

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de RELIZANE
Faculté des Sciences de la nature et de la vie
Département : Sciences Ecologiques



Polycopié

Protection de l'environnement

Ce cours est destiné aux étudiants Master 1 Ecologie.

Réalisée par :

- **Dr. BELKHEDIM Leila**

Année universitaire **2025/2026.**

Table des matières

Chapitre 1 : Définition et concept de l'environnement

Introduction	01
Définition	01
Ecologie	01
Environnement	01
I-2-1 Les niveaux d'intervention de l'écologie / environnement	02
I-3 Notion de système écosystèmes	03
I-3-1 Ecosystème	03
I-3-2 Biocénose	03
I-3-3 Biotope	03
I-3-4 Notion d'éco-complexe	04
A- Non vivant	05
Les composantes minérales	05

Chapitre II : Dégradation de l'environnement

Introduction	07
II-Les principaux compartiments de l'environnement	07
II-1 Air (Atmosphère)	07
• Définition	07
II-1-2 Le rôle de l'atmosphère	07
II-1-3 Composition de l'atmosphère	08
II-1-3-1 Les aérosols atmosphériques	08
• Caractérisation des aérosols	08
II-1-4 Les couches atmosphériques	09
• Troposphère	09
• Stratosphère	09
• Mésosphère	09
• Thermosphère	09
• Exosphère	09
II-1-5 Dynamique d'équilibre de la couche d'ozone	10
II-1-6 Dégradation de l'air	10

• La pollution atmosphérique	10
II-2 Sol	11
• Définition	11
II-2-1 Constituant du sol	12
• Fraction solide	12
• Fraction liquide	12
• Fraction gazeuse	12
A- Constituant organique du sol	12
B- Constituants minéraux du sol	13
C- Les éléments grossiers	14
• Leur rôle	14
• Sable grossier	14
II-2-2 Processus d'altération de la roche mère	15
• Désagrégation physique	15
• Altération biogéochimique	15
• L'héritage	15
• Transformation	15
• Néof ormation	15
II-2-3 Dégradation du sol	16
II-3 Eau	18
• Définition	18
II-3-1 Les réservoirs d'eau naturelle	18
II-3-2 Matière présente dans l'eau	19
• Matière gazeuse	19
• Matière en suspension	19
• Colloïdes	20
• Importance des colloïdes	20
II-3-3 Cycle d'eau	20
II-3-4 Ressources hydriques naturelles	21
A- Eau superficielles	21
B- Eau Souterraine	21
• Différents types de nappes	21
1.Nappe active	21

2.Nappe captive	21
3.Nappe alluviale	22
4.Nappe phréatique	22
II-3-5 Dégradation de l'eau	22
II-4 Faune et Flore	23
II-4-1 La faune et la flore d'un milieu aquatique (eau douce)	23
II-4-2 Les trois niveaux de la chaîne trophiques	23
• Producteurs	23
• Consommateurs	23
• Décomposeurs	23
II-4-1-1 la faune aquatique (eau douce)	24
A- Protozoaires	24
B- Métazoaires	25
• Spongiaires	25
• Cnidaire	25
• Bryozoaires	25
• Les vers	26
• Les Mollusques	26
• Les arthropodes	27
• Les chordés	27
• Les poissons	27
• Les amphibiens	28
II-4-4-2 La flore aquatique (eau douce)	29
A- Cryptogames	29
• Les thallophytes	29
• Les Bryophytes	29
• Les Ptéridophytes	29
B- Les Phanérogames	29
II-4-6 Dégradation de la faune et la flore	30

Chapitre III : Etudes d'impacts

Introduction	32
--------------	----

III-1 Définition d'étude d'impact sur l'environnement	32
III-2 Définition de la pollution	32
III-2-1 Différent types de pollution	32
A- Pollution chimique	32
B- Pollution physique	33
C- Pollution biologique	34
III-3 Paramètre déterminé lors d'étude d'impact	35
III-3-1 Paramètres physico-chimique et norme (milieu aquatique)	36
• Température	36
• pH	36
• Conductivité	37
• Oxygène dissous	37
• Dureté de l'eau	38
F- Paramètres organoleptiques de l'eau	38
• Turbidité	39
• Couleur	39
• Gout-odeur	39
III-3-2 Technique d'analyse des composants organique et inorganique (milieu terrestre):	39
A- Eléments majeurs	39
• L'Aluminium (Al)	39
• L'Azote (N)	40
• Le Calcium (Ca)	40
• Le Magnésium (Mg)	40
• Le Phosphore (P)	40
• Le Potassium (K)	40
B- Eléments traces	40
• L'Arsenic (As)	40
• Le Bore (B)	40
• Le Brome (Br)	40
• Le Cadmium (Cd)	41
• Le Chrome (Cr)	41
• Le Mercure (Hg)	41

III-3-3 Différentes analyses de la qualité écologique des sols	41
III-3-3-1 Analyses physiques	41
III-3-3-2 Analyses physico-chimiques	42
III-3-3-3 Analyses biologiques	42
III-3-3-4 Paramètres organiques	42
A- Des substances humiques (Humus)	43
B- Des substances non humiques	43
C- Production de la matière organique	43
D- Dégradation de la matière organique	43
➤ Différentes étapes de dégradation de la matière organique	44
• La lixiviation	44
• La fragmentation	44
• L'incorporation	44
• Le catabolisme enzymatique	44
• La stabilisation	45
III-3-3-5 Évaluation de la matière organique d'un milieu naturel	45
III-3-4 Techniques d'analyse des composants d'un milieu naturel	45
II-3-4-1 Techniques de gravimétrie	46
A- Gravimétrie par précipitation	47
B- Gravimétrie par volatilisation	47
III-3-4-2 Techniques de Titrimétrie	47
A- Titrage volumétrique	47
B- Titrage gravimétrique	47
C- Titrage coulométrique	47
III-3-4-3 Méthode de Potentiomètre	47
III-3-4-4 Techniques de spectrophotométrie	47
A- Spectrométrie de masse	48
B- Spectrométrie à fluorescence	48
C- Spectrométrie d'absorption atomique	48
III-3-4-5 Méthodes d'activation neutronique	48
III-3-4-6 Méthodes chromatographiques	49
A- Chromatographie sur colonne	49
B- Chromatographie sur surface (planaire)	49
C- Chromatographie en phase liquide à haute pression (HPLC)	49

III-3-5 Méthode biologique (outils de bio surveillance)	50
II-3-6 Méthode de diagnostic écologique (récolte d'information)	51
➤ Inventaire	51

Chapitre IV : Catastrophes écologiques

Introduction	52
IV- Définition	52
IV-1 Une catastrophe écologique	52
• Géophysiques	52
• Géomorphologiques	53
• Hydrométéorologiques	53
IV-2 Les inondations	53
IV-3 Les séismes et les tsunamis	54
A- Tsunamis locaux	54
B- Tsunamis régionaux	54
C- Télé tsunamis	55
IV-4 Les incendies des forêts	56
A- Les feux de sol	57
B- Les feux de surface	57
C- Les feux de cime	57
IV-4-1 Les causes des incendies	57
A- Les causes naturelles	57
B- Les causes humaines	57
IV-4-2 Les incendies de forêts et végétation ont des conséquences	58
IV-5 Tempêtes, cyclones, tornades et orages	58
A- Une tempête	58
B- Un cyclone	59
C- Une tornade	60
D- Ouragan	60
E- Les orages	61
IV-6 Éruption volcanique	61
IV-6-1 Principales caractéristiques	62
IV-6-2 Impacts majeurs	62

A- Immédiats et directs	62
B- Secondaires et à plus long terme	62
C- Climatiques	62
D- Environnementaux	62
E- Humains et socio-économiques	62

Chapitre V : Moyen de lutte contre la pollution

Introduction	63
V-Les moyens de lutte contre la pollution	63
V-1 Lutte contre la Pollution de l'Air	64
• Transport	64
• Industrie	65
• Résidentiel	65
• Agriculture	65
V-2 Lutte contre la Pollution de l'Eau	65
• Assainissement	65
• Agriculture	65
• Industrie	65
• Sensibilisation	65
V-3 Lutte contre la Pollution des Sols et des Déchets	65
• Réduction à la source	65
• Gestion des déchets	65
• Dépollution	65
V-4 Lutte contre la Pollution Sonore	65
• Aménagement	65
• Urbanisme	66
V-5 Moyens Transversaux et Politiques	66
• Réglementation et Économie	66
• Recherche et Innovation	66
• Coopération Internationale	66
• Sensibilisation et Éducation	66
V-6 Actions Individuelles et Citoyennes	66
• Consommation	66

• Mobilité	66
• Énergie	66
• Déchets	66
• Engagement	66
V-7 Les moyens physique et biologique de lutte contre la pollution	67
V-7-1 Les stations d'épurations	67
A- Définition une station d'épuration	67
B- Les différents systèmes d'épuration des eaux usées urbaines	68
1-Prétraitement	68
2-Traitement Primaire	70
3-Traitement secondaire	71
• Les boues activées	71
• Les disques biologiques	71
• Les lits bactériens	72
4-Traitement complémentaire ou tertiaire	73
V-7-2 Le lagunage secondaire	74
V-8 Compost et fermentation	75
V-9 La bio méthanisation des déchets organiques	76
1- Le Biogaz	77
2- Le Digestat	77
• Les Avantages	77

Chapitre VI : Lois relatives à la protection de l'environnement

Introduction	80
VI- Les Sources du Droit de l'environnement	81
VI-1 Droit international	82
VI-1-1 Les sources du droit international	82
VI-1-2 Conventions internationales pour la protection de l'environnement	82
A- Définition d'une convention internationale	83
B- Principales conventions internationales pour la protection de l'environnement	83
• La convention de Ramsar	83
• La convention de Londres	83
• La convention de Washington	83

• Convention de Bonn	83
• Convention de Montréal	83
• La convention de Rio	84
• La convention de Bali	84
VI-2 Le droit national	84
VI-2-1 Législation Algérienne en matière d'environnement	85
VI-2-2 Intervention de l'Algérie pour la protection de l'environnement	87
VI-2-3 Les organismes de normalisation dans le monde	87
• La FAO	87
• L'OMS	88
• Le Codex Alimentarius	88
• L'ISO	88
• Le CEN	89
• L'AFNOR	89
• L'IANOR	89
Références bibliographiques	91

Avant- Propos

Ce cours s'adresse principalement aux étudiants Master 1 Ecologie , domaine science de la nature et la vie, filière Sciences Ecologiques et environnement.

