

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Scientifique  
جامعة 8 ماي 1945  
Université 8 Mai 1945 Guelma  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la Terre et de  
l'Univers



**Département** : Sciences de la Nature et de la Vie

**Polycopié du cours**

# L'ENVIRONNEMENT

Pour la 3<sup>ème</sup> année Licence  
Géologie appliquée : hydrogéologie

- **Elaboré par Dr. ATHAMNIA Mohammed**

Année Universitaire  
**2020/2021**

## **Avant-propos**

---

Ce polycopié comporte les notions essentielles de l'environnement et ses relations avec l'homme. Ce document est destiné aux étudiants de la 3<sup>ème</sup> année licence en géologie appliquée, Option : Hydrogéologie. Il est conforme aux nouveaux programmes établis par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.

Le but de ce polycopié est de fournir à l'étudiant les bases indispensables, qui lui permettent de connaître les différents types d'écosystèmes et ses diversités, et de connaître les formes de pollution de l'eau qui affectent les écosystèmes. L'étudiant doit apprendre à connaître les problèmes locaux pour pouvoir les évaluer. Aussi, cet enseignement met l'accent sur les différentes conséquences des types de polluants variés organiques, chimiques, biologiques...Et leurs répercussions sur les différents compartiments physiques et biotiques de l'écosystème. Il aura ainsi acquis des connaissances de base qu'il pourra devenir dans le futur un des acteurs du développement propre.

Le présent document est réparti en sept chapitres : Biodiversité et changements climatiques, écosystème, interface dans l'environnement, formes de pollution de l'eau, gestion et valorisation des déchets, politique et droit de l'environnement et la gestion de l'eau.

L'auteur remercie les lecteurs qui voudront bien lui faire part des remarques et critique que leur a inspirées la lecture de ce polycopié et souhaite que ce dernier puisse fournir à l'étudiant les informations nécessaires pour l'étude de l'environnement.

L'auteur.

## TABLE DES MATIERES

Avant-propos	
Table des matières	
Liste des tableaux	
Liste des figures	

### Chapitre 1 : Biodiversité et changements climatiques

1. Quelques notions de base .....	1
1.1. L'Environnement .....	1
1.2. L'écologie .....	1
1.3. Une biocénose.....	1
1.4. Un biotope.....	1
1.5. Une espèce .....	1
1.6. L'Ecosystème .....	1
1.7. La biosphère .....	1
2. Les différents niveaux d'approche du monde vivant.....	2
3. Le concept de la Biodiversité .....	3
3.1. Histoire du concept .....	3
3.2. Définitions .....	3
3.3. Les domaines et les règnes du vivant .....	3
3.4. Classifications du vivant et ses principes .....	6
3.5. L'inventaire des espèces.....	7
4. Les différents niveaux de la biodiversité .....	8
4.1. La diversité génétique .....	8
4.2. La diversité spécifique .....	8
4.3. La diversité éco-systémique .....	8
5. La mesure de la diversité biologique .....	9
5.1. A l'échelle génétique .....	9
5.2. A l'échelle taxinomique .....	9
5.3. A l'échelle écosystémique .....	9
6. Distribution de la diversité biologique .....	9
6.1. La diversité taxinomique .....	9
6.1.1. Des milieux aquatiques.....	9
6.2. Les gradients de la répartition spatiale .....	10
6.2.1. Gradients latitudinaux .....	10
6.2.2. Gradients longitudinaux .....	10
6.2.3. Gradients altitudinaux .....	10
6.2.4. La profondeur .....	10
6.2.5. La relation surface – nombre d'espèces .....	10
7. État de la biodiversité dans le monde .....	10
7.1. Exemples de hot-spots riches en biodiversité .....	11
8. Changements climatiques face à la biodiversité .....	11
8.1. Définitions .....	11
8.2. Changements climatiques globaux et l'effet de serre .....	11
8.3. Changements observés .....	12
8.4. Liens d'interdépendance entre la diversité biologique et les changements climatiques.....	12
8.4.1. Les changements climatiques : Une menace pour la diversité biologique .....	12
8.4.2. La diversité biologique : Réduction des conséquences des changements climatiques.....	13
8.5. Conventions liées aux changements climatiques et à la diversité biologique .....	13

## Chapitre 2 : *Ecosystème*

1. Notion d'écosystème.....	15
1.1. Définition préliminaire .....	15
1.2. Définition d'un écosystème.....	16
1.3. Quelques exemples d'écosystèmes .....	16
2. Organisation fonctionnelle d'un écosystème .....	16
3. Le flux de l'énergie et le cycle de la matière dans les écosystèmes .....	17
4. Les principaux écosystèmes du monde .....	17
4.1. Les grands biomes continentaux .....	18
4.1.1. Forêt tropicale .....	19
4.1.2. Désert .....	20
4.1.3. Savane .....	21
4.1.4. Forêt méditerranéenne (Chaparral) .....	22
4.1.5. Prairie tempérée (Steppe) .....	23
4.1.6. Forêt de conifères (Taïga) .....	24
4.1.7. Forêt décidue tempérée .....	25
4.1.8. Toundra .....	26
4.2. Les biomes marins .....	27
4.2.1. Les estuaires, les deltas et les mangroves .....	27
4.2.2. Les zones intertidales et benthiques .....	27
4.2-3. Zone pélagique.....	28
4.2.4. Les récifs coralliens.....	29

## Chapitre 3 : *Interface dans l'environnement*

1. Caractéristiques de la planète terre .....	30
2. Définition du sol et sa relation avec l'écosystème .....	31
2.1. Définition du sol .....	31
3. Classification des sols .....	32
3.1. La texture du sol.....	32
3.2. La structure du sol.....	34
3.3. L'eau du sol.....	34
3.4. Le pH du sol.....	34
3.5. La composition chimique.....	35
4. Les ressources de la planète Terre .....	35
4.1. L'eau .....	35
4.2. L'air .....	36
4.3. Les énergies fossiles .....	36
4.3.1. Le pétrole .....	36
4.3.2. Le gaz naturel .....	36
4.3.3. Le charbon.....	37
4.3.4. L' L'uranium .....	37
4.4. Les autres énergies .....	37
4.4.1. Solaire.....	37
4.4.2. Eolien.....	37
4.4.3. Hydraulique .....	37
4.4.4. Géothermie .....	38
4.4.5. Biomasse .....	38
4.5. Les éléments minéraux .....	38

4.5.1. Or.....	38
4.5.2. Argent.....	38
4.5.3. Platine.....	39
4.5.4. Fer .....	39
4.6. La biodiversité .....	39
4.7. Les sols .....	40
4.8. Les ressources alimentaires .....	40

## Chapitre 4 : *Formes de pollution de l'eau*

1. Généralité.....	41
2. Définition de la pollution de l'eau .....	41
3. Origine des pollutions (sources) .....	41
3.1. La pollution domestique.....	42
3.2. La pollution industrielle.....	42
3.3. La pollution agricole .....	42
3.4. Les phénomènes naturels .....	42
4. Nature des pollutions (type) .....	42
4.1. Pollution physique.....	42
4.1.1. Pollution mécanique.....	42
4.1.2. Pollution thermique.....	43
4.2. Pollutions chimiques et organiques.....	43
4.2.1. Pollution minérale .....	43
4.2.2. Pollutions organiques .....	43
4.3. Pollution biologique .....	43
5. Formes de pollutions.....	45
5.1. Pollution ponctuelle .....	45
5.2. Pollution diffuse .....	45
5.3. Pollution permanente .....	45
5.4. Pollution périodique.....	45
5.5. Pollution accidentelle ou aigue .....	45
6. Quantification des polluants .....	45
6.1. Paramètres mesurés pour caractériser une eau.....	46
6.1.1. Les matières en suspension (MES).....	46
6.1.2. Les matières volatiles en suspension (MVES) .....	46
6.1.3. La « Demande Chimique en Oxygène » ou DCO .....	46
6.1.4. La Demande Biologique en Oxygène ou DBO .....	46
6.1.5. Le carbone organique total COT .....	46
6.1.6. Les matières toxiques .....	46
6.1.7. La pollution azotée .....	47
6.1.8. La pollution phosphorée.....	47
6.1.9. Conductivité .....	48
6.1.10. Germes pathogènes .....	48
6.1.11. Les autres caractéristiques (pH, température, couleur...) .....	48
7. Impact de la pollution.....	48
7.1. Sur le milieu naturel .....	48
7.2. Sur l'économie.....	48
7.3. Sur la santé .....	49

## Chapitre 5 : Gestion et valorisation des déchets

1. Définition d'un déchet.....	50
2. Définition d'un déchet ménager et assimilé.....	50
3. Les caractéristiques des déchets .....	50
3.1. La densité .....	51
3.2. Le degré d'humidité. ....	51
3.3. Le pouvoir calorifique.....	51
3.4. Le rapport des teneurs en carbone et azote.....	51
4. Les différents types de déchets .....	51
5. Classification des déchets.....	52
5.1. Selon la nature du déchet :.....	52
5.2. Selon le mode de traitement et d'élimination.....	52
5.3. Selon le comportement et les effets sur l'environnement .....	53
5.4. Selon l'origine.....	53
5.4.1. Les déchets industriels .....	53
5.4.2. Les déchets urbains .....	54
5.5. Classification des déchets ménagers selon la législation Algérienne.....	54
5.5.1. Déchets ménagers et assimilés.....	54
5.5.2. Déchets encombrants.....	54
5.5.3. Déchets spéciaux (DS).....	54
5.5.4. Déchets d'activité de soin.....	54
5.5.5. Déchets radioactifs .....	54
6. Quantités des déchets produites en Algérie.....	55
7. Composition des déchets ménagers en Algérie.....	55
8. Gestion et valorisation des déchets .....	55
8.1. La réduction.....	56
8.2. La réutilisation (réemploi) .....	56
8.3. Le tri sélectif des déchets .....	56
8.4. La collecte.....	56
8.4.1. Collecte par apport volontaire en container.....	56
8.4.2. Collecte séparative par apport volontaire .....	56
8.4.3. Collecte en porte à porte par moyens lourds .....	56
8.4.3.1. Collecte en mélange .....	57
8.4.3.2. Collecte séparative .....	57
8.5. Les installations .....	57
8.5.1. Déchetterie.....	57
8.5.2. Le centre de tri .....	57
8.5.3. Station de transit .....	58
8.6. Les traitements.....	58
8.6.1. Le compostage.....	58
8.6.2. La méthanisation .....	58
8.6.3. Le recyclage .....	58
8.6.4. Incinération .....	58
8.6.5. Mise en décharge .....	58
8.6.6. Enfouissement.....	59
9. Impact des déchets sur l'environnement et la santé publique.....	60
9.1. Sur l'environnement.....	60
9.1.1. Les pollutions biologiques .....	60
9.1.2. Les pollutions physiques et chimiques .....	60
9.2. Sur la santé publique .....	60

## Chapitre 6 : *Politique et droit de l'environnement*

1. Le droit algérien.....	61
2. Les sources du droit .....	61
2.1. La loi .....	61
2.2. Le décret.....	61
2.3. L'ordonnance.....	61
2.4. L'arrêté.....	61
3. Le droit de l'environnement.....	62
3.1. Définition.....	62
3.2. Objectif de la législation sur l'environnement.....	62
4. Les sources du droit de l'environnement .....	62
4.1.1. Les conventions à portée universelle .....	62
4.1.2. Les traités régionaux.....	62
4.2. Les sources internes .....	63
4.2.1. Les lois et les règlements.....	63
4.2.2. La constitutionnalisation du droit de l'environnement .....	63
5. Les grands principes du droit de l'environnement .....	63
5.1. La protection de l'environnement est d'intérêt général.....	64
6. La politique environnementale en Algérie : .....	67

## Chapitre 7 : *Gestion de l'eau*

1. Le cycle de l'eau .....	68
2. Les principales formes en eau .....	69
3. Les modes d'approvisionnements d'eau .....	70
3.1. L'aménagement des barrages .....	70
3.2. Les eaux souterraines renouvelables.....	70
3.3. Les eaux souterraines non renouvelables .....	71
4. L'utilité de l'eau dans les différents secteurs et domaines .....	71
4.1. Le secteur domestique .....	71
4.2. Le secteur agricole.....	71
4.3. Le secteur industriel .....	72
4.4. Le secteur énergétique.....	72
5. La gestion de ressource eau dans les Pays développés .....	72
6. l'importance de l'eau dans le développement .....	73
6.1. Dans l'aspect social.....	73
6.2. Sur le développement économique .....	74
6.3. Sur le plan environnemental .....	75
7. La surveillance de la qualité des eaux de surface .....	75
8. La gestion communautaire de l'eau .....	76
8.1. Les différents modes de gestion.....	76
8.1.1. La gestion directe « régie ».....	76
8.1.2. La gestion déléguée.....	76
8.2. La gestion de l'eau potable et de l'assainissement en Algérie.....	76
8.2.1. Plan organisationnel .....	76
8.2.2. Plan financier.....	77
8.2.3. Plan institutionnel .....	77

## Liste des Tableaux

Tableau	Titre	Page
<b>Tableau 1</b>	Le system de classification des six règnes (Raven, <i>et al.</i> ; 2009).	<b>5</b>
<b>Tableau 2</b>	Classification biologique hiérarchique de trois espèces animales.	<b>6</b>
<b>Tableau 3</b>	Estimation du nombre d'espèces actuellement recensées et du nombre d'espèces probables (Lévêque & Mounolou, 2008).	<b>7</b>
<b>Tableau 4</b>	Principaux types de pollution des eaux continentales, nature de produits polluants et leurs origines, (Lévêque, 1996).	<b>44</b>
<b>Tableau 5</b>	Provenance et composition des déchets en France (Addou, 2009)	<b>52</b>
<b>Tableau 6</b>	Durée de décomposition de quelques déchets ménagers.	<b>59</b>

## Liste des Figures

Figure	Titre	Page
<b>Figure 1</b>	Les différents niveaux d'organisation biologique (Gaudin, 1997).	<b>2</b>
<b>Figure 2</b>	Les différents niveaux d'organisation écologique	<b>15</b>
<b>Figure 3</b>	La répartition des principaux biomes terrestres (Campbell <i>et al.</i> ; 2012).	<b>18</b>
<b>Figure 4</b>	Interaction dynamiques entre élément naturels.	<b>30</b>
<b>Figure 5</b>	Diagramme triangulaire des classes texturales de sol d'après les dimensions des particules USDA.	<b>33</b>
<b>Figure 6</b>	Représentation graphique de la composition des déchets ménagers en Algérie	<b>55</b>
<b>Figure 7</b>	Schéma du centre de tri	<b>57</b>
<b>Figure 8</b>	Le cycle de l'eau	<b>69</b>

## BIODIVERSITE ET CHANGEMENTS CLIMATIQUES



- Quelques notions de base
- Les différents niveaux d'approche du monde vivant
- Le concept de la biodiversité
- Les différents niveaux de la diversité biologique
- La mesure de la diversité biologique
- La distribution géographique de la diversité biologique
- Etat de la diversité biologique dans le monde
- Changements climatiques face à la biodiversité

### 1. Quelques notions de base :

**1.1. L'Environnement** : est l'ensemble de caractères physiques, chimiques et biologiques susceptibles d'avoir une action directe ou indirecte, immédiat ou à terme, sur les êtres vivants et sur les **activités humaines**.

**1.2. L'écologie** : est l'étude des interactions entre les organismes vivants et le milieu, et des organismes vivants entre eux dans les conditions naturelles.

**1.3. Une biocénose** : est un ensemble de communautés ou d'êtres vivants de toutes espèces, végétales et animales, coexistant dans un espace défini appelé biotope.

**1.4. Un biotope** : est un ensemble d'éléments caractérisant un milieu physico-chimique déterminé et uniforme qui héberge une flore et une faune spécifique (la biocénose).

**1.5. Une espèce** : groupe d'êtres vivants pouvant se reproduire entre eux (interfécondité) et dont la descendance est fertile.

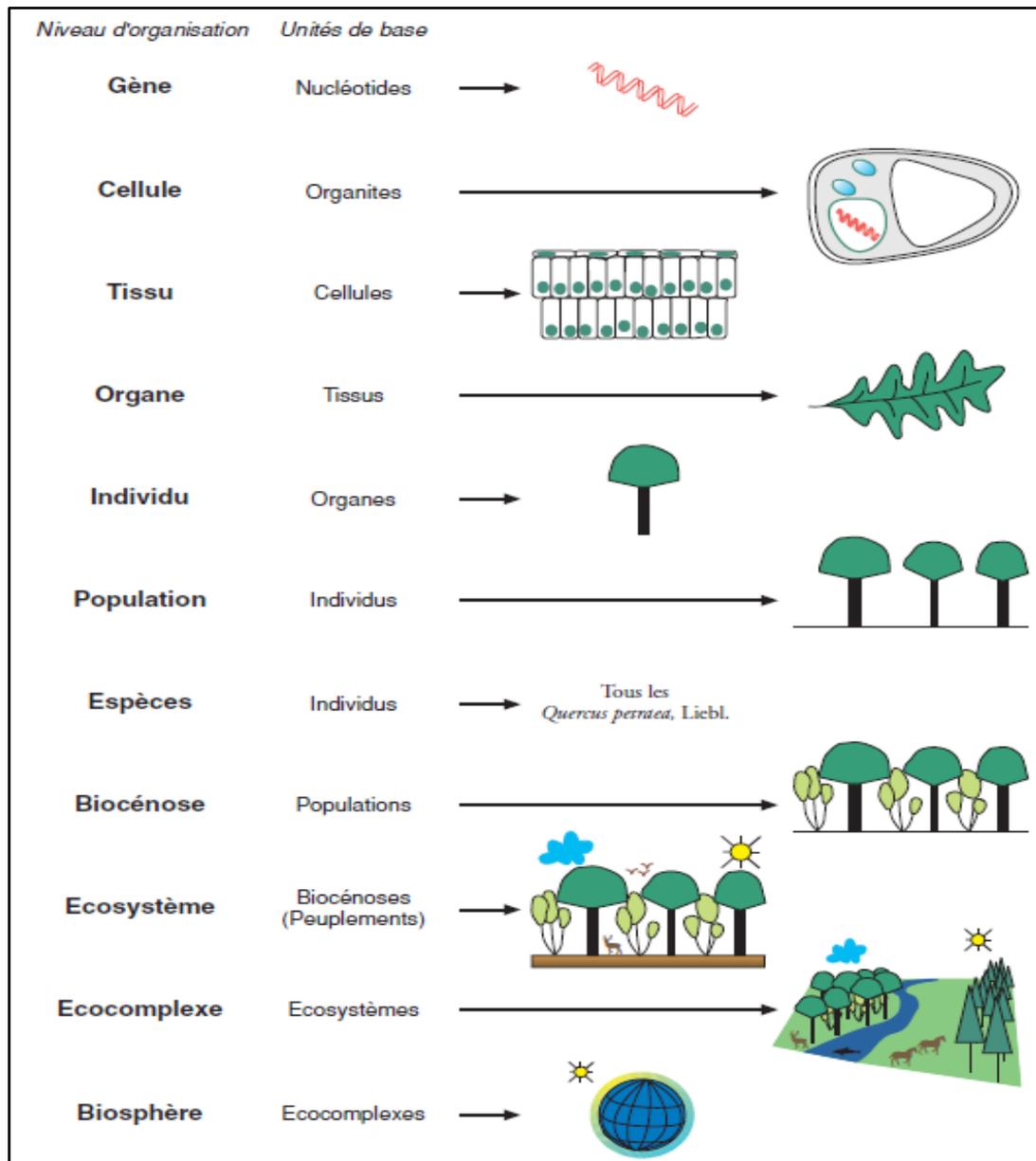
**1.6. L'Ecosystème** : un écosystème désigne l'ensemble formé par une communauté d'êtres vivants (la biocénose), et son environnement géologique, pédologique et atmosphérique (le biotope).

- Les éléments constituant un écosystème développent un réseau d'interdépendances permettant le maintien et le développement de la vie.
- Le botaniste anglais *George Tansley* en 1935 a défini l'écosystème par l'équation suivante : **Ecosystème = Biotope + biocénose**

**1.7. La biosphère** : on définit la biosphère comme la pellicule superficielle de la planète qui renferme les êtres vivants, et dans laquelle la vie est possible en permanence. Cet espace comprend ainsi la *lithosphère* (écorce terrestre), *l'hydrosphère* (ensemble des océans et des eaux continentales), et *l'atmosphère* (enveloppe gazeuse de la Terre).

## 2. Les différents niveaux d'approche du monde vivant

Le schéma suivant (Fig. 1) présente les différents niveaux d'organisation biologique. Il existe de nombreux schémas de ce type et on trouve quelques différences d'un schéma à l'autre.



**Figure 1** : Les différents niveaux d'organisation biologique (Gaudin, 1997).

Les niveaux d'organisation biologique correspondent à un emboîtement de plus en plus complexe. Ils peuvent échanger de la matière et de l'énergie. Ils présentent soit des *limites physiques* (membranes, épidermes...), soit des *limites fonctionnelles* (variations de facteurs écologiques, gradients...).

Schématiquement, la biologie s'intéresse plutôt aux premiers niveaux d'organisation (génétique, biologie moléculaire, histologie...) alors que l'écologie travaille plutôt sur les populations, les peuplements ou les écosystèmes. Bien entendu, il n'existe pas de frontières strictes et la génétique peut très bien être utilisée en écologie.

---

### 3. Le concept de la biodiversité :

#### 3.1. Histoire du concept :

L'expression "*biological diversity*" a été inventée par Thomas Lovejoy en 1980 [3] tandis que le terme "*biodiversity*" lui-même a été inventé par Walter G. Rosen en 1985 lors de la préparation du "*National Forum on Biological Diversity*" organisé par le National "Research Council" en 1986 ; le mot « biodiversité » apparaît pour la première fois en 1988 dans une publication, lorsque l'entomologiste américain Edward O. Wilson en fait le titre du compte rendu [4] de ce forum [5]. Le mot "*biodiversity*" avait été jugé plus efficace en termes de communication que *biological "diversity"*

Depuis 1986, le terme et le concept sont très utilisés parmi les biologistes, les écologues, les écologistes, les dirigeants et les citoyens. L'utilisation du terme coïncide avec la prise de l'extinction d'espèces au cours des dernières décennies du XXe siècle.

En juin 1992, le sommet planétaire de Rio de Janeiro a marqué l'entrée en force sur la scène internationale de préoccupations et de convoitises vis-à-vis de la diversité du monde vivant.

#### 3.2. Définitions :

La Convention sur la diversité biologique définit la **diversité biologique** comme étant la «variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres systèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie ; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes». — **Article.2** de la *Convention sur la diversité biologique*, 1992

**Selon UICN** : « *La variété structurale et fonctionnelle de diverses formes de vie qui peuplent la biosphère aux niveaux d'organisation et de complexité croissante : génétique, espèce, population, communauté, écosystème* » (UICN, 1990). **Union Internationale pour la Conservation de la Nature**

#### 3.3. Les domaines et les règnes du vivant :

Les biologistes classent les organismes dans des groupes logiques afin de comprendre la diversité remarquable du vivant. Pendant des siècles, les biologistes ont considéré que les organismes appartenaient à deux grandes catégories : les plantes et les animaux. Avec le

développement des microscopes, il devient évident que beaucoup d'organismes ne correspondaient ni au règne végétal, ni au règne animal. Les bactéries par exemple, ont une structure cellulaire procaryote : elles sont dépourvues d'organites, d'enveloppe nucléaire et d'autres membranes cellulaires internes. Cette caractéristique, qui différencie les bactéries de tous les autres organismes, est beaucoup plus fondamentale que les différences entre les plantes et les animaux qui ont des structures cellulaires similaires. Par conséquent il devenait clair que les bactéries n'étaient ni des plantes ni des animaux.

