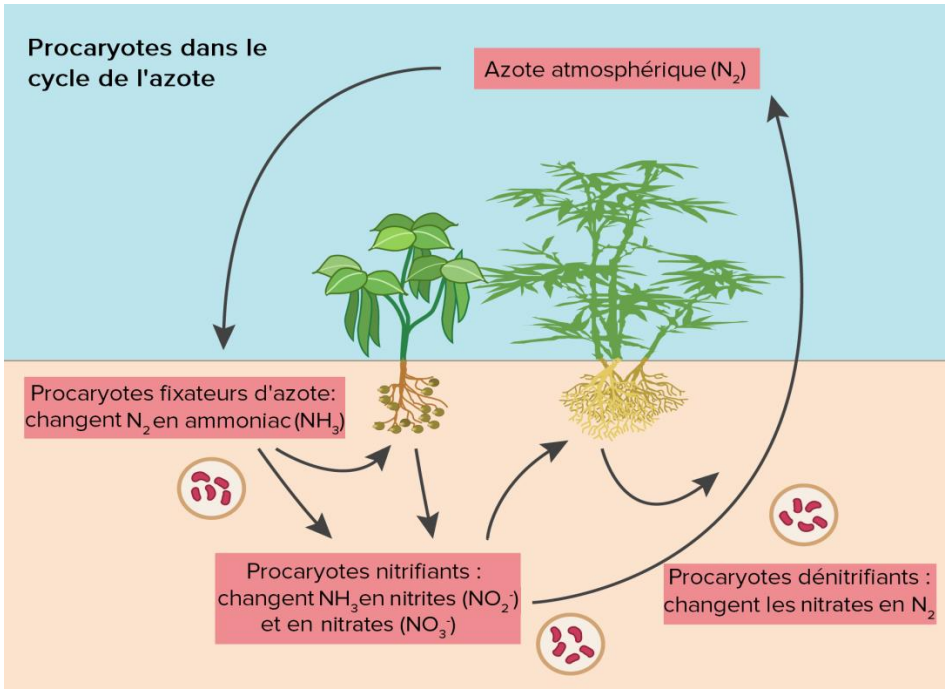


Figure 62 : fixation de l'azote atmosphérique

Les fixateurs d'azote captent l'azote atmosphérique en le convertissant en ammoniac qui peut être assimilé par les plantes et utilisé pour fabriquer des molécules organiques

- La dénitrification :

Grâce aux bactéries dites dénitrifiantes (Transformant la matière organique), l'azote retourne à l'atmosphère sous sa forme moléculaire (N2), avec comme produit secondaire du CO2 et de l'oxyde d'azote (N2O) (Gaz à effet de serre).

L'activité humaine contribue à l'augmentation de la dénitrification, entre autres, par l'utilisation des engrais qui ajoutent aux sols des composés ammoniaqués (NH4 + , NH3) et des nitrates (NO3 -).

L'utilisation des combustibles fossiles dans les moteurs ou les centrales thermiques transforme l'azote en oxyde d'azote (NO2 -).

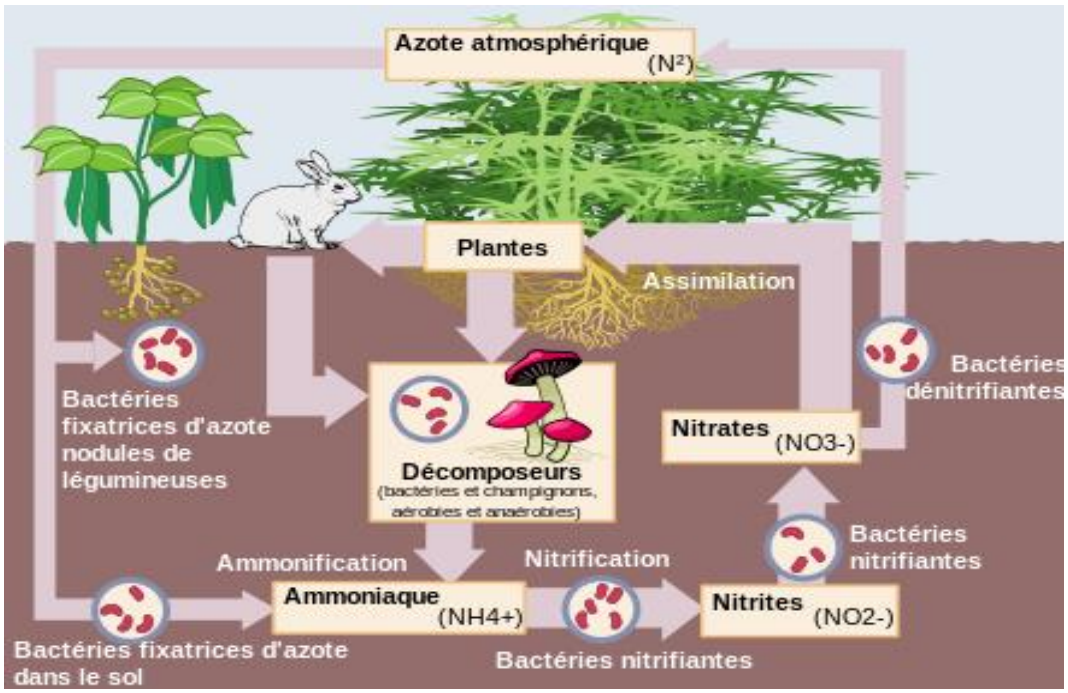


Figure 63 : Cycle de l'azote.

L'industrie, en mettant à la disposition des agriculteurs de nombreux fertilisants de synthèse, intervient pour une certaine part dans le cycle de l'azote. Beaucoup d'engrais azotés sont en effet synthétisés par réduction de l'azote de l'air. Comme ils doivent libérer soit des ions (NO3 -), soit des ions (NH4 +), leur obtention met en jeu des réactions chimiques utilisant de l'acide sulfurique ou de l'acide nitrique.

Ces deux engrais, avec le nitrate de calcium ainsi obtenus chimiquement, sont les plus usités.

Ceux qui apportent directement des nitrates ont une action très rapide, mais sont une source importante de pollution parce qu'ils sont très solubles.

3. 3. Cycles biogéochimiques à phase sédimentaire

3.3.1. Cycle du phosphore

En dépit de la rareté du phosphore minéral dans la biosphère, cet élément reste important pour la matière vivante (Constituant de l'ADN, de l'ARN et de l'ATP).

Il possède un cycle qui passe par deux phases :

-L'une qui se déroule dans les écosystèmes terrestres,

-l'autre dans les écosystèmes aquatiques.

Son réservoir principal est constitué par diverses roches qui cèdent peu à peu leurs phosphates aux écosystèmes.

Dans le milieu terrestre, la concentration en phosphore assimilable est souvent faible et joue le rôle de facteur limitant.

Ce phosphore est mis en circulation par lessivage (Ou érosion) et dissolution et introduit ainsi dans les écosystèmes terrestres où il est absorbé par les végétaux.

Ceux-ci l'incorporent dans diverses substances organiques et le font ainsi passer dans les réseaux trophiques.

Les phosphates organiques sont restitués au sol avec les cadavres, déchets et excrétas produits par les êtres vivants, attaqués par les microorganismes et retransformés en orthophosphates minéraux, à nouveaux disponibles pour les plantes vertes et autres autotrophes.

Le phosphore introduit dans les écosystèmes aquatiques par les eaux de ruissellement, rejoint les océans, permettant ainsi le développement du phytoplancton et des animaux des divers maillons de la chaîne trophique.