L'objectif de ce cours est de fournir aux étudiants une compréhension approfondie et structurée des enjeux environnementaux contemporains. Il s'articule autour des axes suivants :

- **Établir un socle de connaissances fondamentales** en définissant avec précision les concepts clés et la terminologie spécifique lié à l'environnement, afin de poser les bases d'une réflexion rigoureuse.
- **Analyser les origines des déséquilibres écologiques** en identifiant et en expliquant les causes profondes des principales dégradations environnementales qui affectent notre planète, qu'elles soient d'origine naturelle ou anthropique.
- **Explorer la problématique de la pollution** sous tous ses aspects : identifier ses sources, comprendre ses mécanismes de propagation, évaluer ses conséquences directes et indirectes sur la santé humaine, ainsi que ses répercussions sur la biodiversité (faune et flore).
- **Développer des méthodes d'évaluation de la santé des écosystèmes** en apprenant à utiliser des outils biologiques tels que les bio-indicateurs (organismes sensibles aux changements) et les bio-marqueurs (réponses mesurables au niveau cellulaire ou physiologique) pour diagnostiquer l'impact des pollutions.
- **Maîtriser les stratégies de protection et de remédiation** en étudiant les diverses techniques et mécanismes dédiés à la sauvegarde de l'environnement, notamment à travers la gestion intégrée des déchets, leurs modes de traitement et les filières de valorisation.
- **Appréhender le cadre juridique et normatif de la gestion environnementale** en recensant les textes réglementaires clés, avec un focus particulier sur la législation algérienne, et en découvrant les principes directeurs de la norme ISO 14001 relative au management environnemental.

Chapitre 1 : Définition et concept de l'environnement

Introduction :

La science a connu un développement considérable au cours du dernier siècle. Les connaissances scientifiques ont beaucoup progressé, en particulier dans le domaine de l'environnement.

L'écologie scientifique s'est affirmée comme discipline majeure à partir des années 1950 à l'image de l'écologie moderne qui s'est imposée comme science majeure après ces années. L'écologie est devenue seulement prééminente dans la seconde moitié du XXe siècle. La mise au point de nouveaux moyens techniques, d'instruments de mesure et d'observation, a fait considérablement avancer la connaissance que nous avons de l'environnement. L'essor des sciences environnementales au XXe siècle a connu une révolution interdisciplinaire, cette révolution intellectuelle et technologique s'est manifestée à plusieurs niveaux, l'époque dernier a marqué un tournant sans précédent dans l'histoire des sciences, avec des progrès particulièrement remarquables dans le domaine environnemental. Plusieurs disciplines spécialisées ont émergé durant cette période, Elle a également fourni les bases scientifiques indispensables à l'élaboration de politiques environnementales éclairées et à la mise en œuvre de stratégies de gestion durable.

Cette révolution scientifique est une Convergence inédite entre d'autres sciences exemple:

- Sciences exactes (climatologie, écologie)
- Sciences sociales (économie environnementale)
- Humanités (éthique écologique)

Définition :

I-1 L'écologie crée en 1866 par le biologiste Allemand ERNST Haeckel, de mots grec Oikos (maison) et Logos (Science), une science qui étudie la distribution et l'abondance des organismes et les interactions de ceux-ci avec leur milieu (**Fig 01**).

I-2 L'environnement crée en 19^e siècle d'origine grec evirum, c'est une Science qui étudie tout les ensembles qui entoure l'homme, ensemble des éléments biotique/abiotique, aussi

l'ensemble des caractères physique, chimique, biologique, susceptible avoir une action direct ou indirect, immédiat ou a long terme sur les êtres vivants (**Fig 01**).

I-2-1 Les niveaux d'intervention de l'écologie / l'environnement :

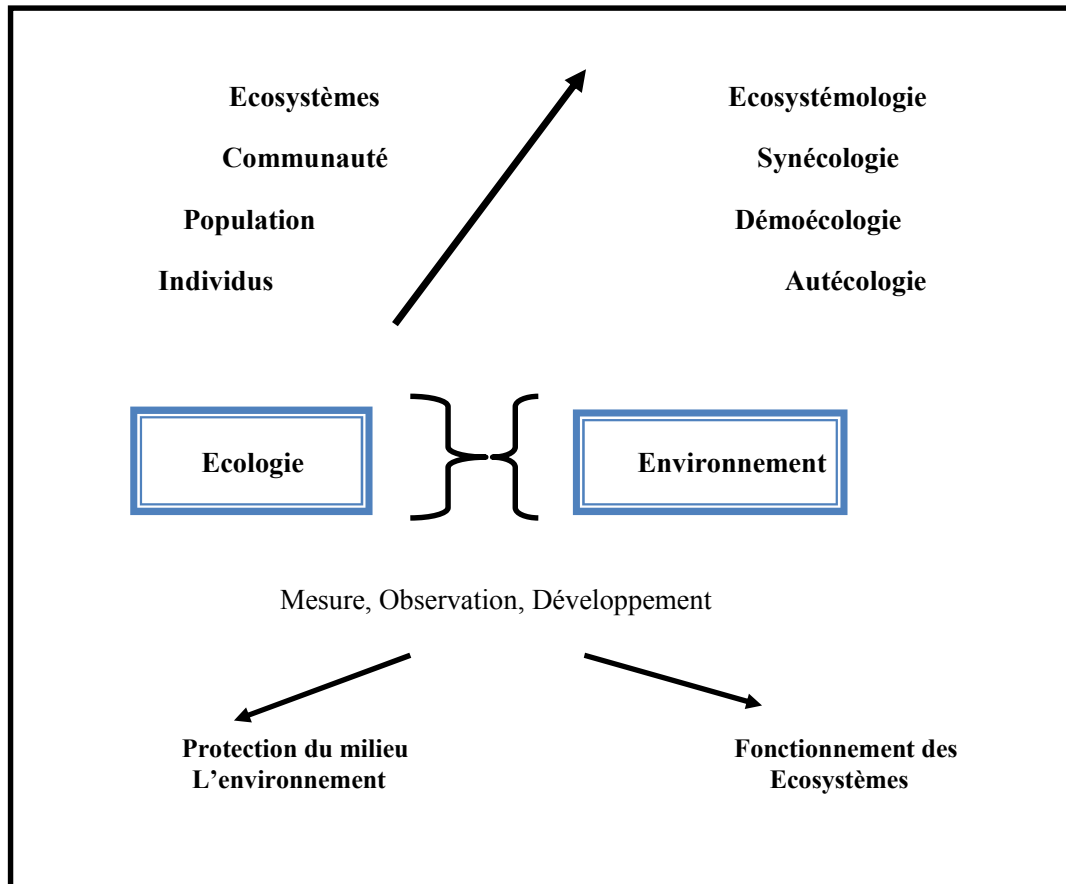


Figure 01. Schéma représentative des domaines d'interventions écologie /environnement

L'étude écologique / environnementaux portent conventionnellement sur trois niveaux :

- L'individu est un spécimen d'une espèce donnée et son entourage (milieu).
- La population est un groupe d'individus de la même espèce occupant un territoire particulier à une période donnée.
- La communauté/ biocénose est l'ensemble des populations d'un même milieu, peuplement animal (zoocénose), peuplement végétal (phytocénose) qui vivent dans les mêmes conditions du milieu (**Fig 01**).

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

- l'individu concerne l'autoécologie : c'est la science qui étudie les rapports d'une seule espèce avec son milieu. Elle définit les limites de tolérances et les préférences de l'espèce

étudiée vis-à-vis des divers facteurs écologiques et examine l'action du milieu sur la morphologie, la physiologie et l'éthologie.

- la population concerne l'écologie des populations ou la dynamique des populations : c'est la science qui étudie les caractéristiques qualitatives et quantitatives des populations : elle analyse les variations d'abondance des diverses espèces pour en rechercher les causes et si possible les prévoir.
- la biocénose concerne la synécologie : c'est la science qui analyse les rapports entre les individus qui appartiennent aux diverses espèces d'un même groupement et de ceux-ci avec leurs milieux.