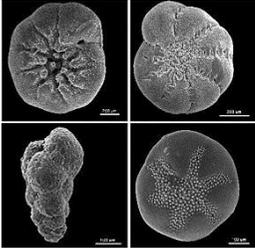
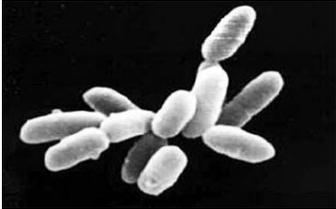
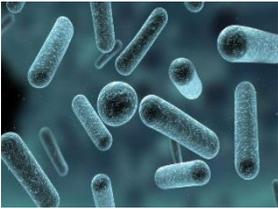
Ces considérations conduisirent finalement à un système de classification avec trois domaines et six règnes adopté aujourd'hui par la plupart des biologistes. Les procaryotes sont divisés en deux groupes suffisamment distincts pour être classés dans deux domaines, les **Archéobactéries** et les **Bactéries**. Les Archéobactéries vivent fréquemment dans des environnements pauvres en oxygène et se sont adaptées à des conditions difficiles, comme par exemple les sources d'eau chaude, les eaux à forte salinité et les sources hydrothermales. Les milliers d'autres procaryotes font partie du domaine des Bactéries.

Les organismes avec des cellules **eucaryotes** sont classés dans le domaine des **Eucaryotes**. Leurs cellules ont un niveau élevé d'organisation interne ; elles contiennent un noyau, des chloroplastes et des mitochondries.

Les quatre règnes restants sont classés dans le domaine des Eucaryotes.

On considère que les eucaryotes unicellulaires ou multicellulaires relativement simples, comme les algues, les protozoaires et les moisissures appartiennent au règne des protistes. (Raven, *et al.*; 2009).

Tableau 1 : Le system de classification des six règnes (Raven *et al.*; 2009).

DOMAINE DES EUKARYOTES				DOMAINE DES PROCARYOTES	
Règne animal	Règne végétal	Règne des champignons	Règne des protistes	Règne des archéobactéries	Règne des bactéries
Organismes pluricellulaires complexes hétérotrophes : ces consommateurs sont herbivores, carnivores, omnivores ou détriticoles.	Organismes pluricellulaires complexes, la plupart fabriquant leurs sucres par photosynthèse. Jouent un rôle important en tant que producteurs d'oxygène atmosphérique.	Organismes pluricellulaires complexes, pour la plupart, qui sécrètent des enzymes digestives dans leur nourriture puis absorbent les nutriments pré-digérés. Décomposeurs, certains parasites, d'autres pathogènes.	Eucaryotes unicellulaires ou Organismes pluricellulaires relativement simples, comme les algues, les protozoaires, les mycétozoaires, les oomycètes ; nombreux dans les chaînes alimentaires aquatiques ; les algues sont des producteurs importants	Vivent fréquemment dans les environnements pauvres en oxygène ; sont souvent adaptées à des milieux difficiles, tels que sources thermales, marais salés et sources hydrothermales abyssales.	Tous les autres procaryotes, soit des milliers d'espèces, soit la plupart des décomposeurs. Quelques-uns sont parasites, quelques-uns pathogènes, d'autres sont photosynthétiques. Importants dans les cycles biogéochimiques.
					

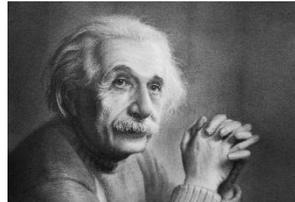
### 3.4. Classifications du vivant et ses principes

- Dans la classification biologique proposée par *Linné*, à chaque rang de la hiérarchie correspond un nom de taxon.
- Les naturalistes utilisent un même système de nomenclature générale pour désigner et identifier les espèces, le **système binomiale** (représenté par un nom du *genre* suivi par le nom de *l'espèce*).
- Les catégories supra-spécifiques sont : **genre, famille, ordre, classe, phylum (embranchement), règne**.

La classification des êtres vivants est divisée en deux catégories :

- **La classification phénétique** : basé sur les similitudes des formes ou des caractères entre espèces.
- **La Classification phylogénétique** : fondée quant à elle sur la parenté évolutive de groupes

**Tableau 2** : Classification biologique hiérarchique de trois espèces animales.

Niveau	Espèce 1	Espèce 2	Espèce 3
Règne	Animal	Animal	Animal
Embranchement	Arthropodes	Chordés	Chordés
Classe	Insectes	Oiseaux	Mammifères
Ordre	Odonates	Ciconiiformes	Primates
Famille	Aeschnidés	Ciconiidés	hominidés
Genre	Anax	Ciconia	Homo
Espèce	<i>Anax imperator</i> 	<i>Ciconia ciconia</i> 	<i>Homo sapiens</i> 

« **La taxonomie** : est la discipline scientifique qui consiste à nommer, décrire et classer les êtres vivants. Cette science obéit aux instructions de codes internationaux de nomenclature »

### 3.5. L'inventaire des espèces

La diversité biologique concerne tous les niveaux de l'organisation du vivant, des gènes aux écosystèmes. Mais on parle le plus souvent de la diversité des espèces (en réalité la richesse en espèces) car c'est le niveau le plus simple à appréhender.

**Tableau 3** : Estimation du nombre d'espèces actuellement recensées et du nombre d'espèces probables (Lévêque et Mounolou, 2008).

Groupes taxinomiques	Taxons	Nombre approximatif d'espèces recensées	Nombre estimé d'espèces
virus		4.000	500.000 ?
Bactéries		4.000	1.000.000 ?
Champignons		72.000	1 à 2.000.000
Protozoaires		40.000	200.000 ?
Algues		40.000	400.000 ?
Fougères		12.000	
Plantes		270.000	320.000
Animaux invertébrés			10.000.000
	Éponges	10.000	
	Cnidaires	10.000	
	Plathelminthes	20.000	
	Nématodes	30.000	400.000
	Arachnides	92.000	750.000
	Crustacés	55.000	150.000
	Insectes	1.000.000	8.000.000
	Mollusques	85.000	200.000
	Annélides	12.000	
	Échinodermes	7.000	
Animaux vertébrés			
	Poissons	29.000	30.000
	Amphibiens	5.800	6.000
	Reptiles	8.300	8.500
	Oiseaux	9.900	10.000
	Mammifères	5.400	5.500

- Ce nombre d'espèces probables est une extrapolation assez hypothétique, mais qui donne des ordres de grandeur quant à la richesse du monde vivant

**Botanistes** et zoologistes ont entrepris, il y a près de trois siècles, la description et l'inventaire des espèces vivantes. Carl Linné dénombrait 9 000 espèces de plantes et

d'animaux au milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle. Deux siècles et demi plus tard, avec plus de 1,8 million d'espèces décrites, nous savons que l'inventaire du vivant est loin d'être terminé, surtout dans les régions tropicales. Nul ne sait en réalité quel est le nombre d'espèces vivantes à la surface de la Terre, mais il pourrait se situer selon les estimations entre 7 et 100 millions. Cette incertitude révèle l'étendue de notre ignorance, ce qui est pour le moins fâcheux quand on cherche à démontrer que les activités humaines suscitent une érosion sans précédent de la diversité biologique... Au rythme moyen de 10 à 15 000 espèces nouvelles décrites chaque année, il faudra encore plusieurs siècles pour compléter l'inventaire !

---

#### 4. Les différents niveaux de la biodiversité :

La diversité biologique est la diversité de toutes les formes du vivant. Elle est habituellement subdivisée en trois niveaux :

**4.1. La diversité génétique**, elle se définit par la variabilité des gènes au sein d'une même espèce ou d'une population. Elle est donc caractérisée par la différence de deux individus d'une même espèce ou sous-espèce (diversité intraspécifique).

**4.2. La diversité spécifique**, correspond à la diversité des espèces (diversité interspécifique). Ainsi, chaque groupe défini peut alors être caractérisé par le nombre des espèces qui le composent, voir taxinomie. Cependant, pour caractériser le nombre de plan d'organisation anatomique, il est préférable d'employer le terme de disparité.

**Exemples** : dans un écosystème lacustre on peut distinguer plusieurs espèces de :

- Végétation : Phragmite, Scirpe, Typha.
- Macro - invertébrés : Pucés d'eau, sangsues.
- Poissons : Carpe, Gambusia.
- Oiseaux : Canard, Héron, Rapace.
- Reptiles : Cistude, Couleuvre.
- Amphibiens : Triton, Grenouille.

**4.3. La diversité éco-systémique**, qui correspond à la diversité des écosystèmes présents sur Terre, des interactions des populations naturelles et de leurs environnements physiques. Selon les Néo-Darwinistes, le gène est l'unité fondamentale de la sélection naturelle, donc de l'évolution, et certains, comme E.O. Wilson, estiment que la seule biodiversité « utile » est la diversité génétique. Cependant, en pratique, quand on étudie la biodiversité sur le terrain, l'espèce est l'unité la plus accessible.

**Exemples** : dans une région biogéographique (Biome) on peut distinguer plusieurs type d'écosystème de :

- Ecosystème lotique : rivière, oued, ruisseau.
- Ecosystème lentique : Lac, mare, sebkha.
- Ecosystème Marin : embouchure, Mer
- Ecosystème Forestier : Forêt tropicale

---

## 5. La mesure de la diversité biologique :

Comme la biodiversité traduit l'infinie complexité de la vie et donc des formes d'organismes qu'ils caractérisent. En réalité il ne peut exister de mesure absolue constituant un étalon unique de cette dernière.

**5.1. A l'échelle génétique** : la variabilité peut être déterminée quantitativement dans telle ou telle espèce vivante dont la plus utilisée est l'étude des variations de structures de l'ADN mitochondriale.

**5.2. A l'échelle taxinomique** : qui est le plus utilisé qui se traduit par le nombre total d'espèces qui est lié avec la diversité écologique qui se traduit par deux facteurs :

→ Le nombre d'unité taxinomique (espèces) présent dans un écosystème donné.

→ La façon dont les individus des diverses espèces présentent dans un échantillon.

**5.3. A l'échelle écosystémique** : le nombre des écosystèmes trouvés dans le paysage donné.

- Sur le plan théorique, on devrait évaluer tous les aspects de la biodiversité dans un système donné. Mais c'est une tâche pratiquement irréalisable et il faut se contenter d'une estimation approchée en se référant à des indicateurs qui peuvent concerner la génétique, les espèces ou les peuplements, la structure de l'habitat, ou toute combinaison qui fournit une évaluation relative pertinente de la diversité biologique.
- La richesse en espèces (Nombre d'espèces) est l'unité de mesure la plus courante, parfois la biodiversité est traduite par la richesse spécifique.

---

## 6. Distribution de la diversité biologique :

La distribution de la diversité biologique n'est pas répartie de manière homogène à la surface de la planète. Les naturalistes ont essayé de mettre en évidence les grandes tendances dans la distribution spatiale de la diversité biologique.

### 6.1. La diversité taxinomique

#### 6.1.1. Des milieux aquatiques

En milieu marin, on retrouve l'ensemble des grands phylums connus à ce jour, dont 15 sont exclusivement marins (échinodermes, brachiopodes, etc.). Un seul, les Onychophora, n'est connu qu'en milieu terrestre. Il y a là une certaine logique si l'on reconnaît que la vie est née en milieu aquatique.

Près de 230 000 espèces ont été décrites en milieu marin, ce qui ne représente que 15% environ de la biodiversité connue, en dépit du fait que les océans occupent 70% de la

surface du globe. Il y a à cela deux explications possibles qui ne sont pas contradictoires : le milieu marin est moins exploré, mais également moins hétérogène que le milieu terrestre ; les phylums qui ont colonisé le milieu terrestre se sont beaucoup plus diversifiés, à l'exemple des insectes. C'est le long des côtes que 70% des espèces sont recensées. Les récifs coralliens, qui sont l'équivalent en milieu marin des forêts tropicales n'occupent que 0,5% de la surface de la planète. Ils hébergent par contre environ un tiers des espèces marines décrites.

## 6.2. Les gradients de la répartition spatiale :

**6.2.1. Gradients latitudinaux** : la richesse en espèce augmente des pôles vers l'équateur pour la plus part des groupes taxonomiques. Ce phénomène est marqué pour les plantes.

Les nématodes du sol donnent une situation inverse, avec une grande richesse spécifique aux grandes altitudes.

Les causes de cette richesse spécifique sont multiples.

**6.2.2. Gradients longitudinaux** : dans le domaine marin, un gradient longitudinal bien établi est celui de la diversité des coraux dont la plus grande richesse spécifique est observée dans l'archipel indonésien. Elle diminue ensuite vers l'ouest de manière irrégulière dans l'océan indien elle est plus faible dans les caraïbe.

**6.2.3. Gradients altitudinaux** : pour certaine taxons la richesse diminue simplement avec l'altitude, alors que pour d'autres la Richesse Spécifique a la forme d'une courbe en cloche. Dont la température et la pluviométrie sont les principaux facteurs physiques structurants ce gradient.

**6.2.4. La profondeur** : la diversité est plus élevée dans les milieux benthiques que dans les milieux pélagiques, et en milieux côtier qu'en milieu hauturier.

**6.2.5. La relation surface – nombre d'espèces** : lorsque la surface augmente on peut s'attendre à ce que la diversité des habitats augmente également.

---

## 7. État de la biodiversité dans le monde

L'évaluation du millénaire, après la conférence de Rio a réattiré l'attention du monde sur le rapide déclin de la biodiversité. Ce déclin s'est encore accru de 2005 à 2008 selon le rapport de mi-étape d'une étude consacrée à l'économie des écosystèmes et de la biodiversité qui conclut que sans actions fortes, la perte associée de services écosystémiques s'accroîtra. Au rythme du début des années 2000, 11 % seulement des espaces naturels existant en 2000 auront disparu avant 2050 et près de 40 % des sols actuellement exploités extensivement (ce qui permet la survie d'une partie significative de la biodiversité ordinaire) seront converties à l'agriculture intensive. La surpêche, la pollution, les maladies, les espèces invasives et le blanchissement des coraux pourraient causer la disparition de 60 % des récifs coralliens d'ici 2030. Ceci menace le fonctionnement de la planète et les économies et sociétés

humaines conclue ce même rapport qui évalue qu'un scénario de statut-quo conduira à une *perte annuelle de bien-être due à la disparition de services écosystémiques* pouvant atteindre 6 % du PIB (le produit intérieur brut) mondial d'ici 2050.

### 7.1. Exemples de hot-spots riches en biodiversité

- ✓ Le Brésil est considéré comme **représentant** d'un cinquième de la biodiversité mondiale, avec 50 000 espèces de plantes, 5 000 vertébrés, 10 à 15 millions d'insectes et des millions de micro-organismes.
- ✓ L'Inde représenterait 8% des espèces connues, avec 47 000 espèces de plantes et 81 000 d'espèces animales.
- ✓ Java, Bornéo et Sumatra abritent aussi une très grande biodiversité, mais la déforestation s'y poursuit.

---

## 8. Changements climatiques face à la biodiversité :

### 8.1. Définitions :

Selon l'IPCC, le changement climatique est défini comme : *“une variation de l'état du climat que l'on peut déceler par des modifications de la moyenne et/ou de la variabilité de ses propriétés et qui persiste pendant une longue période (généralement pendant des décennies ou plus) ”*.

- Depuis ces dernières années, le changement climatique est devenu l'un des sujets les plus étudiés. Près de 100 000 études scientifiques ont discuté des changements climatiques ces dix dernières années.
- **(IPCC : Intergovernmental Panel of Climate Change)**
- Groupe d'experts intergouvernemental sur les changements climatiques

### 8.2. Changements climatiques globaux et l'effet de serre :

Les gaz tels que la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone, l'ozone et le méthane agissent comme le plafond de verre d'une serre dans l'atmosphère en emprisonnant la chaleur et en réchauffant la planète. Ces gaz sont appelés des gaz à effet de serre. Les émissions provenant des activités humaines telles que la combustion des combustibles fossiles, les activités agricoles et les changements dans l'utilisation des terres augmentent les niveaux naturels de ces gaz. Cette augmentation a pour effet de réchauffer la surface de la Terre et la basse atmosphère. Les augmentations de la température, si petites soient-elles, donnent lieu à d'autres changements. L'augmentation des niveaux de gaz à effet de serre a déjà entraîné des changements climatiques.

### 8.3. Changements observés

La température mondiale moyenne a augmenté d'environ 0,6 (C°) degrés Celsius depuis le milieu des années 1800, ce qui a eu des conséquences sur le monde entier.

- Voici quelques exemples au 20<sup>ème</sup> siècle :
  - Le niveau moyen des océans du monde a augmenté de 10 à 20 cm.
  - Le volume global des glaciers en Suisse a diminué des deux tiers.
  - L'épaisseur de la glace en Arctique à la fin de l'été et au début de l'automne a réduit d'environ 40 pour cent.
  - Le mont Kenya a perdu 92 % de sa masse glaciaire et le mont Kilimandjaro en a perdu 82 %.
  - Une réduction de 40 à 60 % de la quantité totale d'eau disponible dans les grands bassins hydrologiques du Niger, du lac Tchad et du Sénégal.
  - Le retrait de 70 % des côtes sablonneuses.
  - L'avancement vers le Nord d'environ 100 kilomètres de forêt boréale de l'Alaska pour chaque degré Celsius d'augmentation de la température.
  - Le crapaud doré et la grenouille arlequin de Monteverdi, deux espèces disparues, ont été identifiés comme étant les premières victimes des changements climatiques.

### 8.4. Liens d'interdépendance entre la diversité biologique et les changements climatiques

Les liens entre la diversité biologique et les changements climatiques sont bidirectionnels : les changements climatiques menacent la diversité biologique et la diversité biologique peut réduire les conséquences des changements climatiques

#### 8.4.1. Les changements climatiques : Une menace pour la diversité biologique

Il existe des preuves à l'effet que les changements climatiques ont déjà commencé à affecter la diversité biologique et qu'ils continueront à le faire.

- Voici quelques conséquences des changements climatiques sur le volet espèces de la diversité biologique :
  - ✓ Des changements dans la répartition.
  - ✓ Un taux d'extinction accru.
  - ✓ Des changements dans les périodes de reproduction.
  - ✓ Des changements dans la durée des saisons de culture des plants.
- Certaines espèces déjà menacées sont particulièrement vulnérables aux conséquences des changements climatiques. Voici des exemples d'espèces et de leurs vulnérabilités.

**Rainette** : Comme les grenouilles ont besoin d'eau pour se reproduire, toute réduction ou tout changement dans les précipitations pourrait réduire la reproduction des grenouilles. De plus, l'augmentation des températures est étroitement liée aux épidémies de maladies fongiques qui contribuent au déclin des populations d'amphibiens, surtout les grenouilles en Amérique latine.

**Tigre** : Les mangroves de l'Asie figurent parmi les plus grands territoires restants pour les tigres. L'augmentation prévue des niveaux de la mer pourrait entraîner la perte de l'habitat des tigres et menacer la survie de l'espèce.

**L'éléphant d'Afrique** : En Afrique, les pressions qu'exercent les périodes sèches de plus en plus longues et les espaces habitables de plus en plus petits rendent les éléphants très vulnérables aux changements climatiques.

**Récifs coralliens** : Les changements dans la température et la composition chimique de l'eau pourraient entraîner la perte de 95 pour cent des coraux dans la Grande Barrière de Corail de l'Australie d'ici 2050.

#### 8.4.2. La diversité biologique : Réduction des conséquences des changements climatiques

L'adoption de stratégies d'adaptation et d'atténuation fondées sur la diversité biologique pourrait améliorer la résistance des écosystèmes et réduire les risques pour les écosystèmes humains et naturels. L'atténuation consiste en une intervention humaine visant à réduire les sources de gaz à effet de serre ou améliorer la séquestration du carbone<sup>6</sup>, tandis que l'adaptation aux changements climatiques porte sur les réajustements des systèmes naturels ou humains en réponse au stimulus climatiques ou leurs conséquences, qui atténuent les effets néfastes ou exploitent les possibilités bénéfiques.

- Voici quelques exemples d'activités qui favorisent l'atténuation des changements climatiques ou l'adaptation à ceux-ci :
  - ✓ Le maintien et la restauration des écosystèmes indigènes.
  - ✓ La protection et l'amélioration des services que procurent les écosystèmes.
  - ✓ La gestion des habitats des espèces en voie de disparition.
  - ✓ La création de refuges et de zones tampons.
  - ✓ La création de réseaux d'aires protégées terrestres, d'eau douce et marines qui tiennent compte des changements climatiques prévus.

#### 8.5. Conventions liées aux changements climatiques et à la diversité biologique :

Plusieurs facteurs liés aux changements climatiques ont été intégrés aux programmes, aux décisions et aux recommandations des diverses conventions au cours des dernières années.

Voici la façon dont quelques conventions voient le lien entre les changements climatiques et la diversité biologique :

- ❖ **La huitième Conférence des Parties à la *Convention sur la diversité biologique*** a souligné l'importance d'intégrer les facteurs liés à la diversité biologique à tous les plans, politiques et programmes nationaux concernés en réponse aux changements climatiques et d'élaborer rapidement des outils pour mettre en pratique les activités de conservation de la diversité biologique qui contribuent à l'adaptation au changement climatique. La Conférence des Parties a aussi pris note de la nécessité de recenser des activités de soutien mutuel que pourraient entreprendre les secrétariats des conventions de Rio, les Parties et autres organisations pertinentes (décision VIII/30).
- ❖ **La *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)*** a été signée par 191 Parties qui reconnaissent la nécessité de s'attaquer aux changements climatiques. La Convention a pour objectif de stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre à un niveau qui préviendra les interférences anthropiques dangereuses. Elle prie les Parties d'atteindre ces niveaux dans un délai qui permettra aux écosystèmes de s'adapter aux changements climatiques.
- ❖ **La *Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (UNCCD)*** met l'accent sur la nécessité de coordonner les activités de désertification et les activités de recherche sur les changements climatiques afin de trouver des solutions aux deux problèmes.
- ❖ **Le *Comité du patrimoine mondial*** a organisé une réunion d'experts au siège de l'UNESCO, à Paris, au mois de mars 2006. Cette réunion a abouti, entre autres choses, à l'élaboration d'une stratégie pour aider les États Parties à mettre en oeuvre les programmes de gestion permettant de répondre aux changements climatiques. La 30e session du Comité du patrimoine mondial, réunie à Vilnius (Lituanie) en juillet 2006, a demandé aux États Parties et à tous les partenaires concernés de mettre en oeuvre cette stratégie pour protéger la valeur universelle extraordinaire, l'intégrité et l'authenticité des sites de patrimoine mondial contre les effets nuisibles des changements climatiques, dans la mesure du possible et selon les ressources disponibles.
- ❖ **La huitième réunion de la *Convention sur la conservation des espèces migratrices*** a demandé à son conseil scientifique d'accorder la plus haute priorité aux changements climatiques dans ses futurs programmes d'activités et a prié les Parties de mettre en oeuvre des mesures d'adaptation, selon les circonstances.
- ❖ **La huitième Conférence des Parties contractantes de la *Convention de Ramsar relative aux zones humides*** a prié les Parties contractantes de gérer les zones humides de façon à augmenter leur résistance aux changements climatiques en encourageant la protection et la restauration des zones humides et des bassins hydrologiques (résolution VIII.3). Son comité des sciences et de l'examen technique est en voie d'examiner les conséquences possibles des changements climatiques sur la capacité des écosystèmes des zones humides à fournir leurs services, ainsi que le rôle des zones humides dans l'amélioration des effets des changements climatiques. La dixième Conférence des Parties, qui aura lieu en 2008, se penchera sur les liens entre les changements climatiques et les zones humides.



## ECOSYSTEME

- Notion d'écosystème
- Organisation fonctionnelle d'écosystème
- Le flux de l'énergie et le cycle de la matière dans les écosystèmes
- Les principaux écosystèmes du monde

### 1. Notion d'écosystème

Ce terme, créé par *Tansley* en 1935, désigne l'unité écologique de base en laquelle peuvent se réduire les systèmes écologiques plus complexes. La notion d'écosystème, concept clef en écologie, se rapporte en effet à l'unité structurale et fonctionnelle en laquelle on peut subdiviser la biosphère tout entière, et a fortiori les ensembles hétérogènes d'un degré de complexité supérieur qu'elle renferme : « régions », biomes ou paysages par exemple.

#### 1.1. Définition préliminaire

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

- un ensemble de conditions physiques et chimiques, relativement homogènes sur une aire géographique donnée, à un instant t (les conditions climatiques, par exemple, variant bien évidemment selon les heures de la journée et des saisons), qui constitue le **biotope** ;
- un certain nombre d'êtres vivants peuplant ce biotope
- Bactéries, Champignons, végétaux, animaux – que nous dénommerons **biocénose**.

(Faurie, 2011).