Un retour partiel des phosphates des océans vers les terres émergées s'effectue grâce à la pratique de la pêche ou par les excréments des oiseaux marins piscivores.

Cependant, dans les océans, le cycle du phosphore se fait avec des pertes, puisqu'une partie importante des phosphates entrainée en mer se retrouve immobilisée dans les sédiments profonds (Fragments de cadavres de poissons non consommés par les détritivores et les décomposeurs).

Lorsqu'il n'existe pas de courants ascendants permettant la remontée des eaux en surface, la pénurie de phosphore devient un facteur limitant.

Le cycle du phosphore est donc incomplet et ouvert. Du fait de sa rareté et en raison de ces pertes pour le cycle, le phosphore constitue donc le principal facteur limitant qui contrôle la majeure partie de la production primaire.

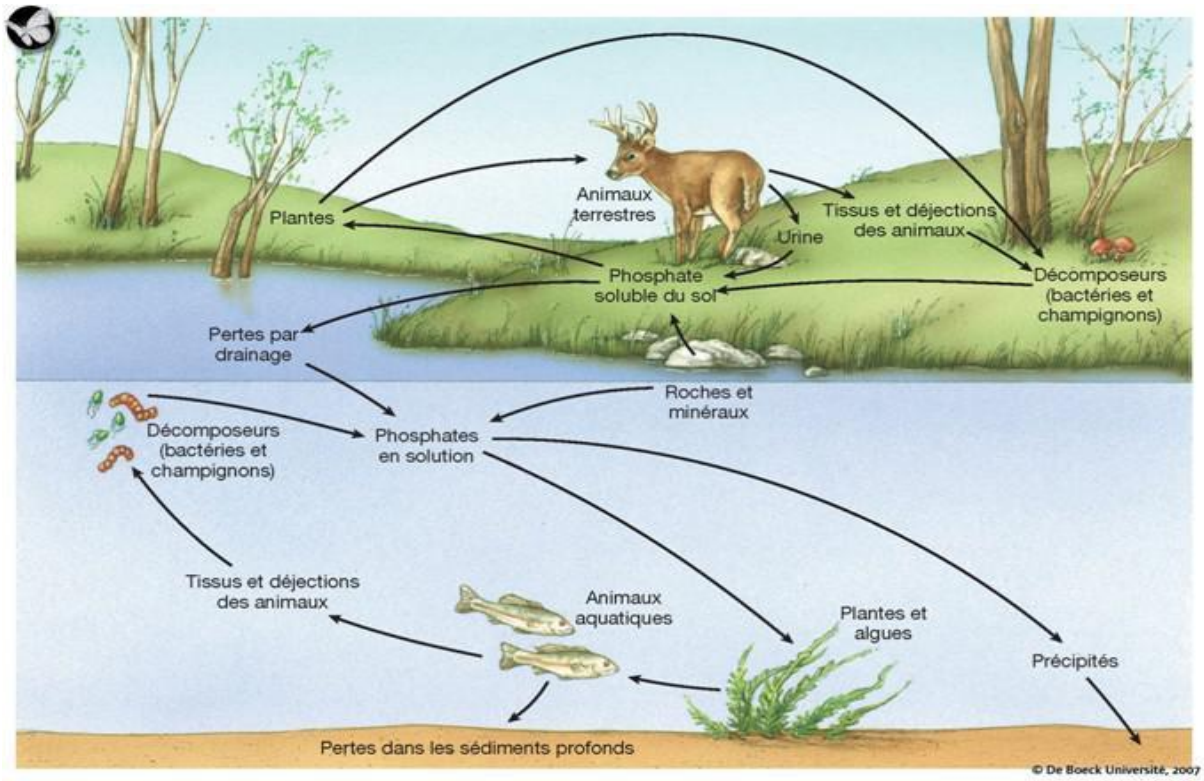


Figure 64 : Cycle du phosphore (Berg et al., 2009).

6. Stabilité des écosystèmes

Les ressources disponibles, régulées par les facteurs physico-chimiques du milieu, contrôlent les chaînes trophiques depuis les producteurs jusqu'aux prédateurs.

C'est la théorie du contrôle des communautés par les ressources (Eléments nutritifs), ou contrôle Bottom-up (Du bas vers le haut).

Exemple : Teneur en phosphates des océans/Quantité des planctons/Taille des poissons.

A l'inverse, le fonctionnement d'un écosystème dépend de la prédation exercée par les niveaux trophiques supérieurs sur les niveaux trophiques inférieurs : C'est le contrôle Top-down (Du haut vers le bas).

Exemple : Effet régulateur d'une population de loups (Carnivores) sur une population de lièvres (Proies).

Les deux contrôles interviennent simultanément dans les écosystèmes et peuvent être complémentaires.

Les modifications par l'Homme d'un niveau trophique peuvent amplifier l'un ou l'autre des deux contrôles et entrainer une instabilité de l'écosystème.

Exemple : Augmentation des ressources en éléments nutritifs (Amplification du contrôle Bottom-up) : Cas de la pollution organique des eaux (Eutrophisation). Ex.2 : Diminution d'abondance d'un prédateur de haut niveau (Amplification du contrôle Top-down) : Cas de la chasse ou de la pêche.

7.1. Perturbation des cycles biogéochimiques

Etymologiquement, polluer signifie : Profaner, salir.

Le terme de pollution désigne non seulement l'ensemble des rejets des composés toxiques que l'Homme libère dans la biosphère, mais aussi les substances qui, sans être vraiment dangereuses pour les organismes, exercent une influence perturbatrice sur l'environnement.

Cette définition englobe aussi bien les polluants produits par l'activité humaine ainsi que les substances naturelles qui accroissent la pollution d'origine anthropique.

Ex. : Gaz et poussière émis par les éruptions volcaniques, les incendies de forêts…

7.1.1. Pollution atmosphérique

La pollution atmosphérique est due au rejet intempestif de substances diverses dans l'atmosphère. Elle a accompagné la civilisation industrielle et s'est accrue au cours des dernières décennies dans l'ensemble des pays développés.



Figure 65: Pollution atmosphérique

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

Industrie (Cimenteries, raffineries, usines chimiques, sidérurgies, papeteries…),

Voitures et poids lourds (Moteur à essence et surtout moteurs Diesel) et

Chauffage (Chaudières domestiques, industrielles, centrales thermiques).

A ces trois grandes sources, viennent s'ajouter des substances rejetées dans l'atmosphère et les océans (Par les volcans), des composés chimiques tels que les chlorofluorocarbones (CFC), la maitrise non complète de mise en œuvre de certaines techniques accompagnant les réactions nucléaires, l'agriculture intensive…

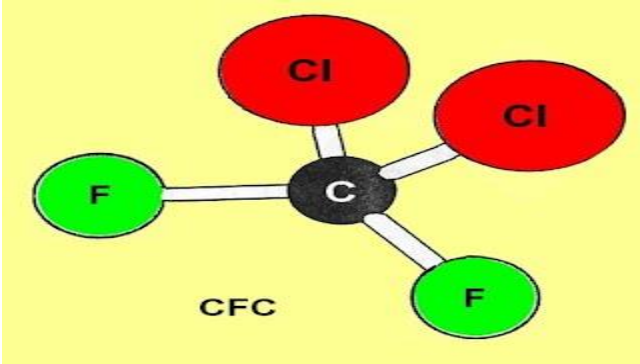


Figure 66 : molécile de chlorofluorocarbones (CFC)

Généralement, les polluants atmosphériques ne séjournent pas indéfiniment:

Si la pollution est faible et s'il n'y a pas de vent, la dispersion est dite normale et les gaz se dispersent en altitude. En revanche, les polluants retombent en panache si la pollution est forte (Sous l'action du vent).

