

REPUBLIQUE DU BURUNDI

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DU BURUNDI



FACULTE D'AGRONOMIE ET DE BIO-INGENIERIE (FABI)

B.P. 2940 BUJUMBURA – BURUNDI

Téléphone: (00257) 22 21 87 43 / 22 22 43 57

e-mail : [decanatfabi@ub.edu.bi](mailto:decanatfabi@ub.edu.bi)

## Syllabus du Cours d'Ecologie Générale

Préparé par NDUWIMANA André, PhD

Spécialité : Ecologie Tropicale

**Bujumbura, Avril 2020**

# TABLE DES MATIERES

<b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....	1
i. <i>Pourquoi étudier l'Ecologie Générale ?</i> .....	1
ii. <i>Objectif du cours</i> .....	1
iii. <i>Plan du cours</i> .....	2
<b>CHAPITRE I : GENERALITES SUR L'ÉCOLOGIE</b> .....	4
1.1. <i>Définition, historique, relations avec les autres sciences</i> .....	4
1.1.1. Définition.....	4
1.1.2. Historique .....	4
1.1.3. Relation avec les autres sciences .....	6
1.2. <i>Champs d'action de l'écologie</i> .....	6
1.3. <i>Branches ou domaines de l'écologie</i> .....	7
1.4. <i>Problèmes écologiques.</i> .....	9
<b>CHAPITRE II. LES FACTEURS ÉCOLOGIQUES</b> .....	10
2.1. <i>Définition, classification des facteurs écologiques</i> .....	10
2.2. <i>Principes rattachés aux facteurs écologiques</i> .....	11
2.3. <i>Adaptation des êtres vivants aux variations des facteurs écologiques</i> .....	12
2.4. <i>Facteurs écologiques et influence sur les êtres vivants</i> .....	13
2.4.1. <i>Éléments indispensables à la vie</i> .....	13
2.4.2. <i>Endémisme et vicariance</i> .....	14
2.4.3. <i>Facteurs abiotiques</i> .....	14
2.4.4. <i>Facteurs Biotiques</i> .....	30
<b>CHAPITRE III. ETUDE DE LA DYNAMIQUE DES POPULATIONS ET DES PEUPELEMENTS</b> .....	35
3.1. <i>Caractéristiques des populations</i> .....	35
3.1.1. Variables spatiales.....	35
3.1.2. Variables démographiques .....	36
3.1.3. Variables génétiques d'une population .....	39
3.2. <i>Dynamique des populations</i> .....	40
3.2.1. <i>Un modèle mathématique simple (théorique) de la croissance des populations</i> .....	40
3.2.2. <i>Croissance réelle d'une population</i> .....	41

<b>CHAPITRE IV. NOTION D'ECOSYSTEME</b> .....	44
4.1. Définitions .....	44
4. 2. Les éléments d'un écosystème .....	44
4. 3. Classification des écosystèmes .....	47
4.4. Méthodes d'études d'un écosystème.....	48
4.4.1. <i>Choix de la zone et préparation de l'étude</i> .....	48
4.4.2. <i>Travail de terrain</i> .....	48
4.4.3. <i>Exploitation des résultats</i> .....	49
4.5. Les services rendus par les écosystèmes .....	50
4.6. Notion de la niche écologique.....	52
<b>CHAPITRE V. LES STRUCTURES TROPHIQUES</b> .....	54
5.1. Chaines et réseaux alimentaires .....	54
5.2. Pyramides écologiques .....	56
<b>CHAPITRE VI. FONCTIONNEMENT DES ECOSYSTEMES</b> .....	58
6.1. Les écosystèmes, convertisseurs d'énergie .....	58
6.2. Ecosystèmes et lois de la thermodynamique.....	58
6.3. La production primaire .....	58
6.4. Transferts d'énergie dans les chaînes trophiques ou production secondaire .....	59
6.5 Bilan d'énergie de l'écosystème.....	60
6.6. Types de rendements .....	60
<b>CHAPITRE VII. LES CYCLES BIOGEOCHIMIQUES</b> .....	61
7.1. <i>Quelques termes utiles</i> .....	62
7.2. <i>Cycle de l'eau</i> .....	63
7.3. <i>Cycle du carbone</i> .....	64
7.3.1. <i>Le cycle global du carbone</i> .....	64
7.3.2. <i>Le cycle du carbone organique</i> .....	66
7.3.3. <i>Le cycle du carbone inorganique</i> .....	68
7.4. <i>Cycle d'Oxygène</i> .....	69
7.5. <i>Cycle de l'Azote</i> .....	70
7.6. <i>Cycle du phosphore</i> .....	72
7.7. <i>Cycle du Soufre</i> .....	73
<b>CHAPITRE VIII. APPLICATIONS ECOLOGIQUES</b> .....	76
8.1. <i>La chasse et pêche écologique</i> .....	76
8.2. <i>La biologie de la conservation</i> .....	77

8.2.1. <i>Quantification et description de la biodiversité</i> .....	78
8.2.2. <i>Problèmes de la biodiversité</i> .....	78
8.2.3. <i>Objectifs de la conservation de la diversité biologique</i> .....	79
8.2.4. <i>Principes de gestion</i> .....	80
8.2.5. <i>Formes de conservation de la biodiversité</i> .....	80
8.3. <i>L'écologie de la restauration</i> .....	83
8.4. <i>Le changement climatique</i> .....	84
8.4.1. <i>Les gaz à effet de serre.</i> .....	85
8.4.2. <i>Atténuation et Adaptation aux changements climatiques</i> .....	86
<b>DOCUMENTS DE REFERENCE</b> .....	88

## LISTE DES FIGURES

<b>FIGURE 1:</b> Niveaux d'organisation du vivant ; <b>FIGURE 2:</b> Sujets de l'écologie	7
<b>FIGURE 3:</b> Distribution des biomes terrestres	8
<b>FIGURE 4:</b> Schema illustratif des limites de tolerance en fonction de l'intensite du facteur ecologique.	12
<b>FIGURE 5:</b> Schema d'un thermometre a minima et maxima	15
<b>FIGURE 6:</b> Schema d'un thermometre pour sol et compost	16
<b>FIGURE 7:</b> Modeles de pluviometre de champs	19
<b>FIGURE 8:</b> Modeles d'hygrometre	19
<b>FIGURE 9:</b> Diagramme thermique de la station de sosumo pour les donnees des annees 1989 a 1998	20
<b>FIGURE 10:</b> Diagramme pluviometrique de la station de la sosumo pour des annees de 1989 a 1998	21
<b>FIGURE 11:</b> Diagramme ombro thermique a la station de la sosumo pour les annees 1989 a1998	21
<b>FIGURE 12:</b> Climatogramme de toulon	22
<b>FIGURE 13:</b> Types d'eau du sol ayant la pluie comme source	27
<b>FIGURE 14:</b> Schema des trois modalites de distribution spatiale des individus d'une population	36
<b>FIGURE 15:</b> Types theoriques de courbes de survie	37
<b>FIGURE 16:</b> Un dispositif de quadrat dans une pelouse.	49
<b>FIGURE 17:</b> Schema d'un transect realise dans un agroecosysteme	49

<b>FIGURE 18:</b> Exemple de chaines alimentaires	54
<b>FIGURE 19:</b> Exemple de reseau trophique	54
<b>FIGURE 20:</b> Schema d'une pyramide ecologique	56
<b>FIGURE 21:</b> Schematisation de la biosphere	61
<b>FIGURE 22:</b> Schema du bilan hydrique de la surface terrestre	64
<b>FIGURE 23:</b> Cycle global du carbone	65
<b>FIGURE 24:</b> Cycles long et court du carbone	<b>68</b>
<b>FIGURE 25:</b> Cycle de carbone inorganique	68
<b>FIGURE 26:</b> Cycle de l'oxygene	69
<b>FIGURE 27:</b> Cycle de l'azote	70
<b>FIGURE 28:</b> Le cycle du phosphore	72
<b>FIGURE 29:</b> Le cycle du soufre	74
<b>FIGURE 30:</b> Structure d'une reserve de biosphere	83
<b>FIGURE 31:</b> gaz a effet de serre, teneur atmospherique et capacite d'absorption de l'infra rouge	85
<b>FIGURE 32:</b> Proportions par source d'emissions de gaz a effet de serre	86

#### LISTE DES TABLEAUX

<b>TABLEAU 1:</b> Niveau d'organisation du vivant et disciplines correspondantes	6
<b>TABLEAU 2:</b> texture du sol	25
<b>TABLEAU 3:</b> Differentes formes d'interactions heterospecifiques.	32
<b>TABLEAU 4:</b> Exemple de table de survie transversale)	38
<b>TABLEAU 5:</b> Table de survie du lepidoptere choristoneura fumiferana au canada	38
<b>TABLEAU 6:</b> Fitness et frequence des alleles	39
<b>TABLEAU 7:</b> Quantites stockees dans les differents reservoirs pour les principaux elements biogeochimiques	62

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le présent syllabus de cours d'Ecologie Générale est une version améliorée du Cours d'Introduction à l'Ecologie (devenu cours d'Ecologie Générale) que j'enseigne en Bac I à la Faculté d'Agronomie et de Bio Ingénierie (FABI) depuis l'année Académique 2015/2016.

Il peut servir partout dans les départements où l'écologie est enseignée et peut appuyer la documentation partout où les sciences de l'environnement sont dispensées.

### **i. Pourquoi étudier l'Ecologie Générale ?**

Aujourd'hui que le monde est confronté à des crises de l'environnement, y faire face nécessite des connaissances qu'on ne peut acquérir en dehors de l'écologie.

On étudie l'écologie :

- ✓ pour comprendre comment les systèmes naturels fonctionnent,
- ✓ pour comprendre quel est l'impact des activités humaines sur le fonctionnement des écosystèmes,
- ✓ pour permettre aux décideurs de promouvoir des pratiques écologiquement correctes.

### **ii. Objectif du cours**

L'objectif de ce cours « Ecologie Générale » est d'amener les étudiants à cerner les aspects fondamentaux de l'écologie en tant que "Discipline Scientifique" multidisciplinaire.

Au terme de cet enseignement, les étudiants doivent avoir assimilé les concepts fondamentaux de l'écologie générale, à savoir les interactions écologiques, la niche écologique, les niveaux d'organisation (populations, communautés et écosystèmes) et le flux de matière et d'énergie.

Ils pourront ainsi :

- ✓ expliquer les facteurs écologiques
- ✓ définir, expliquer et différencier les unités écologiques,
- ✓ expliquer les différentes interactions entre les organismes eux-mêmes et entre eux et leurs milieux ;
- ✓ inventorier les activités humaines sources de problèmes écologiques et expliquer en quoi l'écologie peut offrir une piste de solution.

### **iii. Plan du cours**

#### **CHAPITRE 1. GENERALITES SUR L'ÉCOLOGIE**

- 1.1. Définition, historique et relations avec les autres sciences
- 1.2. Champs d'action de l'écologie
- 1.3. Domaines de l'écologie
- 1.4. Problèmes écologiques

#### **CHAPITRE II. FACTEURS ÉCOLOGIQUES**

- 2.1. Définition, classification des facteurs écologiques
- 2.2. Principes rattachés aux facteurs écologiques
- 2.3. Adaptation des êtres vivants aux variations des facteurs écologiques
- 2.3. Facteurs écologiques et influence sur les êtres vivants

#### **CHAPITRE III. ÉTUDE DE LA DYNAMIQUE DES POPULATIONS ET DES PEUPELEMENTS**

- 3.1. Caractéristiques des populations
- 3.2. Dynamique des populations

#### **CHAPITRE IV. NOTION D'ÉCOSYSTÈME**

- 4.1. Définitions
- 4.2. Les éléments d'un écosystème
- 4.3. Classification des écosystèmes
- 4.4. Méthodes d'études d'un écosystème
- 4.5. Les services rendus par les écosystèmes
- 4.6. Notion de niche écologique

#### **CHAPITRE V. LES STRUCTURES TROPHIQUES**

- 5.1. Les Chaînes et réseaux alimentaires
- 5.2. Pyramides écologiques

#### **CHAPITRE VI. FONCTIONNEMENT DES ÉCOSYSTÈMES**

- 6.1. Les écosystèmes, convertisseurs d'énergie
- 6.2. Écosystèmes et Lois de la Thermodynamiques
- 6.3. La Production primaire

6.4. Transfert d'énergie dans les chaînes trophiques et production secondaire

6.5. Bilan d'énergie de l'Ecosystème

6.6. Types de rendements

## CHAPITRE VII. LES CYCLES BIOGÉOCHIMIQUES

7.1. Quelques termes utiles

7.2. Cycle de l'Eau

7.3. Cycle du Carbone

7.4. Cycle de l'Oxygène

7.5. Cycle de l'Azote

7.6. Cycle du Phosphore

7.7. Cycle du Soufre

## CHAPITRE VIII. APPLICATIONS ÉCOLOGIQUES

8.1. La chasse et pêche écologique

8.2. La biologie de la conservation

8.3. L'écologie de la restauration

8.4. Le changement climatique

# CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS SUR L'ÉCOLOGIE

## 1.1. Définition, historique, relations avec les autres sciences

### 1.1.1. Définition

Étymologiquement du grec « oikos » (demeure, habitat, milieu) et « logos » (science, étude), on serait tenté de restreindre à l'écologie l'étude de l'habitat des espèces.

L'écologie moderne se définit comme une science qui étudie les relations entre les organismes et entre les organismes et leur milieu physico-chimique.

L'écologie se donne la tâche d'étudier le monde vivant en ses différents niveaux d'organisation et met en évidence les relations que les êtres vivants entretiennent entre eux et avec leur milieu de vie.

Ainsi,

- ✓ l'écologie étudie les milieux et les conditions d'existence des êtres vivants;
- ✓ l'écologie étudie les rapports qui s'établissent entre les êtres vivants et entre ces êtres vivants et leur environnement;
- ✓ l'écologie est la science des relations des organismes avec le monde environnant

### 1.1.2. Historique

L'écologie comme discipline scientifique est un aboutissement des pensées qui ont émergé à différentes périodes dont nous retenons les dates clés :

- ✓ en 1805, Alexandre de Humboldt, géographe et explorateur, observe les étages de végétation sur les flancs du mont Chimborazo à l'équateur et émet l'idée que la répartition des paysages végétaux à la surface du globe est fonction des climats,
- ✓ en 1838, le botaniste allemand Grisebach crée le concept de " formation phytogéographique",
- ✓ en 1866, le biologiste allemand Ernst Haeckel propose le terme d'écologie pour désigner une nouvelle science des relations des organismes avec leur environnement mais il ne pratiquera pas l'écologie. C'est le danois Eugen Warming, professeur de botanique qui entreprend les premiers travaux d'écologie végétale,
- ✓ en 1875, l'autrichien Edward Suess introduit le terme de biosphère comme l'ensemble des êtres vivants de la planète, terme concrétisé par le russe Vernadsky I. Vladimir en 1926 comme l'écorce terrestre et basse atmosphère qui renferme les êtres vivants dans leurs écosystèmes,
- ✓ en 1877, l'allemand Möbius Karl, en observant un banc d'huîtres, constate que les organismes vivants ne sont jamais réunis au hasard mais groupés en communautés vivantes et créa le terme de biocénose,

- ✓ en 1901, le français Charles Henri Marie Flahaut définit le concept d'association végétale,
- ✓ en 1913, Braun-Blanquet et son école entament la recherche des espèces caractéristiques des différentes associations végétales et il y a fondation, la même année, de la société britannique d'écologie,
- ✓ en 1935, l'anglais Arthur Georges Tansley invente le mot " écosystème" pour désigner le système interactif qui s'établit entre biocénose (ensemble des êtres vivants) et biotope (leur milieu de vie),
- ✓ en 1939, l'allemand Carl Troll créa l'expression " écologie du paysage",
- ✓ en 1941, l'américain Raymond Lindemann, se basant sur l'étude d'un lac, présente une théorie du fonctionnement des écosystèmes à partir de la production végétale photosynthétique et de l'énergie solaire. Il créa la notion de chaîne alimentaire et de réseau trophique,
- ✓ en 1953, les frères Odum comparent les écosystèmes à des unités de production industrielles, leur ouvrage « Fundamentals of ecology » sera la bible des écologues,
- ✓ en 1957, l'américain Hutchinson Evelyn George propose la définition formelle de niche écologique
- ✓ en 1960, Ranon Margalef approfondit la notion de " niche écologique ".
- ✓ à partir des années 1960, prise de conscience environnemental et mouvement des écologistes,
- ✓ en 1968, eut lieu la conférence de l'UNESCO à Paris sur l'utilisation rationnelle et la conservation des ressources de la biosphère,
- ✓ en 1972, s'est tenu la conférence de Stockholm sur la dégradation de l'environnement du globe,
- ✓ en 1982, il y eut création de l'Association Internationale pour l'Ecologie du Paysage,
- ✓ en 1988, l'américain Edward Osborne Wilson introduit le terme de biodiversité,
- ✓ en 1990, s'est tenu le panel intergouvernemental sur le changement climatique : la réalité de l'effet de serre est définitivement établie,
- ✓ en 1992, s'est tenu le Sommet de la Terre à Rio de Janeiro. Idée maîtresse : les problèmes d'environnement et de développement sont liés. Une convention-cadre sur la préservation de la diversité biologique est cosignée par 157 pays,
- ✓ en 1995 a eu lieu la conférence mondiale de Berlin sur les changements climatiques et l'effet de serre,
- ✓ en 2002, la conférence de Johannesburg sur le développement durable,
- ✓ et d'autres dates et conférence, ....

### 1.1.3. Relation avec les autres sciences

L'écologie est une science interdisciplinaire et une science intégrative par excellence qui nécessite de bonnes connaissances de base dans les autres disciplines enseignées en biologie et notamment la biogéographie, l'éthologie, la physiologie, la biométrie, la pédologie, la climatologie, l'hydrologie, la météorologie, la géologie, la zoologie, la botanique, les mathématiques, la physique, la chimie, la géographie, sans se confondre avec ces sciences.

Exemple :

- ✓ l'écologie est amené par exemple à connaître et reconnaître les espèces animales et végétales présentes dans l'écosystème qu'il étudie,
- ✓ pour mieux appréhender le rapport que les êtres vivants entretiennent avec les milieux dans lesquels ils vivent, il lui faut une bonne connaissance de la nature du sol et des paramètres climatiques,
- ✓ l'analyse finale fait souvent appel aux techniques des calculs mathématiques qui vont des statistiques simples à des fonctions beaucoup plus complexes,
- ✓ l'intégration de ces différents paramètres exige de l'écologie des capacités pluridisciplinaires.

## 1.2. Champs d'action de l'écologie

Malgré le nombre varié des disciplines (Tableau 1) qui s'occupent de l'étude du vivant (et /ou avec les relations avec le non-vivant) :

Tableau 1: Niveau d'organisation du vivant et disciplines correspondantes

Niveau d'organisation	Discipline ou étude
Cellule	Cytologie
Tissus	Physiologie
Organe	Ecophysiologie
Individu	Ecologie du comportement
Population	Dynamique des populations
Espèces	Biologie de la conservation
Communauté	Ecologie des communautés
Paysage	Ecologie du Paysage
Biosphère	Etude de la biodiversité, étude des changements globaux

L'écologie moderne se structure autour de 2 champs :

- 1- l'étude de la dynamique des populations et des peuplements. Les objets étudiés sont les populations animales ou végétales et on s'intéresse à leur dynamique et à leurs interactions : taux de mortalité, taux de fécondité, densité, structure sociale, ethnologie (relation systématique entre groupes qui constituent le milieu), relation de compétition ou de prédation, etc.,
- 2- l'étude du fonctionnement et dynamique des écosystèmes et des paysages. On s'intéresse à l'écologie systémique (celle des systèmes). Les objets de recherche sont des écosystèmes (biotope +biocénose) et paysages et ne sont plus exclusivement biologique. On y étudie les cycles de la matière, les flux d'énergie et les processus et mécanismes de décomposition, de production, de transferts, de recyclage, les cycles biogéochimiques

### 1.3. Branches ou domaines de l'écologie

L'écologie est une science tellement vaste qu'on peut s'y perdre. Il a donc fallu créer des sous-embranchements suivant le niveau d'organisation et former des spécialistes pour chacun des champs d'investigation.

Aux différents niveaux d'organisation (Figure 1 et 2), de la cellule à l'individu correspondent des domaines de la biologie ; de l'organisme à la biosphère, correspondent des domaines de l'écologie.

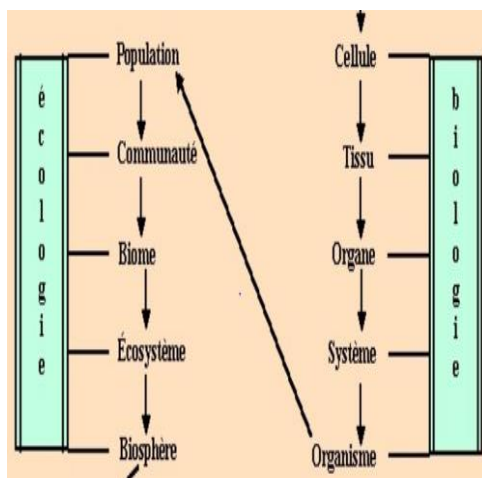


Figure 1: Niveaux d'organisation du vivant

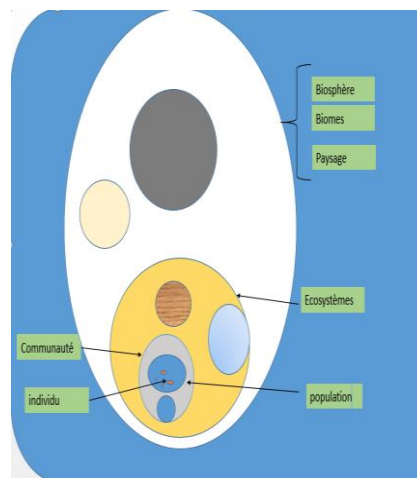


Figure 2: Sujets de l'écologie

- ✓ La cellule est la plus petite entité du vivant. Elle est le sujet d'étude du **biologiste**
- ✓ Un individu isolé constitue un organisme et est constitué de cellules organisées en tissus et organes.
- ✓ Les individus d'une même espèce vivent souvent regroupés en populations,
- ✓ elles-mêmes assemblées en communautés (ou biocénoses).

- ✓ Les communautés vivent sur un milieu appelé biotope formant avec lui un écosystème, unité fonctionnelle considérée comme objet d'étude de l'écologie dite fonctionnelle
- ✓ Plusieurs écosystèmes en interaction peuvent s'assembler en mosaïques pour former un paysage.
- ✓ A l'échelle de la planète, des paysages sont caractérisés par le même climat et correspondent aux biomes.

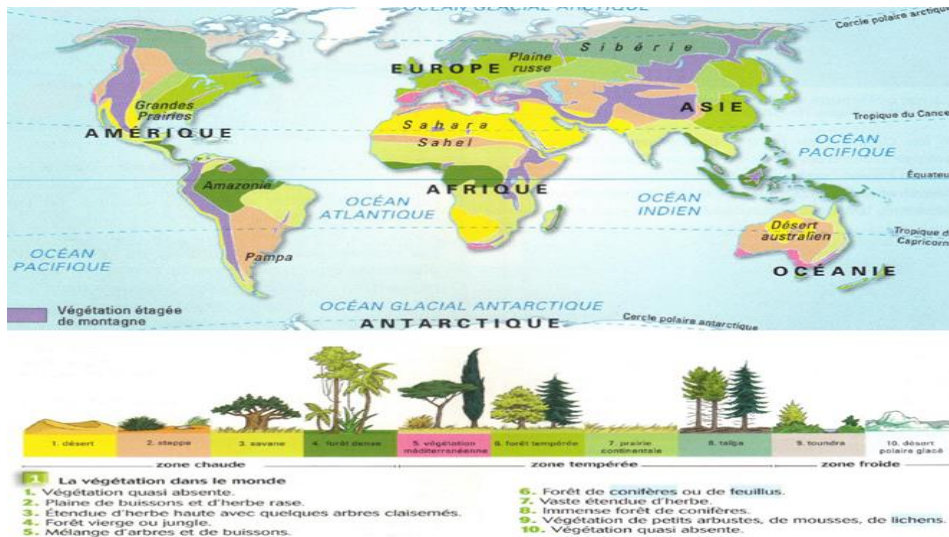


Figure 3: Distribution des biomes terrestres ([http://serres.u-bourgogne.fr/IMG/haut\\_memerubrique.gif](http://serres.u-bourgogne.fr/IMG/haut_memerubrique.gif))

La biosphère est la partie de l'univers qui renferme les êtres vivants et dans laquelle la vie est possible en permanence. Elle comprend une mince couche de l'atmosphère, de l'hydrosphère et la lithosphère.

Suivant les niveaux d'organisation du vivant, on a différentes branches de l'écologie :

- ✓ **L'autoécologie** qui étudie les rapports d'une espèce vivante avec son milieu de vie (conditions de subsistance et de vie optimum, limite de survie et de résistance, rapport avec les autres êtres vivants), Elle définit essentiellement les limites de tolérance et préférence vis à vis des facteurs écologiques. Elle examine aussi l'action du milieu sur la morphologie, la physiologie et le comportement de l'espèce.
- ✓ **la démo-écologie** désigne l'étude des relations entre une population d'individus d'une même espèce avec leur environnement et la dynamique des populations est une branche de l'écologie qui s'intéresse à la fluctuation dans le temps du nombre d'individus au sein d'une population d'êtres vivants dans le but de comprendre les influences environnementales sur les effectifs de cette population.
- ✓ **la synécologie** ou écologie des communautés est la science qui analyse les rapports entre les individus appartenant aux diverses espèces d'un même groupement et de ceux-ci avec leurs milieux.
- ✓ **l'écologie systémique et l'écologie du paysage** sont les domaines de l'écologie qui ont pour objets d'étude les écosystèmes et les paysages

En considérant le milieu, on distingue l'écologie marine, l'écologie terrestre et l'écologie limnique qui s'intéresse aux plans d'eau et cours d'eau continentaux.

NB ! Il existe aussi une ancienne conception qui distingue l'écologie animale et l'écologie végétale. Cette dernière façon de subdiviser l'écologie est très critiquée car, en principe, les animaux et les végétaux ne peuvent pas être séparés. Ils ont entre eux des interactions étroites de sorte qu'on ne peut pas parler de l'écologie des uns sans faire allusion aux autres.

#### 1.4. Problèmes écologiques.

Les problèmes écologiques (on utilise souvent le terme de crise écologique) surviennent lorsque le milieu de vie d'une espèce ou d'une population évolue de façon défavorable à sa survie.