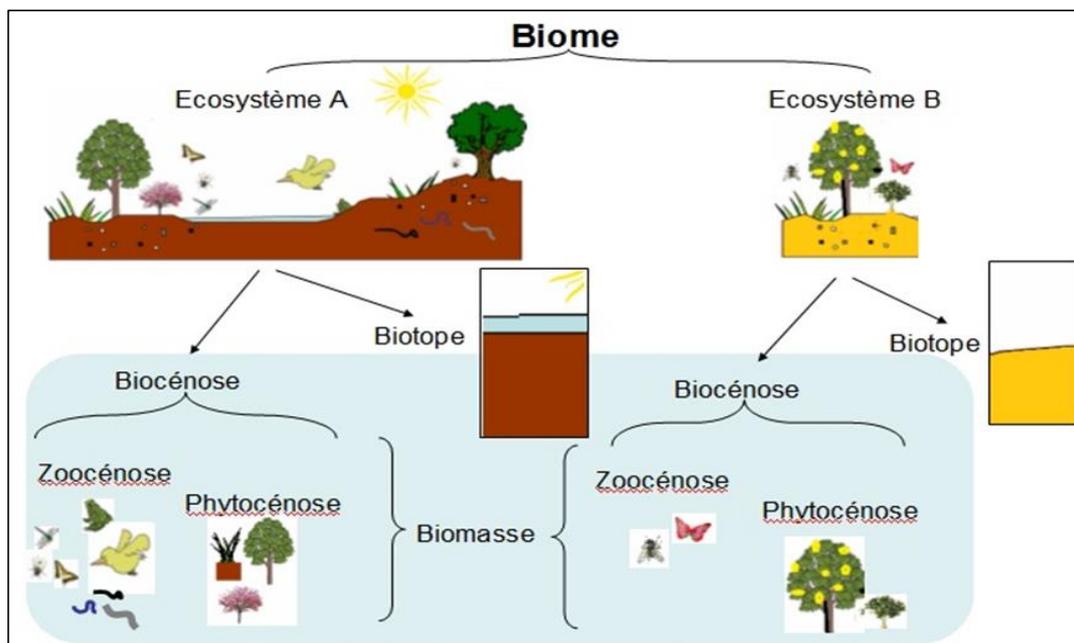


Figure 2 : Les différents niveaux d'organisation écologique

## 1.2. Définition d'un écosystème

Un écosystème correspond au plan structural à l'association de deux composantes en constante interaction l'une avec l'autre : un environnement dénommé biotope, de nature abiotique, dont les caractéristiques physiques et dont la localisation géographique sont bien définies, associé à une communauté vivante, caractéristique de ce dernier, la biocénose, d'où la relation (Tansley, 1935) :  $\text{écosystème} = \text{biotope} + \text{biocénose}$

L'écosystème représente une unité fonctionnelle qui se perpétue de façon autonome au travers du flux de l'énergie et du cycle de la matière entre ses différentes composantes inertes et vivantes lesquelles sont en constante interaction.

Un écosystème est par **définition** un système c'est-à-dire un ensemble d'éléments en interaction les uns avec les autres, formant un tout cohérent et ordonné. C'est un système hiérarchisé dans lequel les éléments constitutifs sont eux-mêmes des sous-systèmes structurés. La nature et l'étendue des écosystèmes sont variables. Une souche d'arbre mort peut être considérée comme un écosystème de même que la forêt dans laquelle se trouve cette souche.

## 1.3. Quelques exemples d'écosystèmes

Le terme écosystème peut être appliqué à des biocénoses plus ou moins grandes, on distingue :

- **Le macro-écosystème** : exemple paysage, océan biome.
- **Le méso-écosystème** : exemple forêt de pin de chêne, prairie, steppe.
- **Le micro-écosystème** : exemple un arbre isolé, une mare.

<b>BIOTOPE</b>  (Milieu : physique- Chimique)	<u><b>Composante abiotique formées de trois réservoirs</b></u>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>Air</b>      <b>Atmosphère</b>      (<b>basse atmosphère</b>)</li> <li>➤ <b>Eau</b>      <b>Hydrosphère</b>      (<b>océans, lacs, cours d'eau...</b>)</li> <li>➤ <b>Terre</b>      <b>Lithosphère</b>      (<b>pellicule de terre</b>)</li> </ul>
<b>BIOCÉNOSE</b>  (Les vivants)	<u><b>Composante biotique formée d'un réservoir</b></u>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>Êtres vivants</b>      +      <b>Biosphère</b></li> </ul>

## 2. Organisation fonctionnelle d'un écosystème

Un écosystème consiste en une structure biologique traversée en permanence par un flux d'énergie qui actionne des transferts de matière entre le milieu physico-chimique et la biomasse, qui elle-même représente une forme transitoire de stockage de l'énergie. Il constitue une entité en équilibre dynamique susceptible d'évoluer en fonction de variations des facteurs ambiants, climatiques ou autres.

On peut toujours distinguer trois catégories fonctionnelles d'organismes dans les écosystèmes :

– **la première, celle des producteurs**, est constituée par l'ensemble des végétaux autotrophes qui effectuent la photosynthèse, le processus écologique fondamental par lequel l'énergie solaire est transformée en énergie biochimique, en particulier en glucides qui sont les « carburants » des cellules vivantes ;

– **la seconde catégorie est celle des consommateurs (animaux herbivores et carnivores)**, dits hétérotrophes car nécessitant une source d'énergie biochimique, donc issue initialement des végétaux, pour répondre à leurs besoins métaboliques.

Les carnivores dépendent aussi indirectement des plantes pour leur alimentation qu'ils se nourrissent d'herbivores ou d'autres carnivores ;

– **la troisième catégorie, celle des décomposeurs**, également hétérotrophes, est représentée par les champignons et les bactéries des sols ou des eaux qui dégradent l'ensemble des débris végétaux, des excréments et cadavres animaux qu'ils finissent par minéraliser entièrement bouclant ainsi le cycle de la matière.

Une caractéristique importante de la structure de l'écosystème tient en la multiplication des contacts entre les diverses catégories de ses composants et le biotope ce qui assure l'interaction et accélère les échanges entre ses divers constituants (Ramade, 2008).

---

### 3. Le flux de l'énergie et le cycle de la matière dans les écosystèmes

Le seul intrant énergétique des écosystèmes est constitué par l'énergie solaire dont une fraction est transformée en énergie biochimique par la fixation photosynthétique des autotrophes. À chaque étape de sa circulation dans les écosystèmes, une partie de l'énergie est transformée en travail cellulaire grâce à la respiration. Cela implique une perte par eutrophisation, car les systèmes écologiques sont soumis aux lois universelles de la thermodynamique.

La circulation de l'énergie et *ipso facto* celle de la matière s'effectuent dans les biocénoses au travers des chaînes trophiques (alimentaires), interconnectées sous forme de réseaux trophiques.

Ces considérations permettent d'établir un diagramme général qui intègre le flux de l'énergie et le cycle de la matière puisque dans les réseaux trophiques l'une et l'autre sont associées à l'état de biomasse consommée ou non par les hétérotrophes (Ramade, 2008).

---

### 4. Les principaux écosystèmes du monde

Les divers écosystèmes présents dans la biosphère peuvent se répartir en deux groupes fondamentalement distincts :

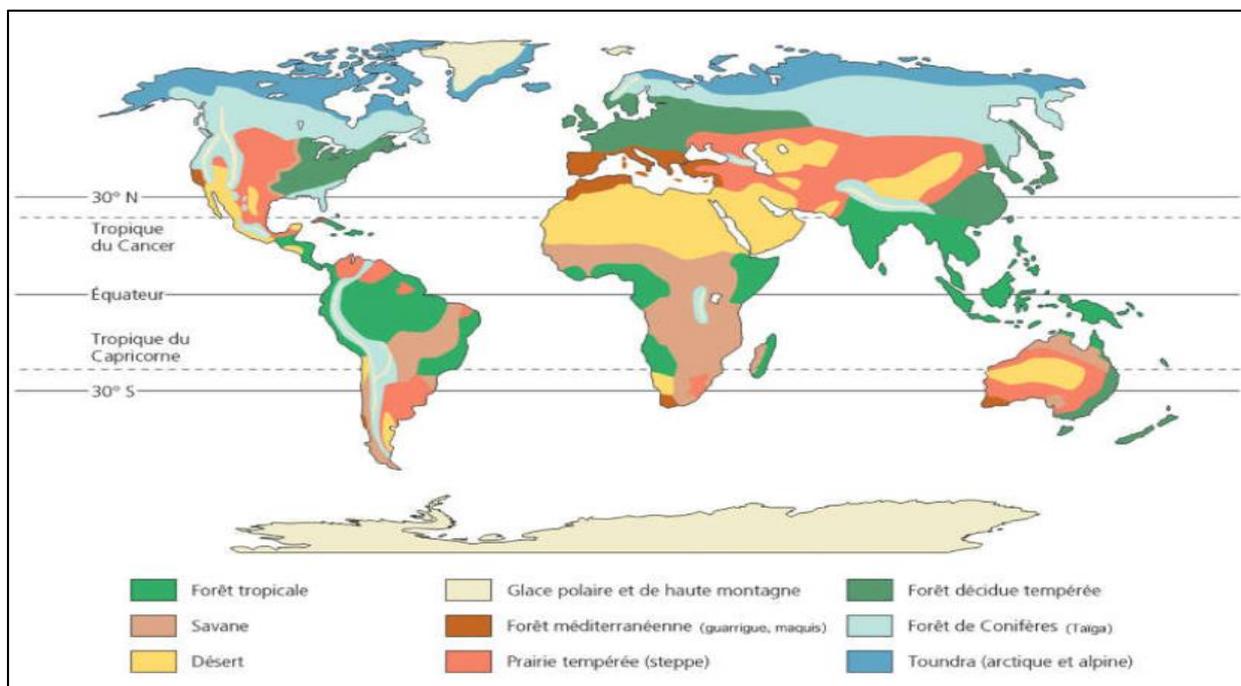
- **Les écosystèmes terrestres**, associés aux continents émergés ;
- **Les écosystèmes aquatiques**, dépendants de l'hydrosphère, que l'on peut subdiviser en écosystèmes limniques (fleuves et lacs) et en écosystèmes marins (littoraux ou pélagiques).

L'étude de la répartition géographique des écosystèmes ne peut être entreprise qu'au niveau de grandes unités écologiques lesquelles s'étendent à l'échelle des sous-continents. On désigne par **biomes**, les communautés d'êtres vivants qui peuplent de telles unités.

**Biomes** : représentent de grands types de formations végétales terrestres ou aquatiques (forêt tropicales, désert, toundras, savanes, plateau continental, océan profond...) avec la faune qui leur est associée. Ces communautés se constituent en formation du cadre physique et climatique

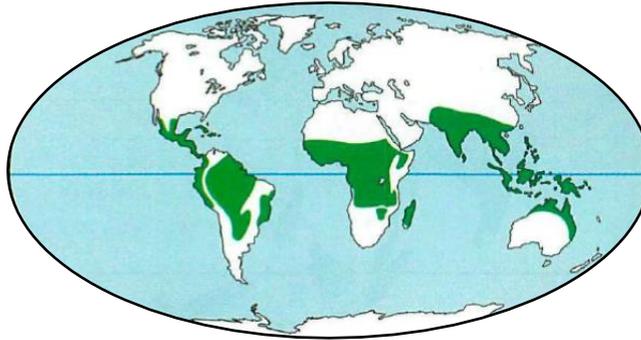
#### 4.1. Les grands biomes continentaux

Malgré la structure dissymétrique de la biosphère, on constate que les divers biomes continentaux ne sont pas répartis de façon désordonnée mais présentent au contraire une zonation assez régulière tant en latitude qu'en altitude (Fig. 3). Si l'on chemine de l'équateur au pôle, on retrouve la même séquence que ce soit dans l'hémisphère sud ou nord.



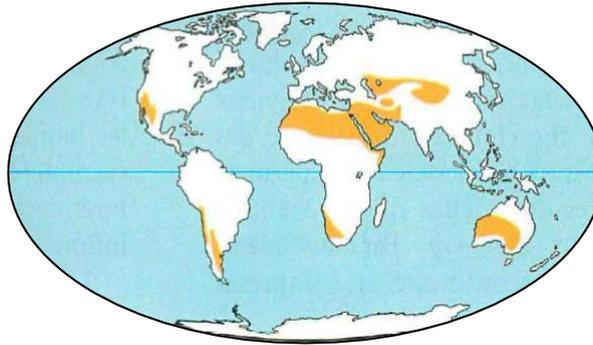
**Figure 3** : La répartition des principaux biomes terrestres (Campbell *et al.*, 2012).

### 4.1.1. Forêt tropicale



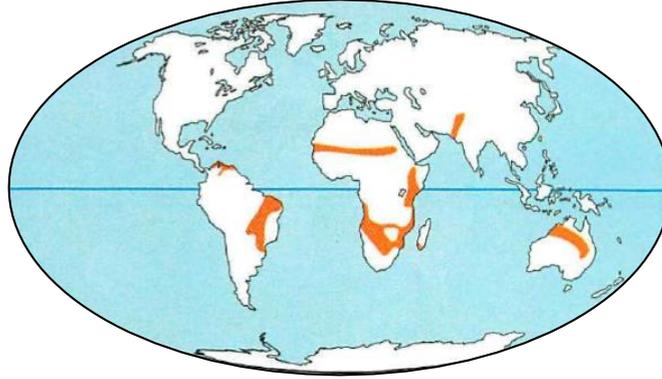
- **Distribution** : Régions équatoriales et subéquatoriales.
- **Précipitations** : Dans les forêts tropicales humides, les précipitations relativement constantes atteignent entre 200 et 400 cm par année. Dans les forêts tropicales sèches, les précipitations, très saisonnières, totalisent entre 150 et 200 cm annuellement ; la saison sèche dure de 6 à 7 mois.
- **Température** : La température de l'air est élevée toute l'année ; elle se situe entre 25 et 29 °C et présente peu de variations saisonnières.
- **Plantes** : Les forêts tropicales sont stratifiées, et la compétition pour la lumière y est intense. Les forêts humides présentent une strate d'arbres émergents dont la cime déborde au-dessus du couvert serré des autres arbres, une strate arborescente supérieure (la canopée), une ou deux strates arborescentes inférieures, de même qu'une strate arbustive et une strate herbacée. Dans les forêts tropicales sèches, les strates sont généralement moins nombreuses. Les arbres à feuillage persistant dominent les forêts tropicales humides, tandis que dans les forêts tropicales sèches, les arbres perdent leurs feuilles durant la saison sèche. Des plantes épiphytes telles que les Orchidacées et les Broméliacées couvrent en général les arbres de la forêt tropicale, mais elles sont moins abondantes dans les forêts sèches, où les arbustes hérissés d'épines et les plantes succulentes sont répandus.
- **Animaux** : La forêt tropicale est le biome terrestre qui présente la plus grande diversité animale. Les Animaux qui y vivent, notamment des Amphibiens, des Oiseaux, des Reptiles, des Mammifères et des Arthropodes, sont adaptés à ce milieu tridimensionnel où ils passent souvent inaperçus.
- **Conséquences de l'activité humaine** : Il y a très longtemps, les humains ont établi des communautés florissantes dans les forêts tropicales. La croissance rapide de ces populations, qui ont dû avoir recours à l'agriculture et à l'exploitation forestière, détruit aujourd'hui les forêts tropicales.

### 4.1.2. Désert



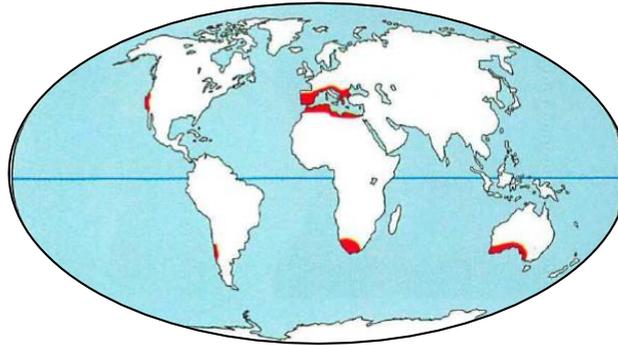
- **Distribution** : Les déserts se trouvent dans une bande située entre 30° de latitude nord et 30° de latitude sud environ ou à d'autres latitudes à l'intérieur des continents (par exemple, le désert de Gobi, situé au nord de l'Asie centrale).
- **Précipitations** : Les précipitations sont faibles et très variables ; elles totalisent en général moins de 30 cm par année.
- **Température** : La température varie à la fois en fonction des saisons et du moment de la journée. Dans les déserts chauds, la température maximale de l'air peut dépasser 50 °C ; dans les déserts froids, il peut faire jusqu'à -30 °C.
- **Plantes** : Les paysages des déserts sont dominés par une végétation basse, dispersée sur de grandes étendues ; comparativement aux autres biomes terrestres, la proportion de sol dénudé y est élevée. Les déserts abritent des plantes succulentes, comme les cactus, des arbustes profondément enracinés et des herbes qui croissent pendant les rares périodes humides. Parmi les adaptations issues de l'évolution des plantes désertiques, on trouve la tolérance à la chaleur et à la sécheresse, la capacité d'emmagasiner de l'eau et la réduction de la surface des feuilles. Les défenses physiques, telles les épines, et les défenses chimiques, telles les toxines sécrétées par les feuilles des arbustes, sont communes. De nombreuses plantes désertiques présentent une adaptation photosynthétique.
- **Animaux** : Les serpents et les lézards, les scorpions, les fourmis, les Coléoptères, les migrants et résidents ainsi que les Rongeurs se nourrissant de graines sont des Animaux communs dans les déserts. Beaucoup de ces espèces sont nocturnes. Chez ces Animaux, la conservation de l'eau est une adaptation répandue ; en effet, certaines espèces survivent grâce à l'eau provenant de la dégradation métabolique des glucides contenus dans les graines.
- **Conséquences de l'activité humaine** : Grâce au transport de l'eau sur de grandes distances et à des puits profonds permettant d'atteindre les nappes d'eau souterraine, les humains ont maintenu des populations importantes dans les déserts. Le passage à la culture irriguée et l'urbanisation ont réduit la biodiversité naturelle de ces biomes.

### 4.1.3. Savane



- **Distribution** : Régions équatoriales et subéquatoriales.
- **Précipitations** : Les précipitations, qui sont saisonnières, atteignent en moyenne 30 à 50 cm par année. La saison sèche peut durer jusqu'à huit ou neuf mois.
- **Température** : Chaude toute l'année, la température de la savane se situe en moyenne entre 24 et 29 °C. La variation saisonnière est toutefois un peu plus marquée que dans les forêts tropicales.
- **Plantes** : Les arbres dispersés qu'on trouve dans la savane sont souvent épineux et présentent des feuilles dont la superficie est réduite, une adaptation évidente aux conditions de relative sécheresse. Les incendies sont fréquents pendant la saison sèche, et les espèces de plantes dominantes possèdent des adaptations leur permettant de résister au feu et à la sécheresse saisonnière. Les plantes qui couvrent le sol sont en majorité des Graminées et des Légumineuses ; elles croissent rapidement par suite des pluies saisonnières et tolèrent le broutage effectué par les grands Mammifères et d'autres herbivores.
- **Animaux** : Les grands Mammifères herbivores, comme les gnous (*Connochoetes sp.*) et les zèbres (*Hippotigris sp.*), ainsi que leurs prédateurs, notamment les lions (*Panthera leo*) et les hyènes, sont des espèces communes dans la savane. Toutefois, les herbivores qui dominent ce milieu sont en réalité les Insectes, particulièrement les termites. Les grands Mammifères herbivores doivent chercher des pâturages plus verts et des points d'eau dispersés pendant les sécheresses saisonnières.
- **Conséquences de l'activité humaine** : Il semble que les tout premiers humains aient vécu dans la savane. Les incendies allumés par les humains pourraient contribuer à la préservation de ce biome. L'élevage des bestiaux et la chasse excessive ont entraîné des baisses dans les populations de grands Mammifères.

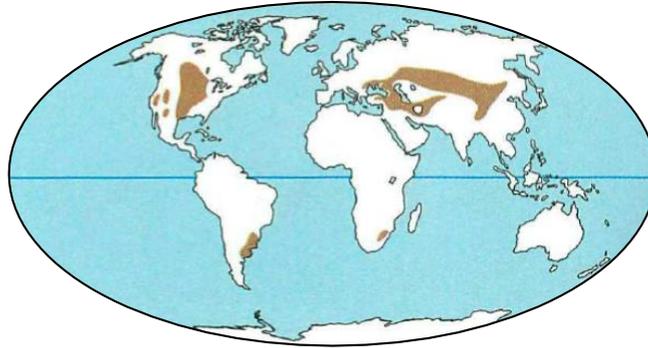
#### 4.1.4. Forêt méditerranéenne (Chaparral)



- **Distribution** : La forêt méditerranéenne occupe les régions côtières de latitude moyenne de plusieurs continents, et ses nombreuses appellations témoignent de sa très vaste distribution : chaparral en Amérique du Nord, matorral en Espagne et au Chili, garigue et maquis dans le sud de la France, et fynbos en Afrique du Sud.
- **Précipitations** : Les précipitations de la forêt méditerranéenne sont fortement saisonnières : les hivers y sont pluvieux et longs, et les étés, secs. Les précipitations annuelles atteignent en général entre 30 et 50 cm.
- **Température** : L'automne, l'hiver et le printemps sont frais, avec des températures moyennes se situant entre 10 et 12 °C. En été, la température moyenne peut atteindre 30 °C, et la température diurne maximale dépasse parfois 40 °C.
- **Plantes** : La végétation de ce biome se compose principalement d'arbustes et de petits arbres, ainsi que d'une très grande variété de Graminées et d'herbes. Beaucoup des espèces extrêmement diverses qui y vivent se limitent à un territoire qui leur est spécifique, d'une superficie relativement petite. Les robustes feuilles persistantes des plantes ligneuses sont un exemple d'adaptation à la sécheresse, car elles permettent de mieux conserver l'eau. Les adaptations au feu sont aussi remarquables. En effet, certains arbustes produisent des graines qui ne germent qu'après une exposition au feu ; ils emmagasinent des réserves de nourriture dans leur système racinaire résistant au feu, ce qui leur permet de repousser rapidement et d'utiliser les nutriments devenus disponibles grâce au feu.
- **Animaux** : Les Mammifères indigènes de la forêt méditerranéenne comprennent des cerfs (*Cervus sp.*) et des chèvres (*Capra sp.*), qui se nourrissent des ramilles et des bourgeons des plantes ligneuses, de même qu'une grande diversité de petits Mammifères. Ce biome abrite aussi de très nombreuses espèces d'Amphibiens, d'Oiseaux, de Reptiles et d'Insectes.

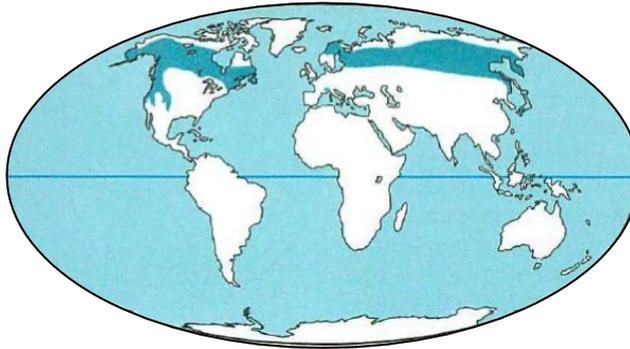
- **Conséquences de l'activité humaine** : Fortement colonisées, les forêts méditerranéennes ont beaucoup reculé à cause de l'agriculture et de l'urbanisation. Les humains contribuent au déclenchement des incendies qui balaient ce biome.