I-3 Notion de système Ecosystème :

Définition

I-3-1 Un écosystème est par définition un système, c'est-à-dire un ensemble d'éléments en interaction les uns avec les autres. C'est un système biologique formé par deux éléments indissociables, **la biocénose** et **le biotope**.

I-3-2 La biocénose est l'ensemble des organismes qui vivent ensemble (zoocénose, phytocénose, micro biocénose, mycocénose...).

I-3-3 Le biotope (écotone) est le fragment de la biosphère qui fournit à la biocénose le milieu abiotique indispensable. Il se définit également comme étant l'ensemble des facteurs écologiques abiotiques (substrat, sol « édaphotope », climat « climatope ») qui caractérisent le milieu où vit une biocénose déterminée.

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

Ecosystème : forêt.

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

Biotope : sol.

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

Suivant l'échelle de l'écosystème nous avons :

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

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

- Ecosystèmes continentaux (ou terrestres) tels que : les écosystèmes forestiers (forêts), les écosystèmes partiels (prairies), les agro-écosystèmes (systèmes agricoles);

- Ecosystèmes des eaux continentales, pour les écosystèmes lentiques des eaux calmes à renouvellement lent (lacs, marécages, étangs) ou écosystèmes lotiques des eaux courantes (rivières, fleuves) ;
- Ecosystèmes océaniques (les mers, les océans).

I-3-4 Notion d'éco-complexes :

Cette notion de réseau fonctionnel d'interactions se retrouve, en fait, à tous les niveaux d'organisation de la matière vivante. Une cellule n'est pas la simple addition de macromolécules ; un organisme la somme de cellules ou d'organes ; une population la seule juxtaposition d'individus n'ayant aucune relation entre eux ni avec les populations avoisinantes.

L'écosystème n'est d'ailleurs pas le plus haut niveau d'intégration connu dans la nature. Les écosystèmes sont en effet très largement interdépendants. À titre d'exemple, envisageons le cas d'un lac, écosystème d'eau stagnante et le bassin-versant qui l'entoure. Sur ce dernier, il est possible de distinguer deux types d'écosystèmes :

- des écosystèmes terrestres (prairies, forêts, landes...) ;
- un ou des écosystèmes aquatiques d'eau courante (une ou plusieurs rivières affluentes).

Il existe donc entre le lac et son bassin-versant tout un réseau d'interactions fonctionnelles (**Fig 02**). Cet assemblage d'écosystèmes interdépendants ayant entre eux des échanges de matière et d'organismes vivants est dénommé des **éco-complexes**.

En fait, par le biais des mouvements d'air et d'eau engendrés par les processus physiques que nous détaillerons plus loin, et grâce aux déplacements dont sont capables la plupart des êtres vivants (migrations, transport de pollen, de graines et de fruits), tous les écosystèmes sont en interrelation étroite au sein d'un très vaste ensemble appelé Biosphère.

Celle-ci peut être définie comme l'espace de la planète renfermant l'ensemble des êtres vivants et dans lequel la vie est possible en permanence. Ce terme recouvre donc, partiellement, les trois grands compartiments qui composent la terre : la lithosphère, l'hydrosphère et l'atmosphère.

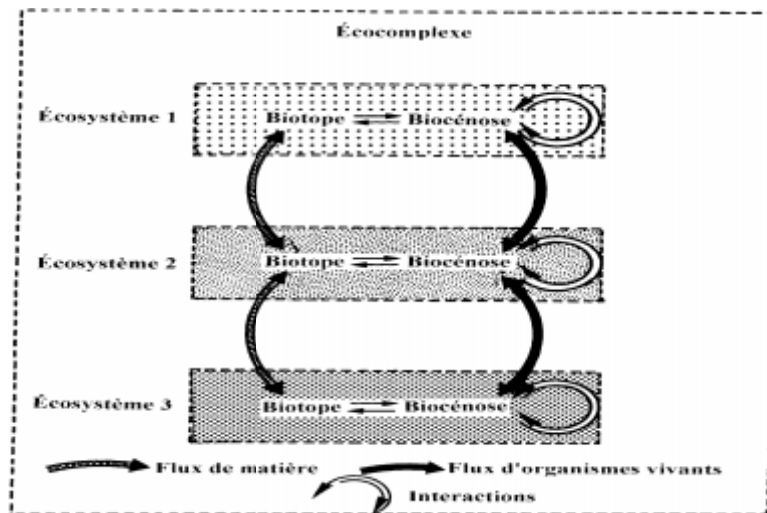


Figure 02. Schéma représentatif d'un éco-complexe (d'après Blandin et Lamotte, 1988).

A- Le non vivant

Le non vivant ne peut pas se reproduire. Il comprend des composantes minérales (atmosphère gazeuse, eau, roches), des éléments issus du vivant et des productions humaines.

➤ Les composantes minérales

- L'atmosphère gazeuse contient différents gaz : environ quatre cinquièmes de diazote (appelé couramment azote), un cinquième de dioxygène, des traces de dioxyde de carbone (anciennement appelé gaz carbonique) et de gaz rares, de la vapeur d'eau en plus ou moins grande quantité.
- L'eau peut être douce ou salée, gelée, liquide ou gazeuse. Elle occupe quatre cinquièmes de la surface terrestre. C'est un constituant fondamental de l'environnement.
- Le sol est la mince couche située entre l'atmosphère et le sous-sol. Il provient de la décomposition des êtres vivants après leur mort et de la dégradation des roches du sous-sol, le sous-sol contient des roches qui diffèrent selon l'endroit où l'on se trouve et les conditions qui y ont régné (**Fig 03**).

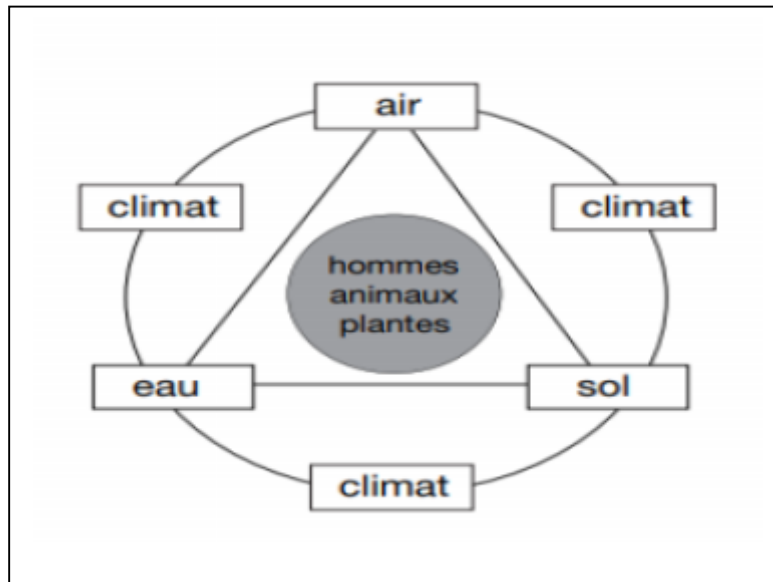


Figure 03. Composants majeurs de l'environnement (Bliefert et Perraud, 2008).

Chapitre II : Dégradation de l'environnement

Introduction

La dégradation de l'environnement représente aujourd'hui l'un des enjeux les plus pressants de notre époque, caractérisée par une altération croissante des écosystèmes due aux activités humaines intensives qui perturbent les équilibres naturels, épuisent les ressources et menacent la biodiversité tout en compromettant les conditions de vie futures. Cette crise environnementale globale, qui se manifeste à travers la pollution généralisée, les changements climatiques et la destruction des habitats, appelle une prise de conscience collective et une action urgente pour repenser nos modèles de développement et restaurer les systèmes naturels dont dépend toute vie sur Terre.

Cette crise multidimensionnelle se manifeste à travers :

- La pollution généralisée (air, eau, sols) par les déchets industriels, plastiques et substances toxiques.
- La destruction des habitats naturels, avec un taux d'extinction des espèces 100 à 1000 fois supérieur au rythme naturel.
- Les perturbations climatiques liées aux émissions de gaz à effet de serre.
- L'épuisement des ressources (déforestation, surexploitation des sols, pénurie hydrique).

II-les principaux compartiments de l'environnement :

II-1 Air (Atmosphère) :

Définition :

Enveloppe gazeuse entourant de la terre que l'on appelle l'air, sa composition relativement constante principalement d'air sec et vapeur d'eau plus les aérosols.

La densité et la pression diminuent au fur et à mesure que l'altitude augmente et l'on observe que la moitié de la masse atmosphérique est située en dessous de 5 km, les $\frac{3}{4}$ en dessous de 10 km.

Remarque : épaisseur 500 km est une couche gazeuse.

II-1-2 Le rôle de l'atmosphère :

- Protéger la terre des rayons issus du soleil exemple (UV) par la couche d'ozone.
- Protéger la terre des météorites brûlante dans l'atmosphère qui donne naissance à des étoiles filantes.

- Protéger et maintenir la température terrestre à une moyenne de 10 – 15°C (une serre) sans protection la température peut atteindre plus de 100°C jour et 150°C nuit.