L'écologie scientifique est venue comme une discipline de crise pour répondre aux défis environnementaux qui sont :

- ✓ les dégradations locales de l'environnement : La dégradation des terres et des sols, la dégradation des forêts et le déboisement, le stress hydrique et le manque d'eau ainsi que sa contamination, la dégradation et la pollution des zones côtières et marines, , la croissance anarchique des agglomérations et l'augmentation des déchets solides, la multiplication des sécheresses et des inondations,
- ✓ les dégradations au niveau planétaire de l'environnement : Changement climatique, augmentation du taux de CO<sub>2</sub> et émissions des autres gaz à effet de serre, augmentation de la température, fonte de glaciers, pluies acides
- ✓ les espèces menacées d'extinction : la disparition des habitats et de nombreuses espèces, les espèces invasives.

Les manifestations des problèmes écologiques sont : l'extinction des espèces, le risque de réchauffement climatique, les pluies acides, le trou de la couche d'Ozone, les dégradations ou disparitions d'habitats, les pollutions, etc.

Il est actuellement acquis que l'activité humaine est la première cause de ces problèmes (anthropisation, agriculture, industrie, surpopulation, surconsommation, épuisement des ressources)

L'écologie intervient pour limiter ou réparer les dégradations causées par l'homme à son milieu et pour aménager l'espace en conciliant développement humain et le maintien de la biodiversité

## CHAPITRE II. LES FACTEURS ÉCOLOGIQUES

### 2.1. Définition, classification des facteurs écologiques

Un facteur écologique est tout paramètre physico-chimique ou biologique susceptible d'agir *directement* sur les êtres vivants durant au moins une phase de leur cycle de vie. Les facteurs écologiques agissent différemment sur les êtres vivants :

- ✓ ils interviennent dans la répartition géographique des êtres vivants en éliminant certaines espèces des territoires dont les caractéristiques ne leur sont pas favorables ;
- ✓ ils influencent la densité des populations dans leur milieu en modifiant le taux de fécondité et de mortalité de diverses espèces (action sur le cycle de développement et sur les migrations animales) ;
- ✓ ils favorisent l'apparition des modifications adaptatives chez certains êtres vivants.

Deux types de facteurs peuvent agir sur un être vivant. Il s'agit :

- ✓ des facteurs physico-chimiques ou abiotiques (non liés à la vie) comme le climat (température, pluviosité, lumière, vent...), les caractéristiques du sol (texture, structure, composition), les caractéristiques physicochimiques de l'eau (densité, viscosité, facteurs chimiques). Ce sont des facteurs du milieu qui ne dépendent pas des êtres vivants;
- ✓ des facteurs biologiques ou biotiques comme l'alimentation, la prédation ou le parasitisme, compétition et autres. Ce sont toutes les interactions qui existent entre les êtres vivants présents dans un écosystème donné

On peut distinguer selon leur répétition dans le temps :

- ✓ les facteurs périodiques primaires lorsque leur variabilité périodique est évidente et régulière (journalière, lunaire, saisonnière ou annuelle). Cette périodicité est sous la dépendance de facteurs astronomiques (position terre, lune et soleil). Ces facteurs existaient dès l'apparition de la vie (ex: cycle de température - élevées en été, basses en hiver);
- ✓ les facteurs périodiques secondaires dont la variabilité dépend des précédents (ex: état de la végétation, l'humidité atmosphérique), plus la liaison avec un facteur périodique primaire est forte, plus la périodicité du facteur secondaire est régulière ;
- ✓ les facteurs apériodiques présentent des fluctuations de caractère à la fois brutales et aléatoires (ex: éruption volcanique).

Les facteurs écologiques peuvent être classés en *facteurs indépendants de la densité* (facteurs qui exercent leurs effets sur individus pris isolément, de façon indépendante de la densité) et *facteurs dépendant de la densité*.

Les effets des facteurs peuvent être étudiés à plusieurs niveaux :

- ✓ au niveau de l'individu (approche physiologique), ex: influence de la température sur la croissance d'un plant de haricot;

- ✓ au niveau population d'une espèce déterminée, ex : influence de la température sur un champ de haricots;
- ✓ au niveau d'une communauté d'êtres vivants, ex : influence de la température sur l'écosystème forêt.

## 2.2. Principes rattachés aux facteurs écologiques

Pour qu'un organisme puisse se développer dans un biotope, il exige des conditions particulières de l'environnement. Le développement d'une espèce obéit donc à des lois ou principes :

### ✓ Loi du minimum ou loi de Liebig (1840)

Initialement conçue pour exprimer l'influence des éléments minéraux sur les plantes cultivées auquel cas elle stipule que le rendement d'une récolte dépend uniquement de l'élément nutritif qui est présent dans le milieu en moindre quantité, elle peut s'étendre aux phénomènes écologiques en général. Elle stipule que tout processus biologique est conditionné dans sa rapidité et son ampleur par celui des facteurs écologiques qui est le plus faiblement représenté dans le milieu.

Un facteur joue le rôle de facteur limitant lorsqu'il est absent ou réduit au-dessous d'un seuil critique ou bien s'il excède le niveau maximum tolérable.

Dans les régions à climat froid, la température est en général le facteur limitant alors que dans les régions à climat chaud et aride le facteur limitant est le plus souvent l'eau.

### ✓ Loi de tolérance ou loi de Shelford (1911)

Selon cette loi, pour tout facteur de l'environnement, il existe un domaine de valeurs ou gradient (nommé intervalle de tolérance) dans lequel tout processus écologique sous la dépendance de ce facteur pourra s'effectuer normalement. C'est donc seulement à l'intérieur de cet intervalle que la vie est possible pour une espèce donnée. Cette loi permet en fonction de l'intensité d'un facteur du milieu, de déterminer plusieurs zones pour la survie de la population : la zone optimale ou préférendum (zone où la population est dans des conditions favorables), zone de tolérance (zone où la population se maintient bien que le facteur abiotique devienne défavorable), zone létale (zone où la population ne peut plus survivre). C'est la zone optimale et la zone de tolérance qui forment l'intervalle de tolérance.

Donc, en fonction de l'intensité du facteur écologique, on a des conditions létales, des conditions défavorables, des conditions favorables et des conditions optimales pour la survie d'une espèce.

En général plusieurs facteurs écologiques agissent simultanément sur les organismes et les interactions entre facteurs peuvent modifier les limites de tolérance déterminées pour chaque facteur pris isolément. Cela explique les cas où les tolérances mesurées au labo diffèrent à celles observées dans le milieu naturel.



Figure 4: Schéma illustratif des limites de tolérance en fonction de l'intensité du facteur écologique.

### Valence écologique

On appelle valence écologique, la possibilité qu'a une espèce de se développer dans les milieux différents caractérisés par des variations plus ou moins grandes des facteurs écologiques.

Une espèce à faible valence écologique ne supporte que des variations limitées des facteurs écologiques. Son intervalle de tolérance à un facteur donné est réduit. Une telle espèce est dite sténocène. Par Contre si elle est capable de se développer normalement dans les milieux aux conditions très différentes ou très variables elle est dite eurycène.

Si cette nomenclature s'applique à la température, on aura des espèces sténothermes contre des espèces eurithermes, si elle s'applique à la salinité, on aura des espèces sténohalines contre des espèces eurihalines, etc.

### 2.3. Adaptation des êtres vivants aux variations des facteurs écologiques

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

Cependant, la variabilité de l'environnement implique l'aptitude pour chaque organisme à s'adapter à un gradient pour n'importe quel facteur écologique. Les populations présentent des degrés variés de plasticité écologique leur permettant de s'adapter aux fluctuations temporelles et/ou spatiales des facteurs limitant du milieu auquel elles sont inféodées. On distingue alors trois types d'adaptations aux facteurs écologiques qui sont d'ordre comportemental, physiologique et morphologique.

#### - L'acclimatation ou adaptation physiologique

Il s'agit d'une réponse aux variations relativement lentes qui laissent le temps aux organismes de modifier leur physiologie. L'adaptation résulte de l'existence chez les êtres vivants des mécanismes de régulation provoquant de modifications métaboliques compensatrices qui permettent aux êtres vivants de maintenir constantes et à une valeur optimale leurs conditions internes face à un changement du milieu ambiant. Exemple : Les réactions des animaux face aux variations saisonnières du milieu qui peuvent être de type **physiologiques** (les oiseaux et les mammifères qui pratiquent l'homéothermie), **comportementaux** (Truites qui descendent au fond des lacs l'été) ou **morphologiques** (changement de la couleur du pelage du Renard en fonction de la couleur du milieu selon la saison). Elle est généralement réversible

### - L'accommodation ou adaptation phénotypique

L'accommodation correspond à une modification phénotypique (gènes exprimés) résultant de l'action des facteurs écologiques sur la croissance des organismes. Elle résulte de la capacité qu'ont certains êtres vivants, les plantes surtout, de se mettre en harmonie avec les conditions du milieu en développant des caractères non héréditaires appelés modifications. Les individus ayant subi ces modifications sont des accommodats. L'exemple de la sagittaire qui développe un port différent suivant qu'elle se développe en milieu terrestre (des feuilles rigides, forme lancéolée et aplatie, un système racinaire puissant), en milieu aquatique entièrement immergée (des feuilles allongées flexibles et sans cuticule épaisse, un système racinaire réduit), en milieu aquatique semi-immergée (3 types de feuilles : les feuilles propres aux milieux terrestre et aquatique et des feuilles de type intermédiaire). Elle est généralement peu réversible au niveau de l'individu

### - Adaptation génotypique

C'est la forme d'adaptation la plus parfaite d'une espèce aux conditions écologiques locales. Elle se caractérise par l'acquisition génétique ou héréditaire des modifications. Lorsque les graines de plusieurs individus ayant subi une adaptation génotypique dans certains milieux sont cultivées côte à côte, dans les mêmes conditions, elles conservent intégralement les caractéristiques physiologiques et morphologiques qu'elles présentent dans leurs milieux d'origine. Les individus ayant subi des adaptations génotypiques ou héréditaires sont appelées des *écotypes*. Dans le cas des écotypes, l'adaptation est inscrite dans les gènes de l'individu et ne peut plus faire l'objet de modifications à court terme. Si une barrière de reproduction s'installe, plusieurs espèces apparaîtront. L'écotype est donc la dernière phase avant la radiation de nouvelles espèces.

## 2.4. Facteurs écologiques et influence sur les êtres vivants

### 2.4.1. *Éléments indispensables à la vie*

Cinq éléments indispensables à la vie conditionnent (leurs caractéristiques variables) la répartition spatiale et temporelle des êtres vivants :

- ✓ l'eau: la vie ne peut se développer sans eau quelle que soit sa forme.
- ✓ le sol : il est le support sur lequel poussent les plantes et à partir duquel elles fabriquent de la matière vivante.
- ✓ l'air : il est la ressource en oxygène et en gaz carbonique des espèces vivantes, il occupe principalement l'atmosphère.
- ✓ la lumière: elle permet la photosynthèse (énergie lumineuse transformée en E chimique, matière minérale en M organique).
- ✓ la température: elle joue un rôle considérable dans le développement des espèces (permet ou pas leur présence).

### 2.4.2. *Endémisme et vicariance*

L'endémisme désigne la tendance des plantes et des animaux à être naturellement confinés dans une région particulière. On peut envisager l'endémisme à plusieurs niveaux géographiques :

- ✓ une chaîne de montagnes,
- ✓ un lac,
- ✓ une île,
- ✓ un pays,
- ✓ une région
- ✓ un continent,
- ✓ etc.

Le terme est souvent utilisé au niveau de l'espèce mais il peut également s'appliquer aux sous-espèces, genres, familles ou autres groupes taxonomiques.

Plus longtemps une région est restée isolée des autres régions similaires, plus sa proportion en espèces endémiques sera élevée (exemple : le lac Tanganyika contient beaucoup d'espèces endémiques de poissons de la famille des *Cyprinidés*)

On dit d'un taxon qu'il est vicariant d'un autre lorsqu'on le trouve dans un habitat naturel similaire mais séparé géographiquement et qu'il occupe un rôle écologique similaire.

NB ! On considère seulement l'aire de distribution naturelle des espèces lorsqu'on parle d'endémisme car les activités humaines peuvent modifier la distribution des plantes et des animaux.

### 2.4.3. *Facteurs abiotiques*

Les facteurs abiotiques sont les caractéristiques du milieu physicochimique (air, sol, eau) et on les résume en facteurs climatiques et facteurs édaphiques.

#### 2.4.3.1. *Facteurs climatiques*

Le climat est un facteur qui varie avec l'échelle. Il s'applique en général à une région, une échelle large pour apprécier les conditions réelles de l'établissement des organismes. Aux échelles fines, on parle de méso climat quand il y a des variations locales comme les variations d'ordre topographique, de microclimats ou même éco climats pour désigner les conditions qui règnent dans le voisinage immédiats des organismes (écorce d'un arbre, sous une pierre, etc.)

Les éléments du climat qui jouent un rôle écologique sont nombreux. Les principaux sont la température, l'humidité et la pluviosité, le relief, l'éloignement de la mer, l'évaporation, 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.

### a) La 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)

Les espèces sont en général adaptées aux caractéristiques thermiques du milieu où elles vivent. La grande majorité des êtres vivants ne peuvent subsister que dans un intervalle de température comprise entre 0 et 50° c.

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.

La température dépend de la nébulosité, de la latitude, de l'exposition, de la présence d'une masse d'eau (influence des mers et des lacs sur la régulation des températures), de l'altitude et des formations végétales en place.

#### • La mesure de la température

La température de l'air est mesurée grâce à des thermomètres disposés dans un abri météorologique. On distingue :

- des thermomètres à maxima qui sont des thermomètres à mercure gradués le plus souvent de -20 à +60 °c qui indiquent dans un laps de temps la température la plus élevée. Son fonctionnement est comme celui du thermomètre médical
- Des thermomètres à minima qui sont des thermomètres à alcool, gradué le plus souvent de -25 à +65C et sert à mesurer la température la plus basse. Lorsque la température baisse, l'index est entraîné vers le réservoir, lorsqu'elle monte il reste sur place indiquant la température minimale atteinte.

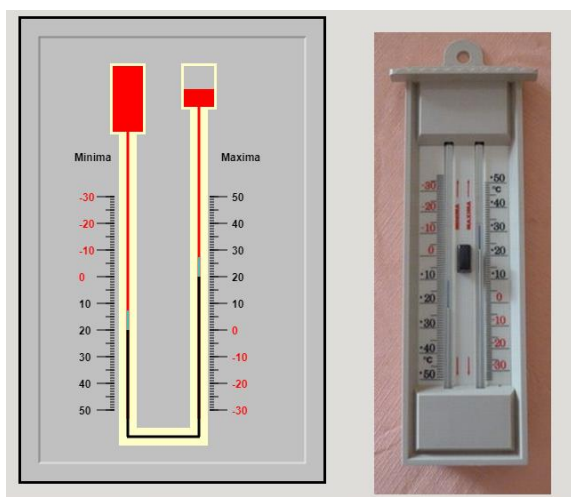


Figure 5: Schéma d'un thermomètre à minima et maxima

Quand la température augmente, l'alcool du réservoir de gauche dilate et repousse la colonne de mercure qui soulève l'index de la branche droite. Quand la température diminue, le mercure

redescend dans cette branche mais l'index retenu par la force magnétique reste sur place. Par contre l'index de la branche de gauche est soulevé.

Le bas de l'index de gauche indique donc la température minimale atteinte depuis la dernière pression sur le bouton de remise à zéro. Le bas de l'index de droite indique lui la température maximale

La température du sol est mesurée à l'aide des thermomètres plantoirs ou thermomètre pour sol et compost



Figure 6: Schéma d'un thermomètre pour sol et compost

- **Règles écologiques en rapport avec la température**

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.

La résistance aux faibles températures est fréquente chez les espèces montagnardes. Chez les amphibiens, la résistance thermique est fonction de la latitude, les espèces des régions tropicales supportent des températures élevées et les espèces des régions tempérées des températures basses

L'existence d'étages de végétation de montagne est la conséquence des exigences thermiques variables de diverses espèces

Les règles écologiques sont des relations établies sur une base statistique entre les facteurs du milieu et les caractéristiques des espèces. En ce qui est de l'influence de la température sur les homéothermes, trois règles écologiques ont été établies :

- ✓ **Règle écologique de Bergmann.** Chez les homéothermes, les espèces de grande taille se rencontre sous les climats froids et celle de petite taille sous les climats chauds. La règle s'explique par le fait que plus un animal est grand, plus le rapport surface/volume est faible et plus les pertes de chaleur par convection sont faibles. La règle ne s'explique pas chez les poïkilothermes en particulier pour les grands insectes où des espèces géantes sont localisées dans les régions tropicales

- ✓ **Règle écologique d'Allen** : Les mammifères des régions froides montrent une réduction importante des surfaces des appendices (oreilles, queue, cou, pattes) ainsi qu'une forme trapue. Limitation des surfaces d'exposition et de pertes de chaleur
- ✓ **Règles écologique de la fourrure** : Chez les mammifères des régions froides, la fourrure est plus épaisse que chez ceux des régions chaudes et son épaisseur augmente avec la taille de l'animal exception faite pour le paresseux qui vit en permanence dans les cimes, relativement froides la nuit, des arbres des forêts tropicales et le singe nocturne (*Aotus trivirgatus*) qui est exposé au froid dans le même milieu
- **Formes biologiques de Raunkiaer**

Raunkiaer était un botaniste scandinave qui proposa, en 1905, une classification des types biologiques pour les végétaux fondée sur le mode de protection de leurs bourgeons face au froid et à l'enneigement. Il a ainsi distingué plusieurs types biologiques :

- ✓ Les phanérophytes sont des plantes dont les bourgeons germinatifs sont situés à plus de 50 cm au-dessus du niveau du sol et protégés dans des enveloppes. Les principaux phanérophytes sont les arbres et les arbustes. On distingue également les nanophanérophytes qui atteignent moins de 2 m de hauteur et les phanérophytes lianeux.
- ✓ Les chaméphytes possèdent des bourgeons germinatifs situés au-dessus du niveau du sol mais à moins de 50 cm de hauteur. Les bourgeons des chaméphytes sont aussi protégés par des enveloppes. Les chaméphytes frutescents sont de petits buissons à tiges lignifiées et plus ou moins dressées. Les chaméphytes herbacés ont, par contre, des organes aériens herbacés, souvent plus ou moins appliqués contre le substrat
- ✓ Les hémicryptophytes ont des bourgeons germinatifs qui se développent au niveau du sol. On distingue les hémicryptophytes cespiteux qui croissent en formant des touffes de feuilles, les hémicryptophytes à rosette, souvent bisannuels, présentant une rosette de feuilles plus ou moins persistante en hiver (mauvaise saison)
- ✓ Les géophytes subsistent durant la mauvaise saison grâce à leurs organes souterrains. Les géophytes rhizomateux possèdent un rhizome (ex. : fougère aile – *Pteridium aquilinum*). Les géophytes tubéreux passent la mauvaise saison à l'état d'organes souterrains tubérisés (bulbe, tubercule).
- ✓ Les thérophytes ont une durée de vie de quelques mois. Ils ne sont représentés que par leurs graines durant la saison défavorable.
- ✓ Les hélophytes croissent au bord des eaux; seule leur base, avec les bourgeons, est submergée.
- ✓ Les hydrophytes sont les plantes aquatiques. Les organes qui assurent la pérennité de l'espèce sont submergés durant la saison défavorable.
- ✓ Les hydrogéophytes sont des hydrophytes fixés dont les bourgeons sont portés par un rhizome enfoncé dans la vase du fond des pièces d'eau (ex. : nénuphar ou *Nuphar lutea*).
- ✓ Les hydrohémicryptophytes sont également fixés mais leurs bourgeons sont situés à la surface du substrat solide ou vaseux.

- ✓ Les hydrothérophytes sont des plantes aquatiques libres ou fixées, à durée de vie relativement courte, qui passent la saison défavorable à l'état de graine (ex. : lentille d'eau – *Lemna minor*)

NB !

- ✓ Les phanérophyles qui sont les moins bien protégés contre les rigueurs du climat sont nombreux dans les régions tropicales ;
- ✓ Les chaméphytes sont surtout abondants dans les régions à saison sèche bien marquée ;
- ✓ Les hémicryptophytes caractérisent les régions tempérées ou froides ;
- ✓ les géophytes existent dans des climats à saison sèche longue et rigoureuse ;
- ✓ Les thérophytes dans les pays chauds et secs.

Le pourcentage des divers types biologiques d'une région est un reflet de l'ensemble des conditions climatiques.

- **La phénologie**

On désigne sous le nom de phénologie l'ensemble des observations qui se rapportent à l'action de la température sur la date des phénomènes biologiques. Ses observations sont régulièrement notées et on peut ainsi dresser des cartes phénologiques et comparer l'état d'une végétation (avance ou retard) par rapport à une référence établie.

La coïncidence phénologique est un facteur important de régulation des insectes et de lutte biologique contre les ravageurs.

## **b) Pluviosité et humidité**

L'eau représente de 70 à 90% des tissus de beaucoup d'espèces en état de vie active. Les espèces se répartissent en général dans divers milieux en fonction de leurs besoins en eau. On a des espèces aquatiques qui vivent en permanence dans l'eau, les espèces hygrophiles qui vivent dans des milieux humides, les espèces mésophiles ont des besoins modérés en eau et se rencontrent dans des régions où on a alternance de saison humide et saison sèche, les espèces xérophiles vivent dans lieux secs où on a un déficit en eau en permanence).

La quantité d'eau dont dispose une végétation dépend en grande partie des précipitations et de l'évapotranspiration.

L'humidité quant à elle dépend de la quantité des pluies tombées et de la forme (orage ou pluie fine), de la température et des vents.

A chaque température correspond dans une station donnée une tension maximale de vapeur d'eau. L'humidité relative correspond au rapport en pourcentage entre la tension de vapeur observée sur la tension maximale.

- **Mesure des précipitations et de l'humidité**

Les précipitations se mesurent à l'aide d'un pluviomètre constituée d'un seau en zinc dans lequel l'eau s'accumule et la mesure de la quantité d'eau tombée s'évalue avec une éprouvette graduée au 1/10 de millimètre. On note également les jours de pluies (fréquence)

et leur répartition dans l'année ainsi que la quantité (intensité) d'eau tombée par unité de temps

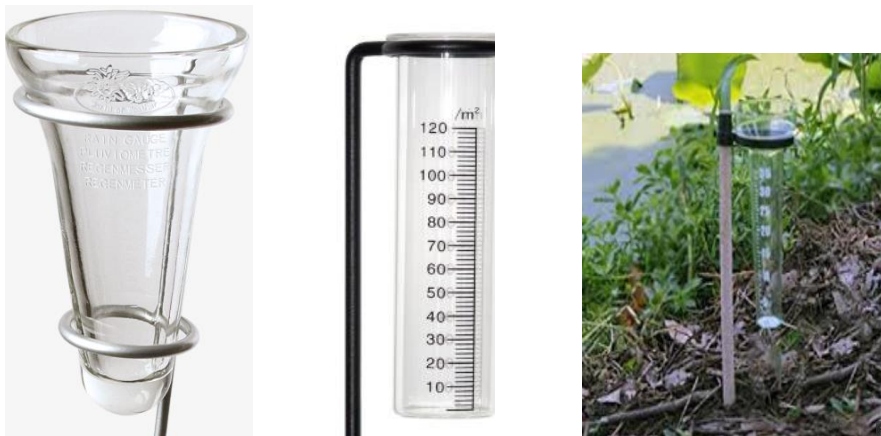


Figure 7: Modèles de pluviomètre de champs

L'humidité se mesure à l'aide de l'hygromètre qui utilise la propriété que possède les cheveux de s'allonger d'autant plus que l'air est humide.



Figure 8: Modèles d'hygromètre

- **Utilisation des données de température, de précipitations et humidité**

Les températures et précipitations sont des facteurs importants dans la caractérisation des climats ou conditions climatiques d'une station.

Les données peuvent être présentées sous forme numérique :

- ✓ Indice d'aridité de Martone  $I = \frac{P}{T+10}$  avec P= précipitations annuelles en millimètres ; T= température moyenne annuelle en ° C. L'indice pour un mois est  $i = \frac{12p}{t+10}$  avec p = précipitations du mois en millimètres, t= température moyenne du mois

Quand l'indice est bas, on a affaire à un climat plus aride :  $I < 10$  : Très sec ;  $I < 20$  : sec ;  $I < 30$  : humide ;  $I > 30$  : très humide

- ✓ Indice d'Emberger ou Quotient pluviométrique  $Q = \frac{P*100}{(M+m)(M-m)}$  avec P= précipitation moyenne annuelle en mm ; M=Température moyenne du mois le plus chaud ; m=

température moyenne du mois le plus froid. Cet indice est établi pour la région méditerranéenne.

Quand cet indice est bas, on a un climat désertique, il est élevé pour un climat humide :  $Q < 10$  : désert ;  $Q < 25$  : climat aride ;  $Q < 50$  : climat semi-aride ;  $Q < 100$  : climat tempéré ;  $Q > 100$  : climat humide

Les données peuvent également être présentées sous forme graphique :

- ✓ Les diagrammes thermiques et pluviométriques

Les diagrammes thermiques sont des graphiques où les moyennes mensuelles de température sont portées en ordonné

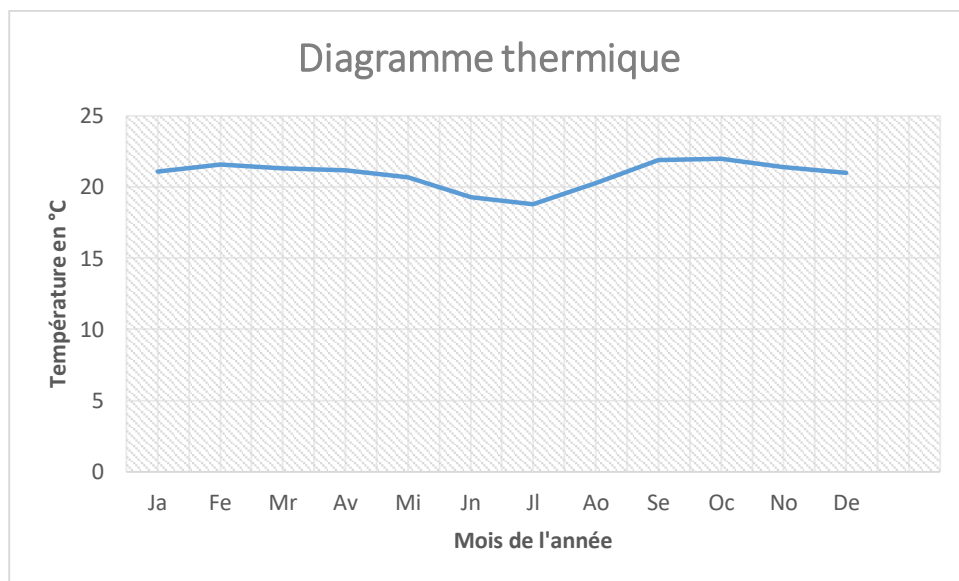


Figure 9: Diagramme thermique de la station de SOSUMO pour les données des années 1989 à 1998

Les diagrammes pluviométriques sont des graphiques où les moyennes mensuelles de précipitations sont portées en ordonnée. (Figure 10)

- ✓ Les diagrammes ombrothermiques

Les diagrammes ombrothermiques (ombro= pluies et thermo= température) sont construits en portant en abscisses les mois de l'année et en ordonnées les précipitations sur un axe et les températures sur le second en prenant soin de doubler l'échelle par rapport à celle des précipitations (NB doubler l'échelle c'est diviser l'intervalle) (Figure 11)

- ✓ Le climatogramme

Le climatogramme représente les mois par rapport aux moyennes de précipitations et de températures. (Figure 12)

On peut définir pour une espèce un écoclimatogramme.