#### 4.1.5. Prairie tempérée (Steppe)



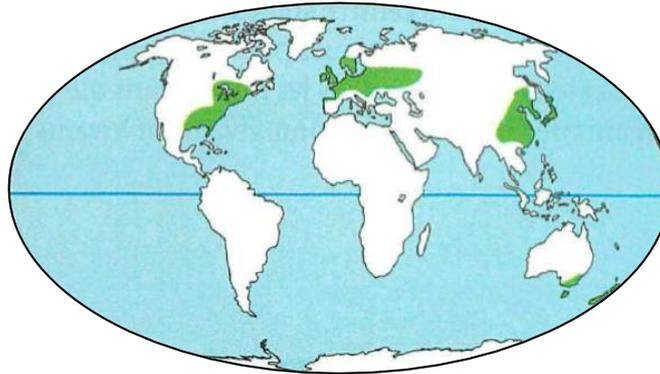
- **Distribution** : Les prairies tempérées comprennent les veldts d'Afrique du Sud, les puszta de Hongrie, les pampas d'Argentine et d'Uruguay, les steppes de Russie et les plaines du centre de l'Amérique du Nord.
- **Précipitations** : Les précipitations sont très saisonnières, les hivers étant relativement secs et les étés, humides. Les précipitations annuelles atteignent en moyenne entre 30 et 100 cm. Les sécheresses périodiques sont fréquentes.
- **Température** : En général, les hivers sont froids : les températures moyennes sont souvent inférieures à -10 °C. Les étés, dont les températures moyennes atteignent souvent près de 30 °C, sont chauds.
- **Plantes** : Les plantes dominantes sont les Graminées et les Légumineuses ; certaines ne mesurent que quelques centimètres, mais dans les hautes prairies, d'autres peuvent atteindre 2 m de hauteur. Ces plantes présentent des adaptations dont les principales sont relatives aux sécheresses périodiques prolongées et au feu. Après un incendie, les herbes repoussent rapidement. La présence de grands Mammifères herbivores est l'un des facteurs qui empêchent l'implantation d'arbustes et d'arbres ligneux.
- **Animaux** : Les Mammifères indigènes comprennent de grands herbivores comme le bison (*Bison bison*) et le cheval sauvage (*Equus caballus*). Les prairies tempérées sont aussi habitées par des Mammifères fouisseurs, comme les chiens de prairie (*Cynomys sp.*) en Amérique du Nord.
- **Conséquences de l'activité humaine** : Comme il est riche et épais, le sol des prairies est propice à l'agriculture, notamment à la culture des céréales. Ainsi, la plupart des prairies de l'Amérique du Nord et un grand nombre de celles de l'Eurasie ont été converties en terres agricoles.

#### 4.1.6. Forêt de conifères (Taïga)



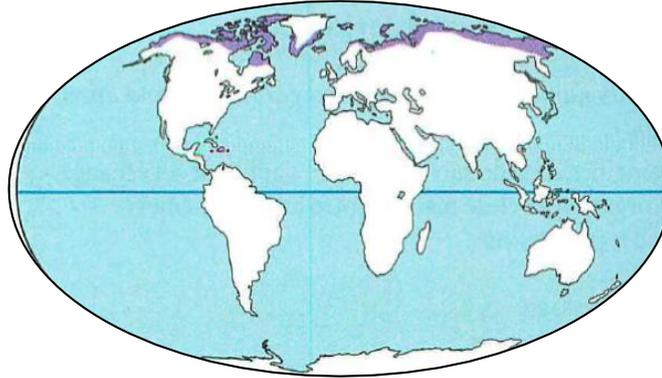
- **Distribution** : Formant une large bande qui s'étend de l'Amérique du Nord à l'Eurasie, jusqu'à la limite méridionale de la toundra arctique, la forêt de conifères, ou taïga, est le plus vaste biome terrestre.
- **Précipitations** : Les précipitations annuelles atteignent en général entre 30 et 70 cm, et les sécheresses périodiques sont fréquents. Toutefois, les forêts de Conifères côtières des États du nord-ouest des États-Unis bordés par le Pacifique sont en fait des forêts pluviales tempérées qui peuvent recevoir plus de 300 cm d'eau par année.
- **Température** : Les hivers sont habituellement froids et longs ; les étés sont parfois chauds. Dans certaines forêts de Conifères de la Sibérie, les températures peuvent varier entre — 70 °C l'hiver et plus de 30 °C l'été.
- **Plantes** : Les arbres porteurs de cônes, comme les pins (*Pinus sp.*), les épinettes (*Picea sp.*), les sapins (*Abies sp.*) et les pruches (*Tsuga sp.*), dominent les forêts de conifères. Grâce à la forme conique de nombreux Conifères, la neige ne peut s'accumuler sur les branches et les briser. Dans ces forêts, la diversité des plantes des strates arbustive et herbacée est moins grande que dans les forêts décidues tempérées.
- **Animaux** : De nombreux Oiseaux migrateurs nichent dans les forêts de Conifères, et beaucoup d'autres espèces y demeurent toute l'année. Ce biome abrite une grande variété de Mammifères, dont les orignaux (*Alces alces*), les ours (*Ursus sp.*) et les tigres de Sibérie (*Panthera tigris altaica*). Des pullulements périodiques d'Insectes qui se nourrissent des espèces d'arbres dominantes peuvent en détruire de vastes zones.
- **Conséquences de l'activité humaine** : Bien que les forêts de Conifères n'aient pas été intensément colonisées par les humains, on y coupe du bois à un rythme tel que les peuplements anciens sont fortement menacés.

#### 4.1.7. Forêt décidue tempérée



- **Distribution** : Les forêts décidues tempérées se situent principalement dans les régions de latitude moyenne de l'hémisphère Nord ; on en trouve aussi en Nouvelle-Zélande et en Australie, mais en moins grande quantité.
- **Précipitations** : Les précipitations annuelles moyennes peuvent varier entre 70 cm environ et plus de 200 cm. Toutes les saisons connaissent d'abondantes chutes d'eau, y compris l'été, où il pleut, et l'hiver, où il neige.
- **Température** : Les températures hivernales moyennes sont d'environ 0 °C. Chauds et humides, les étés connaissent des températures maximales de près de 30 °C.
- **Plantes** : Les forêts décidues tempérées matures ont plusieurs strates de végétation très diverses, c'est-à-dire une canopée fermée, une ou deux autres strates arborescentes inférieures, une strate arbustive, une strate herbacée, une Litière et une strate racinaire. Elles comptent pou d'épiphytes. Dans l'hémisphère Nord, les plantes dominantes sont des arbres qui perdent leurs feuilles en automne, quand les températures sont trop basses pour une photosynthèse efficace et quand la perte d'eau par transpiration n'est pas facilement compensée car le sol est gelé. En Australie, les eucalyptus à feuilles persistantes dominent ces forêts.
- **Animaux** : Dans l'hémisphère Nord, de nombreux Mammifères hibernent pendant l'hiver, et certaines espèces d'Oiseaux migrent vers des climats plus chauds. Les Mammifères, les Oiseaux et les Insectes profitent de toutes les strates verticales de ces forêts.
- **Conséquences de l'activité humaine** : Sur tous les continents, la forêt décidue tempérée a été intensément colonisée. Presque toutes les forêts décidues tempérées naturelles d'Amérique du Nord ont été réduites ou complètement détruites par la coupe du bois et le défrichage pour l'agriculture et les développements urbains. Toutefois, grâce à leur capacité de récupération, elles regagnent la majeure partie de leur ancienne aire de distribution.

#### 4.1.8. Toundra



- **Distribution** Les toundras couvrent une grande partie de l'Arctique, soit 20% des terres émergées. Les vents et le froid façonnent des communautés végétales semblables, composant la *toundra alpine*, sur les très hauts sommets, à toutes les latitudes, y compris les tropiques.
- **Précipitations** : Dans la toundra arctique, les précipitations atteignent en moyenne entre 20 et 60 cm par année, mais elles peuvent être supérieures à 100 cm dans la toundra alpine.
- **Température** : Les hivers sont longs et froids, les températures moyennes étant de -30 °C dans certaines régions. Pendant les courts étés, les températures moyennes sont en général inférieures à 10 °C.
- **Plantes** : La végétation de la toundra est en majeure partie herbacée. Elle se compose d'un mélange de lichens, de mousses, de Graminées et de Légumineuses, de même que de quelques arbres et arbustes nains. Une couche de sol gelé en permanence, appelé pergélisol, empêche l'infiltration de l'eau.
- **Animaux** : Parmi les grands herbivores qui habitent la toundra, on trouve les boeufs musqués (*Ovibos moschatus*), qui sont une espèce résidente, et les caribous (*Rangifer arcticus*) et les rennes (*Rangifer tarandus*), qui sont des espèces migratrices. Des prédateurs tels que les ours (*Ursus sp.*), les loups (*Canis lupus*) et les renards (*Vulpes sp*) y vivent aussi. Pendant l'été, les Oiseaux migrateurs qui utilisent la toundra comme site de nidification sont extrêmement nombreux.
- **Conséquences de l'activité humaine** : Peu colonisée, la toundra est cependant devenue au cours des dernières années le siège d'une importante exploitation minière et pétrolière.

## 4.2. Les biomes marins

Le milieu marin, donne à l'échelle du globe une impression d'uniformité. C'est globalement vrai par rapport au milieu continental. Les amplitudes thermiques sont faibles : maximum 30°C entre les mers polaires et les mers tropicales (90°C pour les continents). L'amplitude de température au cours de l'année est faible pour les mers polaires et tropicales (5°C) et forte pour les mers tempérées (20°C). La salinité moyenne est de 35 g pour mille dont 27 g pour mille pour le chlore, mais cette salinité est très variable (5‰ en Mer Baltique jusqu'à 200‰ en Mer Morte). Les eaux océaniques sont en perpétuel mouvement sous l'effet des courants. Les océans sont soumis aux marées. Ces marées ont lieu toutes les 12h25. Les positions de la lune sont les causes de la formation des marées. La lune fait le tour de la Terre en 24h50. Les marées sont toujours en retard par rapport à l'équinoxe de la lune à cause des frottements des masses d'eau. L'étude du milieu marin permet de distinguer plusieurs zones. La classification biologique de celles-ci sera utilisée (Fig. 4-23) :

- le milieu benthique correspond au fond de l'eau et à la pellicule d'eau qui recouvre le substrat.
  - le milieu pélagique est formé par les eaux qui ne sont pas en contact direct avec le substrat.
- Il est peuplé par deux grandes catégories d'êtres vivants : le plancton (ensemble des organismes flottants) et le necton (animaux capables de nager). Il faut ajouter à ces deux zones, deux milieux particuliers : les estuaires et les récifs coralliens.

### 4.2.1. Les estuaires, les deltas et les mangroves

La partie terminale d'un fleuve, sensible aux marées et aux courants marins est un estuaire. Beaucoup d'estuaires sont bordés de vasières, de marais salants et de mangroves (écosystèmes formés de forêts amphibies constituées essentiellement de Palétuviers). La salinité varie dans l'espace et dans le temps, suivant le cycle quotidien des marées. Enrichis en nutriments provenant des fleuves, les estuaires font partie des milieux très productifs. Les plantes herbacées des marais salants, les algues et le phytoplancton sont les principaux végétaux des estuaires. Le milieu est aussi habité par de nombreux vers, lamellibranches fixés, crustacés décapodes et poissons comestibles. Beaucoup d'invertébrés marins et de poissons marins se reproduisent dans les estuaires où s'y arrêtent dans leur migration vers les milieux d'eau douce. Les estuaires constituent des aires de nutrition pour de nombreux oiseaux de rivage.

### 4.2.2. Les zones intertidales et benthiques

On distingue 7 couches séparées par des discontinuités marquées :

- **Etage supralittoral** : il supporte une émergence plus ou moins continue mais est humecté par les embruns et peut être immergé aux grandes marées.
- **Etage médiolittoral** : il supporte des émergences prolongées. C'est la zone de balancement des marées. Les populations littorales doivent faire face à la perte d'eau lors de l'émergence. Le

facteur température joue en association avec la perte d'eau : dans les cuvettes la température de l'eau peut passer de 16 à 30°C. Les variations de salinité sont très élevées : les organismes doivent être euryhalins. Les animaux mobiles ont tendance à se regrouper dans les cuvettes d'eau à marée basse ou sous les algues. En milieu sableux, les organismes fouisseurs s'enfoncent sous le sable. Il y a de nombreux animaux fixés qui adhèrent au substrat : cela leur permet de résister à l'impact des vagues et de conserver un milieu intérieur humide lors de l'émersion. Les algues aussi présentent des adaptations : cuticule épaisse et production de mucus. Elles se dessèchent à marée basse mais ont de grandes capacités de récupération lors de l'immersion.

- **Etage infralittoral** : sa limite supérieure correspond au niveau où les peuplements sont toujours immergés ou exceptionnellement émergés aux grandes marées. Sa limite inférieure est celle des végétaux photophiles. Sa faune et sa flore sont semblables à celles de l'étage médiolittoral bien que moins variées et avec des individus moins euryociques.

- **Etage circalittoral** : sa limite supérieure correspond à la disparition des végétaux photophiles, sa limite inférieure à celle des végétaux sciaphiles.

Ces quatre étages forment le système littoral (zone où il y a des végétaux). Les trois autres étages forment le système profond :

- **Etage bathyal** : la limite inférieure est celle des animaux qui supportent bien les variations de profondeur et de température, que ne peuvent pas dépasser les animaux du plateau continental.

- **Etage abyssal** : peuplement des grands fonds, composé essentiellement de mollusques et d'échinodermes.

- **Etage hadal** : peuplement des grandes fosses formé de bactéries barophiles.

#### 4.2.3. Zone pélagique

Elle est subdivisée horizontalement et verticalement. Horizontalement, on distingue les provinces néritiques (au-dessus du plateau continental) et océanique (le reste).

Verticalement, on distingue 3 zones :

- **Zone épipélagique ou euphotique (0-200m)** : le milieu y est le plus agité, avec les variations thermiques les plus importantes. C'est aussi la partie la plus éclairée. La photosynthèse a lieu de 0 à 50 m. Le phytoplancton croît et se reproduit rapidement, il est à l'origine de la moitié de l'activité photosynthétique réalisée sur la Terre. Le zooplancton est constitué de Protozoaires, de vers, de Copépodes, de Krill, de Méduses et de larves d'invertébrés. Certains poissons évoluent au gré des courants et se nourrissent du phytoplancton.

- **Zone mésopélagique (200-1000m)** : les variations thermiques sont très atténuées mais sous l'effet de grands courants, l'agitation des eaux persiste. La biomasse y est plus faible

mais la diversité biologique se maintient grâce aux variations de profondeur du plancton. Le necton qui compose son peuplement (calmars, poissons, tortues, mammifères) monte et descend pour suivre le plancton.

- **Zone bathypélagique (<1000m)** : l'obscurité est totale. Les eaux sont stables thermiquement, l'agitation est très faible. Les peuplements sont très pauvres et très spécialisés. Les animaux qui y vivent possèdent de grands yeux et sont souvent luminescents pour attirer leurs proies.

#### 4.2.4. Les récifs coralliens

Ils sont confinés aux eaux les plus chaudes de l'océan mondial. Les récifs coralliens sont apparus dès l'ère primaire. Ils se développent entre 20° de latitude nord et sud. Il existe quatre types de récifs coralliens : les récifs frangeants, les récifs barrière, les récifs plateforme et les atolls. Le plus grand d'entre eux est la grande barrière australienne : il s'étend sur plus de 2000 km et a jusqu'à 350 km de large avec une moyenne d'environ 100 km. Chaque récif comporte toujours deux parties distinctes : le platier et la pente externe. La région littorale marque la transition entre le récif et la terre, le glacis externe entre le récif et le reste du milieu marin. Le platier se subdivise en un lagon et une couronne récifale.

Le fond du lagon est meuble et est recouvert dans ses parties les moins profondes d'un herbier de plantes marines. Au-delà de l'herbier, s'observent des débris coralliens et des horsts qui sont des colonies mortes. Enfin, au niveau de la couronne récifale, on trouve les colonies en activité. La pente externe est caractérisée par une croissance active du récif vers la mer.

Des chenaux dans le platier permettent une bonne circulation de l'eau entre le lagon et la mer en fonction des marées.

Les cnidaires qui construisent les récifs sont des madréporaires. Ils ont la particularité d'élaborer le substrat solide du biotope : calcaire. Ce squelette calcaire peut peser plusieurs tonnes pour une colonie qui est formée d'individus tous semblables (multiplication végétative). Des zooxanthelles symbiotiques jouent un rôle important dans la nutrition du polype (apport de matières organiques) mais aussi dans la formation du calcaire (par pompage du dioxyde de carbone). Des algues sciaphiles profitent de l'ombre formée par les coraux pour s'installer : 70 % de la biomasse des polypes. Le lagon est un abri pour de nombreuses espèces.



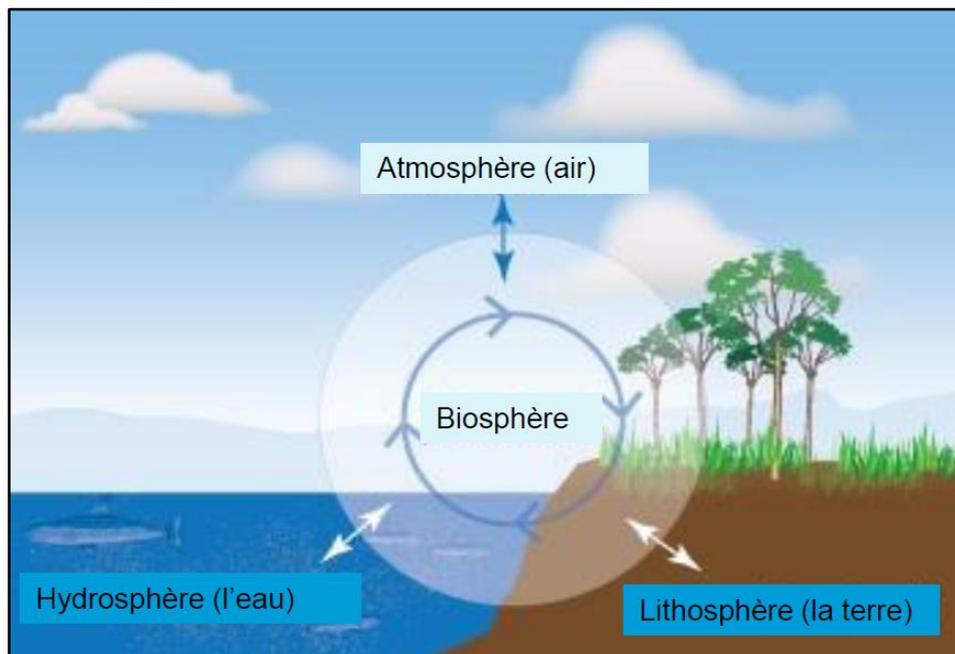
## INTERFACE DANS L'ENVIRONNEMENT

- Caractéristiques de la planète Terre
- Définition du sol et sa relation avec l'écosystème
- Classification des sols
- Les ressources de la planète Terre

Nous distinguons différents types d'environnement : environnement économique, politique, social, industriel, culturel...etc. Dans ce cours nous nous intéressons à l'environnement écologique, lié à notre planète terre où l'homme évolue.

### 1. Caractéristiques de la planète terre

Commençons par donner une présentation de la planète terre selon la description de professeur Gérard Mégie : « Depuis les origines, la planète Terre se comporte comme un système interactif complexe. Les conditions qui ont permis l'apparition de l'Homme résultent d'un équilibre précaire entre les océans, l'atmosphère, l'énergie solaire et la biosphère. Équilibre dynamique et non statique, caractérisé par les échanges permanents soumis eux-mêmes aux variations des paramètres cosmiques. C'est dans le rayonnement solaire que la terre puise l'énergie nécessaire aux transformations thermodynamiques et chimiques qui prennent naissance à sa surface ».



**Figure 4** : Interaction dynamiques entre élément naturels.

La planète terre est la seule planète du système solaire constituée à la fois d'une biosphère (êtres vivants), d'océans et de continents. Elle est constituée de 4 enveloppes externes :

- **La lithosphère**, D'une épaisseur moyenne de 100km couvrant la surface de la terre
- **l'hydrosphère** : d'une épaisseur moyenne de 3800m. Elle est formée essentiellement par l'eau liquide des océans (+97%), des glaciers, des calottes polaires, de l'eau de l'atmosphère, du sol, des fleuves, des nappes phréatiques...etc.
- **L'atmosphère** : subdivisée depuis le sol en troposphère, stratosphère, mésosphère et thermosphère qui est la couche la plus élevée.
- **La biosphère** : ce sont les êtres vivants qui occupent une mince pellicule à l'interface entre la lithosphère et l'atmosphère.

---

## 2. Définition du sol et sa relation avec l'écosystème

### 2.1. Définition du sol

Le sol est un milieu vivant complexe et dynamique, défini comme étant la formation naturelle de surface, à structure meuble et d'épaisseur variable, résultant de la transformation de la roche mère sous-jacente sous l'influence de divers processus : physiques, chimiques et biologiques, au contact de l'atmosphère et des êtres vivants. Il est formé d'une fraction minérale et de matière organique. Végétaux et animaux puisent du sol l'eau et les sels minéraux et trouvent l'abri et/ou le support indispensable à leur épanouissement.

- Le sol est l'interface entre la terre, l'air et l'eau, il est considéré comme une couche superficielle mince par rapport au diamètre de la planète. Le sol remplit une multiplicité de fonctions complexes, c'est :
  - Un réservoir d'éléments nutritifs ;
  - Une éponge et un filtre (cycle de l'eau) ;
  - Un régulateur des grands cycles naturels (eau, carbone, azote, soufre...).
- La formation d'un sol résulte de l'altération d'une roche superficielle sous l'influence :
  - Du climat (provoque une érosion) ;
  - De la végétation et d'organismes vivants (formation d'humus).

Le sol est composé de débris de roches, de grains de sable et d'argile, de morceaux de plantes et d'animaux morts. Entre ces éléments, il y a plus ou moins d'espace où circulent l'air et l'eau et où vivent une multitude d'êtres vivants.

- **La phase liquide du sol**

On distingue **une zone non saturé** (les grains sont entourés d'eau mais aussi d'air) et une **zone saturée** (les grains baignent totalement dans l'eau). L'eau qui se trouve dans la zone saturée constitue la nappe.

En fonction des saisons, le niveau de la nappe s'élève (situation des hautes eaux) ou s'abaisse (situation des basses eaux : c'est le battement de la nappe).

- **La phase gazeuse du sol**

Les gaz présents naturellement dans le sol sont principalement :

**- L'air, Le CO<sub>2</sub> et La vapeur d'eau.**

Ils proviennent de l'atmosphère ou de l'eau infiltrée dans le sol. On trouve aussi sous forme de traces du méthane, des hydrocarbures et des composés soufrés issus de la fermentation des végétaux morts, mais également du radon et du mercure selon la nature de la roche en place.

---

### 3. Classification des sols

Il n'y a pas un sol, mais des sols. Selon la nature des roches, la couverture végétale et surtout le climat, ses propriétés sont différentes. On trouve ainsi des sols sableux riches en matière organique (climat froid), mais également des sols rouges et profonds (climat tropical).

Les spécialistes des sols (les pédologues) classent notamment les sols selon leur composition et leur texture.

#### 3.1. La texture du sol

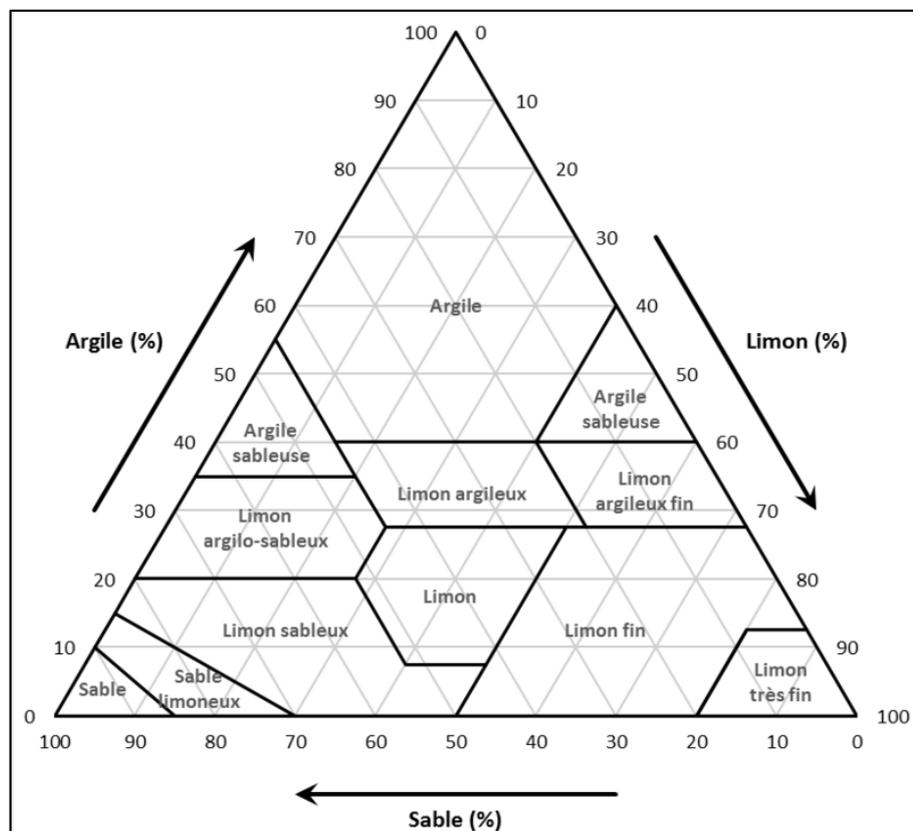
La texture du sol est définie par la grosseur des particules qui le composent : graviers, sables, limons, argiles (granulométrie : mesure de la forme, de la dimension et de la répartition en différentes classes des grains et des particules de la matière divisée) :

Particule	Diamètre
Graviers	> 2 mm
Sables	0.05 - 2 mm
Limons	0.002 – 0.05 mm
Argiles	< 0.002 mm

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.