Sous l'action de la lumière et en présence d'air humide, les oxydes d'azote et de soufre favorisent la formation de pluies acides.

Grace au jeu du lessivage et de l'érosion hydrique, les polluants sont transférés des sols vers l'hydrosphère.

En définitive, les phénomènes géochimiques vont avoir pour conséquence d'amener la masse des polluants, tôt ou tard dans l'océan mondial qui constitue le dernier réceptacle des agents toxiques.

7.1.2. Pluies acides

Les canadiens et les scandinaves ont été les premiers à observer l'acidification croissante de leurs lacs et la mort des arbres engendrées par les pluies acides.

L'acidification provient des masses d'air qui se sont chargées de gaz polluants, présents surtout au-dessus de zones industrielles.

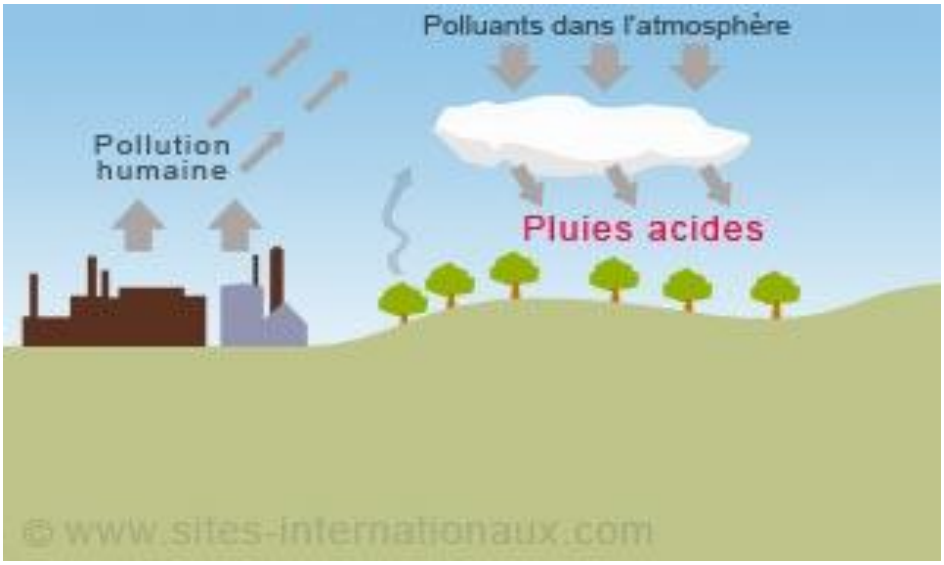


Figure 67 : Pluies acides

Les gaz incriminés se combinent aux gouttelettes d'eau de l'atmosphère et finissent par former des précipitations ou des brouillards acides.

Il s'agit notamment de dioxyde de soufre (SO2) (Activités humaines : Industrie, transport, chauffage, volcanisme,…) ; oxyde d'azote (NO, NO2 - , NO3) (Combustions industrielles, domestiques, automobiles) ; ammoniac (NH3 +) (Elevage) ; chlore (Cl-) (Combustion des PVC) ; ozone (Photolyse du dioxyde d'azote) ;…

7.1.3. Eutrophisation

L'eutrophisation naturelle est un processus qui s'échelonne sur des milliers d'années. Sa durée dépend de la profondeur initiale des plans d'eau.

Cette évolution peut être considérablement accélérée par les activités anthropiques. Il s'agit là d'un des impacts les plus graves de l'Homme sur les écosystèmes aquatiques.

Si le carbone, l'oxygène et l'hydrogène son toujours disponibles au sein des eaux en quantités suffisantes pour l'activité métabolique du phytoplancton, il n'en est pas de même pour l'azote et le phosphore, issus du lessivage des sols.

Dans les conditions naturelles, les flux d'entrée de ces deux éléments demeurent faibles et sont surtout réduits en période estivale (Due à la faible pluviométrie).

Qu'elles soient agricoles (Elevage intensif, épandage d'engrais, irrigation), industrielles ou domestiques (Lessive riche en phosphates,…), les activités humaines ont

profondément modifié l'importance, la périodicité et la composition quantitative des apports en azote et en phosphates aux écosystèmes lacustres.

Le maintien de flux importants en été, en raison des rejets liés à l'activité humaine, alors que l'intensité lumineuse est maximale, conduit à une stimulation de l'activité photosynthétique, donc de la croissance exubérante du phytoplancton.

Les eaux superficielles sont alors fortement colorées (Phénomène de fleur d'eau ou « **bloom** »).

Le développement anarchique de ces organismes s'accompagne d'une situation catastrophique pour le fonctionnement de l'écosystème et le zooplancton n'est plus en mesure d'assurer sa fonction naturelle de régulation de la biomasse des producteurs primaires.

Ceux-ci se développant très rapidement, présentent fréquemment des structures coloniales non ingérables par les crustacés filtreurs.

De plus, ils excrètent des substances répulsives, voire toxiques. Seuls quelques poissons de vase peuvent subsister.

7.1.4. Trou dans la couche d'ozone

L'ozone stratosphérique se forme spontanément à partir d'atomes d'oxygène libérés par la molécule de dioxygène. Elle forme une couche d'environ **3mm** d'épaisseur entre **15 et 25km** d'altitude, absorbant la quasi-totalité des **ultraviolets** (U.V.) à faible longueur d'onde émis par le soleil.

Sous l'action des U.V., l'ozone se brise et donne une molécule de dioxygène et un atome d'oxygène qui se recombinent naturellement.

L'énergie des U.V. incidents est ainsi fractionnée par la rupture et la recombinaison des molécules d'ozone.

Sans la couche d'ozone, les U.V. à haute énergie risqueraient d'atteindre les êtres vivants dont les molécules organiques seraient altérées, compromettant gravement la survie des êtres vivants.

Sa réduction est à l'origine d'une augmentation notable des cancers de la peau et diverses autres pathologies, notamment oculaires. La découverte du trou de la couche d'ozone au-dessus de l'Antarctique a fait prendre conscience des dégâts irréparables causés à l'atmosphère par les activités industrielles.

Dès les années 1970, des scientifiques ont montré les dangers d'une utilisation massive des composés chlorofluorocarbonés considérés comme les principaux responsables de l'agression de la couche d'ozone.

Ces gaz lorsqu'ils parviennent dans la stratosphère sont soumis à l'action de photons très énergétiques qui peuvent leur arracher un atome de chlore.

Ce composé va former avec les atomes d'oxygène libérés lors du cycle de l'ozone une molécule d'oxygène et un atome de chlore qui s'attaquera à une autre molécule d'ozone.

7.1.5. Effet de serre

L'azote et l'oxygène gazeux qui constituent la majeure partie de l'atmosphère n'absorbent pas et n'émettent pas de radiations thermiques. C'est la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone et quelques autres gaz présents dans l'atmosphère en quantités bien moindres (Méthane, protoxyde d'azote) qui absorbent une partie des radiations thermiques qui quittent la surface.

Ils font donc office de **« couvercle »** imparfait vis-à-vis de ces radiations, ce qui génère la différence de 20 à 30°C entre la température moyenne réelle de la surface terrestre qui avoisine les 15°C et la température que l'on observerait en l'absence de gaz à effet de serre.