Il permet de repérer les périodes de tolérance et d'optimum pour cette espèce animale ou végétale.

Ces périodes dites préférences vitales, une fois déterminée pour des espèces, permettent de savoir par exemple à quelle période pullulent les parasites ou les ravageurs pour s'en servir dans la lutte intégrée.

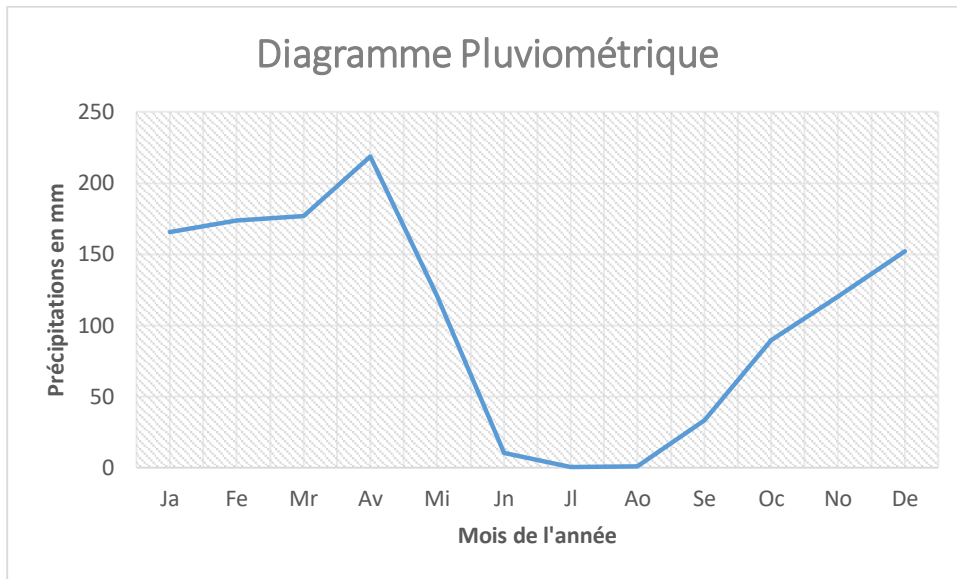


Figure 10: Diagramme pluviométrique de la station de la SOSUMO pour des années de 1989 à 1998

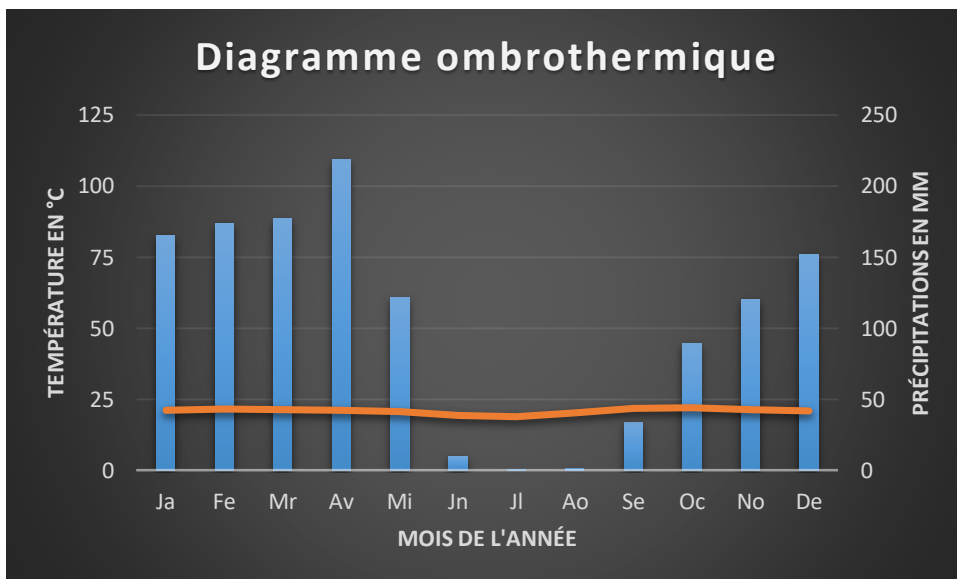


Figure 11: Diagramme Ombro thermique à la station de la SOSUMO pour les années 1989 à 1998

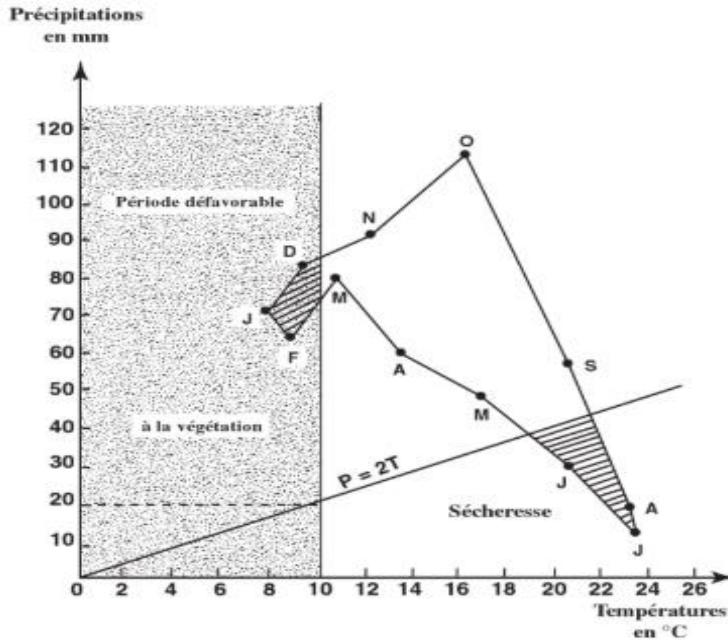


Figure 12: Climatogramme de Toulon (Faurie et al, 2012 ; page 83)

- **Adaptations des êtres vivants à la sécheresse**

La localisation des êtres vivants en l'occurrence les végétaux est fonction de leurs besoins en eau. Les êtres vivants s'adaptent à la sécheresse selon des modalités très variées :

- ✓ **Chez les végétaux**

- Réduction de l'évapotranspiration par développement de structures cuticulaires imperméables.
- Réduction du nombre de stomates.
- Réduction de la surface des feuilles qui sont transformées en écailles ou en épines.
- 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**

- 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).

### c) Eclaircissement et la lumière

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

Beaucoup de rythmes biologiques sont induits par la photopériode. Pour les végétaux, c'est la croissance et la floraison qui sont influencées, chez les insectes c'est l'entrée en diapause. La

photopériode croît de l'Équateur vers les Pôles. À l'Équateur, les jours sont rigoureusement égaux aux nuits, pendant toute l'année. Aux 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. L'atmosphère joue le rôle d'écran ou mieux de filtre en arrêtant certaines radiations et en laissant passer d'autres. En effet, l'atmosphère absorbe une part du rayonnement solaire, et diffuse une autre portion. À ces deux actions s'ajoute un phénomène de réflexion.

- **Action sur les végétaux**

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

Les végétaux peuvent être divisés en trois catégories :

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

Les trois facteurs limitants intimement liés sont l'intensité lumineuse, la teneur en gaz carbonique et la température.

Il existe 3 types de photosynthèse qui correspondent aux adaptations différentes à la température et à l'intensité lumineuse :

- ✓ **Les végétaux en C3** : comprennent les espèces cultivées (blé, chou, soja, tournesol) et la plupart des espèces des régions tempérées. Ils sont dits en C3 parce que le premier produit formé lors de la photosynthèse est l'acide phosphoglycérique qui renferme trois atomes de carbone dans sa molécule. Le rendement de la photosynthèse est faible que les plantes en C4. Ils ont besoin de deux fois d'eau pour produire la même quantité de matière sèche que les plantes en C4. Ils possèdent une phase de photo respiration correspondant à l'oxydation d'un produit carboné.
- ✓ **Les végétaux en C4** : comprennent les espèces d'origine tropicales (Maïs, Sorgho) et diverses graminées. Le premier produit de la photosynthèse, l'acide oxalo-acétique, est formé de 4 atomes de carbone. Les étapes de la photosynthèse se passent séparément dans le parenchyme chlorophyllien et dans la gaine du parenchyme. Leur productivité est élevée car il n'y a pas de photo respiration et les besoins en eau sont relativement faibles, ce qui fait qu'ils sont abondants dans les zones tropicales et arides.
- ✓ **Les végétaux du type CAM (Crassulean Acid Metabolism)** : ils appartiennent à la famille des cactacées, des broméliacées, orchidées, etc. La fixation du carbone se fait la nuit lorsque les stomates sont ouverts et le type CAM est une adaptation pour emmagasiner de l'eau surtout dans les zones désertiques.

- **Action sur les animaux**

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

✓ **Rythmes biologiques saisonniers** : ils sont de deux types :

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

✓ **Rythmes quotidiens ou circadiens**

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

✓ **Rythmes lunaires**

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

#### **d) 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 (Chablis) 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.

#### **e) La Neige**

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

#### **2.4.3.2. Facteurs édaphiques**

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

organique. Le sol est une combinaison de deux fractions importantes (une fraction minérale et une fraction organique) riches en eau, en gaz et qui abritent de nombreux organismes vivants. Végétaux et animaux puisent du sol l'eau et les sels minéraux et trouvent l'abri et/ou le support indispensable à leur épanouissement.

#### a) Les éléments constitutants du sol.

##### Le sol a des constituants :

- **minéraux :**

- ✓ Les fragments de la roche mère sous-jacente : limons, sables, graviers et cailloux, dont la taille du diamètre  $> 2\mu$ .
- ✓ Les éléments colloïdaux : les argiles dont le diamètre  $< 2\mu$ .
- ✓ Les éléments grossiers (cailloux, graviers, pierres, blocs)

- **Organiques :**

- ✓ Matière organique fraîche (brute) constituée de débris végétaux (tissus végétaux, celluloses, tanins,...) et animaux (cadavres et déjections)
- ✓ Matière organique humiques : dans laquelle la matière organique fraîche est plus ou moins transformée par les micro-organismes du sol pour donner des composés organiques transformés ou composés humiques

- **Liquides**

- ✓ Eau du sol et substances organiques dissoutes (acides organiques, sucre, etc.)
- ✓ Les ions minéraux: cations ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ...) et anions (sulfate  $\text{SO}_4^{2-}$ , phosphate  $\text{PO}_4^{3-}$ , nitrates  $\text{NO}_3^-$ , ...)

- **Gazeux (air du sol)**

- ✓ Gaz constitutants l'air ( $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ )
- ✓ Gaz issus de l'activité des animaux dans le sol et des processus de décomposition ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$ ,...)

#### b) La texture du sol

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

Tableau 2: Texture du sol

Particule	Diamètre
Graviers	$>2$ mm
Sables grossiers	2 mm à 0,2 mm

Particule	Diamètre
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 », 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).

Sur le plan biologique, la granulométrie intervient dans la répartition des animaux et des eaux souterraines. Nombreux organismes tels que les vers de terre préfèrent les sols limoneux ou argilo-sableux, tout comme quelques espèces de coléoptères qui préfèrent les sols argileux et/ou limoneux, présentant une teneur élevée en éléments fins et qui ont la faculté de retenir l'eau nécessaire, contrairement aux éléments grossiers qui permettent une dessiccation trop rapide du sol.

### c) La structure du sol

La structure est l'organisation du sol. Elle se définit également comme étant l'arrangement spatial des particules de sables, de limons et d'argiles. On distingue principalement trois types de structures :

- **Particulaire** : où les éléments du sol ne sont pas liés, le sol est très meuble (sols sableux).
- **Massive** : où les éléments du sol sont liés par des ciments (matière organique, calcaire) durcies en une masse très résistante discontinue ou continue (sols argileux). Ce type de sol est compact et peu poreux. Il empêche les migrations verticales des animaux sensibles à la température et à l'humidité et ainsi en interdit l'existence.
- **Fragmentaire** : où les éléments sont liés par des matières organiques et forment des agrégats (Assemblage hétérogène de substances ou d'éléments qui adhèrent solidement entre eux) de tailles plus ou moins importantes. Cette structure est la plus favorable à la vie des êtres vivants, car elle comporte une proportion suffisante de vides ou de pores qui

favorisent la vie des racines et l'activité biologique en général, en permettant la circulation de l'air et de l'eau.

#### d) L'eau du sol

L'eau du sol est un composant important pour la vie et les différentes fonctions du sol car il agit comme solvant. L'eau entretient des relations avec les différents composants du sol ce qui fait que toute l'eau n'est pas mobilisable pour les plantes.

On parle de :

- Réserve utile (RU) en eau d'un sol la quantité d'eau que le sol peut absorber et restituer à la plante ;
- Capacité au champ, la capacité de rétention maximale en eau du sol. Elle correspond à la quantité d'eau retenue après 48 h d'égouttement de l'eau libre vers la nappe phréatique pour un sol préalablement gorgé d'eau ;
- Le point de flétrissement permanent correspond au seuil en deçà duquel l'humidité du sol ne permet plus à la plante de prélever l'eau dont elle a besoin car la réserve utile en eau du sol a été entièrement consommée. La plante flétrit puis meurt si ce taux d'humidité perdure.

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.

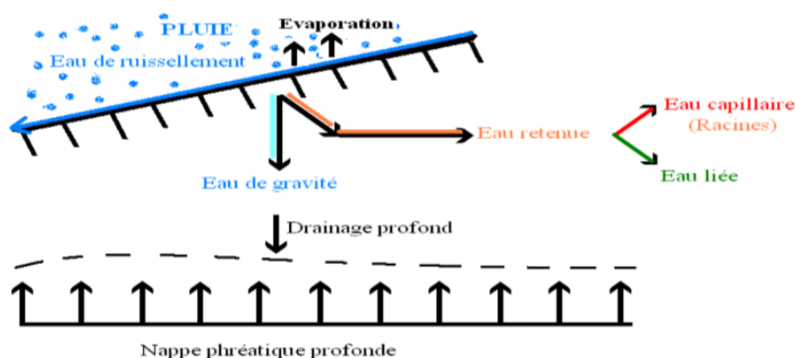


Figure 13: Types d'eau du sol ayant la pluie comme source

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

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

### f) 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, 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 entraîne la sélection d'espèces dites **toxico-résistantes** ou **métallophytes** formant des associations végétales particulières

#### 2.4.3.3. Les facteurs abiotiques dans l'eau

##### a) La température

La température dans un écosystème aquatique est un facteur important, qui permet de comprendre la répartition des organismes aquatiques.

Le facteur température agit de différentes manières selon le type de l'écosystème aquatique étudié :

- dans les eaux courantes les variations de température suivent celles de l'air et dans un cours d'eau la température est généralement, de quelques degrés, inférieure à celle de la température ambiante.
- Dans les lacs qui ont une profondeur importante et qui se situent dans les régions à climat tempéré il s'établit un régime thermique particulier :
  - ✓ En hiver, les lacs sont gelés en surface et la température de l'eau est voisine de 0°, et les eaux du fond ont une température plus élevée qui se situe autour de 4°C, cette température correspond au maximum de densité.
  - ✓ Au printemps, le réchauffement de l'air fait fondre la glace et l'eau qui atteint la température de 4°C coule au fond, provoquant la remontée des eaux de profondeur et une égalisation des températures.
  - ✓ En été les eaux superficielles chaudes et légères restent en surface. Dans cette période, trois zones peuvent être décelées (**une zone superficielle appelée épilimnion** chaude, riche en oxygène et bien éclairée ; **une zone de transition ou thermocline**, marquée par une diminution rapide de la température qui peut être de l'ordre de 1 degré par mètre, **une zone profonde ou hypolimnion**, pauvre en oxygène, peu ou pas éclairée à température quasi stable tout au long de l'année). Cette stratification thermique permet de mieux comprendre la répartition verticale saisonnière des différents organismes aquatiques comme les algues et les poissons.

#### b) L'éclairement

L'absorption de la lumière est réduite de 99% par rapport à sa valeur en surface à une profondeur qui varie entre 2 et 30m selon les cas. Suivant cette règle on peut distinguer dans les lacs et les étangs trois zones différentes :

- ✓ La zone euphotique : c'est la zone où la lumière pénètre facilement, elle est occupée généralement par les phanérogames fixées sur le fond.
- ✓ La zone limnétique : c'est la zone libre de végétation enracinée. Elle est limitée en profondeur par le niveau de compensation de la photosynthèse où l'importance de la photosynthèse est inférieure à celle de la respiration du phytoplancton, ce qui inhibe son développement
- ✓ La zone profonde : c'est la zone située au-dessous qui n'existe que dans les lacs profonds.

#### c) L'oxygène dissous

La teneur en oxygène dissous des différents types d'écosystèmes aquatique est très variable selon la nature de l'écosystème :

- ✓ Les eaux courantes sont plus oxygénées que les eaux stagnantes du fait du brassage de l'eau.
- ✓ La température influence la solubilité de l'oxygène dans l'eau. Celle-ci diminue avec l'augmentation de la température.

A part l'oxygène dissous et la température, le pH, la tension superficielle, la vitesse du courant et les matières en suspension sont autant de facteurs qui déterminent la répartition spatiale et la présence ou l'absence de certaines espèces dans un écosystème aquatique et chaque espèce va se répartir dans un écosystème selon ses exigences :

On peut ainsi trouver :

- ✓ des espèces cosmopolites qui ont peu d'exigences ou qui sont peu sensibles aux variations des conditions du milieu. Elles ont une très large répartition à travers la biosphère,
- ✓ des espèces plus exigeantes ou plus sensibles aux variations du milieu. On ne les rencontre que si les conditions sont optimales.

NB ! Les milieux aquatiques sont impactés par les activités humaines qui les polluent. Cette pollution peut être thermique, organique, chimique ou radioactive.

#### **d) Tension superficielle et PH**

La tension superficielle permet aux animaux qui vivent à la surface de l'eau de flotter et de se déplacer. (ce sont surtout les animaux de petite taille pour lesquels la tension superficielle est supérieure à leur poids qui se déplace à la surface)

Le PH joue un rôle dans la répartition des organismes aquatiques végétaux comme animaux.

#### **e) Le courant et les matières en suspension**

Aux vitesses plus élevées du courant, seules des espèces disposant des adaptations morphologiques peuvent résister sinon les espèces sont constamment entraînées vers l'aval par le courant (phénomène de dérive)

Les substances dissoutes comme les carbonates permettent aux mollusques et crustacés de fabriquer leurs coquilles et carapaces et leur abondance peut être fonction de la teneur de cet élément.

Les autres importantes substances dissoutes sont les sulfates et les chlorures.

### **2.4.4. Facteurs Biotiques**

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

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

#### **2.4.4.1. Coactions homotypiques**

##### **a) 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.

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.

### **b) 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. Les effets néfastes de ces compétitions ont des conséquences sur le métabolisme et la physiologie des individus qui se traduisent par des perturbations, comme la baisse du taux de fécondité, la diminution de la natalité, l'augmentation de la mortalité. Chez certains organismes, le surpeuplement entraîne des phénomènes appelés phénomènes d'autoélimination.

### **c) La compétition intraspécifique**

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

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

Chez les végétaux, la compétition 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.

Il existe souvent pour les plantes des comportements où des racines peuvent sécréter des substances qui peuvent inhiber le végétal qui les a synthétisées. Il s'agit d'autotoxicité

#### **2.4.4.2. Coactions hétérotypiques**

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

Ainsi, si on considère un écosystème qui contient deux espèces A et B, on peut aboutir à trois types d'interactions, la première c'est quand l'espèce A n'a aucune influence sur l'espèce B et vice-versa, la deuxième c'est quand la survie de l'espèce A est rendue possible ou améliorée par la présence de l'espèce B ou vice-versa, la dernière, c'est quand la survie de l'espèce A est rendue impossible ou réduite par la présence de l'espèce B ou vice-versa. Ces trois types d'interactions se présentent sous plusieurs formes (Symbiose, mutualisme, inquilinisme, commensalisme, phorésie, épibiose, amensalisme, prédation, parasitisme, etc.) comme on le résume dans le tableau ci-dessous (Tableau 2)

Tableau 3: Différentes formes d'interactions hétérosécifiques.

Grain de l'espèce A				
		Positif (+): la vie de l'espèce est rendue possible ou améliorée	Neutre (0): l'espèce n'est pas affectée	Négatif (-): la vie de l'espèce est rendue impossible ou réduite
Grain de l'espèce B	Positif (+): la vie de l'espèce est rendue possible ou améliorée	Mutualisme, Symbiose	Inquilinisme, Phorésie, Epibiose, Commensale	Prédation, Parasitisme
	Neutre (0): l'espèce n'est pas affectée	Inquilinisme, Phorésie, Epibiose, Commensale	Neutralisme	Amensalisme
	Négatif (-): la vie de l'espèce est rendue impossible ou réduite	Prédation, Parasitisme	Amensalisme	Compétition

#### a) Le neutralisme

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

#### b) La compétition intersécifique

La compétition intersécifique peut être définie comme étant la recherche active, par les membres de deux ou plusieurs espèces, d'une même ressource du milieu (nourriture, abri, lieu de ponte, etc...).

Dans la compétition intersécifique, 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.

#### c) La prédation

Le prédateur est tout organisme libre qui se nourrit aux dépens 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'aux dépens d'une seule espèce).

#### d) Le parasitisme

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

On peut considérer le parasitisme comme un cas particulier de la prédation. Cependant, le parasite n'est pas vraiment un prédateur car il n'a pas pour but de tuer l'hôte. Le parasite doit s'adapter pour rencontrer l'hôte et survivre au détriment de ce dernier. L'hôte doit s'adapter pour

ne pas rencontrer le parasite et s'en débarrasser si la rencontre a eu lieu. Tout comme les prédateurs, les parasites peuvent être polyphages, oligophages ou monophages.

NB. La relation entre un prédateur et une proie est appelée prédation. La prédation ne peut pas être confondue au parasitisme.

Les prédateurs :

- ✓ sont toujours libres ;
- ✓ recherchent une nourriture vivante et donc tue leurs proies ;
- ✓ possèdent une taille supérieure à ses victimes ;
- ✓ possèdent une faible prolificité (immaturité sexuelle très longue) mais élèvent très bien les petits ;
- ✓ ont généralement une espérance de vie assez longue

#### e) **Le commensalisme**

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

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

#### f) **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 tirent profit de l'arbre (alimentation, abri...).

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

Exemple : Les lichens sont une association obligatoire formée par une espèce d'algue et celle d'un champignon.

#### g) **L'amensalisme**

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

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

#### h) **Inquilinisme.**

Un inquilin est une espèce qui s'associe à une autre espèce (hôte) pour l'utiliser comme habitat (abri) sans lui causer de préjudices et en se nourrissant en dehors de cette dernière.

Exemple : de petits poissons marins du genre *Carapus*, entrent par le cloaque le jour dans l'holothurie et la nuit, ils sortent pour aller chercher leur nourriture dans l'eau. Ils profitent donc de l'habitat et échappent aux prédateurs.

**i) Epibiose**

Un épibionte est une espèce qui s'associe à une autre espèce (hôte) pour l'utiliser comme un support permanent sans lui causer de préjudice. C'est le cas des épiphytes

**j) Phorésie**

Un phoronte est une espèce qui s'associe à une autre espèce (hôte) pour l'utiliser comme un moyen de transport sans lui causer de préjudice.

## CHAPITRE III. ÉTUDE DE LA DYNAMIQUE DES POPULATIONS ET DES PEUPELEMENTS

### 3.1. Caractéristiques des populations

Une population est l'ensemble d'individus d'une même espèce qui vivent sur un même milieu.

L'existence de populations implique que par exemple tous les individus d'une espèce ne se répartissent pas au hasard dans l'aire de distribution de l'espèce, que les populations sont alors assez strictement séparées les unes des autres, au moins d'un point de vue démographique

On réserve le nom de peuplement à l'ensemble des individus appartenant à plusieurs espèces qui coexistent dans un même milieu et qui forment des ensembles fonctionnels en interactions les uns avec les autres.

Une guilda est un ensemble fonctionnel simple et homogène dont les espèces sont fréquemment (mais pas toujours) apparentées du point de vue taxonomique. Ça correspond en général à des individus d'espèces différentes qui coexistent parce qu'ils exploitent les mêmes ressources de la même façon.

Les individus d'une population interagissent : coopération pour meilleure exploitation des ressources, compétition pour les ressources alimentaires ou pour les habitats, interactions d'accouplement, etc.

L'étude de la population concerne les variables spatiales, les variables démographiques et les variables génétiques. Étudier la population exige aussi de comprendre son évolution dans le temps et dans l'espace (Dynamique).

#### 3.1.1. Variables spatiales

Les individus d'une population ne sont pas uniformément distribués et le comportement et la structure du milieu règlent la répartition spatiale des individus. On distingue trois modalités de distribution des individus d'une population :

- ✓ La distribution uniforme, rarement rencontrée dans le milieu naturel, est un indice d'une compétition intense entre divers individus qui ont tendance à se tenir à égale distance les uns aux autres. La variance ( $s^2$ ) est égale à 0
- ✓ La répartition en agrégats ou contagieuse, celle-là plus fréquente, est due aux variations des caractéristiques du milieu ou bien au comportement des individus qui ont tendance à se grouper. La variance ( $s^2$ ) est supérieure à la moyenne
- ✓ La répartition au hasard (ou aléatoire) existe dans les milieux homogènes chez les espèces qui n'ont aucune tendance à se grouper et pour lesquelles la position dans l'espace de chaque individu est indépendante de celle des autres individus. La variance ( $s^2$ ) est égale à la moyenne

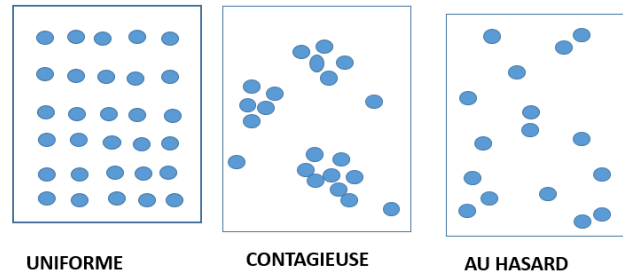


Figure 14: Schéma des trois modalités de distribution spatiale des individus d'une population

### 3.1.2. Variables démographiques

L'analyse d'une population exige de cibler différents paramètres dont l'abondance, les structures d'âge, la croissance (natalité, immigration), la décroissance (mortalité, émigration), la fécondité, la distribution par âge et par sexe qui permettent de dresser un portrait global de l'état d'une population et prennent d'autant plus d'importance lors de la réalisation d'un plan de conservation ou de gestion. Ces paramètres s'expriment généralement sous forme de taux.