**Figure 5** : Diagramme triangulaire des classes texturales de sol d'après les dimensions des particules **USDA**.

- **USDA** : Le Département de l'agriculture américain

### 3.2. 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 cependant, les migrations verticales des animaux sensibles à la température et à l'humidité et ainsi en interdire 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.

### 3.3. L'eau du sol

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 0.8 mm. 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.

### 3.4. 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.

### 3.5. 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.

---

## 4. Les ressources de la planète Terre

### 4.1. L'eau

La présence de l'eau sur terre est la principale caractéristique de cette planète, qui la différencie des autres planètes et explique la notion de vie et de croissance. La quantité d'eau totale sur terre est de 1400 km<sup>3</sup> dont 1365 km<sup>3</sup> sont des eaux salées. Les eaux douces sont

difficilement estimables. En effet, 97% sont contenues dans le sol et les couches profondes de la terre. Aussi la quantité d'eau piégée dans les calottes glaciaires est mal connue.

**a. Usages** : 4500 km<sup>3</sup> sont prélevées chaque année sur la planète. L'agriculture en consomme plus de 70% contre 20% pour l'industrie (production électrique) et 10% pour l'usage domestique

**b. Rythme de reconstitution** : L'eau est recyclée en permanence à la surface de la terre. A titre indicatif, près de 600.000 km<sup>3</sup> d'eau s'évapore.

**c. Stress** : L'homme prélève par an, moins de 1% d'eau recyclée.

**d. Problématique** : La ressource est abondante mais très inégalement répartie. Sa qualité aussi diffère, limitant ainsi son usage ou exigeant des traitements onéreux pour la rendre potable ou à la limite utilisable dans certains secteurs économiques.

## 4.2. L'air

Un autre élément spécifique à la terre et indispensable à la vie est l'air et spécialement, l'oxygène (O<sub>2</sub>, à hauteur de 21%).

**a. Usages** : l'air et spécifiquement l'oxygène (O<sub>2</sub>) est indispensable au développement et au maintien de la vie sur terre, car il est à la base de la respiration des organismes vivants.

**b. Rythme de reconstitution** : La proportion de l'O<sub>2</sub> sur terre est considérée comme stable puisque les organismes photosynthétiques terrestres et aquatiques produisent chaque année environ 30 x10<sup>13</sup> kg d'O<sub>2</sub>. Une quantité équivalente est aussi consommée pour la respiration des organismes vivants.

**c. Stress** : L'homme ne respire qu'une infime fraction de l'oxygène produit par les plantes alors que la combustion des énergies fossiles prélève à elle seule 4% de cette production.

**d. Problématique** : La pollution de l'air est une menace pour la santé de l'homme est ceci s'explique par les activités polluantes de l'homme (à l'ozone, aux oxydes divers, aux particules fines issues de l'industrie ou aux gaz d'échappement).

## 4.3. Les énergies fossiles

86% des énergies primaires sont livrées par les énergies fossiles :

### 4.3.1. Le pétrole

**a. Usages** : Production de chaleur et d'électricité, carburant d'automobiles, revêtement, etc.

**b. Rythme de reconstitution** : des millions d'années.

**c. Stress** : 42 ans de réserves au rythme actuel de consommation.

**d. Problématique** : demande importante + répartition inégale + tensions géopolitiques.

### 4.3.2. Le gaz naturel

**a. Usages** : Production de chaleur et d'électricité, carburant alternatif

- b. Rythme de reconstitution** : des millions d'années.
- c. Stress** : 42 ans de réserves au rythme actuel de consommation.
- d. Problématique** : demande importante + répartition inégale + tensions géopolitiques.

#### 4.3.3. Le charbon

- a. Usages** : Production de chaleur et d'électricité, sidérurgie, cimenterie.
- b. Rythme de reconstitution** : des millions d'années.
- c. Stress** : 150 ans de réserves au rythme actuel de consommation.
- d. Problématique** : Accélération des émissions de gaz carbonique et d'oxydes de soufre ou d'azote.

#### 4.3.4. L' uranium

- a. Usages** : Production d'électricité dans des réacteurs nucléaires.
- b. Rythme de reconstitution** : Non renouvelable
- c. Stress** : 32 ans de réserves au rythme actuel de consommation.
- d. Problématique** : moins de 30 pays disposent de la technologie nécessaire + problèmes de gestion des déchets radioactifs.

#### 4.4. Les autres énergies

Ce qu'on peut dire concernant ces énergies c'est que le potentiel dépasse la demande. Le seul point critique c'est que les technologies actuelles ne permettent d'en exploiter qu'une infime partie.

##### 4.4.1. Solaire

- a. Usages** : Production de chaleur et d'électricité.
- b. Rythme de reconstitution** : flux continu
- c. Stress** : Il y en a pour 7 milliards d'années (jusqu'à l'explosion du soleil)
- d. Problématique** : Les rendements de conversion solaire en électricité sont faibles (10%) et les capteurs solaires (silicium) sont coûteux à produire. Energie intermittente.

##### 4.4.2. Eolien

- a. Usages** : Production d'électricité
- b. Rythme de reconstitution** : flux continu
- c. Stress** : Il y en a pour 7 milliards d'années (jusqu'à l'explosion du soleil)
- d. Problématique** : L'électricité est produite par intermittence. La vitesse des vents, et donc la puissance fournie, peut varier considérablement au cours du temps dans une même région.

##### 4.4.3. Hydraulique

- a. Usages** : Production d'électricité

**b. Rythme de reconstitution** : flux continu

**c. Stress** : Il y en a pour 7 milliards d'années (jusqu'à l'explosion du soleil)

**d. Problématique** : L'installation de barrages sur les fleuves s'accompagne d'une modification des écosystèmes, de l'inondation de terres et du déplacement des populations locales.

#### 4.4.4. Géothermie

**a. Usages** : Production de chaleur et d'électricité.

**b. Rythme de reconstitution** : Non renouvelable

**c. Stress** : Disponible tant qu'il y aura des éléments radioactifs dans la terre (plusieurs milliards d'années)

**d. Problématique** : Hormis quelques régions, la ressource est globalement difficile d'accès, car elle nécessite des forages profonds.

#### 4.4.5. Biomasse

**a. Usages** : Chauffage, électricité, biocarburant.

**b. Rythme de reconstitution** : Quelques dizaines d'années.

**c. Stress** : Prélèvement inférieur au rythme de constitution de la réserve.

**d. Problématique** : Principale source d'énergie domestique pour 25% des hommes, l'utilisation de bois de chauffe accélère la déforestation.

### 4.5. Les éléments mineraux

Ce qu'on peut dire concernant ces énergies c'est que le potentiel dépasse la demande. Le seul point critique c'est que les technologies actuelles ne permettent d'en exploiter qu'une infime partie.

#### 4.5.1. Or

**a. Stock** : 150 milliards de tonnes

**b. Localisation** : Les réserves connues sont assez dispersées à l'échelle du globe. [Afrique du sud (14%), Australie (12%) et Pérou (8%)].

**c. Usages** : La bijouterie et la joaillerie absorbent 86% de la production.

**d. Rythme de reconstitution** : non renouvelable.

**e. Stress** : 17 années de réserve, au rythme actuel de production (2500 Tonnes/an).

#### 4.5.2. Argent

**a. Stock** : 270000 à 383000 tonnes

**b. Localisation** : La Pologne possède 20% des réserves connues, le Mexique 14% et le Pérou 13%.

**c. Usages** : Bijouterie et argenterie 31%, photographie, 24%, pièces et médailles, 4% autres utilisations industrielles 41%

**d. Rythme de reconstitution** : non renouvelable.

**e. Stress** : 13 années de réserve, au rythme actuel de production (20500 Tonnes/an).

#### 4.5.3. Platine

**a. Stock** : 13000 tonnes.

**b. Localisation** : L'essentiel des réserves connues se situent en Afrique du sud, dans le complexe du Bushveld. Ce pays assure 80% de la production mondiale.

**c. Usages** : Bijouterie et argenterie 31%, photographie 24%, pièces et médailles 4% et autres utilisations industrielles 41%.

**d. Rythme de reconstitution** : non renouvelable.

**e. Stress** : 56 années de réserve, au rythme actuel de production (230 Tonnes/an).

#### 4.5.4. Fer

**a. Stock** : 150 milliards de tonnes de minerais de fer

**b. Localisation** : L'Ukraine renferme 20% des réserves connues, la Russie 17%, la Chine 14%, le Brésil 11% et l'Australie 11%.

**c. Usages** : La sidérurgie en absorbe 99%.

**d. Rythme de reconstitution** : non renouvelable.

**e. Stress** : 79 années de réserve, au rythme actuel de production (1.9 milliard de tonnes/an).

Il existe essentiellement 8 autres éléments et minerais qui sont surexploités et non-renouvelable. Nous citons à titre d'exemple le Nickel, le Cuivre, le Plomb, le Cobalt, le Zinc, l'Aluminium, l'Étain et le Palladium.

#### 4.6. La biodiversité

Les scientifiques recensent près de 1.7 millions d'espèces sont recensées.

**a. Usages** : La biodiversité fournit de nombreux biens et services à l'homme : approvisionnement en nourriture, eau douce et bois, stock de molécules chimiques utilisées en pharmacologie, assainissement des eaux et sols pollués, régulation des inondations et de l'érosion.

**b. Rythme de reconstitution** : au sein des espèces, le renouvellement des individus nécessite de quelques heures (c'est le cas des micro-organismes) à quelques semaines (insectes), voire à plusieurs années (arbres). En revanche, une espèce éteinte est définitivement perdue.

**c. Stress** : Le rythme actuel d'extinction des espèces serait de cent à mille fois supérieur à ce qu'il a été au cours des temps géologiques.

**d. Problématique** : Destruction de l'habitat naturel, pollution (de l'eau, de l'air, des sols) ou encore du réchauffement climatique sont autant de menace pour la biodiversité. Avec pour

conséquence, la perturbation des écosystèmes et des services rendus à l'homme. La forêt tropicale est aujourd'hui particulièrement menacée.

#### 4.7. Les sols

Les terres érables couvrent 1.5 milliard d'hectare

**a. Usages** : Le sol est le support naturel de la vie animale et végétale. Abrisant plus de 80% de la biomasse vivante sur terre, il représente un milieu dynamique et vivant qui participe aussi au cycle de l'eau. Dans ce cycle, il remplit les fonctions de régulation et d'épuration. Ces sols sont exploités par l'homme pour différentes fins.

**b. Rythme de reconstitution** : Selon les conditions climatiques, l'activité biologique et la nature de la roche sur laquelle le sol se développe, il faut de plusieurs siècles à plusieurs milliers d'années pour qu'un sol se forme. Soit la création d'une épaisseur de sol moyenne de 0,1mm par an.

**c. Stress** : Le rythme naturel de formation des sols est inférieur de 100 à 1000 fois des taux d'érosion actuels.

**d. Problématique** : On observe une dégradation de la moitié des sols cultivables (soit près de 2 milliards d'hectares). Les principales causes sont : l'érosion éolienne et hydrique ainsi que l'altération chimique (acidification, salinisation). Les pratiques agricoles comme l'usage des pesticides causent aussi la dégradation des sols. Autre phénomène observé, l'inégalité dans la distribution naturelle des terres cultivables entre le nord et le sud ainsi que la présence intensive de Sahara.

#### 4.8. Les ressources alimentaires

L'Asie produit près de la moitié de ces ressources. Citons quelques exemples de ressources alimentaires : le blé (2221 Millions de tonne (Mt)), plantes sucrières (1650 Mt), légume (903 Mt), tubercules (737 Mt), fruit (526 Mt), viande (27 Mt), poisson (141 Mt).

**a. Usages** : Alimentation de l'homme et de l'animal

**b. Rythme de reconstitution** : variable. De la journée (œuf, lait), à la saison (céréales et fruits). voire à plusieurs années (élevage).

**c. Stress** : Les stocks de céréales peuvent assurer une dizaine de semaines de consommation. Il faut noter que le quart des stocks de poissons est surexploité ou épuisé.

**d. Problématique** : L'accès aux ressources est inégal. Plus de 800 millions de personnes dans le monde sont mal nourries. La pression démographique et les changements d'habitudes alimentaires, explique la croissance de la demande de ces ressources et engendre une augmentation de leur prix.

## FORMES DE POLLUTION DE L'EAU



- Généralité
- Définition de la pollution de l'eau
- Origine des pollutions (sources)
- Nature des pollutions (type)
- Formes de pollutions
- Quantification des polluants
- Impact de la pollution

### 1. Généralité

Le développement des activités humaines depuis le début de l'ère industrielle s'est traduit, pour la biosphère, par un accroissement et une diversification des pollutions. C'est une menace pour l'équilibre futur de la planète et le bien être de notre espèce.

Tout accroissement d'activité, de production, se traduit par une augmentation de déchets, et s'il n'y a pas destruction, recyclage, il y a pollution.

Mais intéressons-nous en premier lieu à celle qui affecte une ressource vitale pour l'homme et pour toutes formes de vie : **l'eau**.

### 2. Définition de la pollution de l'eau

Les pollutions sont : « l'introduction directe ou indirecte, par suite de l'activité humaine, de substances ou de chaleur dans l'air, l'eau et le sol, susceptible de porter atteinte à la santé humaine ou à la qualité des écosystèmes aquatique ou des écosystèmes terrestres dépendant directement des écosystèmes aquatiques, qui entraînent des détériorations aux biens matériels, une détérioration ou une entrave à l'agrément de l'environnement ou à d'autres utilisations légitimes de ce derniers ».

-Directive –cadre européenne sur l'eau, 22decembre 2000, Article 2, paragraphe 33-

**Pollution de l'eau** : tout changement physique ou chimique de l'eau ayant un effet négatif sur la santé de l'homme ou d'autres organismes.

### 3. Origine des pollutions (sources)

Suivant l'origine des substances polluantes, on peut distinguer :

### 3.1. La pollution domestique

Les effluents (rejets d'eaux usées) contiennent :

- des germes fécaux ;
- des sels minéraux (d'azote et de potassium) ;
- des détergents ;
- de fortes teneurs en matières organiques.

### 3.2. La pollution industrielle

Elle provient des usines et contient une grande diversité de produits ou sous-produits de l'activité humaine. On trouve :

- des graisses et matières organiques ;
- des hydrocarbures ;
- des métaux ;
- des produits chimiques divers ;
- des matières radioactives ;
- de l'eau chaude...

### 3.3. La pollution agricole

Elle a pour origine les cultures et les fermes. Les principaux polluants sont :

- des sels minéraux en grandes quantités (d'azote, de potassium et de phosphore) ;
- des produits chimiques (produits phytosanitaires et herbicides)

### 3.4. Les phénomènes naturels :

Peuvent être des causes de pollution.

- Les éruptions volcaniques,
- les hydrocarbures sous-marins,
- certains filons géologiques de métaux,
- des sources thermominérales...

---

## 4. Nature des pollutions (type) :

Elles peuvent être de différentes natures.

### 4.1. Pollution physique

4.1.1. Pollution mécanique parmi lesquelles on peut trouver :

- a. Les **modifications du bassin de réception** des précipitations ;

- b. La **modification du cours d'eau** par déviation, canalisation, enfouissement, rectification du lit...
- c. **l'augmentation des ressources naturelles** par les lacs, barrages, les successions de plans d'eau stagnante aménagés sur une rivière rapide ;
- d. Les **transformations du paysage rural** lors des remembrements, des changements de couverture du sol et de pratiques culturales.
- e. **L'industrialisation de l'agriculture** qui contribue à la dégradation de la qualité et de la quantité d'eau ;
- f. **La décentralisation de l'industrie** qui pollue de petites rivières et ruisseaux à faible capacité d'auto épuration ;
- g. **La demande croissante d'énergie**, d'abord hydroélectrique, puis thermique, et maintenant essentiellement électronucléaire ;
- h. **Les constructions** immobilières et de voies de communication utilisant de plus en plus de gravière et sablières mettant à nu les nappes phréatiques ;
- i. **L'évolution des usages de l'eau** dans des buts récréatifs, agricoles, industriels ;
- j. le développement de la **mécanisation** qui grâce aux pompes légères peut tarir de petits cours d'eau ;
- k. **Le non-entretien** des canaux, des berges, délaissés au profit des grandes voies navigables dont les remous dégradent les berges (c'est le batillage)

**4.1.2.** Pollution thermique qui en accroissant la toxicité de certaines substances telles que le cyanure, diminuent les résistances des animaux et favorisent le développement des agents pathogènes.

## **4.2. Pollutions chimiques et organiques**

**4.2.1.** Pollution minérale par des substances non naturelles. Leur toxicité peut être immédiate ou différée après accumulation dans les tissus vivants, puis dans les réseaux trophiques (par exemple les métaux lourds, les détergents, les biocides, les hydrocarbures...etc.).

La pollution minérale peut être provoquée aussi par des éléments naturels que l'on trouve normalement à des concentrations faibles (exemple : les nitrates, les phosphates...etc.).

**4.2.2.** Pollutions organiques associées aux pollutions minérales dans les effluents des villes et des industries alimentaires.

## **4.3. Pollution biologique**

Un grand nombre de micro-organismes peut proliférer dans l'eau qui sert l'habitat naturel ou comme une simple moyenne de transport pour ces microorganismes. L'importance

de la pollution de l'eau dépend également des conditions d'hygiène, des populations, mais aussi des caractéristiques écologiques et épidémiologiques. Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient dans l'eau sont : les bactéries, les virus, les parasites et les champignons, on parle ainsi de la pollution bactérienne, viral ou parasitaire.

**Tableau 4:** Principaux types de pollution des eaux continentales, nature de produits polluants et leurs origines, (Lévêque, 1996).

	Type de pollution	Nature	Source ou agent causal
<b>Physique</b>	Pollution thermique	Rejets d'eau chaude	Centrales thermiques
	Pollution radioactive	Radio-isotopes	Installations nucléaires
	Pollution_mécanique	Matières en suspension	Eaux résiduaires industrielles
<b>Chimique</b>	Fertilisants	Nitrates, phosphates	Agriculture, lessives
	Métaux et metalloïdes	Mercure, cadmium, plomb Aluminium, arsenic	Industries, agriculture, pluies acides, combustion
	Pesticides	Insecticides, herbicides, fongicides	Agriculture, industries
	Organochlorés	PCB, solvants	Industries
	Composés organiques de synthèses	Nombreuses molécules	Industries
	Détergents	Agents tensio-actifs	Effluents domestiques
	Hydrocarbures	Pétrole et dérivés	Industrie pétrolière, transports
<b>Biologique</b>	Matières fermentescibles	Glucides, lipides, protéines	Effluents domestiques, agricoles, agro-alimentaire
		Ammoniac, nitrates	Elevages et piscicultures
	Pollution microbiologique	Bactéries, virus, champignons	Effluents urbains et d'élevages
	Espèces invasives	Espèces végétales, espèces animales, OGM	Jardins botaniques, laboratoires de recherche

---

## 5. Formes de pollutions

Selon l'origine et la manière avec lequel les polluants sont transportés vers les milieux aquatiques on distingue :

**5.1. Pollution ponctuelle** : souvent liée à des sources bien identifiées (rejets domestiques ou industriels...). Ce type de pollution peut être éliminé par traitement dans des stations d'épurations,

**5.2. Pollution diffuse** : due aux épandages des pesticides et des engrais sur les terres agricoles, elle concerne l'ensemble d'un bassin versant en mettant plus de temps pour atteindre les milieux aquatiques, et ne peut être traitée qu'à la source en diminuant l'usage de substances responsables,

**5.3. Pollution permanente** : ce type de pollution est la plus répandue, il s'agit des rejets domestiques de grande agglomération,

**5.4. Pollution périodique** : celle qui apparaît périodiquement suite à l'augmentation des rejets lié au tourisme et aux crues,

**5.5. Pollution accidentelle ou aigue** : liée au déversement intempestif de produits toxiques d'origine industrielle, agricole, ou de lessivage des sols urbains

---

## 6. Quantification des polluants

Une eau polluée peut contenir un très grand nombre de molécules qui peuvent être minérales ou organiques, qui sont solubles ou particulaires, qui sont très, ou pas toxiques... Donc si on devait identifier individuellement toutes les molécules qui sont présentes, cela demanderait beaucoup de temps, beaucoup de matériel, et donc beaucoup d'argent...

C'est pourquoi, on utilise souvent des mesures globales de la pollution qui vont nous donner une idée de la quantité totale de matière présente. Ces mesures peuvent être faites sur les eaux brutes, sur des eaux brutes qui ont décanté 2heures (on les notera ad2) ou alors sur la partie soluble de l'effluent.

Les paramètres mesurés pour caractériser une eau sont : les matières en suspension, les matières volatiles en suspension, la demande chimique en oxygène, la demande biologique en oxygène, le carbone organique total, les matières toxiques, les différentes formes des produits azotés, les différentes formes des produits phosphorés, les germes pathogènes, le pH, la température, la couleur principalement. Ils sont décrits ci-dessous.

## 6.1. Paramètres mesurés pour caractériser une eau

### 6.1.1. Les matières en suspension (MES).

Il s'agit ici de la matière qui est sous forme de particulaire et la matière colloïdale et qui reste en suspension dans l'eau (de taille 10-2 à 10-8 mm). Ce peut être de la matière minérale ou de la matière organique, c'est souvent un mélange des deux. Elle est mesurée par pesée. Un volume connu d'eau usée est filtré ou centrifugé. On met la matière à sécher à 105 degrés Celcius. (Normes NFT-90-105)

### 6.1.2. Les matières volatiles en suspension (MVES).

C'est la fraction organique de MES. On les dit « volatiles » car elles sont mesurées en volatilissant les MES dans un four pendant 2 heures à 525 degrés C° (Norme NFT 90-029)

### 6.1.3. La « Demande Chimique en Oxygène » ou DCO

C'est une méthode qui consiste à mesurer la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder chimiquement et totalement les matières de l'effluent. La matière organique sera transformée en gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) et en eau (H<sub>2</sub>O). (Norme NF-T-90-101)

### 6.1.4. La Demande Biologique en Oxygène ou DBO

Sur le principe c'est le même type de réaction que ci-dessus, mais au lieu d'être une réaction chimique via « l'oxydant », c'est l'oxygène dissous (à saturation) présent dans l'eau polluée qui est mise en incubation avec des micro-organismes inoculés. Ce sont eux qui réalisent la réaction l'oxydation à 20 degrés C°.

La différence fondamentale avec la DCO réside dans le fait que l'on considère que la DBO mesure la pollution dégradable par les micro-organismes alors que la DCO mesure la quantité totale de ma matière potentiellement polluante.

Elle peut être mesurée sur 5 jours d'incubation (DBO5) ou sur 21 jours (DBO21)

La mesure de la DBO 5 se fait avec la norme NF-T- 90-103

### 6.1.5. Le carbone organique total COT

Le COT permet de mesurer le carbone sous forme inorganique (CI), qui n'est que du CO<sub>2</sub>, et le carbone organique (CO).

Pour mesurer le CI, on acidifie l'échantillon et on l'élimine par stripping, c'est à dire entraînement par injection d'un gaz. Pour mesurer le CO on oxyde la matière organique par oxydation thermique catalytique à 800-1000 °C, ou par une oxydation aux rayons ultraviolets, ou encore par une oxydation chimique à froid (action conjointe de persulfate et d'un rayonnement UV).