On appelle cet effet « couvercle » **l'effet de serre** naturel et les gaz sont logiquement connus en tant que **gaz à effet de serre**.

Quant au renforcement de l'effet de serre, incriminé dans le réchauffement global il est causé par les gaz présents dans l'atmosphère à cause des *activités humaines* comme l'agriculture intensive, l'exploitation minière, la combustion des combustibles fossiles (Charbon, pétrole, gaz) associée à une déforestation importante.

Dont les conséquences sur la vie sur Terre sont catastrophiques (Fonte des calottes glaciaires, augmentation du niveau des mers provoquant des inondations, tempêtes, sécheresse...).

Des quantités de plus en plus importantes de **dioxyde de carbone** ont été émises dans l'atmosphère au cours des 200 dernières années et ces émissions se sont accrues au cours des 50 dernières années.

Chaque année, les nouvelles émissions continuent à s'ajouter au carbone présent dans l'atmosphère à hauteur de 8 000 millions de tonnes et qui est susceptible d'y rester pour plus d'un siècle.

CHAPITRE V : DESCRIPTION SOMMAIRE DES PRINCIPAUX ECOSYSTEMES

1. Ecosystème forestier

La définition de la forêt, selon la F.A.O. (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture) correspond à un couvert arboré de plus de 10% sur au moins 0.5 hectare, et atteignant une hauteur supérieure à 5 m à maturité.

La forêt offre d'innombrables biens et services aux êtres vivants : Elle constitue à la fois, un stabilisateur des sols et du climat, régulateur des cours d'eau, dispensateur d'ombrage et d'abris ainsi qu'un habitat pour les pollinisateurs et les ennemis naturels des ravageurs d'importance agricole. En plus d'être une source appréciable de nourriture, d'énergie et de revenu, la forêt contribue également à la sécurité alimentaire de centaines de millions de personnes. On peut citer les forêts boréal ou Taïga (Caractérisées par des forêts de conifères sempervirents, couvrant environ 11% de la surface de la Terre), les forêts sempervirentes tempérées (Un des écosystèmes les plus complexes au monde en termes de richesse), les forêts décidues tempérées (Parmi les premiers biomes à être transformés à des fins agricoles), les forêts tropicales décidues (Typiques des régions où les pluies sont saisonnières),…



Figure 69 : Ecosystème forestier

2. Ecosystème prairial

Les prairies apparaissent quand la pluviométrie est insuffisante pour permettre un bon développement des arbres, mais suffisante pour que les graminées et autres plantes herbacées puissent former une couverture plus ou moins continue. Les graminées se régénèrent au début de chaque saison de croissance à partir de bourgeons situés au niveau du sol ou en dessous et elles possèdent de nombreuses racines minces. Au cours de longues périodes, avec l'aide des animaux fouisseurs, les sols des prairies ont tendance à former des horizons organiques épais. Ces sols conviennent parfaitement à l'agriculture (Prairies transformées en cultures). Dans les régions trop sèches, les prairies (Impropre à l'agriculture) sont utilisées pour l'élevage. A noter que les prairies qui reçoivent le plus d'eau sont dominées par de grandes herbes en touffes serrées ou gazon dense. Si les précipitations sont moindres, la taille des plantes diminue et la couverture est moins dense.



Figure 70 : Ecosystème prairial

3. Ecosystème des eaux de surface

Les eaux de surface sont scindées en eaux courantes et eaux stagnantes :

3.1. Eaux courantes

Ce sont les eaux courantes des rivières et des fleuves, dénommées eaux à faciès lotique dans lequel on distingue diverses zones basées sur la composition spécifique des peuplements. La première classification proposée a été basée sur les préférences des poissons vis-à-vis de l'oxygène dissous et de la température de l'eau. De l'amont vers l'aval, quatre zones caractérisées par une population piscicole spécifique, aux

exigences décroissantes, sont mises en évidence. Par la suite, la stratification longitudinale a été affinée en fonction de la pollution par la présence ou l'absence de macro-invertébrés caractéristiques (Mollusque, larves d'insectes, vers).



Figure 71 : Eaux courantes

3.2. Eaux stagnantes

Certains auteurs parlent de faciès lentique pour désigner dans un cours d'eau des zones calmes dépourvues de courant. Cependant, plusieurs appellations sont réservées aux différents plans d'eau stagnante. On distingue:

- Une mare peut être définie comme toute pièce d'eau de moins de un mètre de profondeur, c'est à dire un plan d'eau ou les radiations infrarouges pénètrent jusqu'au fond.

La dissipation de cette énergie échauffe donc la vase qui en automne restitue la chaleur emmagasinées, permettant un développement très décalé dans le temps d'organismes benthiques tardifs au printemps et à survie automnale longue.

Comme le recyclage des éléments minéraux y est extrêmement rapide, la quantité de phytoplancton est importante, permettant la prolifération du zooplancton et de poissons tolérants vis-à-vis des conditions d'oxygénation.

- Un étang est une pièce d'eau dont la profondeur est inférieure à 10 m mais où le vent est en toute saison susceptible de provoquer un brassage total de la colonne d'eau. Ceci implique une remontée permanente des éléments minéraux, favorisant ainsi le développement du phytoplancton.

- Un lac est un écosystème suffisamment profond pour que se manifeste en été une stratification thermique. Cela empêche le mélange des eaux supérieures chaudes pauvres en éléments nutritifs avec les eaux profondes et froides riches en sels minéraux. Un lac est caractérisé par trois zones :

-La zone littorale où croissent les macrophytes,

-la zone pélagique où se développent le plancton et les poissons et

-la zone benthique où vivent des organismes sténothermes exigeants des températures froides.



Figure 72 : Eaux stagnantes

4. Ecosystème océanique

L'océan mondial désigne la quasi-totalité de l'hydrosphère puisque l'ensemble des eaux continentales correspond tout au plus à **3%** de cette dernière, recouvrant **71%** de la surface terrestre totale soit environ 360 millions de km2 .

Ce compartiment de la biosphère contrôle l'ensemble des climats globaux par le jeu des échanges d'énergie et d'eau avec l'atmosphère.

L'océan présente un ensemble de particularités physiques très remarquables. Sa profondeur moyenne est considérable, de l'ordre de 4000 m alors que seulement 2% des terres émergées excèdent 3000 m d'altitude, **77%** de la surface océanique correspond à des fonds situés à plus de 3000 m.

L'océan mondial peut se subdiviser horizontalement en province néritique (Eaux de profondeur inférieure à 200 m) et en province océanique (Au-delà de 200 m et représente les eaux de grand large).

Alors que la luminosité ainsi que la température des eaux ne jouent qu'un rôle mineur dans ce type d'écosystème, c'est la teneur des mers en phosphates et nitrates qui constituent le facteur limitant primordial du développement des biocénoses océaniques.