II-1-3 Composition de l'atmosphère :

Dans l'atmosphère l'ensemble des gaz constitue deux groupes de gaz Permanent ou principaux constante forme l'air sec et le groupe de gaz variable ou trace pas constant forme toujours l'air sec plus la vapeur d'eau et les aérosols (**Tab 01**).

Tableau 01. Composition de l'air atmosphérique.

Gaz Permanents	Gaz principaux	Air Sec	Azote N ₂	78,09 %
			Oxygène O ₂	20,95 %
			Argon A	0,93 %
			CO ₂	0,035 %
Gaz Variable	Gaz Traces		Néon N _e	1,8 x 10 ⁻³ %
			Helium H _e	5,24 x10 ⁻⁴ %
			Méthane CH ₄	1,7x10 ⁻⁴ %
			Krypton K _r	1,0 x 10 ⁻⁴ %
			Hydrogène H ₂	5,0 x 10 ⁻⁵ %
			Xénon X ₂	8,0 x 10 ⁻⁶ %
			Ozone O ₃	1,0 x 10 ⁻⁶ %
			Oxyde nitreux	
			N ₂ O	3,1 x10 ⁻⁸ %
			Radon R _n	6,0 x10 ⁻¹⁸ %
Vapeur d'eau H ₂ O				

II-1-3-1 Les aérosols atmosphériques :

sont de fines particules liquides ou solides en suspension dans l'atmosphère qui possèdent une taille pouvant varier d'une fraction de micromètre à plusieurs micromètres.

A- **Les caractéristiques des aérosols atmosphériques :** leur nature est liée à l'origine des particules :

1. Aérosols minéraux : issu de l'érosion de la croûte terrestre
2. Aérosols marins : provenant du pétilllement océanique.
3. Aérosols anthropique : issu principalement de l'activité humaine comme la combustion de gaz et pétrole.

4. Aérosols désertique : issu des surfaces arides et semi aride représentent 40 %.

II-1-4 les couches atmosphériques :

- **La troposphère : varier (0- 16 km)** c'est la couche la plus basse, c'est à dire celle dans laquelle nous vivons, la plus dense, sa température décroît de 6°C par kilomètre d'altitude, à ce niveau volent les avions de ligne et qu'interviennent les phénomènes météorologique (vent, formation de nuage, pluie,). la limite supérieure de la troposphère se nomme la tropopause.
- **La stratosphère : (20 – 50 km)** est une couche plus riche en gaz et en zone on la nomme couche d'ozone, en absorbent les rayons ultraviolets. Cette réflexion provoque une augmentation de la température et une protection en même temps.
- **La mésosphère : (50 – 80 km)** dans cette partie la température décroît jusqu'à - 80°C Et la pression est extrêmement faible.
- **La thermosphère : (80 – 800 km)** les gaz de thermosphère stoppent les particules très énergétiques envoyée par le soleil, de ce fait la température augmente à nouveau avec l'altitude jusqu'à 1500°C.
- **L'exosphère :** c'est la couche la plus élevée de l'atmosphère. Elle se dissipe peu à peu dans l'espace inter planétaire et l'air devient extrêmement rare (**Fig 04**).

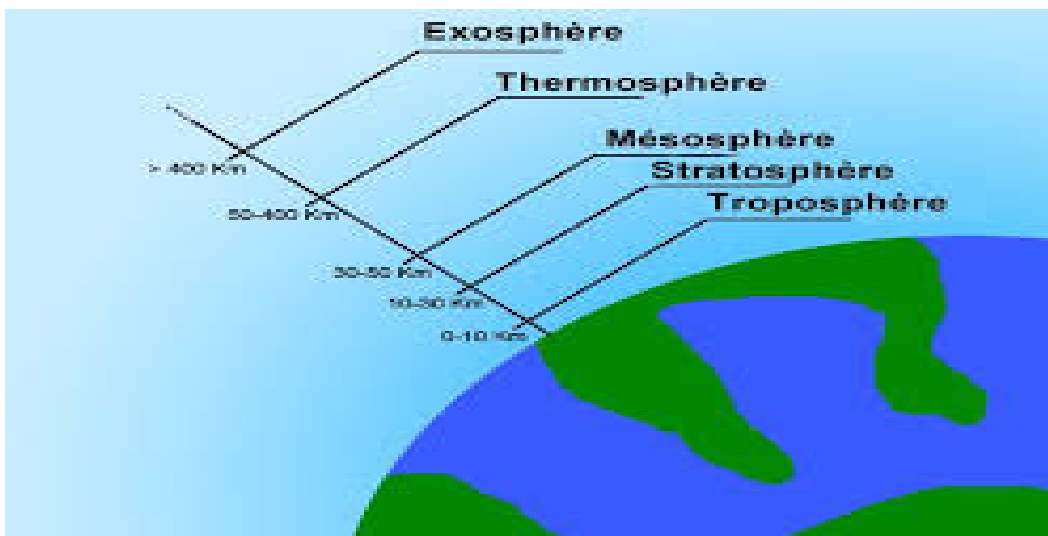


Figure 04. Schéma représentatif de la couche atmosphérique.

II-1-5 dynamique d'équilibre de la couche d'ozone :

Le jour, à haute altitude, le rayonnement solaire peut dissocier la molécule d'ozone en une molécule de dioxygène et un atome d'oxygène : $\text{O}_3 + \text{rayonnement} \rightarrow \text{O}_2 + \text{O}$

Durant la nuit et en particulier la nuit polaire, cette réaction n'existe pas puisqu'il n'y a plus de rayonnement solaire. Une autre réaction devient alors prépondérante : la recombinaison d'un atome d'oxygène et d'une molécule d'ozone pour donner deux molécules de dioxygène : $\text{O}_3 + \text{O} \rightarrow 2 \text{O}_2$

C'est ce que l'on appelle la décomposition spontanée de l'ozone. Mais l'ensemble de ces deux réactions ne peut rendre compte que de 20 % de la destruction naturelle de l'ozone, alors que pour parvenir à un équilibre il faut que la perte soit égale à la production. Ce problème met en évidence la fragilité de l'équilibre de l'ozone. En effet, si les deux réactions ci-dessus avaient pu suffire à compenser la surproduction d'ozone, l'équilibre de ce dernier ne dépendrait que de la quantité de dioxygène présent dans la haute atmosphère, et cet équilibre aurait été difficilement perdurable, mais les composés chlorés perturbent cet équilibre. Les composés bromés, et les oxydes d'azote (NO_x) contribuent également à cette destruction.

II-1-6 Dégradation de l'air :

La pollution atmosphérique se définit comme l'émission des gaz toxique, dans l'atmosphère, des composés pouvant être nocifs, à plus ou moins long terme. Son effet sur les systèmes écologiques délimités que sont sur les écosystèmes. Aujourd'hui encore, et à plus grande échelle, la pollution atmosphérique exerce un impact fort, et globalement néfaste, sur la biodiversité. Les organismes terrestres et aquatiques peuvent être affectés par cette pollution directement

Les causes de la dégradation de la qualité de l'air dans les différentes couches atmosphériques sont principalement liées aux activités humaines, notamment les émissions industrielles (rejet de SO_2 , NO_x et métaux lourds), les transports (particules fines $\text{PM}_{2.5}$ et PM_{10} , ozone troposphérique), l'agriculture intensive (ammoniac, pesticides) et la combustion des énergies fossiles, auxquelles s'ajoutent des facteurs naturels comme les éruptions volcaniques (aérosols sulfatés) ou les feux de forêt. Cette dégradation a des conséquences graves et multifformes : sur la santé humaine (7 millions de décès prématurés annuels selon l'OMS, avec augmentation des cancers pulmonaires, AVC et maladies respiratoires), sur les écosystèmes (pluies acides détruisant les forêts et acidifiant les lacs, eutrophisation des milieux aquatiques), sur le climat

(renforcement de l'effet de serre accélérant le réchauffement planétaire et déstabilisant les équilibres météorologiques) et sur la structure même de l'atmosphère, comme en témoigne la destruction de la couche d'ozone stratosphérique par les CFC – bien que freinée par le Protocole de Montréal, celle-ci expose toujours aux rayons UV nocifs. À ces impacts s'ajoutent des coûts économiques majeurs (dépenses de santé, baisse des rendements agricoles, dégradation des infrastructures) et des risques géopolitiques liés aux pollutions transfrontières, faisant de la dégradation de l'air un enjeu global qui exige une réponse urgente et coordonnée exemple Les pluies acides se produisent lorsque les précipitations contenant des particules acides tombent sur la surface de la terre, sous forme de pluie, de neige, de giboulée ou de grêle. Elles récoltent les particules d'acides et des gaz pour devenir acides à leur tour. Ces particules auront un niveau de pH inférieur à 5,6 et procèdent deux types de dépôt sur terre ; humide et sec. Les pluies acides sont des dépôts humides qui provoquent une érosion et endommagent les écosystèmes, tandis que les dépôts secs se forment lorsque de petites particules acides et des gaz se déposent sur la surface de la terre. Ces deux types de polluants retombent sur la terre, dans l'eau et sur la végétation. Ils peuvent endommager : les lacs, les rivières, les forêts, les sols, les populations de poissons et d'espèces sauvages.