C'est une mesure rapide que l'on peut corréler de manière satisfaisante souvent aux valeurs de DCO.

### 6.1.6. Les matières toxiques

Ces produits toxiques sont des métaux (mercure, cadmium, arsenic, plomb ...) des composés phénoliques, des organo-halogénés (lindane, DDT, Poly Chloro Benzènes...), des organo-phosphorés...

Pour mesurer la toxicité de ces substances on utilise des méthodes spécifiques ou des méthodes mettant en jeux des organismes vivants.

Par exemple celui des «daphnies » ou encore appelées «puces d'eau ». Ce sont de petits crustacés qui se déplacent par saccade. On les trouve dans des mares et ... sous le microscope du laborantin qui mesure la toxicité d'une eau pour cela il compte le nombre de daphnies qui sont «immobilisées » après être restée un jour dans l'effluent !

D'autres méthodes peuvent être utilisées comme le test «microtox » qui mesure l'effet toxique sur une bactérie marine bioluminescente *Phosphobacterium phosphoreum*.

### 6.1.7. La pollution azotée

Elle est souvent responsable de la prolifération des algues et des végétaux aquatiques dans les étendues d'eau. En pourrissant ces végétaux vont se déposer au fond et relarguer des produits solubles qui vont polluer de nouveau le milieu. La matière qui s'accumule va finir par la combler l'étendue d'eau (eutrophisation).

L'azote peut se présenter sous plusieurs formes dans l'eau usée. On a :

- l'azote organique ou l'azote se retrouve dans des molécules avec de l'hydrogène, du carbone, et du phosphore
- l'azote ammoniacale ou le N est sous forme d'ammoniac dissous dans l'eau ( $\text{NH}_3$ ) ou sous forme d'ion ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )
- Les ions nitrate  $\text{NO}_3$
- (qui sont une forme stable de l'azote dans la nature) ou d'ions nitrite  $\text{NO}_2$

On mesure les deux premières formes par une réaction colorimétrique (la méthode Kjeldahl d'où le nom « d'azote Kjeldahl » Normes NF-T-90-110). Pour quantifier les nitrates et les nitrites on utilise souvent des techniques de chromatographie ionique. La norme pour le nitrite est NF-T – 90-013 et pour les nitrates c'est NF-T- 906012.

### 6.1.8. La pollution phosphorée

Le phosphore est lui aussi responsable du développement d'algues, de végétaux aquatiques qui vont générer les mêmes problèmes que l'azote.

Il est sous forme organique ou sous forme minérale ( $\text{PO}_4\text{H}_2$  – orthophosphate, ou polyphosphate). Dans la matière vivante le phosphore se trouve notamment dans les acides nucléiques (ADN, ARN) et dans des molécules très importantes du vivant puisqu'elles transportent l'énergie : l'adénosine tri, di ou mono phosphate c'est à dire l'ATP, l'ADP ou l'AMP. Il est dosé par spectrométrie avec la norme la norme NF-T-90-023.

### 6.1.9. Conductivité

Elle sert à mesurer la quantité de sels dissous. La conductivité électrique, s'exprime en mho. Le poids de sel est représenté par le produit de cette conductivité avec le volume d'eau rejetée. Elle est mesurée par la norme NF-T-90-031

### 6.1.10. Germes pathogènes

Les eaux usées peuvent contenir des organismes (virus, bactéries, protozoaires, helminthes...) qui peuvent être pathogènes. Il est d'usage de se contenter de mesurer des «germes tests » qui comprennent les coliformes du genre *Escherichia coli* et les streptocoques fécaux

### 6.1.11. Les autres caractéristiques (pH, température, couleur...etc.)

Les autres paramètres souvent retenus pour caractériser des pollutions sont le pH mesuré avec une électrode en verre (norme NF-T-90-006). La couleur est mesurée par la norme NF-T-90-034, et la température mesurée par un...thermomètre !

---

## 7. Impact de la pollution

### 7.1. Sur le milieu naturel

L'incidence des rejets sur notre environnement peut s'apprécier au regard des élévations de températures, des modifications du pH, des consommations d'oxygène du milieu ainsi que des effets spécifiques inhérents à chaque polluant. Ceci conduit à la modification de l'équilibre des écosystèmes.

- Les modifications de température de pH, perturbent le développement normal de la faune et de la flore.
- Le rejet de matière organique entraîne une surconsommation d'oxygène par les micro-organismes et en prive d'autant les poissons.
- Les matières en suspension conduisent aussi au colmatage des branchies des poissons, les rejets d'azote et de phosphore favorisent l'eutrophisation des lacs.

### 7.2. Sur l'économie

Il faut se rendre compte que dépolluer reste encore actuellement une activité de riches. Personne ne peut nier l'absolue nécessité de prendre en compte notre environnement. Dans les pays développés, à la plus part des collectivités et les industries prennent en charge leurs rejets.

En certaines périodes de l'année, la prolifération d'algues qui viennent s'échouer et pourrir sur les côtes de la Manche conduit à des nuisances qui perturbent fortement l'activité touristique de ces régions... Cette prolifération est attribuée aux rejets de polluants azotés et phosphorés locaux ou d'ailleurs. Le maintien de l'activité touristique implique l'élimination de

ces nuisances. Ceci représente un coût et un manque à gagner important. Comme c'est souvent le cas, le secteur qui est à l'origine de la pollution n'est pas le secteur qui en subit les conséquences !

### **7.3. Sur la santé**

- Les maladies liées à la présence d'éléments pathogènes ou de molécules toxiques sont très répandues. Les parasitoses d'origine hydrique dominent très largement la pathologie des habitants du tiers monde :

- Paludisme (un million de décès par an, 100 à 150 millions de cas annuels dont 90% en Afrique, et 300 millions de porteurs de parasites),
- Filaires (maladie due à un vers injecté par des moustiques sous les climats chauds et humides),
- Le choléra, du aux vibrions cholériques présent dans les eaux souillées,
- L'hépatite A (due à un virus présent aussi dans les eaux polluées)
- Et les autres comme les dysenteries d'origines parasitaires, bactériennes et virales aux conséquences qui peuvent être très grave chez le jeune enfant.

- Les métaux lourds comme le mercure, le plomb, le cadmium, le cuivre.... présentent la particularité de se concentrer dans la chaîne biologique. Ils ne sont pas dégradables, leur présence est donc rémanente. Ils conduisent à des pathologies diverses en fonction de leurs natures, pathologies qui peuvent être très graves, voir mortelles.

## GESTION ET VALORISATION DES DECHETS.



- Définition des déchets
- Définition d'un déchet ménager et assimilé
- Les caractéristiques des déchets
- Les différents types des déchets
- Classification des déchets
- Quantités des déchets produits en Algérie
- Compositions des déchets ménagers
- Gestion et valorisation **des déchets**
- Impact des déchets

### 1. Définition d'un déchet

Un déchet est un débris, un résidu considéré comme indésirable et sans valeur pour la personne qui s'en débarrasse. Le terme « déchet » revêt une signification particulière selon les pays, les cultures et même les personnes. Ainsi, un objet peut être sans valeur pour une personne et avoir une valeur pour une autre (un meuble antique mis au rebut par exemple).

Selon la loi N° 01-19 du 12 décembre 2001, parue dans le journal officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire du 15 décembre 2001 portant sur « La gestion, le contrôle et l'élimination des déchets », on entend par déchet « tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation et plus généralement toute substance ou produit et tout bien meuble, dont le propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a l'obligation de se défaire ou d'éliminer. »

### 2. Définition d'un déchet ménager et assimilé

Selon la loi N° 01-19 du 12 décembre 2001, est considéré comme déchet ménager et assimilé tout déchet issu des ménages ainsi que les déchets similaires provenant des activités industrielles, commerciales, artisanales et autres qui, par leur nature et leur composition, sont assimilables aux déchets ménagers.

### 3. Les caractéristiques des déchets

On caractérise les déchets par quatre paramètres essentiels : la densité, le degré d'humidité, le pouvoir calorifique, le rapport des teneurs en carbone et azote (C/N).

### 3.1. La densité

La connaissance de la densité est d'une grande importance pour le choix des moyens de collecte et de stockage. Toutefois comme les déchets sont compressibles, la densité n'a un sens que si on définit les conditions dans lesquelles on la détermine. C'est pourquoi on peut avoir une densité en poubelle, une densité en benne, une densité en décharge, une densité en fosse... etc. La densité en poubelle est mesurée en remplissant les ordures fraîches dans un récipient de capacité connue sans tassement

### 3.2. Le degré d'humidité.

Les ordures renferment une suffisante quantité d'eau variant en fonction des saisons et le milieu environnemental. Cette eau à un grade influence sur la rapidité de la décomposition des matières qu'elles renferment et sur le pouvoir calorifique des déchets.

### 3.3. Le pouvoir calorifique

Le pouvoir calorifique est défini comme la quantité de chaleur dégagée par la combustion de l'unité de poids en ordures brutes. Il s'exprime en millithermie par kilogramme d'ordures (mth/Kg).

### 3.4. Le rapport des teneurs en carbone et azote

Le rapport C/N a été choisi comme critère de qualité des produits obtenus par le compostage des déchets. Il est d'une grande importance pour le traitement biologique des déchets, car l'évolution des déchets en fermentation peut être suivie par la détermination régulière de ce rapport.

---

## 4. Les différents types de déchets

Nous pouvons classer les déchets par types en fonction de leurs origines et de leurs compositions (Tableau 5)

**Tableau 5** : Provenance et composition des déchets en France (Addou, 2009)

Type	Provenance et composition
✓ <b>Ordures ménagères (OM)</b>	Déchets provenant des ménages et de l'industrie ayant des caractéristiques voisines d'ordures ménagères et qui peuvent être collectés dans les mêmes conditions que les Ordures ménagères. <b>Organiques</b> : déchets de cuisine, restes des aliments, papier, textiles, emballages, <b>Minérales</b> : cendres, scories, ustensiles ménagères en verre, porcelaine, faïence ...
Type	Provenance et composition
✓ <b>Boues</b>	Ensemble des matières solides éliminées dans les stations d'épurations et d'assainissement des communes. <b>Boues fraiche</b> : boues prélevées des décanteurs. <b>Boues en décompositions</b> : boues de dégradation anaérobie provenant des fosses à boues.
✓ <b>Déchets industriels</b> (ne présentant pas de caractère dangereux ni polluant)	Déchets issus de la production de matières premières ou de leur transformation en produits fins. <b>Organique</b> : déchets de production de l'industrie alimentaire, déchets de bois, matériaux d'emballage, copeaux des scieries. <b>Minérales</b> : cendres et scories, matériel d'emballage.
✓ <b>Déchets des jardins</b>	Déchets de gazon, branchage, feuillage, mauvaise herbes...
✓ <b>Balayures des rues</b>	Déchet de nettoyage des rues, des marchés et qui sont collectés par les services de voirie.

## 5. Classification des déchets

### 5.1. Selon la nature du déchet :

On a trois catégories essentielles : solides, liquides, et gazeux.

### 5.2. Selon le mode de traitement et d'élimination

Les professionnels et les chercheurs s'accordent à regrouper les déchets en quatre grandes familles :

- ❖ **Les déchets inertes** : composés déblais, gravats, matériaux de démolition produit par les entreprises de travaux publics.

- ❖ **Les déchets banals** : regroupe essentiellement des déchets constitués de papiers, plastiques, cartons, bois produit par des activités industrielles ou commerciales et ordures ménagères ;
- ❖ **Les déchets spéciaux** : ils peuvent contenir des éléments polluants et sont spécifiquement issus de l'activité industrielles (boues de peintures ou d'hydroxyde métallique, cendre d'incinération...etc.) ;
- ❖ **Les déchets dangereux** : issus de la famille des déchets spéciaux, ils contiennent des quantités de substances toxiques potentiellement plus importantes et présentent de ce fait beaucoup plus de risques pour les milieux naturels.

### 5.3. Selon le comportement et les effets sur l'environnement

A ce titre on distingue :

- ❖ **Les déchets inertes** : ce sont les déchets qui ne se décomposent pas, ne brûlent pas et ne produisent aucune réaction physique ou chimique. Enfin, ils ne détériorent pas d'autres matières en contact de manière préjudiciable à l'environnement ou à la santé humaine.
- ❖ **Les déchets fermentescibles** : constitués par la matière organique, animale ou végétale à différents stades de fermentation aérobies ou anaérobies.
- ❖ **Les déchets toxiques** : poisons chimiques ou radioactifs qui sont générés, soit par des industries, soit par des laboratoires, ou tout simplement par des particuliers qui se débarrassent avec leurs ordures de certains résidus qui devraient être récupérés séparément (ex : flacons de médicaments, seringues, piles et autres gadgets électroniques ...etc.),

### 5.4. Selon l'origine

On a deux classes :

#### 5.4.1. Les déchets industriels

Hormis les résidus assimilables aux ordures ménagères, tant par leur nature que par leur volume modeste, on distingue dans cette classe :

- Les déchets inertes provenant de chantiers de construction, transformation des combustibles et de l'énergie (gravats, cendres, ...etc.), métallurgie (scories, laitiers, mâchefers, ...etc.) ;
- Les déchets des industries agricoles et alimentaires ;
- Les déchets pouvant contenir des substances toxiques par des industries variables (ex. : ateliers artisanaux, galvanoplastie, chromage, miroiterie,...etc.).

### **5.4.2. Les déchets urbains**

Ce sont tout déchet issu des ménages, déchet de commerce et de l'industrie assimilables aux déchets ménagers, déchet encombrant, déchet vert (greffage des arbres, espaces verts), déchets de nettoyage des voies publiques, déchets hospitaliers. La collecte de ces déchets doit être assurée par les collectivités.

## **5.5. Classification des déchets ménagers selon la législation Algérienne**

La loi N°01-19 du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets arrête les définitions de six grandes familles de déchets, qui sont :

### **5.5.1. Déchets ménagers et assimilés**

Tous les déchets issus des ménages ainsi que les déchets similaires provenant des activités industrielles, commerciales, artisanales qui, par leur nature et leur composition sont assimilables aux déchets ménagers.

### **5.5.2. Déchets encombrants**

Ce sont tous déchets issus des ménages qui en raison de leur caractère volumineux ne peuvent être collectés dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés comme : Canapés, fauteuils, tables, vieux meubles.

### **5.5.3. Déchets spéciaux (DS)**

Ce sont tous les déchets issus des activités industrielles, agricoles, de soins, de services et toute autres activités qui en raison de leur natures et de la composition des matières qu'ils contiennent ne peuvent pas être collectés, transportés et traités dans les même conditions que les déchets ménagers et assimilés et les déchets inertes.

### **5.5.4. Déchets d'activité de soin**

Tous déchets issus des activités de diagnostic, de suivi et de traitement préventif ou curatif, dans les domaines de la médecine humaine et vétérinaire comme les seringues, milieux de culture, fragments anatomiques, pansements...etc.

### **5.5.5. Déchets radioactifs**

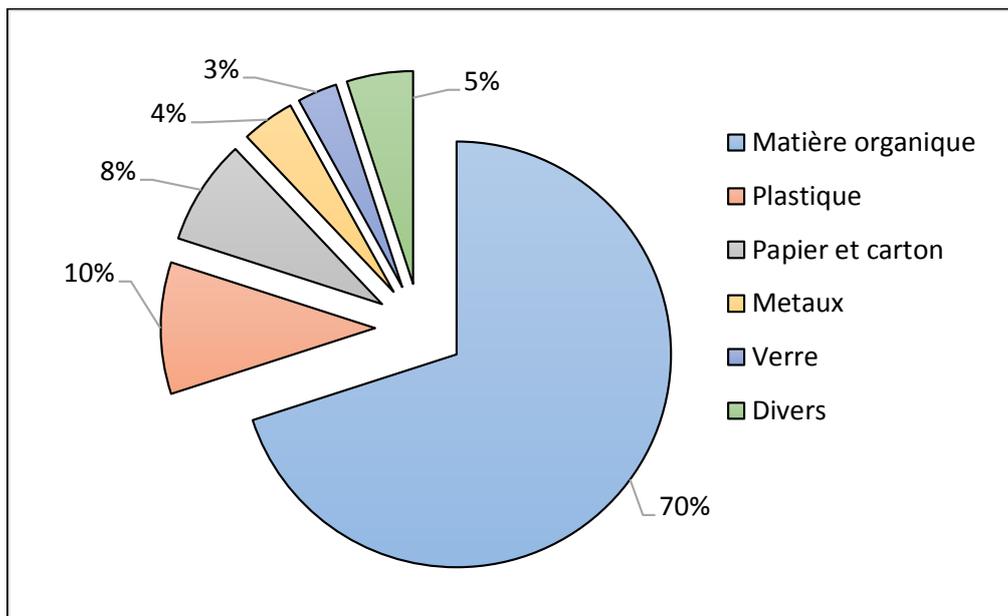
Ce sont des déchets radioactifs qui représentent les matières contenant ou contaminée par des radioéléments à des concentrations ou activités supérieures aux limites d'exemption et pour laquelle aucune utilisation n'est prévue.

## 6. Quantités des déchets produites en Algérie

Selon l'Agence Nationale des Déchets, l'Algérie produit annuellement 10.3 MT/an de déchets ménagers et assimilés, 11 MT/an de déchets de démolition, 2.5 MT/an de déchets industriels et 0.2 MT/an de déchets Verts et Agricoles. Un Algérien produit quotidiennement 0.8 Kg /J en zone urbaine et 0.6 Kg /J en zone rurale.

## 7. Composition des déchets ménagers en Algérie

La connaissance de la composition des déchets est essentielle afin d'apprécier les possibilités de valorisation comme le compostage, la récupération de métaux ou d'autres matériaux recyclables tels que le papier/carton, le verre, le plastique... etc.



**Figure 6 :** Représentation graphique de la composition des déchets ménagers en Algérie

## 8. Gestion et valorisation des déchets

On a longtemps considéré les déchets comme des matériaux qui ne servent plus et qu'il faut jeter. Il existe quatre façons de se débarrasser des déchets : les jeter, les enterrer, les brûler ou les composter.

La gestion des déchets est toute opération relative à la collecte, au tri, au transport, au stockage, à la valorisation et à l'élimination des déchets, y compris le contrôle de ces opérations (Loi 01-19).

La réduction à la source, la réutilisation, le recyclage, la valorisation et l'élimination doivent être privilégiés dans cet ordre dans le domaine de la gestion des déchets.

### **8.1. La réduction**

L'objectif de la réduction est double. D'une part, il s'agit de réduire la consommation des produits afin d'assurer une gestion durable des ressources naturelles, d'autre part, elle vise à minimiser les impacts qui résultent de la gestion des déchets sur l'environnement.

### **8.2. La réutilisation (réemploi)**

L'objectif essentiel du réemploi des déchets consiste à maintenir, le plus longtemps possible, les matières dans le circuit économique et réduire ainsi la consommation des matières premières et l'accumulation des déchets.

### **8.3. Le tri sélectif des déchets**

Pour valoriser et/ou recycler les déchets, on ne peut plus les collecter en mélange, ceux-ci doivent avoir été préalablement triés.

Ainsi, les ménages constituent le premier maillon de la chaîne de valorisation des matériaux recyclables, par leur capacité et leur volonté à trier les déchets ménagers, pratique qui est un signal d'une certaine sensibilité environnementale.

### **8.4. La collecte**

La collecte des déchets ménagers peut prendre plusieurs formes dans les villes des pays en voie de développement. Selon le pays, la taille de la ville, les moyens financiers et les techniques disponibles.

#### **8.4.1. Collecte par apport volontaire en container**

L'apport volontaire est le dépôt des déchets par les habitants en un endroit où le service de collecte pourra les enlever. Les containers sont déchargés, au niveau d'un site de transit, puis acheminés vers la décharge par moyens lourds, ou directement transportés à la décharge.

#### **8.4.2. Collecte séparative par apport volontaire**

Ce type de collecte est très répandu pour le verre, le papier et les emballages. En Europe ils utilisent des bennes ou des colonnes, réparties dans des villes à des endroits où elles ne génèrent pas trop d'inconvénients, où elles sont faciles d'accès pour les usagers et pour les engins d'enlèvement.

#### **8.4.3. Collecte en porte à porte par moyens lourds**

La collecte en porte à porte s'effectue par moyens lourds (camions spécialisés ou non, tracteurs) devant chaque maison ou ensemble de maisons.

### 8.4.3.1. Collecte en mélange

C'est la collecte traditionnelle. Des sacs en plastique ou tout autre récipient contenant des déchets non triés, déposés devant les maisons et ramassés à jour fixe.

### 8.4.3.2. Collecte séparative

Ce mode de collecte permet de collecter séparément les déchets qui ont été stockés dans des containers différents.

## 8.5. Les installations

### 8.5.1. Déchetterie

La déchetterie est un espace aménagé gardienné, clôturé où le particulier peut apporter ses déchets encombrants et éventuellement d'autres déchets triés, en les répartissant dans des conteneurs distincts, en vue de valoriser et traiter au mieux les matériaux qui les constituent.

### 8.5.2. Le centre de tri

Le centre de tri constitue un élément essentiel dans l'opération de collecte sélective. C'est le lieu où sont acheminés les déchets recyclables ménagers, soit par collecte en porte à porte, soit en apport volontaire. Cette installation permet le tri des déchets afin d'en extraire des matériaux, conformes à des prescriptions techniques minimales, qui seront recyclés par le repreneur.

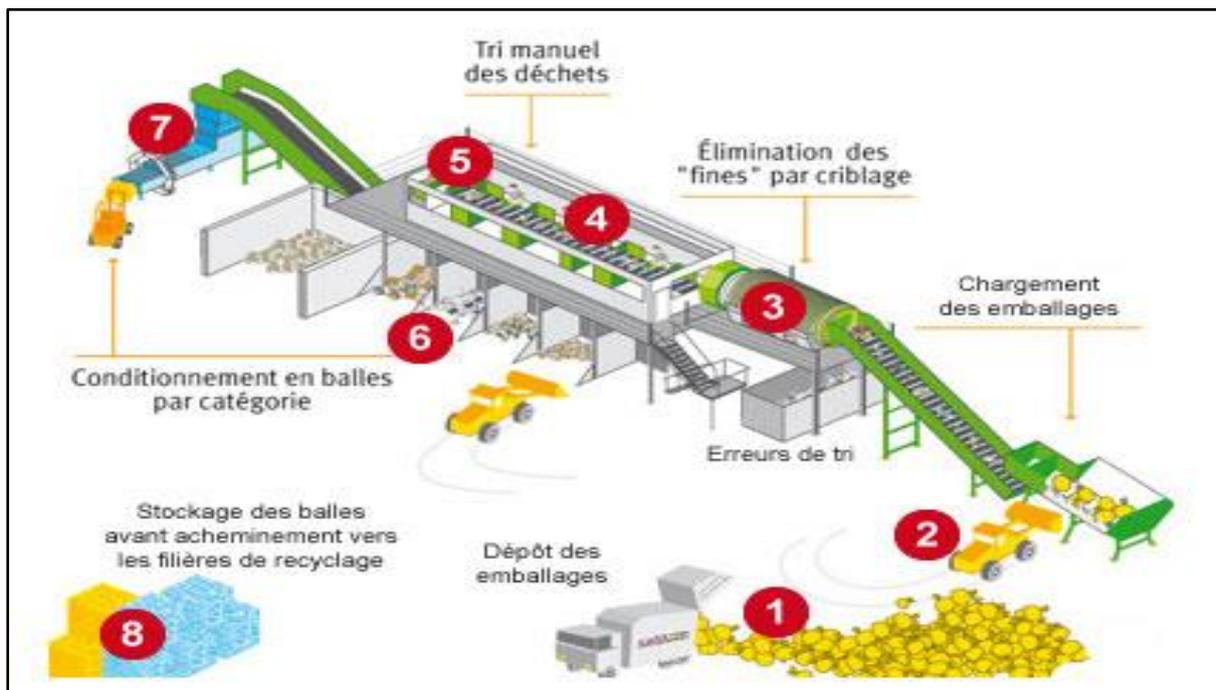


Figure 7 : Schéma du centre de tri

### 8.5.3. Station de transit

La station de transit ou centre de transfert, reçoit les flux de déchets ménagers ramassés par les véhicules de collecte et permet leur stockage dans des fosses ou dans des conteneurs. Ils sont ensuite acheminés, par mode de transport à grande capacité vers une installation de traitement ou de stockage.