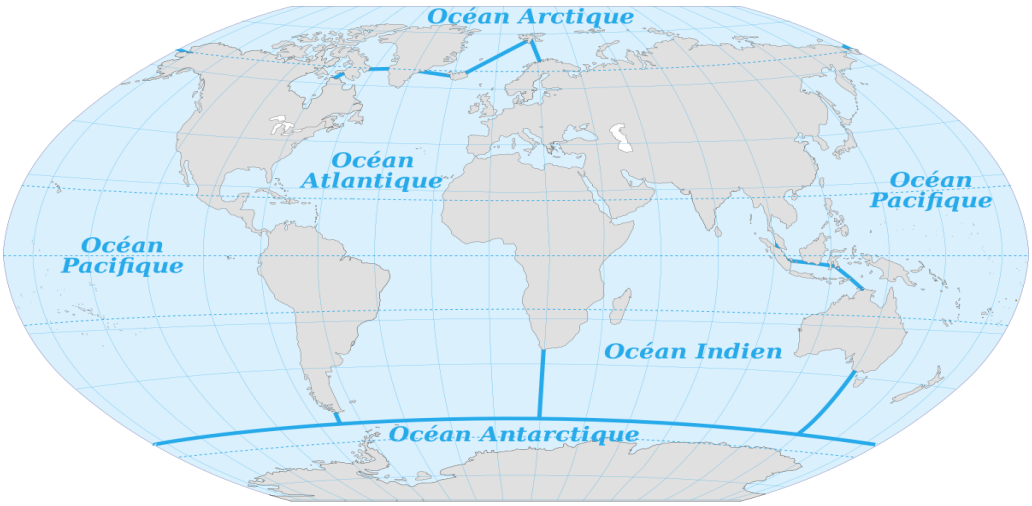


Figure 73 : Les océans

5. Evolution des écosystèmes

5.1. Notion de succession végatale

La notion de succession végétale a été développé par le botaniste américain F. Clements en 1916: à partir d'un substrat nu, sans végétation, des espèces s'installent et, progressivement, le cortège d'espèces change pour aboutir à un stade ultime, nommé climax.

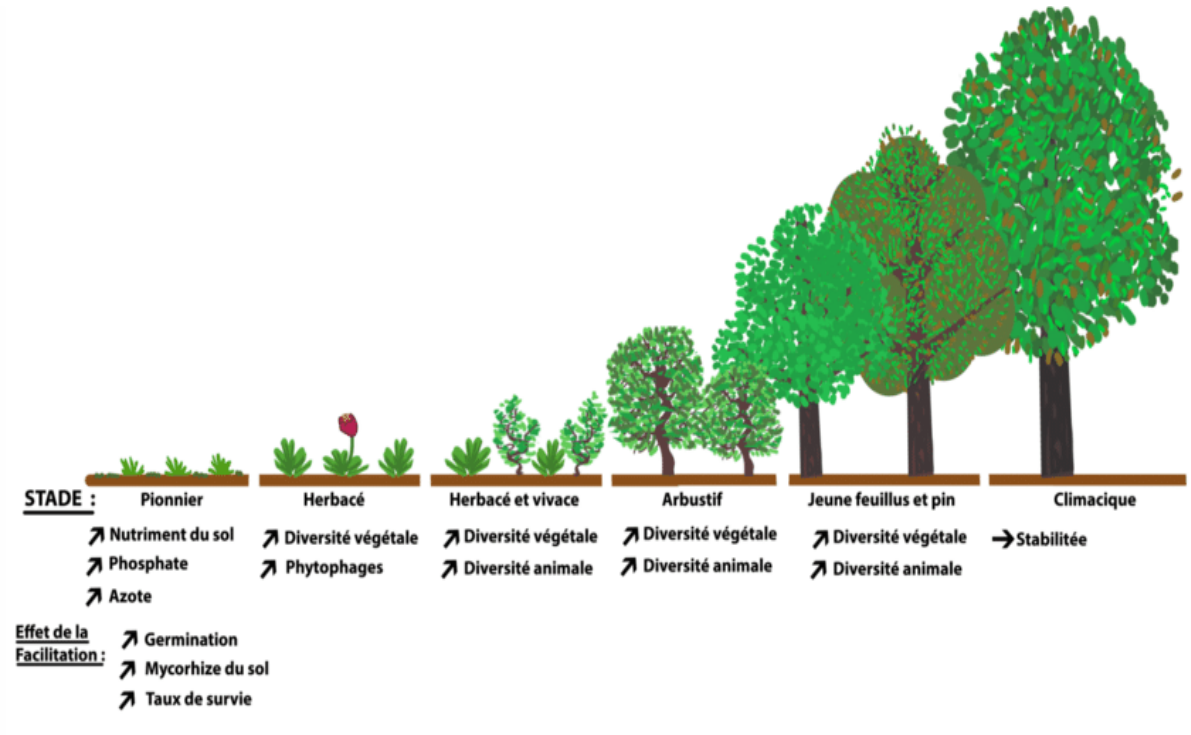


Figure 74 : Schématisation théorique de la succession écologique au cours du temps. Inspiré de Dupuis Tate et Fischesser (2017).

5.1.1. **Première étape** (statique)

Les espèces ne sont pas réparties au hasard. Il existe des regroupements d'espèces animales et d'espèces végétales en fonction des paramètres abiotiques du milieu.

5.1.2. **Deuxième étape** (succession)

Ces regroupements ne sont pas fixes et immuables dans le temps, ils évoluent et correspondent à des stades différents, aboutissant théoriquement à un climax.

5.1.3. Troisième étape

Les espèces végétales et animales ne sont pas « juxtaposées » au sein d'une association, de nombreuse interactions existent entre elles (les chaines alimentaires). Alors, a l'influence des facteurs abiotiques, s'ajoute maintenant l'influence des relations biotiques entre espèces vivantes

5.1.4. Quatrième étape

Tous les liens entre abiotique et biotique sont quantifiables sur une base énergétique.

5.2. Succession primaire ou **secondaire** On appelle série, la séquence complète d'une sucession. Il est possible d'analyser la succession par deux méthodes:

5.2.1. L'analyse synchronique On compare au même moment des écosystèmes différents qui sont censés représenter différentes phases d'une succession.

5.2.2. L'analyse diachronique

On mesure les changements au cours du temps dans un meme écosystème soit directement par un suivi (Exemple: station écologique), soit de manière indirecte par dendrochronologie étude pollinique.

5.2.3. Succession primaire

La succession est dite primaire si l'écosystème démarre sur un milieu qui n'a jamais été colonisé par des êtres vivants. on les trouve aussi sur les glissements de terrain, les coulées de laves, les bancs de sables.

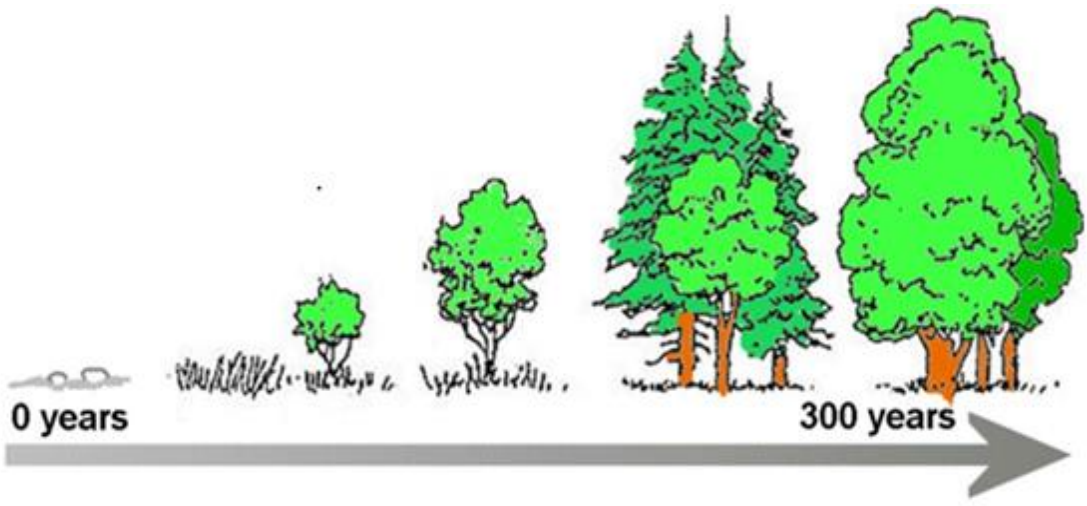


Figure 75 : Succession primaire

5.2.4. Succession secondaire

Si l'écosystème démarre sur un milieu déjà colonisé, c'est une succession secondaire. C'est le cas lors des abandons de cultures ou lors des ouragans. Les successions secondaires sont plus lentes que les successions primaires.