II-2- Sol :

Définition :

La couche la plus externe de la croûte terrestre résulte de l'interrelation entre la lithosphère, l'atmosphère, l'hydrosphère et la biosphère, 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 physique, chimique et biologique au contact de l'atmosphère et les êtres vivants.

II-2-1 Constituants du sol :

Constitué de 3 fractions :

- **Fraction solide** : composée de constituants minéraux et constituants organique.
- **Fraction liquide** : (appelée solution du sol) composée d'eau dans laquelle sont dissoute des substances soluble provenant à la fois d'altération des roches de la minéralisation des matières organiques (à engrais soluble).
- **Fraction gazeuse** : composés des mêmes gaz que l'air avec en plus des gaz prévenant de décomposition des matières organiques (**Tab 02**).

Tableau 02. Les constituants du sol.

CONSTITUANTS SOLIDES		CONSTITUANTS LIQUIDES	CONSTITUANTS GAZEUX
Constituants minéraux	Constituants organiques	Solution du sol	air du sol
<u>Terre fine du sol :</u> Argiles, limons fins, limons grossiers, sable fins, sables grossiers	<u>Matière organique fraîche :</u> -Constituants des tissus végétaux cellulose, hémicellulose, tanins,.. -Déjections animales et animaux morts	<u>Eau du sol Eléments solubles dissous :</u> -Substances organiques (acides organiques, sucres,...) -ions dans l'eau du sol : Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , NO_3^- , PO_4^{3-}	<u>Constituants de l'air :</u> O_2 , N_2 , CO_2 Gaz issus de l'activité des animaux du sol et des processus de décomposition : CO_2 , H_2 , CH_4 ,...
<u>Eléments grossiers :</u> Graviers, Cailloux, Pierres, Blocs	<u>Matières humiques :</u> Matières organiques transformées		

A- Les constituants organiques du sol :

La fraction organique du sol est complexe et il faut être conscient que certaines subdivisions sont parfois arbitraires. On distingue « habituellement » au sein de la MO du sol les catégories suivantes :

- Débris végétaux peu transformés, à structure encore organisée; les débris végétaux et animaux (cadavres, déjections) qui retournent au sol => Matières Organiques Fraîche (MOF); feuilles, tiges, racines mortes, résidus de récolte, exsudats foliaires et racinaires, mais aussi des cellules microbiennes mortes.
- MO fortement transformée, d'origine végétale, animale ou microbienne ; il s'agit de MO évoluée spécifique au sol: substances humifiées regroupées fréquemment sous le terme "humus" (au sens strict) ou MO humifiée. C'est la composante principale du carbone du sol (60 à 70 % du C total du sol) (**Tab 03**).
- « Produits transitoires » de composition intermédiaire entre 1 et 2, c'est-à-dire encore plus ou moins proches de la matière organique peu transformée.
- Composés organiques hydrosolubles, généralement de structure "simple" ou tout au moins de composition chimique déterminée : acides aminés, acides organiques, glucides, poly-phénols, etc. Ensemble de substances carbonées parfois regroupées sous le vocable de "*substances non humiques*".

- Biomasse du sol : les végétaux et les animaux vivants. Pédo-faune (à l'exclusion de la macrofaune), mais surtout microorganismes (bactéries, champignons, actinomycètes, fongique imperfectif). Dans les terres arables, la biomasse microbienne peut représenter de 1 à 3 % du carbone total du sol.

- L'humification est le terme servant à désigner la transformation de la M.O.F. en M.H. dans des conditions écologiques « normales », c'est-à-dire d'aération et de richesse chimique suffisante. En conditions anaérobies, il y a putréfaction ou tourbification.

- La minéralisation concerne l'ultime phase de la transformation des substances organiques. Elle se traduit par la libération dans l'atmosphère et le sol de produits minéraux tels l'eau, le gaz carbonique, acide nitrique, ammoniac, sels minéraux solubles (K^+ ,...).

Tableau 03. La composition des tissus végétaux et celle de l'humus.

	Tissu végétaux (% de la matière sèche)	Humus
Cellulose	20 à 50	2 à 10
Hémicellulose	10 à 28	2 à 20
Lignine	10 à 30	35 à 55
Protéines et matières aminées	1 à 15	15 à 45
Divers : graisses, tanins, cires.	1 à 8	1 à 8

A- Les Constituants minéraux du sol :

Constituants minéraux du sol fragments de roches, grains minéraux de taille et de nature variée. Processus naturels d'altération de la roche mère (**Tab 04**).

Tableau 04. Les constituants minéraux du sol.

TERRE FINE	ARGILE	Particules de moins de 2 μm
	LIMONS FINS	2 à 20 μm
	LIMONS GROSSIERS	20 à 50 μm
	SABLES FINS	50 μm à 200 μm
	SABLES GROSSIERS	200 μm à 2mm
ELEMENTS GROSSIERS	GRAVIERS	2 à 20 mm
	CAILLOUX	2 à 7,5 cm
	PIERRES	7,5 à 20 cm
	BLOCS	>20 cm

Remarque : L'ensemble formé par les argiles, les limons et les sables forment la terre fine du sol, tandis que cailloux et graviers constituent les éléments grossiers.

C- Les éléments grossiers :

Les éléments grossiers forment le squelette du sol. Quand ils constituent la part essentielle dans la composition du sol, ils donnent ce que l'on peut appeler des sols squelettiques (certains sols de montagne par exemple).

➤ **Leurs rôles peuvent être résumés de la façon suivante :**

- ils constituent la réserve minérale du sol : leur altération chimique libère des éléments minéraux qui contribuent à l'alimentation des plantes (signalons cependant que les grains de quartz sont cependant quasi inaltérables chimiquement, et ne peuvent participer à l'alimentation des plantes).
- ils augmentent la perméabilité du sol à l'eau et à l'air.
- ils diminuent le volume de sol prospectable pour les plantes (par diminution de la proportion de la terre fine à la disposition des racines).
- ils peuvent avoir une action sur la chaleur du sol, en tant que réservoir de chaleur (terrains calcaires par exemple).
- ils peuvent participer à constituer une réserve d'eau : certaines roches poreuses (calcaires par exemple) peuvent retenir un peu d'eau.

➤ **Les sables grossiers :** Ceux-ci :

- favorisent la pénétration de l'eau et de l'air : ils rendent le sol perméable.
- ils retiennent peu l'eau : le sol est filtrant.
- ils facilitent les échanges de température : le sol se réchauffe vite au printemps.
- ils ne peuvent s'agglomérer en mottes : le sol est léger (et peut donc être assez sensible à l'érosion) et facilement pénétrable par les racines

II-2-2 Processus d'altération de la roche mère :

• Désagréation physique :

- action mécanique des agents climatiques (vent, gel, eau) sur la Roche Mère ;
- fragmentation en éléments de plus en plus petits sans modification de la composition minéralogique.

• Altération biogéochimique :

- action de l'eau associée ou non avec de l'O₂, du CO₂ et des acides organiques ;

– 5 processus d'altération par ordre d'intensité croissante :

hydratation > dissolution > oxydation > réduction > Hydrolyse.

Ce sont d'une part des processus physiques (essentiellement division de particules grossières), d'autre part, des processus chimiques, mettant en jeu un ou plusieurs agents d'altération: l'eau, l'oxygène, les acides minéraux ou organiques ; on distingue ainsi l'hydrolyse, processus le plus important, qui concerne la décomposition par l'eau, très souvent activée chimiquement par la présence, à l'état dissous, d'éléments actifs (acides minéraux et organiques) ; l'oxydation, provoquant par exemple la libération de Fe^{2+} du réseau de certains minéraux sous la forme d'ions ferriques précipitant sous forme de $\text{Fe}(\text{OH})_3$; enfin, la simple dissolution, intéresse certaines roches salines, par exemple, le gypse, ou les calcaires, phénomène, qui dans ce cas, est fortement favorisé par la présence du CO_2 dissous dans l'eau. En fait, le complexe d'altération n'est pas toujours facile à définir, parce qu'il existe tous les intermédiaires entre minéraux primaires dits hérités, sans aucune transformation, et les minéraux secondaires, qui sont au contraire, entièrement reconstruits (appelés néoformés) à l'aide des constituants de base, préalablement libérés : on peut alors classer les minéraux secondaires en fonction de leur origine et de leur degré de transformation (**Fig 05**).

•• **L'héritage** : passage des minéraux primaires dans le sol sans transformation chimique ou minéralogique (exemple quartz) ; les argiles présentes dans les roches sédimentaires peuvent par exemple se retrouver dans les sols sans modification ;

•• **La transformation** : ce processus concerne essentiellement les édifices micacés, donc les argiles, dont l'évolution est accompagnée de processus chimiques mineurs (pertes ou gains de certains ions), la structure initiale des cristaux étant conservée. Les transformations par pertes d'éléments sont qualifiées de dégradation, celles par gains d'aggradation ;

•• **La néoformation** : les éléments constitutifs des minéraux primaires sont libérés de façon progressive à l'état soluble ou pseudo soluble (liés aux matières organiques) : certains sont perdus par drainage, d'autres évoluent lentement vers des gels amorphes ou para cristallins qui peuvent fournir des formes cristallines (oxy-hydroxydes), les gels mixtes silico-alumineux qui généralement s'organisent par cristallisation en minéraux argileux : les argiles de néoformation (**Fig 05**).