#### 3.1.2.1. Abondance d'une population

Il est important de connaître l'abondance d'une population en particulier lorsqu'on souhaite l'exploiter (maintenir un effectif tout en prélevant des individus), la conserver (accroître son abondance et /ou empêcher son déclin) ou encore la contrôler (réduire une surpopulation)

Les méthodes qui permettent de déterminer l'abondance sont variées et consistent au comptage direct des individus quand il est facile et possible de procéder ainsi, à la détermination des échantillons représentatifs (itinéraires échantillons, transects, relevés), à la méthode de capture marquage – recapture, au piégeage, etc.

#### 3.1.2.2. Les structures d'âge

Les caractéristiques d'une population peuvent être déterminées par les structures d'âge. On établit les pyramides des âges, les tables et courbes de survie auxquelles on ajoute l'information sur le sex-ratio.

Une courbe de survie est une représentation graphique du nombre de survivants d'une cohorte, c'est-à-dire d'un groupe d'individus du même âge suivis de la naissance jusqu'à la mort, en fonction de l'âge.

On distingue théoriquement trois grands types de courbe de survie.

- ✓ Les courbes de type I sont aplaties au départ et s'incurvent brusquement. Elles correspondent à un faible taux de mortalité des jeunes et à un taux de mortalité des individus âgés élevé. Ce type de courbe de survie est celui d'une population ou d'une espèce qui produit peu de petits mais qui y apporte beaucoup de soins. C'est le cas par exemple des grands mammifères, les insectes sociaux ou la drosophile
- ✓ les courbes de type II décroissent de manière constante. Moins fréquentes, ces courbes sont celles des espèces dont le taux de mortalité est fixe au cours de la vie d'une population. C'est le cas de quelques végétaux annuels, des hydres ou encore beaucoup d'animaux domestiques.

- ✓ Les courbes de type III chutent fortement au départ puis s'aplatissent au niveau d'une valeur faible. Cela correspond à un fort taux de mortalité des jeunes et à un taux de mortalité faible chez les quelques survivants qui ont passé un âge critique. Ce type de courbe caractérise les populations et espèces qui ont une très forte fécondité mais qui apportent peu ou pas de soins à leurs jeunes. C'est le cas par exemple des mollusques, les crustacés, les poissons, oiseaux etc. .

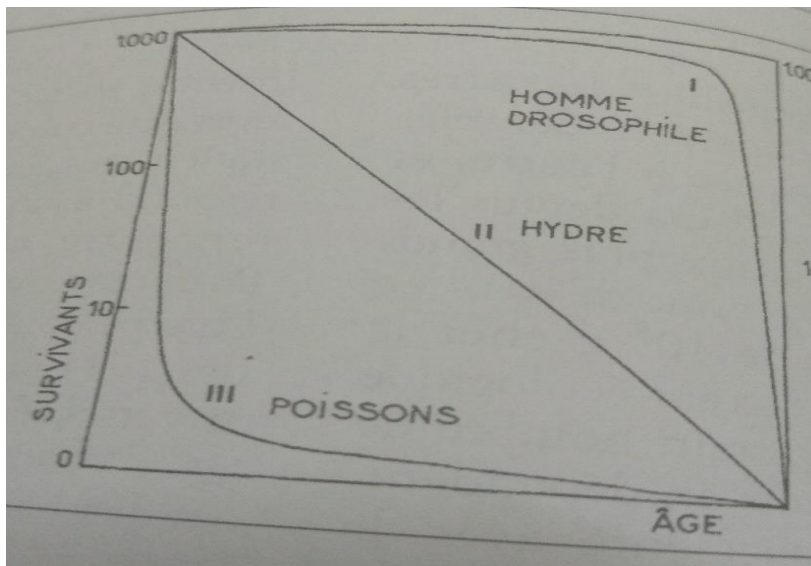


Figure 15: Types théoriques de courbes de survie : Convexe (I), Rectiligne (II), Concave (III) (in Dajoz, 2006, page 164)

La table de survie (également table de mortalité) est une construction qui permet de suivre minutieusement le destin d'une population. C'est un outil qui permet d'étudier le nombre de décès, les probabilités de décès ou de survie et l'espérance de vie selon l'âge et le sexe.

On distingue 2 types de tables de survie :

- ✓ La table de survie transversale qui indique à un moment donné la structure d'âge de la population et le taux de mortalité correspondant à chaque classe d'âge. Elle applique le quotient de mortalité et détermine les statistiques de la population au temps  $x$  en rapport avec le nombre de décès ( $d_x$ ), le nombre d'individus au début de l'intervalle ( $l_x$ ), le nombre de survivants ( $l_{x+1}$ ) avec  $d_x = l_x - l_{x+1}$ , l'espérance de vie  $e_x$  au début de l'âge  $x$ , avec  $e_x = 0,5 + l_{x+1} + \dots + l_{x+n} / l_x$

Tableau 4: exemple de table de survie transversale (dite du moment) pour les mâles de la population de *Cervus elaphus* de l'île de Rhum (Lowe, 1969 voir Dajoz, 2006 pge 161)

$x$	$d_x$	$l_x$	$100q_x$	$e_x$
1	282	1 000	282,0	5,81
2	7	718	9,8	6,89
3	7	711	9,8	5,95
4	7	704	9,9	5,01
5	7	697	10,0	4,05
6	7	690	10,1	3,09
7	182	684	266,0	2,11
8	253	502	504,0	1,70
9	157	249	630,6	1,91
10	14	92	152,1	3,31
11	14	92	179,4	2,81
12	14	78	218,7	2,31
13	14	64	279,9	1,82
14	14	50	388,9	1,33
15	14	22	636,3	0,86
16	8	22	1 000	0,5

Les tables de survie longitudinales qui indiquent l'évolution d'une cohorte d'individus depuis leur naissance jusqu'à leur disparition.

Tableau 5: Table de survie du lépidoptère *Choristoneura fumiferana* au Canada (Morris, 1963 in Dajoz, 2006 pge 162)

$x$	$l_x$	Facteurs de mortalité	$d_x$	$d_x$ en % de
Œufs	200	Parasites	10	15
		Autres	20	
		Total	30	
Larves jeunes	170	Dispersion	136	80
Larves âgées	34	Parasites	13,6	40
		Maladies	6,8	20
		Autres	10,2	30
Chrysalides	3,4	Total	30,6	90
		Parasites	0,35	10
		Autres	0,55	15
Imagos	2,5	Total	0,9	25
		Divers	0,5	20

Les pyramides des âges représentent graphiquement le nombre d'individus dans chaque classe d'âge, pour les femelles et pour les mâles.

On distingue :

- ✓ Un type à base large caractérisant les populations avec un nombre élevé de jeunes et ayant une croissance rapide,
- ✓ Un type à base étroite renfermant plus d'individus âgés que de jeunes et caractéristique des populations en déclin,
- ✓ Un type moyen ayant un pourcentage modéré de jeunes et correspondant à des effectifs à peu près stationnaires.

### 3.1.2.3. Paramètres de Croissance et décroissance d'une population

La sex-ratio est le rapport numérique entre les mâles et les femelles. Au départ égal en général à 1 par exemple chez l'homme, il évolue avec l'âge en raison de la mortalité différente des sexes. Ce ratio peut être influencé par les conditions non encore maîtrisées mais les contraintes du milieu y ont une grande part (température d'incubation des œufs, une seule reine est élevée chez les abeilles, humidité et richesses en nutriments chez certains végétaux dioïques, etc.)

L'effectif d'une population est également influencée par des facteurs de croissance comme la natalité, l'immigration, la forte fécondité) et les paramètres de décroissance (mortalité, émigration, etc.)

### 3.1.3. Variables génétiques d'une population

La génétique joue un rôle important dans les caractéristiques d'une population.

Le théorème de Hardy-Weinberg qui prévoit la stabilisation des génotypes des générations suivantes en fonction des allèles d'une génération de départ repose sur des hypothèses rarement réalisées (donc théoriques) et on a plusieurs comportements génétiques d'une population :

- ✓ Dans une population polymorphe au point de vue génétique, tous les individus n'ont pas la même aptitude à survivre et à se reproduire,

La valeur sélective (ou fitness) mesure le succès d'un génotype (allèle) de se retrouver dans la descendance.

Exemple : soit deux parents AA et BB avec les fréquences des allèles (p et q) de façon que  $p + q = 1$ , On peut exprimer théoriquement et en tenant compte de la fitness, la fréquence des allèles à la génération n et n+1

Tableau 6: Fitness et fréquence des allèles

Génotypes	AA	AB	BB
Fréquences des allèles à la génération n	$P^2$	2 pq	$Q^2$
Valeur sélective (fitness)	W1	W2	W3
Fréquences des allèles à la génération n+1	$W1. P^2$	2.W2. pq	$W3. Q^2$

A l'occasion des catastrophes qui affecte les individus et biotopes, on peut avoir une perte importante de la variabilité génétique qui affecte l'avenir de la population.

L'effet de goulot apparaît lorsqu'une population est réduite à un très petit nombre d'individus qui n'est pas représentatifs de la population de départ

- ✓ A l'occasion des phénomènes qui fragmentent les populations (obstacles, migration), la diversité génétique se perd et on parle de l'effet des fondateurs,
- ✓ L'isolement réduit le polymorphisme des populations et la probabilité d'extinction d'une espèce augmente lorsque son effectif diminue (dérive génétique s'accompagnant de beaucoup de pertes de gènes, consanguinité, gènes létaux et récessifs, etc.)
- ✓ Il y a l'action de la sélection :
  - Stabilisante qui élimine les cas extrêmes et favorise les cas moyens et nombreux,
  - Directionnelle qui sous l'action des facteurs du milieu fait qu'un phénotype soit peu à peu remplacé par un autre
  - Diversifiante qui dans les milieux hétérogènes augmente la fréquence des types extrêmes et conduit à la loge à la spéciation
  - Sexuelle qui correspond à l'apparition des caractères sexuelles secondaires et conduit elle aussi à la spéciation car les mâles adoptent des comportements différents
  - Artificielle, celle-là œuvre de l'homme, réalisée sur des animaux domestiques et plantes cultivées pour améliorer certaines caractéristiques

## 3.2. Dynamique des populations

La dynamique des populations analyse les mécanismes de variation démographique des populations dans le temps.

En effet, sous l'influence des conditions de l'environnement et des propriétés des individus, l'effectif des populations naturelle peut croître (elles ne croissent pas indéfiniment), rester stationnaire, fluctuer ou bien décroître jusqu'à extinction.

### 3.2.1. *Un modèle mathématique simple (théorique) de la croissance des populations*

La croissance des populations ne suit pas un seul modèle numérique. De façon simplifiée, l'effectif des populations varie en fonction de l'équilibre entre les processus de recrutement [natalité (n) + immigration (i)] et les processus de disparition [mortalité (m) +émigration (e)]

Mathématiquement donc, l'effectif  $N_t$  à un instant t se calcule en additionnant à l'effectif de départ  $N_{t-1}$  la différence entre les effectifs correspondant au recrutement (n+i) et les effectifs correspondant à la disparition (m+e)

$$N_t = N_{t-1} + (n+i-m-e) \quad (1)$$

Le taux de croissance  $r$  est la quantité de l'effectif ajouté pendant un instant considéré sur l'effectif initial

$$r = \frac{N_t - N_{(t-1)}}{N_{(t-1)}} \quad (2)$$

La taille de la population au temps  $t$  est donnée par la relation

$$N_t = N_{t-1} + r \cdot N_{t-1} \quad (3)$$

Dans la nature  $r$  est maximal lors de la phase de colonisation d'un milieu alors qu'il approche zéro au stade climacique.

En effet, une succession écologique est un processus d'évolution libre d'un milieu naturel au cours du temps.

Cela consiste en une série d'étapes devant se succéder dans un ordre adéquat : différentes communautés végétales et animales, sols, etc. se remplacent.

- la première communauté à s'installer sur un sol nu est dite pionnière
- les communautés suivantes constituent des séries
- la communauté finale est un état d'équilibre stable atteint par le complexe climat-sol-flore-faune en un lieu donné. Cet état d'équilibre est appelé climax.

Si la densité de la population augmente, les ressources peuvent devenir insuffisantes pour chaque individu, ce qui diminuera le taux de croissance.

$r = r_m - \alpha N$  (4) avec  $r_m$  : taux maximal ;  $N$  : effectif de la population ;  $\alpha N$  : frein qui bloque la croissance de la population

De (3) et (4), on  $N_t = N_{t-1} + (r_m - \alpha N_{t-1})N_{t-1}$

On peut alors dire que la croissance de la population est régulée par sa propre densité et fait intervenir l'effectif de début, le taux de croissance maximale et la capacité limite du milieu.

En supposant  $K =$  effectif capacité limite du milieu,  $K = \frac{r_m}{\alpha}$

$$N_t = N_{t-1} + r_m \left(1 - \frac{N_{t-1}}{K}\right) N_{t-1}$$

### 3.2.2. Croissance réelle d'une population

Dans la nature, plusieurs contraintes (non seulement l'insuffisance de nourriture ou densité de la population) peuvent combiner pour réduire l'augmentation de la population théoriquement attendue. La dynamique peut être affectée par des changements de l'environnement ou des variations dans la composition génétique de la population.

#### 3.2.2.1. Effets de la compétition intraspécifique

La compétition dont l'intensité dépend de la densité a une tendance régulatrice de l'effectif de la population par la réduction de la densité lorsque l'effectif de la population dépasse un certain seuil.

La surdensité a des effets sur la qualité et les performances des individus : affaiblissement physiologiques suite aux carences alimentaires, ralentissement de la croissance individuelle,

diminution de la fécondité et longévité, vulnérabilité aux prédateurs, parasites et maladies, modification du comportement, etc.

De tous ces effets, il résulte non seulement une diminution de la densité mais aussi une modification de la composition génétique de la population et de sa structure sociale.

### 3.2.2.2. Effets des facteurs de l'environnement.

La régulation naturelle de la croissance d'une population dépend de l'ensemble des interactions du système population-environnement.

La niche écologique étant l'ensemble des conditions dans lesquelles vit et se perpétue une population, on peut considérer plusieurs dimensions qui influencent la croissance de la population :

- Dimension alimentaire ;
- Dimension spatiale ;
- Dimension pluviométrique ;
- Dimension trophique, etc.

Sous l'influence du milieu, la population se modifie, se différencie et évolue

### 3.2.2. 3. Stratégies démographiques

La théorie des stratégies adaptatives repose sur l'hypothèse que l'ensemble des traits démographiques, écologiques, éthologiques et physiologiques d'une population sont co-adaptés et modelés par la sélection naturelle. Comme les milieux changent continuellement, la pérennité d'une espèce dépend de son aptitude à adapter sa stratégie démographique à de nouvelles conditions de l'environnement, de manière à maintenir des populations suffisamment importantes

La sélection naturelle agirait en ajustant certains paramètres (fécondité, âge et taille de première maturation...) en fonction des conditions écologiques, constituant ainsi une « stratégie vitale ».

Un effort de reproduction élevé, à chaque âge, conduit en théorie à une meilleure performance reproductive mais cet effort conduit également à une diminution de la survie et de la croissance.

La sélection naturelle favorise les individus qui présentent un effort de reproduction faible et qui allouent une partie plus importante de leur ressource vers d'autres fonctions (croissance par exemple) qui augmentent, en contrepartie, les chances de survie pour une reproduction future

Les espèces de stratégie dite « r » ont une durée de vie brève et un fort taux de reproduction et auraient évolué dans des conditions qui favoriseraient un fort taux de croissance (r).

Les caractères associés à la sélection « r » sont : maturation précoce, fort taux de croissance individuel, forte fécondité relative, descendants de petite taille, grand effort de reproduction et durée de vie courte. Ils sont censés évoluer chez des organismes occupant des environnements fluctuants avec une ressource abondante.

Inversement, les espèces ayant une grande durée de vie et un faible taux de reproduction auraient évolué dans des conditions qui favoriseraient la capacité à supporter de fortes densités d'individus, la sélection « K »

Les caractères associés à la sélection « K » sont : maturation tardive, taux de croissance individuel, fécondité relative et effort de reproduction faibles, descendants de grande taille, grande espérance de vie. Ils sont censés évoluer chez des organismes occupant des environnements dominés par la compétition trophique et spatiale

## CHAPITRE IV. NOTION D'ÉCOSYSTÈME

### 4.1. Définitions

« L'écosystème est un ensemble intégré, constitué de communautés animales et végétales (biocénoses) vivant dans un milieu (biotope). Cette unité fonctionnelle stable intègre les interactions entre les êtres vivants et avec leur milieu » (Montagne, 2009, La naissance de l'écologie, p 126)

L'écosystème est l'objet - et le concept - majeur de l'écologie. Il se caractérise par une structuration horizontale (répartition spatiale des structures), verticale (stratification) et temporelle (phénophases saisonnières).

L'écosystème est un niveau d'organisation du monde vivant, intermédiaire entre la population (structure génétique et démographique) et celui du paysage (complexe d'écosystèmes)

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

La nature et l'étendue des écosystèmes sont variables et ses éléments constitutifs sont eux-mêmes des sous-systèmes structurés, d'où les difficultés de délimiter les écosystèmes.

Les écosystèmes sont caractérisés par un ensemble de propriétés:

- ✓ Interaction avec un environnement (= milieu extérieur).
- ✓ Association étroite entre structure et fonction.
- ✓ « Finalité » vers un objectif lié à la structure. Cette structure est « finalisée » pour l'auto-organisation : évoluer et s'adapter.
- ✓ Autonomie de l'ensemble.
- ✓ Stabilité de l'ensemble.

Le système est reconnaissable au cours du temps mais non immuable. Le système évolue au cours du temps et une quantité importante d'information est héritée des temps précédents. Mathématiquement ce sont des dynamiques non linéaires.

### 4. 2. Les éléments d'un écosystème

Le concept « écosystème » date de l'année 1877 avec les écrits de FORBES et MOBIUS.

Ils considèrent que l'unité d'étude en écologie doit inclure à la fois les plantes, les animaux et leur environnement physique.

C'est à partir de ces idées que TRANSLEY, en 1935, proposa le terme écosystème qui, d'après lui, peut se traduire par la relation suivante :

**Écosystème = Biotope (X) Biocénose** et non **Écosystème = Biotope + Biocénose**

NB ! Le recours à la notation « (X) » (produit tensoriel) a été proposé par FRONTIER & PICHOD-VIALE (1995) pour remplacer le traditionnel « + ».

Cette notation mathématique implique l'existence d'interactions entre les éléments ainsi liés.

L'écosystème n'est donc pas seulement une juxtaposition de deux composantes matérielles mais représente aussi une unité fonctionnelle qui inclut à la fois les êtres vivants et le milieu dans lequel ils vivent avec toutes les interactions réciproques entre le milieu et les organismes.

Un écosystème complet comprend :

- ✓ des substances abiotiques organiques et inorganiques du milieu,
- ✓ des communautés d'organismes autotrophes capables de synthétiser la matière organique à partir du milieu inorganique,
- ✓ des organismes consommateurs ou hétérotrophes
- ✓ des décomposeurs qui transforment la matière organique en substances inorganiques.

L'écosystème est une unité écologique relativement stable dans le temps et ouverte.

Il y a toujours des éléments qui entrent et ceux qui sortent ;

- ✓ Ceux qui entrent sont : l'énergie solaire, l'eau, les minéraux, les gaz...
- ✓ Ceux qui sortent sont : la chaleur, l'oxygène, le dioxyde de carbone et d'autres gaz, les composés humiques et les substances biogènes.

Les interactions entre individus peuvent avoir lieu au sein de la même espèce (entre individus différents) auquel cas on parle de relations intra spécifiques ou entre individus appartenant à des espèces différentes et on parle de relations interspécifiques.

Les interactions intra spécifiques peuvent être caractérisées comme :

- ✓ Négatives (exemple de la lutte pour la nourriture)
- ✓ Positives (exemple de l'association de 2 partenaires pour la reproduction)

Les Interactions interspécifiques peuvent être caractérisées comme :

- Négatives (exemple de parasitisme, prédation, compétition)

Compétition : conflit pour l'accès à une ressource exploitée de façon simultanée

Pour les relations proies-prédateurs on parle :

- ✓ de parasitisme où le parasite vit aux dépens de son hôte,
- ✓ de prédation où un prédateur tue ou prélève sa nourriture d'une espèce vivante,
- ✓ de saprophage ou saprophyte quand un être vivant animal ou végétal tire sa nourriture du matériel organique mort)

NB ! Une espèce, qu'elle soit un prédateur en bout de chaîne alimentaire ou non, sera toujours limitée par la quantité d'habitat disponible, la quantité de nourriture à laquelle elle peut accéder et l'existence de prédateurs.

Suivant le nombre de proies consommées, on a :

- ✓ les monophages (une proie),
- ✓ les oligophages (quelques espèces proches consommées),
- ✓ les polyphages (nombreuses espèces de proies sont ingérées)

On peut distinguer avec Holling<sup>1</sup> 2 types de réponses du prédateur face aux proies :

- ✓ Une réponse fonctionnelle : augmentation du nombre de proies consommées lorsque la densité de la proie augmente;
- ✓ Une réponse numérique : changement de densité du prédateur lorsque le nombre de proies augmente.

Cela revient à dire que quand le nombre de proies disponibles augmente, un prédateur peut d'abord réagir en modifiant son taux de prédation (réponse fonctionnelle) et ensuite augmenter ses effectifs (réponse numérique).

Selon Barbault (1993), quand les proies ont une distribution groupée, les prédateurs sélectionnent de préférence les zones où la densité des proies est maximale (réponse agrégative).

Le prédateur doit optimiser son gain d'énergie (nourriture) en fonction de ses dépenses

La Prédation a essentiellement pour rôle la nutrition d'un prédateur aux dépens de proies mais il existe aussi d'autres rôles pour un écosystème dont :

- ✓ l'élimination des animaux malades : ils sont les plus faciles à capturer; maintien de l'état sanitaire des populations de proies; peut enrayer des épidémies ;
  - ✓ la prédation sélective : peut induire une sélection de certains individus et une évolution (spéciation);
  - ✓ une organisation des peuplements : la prédation favorise une diversité élevée en maintenant les populations à un faible niveau et en empêchant certaines espèces de ne pas monopoliser les ressources à leur profit.
- Positives (exemple de Commensalisme, Mutualisme, Symbiose)
- ✓ Mutualisme: C'est un phénomène d'association bénéfique mais non obligatoire entre deux espèces vivantes. (exemple du cas des pique-bœufs, oiseaux qui se nourrissent des tiques de la peau des grands mammifères herbivores africains). Il y a bénéfice mutuel: abri et nourriture pour l'oiseau; suppression des parasites pour l'herbivore.
  - ✓ Symbiose: la symbiose constitue un phénomène d'association obligatoire pour les organismes qui la pratiquent et se traduit par un bénéfice réciproque. (Exemple : les lichens constituent des symbioses d'importance écologique considérable entre algues et champignons)

---

<sup>1</sup> Holling, C.S., 1959. The components of predation as revealed by a study of small mammal predation of the european pine sawfly. *Canad. Entomol.* 91 : 293-320

- ✓ Phorésie: phénomène par lequel un invertébré peut se faire transporter par une espèce dépourvue de toute affinité systématique avec son passager.

La phorésie est donc un processus actif qui s'oppose à la zoochorie (transport de végétaux par les animaux) et à l'anémochorie (transport par le vent de graines et semences) qui sont des modes passifs de transport, tributaires du hasard.

Un système dans son ensemble montre une persistance si tout blocage du flux d'énergie/matière en un point du réseau peut être compensé par la mise en fonction d'un autre cheminement.

A l'opposé, un système représenté par une seule proie et un seul prédateur est constamment menacé par le risque de disparition d'un des deux éléments.

Toutefois, la diversité est une condition nécessaire à la stabilité d'un système, mais n'est pas suffisante.

### 4. 3. Classification des écosystèmes

Les divers écosystèmes de la Biosphère sont repartis en deux groupes d'après leur nature :

- ✓ Les écosystèmes terrestres associés au continent émergé. On parlera d'écosystèmes forestiers (forêts), les écosystèmes prairiaux (prairies) suivant les biotopes considérés.
- ✓ Les écosystèmes aquatiques dépendant de l'hydrosphère et qu'on peut subdiviser en écosystèmes limniques (lacs, étangs, fleuves, marais), littoraux (lagunes, estuaires, embouchures, mangroves) et marins ou océaniques. On distingue des écosystèmes aquatiques lenticques pour les eaux continentales calmes à renouvellement lent (lacs, marécages, étangs) et écosystèmes aquatiques lotiques pour les eaux continentales courantes (rivières, fleuves).

D'après l'étendue on peut distinguer :

- ✓ Les microécosystèmes peu étendus comme un tronc d'arbre mort, une flaque d'eau
- ✓ Les mésoécosystèmes d'étendue moyenne comme une forêt, un étang
- ✓ Les macroécosystèmes très étendus comme l'océan.

D'après l'impact de l'homme, on distingue :

- ✓ Des agrosystèmes (ou agroécosystèmes) : écosystèmes créés ou modifiés par l'homme,
- ✓ Ecosystèmes naturels

#### 4.4. Méthodes d'études d'un écosystème

Les méthodes d'étude d'un écosystème varient en fonction du milieu et de la nature d'information qu'on désire collecter (milieu aquatique, terrestre, végétaux, animaux, paramètres physicochimiques)

Toutes les méthodes ont en commun :

- ✓ l'impératif de bien choisir la zone de l'écosystème qui le définit avec le plus d'exactitude
- ✓ Quadriller la zone afin d'y effectuer des mesures ou des relevés
- ✓ l'exploitation des résultats

##### 4.4.1. *Choix de la zone et préparation de l'étude*

La zone à étudier devra être représentatif du milieu et on évitera les zones sensibles, fragiles qui déterminent des conditions écologiques trop particulières. Il faut proscrire les relevés réalisés à cheval sur deux milieux différents qui sont objet de l'effet de lisière que l'on rencontre dans les écotones.

La réalisation de l'étude exige un travail de préparation du matériel nécessaire aux relevés et mesures (décamètre, boussole, GPS, ficelle étalonnée, piquets, matériel de récolte et de conservation des plantes et animaux, appareils de mesures, matériels de saisi des observations, ouvrages de détermination, etc.

En effet, l'étape la plus critique de la mise en œuvre et de la réalisation d'une étude n'est pas la collecte des données, la présentation ou l'interprétation, mais plutôt le plan. Un plan réalisé avec soin permettra d'accroître l'efficacité, de réduire les coûts et de donner lieu à une meilleure interprétation.

##### 4.4.2. *Travail de terrain*

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées et le choix dépend du milieu et de l'information recherchée.

La méthode de quadrats est la plus classique pour l'étude des écosystèmes terrestres mais ne peut pas être utilisée pour les écosystèmes aquatiques par manque de repère sur l'eau.



Figure 16: Un dispositif de quadrat dans une pelouse.