Figure 76 : Succession secondaire; (sur un site où une comunautéa déjà exicté).

-On distingue deux types de successions secondaires

5.2.4. 1. Succession de régénération:

due à un événement très bref comme par exemple un incendie.

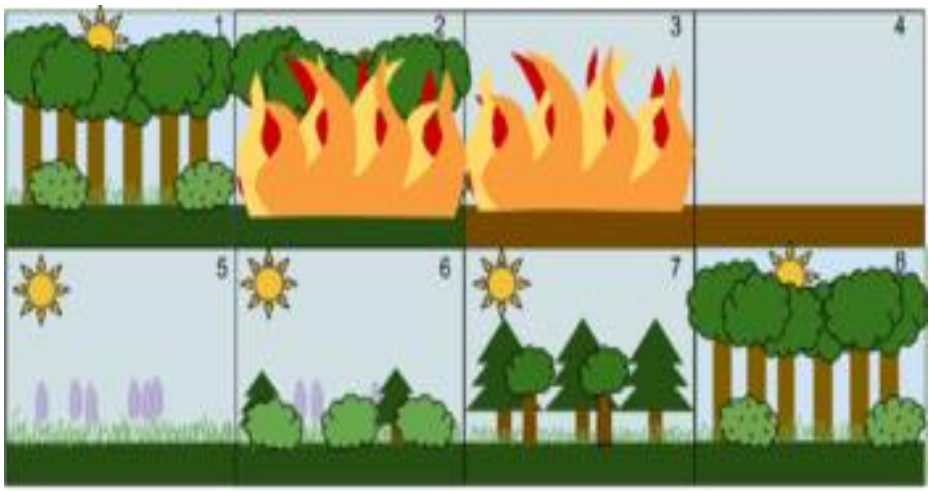


Figure 77 : Succession de régénération

5.2.4.2. Successions de colonisation:

Due à des événements de longue durée (déprise rurale après une période de culture de plusieurs siècles). Ce type de succession peut être illustré par la reconstitution d'une forêt sur un champ dont la culture a été abandonnée.

5.3. Succession progressive ou régressive

5.3.1. Une succession progressivese

Traduit par un enrichissement et un développement des communautés vivantes. Exemple; retrait du glacier et de la succession lors d'un abandon de culture

5.3.2. Une succession régressivese

Traduit par un appauvrissement des communautés vivantes. Elles peuvent être liées par exemple à des attaques parasitaires qui suppriment une partie des espèces de l'écosystème. Elles s'observent aussi suite à l'intervention de I'homme, en particulier quand il transforme un écosystème forestier en formation ouverte (élevage ou culture).

5.4. Notion de climax

Dans l'évolution d'un écosystème, il arrive un moment où les conditions du milieu sont plus favorables aux espèces en place qu'à toute autre espèce. La succession atteint alors un stade d'équilibre nommé climax.

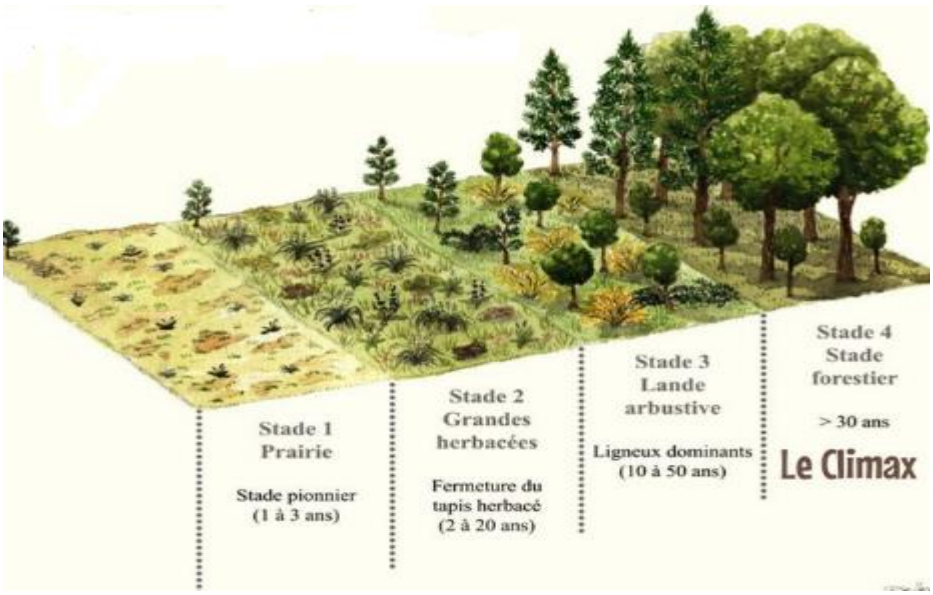


Figure 78 : Etat de climax.

5.4.1. Climax climatique et climax édaphique

Dans les cas extrême, si les facteurs écologiques sont localement trop défavorables, la succession ne pourra s'achever par le développement d'un climax caractéristique d'un état d'équilibre avec le climat régional, mais sera bloquée à un stade moins évolué ou différent. On doit donc considérer deux types de climax: le climax climatique et le climax édaphique.

Dans une région donnée, les conditions climatiques moyennes vont induire des successions qui conduisent à un état final dénommé climax climatique.

Des différences dans la nature des facteurs microclimatiques et/ou édaphiques vont se traduire par l'apparition de biotopes plus chauds ou plus froids, plus secs ou plus humides. Dans ces biotopes, la biocénose tendra au cours de son évolution vers un équilibre conditionné par des valeurs locales des facteurs édaphiques et climatiques, indépendamment du climat régional.

- Climax cyclique On peut rencontrer dans certaines circonstances des successions cycliques dans lesquelles le stade climatique est détruit plus ou moins rapidement et remplacé par un sol nu.

Exemple: les buissons d'un des stades ont une litière contenant des molécules qui inhibent la germination des autres espèces. Ces molécules sont volatiles et provoquent de nombreux incendies naturels. Ces incendies permettent le redémarrage de la succession qui ne dépassera néanmoins jamais le stade buissonnant.

Exemple: la succession formée par le couple Cactus- Créosote dans les désert californien.

Stade 0: désert

Stade 1: une graine de créosote germe et se développe.

Stade 2: la plante attire les oiseaux et les rongeurs. II fait obstacle au vent et permet le dépôt de sédiments fins.

Stade 3: les animaux ont des graines de cactus dans leur excréments. Ces graines se développent dans les sédiments fins.

Stade 4: le cactus grandit et étouffe le créosote. Ce dernier meurt. Les sdiments fins attirent les rongeurs qui participent à sa destruction.

Stade 5: les rongeurs faisant des trous et le Créosote n'étant plus là pour stabiliser les sols, le cactus a ses racines à découvert et meurt. On revient au stade 0. Dans l'exemple cité, il est impossible de définir un climax car il n'y a pas de stade stable au cours de la succession. On parle alors de climax cyclique.