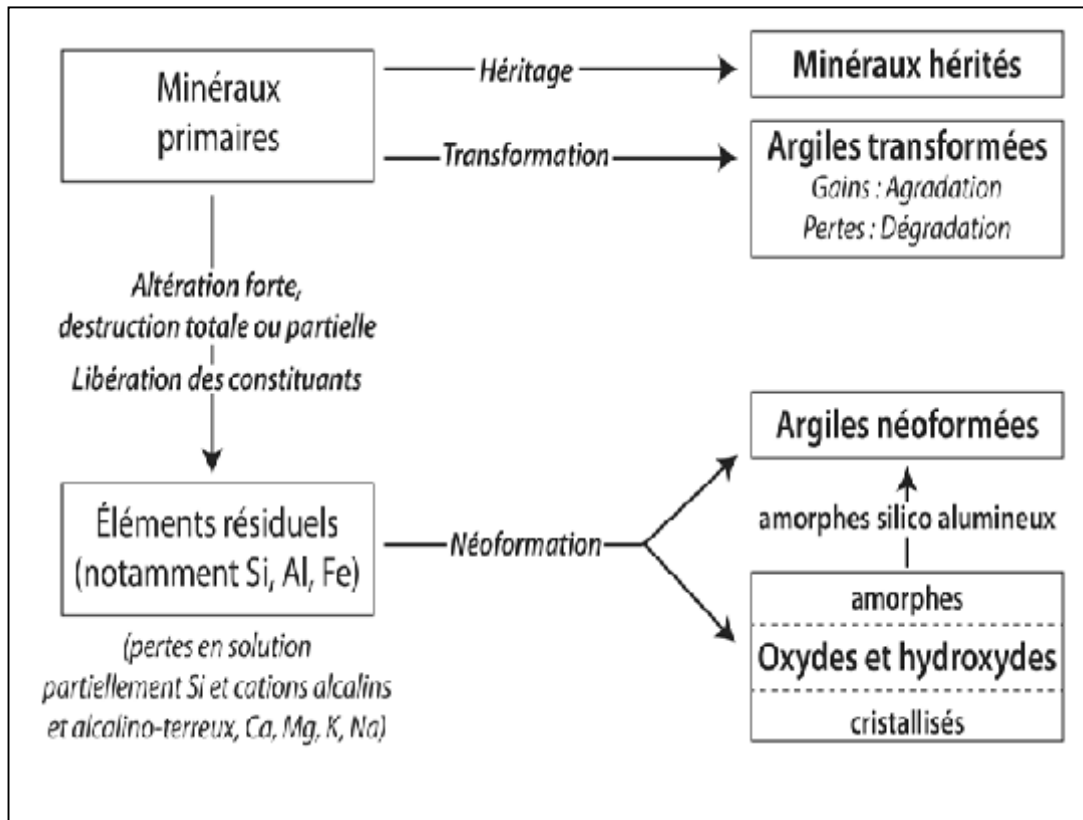


Figure 05. Schéma explicatif du processus d'altération de la roche mère.

II-2-3 Dégradation du sol :

Les causes de la dégradation des sols sont complexes et synergiques, résultant de la combinaison de facteurs anthropiques et naturels : l'érosion accélérée par la déforestation et les pratiques agricoles inadaptées (monoculture, labour intensif) qui expose les sols à l'action de l'eau et du vent ; la salinisation secondaire due à une irrigation avec des eaux à forte teneur en sels et un drainage insuffisant ; la compaction sous l'effet du tassement par les machines agricoles lourdes ; la pollution chimique diffuse par les pesticides, les engrais de synthèse et les métaux lourds issus des activités industrielles ; l'appauvrissement en matière organique lié à la minéralisation excessive et au faible retour au sol des résidus culturaux ; l'artificialisation des terres par l'urbanisation galopante ; et l'amplification de tous ces phénomènes par les changements climatiques, qui intensifient les épisodes de sécheresse et les précipitations extrêmes. Les conséquences de cette dégradation sont catastrophiques et

multidimensionnelles : sur le plan agronomique, elle se traduit par une baisse critique de la fertilité (réduction de 20 à 50 % des rendements agricoles selon la FAO) et une perte de la stabilité structurale des sols ; écologiquement, elle provoque l'appauvrissement de la biodiversité pédologique (disparition des vers de terre, des champignons mycorhiziens et des bactéries bénéfiques), la perturbation des cycles biogéochimiques (notamment ceux du carbone et de l'azote), et la diminution de la capacité de rétention en eau, augmentant les risques d'inondation et de pénurie hydrique ; économiquement, elle engendre des coûts colossaux pour la remise en état des terres et entraîne une baisse de la productivité agricole, menaçant la sécurité alimentaire mondiale ; socialement, elle exacerbe la pauvreté rurale et provoque des migrations environnementales ; enfin, à l'échelle planétaire, elle contribue au changement climatique en libérant d'énormes quantités de carbone stocké dans les sols, créant ainsi une boucle de rétroaction positive alarmante. Face à cette crise, seules une prise de conscience globale et l'adoption urgente de pratiques agricoles durables (agro-écologie, semis direct, agroforesterie) peuvent inverser la tendance exemple sur la pollution du sol par les pesticides est une substance utilisée pour lutter contre des êtres vivants nuisibles à l'homme de façon directe ou indirecte. Selon les organismes qu'ils combattent, on peut répartir des pesticides, on différents groupes (**Tab 05**).

Tableau 05. Les différents types de pesticides.

Nom	Organismes nuisibles à détruire
Bactéricides	Bactéries
Fongicides	Champignons
Herbicides	Mauvaises herbes
Insecticides	Insectes
Acaricides	Mites
Algicides	Algues

Les contaminations du sol peuvent être diffuses ou ponctuelle. Dans les contaminations diffuses il ya un ou plusieurs composées dangereux, dont les concentrations varient peu, et dans la plupart des cas, les surfaces concernés sont très étendues.

II-3- Eau

Définition :

L'eau est une molécule composée d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène, sa formule chimique est H_2O . Sur Terre, l'eau est présente sous de 3 formes, qui dépendent de la température et de la pression atmosphérique (liquide, solide, gazeuse).

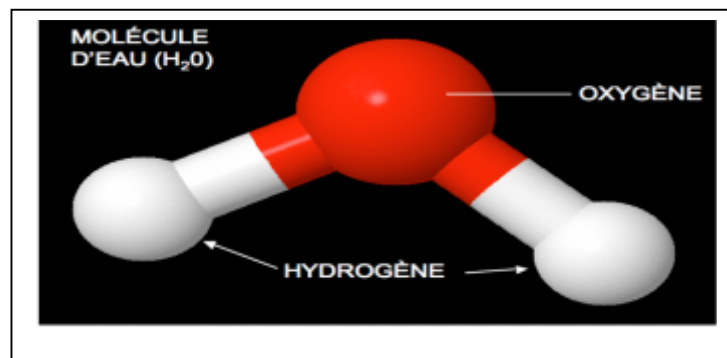


Figure 06. Représentation schématique de la polarité de l'eau.

La masse totale de l'eau est $1,4 \times 10^{18}$ tonnes soit environ 0,023% de la masse totale de la terre, environ 20×10^{12} tonnes de cette quantité se présentent sous forme de vapeur d'eau dans l'atmosphère terrestre.

II-3-1 Les réservoirs naturels d'eau :

1 milliard 340 millions de km^3 (soit $1,34 \times 10^{18} m^3$) c'est la quantité totale d'eau qui se trouvant sur notre planète sur une surface de l'ordre de 510 millions de km^2 .

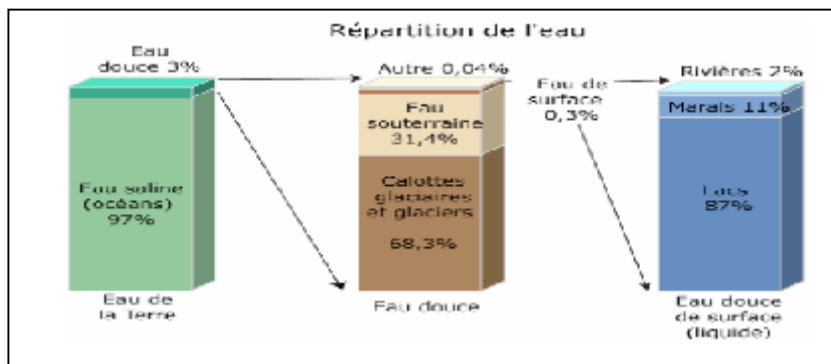


Figure 07. La répartition de l'eau sur terre.

II-3-2 Matières présentes dans l'eau :

L'eau peut contenir (**Fig 08**) :

- Les matières gazeuses;
- Les matières en suspension;
- Les matières solubles.