La méthode des transects qui permet la collecte sur une ligne s'applique aussi bien dans les peuplements des milieux aquatiques que des milieux terrestres.

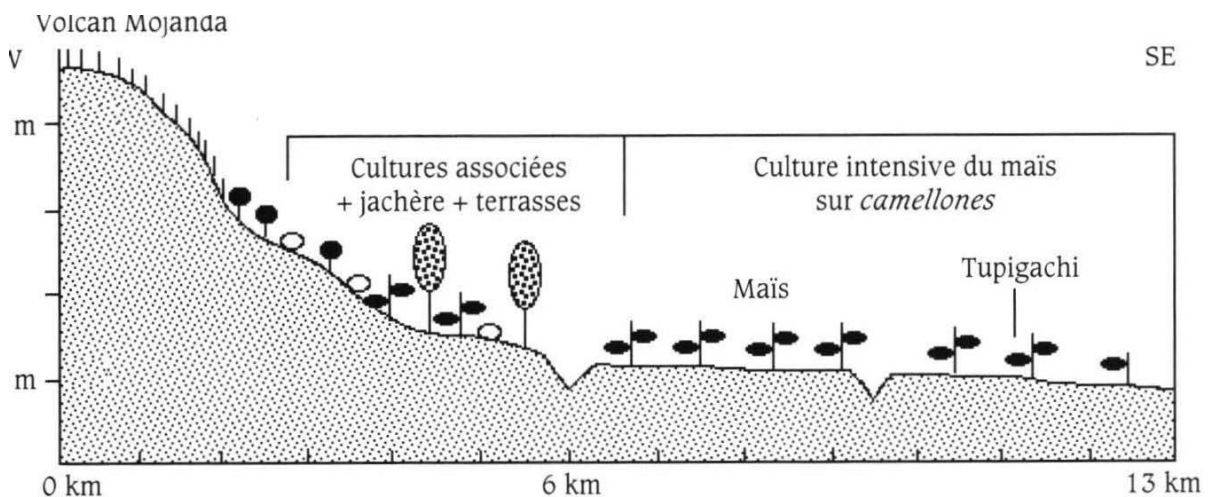


Figure 17: Schéma d'un transect réalisé dans un agroécosystème (De Noni, Georges et al, 2001)

La méthode des indices de présence (IPA : indices ponctuels d'abondances et IKA : indices kilométriques d'abondances) a été utilisée par les ornithologues et se présente comme une variante de la méthode des transects car elle récence le nombre d'oiseaux observables depuis un poste fixe et un temps précis pour l'IPA ; sur une distance déterminée en ligne droite et à vitesse constante pour l'IKA.

#### 4.4.3. Exploitation des résultats

Les données tirées du terrain sont traitées, subissent des analyses et les phénomènes analysés sont interprétés.

L'exploitation des données fait souvent appel à des spécialités (physique, pédologie, botanique, zoologie, physiologie, etc. sans oublier les maths et statistiques pour les analyses et schématisation des résultats.

On gardera à l'esprit que l'écologie est par essence une science pluridisciplinaire.

## 4.5. Les services rendus par les écosystèmes

Les services fournis par les écosystèmes sont nombreux et les hommes dépendent (bien que la plupart n'en soit pas conscients) de façons multiples et souvent subtiles de la diversité qui les entoure.

Les services les plus perceptibles concernent le maintien de la qualité de l'environnement, la valeur agricole et industrielle, la santé des hommes et la génération des valeurs économiques

L'évaluation des écosystèmes du millénaire (M.A, 2005) a innové en ce qui est de la façon dont les scientifiques évaluent les écosystèmes en dépassant l'aspect purement économique de la biodiversité et en mettant un accent sur les services rendus par les écosystèmes pour le bien être humain (valeur culturelle, valeur éthique et sociale des écosystèmes).

Par définition, les services éco systémiques sont les bénéfiques que les hommes tirent des écosystèmes. L'évaluation des Ecosystèmes pour le Millénaire en a identifié de quatre catégories:

- ✓ les services d'approvisionnement,
  - ✓ les services de régulation,
  - ✓ les services support,
  - ✓ les services culturels et sociaux.
- Les services d'approvisionnement permettent aux hommes d'obtenir des biens commercialisables, par l'exploitation des écosystèmes tels que la nourriture, les fibres, le bois d'œuvre, la soie, bois énergie, tourbe, le fumier et autres matériaux qui servent de sources d'énergie, les ressources génétiques, les plantes médicinales, les ressources ornementales, la faune chassable ou gibier, poisson, coquillage et autres produits forestiers non ligneux.
  - Les services de régulation sont des bénéfiques obtenus de la régulation des processus des écosystèmes, tels que :
    - ✓ le maintien de la qualité de l'air : les écosystèmes apportent des produits chimiques et extraient des produits chimiques de l'atmosphère, influençant ainsi la qualité de l'air.
    - ✓ La régulation du climat : les écosystèmes influencent le climat aussi bien à échelle locale qu'à échelle globale. Par exemple, à échelle locale, des changements dans l'occupation du sol peuvent influencer aussi bien les températures et le régime des précipitations. A échelle globale, les écosystèmes peuvent jouer un rôle important dans le climat, soit en séquestrant soit en émettant des gaz à effet de serre.
    - ✓ le cycle de l'eau : la récurrence et l'importance du ruissellement, des inondations, et la recharge des aquifères peuvent être fortement influencés par les changements dans l'occupation des sols, par des altérations qui peuvent changer le potentiel de stockage de l'eau au niveau de l'écosystème. De telles altérations peuvent être déterminées par la conversion des zones humides ou des forêts en zones agricoles, ou des zones agricoles en zones urbaines.

- ✓ le contrôle de l'érosion : la couverture végétale joue un rôle important dans la rétention du sol et dans la prévention des glissements de terrain.
- ✓ la purification de l'eau et le traitement des déchets : les écosystèmes peuvent apporter des impuretés dans l'eau, mais peuvent aussi aider à filtrer et décomposer les déchets organiques introduits dans les zones humides, les eaux intérieures et les écosystèmes marins.
- ✓ la régulation des maladies humaines : les changements dans les écosystèmes peuvent changer directement l'abondance des pathogènes humains tels que le choléra, et peuvent modifier l'abondance des vecteurs de maladies, tels que les moustiques.
- ✓ le contrôle biologique : les changements des écosystèmes peuvent affecter la prévalence des maladies et des prédateurs des cultures et du cheptel.
- ✓ la pollinisation : les changements des écosystèmes peuvent affecter la distribution, l'abondance et l'efficacité de la pollinisation.
- ✓ la protection contre les tempêtes et contre les inondations. Par exemple, la présence des écosystèmes forestiers peut diminuer l'intensité des vents et/ou des eaux
- Les services support : sont ceux qui sont nécessaires pour la production de tous les autres services de l'écosystème. Ils sont différents des autres catégories de services, par le fait que leurs effets sur les hommes sont soit indirects soit apparaissent sur des longues périodes de temps. Ainsi, certains services, tel que le contrôle de l'érosion, peuvent être caractérisés aussi bien comme « support » ou « de régulation » en fonction de l'échelle de temps des effets de ses changements sur les êtres humains. Par exemple, les êtres humains n'utilisent pas directement les services de formation de sol de l'écosystème (services « support »), même si des changements dans ce service affecteraient indirectement les êtres humains par l'effet sur la production alimentaire.

De la même manière, la régulation du climat est caractérisée comme étant un service de « régulation » car les changements de l'écosystème peuvent avoir un effet sur le climat local et/ou global à des échelles courtes, comparables avec l'échelle de la vie humaine (décennies ou siècles), alors que la production d'oxygène par le processus de photosynthèse est un service « support » car tout impact sur la concentration d'oxygène de l'atmosphère et sur sa disponibilité aux humains ne se manifesterait qu'à une échelle très longue de temps. Des exemples de services support sont la production primaire, la production d'oxygène atmosphérique, la formation et la rétention du sol, les cycles bio-géo-chimiques, le circuit de l'eau, et l'offre de habitat.

- Les services culturels et sociaux sont des bénéfices non-matériels obtenus par les hommes à partir des écosystèmes à travers l'enrichissement spirituel, le développement cognitif, la réflexion, la création, les expériences esthétiques, comprenant :
  - ✓ l'offre d'emploi, qui est le résultat de la gestion, restauration, protection etc. des écosystèmes
  - ✓ les valeurs éducatives : les écosystèmes et leurs composantes fournissent une base pour l'éducation dans beaucoup de sociétés

- ✓ source d'inspiration ; les écosystèmes offrent une source d'inspiration riche pour l'art, le folklore, les symboles nationaux, l'architecture et la publicité.
- ✓ les valeurs esthétiques : beaucoup de personnes trouvent de la beauté ou des valeurs esthétiques dans des aspects variés des écosystèmes ; ceci se reflète par exemple dans les visites des parcs, des « paysages » et dans le choix des localisations pour construire des maisons.
- ✓ des relations sociales : les écosystèmes influencent les relations sociales. Par exemple, le fait de bénéficier des aspects esthétiques et récréatives des écosystèmes (forestiers, parcs urbains...) peut contribuer au renforcement des liens sociaux (ex. entre les jeunes d'un groupe, entre les voisins...)
- ✓ les valeurs « patrimoniales » : beaucoup de sociétés apprécient le maintien de paysages historiquement importants (« paysages culturels ») ou d'espèces ayant une signification culturelle.
- ✓ récréation et éco-tourisme - par exemple, les gens choisissent souvent les endroits de leurs vacances en fonction des caractéristiques naturelles du lieu.

#### 4.6. Notion de la niche écologique

En principe deux espèces ayant exactement les mêmes besoins ne peuvent cohabiter. Il y a forcément une compétition entre les deux (principe d'exclusion compétitive de Gause). Cependant, on a trouvé dans la nature des espèces voisines ayant apparemment les mêmes exigences alimentaires, qui cohabitent sans entrer en compétition.. Cela est dû au fait que ces espèces ont des niches écologiques différentes (notion de niche écologique est développée pour la première fois par ELTON en 1927).

La niche écologique d'une espèce, désigne à la fois une localisation et une fonction. A chaque espèce correspond une niche écologique qui se distingue de son biotope. La niche écologique d'un animal par exemple est sa place dans l'environnement abiotique (biotope), ses relations avec sa nourriture et ses ennemis.

La connaissance de la niche écologique permet de comprendre la structure, l'organisation des écosystèmes et de répondre aux questions suivantes :

- ✓ comment, où et au dépens de qui se nourrit telle espèce ?
- ✓ Par qui est-elle mangée ? Comment et où se repose -telle ?
- ✓ Comment se reproduit-elle ?

Pour bien comprendre cette notion de la niche, il faut distinguer les trois axes suivants :

- ✓ un axe spatial qui prend en compte l'habitat de l'espèce
- ✓ un axe trophique qui caractérise le régime alimentaire et
- ✓ un axe temporel qui montre comment l'espèce utilise l'espace et la nourriture en fonction du temps (rythme d'activités)

Si on considère la niche écologique, on peut distinguer ;

- ✓ des espèces allopatriques : Espèces voisines dont les aires de répartition sont distinctes. Leurs niches écologiques peuvent être séparées, contiguës ou chevauchées particulièrement.
- ✓ des espèces sympatriques : Espèces qui cohabitent dans une aire plus ou moins vaste. Leurs niches écologiques peuvent se superposer partiellement ou l'une peut être totalement incluse dans l'autre.

## CHAPITRE V. LES STRUCTURES TROPHIQUES

Les êtres vivants qui peuplent une communauté sont unis les uns aux autres par des liens de nature alimentaire jouant un rôle essentiel dans la cohésion de la biocénose. Ces liens forment des chaînes et réseaux alimentaires ou trophiques.

### 5.1. Chaînes et réseaux alimentaires

Une chaîne trophique ou alimentaire est, par définition, une suite d'êtres vivants dans laquelle les uns mangent ceux les précédents dans la chaîne avant d'être mangés par ceux qui les suivent.

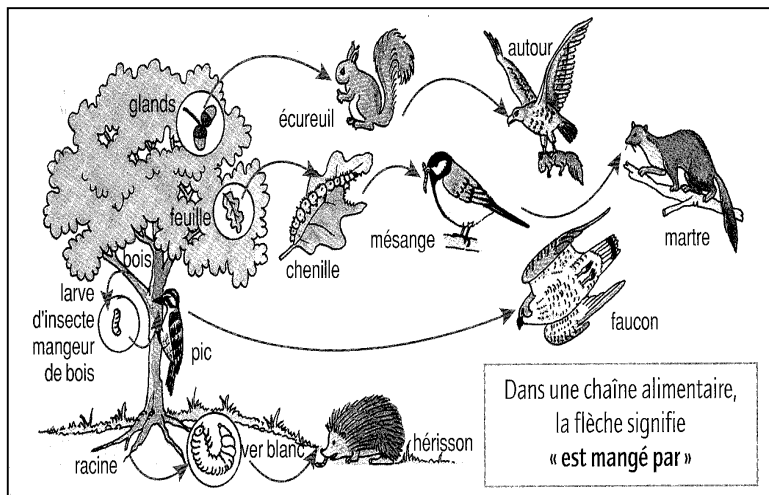


Figure 18: Exemple de chaînes alimentaires

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 entre les différents niveaux de la chaîne alimentaire

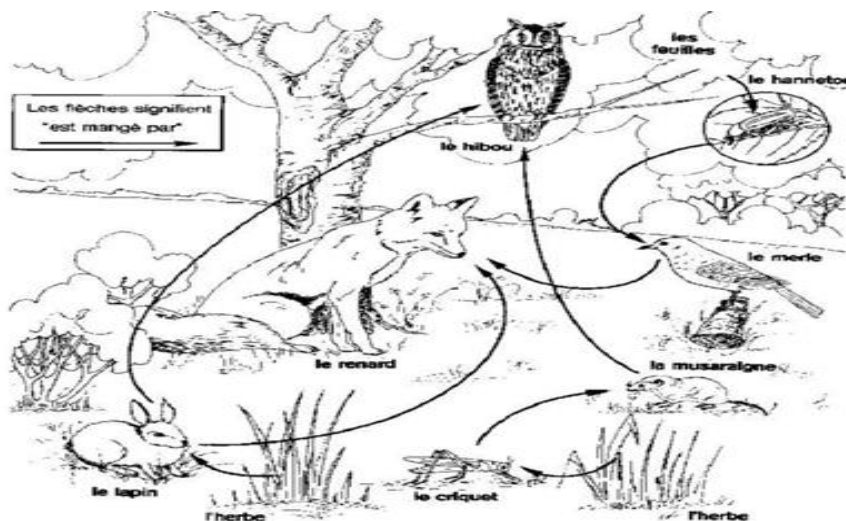


Figure 19: Exemple de réseau Trophique

Dans une chaîne ou réseau trophique, on retrouve 3 catégories d'êtres vivants :

- ✓ Les producteurs primaires (végétaux chlorophylliens) capables de synthétiser la matière organique à partir des éléments minéraux et du soleil.
- ✓ Les consommateurs (herbivores, carnivores) qui ne peuvent vivre directement ou indirectement qu'aux dépens de la matière organique fabriquée par les producteurs. En ce qui concerne les consommateurs, on peut distinguer ceux qui mangent les producteurs (herbivores et parasites végétaux) et ceux qui mangent les herbivores (carnivores de 1<sup>er</sup> ordre). Il y a même ceux qui consomment d'autres carnivores. On distingue alors des consommateurs de 1<sup>er</sup>, 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup>... ordre.
- ✓ Les décomposeurs (bactéries) qui assurent la transformation de la matière organique morte en éléments minéraux.

Ces 3 catégories d'êtres vivants dépendent étroitement les unes des autres.

Trois types de chaînes trophiques sont habituellement distingués :

- ✓ Les chaînes trophiques des prédateurs : Elles se caractérisent en générale par la taille croissante des espèces qui la composent.

Exemple : cotonnier -> puceron coccinelle-> oiseau insectivore -> rapace

- ✓ Les chaînes trophiques des parasites : Elles partent des organismes de grande taille vers les êtres de petite taille.

Ex : Herbe ->mammifère herbivore-> puce Leptomonas

- ✓ Les chaînes des saprophytes ou à base des détritivores : Ce sont des chaînes où on retrouve spécialement des détritivores comme les invertébrés et les décomposeurs comme les bactéries et les champignons.

Exemple : Les feuilles non consommées par les herbivores tombent et sont d'abord fragmentées par de nombreux animaux saprophages puis reprises par les vers de terre qui dispersent l'humus formé dans les horizons superficiels du sol. Les champignons développent leur mycélium sur cette matière et à l'extrémité de la chaîne, les microorganismes décomposeurs ou bioréducteurs achèvent la minéralisation de la matière morte en produisant du nitrate.

En réalité, ces trois types de chaînes trophiques coexistent toujours dans un écosystème de sorte que plusieurs espèces peuvent appartenir à la fois à plusieurs chaînes alimentaires dont l'ensemble constitue un réseau alimentaire ou réseau trophique. Une même espèce animale ou végétale peut donc servir d'aliment à plusieurs autres espèces.

Dans une chaîne trophique, on peut distinguer plusieurs niveaux trophiques ou étages. Les végétaux chlorophylliens, les herbivores les consommateurs de 2<sup>e</sup> ordre et ceux de 3<sup>e</sup> ordre constituent respectivement le 1<sup>er</sup>, le 2<sup>ème</sup>, le 3<sup>ème</sup>, le 4<sup>e</sup> niveau trophique.

Donc, des organismes appartiennent au même niveau trophique lorsque, dans une chaîne alimentaire, ils sont séparés des végétaux autotrophes par le même nombre de maillons.

Pimm (1982) a proposé des règles qui régissent la structure des réseaux trophiques dont les principales sont :

- ✓ Les chaînes alimentaires sont en général courtes, le nombre de 4 niveaux est le plus fréquent et le nombre maximum, rarement observé, est de 10

- ✓ La longueur des chaînes alimentaires-prédateurs n'est pas limitée par l'importance de la production primaire mais au-dessous d'une valeur seuil, l'existence du troisième niveau devient aléatoire
- ✓ La taille des prédateurs n'influe pas sur le nombre de niveaux trophiques
- ✓ Les omnivores sont rares et se nourrissent aux dépens des espèces des niveaux les plus proches d'eux
- ✓ Dans un habitat, les réseaux trophiques sont rarement compartimentés en chaînes trophiques
- ✓ Les boucles de type A mange B et B mange A ou A mange A sont rares
- ✓ La variabilité du milieu influe sur la complexité des réseaux trophiques

Beaucoup d'écologues recherchent les facteurs qui déterminent la stabilité des communautés et rattachent la stabilité des communautés à la complexité des réseaux (ce n'est pas toujours le cas). Ils attachent alors beaucoup d'importance aux espèces clés de voûte (espèces de liaisons) dans les programmes de conservation.

On désigne sous le nom de connectance le rapport entre le nombre réel de liaisons trophiques qui existent entre les diverses espèces d'un réseau trophique et le nombre théorique maximum possible.  $C = L/S^2$  avec  $C$  : la connectance,  $L$  : le nombre de liaisons entre espèces et  $S$  : le nombre d'espèces.

## 5.2. Pyramides écologiques

La structure d'un écosystème peut être décrite en termes d'individus, de biomasse, ou d'énergie. On peut la représenter graphiquement à l'aide des pyramides écologiques construites en superposant plusieurs rectangles de même largeur et proportionnels au nombre d'individus ou à la masse de matière vivante ou d'énergie présente à chaque niveau trophique. Selon qu'on se base sur le nombre, la biomasse et l'énergie on peut distinguer les pyramides des nombres, des biomasses et des énergies.

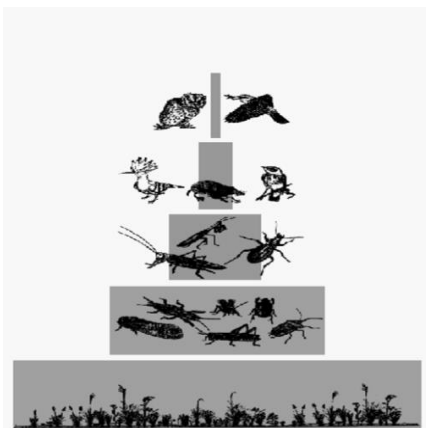


Figure 20: Schéma d'une pyramide écologique

Pour une pyramide des nombres, chaque rectangle est proportionnel au nombre d'individus que l'on trouve à un niveau trophique donné. Quand on s'élève dans la chaîne alimentaire, les individus sont de moins en moins nombreux; leur taille augmente; la fécondité diminue.

Pour une pyramide des biomasses, chaque rectangle est proportionnel au poids des individus rencontrés à un niveau donné. On tient compte de la perte de matière d'un niveau à l'autre. Ainsi, en forêt, les végétaux représentent une masse importante par rapport à certains consommateurs.

Pour une pyramide des énergies, chaque rectangle est proportionnel à l'équivalent en calories de l'ensemble des individus d'un même réseau trophique. Cette représentation traduit les véritables flux d'énergie entre les différents niveaux mais les bilans énergétiques sont parfois difficiles à établir.

La conversion des biomasses en leur équivalent énergétique est obtenue par la mesure de la quantité de chaleur dégagée par la combustion. Les valeurs moyennes sont : Glucides (17,2 kJ/g), Protéines (23,6 kJ/g), Lipides (39,5 kJ/g)

NB ! Dans beaucoup de travaux, les quantités d'énergies sont exprimées en calories (kilocalories) et la conversion en joules se fait suivant la relation : 1 cal = 4,185 j.

A chaque étape de la chaîne trophique, une part substantielle de l'énergie solaire captée au niveau des producteurs est perdue sous forme de chaleur qui retourne dans l'atmosphère. De ce fait, l'énergie n'est pas recyclable.

De même, les organismes de chaque niveau trophique transmettent moins d'énergie qu'ils n'en reçoivent.

Dans les écosystèmes, seule une fraction (10 - 20%) de l'énergie se trouvant dans un niveau donné d'une chaîne trophique est transmise aux organismes de niveaux trophiques supérieurs (Loi de 10% ou loi de LINDEMAN).

L'énergie décroît d'un niveau à un autre pour des raisons suivantes :

- ✓ à partir des éléments disponibles, seuls, une partie est effectivement prélevée et dévorée par le niveau supérieur.
- ✓ une partie des aliments ingérés n'est pas digérée et sort du tube digestif à l'état des déchets ou excréta.
- ✓ une partie est effectivement assimilée et sert :
  - à assurer les dépenses d'entretien (métabolisme de base) et ces dépenses sont de nature énergétique mais aussi plastique (renouvellement constant des tissus),
  - à permettre les déplacements dans le cas des organismes mobiles.
- ✓ seul un pourcentage d'aliments digérés est transformé au profit de la masse corporelle de l'organisme (formation des tissus nouveaux) ou pour assurer la production des éléments nécessaires à la reproduction ou à la constitution des réserves.

## CHAPITRE VI. FONCTIONNEMENT DES ECOSYSTEMES

Un écosystème comprend généralement trois groupes fonctionnels d'organismes vivants : des **producteurs** (les plantes), des **consommateurs** (animaux herbivores et animaux carnivores) et des **décomposeurs** (champignons et bactéries du sol). Dans ce chapitre, on se penche d'abord sur les mécanismes de conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique, puis aux transferts d'énergie entre ces différents groupes fonctionnels. Ensuite, on s'intéresse aux rendements de ces transferts qui sont faibles.

### 6.1. Les écosystèmes, convertisseurs d'énergie

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

- ✓ le **rayonnement électromagnétique de courte longueur d'onde** (lumière),
- ✓ le **rayonnement électromagnétique de grande longueur d'onde** (infrarouges : chaleur),
- ✓ l'**énergie chimique** (sous forme de molécules organiques : sucres, etc.).

La conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique a lieu dans les plantes : c'est la **photosynthèse**.

La conversion de l'énergie chimique en chaleur (par oxydation du glucose) a lieu dans les plantes, les animaux et les microorganismes : c'est la **respiration**.

### 6.2. Ecosystèmes et lois de la thermodynamique

L'analyse du **bilan énergétique des écosystèmes** est fondée sur les deux premiers principes de la thermodynamique :

- ✓ Le premier principe stipule que l'énergie entrant dans un écosystème est entièrement conservée au cours de son transfert dans les différents compartiments de l'écosystème.
- ✓ Le second principe se manifeste en écologie par le fait que la conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique par la photosynthèse et la récupération de l'énergie chimique contenue dans le glucose par la respiration ne se font pas avec une efficacité de 100 % : des pertes se produisent, sous forme de chaleur.

### 6.3. La production primaire

Les plantes reçoivent de l'énergie sous forme de rayonnement électromagnétique de courte longueur d'onde (**lumière**).

La **photosynthèse** convertit une partie de cette énergie en énergie chimique, c'est-à-dire en énergie de liaison entre atomes dans la molécule de **glucose**.

Cette quantité d'énergie fixée par l'écosystème est la **production primaire brute (PB1)**.

L'efficacité des plantes dans la capture d'énergie solaire se mesure par le rapport entre **PB** et la quantité totale d'énergie lumineuse reçue. Cette efficacité de la photosynthèse est très faible : moins de 5 %. On peut attribuer ce manque d'efficacité notamment aux facteurs suivants

- ✓ Les plantes ne peuvent utiliser que la lumière bleue et la lumière rouge ; les autres longueurs d'onde sont mal utilisées (notamment le vert : les plantes nous apparaissent vertes parce qu'elles n'absorbent pas cette couleur !).
- ✓ Une grande partie de la lumière entrant dans une feuille est absorbée par l'eau, les parois cellulaires et d'autres constituants de la feuille avant d'avoir pu être utilisée par la chlorophylle.
- ✓ Les conditions de température, d'humidité, d'alimentation minérale, etc. sont rarement optimales et limitent la vitesse de la photosynthèse

Le rendement Net est la quantité d'énergie produite (sans les dépenses) donc disponible pour les herbivores sur la quantité totale de l'éclairement reçu.

Une partie de cette production brute est brûlée par la **respiration des plantes (R1)**, qui libère de la chaleur. La partie qui n'est pas respirée est la **production primaire nette (PN1)**. On a donc : **PN1 = PB1 - R1**

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

$$PN1 = T1 + L1 + C1$$

#### **6.4. Transferts d'énergie dans les chaînes trophiques ou production secondaire**

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

- ✓ accroissement de la taille et du nombre d'individus de la communauté d'herbivores (**T2**),
- ✓ respiration des herbivores (**R2**),
- ✓ prédation par les carnivores (**C2**),
- ✓ cadavres et déchets (**L2**).

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

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

- ✓ accroissement de masse des organismes du sol (incrément **T4**),
- ✓ accroissement de la quantité de matière organique morte dans le sol (humus : **DH**),

- ✓ respiration des organismes du sol (**R4**).