## 8.6. Les traitements

### 8.6.1. Le compostage

Le compostage est un procédé biologique aérobie contrôlé, de conversion et de valorisation de substrats organiques en un produit stabilisé, hygiénique et riche en composés humiques appelé compost.

### 8.6.2. La méthanisation

Traitement biologique, par voie anaérobie (absence d'oxygène), de valorisation de la matière organique qui permet de produire un biogaz combustible composé majoritairement de méthane.

### 8.6.3. Le recyclage

Le recyclage fait partie intégrante de l'approche gestion intégrée des déchets solides. Il permet de réintroduire dans le cycle de production des matériaux qui composent un produit similaire arrivé en fin de vie. Ce mode de traitement concerne surtout le verre, le papier/carton, le plastique et les métaux.

### 8.6.4. Incinération

L'incinération consiste à brûler les ordures ménagères dans des fours spéciaux adaptés à leurs caractéristiques : composition et taux d'humidité. C'est le procédé de traitement qui permet la plus grande réduction du volume des déchets. En effet, au bout du processus, il n'en reste que 10 à 20% du volume initial. Cependant la combustion doit être menée correctement et assortie d'un traitement des fumées afin d'éviter tout transfert de pollution ou de nuisance. Les résidus de ce genre de traitement peuvent être valorisés en produisant de l'énergie ou utilisés dans les constructions routières (mâchefers).

### 8.6.5. Mise en décharge

Contrairement aux autres procédés de traitement des déchets, la mise en décharge est la méthode de traitement la plus simple, la plus économique et la plus ancienne, mais elle présente des contraintes environnementales. Dans de nombreux pays en voie de développement c'est le procédé le plus communément utilisé pour le traitement des déchets

ménagers, mais dans les pays avancés en termes de gestion des déchets, ce mode de traitement tend à disparaître.

### 8.6.6. Enfouissement

L'enfouissement consiste à stocker les déchets sous terre, dans des centres d'enfouissement techniques où les déchets sont répandus en couches successives sur un terrain dont les caractéristiques géologiques et hydrogéologiques, ainsi que l'aménagement permettent de limiter au maximum les risques de nuisances et de pollution des milieux environnants.

- Trois types de **Centre d'Enfouissement Technique** sont utilisés pour recevoir les déchets :
  - ✓ **CET de classe I** : pour les déchets spéciaux dangereux
  - ✓ **CET de classe II** : pour les déchets ménagers et assimilés et les déchets spéciaux non dangereux,
  - ✓ **CET de classe III** : pour les déchets inertes.

**Tableau 6** : Durée de décomposition de quelques déchets ménagers.

Déchets	Temps de décomposition
Déchets végétaux	De quelques jours à quelques mois
Pelures de fruits	De 3 à 6 mois
Mouchoirs et serviettes en papier	3 mois
Papier journal	De 3 à 12 mois
Mégot de cigarette	2 ans
Chewing-gum	5 ans
Boîte de conserve	De 10 à 100 ans
Bouteilles plastiques	De 100 à 1 000 ans
Canette en aluminium	De 200 à 500 ans
Sac plastique	400 ans
Polystyrène	1 000 ans
Verre	4 000 ans

---

## 9. Impact des déchets sur l'environnement et la santé publique

### 9.1. Sur l'environnement

#### 9.1.1. Les pollutions biologiques

Dont les manifestations se caractérisent par la prolifération D'agents pathogènes favorisés par la présence de résidus organiques en décomposition. Les pollutions de cette espace prennent d'écart de plus en plus grand qui se creuse d'une part entre leur développement en relation direct avec l'accroissement des populations, et d'autre part le développement à un rythme beaucoup plus lent des moyens mis en œuvre pour les neutraliser.

#### 9.1.2. Les pollutions physiques et chimiques

Les éléments polluants ne sont nuisibles qu'en raison de leur caractère encombrant et inesthétique, il arrive parfois qu'ils soient toxiques, parfois même radioactifs, à telle enseigne que leur rejet dans l'environnement constitue pour l'homme et pour les animaux un danger qui justifie des mesures appropriées.

### 9.2. Sur la santé publique

Les déchets biodégradables sont les principaux responsables des maladies causées par les pollutions biologiques, et en particulier par les ordures ménagères : les animaux errants qui y trouvent leur nourriture véhiculent ensuite toutes sortes de parasites ou autre agents pathogènes qui sont les agents de transmission de maladies contagieuses et/ou mortelles dont nous mentionnerons les plus redoutables : les maladies infectieuses transmises par les eaux et sols souillés par les urines d'animaux infectés (chiens, bovins, chevaux....etc.) telle que la leptospirose et les hépatites virales et le choléra .



## POLITIQUE ET DROIT DE L'ENVIRONNEMENT

- Le droit Algérien
- Les sources du droit
- Le droit de l'environnement
- Les sources du droit de l'environnement
- Les grands principes du droit de l'environnement
- La politique environnementale en Algérie

### 1. Le droit algérien

Le droit algérien est un système de droit écrit : inspiré du droit français jusqu'au 5 juillet 1973, ces lois ont été abrogées et donc inspiré de la nouvelle constitution Algérienne, il est caractérisé par la codification systématique des acquis juridiques et est constitué en système fondé sur la référence systématique à l'écrit, d'où le rôle primordial de la loi. Cependant, il utilise également des sources dérivées (ou indirecte).

### 2. Les sources du droit :

#### 2.1. La loi

Elle est constituée de l'ensemble des textes législatifs. On distingue plusieurs sortes de lois : *lois constitutionnelles* (qui modifient la constitution, lois organiques (qui précisent et appliquent des articles de la constitution, *lois ordinaires* adoptées à l'issue de la navette parlementaire.

#### 2.2. Le décret

Sa rédaction et sa promulgation reviennent au pouvoir exécutif : les décrets sont signés par le président de la République et le Premier ministre (ils sont souvent les « décrets d'application » d'une loi.

#### 2.3. L'ordonnance

Après avis favorable du Conseil d'Etat et avec l'assentiment du président de la République, l'ordonnance est adoptée en Conseil des ministres et a force de loi.

#### 2.4. L'arrêté

Il peut être ministériel, préfectoral ou municipal dans l'ordre hiérarchique. C'est une décision d'ordre pratique. Selon sa source, il s'applique à un territoire géographiquement délimité.

### 3. Le droit de l'environnement

#### 3.1. Définition

Le droit de l'environnement est l'ensemble des règles juridiques qui concernent la nature, les pollutions et nuisances les risques technologiques majeurs avec la création de la délégation au risques majeurs, les sites, monuments et paysages, les ressources naturelles.

#### 3.2. Objectif de la législation sur l'environnement

Dans beaucoup de pays la politique de l'environnement comprend toutes les activités qui sont nécessaires pour atteindre les trois objectifs suivants :

- Assurer aux hommes un environnement propice à leur santé et à leur existence
- Protéger le sol, l'air, l'eau, la végétation et les animaux contre les effets néfastes de l'activité humaine
- Réparer les dommages causés par l'activité humaine.

### 4. Les sources du droit de l'environnement

Nous examinerons successivement, les sources internationales du droit de l'environnement, les sources nationales et les autres sources du droit de l'environnement.

#### 4.1. Les sources internationales du droit de l'environnement

Il existe une multitude de conventions internationale. Et c'est principalement grâce à elles que petit à petit, secteur par secteur, le droit de l'environnement s'est développé. Il ne s'agira pas d'en faire une présentation exhaustive, ni même d'en considérer les principales, chacune ayant une signification particulière.

**4.1.1. Les conventions à portée universelle** : elles sont souvent adoptées lors de grandes conférences et signées dans le cadre des Nations unies et de ses institutions spécialisées. Exemple : La convention sur la diversité biologique et la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques de 1992.

**4.1.2. Les traités régionaux** : ils sont également nombreux et diversifiés

- **Europe** : la Convention d'Aarhus sur l'accès à l'information, la participation du public au processus décisionnel et l'accès à la justice en matière d'environnement en 1998.
- **Afrique** : la Convention africaine de Maputo du 11 juillet 2003 sur la conservation de la nature et des ressources naturelles remplace la Convention d'Alger de 1968. La Convention de Maputo « modifie, substantiellement, la convention d'Alger afin de l'adapter aux nouvelles conceptions comme le développement durable ».
- **Amérique** : la Convention de Washington de 1940 pour la protection de la flore, de la faune et des beautés panoramiques naturelles des pays de l'Amérique

- **Asie** : la Convention régionale de Koweït sur la coopération pour la protection de l'environnement marin contre la pollution de 1978.

**Antarctique** : il fait l'objet d'une protection particulière avec la Convention de Londres sur la protection des phoques de l'Antarctique de 1972, le Protocole au traité sur l'Antarctique sur la protection de l'environnement, signé à Madrid en 1991.

Les accords internationaux en matière d'environnement sont importants, puisqu'ils permettent à différents pays de travailler ensemble pour trouver des solutions aux enjeux environnementaux cruciaux ayant un caractère transnational ou mondial, notamment la pollution atmosphérique, les changements climatiques, la protection de la couche d'ozone et la pollution des océans.

## 4.2. Les sources internes

**4.2.1. Les lois et les règlements** : ce sont des sources importantes du droit de l'environnement car les questions liées à l'environnement y sont traitées de façon bien spécifique. Pour mieux cadrer avec les réalités actuelles en matière de défis environnementaux, ces textes de lois font l'objet d'un encadrement juridique progressif.

**4.2.2. La constitutionnalisation du droit de l'environnement** : depuis la conférence de Stockholm en 1972, La constitutionnalisation du droit de l'environnement est désormais réalisée dans la plupart des pays. Cette constitutionnalisation engendre de nombreuses conséquences importantes : par exemple, la clause constitutionnelle reconnaissant le droit à l'environnement est considérée, par plusieurs auteurs, comme une clause de non régression.

## 5. Les grands principes du droit de l'environnement

Là où les constitutions n'ont pas encore consacré l'environnement comme un intérêt constitutionnellement protégé au même titre que la santé ou l'éducation, le législateur a reconnu dans les lois l'existence d'une nouvelle fin d'intérêt public.

Cet ensemble de reconnaissances législatives de l'intérêt général attaché aux monuments, aux sites, aux paysages, à la qualité architecturale, à la protection de la nature, aux équilibres biologiques et à la lutte contre les dégradations du milieu naturel constitue incontestablement une base solide de principes qui peuvent être ensuite mis en œuvre en instituant des services publics et des règles de police.

La déclaration de *Rio de 1992* a recommandé aux pays signataires l'application des principes suivants à leurs législations sur l'environnement :

- La protection de l'environnement est d'intérêt public.
- Le principe de prévention et de précaution.
- Le principe pollueur – payeur.
- L'imposition des études d'Impact.
- Le droit du citoyen à l'information et à la participation.

### 5.1. La protection de l'environnement est d'intérêt général

Le droit de l'homme et du citoyen à l'environnement est reconnu d'intérêt général. A cet effet, la sauvegarde des sites et des monuments naturels, des antiquités, des paysages, la préservation des espèces animales et végétales, le maintien des équilibres biologiques, la protection des ressources naturelles, la lutte contre toutes les formes de pollution et de nuisance, la préservation des ressources hydrauliques et du littoral marin et fluvial, le contrôle de l'urbanisation sont d'intérêt général.

- **Le principe de précaution**

Dans la mise en application ou l'exécution de tout projet, les personnes morales de droit public ou de droit privé ainsi que les individus doivent nécessairement agir en prenant en considération le principe de précaution vis-à-vis de l'Environnement

- **Selon le principe 15 de la déclaration de Rio sur l'environnement et le développement :**

*«Pour protéger l'environnement, des mesures de précaution doivent être largement appliquées par les Etats selon leurs capacités. En cas de dommages graves ou irréversibles, l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir la dégradation de l'environnement».*

Le principe de précaution est en fait une tentative d'adapter les choix politiques au problème de la complexité. En effet, les systèmes naturels ou sociaux sont tissés de liens d'interdépendance que les scientifiques se révèlent souvent incapables de connaître et de maîtriser.

- **Le principe de prévention**

L'intervention qui a pour d'éviter les conséquences négatives d'un phénomène. La prévention peut être une action concrète (« prévenir quelque chose»), ou bien une information (« prévenir quelqu'un »).

Il est exigé des administrations publiques, des établissements publics et de toutes les personnes morales ou privées de prendre toujours les dispositions nécessaires possibles pour prévenir toute pollution, dégradation ou destruction de l'environnement.

- **Le principe pollueur - paveur**

Ce principe vise à imputer aux pollueurs, dans le cours de leur activité ou de leur action, les coûts liés à la protection de l'Environnement en les incitant à réduire la pollution dont leurs activités sont la cause et à rechercher des produits ou des technologies moins polluantes.

Cela conduit à entraîner un mécanisme de responsabilité pour dommage écologique couvrant tous les effets d'une pollution non seulement sur les biens et les personnes mais aussi sur la nature elle-même.

Il s'agit de la taxation des pollutions, de l'imposition de normes et de la mise en place de mécanismes divers de compensation. Le principe doit également se traduire juridiquement par l'abolition des droits acquis en matière de pollution.

Enfin, de principe économique, il est devenu un principe juridique, appliqué au travers des décisions de justice, lorsque la responsabilité du pollueur est reconnue pour un dommage passé.

- **Le principe d'abolition des droits acquis à nuire**

L'autorisation existante est soumise à modification compte tenu des législations et réglementations nouvelles, qui en tant que mesures d'ordre public, s'imposent aux activités en cours avec la prévision de délais possibles de régularisation.

- **Le principe de restauration et de correction à la source des atteintes à l'environnement.**

Les personnes physiques ou morales de droit public ou de droit privé devront toujours dans l'exercice de leurs activités de quelque nature qu'elles soient sauvegarder l'environnement et assurer toutes les actions nécessaires pour corriger à la source toute atteinte à l'Environnement et appliquer les mesures nécessaires et réalisables de restauration de l'Environnement en cas de besoin.

- **Le principe de droit à l'information et à la participation**

La protection de l'environnement, si elle est devenue une obligation de l'état, est avant tout un devoir des citoyens.

« Il est du devoir de chacun de veiller à la sauvegarde du patrimoine naturel dans lequel il vit ». Pour que ce devoir s'exerce en pratique, les citoyens doivent, directement ou par leurs groupements être en mesure d'être informés et de participer aux décisions pouvant exercer une influence sur leur environnement.

« Cette participation est un rapport majeur de la conservation de l'environnement à la protection des droits de l'homme : par son double aspect qui apporte à la fois droits et devoirs aux individus, le droit de l'environnement transforme tout ce domaine en sortant les citoyens d'un statut passif de bénéficiaires et leur fait partager des responsabilités dans la gestion des intérêts de la collectivité toute entière ».

- Il faudra dans ce cadre donner la possibilité pour les associations ou les collectivités ou les individus concernés d'accéder, aux sources administratives d'information et aux dossiers constituant des problèmes d'environnement.

- Il faudra reconnaître en outre le droit aux associations pour la protection de l'environnement de se pourvoir en justice.

- **Le principe de l'ordre public écologique**

Dans l'exercice de leurs activités et de leurs compétences, l'état, les Administrations publiques, les Etablissements publics, les Municipalités, les concessionnaires etc. Doivent assurer la protection de l'Environnement et l'amélioration du cadre de vie. L'ordre public écologique constitue la limite et l'objectif de l'action administrative.

L'administration a le droit de rejeter toute demande ou permis pour cause d'environnement ou d'équilibre biologique. Ce refus ne peut être arbitraire et doit être, à chaque fois, justifié par des motifs clairement exprimés.

- **Le principe de l'étude d'impact sur l'Environnement**

La procédure d'étude d'impact n'est autre finalement que la mise en œuvre du vieux principe : mieux vaut prévenir que guérir. Pour prévenir il faut connaître et étudier à l'avance l'impact, c'est-à-dire les conséquences et les effets d'une action, c'est une règle de bon sens.

Tous travaux ou projets d'aménagement ou d'exploitation agricole, industrielle ou commerciale devront obligatoirement présenter, soit pour l'obtention du permis soit avant l'exécution des travaux, une étude d'impact de ces travaux ou projets dans le cadre du respect des préoccupations de l'environnement.

- **Le principe de coopération et de coordination administrative**

La coopération et la coordination entre les Ministères et les Etablissements publics concernés par les questions d'Environnement constituent une obligation juridique pour toutes les parties intéressées.

Au cas où l'absence de coordination est dûment constatée par les services compétents de l'Inspection Centrale, des sanctions disciplinaires devront être prises par les autorités compétentes. Outre les sanctions administratives, des poursuites civiles et pénales pourraient être engagées envers les fonctionnaires et les employés dont la négligence ayant conduit à l'absence de coordination a causé des détériorations à l'environnement.

- **Le principe de concertation**

Dans le cadre de l'exercice de leur fonction en matière d'Environnement, les Ministères et les Etablissements publics peuvent appliquer le principe de concertation avec les exploitants visant à résoudre les problèmes posés dans des délais brefs et restrictifs.

La politique de l'environnement se caractérise par son caractère pédagogique. Il convient de convaincre et de persuader plutôt que de contraindre les auteurs de la pollution de cesser leurs activités nuisibles. Bien que le droit de l'environnement apparaisse pour

l'essentiel comme un régime de police visant à limiter ou interdire les pollutions par des actes unilatéraux autoritaires, la réalité administrative est plutôt en faveur de mesures concertées et négociées avec les industriels.

Cette attitude est admissible si elle n'aboutit pas à un laxisme excessif ou à des dérogations abusives et si elle ne s'accompagne pas d'une insuffisance ou d'une absence de contrôle.

## 6. La politique environnementale en Algérie :

- **Objectifs et perspectives :**

Les leçons tirées de l'analyse des causes et des facteurs de la crise écologique démontrent clairement l'étendue et la gravité des problèmes liés à la gestion des déchets et de l'environnement en Algérie qui affectent la santé et la qualité de la vie de la population, la productivité et la durabilité du capital naturel, l'efficacité de l'utilisation des ressources et la compétitivité de l'économie en général et l'environnement régional et global.

Aussi les objectifs environnementaux devraient consister à :

- ✓ Améliorer la santé et la qualité de vie des citoyens
- ✓ Améliorer l'accès aux services d'eau potable et de l'assainissement.
- ✓ Diminuer les risques liés à la pollution d'origine industrielle.
- ✓ Améliorer la qualité de l'air dans les grandes villes et aux abords des zones industrielles.
- ✓ Diminuer la production des déchets et introduire leur gestion intégrée, tant au niveau institutionnel que financier.
- ✓ Améliorer les cadres juridiques, institutionnel et de gestion des déchets et de l'environnement.
- ✓ Réduire les pertes économiques et améliorer la compétitivité
- ✓ Rationaliser l'utilisation des ressources en eau.
- ✓ Traiter les eaux résiduaires industrielles pour leur réutilisation dans le procédé de production.
- ✓ Rationaliser l'utilisation des ressources énergétiques.
- ✓ Rationaliser l'utilisation des matières premières dans l'industrie.
- ✓ Minimiser la production des déchets toxiques et dangereux en minimisant les flux.
- ✓ Valoriser les déchets par leur réutilisation comme matière première dans d'autres procédés de production.
- ✓ Introduire et promouvoir les nouvelles technologies qui minimisent la production de déchets.
- ✓ Améliorer la gestion environnementale, la maîtrise des coûts de production, l'image de marque et la valeur marchande des entreprises.
- ✓ Transformer (éventuellement fermer) les entreprises industrielles les plus polluantes et les moins viables économiquement.



## LA GESTION DE L'EAU

- Le cycle de l'eau
- Les principes formes en eau
- L'utilité de l'eau dans les différents domaines
- La gestion de ressources en eau
- L'importance de l'eau dans le développement
- La surveillance de la qualité des eaux de surface
- La gestion communautaire de l'eau

### 1. Le cycle de l'eau

L'eau est apparue sur Terre il y environ 4 milliards d'années. Seulement 28 % de la surface du globe n'est pas recouverte d'eau. Son volume (environ 1.4 milliard de km<sup>3</sup>) reste globalement stable, c'est toujours la même eau qui circule et se transforme en permanence à travers le cycle de l'eau. En effet, l'eau change de forme et existe sur Terre sous trois états : liquide, solide ou gazeux.

✓ **État liquide** (nuages, cours d'eau, mers, océans...)

La condensation : au contact des couches d'air froid de l'atmosphère, la vapeur d'eau se condense en minuscules gouttelettes qui se rassemblent et forment des nuages, à l'origine des précipitations.

✓ **État solide** (la glace)

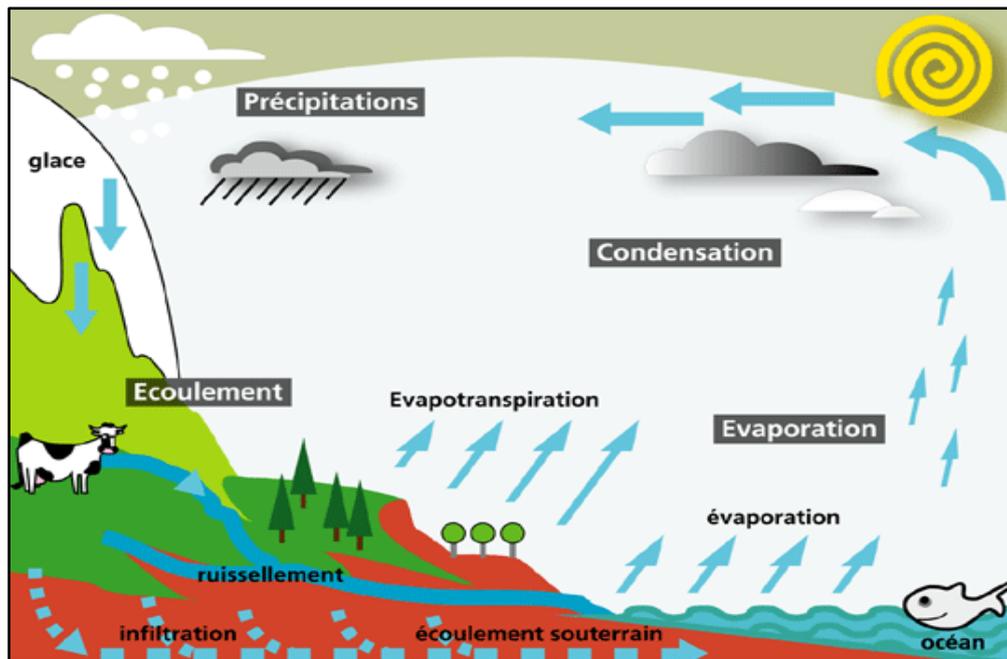
La solidification : du fait de températures négatives, l'eau se transforme en glace.

✓ **État gazeux**

L'évaporation : chauffée par le soleil, l'eau des océans, des rivières et des lacs s'évapore et monte dans l'atmosphère, on parle alors de vapeur d'eau.

L'eau se répartit de la manière suivante :

- 97.20 % : eaux salées
- 2.15 % : glaces polaires
- 0.63 % : eaux souterraines
- 0.019 % : eaux de surface (lacs, fleuves et rivières)
- 0.001 % : eaux dans l'atmosphère



**Figure 8** : Le cycle de l'eau

L'eau se renouvelle plus ou moins vite : 1 000 ans pour une nappe souterraine, 4 000 ans pour un océan, 15 000 ans pour un glacier. On entend par renouvellement, le temps moyen qui doit s'écouler pour que le volume stocké dans un réservoir à un moment donné soit remplacé entièrement par les apports postérieurs. Seulement 0.65 % de cette eau n'est ni salé ni glacé et 97.2 % de l'eau présente sur la planète se trouve sous forme salée dans les mers et les océans. Or seule l'eau douce (dont une partie seulement est facilement mobilisable) est utilisée pour les besoins vitaux de l'homme (alimentation, agriculture...etc). On estime que plus de 80 pays dans le monde (soit, plus de 40 % de la population du globe) connaissent de sérieuses pénuries d'eau.