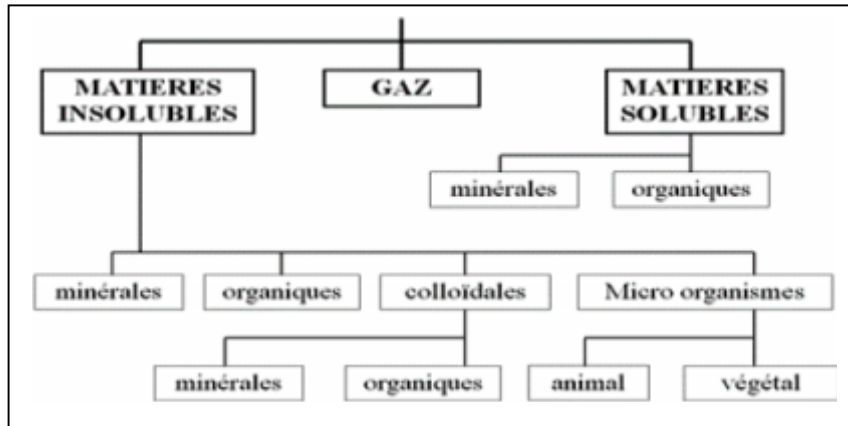


Figure 08. Schéma présentatif de matières présentes dans l'eau.

- Matières gazeuses :

Les principaux gaz rencontrés dans l'eau sont:

- L'azote N_2
- L'oxygène O_2
- Le gaz carbonique CO_2

Ils sont présents dans l'eau sous deux formes:

- Libre en tant que gaz dans l'eau;
- Dissoute.

Dans ce dernier cas, leur solubilité va être en fonction de la température et de la pression du milieu. La solubilité augmente avec la pression et diminue avec la température.

- Matières en suspension (Solutions colloïdales) :

Les systèmes colloïdaux sont définis comme étant des dispersions dont les particules possèdent des dimensions moyennes comprises entre 0,001 et $1\mu m$ et des vitesses de

sédimentation si faibles que leur chute est rendue impossible par l'agitation thermique du milieu.

Ces produits peuvent être d'origine minérale (sables, limons, argiles, ...) ou organique (produits de la décomposition des matières végétales ou animales, acides humiques ou fulviques par exemple).

A ces composés s'ajoutent les microorganismes tel que: les virus. Ces substances sont responsables, en particulier, de la turbidité et de la couleur.

- Les colloïdes:

Ce sont des particules chargées négativement (argiles, acides humiques). Les solutions colloïdales sont très stables. Pour neutraliser ces colloïdes, il faut ajouter à l'eau des colloïdes chargés positivement. Ensuite, ces colloïdes peuvent se rencontrer, grossir et précipiter.

Les origines des colloïdes sont variées :

- Substances minérales ou végétales.
- Virus.
- Bio-polymères.
- Bactéries.

- Importance des colloïdes :

- Adsorbent les micropolluants organiques et minéraux;
- Protègent les micro-organismes vis-à-vis des bactéricides utilisés pour la désinfection des eaux.

II-3-3 Cycle de l'eau :

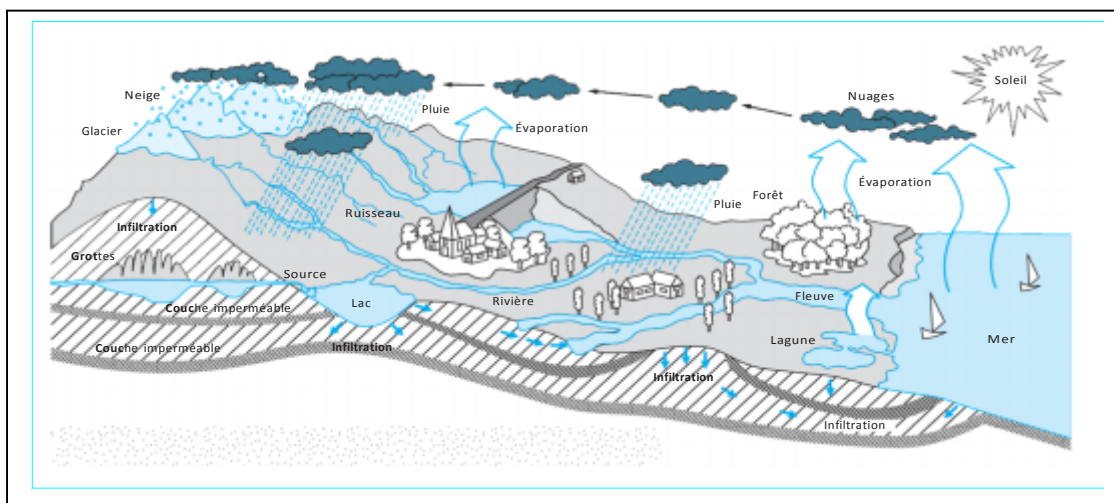


Figure 09. Cycle de la transformation de l'eau dans la nature.

II-3-4 Ressources hydriques naturelles : deux types de ressources naturelles :

- les eaux superficielles ou de surface (de rivières, fleuves et lacs...).
- les eaux souterraines.

A- Eaux superficielles :

Elles sont constituées par toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine soit les eaux de ruissellement, soit les nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseau puis de rivière, caractérisés par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable.

B- Eaux souterraines :

Les eaux qui ne sont ni évaporées, ni retournées à la mer par ruissellement s'infiltrant dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines.

La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes.

B-1 Différents types de nappes :**➤ Nappe active (ou nappe libre) :**

C'est une nappe due à la succession d'une couche imperméable surmontée d'une roche-magasin. La nappe est alimentée directement par l'infiltration des eaux de ruissellement. Le niveau supérieur de la nappe piézométrique s'établit uniquement en fonction de la perméabilité du terrain à travers lequel pénètre l'eau d'infiltration.

➤ Nappe captive :

Ce type de nappe est dû à l'enfoncement d'une roche-magasin par suite de la pente des couches géologiques. L'eau est enfouie dans le sol depuis des milliers ou des centaines de milliers d'années. Ces nappes sont exploitées par des forages profonds jusque 600 et même 1 000 m. Toutefois, une nappe captive peut être alimentée en certains points là où le terrain aquifère affleure à la surface du sol ou vient se perdre dans une couche perméable.

➤ **Nappe alluviale :**

Les plaines alluvionnaires sont souvent formées de matériaux détritiques, c'est-à-dire de débris, très poreux et gorgés d'eau. Il y a là une réserve importante à exploiter et qui est presque toujours entretenue par le débit des rivières ainsi que par les précipitations. Au voisinage de la mer, la nappe peut recevoir de l'eau salée.

➤ **Nappe phréatique :**

Lorsque le fond imperméable est pratiquement horizontal et peu profond, il existe une nappe dite phréatique dans laquelle on peut creuser des puits. Le niveau piézométrique de la nappe phréatique a toujours tendance à suivre régulièrement les variations de la pluviosité.

II-3-5 Dégradation de l'eau :

Les causes de la dégradation de la qualité de l'eau sont multiples et interdépendantes, incluant les rejets industriels non traités (métaux lourds, solvants, produits chimiques), les effluents agricoles chargés en nitrates, phosphates et pesticides lessivés des sols, les eaux usées domestiques insuffisamment épurées contenant des matières organiques, des pathogènes et des résidus médicamenteux, les déversements d'hydrocarbures et les macro-déchets (notamment les plastiques) qui affectent les écosystèmes aquatiques, ainsi que les perturbations physiques telles que les prélèvements excessifs, le re-calibrage des cours d'eau ou les rejets thermiques. Cette dégradation a des conséquences dramatiques : sur la santé humaine, avec la propagation de maladies hydriques (choléra, typhoïde) et l'exposition chronique à des substances cancérogènes ou perturbatrices endocriniennes ; sur les écosystèmes, où elle se traduit par l'eutrophisation des milieux (prolifération d'algues toxiques et anoxie), la disparition d'espèces sensibles et l'effondrement de la biodiversité ; sur les activités économiques, avec l'altération des ressources halieutiques, la contamination des cultures irriguées, les coûts croissants de potabilisation et la dépréciation du tourisme ; et à l'échelle globale, elle aggrave la crise de l'eau potable – déjà inaccessible pour 2 milliards de personnes – et menace la sécurité alimentaire. Cette crise appelle une gestion intégrée et urgente, combinant traitement des pollutions à la source pratiques agricoles durable et coopération internationale pour préserver cette ressource vitale.

II-4 Faune et Flore :

Définition :

La faune : désigne l'ensemble des animaux (vertébrés et invertébrés) vivant dans un écosystème, une région ou une période géologique donnée. Elle inclut des espèces sauvages (mammifères, oiseaux, insectes, etc.) et domestiques, et interagit avec son environnement pour assurer des fonctions écologiques clés (pollinisation, régulation des populations, cycle des nutriments).

La flore : représente l'ensemble des végétaux (plantes, arbres, fougères, algues, etc.) présents dans un milieu spécifique. Elle englobe aussi les communautés microbiennes (bactéries, champignons) associées et joue un rôle fondamental dans les écosystèmes : production d'oxygène, fixation du CO₂, stabilisation des sols et base des chaînes alimentaires.