## 6.5 Bilan d'énergie de l'écosystème

Voyons la répartition finale de l'énergie entrée dans l'écosystème sous forme de production brute **PB**.  $R = R1 + R2 + R3 + R4$

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

$$PB = R + T + DH$$

Dans un **écosystème à l'équilibre**, toute l'énergie entrant dans l'écosystème est transformée en chaleur. Dans ces écosystèmes, les populations vivantes et la matière organique morte sur le sol ne grandissent plus ( $T = 0$  et  $DH = 0$ ). La forêt vierge équatoriale est un exemple d'écosystème proche de l'équilibre.

Les **agroécosystèmes** sont maintenus par l'homme **loin de l'équilibre** : ils produisent chaque année un excédent de matière organique qui est récolté par l'homme (production végétale ou production animale).

## 6.6. Types de rendements

A chaque étape de la chaîne trophique, une part substantielle de l'énergie solaire captée au niveau des producteurs est perdue sous forme de chaleur qui retourne dans l'atmosphère. De ce fait, l'énergie n'est pas recyclable. De même, les organismes de chaque niveau trophique transmettent moins d'énergie qu'ils n'en reçoivent.

On peut dès lors définir un certain nombre de rendements :

- ✓ Le rendement écologique  $R_{ec}$  qui correspond au rapport de productivités entre le niveau  $n+1$  et le niveau  $n$ .

$$R_{ec} = \frac{PS_1}{PN} \times 100 \quad \text{Ou} \quad R_{ec} = \frac{PS_2}{PS_1} \times 100$$

- ✓ Le rendement d'exploitation  $R_{ex}$  qui correspond au rapport entre l'énergie ingérée ( $I$ ) et l'énergie disponible ( $PN$ ) ou  $PS_{n-1}$

$$R_{ex} = \frac{I}{PN} \times 100$$

- ✓ Le rendement d'assimilation  $R_a$  qui correspond au rapport entre l'énergie assimilée ( $A$ ) et l'énergie ingérée ( $I$ )

$$R_a = \frac{A}{I} \times 100$$

## CHAPITRE VII. LES CYCLES BIOGÉOCHIMIQUES

La matière passe sans arrêt d'un état minéral à une forme organique et vice versa.

On définit donc un cycle biogéochimique comme le passage alternatif d'un élément de l'état organique à l'état minéral et vice versa, et dont les différentes phases se déroulent au sein de la biosphère.

Le préfixe « bio » fait référence aux organismes et aux mécanismes biologiques du cycle, tandis que le terme « géo » désigne l'environnement, c'est-à-dire l'atmosphère, la lithosphère et l'hydrosphère

La biosphère est la partie de notre planète où la vie s'est développée : couche superficielle très mince qui comprend l'**hydrosphère**, la couche la plus basse de l'**atmosphère** et la **lithosphère**

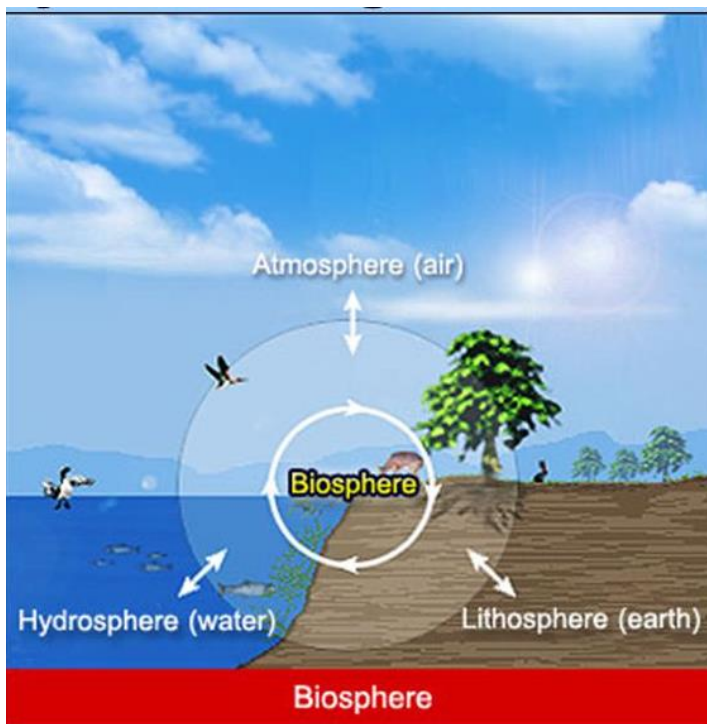


Figure 21: Schématisation de la biosphère ( <https://slideplayer.fr/slide/1600651/5/images.jpg>)

Les éléments qui participent chacun à son cycle biogéochimique sont principalement l'H<sub>2</sub>O, l'O<sub>2</sub>, le Carbone, l'Azote, le Phosphore, le Soufre qui sont stockés (suivant les phases) dans des réservoirs finis (atmosphère, océans, sols, ...).

Les réservoirs sont de deux types (abiotiques et biotiques) et il existe des flux (échanges) entre eux.

Tableau 7: Quantités stockées dans les différents réservoirs pour les principaux éléments biogéochimiques

Réservoir	Élément (billion metric tons of element)				
	C	N	P	S	O
1. Atmosphere	760	3,950,000	0.00003	0.003	1,216,000
2. Ocean	38,400 <sup>a</sup>	570 <sup>b</sup>	80 <sup>c</sup>	1,248,000 <sup>d</sup>	4100 <sup>e</sup>
3. Land biota	600	10	3	2.5	800
4. Marine biota	3	0.5	0.07	0.1	4.2
5. Soil organic matter	1600	190	5	95	850
6. Sedimentary rocks	78,000,000	999,600	4,030,000	12,160,000	1,250,000,000

<sup>a</sup>Dissolved inorganic carbon. <sup>b</sup>NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. <sup>c</sup>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. <sup>d</sup>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. <sup>e</sup>Dissolved O<sub>2</sub>.

One billion metric tons = 10<sup>15</sup> grams.

### 7.1. Quelques termes utiles.

- ✓ **Biomasse:** masse totale de la matière organique des organismes vivants dans un réservoir donné.
- ✓ **Effet de serre:** mécanisme naturel par lequel la surface d'une planète est réchauffée grâce à l'absorption des radiations infrarouges par les gaz de son atmosphère.
- ✓ **État stationnaire:** condition sous laquelle l'état d'une composante d'un système est inchangé dans l'espace et le temps. Par exemple, il entre la même quantité de cette substance dans un réservoir qu'il en sort.
- ✓ **Flux:** transfert d'une substance d'un réservoir à un autre.
- ✓ **Gaz à effet de serre:** gaz qui, dans l'atmosphère d'une planète, absorbent les radiations solaires infrarouges et les redirigent vers la surface, contribuant ainsi à augmenter la température de surface de cette planète. Dans l'atmosphère terrestre, les principaux gaz à effet de serre sont le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le méthane (CH<sub>4</sub>), l'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O), la vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O) et les chlorofluorocarbures (CFC), ces derniers d'origine exclusivement anthropique, les autres ayant une origine mixte, naturelle et anthropique, sauf H<sub>2</sub>O qui est d'origine essentiellement naturelle.
- ✓ **Puits:** un terme à la mode pour désigner le captage d'un élément et son stockage dans un réservoir.
- ✓ **Réservoir:** partie d'un système qui peut accumuler, stocker ou être la source d'une certaine quantité d'une des composantes du système.
- ✓ **Temps de résidence:** le temps moyen qu'une substance demeure dans un réservoir donné dans un état stationnaire par rapport aux processus qui ajoutent ou soustraient de cette substance au réservoir. S'exprime par la masse totale d'une substance dans le réservoir divisée par l'ajout ou la soustraction de cette même substance au réservoir.

## 7.2. Cycle de l'eau

L'eau est le support essentiel sans lequel tous les grands cycles biogéochimiques ne sauraient exister. Tout changement climatique risque de se répercuter sur son cycle et par conséquent perturber les patrons globaux de la végétation, les taux d'altération des roches continentales et, en bout de ligne, les grands cycles biogéochimiques.

La circulation annuelle de l'eau constitue le plus grand déplacement d'une substance chimique à la surface de la planète.

Par les processus de l'évaporation-précipitation et la circulation océanique, l'eau transfère, des tropiques aux pôles, une grande partie de l'énergie calorifique reçue par la terre et constitue ainsi le régulateur des températures du globe.

Ces déplacements de l'eau déterminent les patrons climatiques de notre planète.

Autre élément important pour la survie de notre espèce, la quantité d'eau disponible annuellement est le facteur déterminant de la croissance des plantes terrestres et par conséquent influence énormément la productivité primaire.

Le ruissellement des eaux continentales transfère les produits de l'altération physique et chimique vers les océans.

NB ! Rôle primordial du vent

Le vent constitue un facteur important d'érosion et de transport des sédiments à la surface de la planète. Il est particulièrement actif dans les régions sèches où la végétation est quasi-absente, comme les déserts

L'air chauffé dans les régions équatoriales a tendance à monter. Il se crée donc à l'équateur, un flux d'air ascendant qui détermine une zone de basse pression: le creux équatorial.

Arrivé dans la haute atmosphère plus froide, cet air ascendant très humide condense et forme les nuages et pluies de la zone équatoriale. L'air se débarrasse donc de son humidité; il s'assèche. Il redescend au niveau des latitudes 30°, sous forme d'un air très sec, pour former une zone de haute pression

Le bilan hydrologique de la surface terrestre comprend non seulement le cycle externe précipitation-ruissellement-évaporation, mais le cycle complet (interne et externe) de l'eau à l'échelle du globe terrestre tout entier.

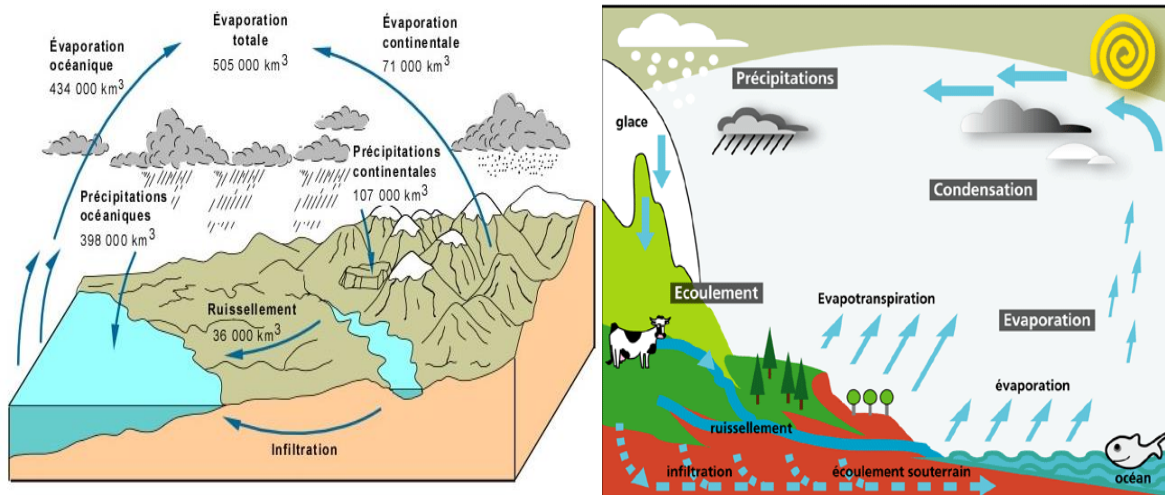


Figure 22: Schéma du bilan hydrique de la surface terrestre

Le cycle interne est celui qui concerne la circulation de l'eau entre l'océan, la lithosphère et l'asthénosphère

### 7.3. Cycle du carbone

Le carbone est le constituant majeur de deux gaz à effet de serre,  $\text{CO}_2$  et  $\text{CH}_4$ , sans lequel il ne saurait y avoir de vie sur terre ; son recyclage influence particulièrement la productivité biologique et le climat. Le cycle global du carbone implique des processus qui agissent en milieu terrestre et en milieu océanique et où interviennent des réactions chimiques biologiques et non-biologiques..

Dans la nature, le carbone se retrouve sous deux formes: le carbone organique ( $\text{C}_{\text{org}}$ ) et le carbone inorganique ( $\text{C}_{\text{inorg}}$ ). Il est souvent utile de faire la distinction.

Le  $\text{C}_{\text{org}}$  est celui qui est produit par des organismes vivants et qui est lié à d'autres carbones ou à des éléments comme l'hydrogène (H), l'azote (N) ou le phosphore (P) dans les molécules organiques ou les hydrocarbures.

Le  $\text{C}_{\text{inorg}}$  est celui qui est associé à des composés inorganiques, c'est-à-dire des composés qui ne sont pas et n'ont pas été du vivant et qui ne contiennent pas de lien C-C ou C-H, comme par exemple le carbone du  $\text{CO}_2$  atmosphérique ou celui des calcaires  $\text{CaCO}_3$ .

#### 7.31. Le cycle global du carbone

La figure ci-dessous présente le cycle global du carbone et ses flux entre les quatre sphères "superficielles" de la Planète: lithosphère, hydrosphère, biosphère et atmosphère.

Y est indiquée aussi la dimension des réservoirs de carbone impliqués, exprimée en  $\text{Gt}_c$  ( $\text{Gt}_c$  = gigatonnes en équivalent carbone), c'est-à-dire en milliards de tonnes métriques de carbone.

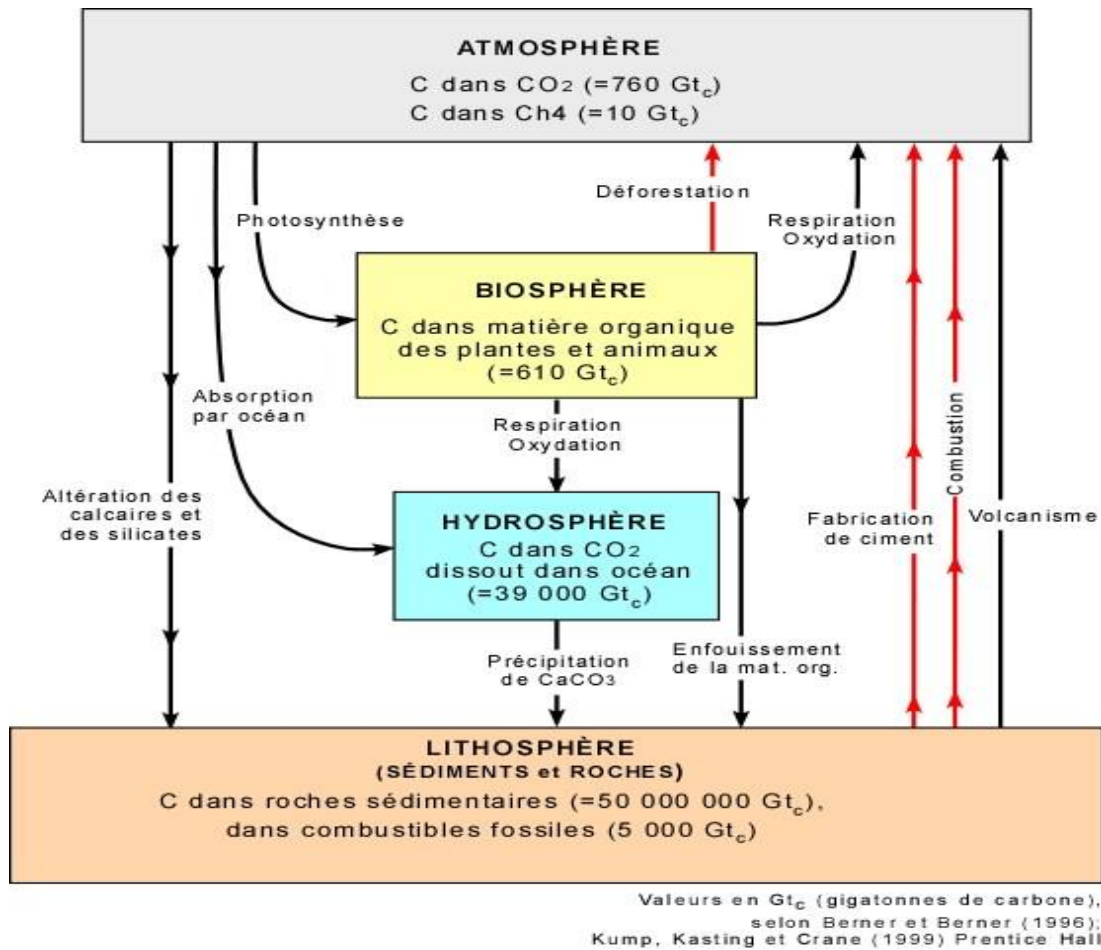


Figure 23: Cycle global du carbone (Berner et Berner, 1996)

Cycle On y voit que le grand réservoir de carbone est constitué par les roches sédimentaires. Un autre grand réservoir est l'océan; on verra qu'il s'agit en fait de l'océan profond (plus de 100 mètres de profondeur). C'est dire que la pellicule superficielle de la planète recèle relativement peu de carbone, mais ce carbone est important pour la Vie et l'influence qu'il y exerce. Au niveau des flux entre les réservoirs, on évalue que le temps de résidence d'un atome de carbone est de 4 ans dans l'atmosphère, de 11 ans dans la biosphère, de 385 ans dans l'hydrosphère superficielle (océan de 0 à 100 m), de plus de 100 Ka (milliers d'années) dans l'océan profond et de quelques 200 Ma (millions d'années) dans la lithosphère. Il est important de se rappeler de ces valeurs relatives dans toute discussion sur l'impact des gaz à effet de serre, en particulier le CO<sub>2</sub>, sur les changements climatiques et les échelles de temps impliquées.

Dans le cycle global du carbone, il y a une hiérarchie de sous-cycles opérant à diverses échelles, de la décennie (le recyclage du CO<sub>2</sub> par les plantes) aux centaines de millions d'années (le recyclage du carbone organique par l'intermédiaire des roches sédimentaires ou des hydrocarbures par exemple). Les processus physiques, chimiques et biologiques agissent ensemble et sont si intimement liés qu'il devient difficile de les départager

### 7.3.2. Le cycle du carbone organique

#### 7.3.2.1. Le cycle court du carbone organique

Pour le cycle court, on parle de processus qui s'étalent sur des temps inférieurs au siècle. Le processus de base du recyclage du carbone à court terme est le couple photosynthèse-respiration, c'est-à-dire la conversion du  $C_{inorg}$  du  $CO_2$  en  $C_{org}$  par la photosynthèse, et subséquemment l'inverse, la conversion du  $C_{org}$  de la matière organique en  $C_{inorg}$  par la respiration. Il faut considérer trois réactions de base.

D'abord, la **photosynthèse** qui utilise l'énergie solaire pour synthétiser la matière organique en fixant le carbone dans des hydrates de carbone ( $CH_2O$ ):



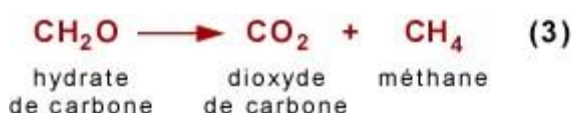
La matière organique est représentée ici par  $CH_2O$ , la forme la plus simple d'hydrate de carbone. En réalité, il s'agit de molécules beaucoup plus grosses et plus complexes dont la base demeure les éléments C, H et O, mais auxquels viennent se joindre d'autres éléments en faibles quantités comme l'azote (N), le phosphore (P) et/ou le soufre (S). Cette partie de la matière organique correspond à la productivité primaire, et les organismes impliqués (bactéries, algues et plantes) sont les **producteurs primaires**. Ceux-ci captent l'énergie solaire et la transforment en énergie chimique qu'ils stockent dans leurs tissus. Cette dernière est transférée aux organismes **consommateurs**, incluant les animaux. Il est intéressant de noter que dans la nature la biomasse des consommateurs est bien inférieure (ne comptant que pour environ 1% de la masse totale) à celle des producteurs primaires.

Les consommateurs tirent leur énergie de celle qui est contenue dans les producteurs primaires en ingérant leurs tissus et en respirant. La **respiration** est l'inverse de la photosynthèse: à partir de l'oxygène libre  $O_2$ , elle transforme toute matière organique en  $CO_2$ :



Il s'agit d'une réaction qui nécessite la disponibilité d'oxygène libre  $O_2$ . Dans la nature, une partie de la matière organique est respirée (oxydée) par les animaux ou les plantes elles-mêmes; une autre partie se retrouve dans les sols terrestres ou les sédiments marins. La décomposition se fait sous l'action de micro-organismes, bactéries et champignons. Ces micro-organismes forment deux groupes: ceux qui utilisent l'oxygène libre  $O_2$  pour leur métabolisme, ce sont les **aérobies**, et ceux qui utilisent l'oxygène des molécules de la matière organique même en absence d'oxygène libre, ce sont les **anaérobies**. La décomposition aérobie produit du  $CO_2$  (équation 2). Dans les milieux anoxiques (sans oxygène libre), les anaérobies décomposent la matière organique par le processus de la fermentation.

La **fermentation** produit du dioxyde de carbone et du méthane (l'hydrocarbure le plus simple, avec une seule molécule de carbone).



Ces deux gaz peuvent s'échapper dans l'atmosphère oxygénée. Le méthane, qui est un gaz à effet de serre 20 fois plus efficace que le CO<sub>2</sub>, est alors oxydé et se transforme rapidement en dioxyde de carbone. En fait, son temps de résidence dans l'atmosphère n'est que de 10 ans, mais il ne faut pas oublier qu'il se transforme en CO<sub>2</sub>, ... ce qui n'est guère mieux pour notre planète. Une partie du méthane demeure cependant dans le sédiment où il forme des réservoirs de gaz naturel.

NB ! Un important volume de méthane est "bouffé" par des bactéries sur les fonds océaniques mêmes. On est tenté d'ajouter: fort heureusement!

### 7.3.2.2. Le cycle long du carbone organique

Les processus discutés plus haut (photosynthèse, respiration, fermentation) affectent le cycle du carbone organique, et en particulier l'équilibre du CO<sub>2</sub> atmosphérique, sur une échelle de temps inférieure au siècle. Sur des échelles de temps beaucoup plus longues, ce sont les processus de nature géologique qui deviennent les contrôles les plus importants, des processus qui agissent sur des milliers et des millions d'années. Il s'agit de processus tels l'enfouissement des matières organiques dans les sédiments et roches sédimentaires, leur transformation en combustibles fossiles et leur altération (oxygénation) subséquente. Les flux de carbone reliés à ces processus sont faibles; en revanche, les réservoirs sont immenses et le temps impliqué très long.

Le remplissage de l'immense réservoir que constituent les roches sédimentaires, principalement les schistes, s'est fait petit à petit au cours des temps géologiques, avec deux accélérations importantes, d'abord lors de l'explosion de la vie métazoaire il y a quelques 600 Ma (millions d'années), puis lors de l'avènement de la grande forêt il y a 360 Ma. Le flux de carbone est faible, mais s'étend sur une longue période de temps.

L'extraction et la combustion des pétroles, des gaz et charbons que nous pratiquons allègrement sont venues transformer une partie de ce cycle long en cycle court.

La figure qui suit résume les deux cycles, court et long, du C<sub>org</sub>, avec un chiffrage des flux et des réservoirs exprimé en Gt.

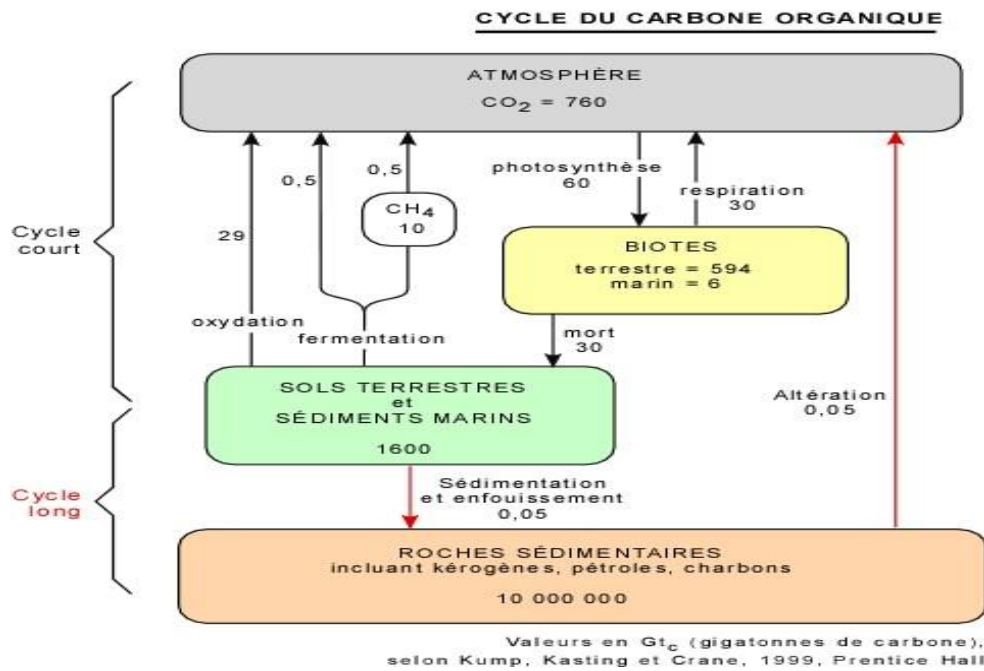


Figure 24: Cycles long et court du carbone

### 7.3.3. Le cycle du carbone inorganique

On a vu que l'interaction photosynthèse-respiration-fermentation est le nœud du cycle du carbone organique. Il y a cependant d'autres processus de recyclage du carbone qui impliquent cette fois le carbone inorganique, entre autres, celui qui est contenu dans le dioxyde (CO<sub>2</sub>) et dans les calcaires (CaCO<sub>3</sub>). Les réservoirs importants de C<sub>inorg</sub> sont l'atmosphère, les océans, ainsi que les sédiments et roches carbonatées, principalement les calcaires CaCO<sub>3</sub>, mais aussi les dolomies CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. La figure qui suit résume le cycle du carbone inorganique, en indiquant la dimension des réservoirs (chiffres noirs) et les flux (chiffres rouges) entre ces réservoirs.