5.4.2. Métaclimax

Dans des conditions climatiques et édaphiques homogènes, il persiste au sein d'une mème aire biogéographique une hétérogénéité spatiale. Cette hétérogénéité reflète une hétérogénéité temporelle. Le décalage temporel est provoqué par les perturbations. Ces perturbations (incendies, chablis) provoquent des espaces plus ou moins vides qui seront colonisés. Néanmoins, tous les endroits d'une même aire biogéographique n'étant pas touchés en même temps par une perturbation, cela crée des décalages dans les successions en divers endroits: c'est un métaclimax.

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 cellesci 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 :

NOx. 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 parait 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.

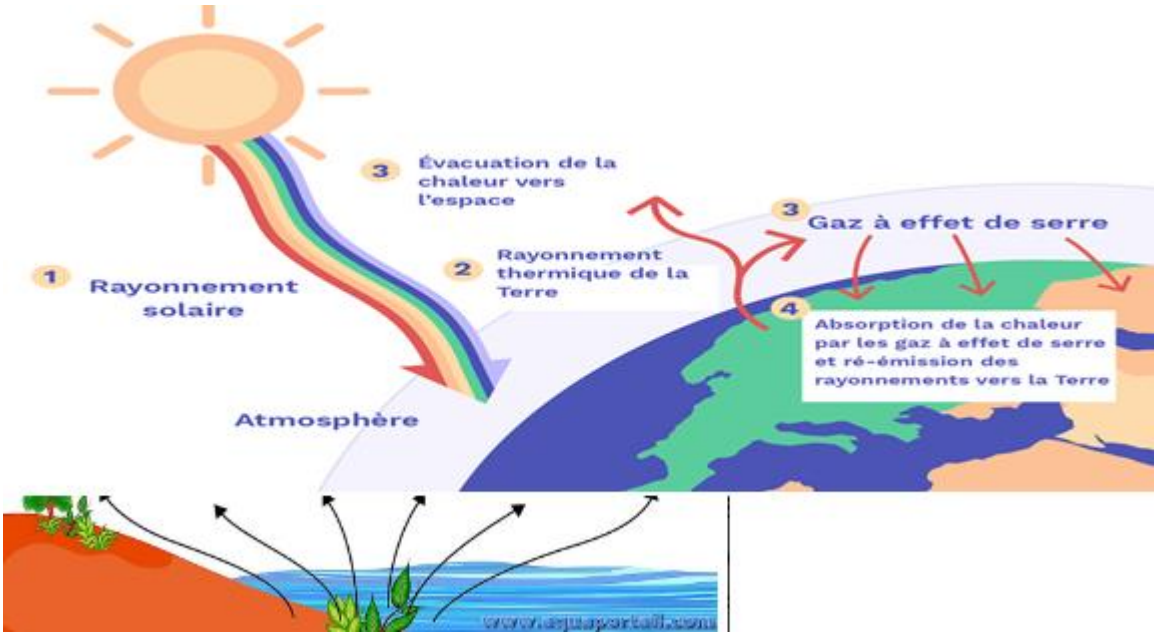


Figure 79 : Effet de serre

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.

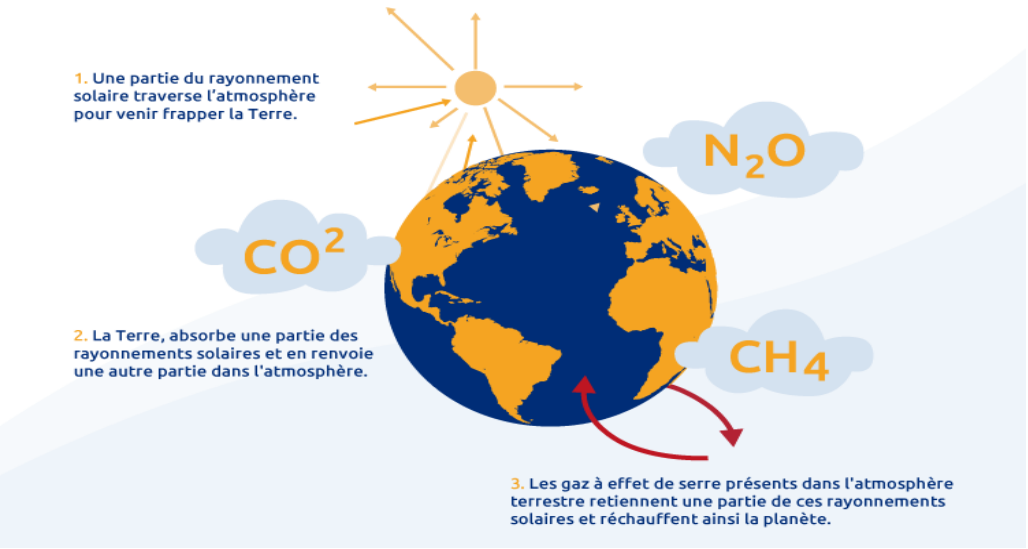


Figure 80 : Gaz a effets de serre

7. 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.

7. 1 Les activités humaines et leurs effets possibles sur l'environnement

En général, les activités humaines ont des répercussions sur l'environnement lorsque :

- elles produisent des rejets (émission de polluants, eaux usées, production de déchets, etc.);
- elles modifient (dégradent) le sol et l'habitat;
- elles utilisent et font disparaître les ressources.

Voici une liste des principaux éléments environnementaux et des activités qui ont des effets sur l'environnement. Dans le cadre de votre vérification, veuillez examiner l'information ci-dessous et réfléchir à la manière dont les politiques, les programmes, les projets et les activités opérationnelles de votre entité pourraient avoir des effets sur l'environnement, soit directement (dans le cadre de ses propres activités), soit indirectement, en raison du contrôle ou de l'influence que l'entité exerce sur les activités d'autres entités.

Il faut aussi examiner les mesures qui pourraient permettre à l'entité d'éviter ou de réduire les effets de ses activités sur l'environnement. Certaines mesures sont décrites à la fin de l'annexe.

7.2 Les activités humaines et leurs effets possibles sur l'Air

Exemples d'activités :

- transport (tous les modes de transport);
- production, raffinage et distribution dans le secteur de l'énergie;
- production d'électricité (p. ex. combustion de charbon, gaz naturel);
- utilisation de fluides de refroidissement ou de fluides frigorifères (substances qui appauvrissent la couche d'ozone);
- fonte de métaux et autres activités industrielles (p. ex. pâtes et papiers, industries chimiques et autres industries lourdes);
- exploitation minière;
- utilisation de pesticides en agriculture;
- incinération des déchets;
- utilisation de divers produits chimiques volatils.

Effets environnementaux possibles de ces activités :

- émissions de dioxyde de carbone et d'autres gaz à effet de serre (qui aggravent le réchauffement de la planète);
- appauvrissement de la couche d'ozone;
- détérioration de la qualité de l'air;
- smog (notamment particules et ozone troposphérique);
- effets sur la santé humaine et la vie sauvage (p. ex. troubles des voies respiratoires supérieures et augmentation du nombre d'hospitalisations);
- acidification des lacs et des rivières (pluies acides);
- dépôt de polluants atmosphériques sur les terres et les plans d'eau.