## 2. Les principales formes en eau

Les trois états de l'eau cités précédemment, c'est-à-dire solide, liquide et gazeux, sont également les trois formes de la présence de l'eau dans la planète terre. La partie gazeuse, située principalement dans l'atmosphère, malgré très infime, joue aussi un rôle fondamental dans le climat. Le deuxième cas, liquide se trouve dans des milieux très diversifiés sur la planète, ce qui fait une différence entre un endroit et un autre, ou plus précisément dans sa salinité. Environ 97.5% de l'eau de la planète appartient aux océans.

Elle est alors salée, ce qui la rend inapte à la plupart des besoins de l'homme. Les 2.5% restants ne sont toutefois pas entièrement disponibles, puisqu'environ 74% de ceux-ci sont présents à l'état solide dans les glaciers et 26% seulement en état liquide dans les nappes souterraines, les lacs et les fleuves. Le dernier état solide, très faible sous forme de glace couvre de la surface du globe, mais cette proportion est en diminution permanente à cause

des réchauffements de la planète. La plus grande partie des 26% (25.5%) de l'eau à l'état liquide qui n'est pas présente dans les océans est contenue sous forme d'eaux souterraines et seulement (0.5%) forme les lacs, les fleuves et les rivières.

L'eau douce accessible dans les lacs, rivières et aquifères s'ajoutent les 8 000 km<sup>3</sup> stockés dans des réservoirs créés par l'homme. Les ressources en eau sont renouvelables (sauf certaines eaux souterraines), avec d'énormes différences de disponibilité selon les régions du monde et des variations considérables, dans de nombreux endroits, en termes de précipitations saisonnières et annuelles.

- **Les eaux souterraines**, que correspondent à l'eau sous toutes ses formes, que sont dans l'écorce terrestre, forment ainsi grands réservoirs naturels, connus comme aquifères. Ils se différencient par leurs caractéristiques géologiques, lithologiques, et hydrodynamiques, aussi par la température et la composition chimique de leurs eaux.

- **Les eaux de surface**, les fleuves et les rivières sont des cours d'eau qui s'écoulent dans un lit naturel, alimentés par des eaux de surfaces ou souterraines. Que souvent sont perturbés par les multiples aménagements de l'homme, qui change parfois radicalement leur nature et leurs propriétés.

---

### 3. Les modes d'approvisionnements d'eau

Il existe trois modes d'approvisionnements en eau qui sont sans garantie de durabilité. Ce sont ceux réalisés à partir des eaux de barrages ou réservoirs, de celles des nappes souterraines renouvelables et des nappes souterraines non renouvelables.

#### 3.1. L'aménagement des barrages

Permet la maîtrise des ressources en eau superficielles renouvelables mais irrégulières.

Dans la plupart des pays en zone semi-arides, les pertes annuelles du volume moyen des réservoirs sont couramment de 1 à 2% ; ce qui équivaut à des durées de vies de 50 à 100 ans. Les sites des barrages aménageables sont en nombre limité et beaucoup sont déjà équipés. L'achèvement des équipements et le début de leur dépérissement progressif sont probables au cours du XXI<sup>ème</sup> siècle. Une régression des ressources en eau maîtrisables par régulation est inéluctable.

#### 3.2. Les eaux souterraines renouvelables

A cause de sa surexploitation par des exploitants multiples. La part des eaux souterraines prélevées dans le monde est estimée à présent à moins 10%, soit environ 150 km<sup>3</sup> par an des prélèvements d'eaux souterraines mondiaux. Les retours à l'équilibre seront

possibles par la modération des prélèvements mais exigeront beaucoup de temps surtout les restaurations de qualités.

### 3.3. Les eaux souterraines non renouvelables

La plus utilisées pour l'exploitation minière dans plusieurs pays arides et semi arides de façon non durable. Environ 32 milliards de m<sup>3</sup> d'eau par an sont soustraits de ces réserves ; et les extractions depuis l'origine dans le monde doivent dépasser 500 milliards de m<sup>3</sup>.

Si on prend en considération ces deux formes d'exploitations d'eaux souterraines non durables ; La surexploitation et l'extraction d'eau fossile, on peut trouver qu'à présent, dans différents pays, une partie non négligeable parfois qui est majeure de leur approvisionnement n'est pas durable.

---

## 4. L'utilité de l'eau dans les différents secteurs et domaines :

La consommation et l'utilisation de l'eau dans les différentes activités, montre l'importance de cette ressource dans la survie et le développement socio-économique des Hommes.

### 4.1. Le secteur domestique

Apparemment c'est le secteur le moins consommateur avec 10%, et couvre un domaine d'utilisation large. Car les humains l'utilisent pour la boisson, le lavage, les soins d'hygiène, l'évacuation des déchets, les plantes vertes, les jardins privés, les parcs et les animaux domestiques. Dans les zones urbaines l'eau est nécessaire dans les lieux publics, les commerces, les petites entreprises, les piscines, les pompiers, les hôpitaux ou autres services publics. Son utilisation si large s'explique par le fait que c'est un excellent solvant et un produit de nettoyage très efficace. La majeure partie de l'eau à usage domestique n'est pas réellement consommée mais utilisée puis rejetée, polluée ou tout au moins dégradée. L'eau de boisson considérée comme le plus vital a une moindre consommation de quelques litres par jour.

La consommation moyenne domestique varie selon le niveau de développement de chaque pays. On constate qu'au cours de la deuxième moitié du XX<sup>ème</sup> siècle, l'augmentation des prélèvements dans le dernier secteur précité a été deux fois plus rapide que pour l'agriculture due à l'augmentation des niveaux de vie un peu partout dans le monde.

### 4.2. Le secteur agricole

L'agriculture est le secteur d'activité qui demande plus d'eau, environ 70% des prélèvements. Les eaux de pluie et de surface n'assurent pas suffisamment la demande

croissante en eau des activités agricoles. Elle est de plus en plus satisfaite par des prélèvements souterrains qui mènent à l'épuisement de la ressource et dans les cas extrêmes à des situations catastrophiques. L'eau est un facteur de production essentiel pour l'agriculture tant pour la production végétale que pour la production animale. Depuis le début du XX<sup>ème</sup> siècle, les superficies des terres cultivées en général, et celles des terres irriguées en particulier, ont beaucoup augmentées pour faire face à l'accroissement de la population et des besoins alimentaires.

#### 4.3. Le secteur industriel

Consomme en moyenne 20% des ressources d'eau douce du globe. Les industries les plus consommatrices d'eau sont : les industries chimiques et pétrolières, les industries alimentaires, les industries métallurgiques, les industries du papier et du bois. Les industries utilisent l'eau pour la fabrication, le refroidissement et le nettoyage des produits manufacturés. Elles utilisent des proportions importantes et rejettent l'excédent pollué ou non pollué, pourtant des faibles quantités sont parfois nécessaires. Il y'a une disparité entre les pays développés qui utilisent 59%<sup>12</sup>de leurs ressources hydriques et les pays sous-développés qui utilisent 8% du volume global de ces ressources.

#### 4.4. Le secteur énergétique

L'eau est l'une des premières sources de production d'énergie utilisée pour les Hommes. Elle est utilisée pour l'extraction, le transport, la transformation des carburants fossiles. La production d'électricité puisée dans les barrages hydrauliques mais aussi dans toutes les centrales thermiques ou nucléaires. Dans la production d'énergie les eaux salées interviennent tout comme les eaux douces. Donc il sera impossible de répondre aux besoins des pays en voies de développement sans stocker de l'eau pour produire de l'énergie.

Pour cela ont conclu que, vue les particularités, les utilités de la ressource en eau dans la survie des êtres vivant, fait de ce dernière, un pilier indispensable pour le développement humain et le maintien des écosystèmes.

---

### 5. La gestion de ressource eau dans les Pays développés

Les grands défis de ces Pays, consistent à utiliser les ressources de façon plus efficace, à produire moins de déchets et à réduire la pollution, à infléchir les habitudes de consommation et à choisir les technologies appropriées. Pour encore de nombreuses années, donc il faudra prioritairement veiller à concilier les différents usages des ressources en eau à l'échelle d'un bassin versant et à mieux harmoniser les politiques au plan national et transnational.

Les épisodes récurrents de sécheresse depuis la fin des années 1980 et les restrictions d'usage associées rendent cependant plus actuel le débat sur la gestion de la demande en eau, et en particulier les instruments économiques tels les prix et les taxes sur les prélèvements d'eau.

Alors que dans le passé, la sensibilité des acteurs au niveau et à la nature des instruments de gestion était considérée comme très faible, des travaux de recherche ont depuis mis en évidence le rôle important que peuvent jouer les instruments économiques dans la gestion de la demande en eau. Au-delà de l'identification des élasticités de la demande au prix et au revenu, de nouvelles recherches ont porté sur les modalités de l'accès à l'eau potable par les ménages, notamment via l'arbitrage entre plusieurs sources d'approvisionnement, ainsi que sur l'évaluation de politiques de tarification sociale de l'eau potable. On présente ici un tour d'horizon de ces résultats portant sur le rôle des instruments économiques dans la gestion des usages résidentiels de l'eau.

---

## **6. l'importance de l'eau dans le développement :**

L'eau c'est une ressource qui est nécessaire pour la production des biens et services, l'énergie, l'industrie manufacturière, ainsi que la nourriture et leur durabilité.

Le développement durable comporte trois dimensions, à savoir une dimension sociale, économique et environnementale. Dans chacune d'elles, le progrès est freiné par la disponibilité limitée et souvent la vulnérabilité des ressources en eau, et par la manière dont ces ressources attend des services et des avantages que sont gérées. Donc pour cela, elle joue un rôle important dans le développement d'un pays, sur le plan social, économique et environnemental. Ces trois piliers nous permettront de mieux situer l'importance de l'eau dans la vie quotidienne des hommes.

### **6.1. Dans l'aspect social**

Le statut intrinsèque de l'eau comme ressource naturelle et bien essentiel à la vie lui confère une valeur et une utilité sociale qui s'apprécie au regard de la capacité des systèmes de gestion de l'eau à satisfaire l'objectif de bien-être des communautés. L'eau est à l'origine de la vie et insubstituable à la vie, pour cette raison elle doit être considérée comme un bien commun plus précisément un bien public mondial. C'est un bien commun vital dont l'accès à tous doit être garanti. Elle contribue à l'amélioration du bien-être social, de la santé et d'une croissance équitable affectant les moyens de subsistance à des milliards d'individus.

Dans certains pays, le fait de ne pas avoir accès suffisamment à l'eau peut donc avoir des répercussions sur le niveau de l'éducation des personnes, et diminuer fortement leurs perspectives de développement. Le défi auquel on doit faire face aujourd'hui dans le domaine

de l'eau et des installations sanitaires de base représente également une opportunité, tant d'un point de vue social. S'il est correctement affronté, ce défi peut libérer un immense potentiel et transformer d'innombrables vies.

## 6.2. Sur le développement économique

On ne peut pas envisager d'améliorer les conditions de vie des populations défavorisées et de relancer la croissance des pays en voie de développement sans une reconsidération de la gestion de l'eau. L'eau est une ressource essentielle pour la production dans la plupart des catégories de biens et de services, y compris la nourriture, l'énergie et l'industrie manufacturière.

L'approvisionnement en eau (tant en termes de quantité que de qualité) sur le lieu où l'utilisateur en a besoin doit être fiable et prévisible pour justifier des investissements financièrement viables dans les activités économiques. Un investissement judicieux dans des infrastructures matérielles et organisationnelles, convenablement financées, exploitées et entretenues, facilite les changements structurels favorisant des progrès dans de nombreux domaines productifs de l'économie. Il en résulte une multiplication des sources de revenus autorisant davantage de dépenses en faveur de la santé et de l'éducation, qui renforceront à leur tour la dynamique du développement économique.

Du point de vue économique, en tant que matière première elle a un coût de gestion dès lors qu'on doit la transporter à travers les canalisations et la rendre potable. « Evoquer la notion de bien économique pour parler de l'eau est une révolution culturelle » née lors de l'affirmation des principes de Dublin en 1992.

Le secteur de l'eau implique des investissements considérables en matière d'infrastructure, ce qui conduit à ce que la plus grande partie du coût de l'eau provienne de l'amortissement et de la maintenance des équipements auxquels s'ajoutent les charges liées à l'exploitation. Dans le cas bien particulier, l'offre et la demande ne sont pas définies de la même manière que les biens de consommation. La demande en eau est déterminée par le niveau de développement économique et technologique atteint ou à atteindre dans une société, et aussi par le niveau démographique.

Tandis que l'offre de la ressource est un ensemble de potentialité conjuguant quantité et qualité, de facilité et de difficulté de maîtrise et d'accès. Le prix de l'eau n'est pas fixé selon la loi de l'offre et de la demande, mais en fonction d'autres variables comme la disponibilité, le système de traitement, le mode de financement choisis par les collectivités, le mode de gestion des services d'eau et d'assainissement. Selon les théories économiques, faire de

l'environnement un bien économique permettrait d'assurer une gestion équilibrée de l'eau qui est fonction de l'offre et de la demande.

### 6.3. Sur le plan environnemental

L'eau est aussi un milieu de vie et un bien d'environnement. L'eau de la nature est un élément capital de la biosphère et des écosystèmes mais aussi terrestre que marin y compris celui de l'humanité. A la différence de la plupart des ressources naturelles, les ressources en eau sont renouvelées par le retour du cycle de l'eau. Les ressources en eau renouvelable sont parfaitement épuisables dès que les prélèvements excèdent les apports naturels dans un territoire délimité et pendant une période donnée.

L'important rôle que joue l'eau dans le développement économique, sociale et environnementale d'un pays, donne une idée claire que sans elle, sa sera difficile pour l'Homme d'accomplir ses objectifs de développement.

## 7. La surveillance de la qualité des eaux de surface

Des réseaux de mesures permettent d'évaluer la qualité des rivières et de connaître leur évolution. Les prélèvements pour analyses sont effectués par les agences de l'eau qui les ont confiés à des laboratoires agréés par le ministère chargé de l'environnement, pour déterminer les principales caractéristiques de l'eau. Les réseaux de mesures permettent de connaître la qualité du milieu naturel dans ses différents compartiments :

- Eau
- Sédiments
- Matières en suspension
- Milieu vivant
  - L'évaluation de la qualité des cours d'eau se fait sur ses éléments fondamentaux de fonctionnement :
    - Les niveaux de qualité (ou de pollution) de l'eau
    - Les quantités d'eau
    - Les états du fond et des berges
    - La richesse floristique et faunistique

## 8. La gestion communautaire de l'eau

Généralement la commune est la structure juridique de base pour gérer les services d'alimentation en eau potable et d'assainissement des eaux usées. Les collectivités locales choisissent les modes de gestion les plus appropriés pour ces services.

### 8.1. Les différents modes de gestion

#### 8.1.1. La gestion directe « régie »

La commune (ou le groupement de communes) assure directement le service de l'eau et/ou de l'assainissement, avec son propre personnel, et se rémunère auprès des usagers. La collectivité territoriale finance les équipements nécessaires et conserve la maîtrise des services et de leur gestion.

#### 8.1.2. La gestion déléguée

La commune (ou le groupement de communes) délègue par contrat à une entreprise privée l'exécution des services publics de l'eau. Différents types de contrats sont possibles :

- **La concession** : c'est l'entreprise qui finance et réalise les équipements et qui en assure l'exploitation ;
- **L'affermage** : c'est la collectivité qui finance les équipements, mais elle en délègue l'exploitation à une entreprise privée, qui se rémunère directement auprès des usagers ; une partie du produit des factures d'eau revient cependant à la collectivité pour couvrir ses frais d'investissement ;
- **La gérance** : la collectivité finance les équipements mais elle les confie à une entreprise mandataire qui agit sous ses ordres et pour son compte.

## 8.2. La gestion de l'eau potable et de l'assainissement en Algérie

En Algérie, les services publics de l'eau potable et de l'assainissement sont régis par la loi du 4 août 2005 relative à l'eau. Cette loi fixe l'ensemble des conditions organisationnelles, financières et de régulation des services publics de l'eau.

### 8.2.1. Plan organisationnel

Les services publics de l'eau potable et de l'assainissement relèvent de la compétence de l'Etat et des communes.

- Les modes de gestion prévus par la loi sont :

- **La concession** octroyée par l'Etat (ou les communes) à des établissements publics (actuellement l'Algérienne des Eaux - ADE - et l'Office National de l'Assainissement - ONA) ;
- **La délégation** de gestion confiée, par voie conventionnelle soit par l'Etat soit par les établissements publics, à des opérateurs publics (filiales notamment) ou à des opérateurs

privés. La délégation au profit de filiales d'établissements publics peut être soutenue par un partenariat sous forme de contrat de management ;

- **La régie communale** avec autonomie financière.

A ce titre, le cadre juridique établi permet à l'Etat ou aux concessionnaires publics de déléguer à un opérateur privé qualifié tout ou partie des activités des services publics de l'eau et/ou de l'assainissement. Les opérateurs privés peuvent également intervenir dans le cadre de contrats de management conclus avec les concessionnaires publics ou avec leurs filiales, ce qui est le cas actuellement pour la gestion des services publics de l'eau des quartiers grandes agglomérations du pays (Alger, Oran, Constantine, Annaba-Tarf).

### 8.2.2. Plan financier

Les charges d'exploitation et de développement relatives aux activités des services publics de l'eau potable et de l'assainissement sont couvertes par les produits de la tarification. La tarification des services publics de l'eau potable et de l'assainissement est encadrée par un système tarifaire fixé par l'Etat.

- Ce système tarifaire est basé sur les principes :

- **de progressivité** des tarifs en fonction des tranches de consommation et de **sélectivité** selon les catégories d'usages ;
- **de solidarité** entre les usagers avec un tarif social correspondant aux consommations vitales ;

Les barèmes tarifaires par zones homogènes sont fixés par l'organisme exploitant ; ils sont contrôlés par l'autorité de régulation et approuvés par l'autorité concédant. Une dotation financière permet de compenser les charges subies par l'organisme exploitant au titre des sujétions de service public et notamment lorsque les tarifs approuvés par l'autorité concédant sont inférieurs aux coûts réels de gestion.

### 8.2.3. Plan institutionnel

Les services publics de l'eau potable et de l'assainissement sont régulés par une autorité administrative autonome qui veille à leur bon fonctionnement en prenant notamment en compte les intérêts des usagers.

Cette autorité de régulation est chargée notamment de :

- évaluer les indicateurs de qualité des services fournis aux usagers par les organismes exploitants ;
- contrôler les coûts et les tarifs des services publics de l'eau potable et de l'assainissement ;
- contribuer à la mise en œuvre des opérations de délégation de gestion.

## Références bibliographiques

- ✓ Addou, A. (2009). Traitement des déchets (Valorisation, élimination). Paris.31-32,
- ✓ Bliefert, C., & Perraud, R. (2007). *Chimie de l'environnement : air, eau, sols, déchets*. De Boeck Supérieur.
- ✓ Brahim H.B (2014). Environnement et développement durable. *Ministère de L'Enseignement Supérieur et de Recherche Scientifique et de la Technologie*
- ✓ Campbell, N. A., Faucher, J., & Reece, J. B. (2012). *Campbell biologie*. Pearson (France).
- ✓ Damien, A. (2006). *Guide du traitement des déchets*. Paris : Dunod.
- ✓ Faurie, C. (2011). *Ecologie : approche scientifique et pratique*. Lavoisier.
- ✓ Gaudin, S. (1997). Quelques éléments d'écologie utiles au forestier. *CFPPA/CFAA de Châteaufarine, BTSa gestion forestière, France*
- ✓ Gérard Granier, Yvette Veyret, *Développement durable. Quels enjeux géographiques ?*, dossier n°8053, Paris, La Documentation française, 3e trimestre 2006, ISSN 04195361, page 2 ; lire aussi Edward O.Wilson, (directeur de publication), Frances M.Peter, (directeur de publication associé), *Biodiversity*, National Academy Press, march 1988 ISBN 0-309-03783-2 ; ISBN 0-309-03739-5 (pbk.), édition électronique en ligne (<http://darwin.nap.edu/books/0309037395/html/R2.html>)
- ✓ Global Biodiversity Assessment. UNEP, 1995, Annex 6, Glossary. ISBN 0-521-56481-6, utilisé comme source par "Biodiversity", Glossary of terms related to the CBD ([http://bch-cbd.naturalsciences.be/belgium/glossary/glos\\_b.htm](http://bch-cbd.naturalsciences.be/belgium/glossary/glos_b.htm)), Belgian Clearing-House Mechanism, site consulté le 26 avril 2006.
- ✓ *Groupe spécial d'experts techniques sur la diversité biologique et les changements climatiques. 2003. N° 10 de la série technique de la Convention sur la diversité biologique, Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique. Lignes directrices visant à favoriser la synergie entre les activités portant sur la diversité biologique, la désertification, la dégradation des sols et les changements climatiques, Série technique n° 25 de la Convention sur la diversité biologique, Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique.*
- ✓ *La diversité biologique et les changements climatiques • Journée internationale de la diversité biologique • Convention sur la diversité biologique*
- ✓ Lévêque, C., & Mounolou, J. C. (2008). *Biodiversité-2e éd. : Dynamique biologique et conservation*. Dunod.
- ✓ Lévêque, C., (1996). *Les écosystèmes aquatiques*. Ed. Hachette, Paris. 159.
- ✓ Malingrey, P. (2001). *Introduction au droit de l'environnement*. Tec et Doc.

- ✓ Mc Carthy, J. J., O. F. Canziani, N. A. Leary, D. J. Dokken and K. S. White. (2001). *Climate Change 2001 : Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. IPCC, Cambridge University Press, UK.
- ✓ Mustin M., 1987. *le compost, gestion de la matière organique*, Edition François Lubusc, Paris.
- ✓ Nadjah, R. (2015). Brochure de cours : biodiversité des eaux continentales, université 8 Mai 1945 Guelma.
- ✓ Pounds, J. A., Fogden, M. P. L. and Campbell, J.H. (1999). Ecology: Clouded futures. *Nature* 398: 611-615.
- ✓ Rahmine, N., Nasrallah, N., Ihadadene, R. (2018). Fascicule de cours : L'environnement, *Ministère de L'Enseignement Supérieur et de Recherche Scientifique, Algérie*.
- ✓ Ramade, F. (2008). *Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité*. Dunod.
- ✓ Raven, P. H., Berg, L. R., & Hassenzahl, D. M. (2009). *Environnement*. De Boeck.
- ✓ Roger, D. A. J. O. Z. (2006). Précis d'écologie. *Ed. Dunod, Paris. P, 434*.
- ✓ TEEB - The economics of ecosystems and biodiversity ([http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/economics/pdf/teeb\\_report.pdf](http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/economics/pdf/teeb_report.pdf)), Rapport de mi-parcours, 2008)
- ✓ Touati, L. (2017). Brochure de cours : Pollution des écosystèmes aquatiques et ses conséquences. Université des frères mentouri constantine
- ✓ *WWF. Climate Change. Nature at risk. Threatened species, accessible en ligne à [http://www.panda.org/about\\_wwf/what\\_we\\_do/climate\\_change/problems/impacts/species/index.cfm](http://www.panda.org/about_wwf/what_we_do/climate_change/problems/impacts/species/index.cfm)*

❖ **Sites d'internet :**

- ✓ <http://www.siedmto.fr/tri-et-prevention-des-dechets/duree-de-vie-des-dechets/>
- ✓ [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi\\_krOPkZXwAhXaWxUIHR6zAx0QFjACegQIBBAD&url=https%3A%2F%2Fwww.fondationlamap.org%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fupload%2Fmedia%2Fressources%2Factivites%2F20221\\_biodiversite%2FFiche%252011%25201314%2520biodiversite-eclairages-scientif.pdf&usg=AOvVaw1RUJG2EzAinqW70kBITeJb](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi_krOPkZXwAhXaWxUIHR6zAx0QFjACegQIBBAD&url=https%3A%2F%2Fwww.fondationlamap.org%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fupload%2Fmedia%2Fressources%2Factivites%2F20221_biodiversite%2FFiche%252011%25201314%2520biodiversite-eclairages-scientif.pdf&usg=AOvVaw1RUJG2EzAinqW70kBITeJb)
- ✓ <https://www.kartable.fr/ressources/svt/cours/les-ecosystemes-des-interactions-dynamiques-entre-les-etres-vivants-et-entre-eux-et-leur-milieu/51149>
- ✓ [https://archive.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/fr/annexsannexe-1.html](https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/fr/annexsannexe-1.html)