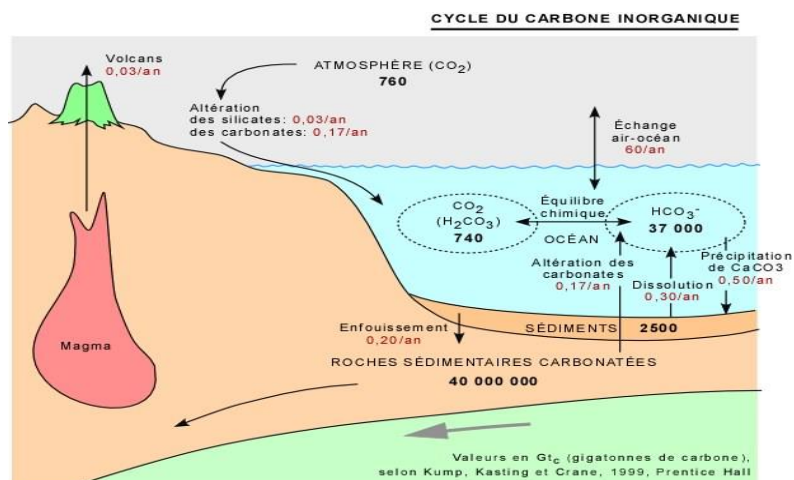


Figure 25: Cycle de carbone inorganique

L'échange entre le  $\text{CO}_2$  atmosphérique et le  $\text{CO}_2$  de la surface des océans a tendance à se maintenir à l'équilibre. L'altération chimique des roches continentales convertit le  $\text{CO}_2$  dissout dans les eaux météoriques (eaux de pluies et des sols) en  $\text{HCO}_3^-$  qui est transporté dans les océans par les eaux de ruissellement. Les organismes combinent ce  $\text{HCO}_3^-$  au  $\text{Ca}^{2+}$  pour sécréter leur squelette ou leur coquille de  $\text{CaCO}_3$ . Une partie de ce  $\text{CaCO}_3$  se dissout dans la colonne d'eau et sur les fonds océaniques; l'autre partie s'accumule sur les planchers océaniques et est éventuellement enfouie pour former des roches sédimentaires carbonatées. Ces dernières sont ramenées à la surface après plusieurs dizaines de millions d'années par les mouvements tectoniques reliés à la tectonique des plaques.

## 7.4. Cycle d'Oxygène

Le cycle d'oxygène est un cycle essentiel à la vie sur terre et en grande partie contrôlé par l'océan. En effet le bilan net, sur plusieurs années, d'une forêt mature est pratiquement nul. C'est-à-dire qu'elle consomme autant d'oxygène qu'elle en produit, ne fournissant aucune quantité significative supplémentaire d'oxygène à l'atmosphère pour la respiration des animaux. C'est pourquoi il n'est pas très juste de qualifier la grande forêt amazonienne de poumon de la terre.

C'est l'océan qui pratiquement à lui seul joue le rôle de régulateur de l'oxygène atmosphérique. La composante végétale du plancton, le phytoplancton, produit de l'oxygène grâce à la photosynthèse. Comme sur les continents, cet oxygène est utilisé pour la respiration par la composante animale du plancton, le zooplancton, et par les autres animaux marins, ainsi que pour l'oxydation de la matière organique. Cependant, une partie seulement de la matière organique est oxydée, l'autre partie se dépose au fond de l'océan et est incorporée dans les sédiments où elle est gardée à l'abri de l'oxygène.

Le cycle de l'oxygène est un cycle court, attaché au cycle court du carbone organique. Au niveau des continents, la végétation, comme par exemple celle des grandes forêts, produit une certaine quantité d'oxygène grâce à l'activité de photosynthèse des végétaux.

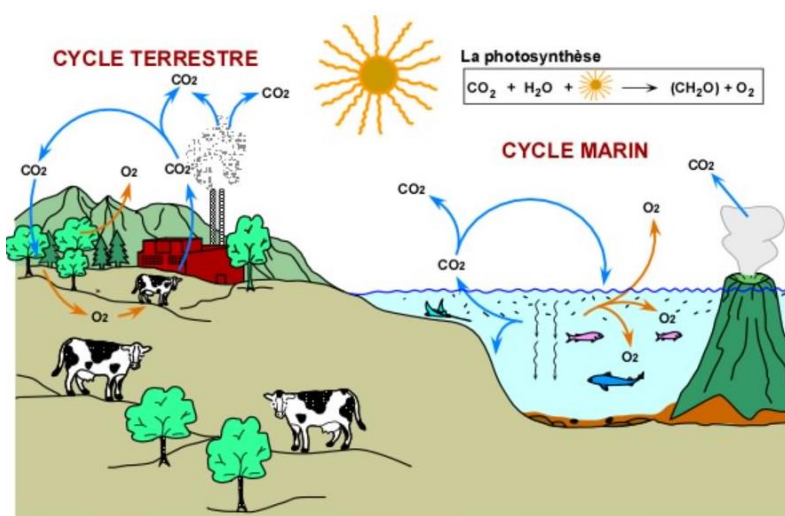


Figure 26: Cycle de l'Oxygène

Même si le rayonnement UV brise les molécules de vapeur d'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ) et de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) atmosphériques et produit ainsi de l'oxygène libre ( $\text{O}_2$ ), cette production est

insignifiante en volume. L' $O_2$  est essentiellement un sous-produit de la photosynthèse, ce processus qui, à partir du  $CO_2$  et de l'eau, utilise l'énergie solaire pour fixer le carbone dans des hydrates de carbone ( $CH_2O$ )

Dans une grande mesure, c'est donc le taux d'enfouissement du carbone organique, ainsi que celui de l'oxydation des matériaux terrestres qui vont contrôler le taux d'émission et la teneur en  $O_2$  dans l'atmosphère.

Puisque l'oxygène atmosphérique est le produit de la photosynthèse et que cette dernière utilise le dioxyde de carbone, il y a donc un couplage évident entre les taux d' $O_2$  et de  $CO_2$  dans l'atmosphère. Plus la photosynthèse consommera du  $CO_2$ , plus elle émettra de l' $O_2$ . On devrait donc s'attendre à des augmentations sensibles de la concentration atmosphérique en  $O_2$  durant les périodes de grande activité photosynthétique. Si le tout est accompagné d'un enfouissement accéléré des produits de la photosynthèse (= séquestration de carbone), moins d'oxygène libre sera utilisé pour la respiration et plus la teneur en oxygène de l'atmosphère augmentera.

## 7.5. Cycle de l'Azote

La Vie a aussi influencé la composition de l'atmosphère à travers le recyclage d'un autre élément, l'azote (N). Ce gaz est le premier en importance dans l'atmosphère terrestre (78%). Il s'y trouve sous sa forme moléculaire normale diatomique  $N_2$ , un gaz relativement inerte (peu réactif). Les organismes ont besoin d'azote pour fabriquer des protéines et des acides nucléiques, mais la plupart ne peuvent utiliser la molécule  $N_2$ . Ils ont besoin de ce qu'on nomme l'azote fixée dans lequel les atomes d'azote sont liés à d'autres types d'atomes comme par exemple à l'hydrogène dans l'ammoniac  $NH_3$  ou à l'oxygène dans les ions nitrates  $NO_3^-$ . Le cycle de l'azote est très complexe; le schéma suivant en présente une simplification.

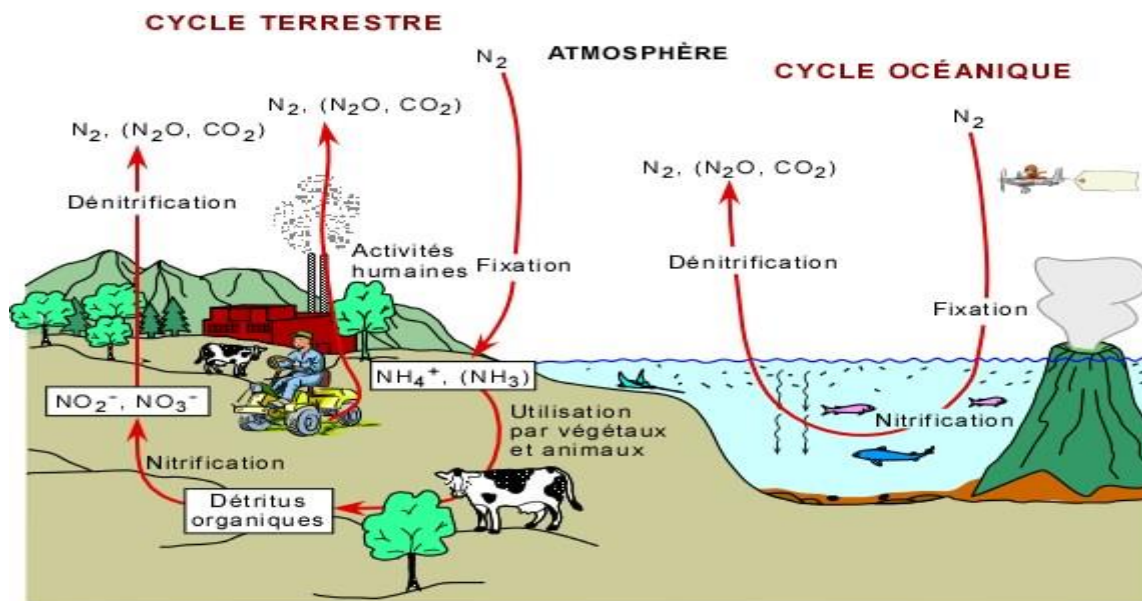


Figure 27: Cycle de l'Azote



300 ppb (parties par milliard). Cependant, il faut savoir qu'une molécule de  $N_2O$  est 200 fois plus efficace qu'une molécule de  $CO_2$  pour créer un effet de serre. On évalue aujourd'hui que la concentration en  $N_2O$  atmosphérique augmente annuellement de 0.3% et que cette augmentation est pratiquement reliée entièrement aux émissions dues à la dénitrification des sols. Les études des carottes glaciaires de l'Antarctique ont montré que la concentration en  $N_2O$  atmosphérique était de 270 ppb à la fin du dernier âge glaciaire (il y a 10 000 ans) et que cette concentration s'est maintenue à ce niveau jusqu'à l'ère industrielle où elle a fait un bond pour atteindre son niveau actuel de 300 ppb; une augmentation de 11%.

## 7.6. Cycle du phosphore

Comme dans le cas de l'azote (N), le phosphore (P) est important pour la vie puisqu'il est essentiel à la fabrication des acides nucléiques ARN et ADN. On le retrouve aussi dans le squelette des organismes sous forme de  $PO_4^{2-}$ .

Le cycle du phosphore est unique parmi les cycles biogéochimiques majeurs: il ne possède pas de composante gazeuse, du moins en quantité significative, et par conséquent n'affecte pratiquement pas l'atmosphère. Il se distingue aussi des autres cycles par le fait que le transfert de phosphore (P) d'un réservoir à un autre n'est pas contrôlé par des réactions microbiennes, comme c'est le cas par exemple pour l'azote.

Bien que les sols contiennent un grand volume de phosphore, une petite partie seulement est accessible aux organismes vivants. Ce phosphore est absorbé par les plantes et transféré aux animaux par leur alimentation. Une partie est retournée aux sols à partir des excréments des animaux et de la matière organique morte. Une autre partie est transportée vers les océans où une fraction est utilisée par les organismes benthiques et ceux du plancton pour sécréter leur squelette; l'autre fraction se dépose au fond de l'océan sous forme d'organismes morts ou de particules et est intégrée aux sédiments. Ces derniers sont transformés progressivement en roches sédimentaires par l'enfouissement; beaucoup plus tard, les roches sont ramenées à la surface par les mouvements tectoniques et le cycle recommence.

Le schéma qui suit résume le cycle du phosphore.

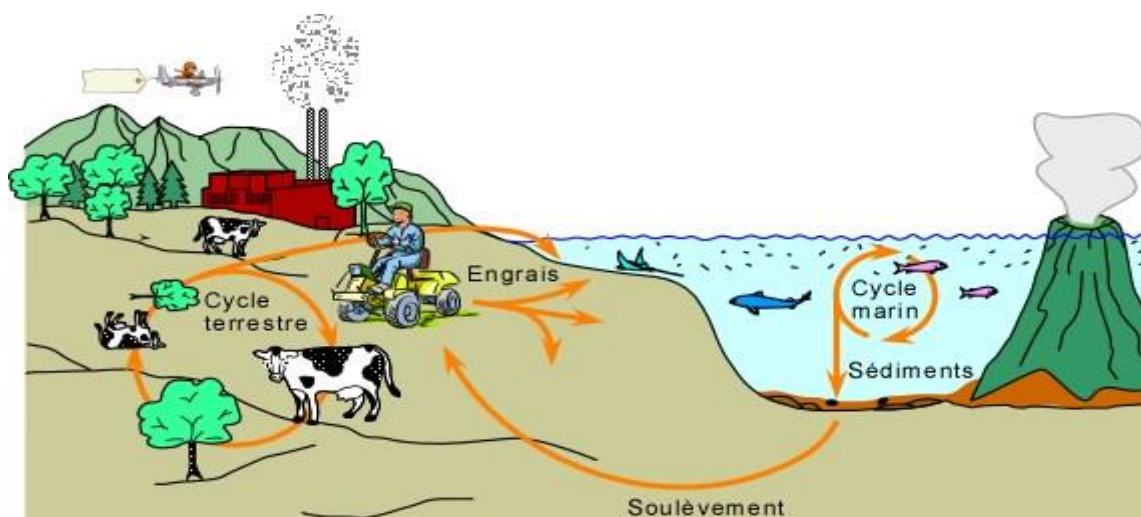


Figure 28: Le cycle du Phosphore

Le phosphore est un élément limitant dans plusieurs écosystèmes terrestres, du fait qu'il n'y a pas de grand réservoir atmosphérique de phosphore comme c'est le cas pour le carbone,

l'oxygène et l'azote, et que sa disponibilité est directement liée à l'altération superficielle des roches. Il n'est pas clair si cette limitation est applicable à l'océan, mais la plupart des chercheurs considèrent qu'elle le serait sur une longue échelle de temps. L'activité humaine intervient dans le cycle du phosphore en exploitant des mines de phosphate, en grande partie pour la fabrication des fertilisants. Ajoutés aux sols en excès, les phosphates sont drainés vers les systèmes aquatiques. Puisque le phosphore est souvent un nutriment limitatif dans les rivières, les lacs et les eaux marines côtières, une addition de phosphore dans ces systèmes peut agir comme fertilisant et générer des problèmes d'eutrophisation (forte productivité biologique résultant d'un excès de nutriments).

## 7.7. Cycle du Soufre

Comme dans le cas de l'azote, les réactions microbiennes sont déterminantes dans le cycle du soufre.

La compréhension du cycle global du soufre acquiert une grande importance pour l'économie minérale et dans le débat sur les changements climatiques et la pollution atmosphérique. Plusieurs métaux, dont le cuivre, le zinc, le plomb, sont extraits des sulfures des dépôts hydrothermaux. Dans certains cas, des réactions microbiennes sont utilisées pour concentrer des sulfures métalliques à partir de solutions diluées. Le soufre est un constituant important des pétroles et des charbons et leur combustion libère du dioxyde de soufre  $\text{SO}_2$  dans l'atmosphère.

Les composés du soufre sont multiples. Les principaux sont les suivants:

a) dans l'atmosphère, à l'état gazeux:

- ✓ le soufre réduit comme dans le diméthylsulfure (acronyme: DMS) dont la formule chimique est  $\text{CH}_3\text{SCH}_3$  et le carbonyl de soufre  $\text{COS}$ ,
- ✓ le dioxyde de soufre  $\text{SO}_2$ ,
- ✓ les sulfates en aérosols  $\text{SO}_4$ .

b) dans les systèmes aquatiques: les composés majeurs sont les sulfates dissouts  $\text{SO}_4^-$

c) dans les sédiments et les roches sédimentaires:

- ✓ les sulfures métalliques, surtout la pyrite  $\text{FeS}_2$ ,
- ✓ les évaporites: gypse  $\text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  et anhydrite  $\text{CaSO}_4$ ,
- ✓ les matières organiques.

Le schéma qui suit résume à grands traits le cycle global du soufre.

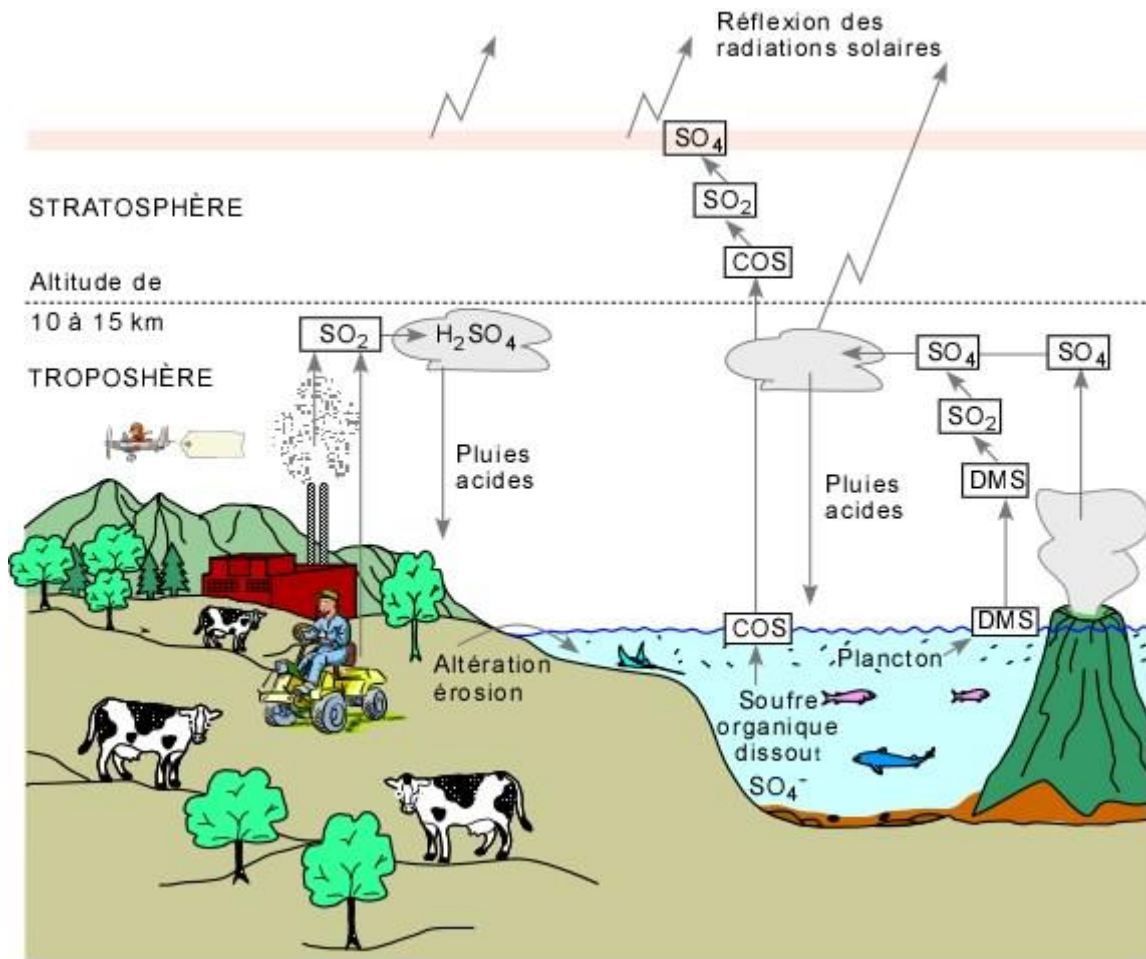


Figure 29: Le cycle du soufre

**Au niveau du cycle océanique**, le DMS est un produit naturel issu de la décomposition des cellules du phytoplancton dans la couche supérieure de l'océan. Il s'échappe dans l'atmosphère pour former moins de 1% de la totalité des gaz atmosphériques.

Néanmoins, il a une influence sur les climats. En quelques jours, il est oxydé en dioxyde ( $\text{SO}_2$ ), puis en sulfate ( $\text{SO}_4$ ) qui condense en minuscules particules aérosols. Celles-ci agissent comme noyaux pour la formation de gouttes de pluie et de nuages.

Ces nuages vont réfléchir une partie du rayonnement solaire et ainsi tempérer le réchauffement de la Planète.

Mais ils vont aussi éventuellement contribuer à des précipitations acides à cause de la réaction des aérosols avec la vapeur d'eau et les radiations solaires.

Le carbonyl de soufre  $\text{COS}$  est produit à partir des sulfures organiques dissouts dans l'eau de mer et provenant en partie de l'érosion continentale. Il s'échappe par la surface des océans vers l'atmosphère. Il est inerte dans la troposphère, mais s'oxyde en sulfates dans la stratosphère pour former une couche tout autour de la Planète. Tout comme les nuages de la troposphère, cette couche de sulfates en aérosols va réfléchir une partie du rayonnement solaire, avec le même effet de modération sur la chauffe de la Planète.

Une autre influence naturelle importante sur le cycle du soufre est celle des volcans. Parmi les gaz qu'ils émettent jusque dans la stratosphère, il y a les sulfates  $\text{SO}_4$  en aérosols qui viennent s'ajouter à ceux qui sont issus du COS.

Couplées aux émissions de cendres créant un effet de voile, ces émissions de sulfates peuvent résulter en des refroidissements à très court terme.

**Au niveau des continents**, l'altération et l'érosion des sulfures métalliques, ainsi que le transport de poussières de sulfates (gypse et anhydrite) dans les déserts transfèrent du soufre aux océans.

Les gaz biogéniques des sols anaérobies et des marécages contiennent aussi du  $\text{H}_2\text{S}$ , ainsi que du DMS et COS en moindre quantité, lesquels sont libérés dans l'atmosphère. Mais la plus grande contribution en composés sulfurés vient de la combustion des pétroles et des charbons qui contiennent pratiquement toujours du soufre.

Ce sont des émissions de sulfates  $\text{SO}_4$ , mais surtout de dioxyde de soufre  $\text{SO}_2$ . Ce dioxyde sous l'effet des radiations solaires se combine avec la vapeur d'eau et les radicaux OH pour former de minuscules gouttes de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (acide sulfurique), un processus en partie responsable des pluies acides.

Le flux anthropique de ces gaz excède par endroits de beaucoup le flux naturel.

On peut dire que globalement le flux principal dans l'échange de soufre entre la surface de la planète et l'atmosphère est celui d'origine anthropique relié à la combustion des hydrocarbures et des charbons.

## CHAPITRE VIII. APPLICATIONS ÉCOLOGIQUES

Sous l'influence de diverses activités humaines, la biosphère souffre de plusieurs déséquilibres (locaux et planétaires) dus à :

- ✓ la déforestation.
- ✓ l'érosion des terres.
- ✓ l'appauvrissement des sols par l'agriculture et l'élevage.
- ✓ la pollution de l'eau et de l'air.
- ✓ la bioaccumulation des pesticides.
- ✓ la destruction de la couche d'ozone sous l'action des CFC (Chlorofluorocarbones),
- ✓ l'introduction d'espèces exotiques.
- ✓ l'érosion de la biodiversité
- ✓ etc.

Un déséquilibre est qualifié de local s'il touche une certaine zone géographique de taille réduite par exemple un fleuve, un écosystème forestier, une île, un lac, etc. Il s'agit de la déforestation, dégradation des terres, pollution de l'eau, ressources naturelles épuisées, espèces invasives, etc.

Un déséquilibre écologique est global s'il touche l'ensemble de la biosphère et potentiellement l'ensemble des espèces. Il s'agit de la pollution de l'air, du risque de réchauffement climatique, etc.

L'écologie intervient pour résoudre ces problèmes à l'environnement et à la société humaine en intervenant surtout aux niveaux des décisions à prendre (politique) :

- ✓ Politique de sauvegarde (conservation de la biodiversité)
- ✓ Politique d'aménagement du territoire
- ✓ Politique d'exploitation rationnelle des ressources naturelles

L'écologie agit également comme une science véritable en fournissant plusieurs applications comme les principes de la conservation de la biodiversité et la biologie de la conservation en général, la chasse et pêche écologique (durable), l'écologie de la restauration et l'adaptation au changement climatique.

### 8.1. La chasse et pêche écologique

La chasse et la pêche assurent une part importante de l'alimentation des populations rurales. Cependant, la croissance démographique et l'urbanisation sont responsables de l'augmentation constante de la demande.

Évaluer et réguler la pression de chasse et de la pêche sont donc un enjeu important pour faire face à l'épuisement des ressources.

Le but de la chasse et pêche écologique est de concilier la chasse (pêche) au développement durable. « Une utilisation des espèces et de leurs habitats d'une manière et à un rythme qui n'entraînent pas l'appauvrissement à long terme de la diversité biologique. Une telle utilisation

*préserve ainsi le potentiel de la biodiversité pour satisfaire les besoins et les aspirations des générations présentes et futures ».*

Il y a remise en cause d'une gestion dominée par un seul acteur et négociation des pratiques raisonnées, justifiées (plan de chasse, plan de pêche, quotas) d'exploitation des ressources renouvelables.

Le but donc de la chasse et pêche écologique est la sauvegarde des populations de la faune et de leurs habitats, tout en générant des bienfaits pour la société.

L'écologie en tant que science intervient quand il faut réaliser les études biologiques indispensables à la gestion et valorisation de la faune, analyser les filières de production et de commercialisation, mettre en place les outils de gestion des territoire, identifier les indicateurs de durabilité de la ressource et identifier les réformes institutionnelles nécessaires pour une gestion participative.

Exemple pour la pêche : **Etablissement du rendement maximal durable (RMD) ou Maximum Sustainable Yield (MSY) ([http : //WWW. Ifremer.fr/docsmm/juillet 2013](http://WWW.Ifremer.fr/docsmm/juillet%202013))**

L'objectif du RMD est de Concilier Conservation et exploitation

La FAO définit le rendement maximal durable (RMD) comme la plus grande quantité de captures que l'on peut extraire d'un stock halieutique à long terme et en moyenne, dans les conditions environnementales existantes sans affecter significativement le processus de reproduction.

De façon spécifique, cela revient à :

- ✓ Adopter une gestion durable avec l'optimisation de l'exploitation. Ce n'est ni avec un objectif de maximisation des biomasses (ce qui impliquerait l'arrêt de toutes les pressions anthropiques) ni un objectif de retour à la virginité.
- ✓ Maintenir des stocks dans leurs limites biologiques de sécurité

NB ! - Un stock est dans ses limites biologiques de sécurité lorsque l'indicateur de biomasse féconde (quantité de géniteurs) est supérieur à un seuil dit de précaution ( $B_{pa}$ ) et quand la mortalité par pêche est inférieure au seuil de précaution  $F_{pa}$

- La biomasse de précaution est la quantité de reproducteurs en dessous de laquelle les risques de réduction des capacités reproductives du stock deviennent très élevés ; la mortalité par pêche de précaution est la mortalité par pêche au-dessus de laquelle les risques de voir la biomasse des reproducteurs tomber en dessous de  $B_{pa}$  sont forts.

L'Ecologie intervient donc pour déterminer la biomasse féconde, le seuil de précaution et la quantité autorisée pour le prélèvement.