7.3 Les activités humaines et leurs effets possibles sur l'Eau

Eaux de surface (lacs et rivières)

Exemples d'activités :

- déboisement des rives;
- exploitation forestière et minière;

- collecte, entreposage et élimination des déchets agricoles;
- épandage de pesticides;
- rejet d'eaux usées;
- rejets industriels et autres (p. ex., pâtes et papiers, exploitation minière, industrie chimique, transformation des aliments);
- déversements et rejets accidentels de polluants;
- navigation de plaisance / transport maritime (rejets de carburant, d'eau de ballast, etc.);
- décharge de déchets dans les dépotoirs (lixiviation);
- ravitaillement en combustible;
- assèchement et élimination de terres humides;
- construction d'infrastructures (digues et ponts, etc.).

Effets environnementaux possibles de ces activités :

- diminution de la qualité de l'habitat des poissons et d'autres organismes aquatiques;
- accroissement des eaux de ruissellement et de l'érosion;
- décroissance des populations de poissons;
- dégradation de la qualité de l'eau (polluants, agents pathogènes, bactéries, nutriments);
- nécessité de développer les infrastructures et les activités de traitement de l'eau;
- prolifération des algues;
- diminution de la biodiversité;
- empiètement d'espèces exotiques envahissantes (p. ex. la moule zébrée).

Eaux souterraines

Exemples d'activités :

- approvisionnement en eau destinée à la consommation et aux usages domestiques;
- captage d'eau à des fins industrielles;
- irrigation;
- gestion du fumier (collecte, entreposage, épandage);
- entreposage de carburants (réservoirs), distribution, activités de ravitaillement;
- enfouissement des déchets (dangereux et non dangereux);
- expansion urbaine (déboisement et accroissement des surfaces dures).

8. Effets environnementaux possibles de ces activités :

- baisse de la qualité de l'eau souterraine (polluants / toxines, hydrocarbures, agents pathogènes, bactéries, etc.);
- dégradation de la qualité de l'eau potable;
- nécessité de développer les infrastructures et les activités de traitement de l'eau;
- diminution des réserves d'eau souterraine disponibles;
- effets sur l'eau de surface (qualité et quantité);
- explosions (dues aux hydrocarbures et aux carburants).

8.1 Zones côtières et marines

Exemples d'activités :

- rejets d'eaux usées;
- pêche commerciale, travaux de dragage;
- immersion en mer de déchets;
- production énergétique (prospection, forage et distribution);
- navigation de plaisance / transport maritime (rejets, ravitaillement en carburant, changement d'eau de ballast, etc.);
- aquaculture;
- expansion urbaine (déboisement des côtes et destruction de terres humides);
- déversements ou rejets accidentels.

8.2 Effets environnementaux possibles de ces activités :

- altération ou dégradation de l'habitat des poissons et d'autres habitats marins;
- décroissance des populations de poissons;
- augmentation des cas de maladie chez les poissons et du nombre des agents pathogènes qui les touchent;
- dégradation de la qualité de l'eau ? par exemple : polluants (y compris les hydrocarbures), agents pathogènes, bactéries, nutriments;
- espèces exotiques envahissantes;
- effets socioéconomiques;
- réduction de l'activité touristique.

8.1 Les activités humaines et leurs effets possibles sur le Sol

Exemples d'activités :

- création d'infrastructures de transport (routes, autoroutes, ponts);
- expansion urbaine (déboisement);
- exploitation forestière (y compris la construction de routes d'accès et l'épandage d'herbicides);
- exploitation minière;
- agriculture (p. ex. travail du sol, exploitation de grands pâturages, épandage de fertilisants et de pesticides, pratiques d'agriculture intensive);
- épandage de fumier et de boues d'épuration;
- expansion du tourisme et des activités récréatives (centres de ski, terrains de golf, etc.);
- production pétrolière et gazière / exploitation des sables bitumineux;
- entreposage de carburants ou d'autres matières dangereuses (p. ex. dans des réservoirs);
- mise en décharge ou élimination des déchets (déchets dangereux et non dangereux);
- déversements ou rejets accidentels (durant le transport ou à partir de sources fixes);
- entraînement militaire (utilisation de sites d'entraînement).

Effets environnementaux possibles de ces activités :

- appauvrissement des ressources renouvelables et non renouvelables;
- contamination des sols et de l'eau souterraine;
- érosion / désertification;
- dégradation / destruction d'habitats sauvages;
- dégradation / destruction de terres humides;
- réduction de la biodiversité (organismes du sol, plantes, animaux sauvages);

- accroissement du ruissellements de surface / des eaux pluviales;
- déchets miniers (résidus);
- développement de zones reculées.

Mesures pour éviter ou réduire les effets négatifs sur l'environnement

- Prise en compte des préoccupations et des facteurs environnementaux au début du processus décisionnel (p. ex., pour les projets ou la mise au point de produits).
- Réduction de la consommation énergétique et augmentation du recours aux sources d'énergie renouvelables par :
  - l'accroissement de l'efficacité énergétique (p. ex., amélioration du rendement des carburants pour les véhicules, réduction de la consommation électrique par les appareils ménagers);
  - la conception des édifices (nouveaux édifices) ou leur réaménagement.
- Promotion, mise au point et utilisation de technologies écologiques.
- Réduction de la consommation de ressources.
- Augmentation de la réutilisation et du recyclage des ressources naturelles (et donc réduction de la production et de l'élimination de déchets).
- Éco-efficacité.
- Approvisionnement écologique - se procurer des produits et des services qui sont plus écologiques.
- Prévention de la pollution :
  - en évitant l'utilisation des produits dangereux et toxiques;
  - en utilisant des carburants plus écologiques;
  - en utilisant des technologies permettant aux véhicules de produire des émissions peu polluantes;

- en ayant recours à des sources d'énergie plus écologiques (énergie solaire, éolienne, etc.).

- Améliorer l'intervention en cas d'urgence et la préparation aux situations d'urgence.

8.2 Activités qui ont des effets sur l'environnement

- **Énergie —** production, distribution, traitement, gestion et consommation / utilisation (pétrole, gaz, énergie nucléaire, autres)
- **Ressources naturelles —** exploitation, gestion et utilisation (p. ex. pêcheries, aquaculture, forêts, chasse / piégeage, mines, etc.)
- **Agriculture / production alimentaire —** cultures, élevages et transformation des aliments (manutention, traitement et gestion des déchets)
- **Infrastructures matérielles —** construction ou utilisation d'infrastructures, comme des routes, des logements, des ponts, des ports, des entrepôts, des chemins de fer, des réseaux de conduites d'eau et de traitement des eaux usées.
- **Transport —** transport routier, maritime, ferroviaire ou aérien, et toutes les activités et infrastructures qui s'y rattachent
- **Substances et matières toxiques ou dangereuses —** production / fabrication, utilisation, gestion, réglementation, transport ou élimination (p.ex. des substances toxiques, des pesticides)
- **Nouvelles substances et nouveaux organismes —** mise au point, diffusion et réglementation (p. ex. nouveaux produits chimiques, organismes génétiquement modifiés)
- **Nouveaux produits et nouvelles technologies** — mise au point et diffusion
- **Activités industrielles —** par exemple, transformation des ressources et fabrication
- **Expansion urbaine**
- **Activités militaires —** entraînement, équipement, matériaux, activités liées aux catastrophes naturelles et aux autres situations d'urgence (p. ex. préparation et intervention)
- **Production et gestion des déchets** (y compris des déchets dangereux)
- **Circulation des biens et des services** (à l'échelle locale, régionale, nationale, internationale)

- **Commerce international** (exportations et importations)
- **Risques en milieu de travail**
- **Dépollution ou rétablissement des sites contaminés**
- **Approvisionnement en biens et consommation**