## 8.2. La biologie de la conservation

La biologie de la conservation est une nouvelle discipline qui a pour but de maintenir le plus possible de biodiversité sur terre. Le choix des milieux et espèces à protéger n'est pas toujours facile car il faut concilier les exigences biologiques, sociologiques et économiques parfois antagonistes. (Dajoz, 2008, La biodiversité. L'avenir de la planète et de l'homme, p.226)

La conservation de la biodiversité est devenue l'objet d'une discipline, la biologie de la conservation, depuis que la convention sur la diversité biologique a été adoptée en 1992 et ses contours clarifiés :

- ✓ Identifier les composantes de cette diversité (écosystèmes, espèces)
- ✓ Etablir un réseau d'aires protégées
- ✓ Adopter des mesures assurant la conservation ex-situ
- ✓ Intégrer la conservation des ressources génétiques dans les politiques des divers pays
- ✓ Développer des méthodes d'évaluation de l'impact des projets d'aménagement sur la diversité biologique

### **8.2.1. Quantification et description de la biodiversité**

La biodiversité est un concept très large. Il est usuellement admis de distinguer des niveaux de diversité au sein de ce concept, dont les principaux sont:

- ✓ La diversité génétique, propre à chaque espèce; différentes mesures ont été proposées (taux d'hétérozygotie, etc.).
- ✓ La diversité spécifique, mesurée par le nombre d'espèces ou les indices de diversité.
- ✓ La diversité des biotopes et écosystèmes, mesurée de manière analogue à la diversité spécifique. On distingue par ailleurs la diversité  $\alpha$  (au sein d'un biotope),  $\beta$  (total local pour un type de biotope) et  $\gamma$  (total à l'échelle régionale).

La diversité  $\alpha$  correspond au nombre d'espèce qui coexistent dans un habitat uniforme de taille fixe. La forte diversité  $\alpha$  résulte d'une accumulation d'espèces par habitat et d'une grande spécialisation des espèces (chaque espèce utilise peu d'habitat)

La diversité  $\beta$  correspond au taux de remplacement des espèces dans un gradient topographique, climatique, ou d'habitat dans une zone donnée (nombre de nouvelles espèces trouvées le long d'un gradient).

La diversité  $\gamma$  correspond au taux d'addition de nouvelles espèces lorsqu'on échantillonne différents habitats ou écosystèmes.

En résumé, la diversité  $\alpha$  est la richesse en espèces au sein d'une station ou écosystème local. La diversité  $\beta$  reflète la modification entre différentes communautés comparées entre elles. La diversité  $\gamma$  reflète la modification quand de grandes régions biogéographiques sont comparées.

### **8.2.2. Problèmes de la biodiversité**

- ✓ Plus la biodiversité est élevée, plus le réseau trophique sera complexe (donc le nombre de chevauchements possibles de l'énergie et de la matière sera élevée)  
La biodiversité est corrélée positivement aux capacités d'homéostasie et de résilience d'un écosystème.

- ✓ La biodiversité est le produit de 3,5 milliards d'années d'évolution (environ 1,7 millions d'espèces vivantes connues sur un nombre estimé entre 7 et 20 millions, voire 100 millions !!!)
- ✓ Le taux d'extinction des espèces n'a jamais été aussi élevé (plus de 100 fois), vers une sixième extinction ?

Les causes sont entre autres la destruction des habitats (exemple : entre 1700 et 1980, 20% de la superficie forestière mondiale ont disparu), la surexploitation des espèces, l'introduction d'espèces allochtones « invasives », les pollutions, l'intensification de l'agriculture, les aménagements urbains (réseaux routiers), les changements climatiques globaux

### ***8.2.3. Objectifs de la conservation de la diversité biologique***

Wilson<sup>2</sup> (2002) a formulé des recommandations concernant la stratégie à suivre à l'avenir pour assurer la conservation d'un maximum d'espèces et de milieux. Ces recommandations constituent en quelque sorte les objectifs à atteindre pour la conservation de la diversité biologique. Elles sont résumées ci-dessous sous la forme de 12 types d'actions, qui nécessitent de nombreuses compétences professionnelles, mais dont les sciences biologiques constituent une des bases conceptuelles premières:

1. Assurer immédiatement la protection des "hotspots" planétaires de la biodiversité.
2. Protéger de manière intégrale les 5 derniers grands massifs forestiers (1. Amazonie, 2. Afrique centrale, 3. Nouvelle Guinée, 4. Alaska-Canada et 5. Russie-Scandinavie).
3. Supprimer immédiatement l'exploitation des écosystèmes forestiers encore intacts.
4. Mettre partout la priorité sur les lacs et rivières (systèmes aquatiques).
5. Définir avec précision les "hotspots" de la biodiversité marine.
6. Achever le relevé de la biodiversité planétaire, afin d'optimiser les efforts de conservation.
7. Faire usage des technologies de SIG pour assurer une couverture exhaustive des écosystèmes à protéger par une stratégie globale.
8. Rendre les efforts de conservation rentables économiquement.
9. Intégrer la biodiversité comme un paramètre-clef de l'économie mondiale.
10. Initier des efforts de restauration écologique afin d'augmenter la surface des zones consacrées à la conservation de la diversité biologique.
11. Augmenter la capacité des zoos et jardins botaniques à assurer la reproduction d'espèces menacées d'extinction.
12. Soutenir toute forme d'effort de limitation de la croissance de la population mondiale.

---

<sup>2</sup> Wilson, E. O. 2002. The Future of life. Knopff, New York, USA.

Selon Wilson, il convient en outre de soutenir toutes les initiatives en matière de conservation de la biodiversité, qui, pour atteindre leur but, doivent pouvoir compter sur les organisations non-gouvernementales (ONG), le secteur des entreprises privées et le secteur public. Des politiques de gestion durable doivent être initiées.

#### **8.2.4. Principes de gestion**

- ✓ Le mélange des espèces formant une communauté n'est généralement pas fixe mais en équilibre dynamique. La gestion vise à conserver cet équilibre et ses acteurs mais non d'empêcher l'évolution naturelle
- ✓ considérer que la richesse spécifique augmente en fonction de l'hétérogénéité de l'habitat
- ✓ les perturbations périodiques naturelles jouent un rôle important dans la création d'un habitat hétérogène qui favorise une plus grande richesse spécifique. Il est important de conserver des sources naturelles de perturbations (feu ou crues)

#### **8.2.5. Formes de conservation de la biodiversité**

L'état désastreux de notre planète exige que des mesures de conservation de la biodiversité dans toutes ses formes soient pensées et mises en œuvre. Des conditions prioritaires sont dégagées pour mettre en œuvre la conservation de la biodiversité à savoir :

- ✓ Le maintien des processus écologiques fondamentaux : Cela concerne les processus biogéochimiques, les activités propres des êtres vivants sur les écosystèmes, la production primaire et secondaire, le flux d'énergie et de matière et la régulation des phénomènes écologiques. Le maintien concerne les milieux naturels et ceux exploités par l'homme à travers une planification environnementale
- ✓ L'exploitation rationnelle des ressources naturelles : Cela implique le maintien des potentialités productives des écosystèmes en ajustant les prélèvements dans les populations d'espèces exploitées à un niveau correspondant au rendement maximum supportable
- ✓ La préservation de la diversité génétique et de la biodiversité : Cela implique la préservation de la diversité génétique en prévenant l'extinction des espèces menacées et en préservant autant de variétés d'espèces animales et végétales que possibles, de même que leurs habitats.

On distingue deux formes de conservation de la biodiversité : la conservation des espèces et la conservation des espaces naturels (écosystèmes et paysages).

### 8.2.5.1. La conservation des espèces

Dans la plupart des cas, l'extinction d'une espèce est susceptible de perturber un cycle biogéochimique ou tout autre processus écologique. Prévenir l'extinction des espèces implique un ensemble de mesures tenant en compte les particularités au niveau de ces espèces.

La priorité de conservation est accordée :

- a) Aux espèces menacées dans toute leur aire de répartition et à celle qui appartiennent à une famille ou à un genre monotypique.

La prévention de l'extinction d'espèces en voie de disparition nécessite à la fois une stratégie de protection in situ dans les écosystèmes et ex situ dans les jardins botaniques, zoo, élevages en enclos extensifs, etc. Les mesures in situ devraient être préférées aux mesures ex-situ car les caractères adaptatifs des cultivars traditionnels ou races domestiques rustiques ne peuvent être conservés que si ces espèces sont élevées dans des conditions environnementales propres à leurs biotopes ou habitats d'origine.

Les Critères de l'IUCN permettent de classer les espèces menacées en diverses catégories :

- ✓ Espèces éteintes : espèce disparue qui n'a pas été revue dans la nature depuis 50 ans ;
- ✓ Espèces en danger : espèce dont la survie est incertaine si l'on n'agit pas sur les causes de sa raréfaction. Il s'agit des espèces surexploitées ou dont l'habitat est fortement réduit ou modifié ;
- ✓ Espèces vulnérable : espèces risquant d'entrer dans la catégorie d'espèces en danger si on n'agit pas sur les facteurs défavorables qui causent sa raréfaction ;
- ✓ Espèces rares : ce sont des espèces ni en danger ni vulnérables mais dont les populations sont peu nombreuses car limitées à des aires géographiques réduites ou à des habitats particuliers
- ✓ Espèces à statut indéterminé ; ce sont des espèces connues pour être en danger, soit vulnérable, soit rare mais sur lesquelles on n'a pas suffisamment de données pour la situer dans une catégorie déterminée ;
- ✓ Espèces menacées : c'est un terme général qui s'applique à ces catégories ci-haut citées.

- b) Aux espèces clef de voûte et aux espèces parapluies

Une espèce clef de voûte est une espèce dont la présence est indispensable à l'existence même de l'écosystème non pas par son effectif mais par l'action qu'elle exerce sur les autres espèces qui composent le système. La disparition des espèces clef de voûte entraîne des extinctions en cascade et des changements fonctionnels majeurs.

Une espèce parapluie est une espèce qui a besoin d'étendues les plus importantes possibles et habitats les plus variés possibles de telle sorte que sa conservation permet également la conservation d'autres espèces rares ou menacées.

Notons que la méconnaissance de la biologie de certaines espèces rend leur conservation difficile

### 8.2.5.2. La conservation des écosystèmes et espaces protégés

La conservation de la biodiversité se fait le plus souvent par la protection des espaces qui devraient satisfaire à certaines conditions :

- ✓ Assurer l'existence de populations viables de toutes les espèces et sous-espèces soumises uniquement à des modifications naturelles de l'environnement ;
- ✓ Permettre la conservation du nombre et de la répartition des écosystèmes
- ✓ Maintenir la diversité génétique des espèces ;
- ✓ Interdire les introductions étrangères sous l'action de l'homme ;
- ✓ Permettre les variations de la répartition des espèces en réponse à des changements climatiques ou d'autres modifications du milieu.

Cette forme de conservation est indispensable pour assurer la préservation des processus écologiques fondamentaux et la conservation des habitats. Elle consiste pour la chaque pays à mettre en réserve au moins un échantillon représentatif de chaque type d'écosystème présent.

La biologie de la conservation consiste à déterminer la localisation optimale des aires protégées et leur surface minimale qui sont des paramètres déterminants du succès des mesures de la conservation

On distingue actuellement six catégories d'aires protégées qui sont :

- ✓ Les réserves naturelles intégrales,
- ✓ Les parcs nationaux,
- ✓ Les monuments naturels,
- ✓ Les réserves de nature gérées,
- ✓ Les paysages protégés,
- ✓ Les réserves de ressources naturelles gérées

La réserve de biosphère est une catégorie d'aire protégée créée par l'Unesco dans le cadre de son programme MAB.

L'une des caractéristiques des réserves de biosphère est leur zonation en trois zones généralement concentriques :

- ✓ Aire centrale : à vocation de conservation à la manière de réserve intégrale,
- ✓ Zone tampon : à vocation logistique et pour la recherche

- ✓ Zone de transition : une zone dite de développement dans laquelle des techniques moins perturbatrices sont mises au profit (et appliquées en collaboration) de la population locale pour leur développement

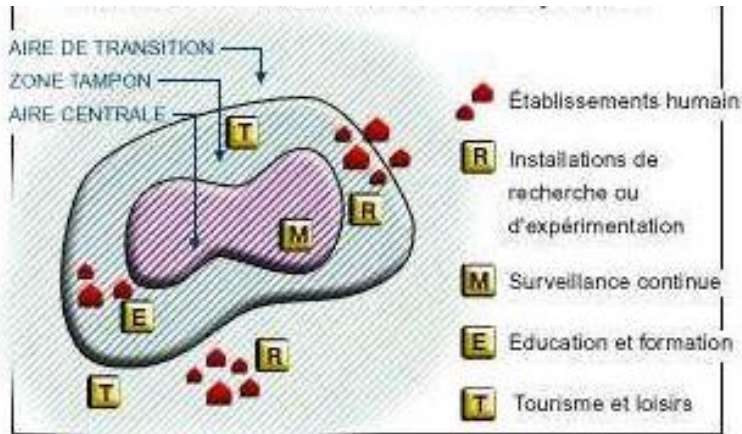


Figure 30: Structure d'une réserve de biosphère (<https://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/developpement-durable-questions-reserves-biosphere>)

### 8.2.5.3. La conservation en dehors des aires protégées

La conservation des écosystèmes ne peut atteindre le niveau voulu de préservation des espèces et des espaces que s'il est étendu aux zones situées en dehors des aires protégées. Cette conservation concerne également les agroécosystèmes dans lesquels des corridors de milieux non perturbés sont maintenus (cas du Réseau « Natura 2000 » en Europe)

Parmi donc les conditions nécessaires à la conservation en dehors des écosystèmes protégés figurent le développement d'une agriculture durable, respectueuse des équilibres écologiques propres à l'espace rural et de façon générale, une planification environnementale respectant le développement des écosystèmes vulnérables.

## 8.3. L'écologie de la restauration.

« La restauration est une transformation intentionnelle d'un milieu pour y rétablir l'écosystème considéré comme étant indigène et historique. C'est un retour d'un écosystème dégradé à un état proche de son état primitif bien qu'en réalité ce but n'est jamais atteint. »

Le but de cette intervention est de revenir à la structure, la fonction, la diversité et la dynamique de cet écosystème ». ( Dajoz, op cit p.227)

La restauration écologique est un ensemble de choix et moyens pour maintenir les services écosystémiques et juguler la perte de la biodiversité

Lors de la conférence des parties de la convention sur la diversité biologique (CDB) tenue à Nagoya en 2010, un des objectifs fixés à l'échéance de 2020 est de restaurer au moins 15% des zones dégradées dans le monde.

L'écologie de la restauration a trois domaines distincts :

- ✓ La restauration des milieux et des paysages :

On établit des diagnostics des milieux et des facteurs de pressions, puis on définit des mesures appropriées pour reconstituer des cheminements d'évolution naturels. Les actions sont aussi diversifiées que les milieux sont variés et pour répondre à des situations de dégradation environnementale multiples (lutte contre l'érosion, revégétalisation, réintroduction d'espèces natives, actions de dépollution, aménagement des plans d'eau, etc.)

Le processus de restauration consiste à assister la régénération, la reconstitution des écosystèmes dégradés, endommagés ou détruits, résultat direct ou indirect de l'activité humaine.

- ✓ La réintroduction des espèces éliminées par les actions de l'homme et le renforcement des populations peu nombreuses et menacées d'extinction.

L'opération de réintroduction consiste à introduire une espèce végétale ou animale dans une région où elle était indigène avant son extermination (par l'homme ou par une catastrophe naturelle)

Les conditions de la réussite de la réintroduction sont que les causes de sa disparition sont enrayerées et que si les conditions du milieu sont favorables (exigences de l'espèce en terme d'habitats). D'autres questions d'ordre démographiques (combien d'individus, sexe ratio) et génétiques (provenance) sont à considérer.

Le renforcement consiste à introduire des individus d'une espèce qui est encore présente lorsqu'on craint que ses effectifs ne soient insuffisants pour assurer la survie. La première précaution est celle de ne pas altérer la constitution génétique de la population en introduisant des individus de provenance géographique trop différente.

- ✓ L'Eradication des espèces invasives.

L'espèce invasive est une espèce exotique (présente en dehors de son aire de répartition naturelle) qui prolifère au détriment des espèces locales et devient un agent de perturbation du milieu où elle s'établit.

L'ensemble des mesures possibles ayant pour but de protéger les écosystèmes des invasions biologiques via la réduction, voire l'élimination des espèces invasives d'un milieu se désigne par le terme contrôle.

Les méthodes de contrôles peuvent être mécaniques (arrachage, clôtures, abattage, piégeage), Chimiques (empoisonnements, herbicides, pesticides) et biologiques (utilisation du parasitisme, des prédateurs, des compétiteurs, manipulation du milieu, etc.)

## 8.4. Le changement climatique

Le changement climatique est en train de transformer les écosystèmes de la planète et menace le bien-être des générations actuelles et futures. La planète s'achemine vers un réchauffement

de 4°C avec des effets dévastateurs comme les vagues de chaleurs sans précédent, la diminution des réserves alimentaires mondiales, une augmentation du niveau des océans (Banque mondiale, 2012, Turn down the beat. Why a 4°C warmer world must be avoided. A report for the World bank by the Potsdam Institute for Climate Impact Research and Climata Analytics. Washington.DC. USA)

« L'Humanité est arrivée à un stade critique de son évolution. Il dépend de nous de réagir rapidement sinon les famines, le manque d'eau potable, les épidémies, les déplacements de populations, les guerres, et bien d'autres fléaux pourraient causer dans peu de temps, un vrai désastre planétaire. » (Dajoz, 2008. La biodiversité. L'avenir de la planète et de l'homme)

#### 8.4.1. Les gaz à effet de serre.

Les inquiétudes concernant les changements climatiques actuels et à venir sont centrées sur le réchauffement planétaire. « Effet de serre » et « réchauffement planétaire » sont deux termes qui sont souvent considérés comme interchangeables, alors qu'ils ne le sont pas puisqu'ils réfèrent à deux phénomènes différents. L'effet de serre est un phénomène naturel qui maintient les températures de la surface planétaire plus élevées qu'elles ne le seraient s'il était absent. Tel qu'utilisé dans le contexte actuel, le réchauffement planétaire réfère à une augmentation des températures terrestres causée par les activités anthropiques (industrie, agriculture, mode de vie, etc.).

Dans l'atmosphère terrestre, les principaux gaz à effet de serre sont la vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O), le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le méthane (CH<sub>4</sub>), l'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O) et les chlorofluorocarbures (CFC). Les CFC ont une origine exclusivement anthropique, alors que CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O ont une double origine, naturelle et anthropique. De loin la plus abondante dans l'atmosphère, la vapeur d'eau n'est pas directement reliée aux activités de l'homme. Les quantités respectives de ces gaz dans l'atmosphère sont indiquées au tableau suivant:

Gaz	Teneur atm.	Δ F
H <sub>2</sub> O	3 à 4%	
CO <sub>2</sub>	365 ppmv	1
CH <sub>4</sub>	1,73 ppmv	21
N <sub>2</sub> O	310 ppbv	206
CFC-11	274 pptv	12 400
CFC-12	488	15 800

Source des données:  
Brahic et al. (1999)

ppmv: parties par million en volume

ppbv: partie par milliard en volume

pptv: partie par trilliard en volume

ΔF: capacité d'absorption du rayonnement infrarouge

Figure 31:Gaz à effet de serre, teneur atmosphérique et capacité d'absorption de l'Infra rouge

Les gaz à effet de serre n'ont pas tous la même capacité d'absorption du rayonnement infrarouge; en clair, leur efficacité en termes d'effet de serre est variable. Ainsi, le méthane est 21 fois plus efficace que le dioxyde de carbone et les CFC-12 (fréon-12), 15 800 fois plus efficaces. C'est la vapeur d'eau qui est la plus grande responsable de l'effet de serre. Au second rang c'est le CO<sub>2</sub>. En effet, en tenant compte des teneurs actuelles des gaz et de leur efficacité

à agir comme gaz à effet de serre, on peut dire, en simplifiant les calculs, que dans l'atmosphère terrestre actuelle, c'est le CO<sub>2</sub>, après l'eau, qui est le grand contributeur à l'effet de serre; le méthane représente l'équivalent d'un dixième de la contribution du CO<sub>2</sub>, le N<sub>2</sub>O un centième et les CFC de un à deux centièmes. Il n'est donc pas surprenant que l'on cible les émissions de CO<sub>2</sub> dans l'analyse des causes du réchauffement planétaire. Par ailleurs, si les CFC ne sont pas de grands contributeurs à l'effet de serre, il n'en demeure pas moins qu'ils sont extrêmement nocifs pour la couche d'ozone.

### 8.4.2. Atténuation et Adaptation aux changements climatiques

Pour lutter contre le fléau du changement climatique, il faut procéder à la réduction des émissions des gaz à effets de serre (GES) mais aussi apporter des contributions aux efforts d'adaptation.

Les mesures d'adaptation visent la réduction de la vulnérabilité des systèmes naturels et humains contre les effets réels ou attendus des changements climatiques tandis que les stratégies d'atténuation visent la réduction des émissions des gaz à effet de serre, à restaurer ou à protéger les capacités de puits carbone des écosystèmes naturels ou agro écosystèmes.

#### 8.4.2.1. L'adaptation aux changements climatiques et l'atténuation de leur impact sur l'agriculture

L'agriculture est une des sources majeures d'émissions de gaz à effet de serre (GES). Les animaux d'élevage et les cultures émettent du CO<sub>2</sub>, du méthane, de l'oxyde nitreux et d'autres gaz.

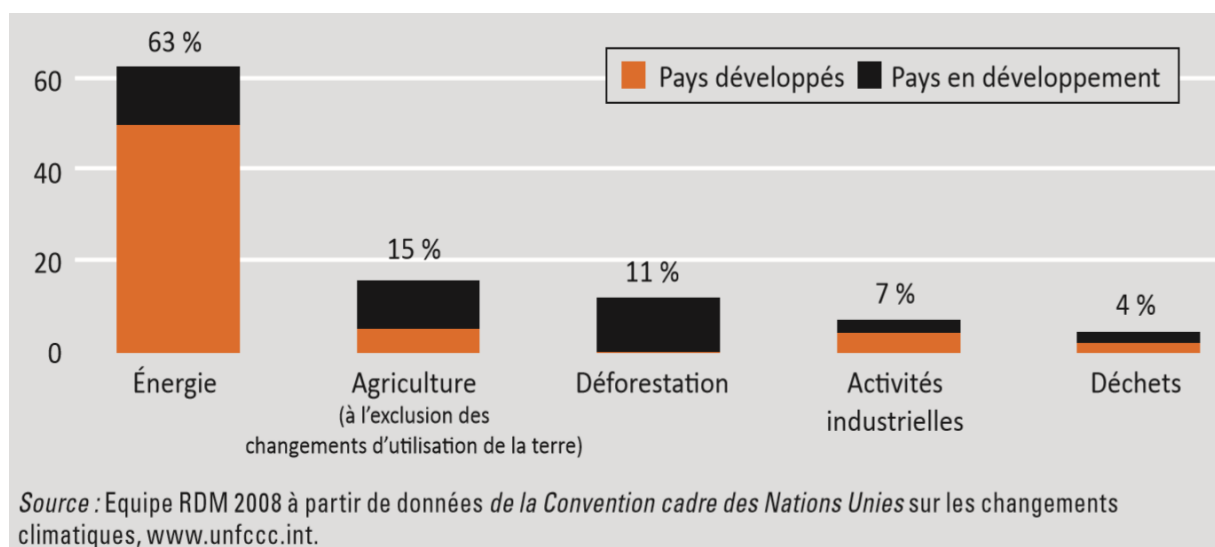


Figure 32: Proportions par source d'émissions de Gaz à effet de serre

##### 8.4.2.1.1. Impacts des changements climatiques sur l'agriculture

- En cas d'augmentation de température supérieure à 3°C, les pertes de rendement se produiront partout et seront particulièrement sévères dans les régions tropicales. À côté de ces diminutions en termes de rendement, il faudrait prendre également en considération les pertes de cultures et de bétail dues à l'intensification des sécheresses

et des inondations, à l'écoulement des eaux de surface et aux effets de seuil dans la croissance des cultures par suite des changements de température.

- Dans certains pays en développement, l'agriculture des terres basses pourrait également être endommagée par des inondations et une salinisation dues à la montée du niveau de la mer et l'intrusion d'eau salée dans les aquifères souterrains
- Une baisse des précipitations réduirait la disponibilité d'eaux de surface et souterraines pour l'irrigation dans certaines zones. L'accès à des eaux de surface pérennes pourrait être particulièrement fragilisé dans les régions semi-arides, surtout dans les régions d'Afrique et les zones irriguées qui dépendent de la fonte des glaciers.

#### **8.4.2.1.2. Atténuation des changements climatiques**

L'agriculture présente un vaste potentiel inexploité pour réduire les émissions par le biais d'une réduction de la déforestation et de changements dans l'utilisation des terres et les pratiques agricoles (pratiques aratoires antiérosives, agroforesterie et réhabilitation des cultures et pâturages dégradés), des voies prometteuses pour ce qui est de l'atténuation du changement climatique

L'agriculture pourrait contribuer à l'atténuation des changements climatiques également par une production accrue de bioénergies pour les secteurs du transport et de l'énergie.

#### **8.4.2.1.3. Adaptation aux changements climatiques**

Adapter les systèmes agricoles aux changements climatiques est urgent car leurs impacts sont déjà évidents et ces tendances vont se poursuivre, même si les émissions de GES étaient stabilisées à leur niveau actuel

Entre autres pratiques d'adaptations on a : plantation de différentes variétés de la même culture, variation des dates de plantation et adaptation des pratiques à une saison de culture raccourcie.

Les barrières à l'adaptation existent et varient selon les pays, mais en plusieurs endroits, les obstacles les plus mentionnés sont le manque de crédit ou d'économies (par exemple pour la recherche et l'accès aux cultures résistantes aux inondations, à la chaleur et à la sécheresse), la difficulté d'accès à l'information sur l'évolution climatique

**DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE**

- Bourque, P.A. (2010). Planète terre. WWW2.ggl.ulaval.ca/personnel /bourque (visité le 20 juin 2019)
- Bouzillé, J.B. (2007). Gestion des habitats naturels et biodiversité. Concepts, méthodes et démarches. Lavoisier, 331 P.
- Dajoz, R. (2008). La biodiversité. L'avenir de la planète de la planète et de l'homme. Cours LMD. Ellipses, 288 p.
- Dajoz, R. (2006). Précis d'écologie. Cours et questions de réflexion. 8<sup>ème</sup> édition. Dunod, Paris 631p.
- De Noni, G. et al. (2001). Terres d'altitude, terres de risque : la lutte contre l'érosion dans les équatoriales. IRD édition. En ligne disponible sur internet : [http : // books.openedition.org / irdeditions /8367](http://books.openedition.org/irdeditions/8367). ISBN : 9782709917940. Doi : [https : // doi.org /104000 /books.irdeditions. 8367](https://doi.org/104000/books.irdeditions.8367) (généralisé le 03 juin 2020)
- Faurie, C., Ferra, C., Médori, P., Dévaux, J., Hemptinne, J.L. (2012). Ecologie. Approche scientifique et pratique. 6<sup>ème</sup> édition. Lavoisier, 488 p.
- Montagne, P. (2002). Comprendre l'Ecologie et son Histoire. Collection la bibliothèque du naturaliste, éd. Delachaux et Niestlé, 192 p.
- Primack, R.B., Sarrazin, F., Lecomte, J. (2012). Biologie de la Conservation. Dunod, Paris 384 p.
- Ramade, F. (2005). Eléments d'écologie. Ecologie appliquée. Cours. 6<sup>ème</sup> édition. Dunod, Paris 864 p.