II-4-1 la faune et la flore d'un milieu aquatique (eau douce) :

- Tous les milieux aquatiques présentent de la vie avec leur richesse spécifique.
- Que nous soyons en mer ou en milieu fermé comme un lac ou une carrière, la vie est présente.
- Cette vie est un maillon essentiel pour la vie terrestre et est fascinante par sa diversité.
- La zone comprise entre 2 et 7 mètre On y retrouve une végétation submergée constituée d'algues et de plantes à longues tiges comme les potamots.
- Cette zone est peuplée par les jeunes poissons évoluant en bancs et les animaux de faible profondeur.
- En dessous de 7 mètre La végétation disparaît pratiquement, seuls des algues subsistent, des prairies de mousses sont visibles et nous entrons dans le règne des bactéries. C'est la zone dite aussi de la ceinture de coquillages.
- On retrouve encore quelques bancs de poissons comme les grémilles, mais surtout les poissons sédentaires.

II-4-2 Les trois niveaux de la chaîne alimentaire :

Les producteurs: Phytoplancton et algues qui utilisent l'énergie solaire pour produire de la matière organique vivante à partir du CO₂. Ils constituent le premier maillon de la chaîne.

Les consommateurs: prédateurs herbivores pour le premier maillon, puis carnivores pour

les suivants. Ce sont les maillons intermédiaires.

Les décomposeurs: Bactéries qui assurent la minéralisation de la matière organique. Elles représentent le dernier maillon de la chaîne.

II-4-3 la faune aquatique (eau douce) :

- Tout comme en mer, nous retrouvons tous les embranchements sauf les échinodermes.
- Toutes les formes d'association s'y retrouvent également (la symbiose, le mutualisme, le commensalisme et le parasitisme).

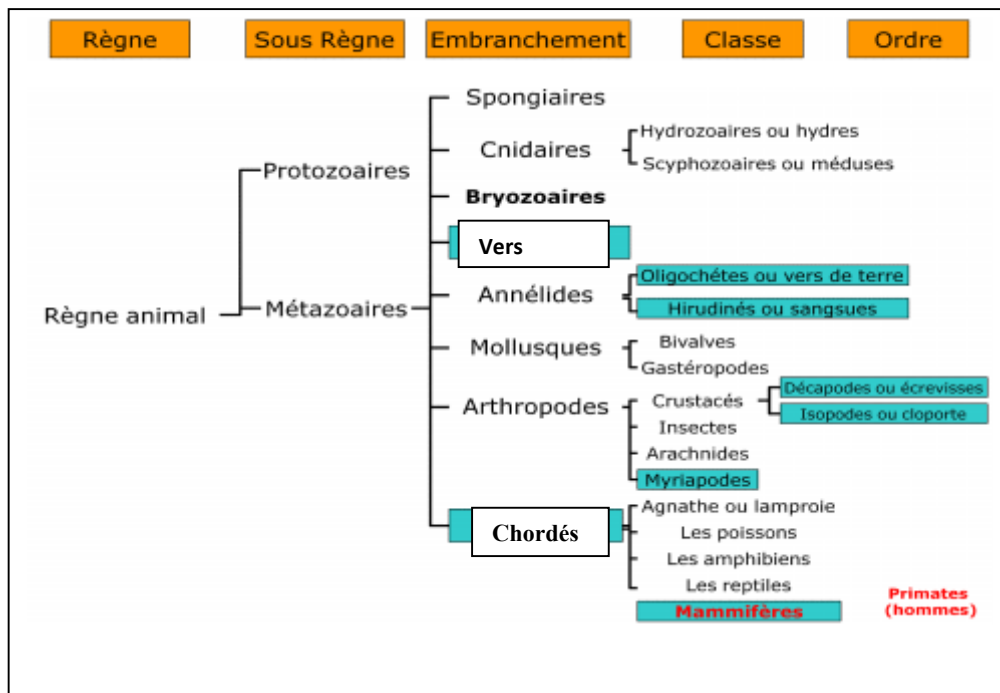


Figure 10. Schéma représentatif du règne animal milieu aquatique douce.

A- Les protozoaires :

- Animaux unicellulaires vivant dans les milieux aqueux et humides.
- Ils peuvent constituer des colonies ou chaque individu est parfaitement indépendant.
- Ils se nourrissent par phagocytose de bactéries mais aussi de matière organique.
- Ils font partie des organismes décomposeurs.

Leur mode de locomotion est varié :

- Par des extensions de la cellule (pseudopodes), dans lesquelles toute la cellule se «précipite »;
- Par des organes bien différenciés (flagelles) qui leur permettent de se mouvoir.

La reproduction :

- Par une simple division cellulaire (mitose);
- Par bourgeonnement (séparation de l'individu mère d'une masse munie d'un noyau).
- Par la production de spores (la cellule se fragmente en de multiples petites masses nucléées qui forment les spores).

B- Les métazoaires :

Les spongiaires : Les animaux parmi les plus simples.

- Pas d'organe, ni de tissus (musculaire, nerveux...).
- Ils vivent fixés sur un support et sont soit encroûtant soit présentent un port développé.
- Ils ont un squelette généralement de silice et creusé de nombreuses galeries pour filtrer l'eau.
- Les éponges à squelette calcaire sont appelées calcisponge.

Les cnidaires :

- Les hydres sont fixées, les hydroméduses étant pélagiques (libres).
- Ce sont les prédateurs les plus primitifs dans les animaux aquatiques.
- Cet embranchement se caractérise par la présence de Cnidocytes, ou cnidoblastes

Les bryozoaires :

- Organismes coloniaux constitués par un grand nombre d'individus (zoïdes).
- Leur squelette calcaire est très délicat et a un aspect variable : Arbustif; sous la forme d'une chenille gélatineuse.
- Ils sont fixés sur un support et filtrent l'eau.
- Non urticants (pas de Cnidocytes) constitués d'un tube comprenant le système digestif et du lophophore rétractile. Il conduit la nourriture vers la bouche.

Les Vers :

- 1) Les Plathelminthes (Vers plats).
- 2) Les annélides : les Oligochètes (vers de terre), Hirudinées (les sangsues).
 - La plupart sont des parasites (ténia).
 - Certains sont libres et généralement benthiques même s'ils peuvent nager sur de courtes distances grâce à des cils le long de leur corps.
 - En eau douce : souvent de couleur terne (blanc laiteux à grisâtre).
 - Ils possèdent 2 yeux rudimentaires qui leur permettent de s'orienter avec la lumière. Leur taille : 25mm. Généralement hermaphrodites.

Les mollusques :

- 1) Bivalves (ou Lamellibranches)
- 2) Gastéropodes Pulmonés
 - Constitués d'une coquille calcaire comprenant deux valves.
 - Soit fixées (moule zébrées) par un pied au substrat, ou libres et capables de se déplacer (anodonte).
 - Ils possèdent un siphon qui sert à la nutrition et à la respiration.
 - Organismes filtrants.
 - « Escargots » d'eau douce, rarement en milieu marin. Animaux benthiques.
 - Possèdent des poumons.
 - Ils sont herbivores capables de s'aventurer hors de l'eau (planorbes et limnées en eau douce, etc...).
 - Leur reproduction est sexuée.

Les arthropodes : Les crustacés, Insectes, Arachnides (araignées)

- animaux le plus souvent aquatiques, ayant 2 paires d'antennes, des yeux composés, pourvus d'une carapace de chitine.
- La respiration se fait par des branchies.
- Présence d'anneaux portant chacun des appendices (pattes...).
- Représentés par les écrevisses!
- L'écrevisse à pattes rouges est l'espèce indigène demandant une eau de bonne qualité. Benthiques (sous les pierres).
- Les insectes purement aquatiques avec des pattes adaptées en forme de rames la punaise d'eau.

- Les insectes passant leur stade larvaire sous l'eau : les libellules, les demoiselles, les éphémères, la phrygane.
- Les araignées : la tétragnathe présentes dans la végétation aquatique basse
Corps allongé, dont les deux premières pattes sont plus longues que les autres.
- Les araignées : l'Argyroneta : seule araignée vivant totalement dans l'eau elle survit dans l'eau grâce à une cloche d'air autour de son corps elle n'en sort que pour partir à la chasse.

Les Chordés : les agnathes

- Considérés vertébrés primitifs au squelette cartilagineux.
- Ils ont une colonne vertébrale, un crâne, mais sont dépourvus de mâchoire!
- La bouche est rudimentaire et se comporte comme une ventouse.
- Ce sont des parasites externes des autres poissons.
- La lamproie fluviatile représente ce sous-embranchement.
- Animal anguilliforme, sans écaille, couvert de mucus toxique et dépourvu de nageoires latérales (1 caudale, et deux dorsales).

Les poissons

- En eaux douces, tous les poissons sont des vertébrés osseux
 - Anatomie.
 - Les nageoires :
 - Paires.
 - Impaires.
 - Les écailles et la peau.
 - La respiration.
 - Le squelette.
 - Le système nerveux et sensoriel.
 - Les phases de la reproduction.
 - Le poisson et sa zonation.
 - Détermination simplifiée.

Les amphibiens

1) Les anoures (grenouilles et crapauds)

- Les anoures sont les amphibiens sans queues, au corps court et trapu à savoir les grenouilles et crapauds.

- Ce sont des animaux aquatiques et semi- aquatiques.
- Les membres inférieures sont adaptés à la nage et à la propulsion terrestre (par sauts).
- Les orteils sont palmés.

2) Les urodèles (tritons et salamandres)

- Les urodèles sont des amphibiens possédant une queue.
- Le corps est allongé, et il présente 4 membres identiques.
- Ils sont carnivores.
- Reproduction : ovipares.

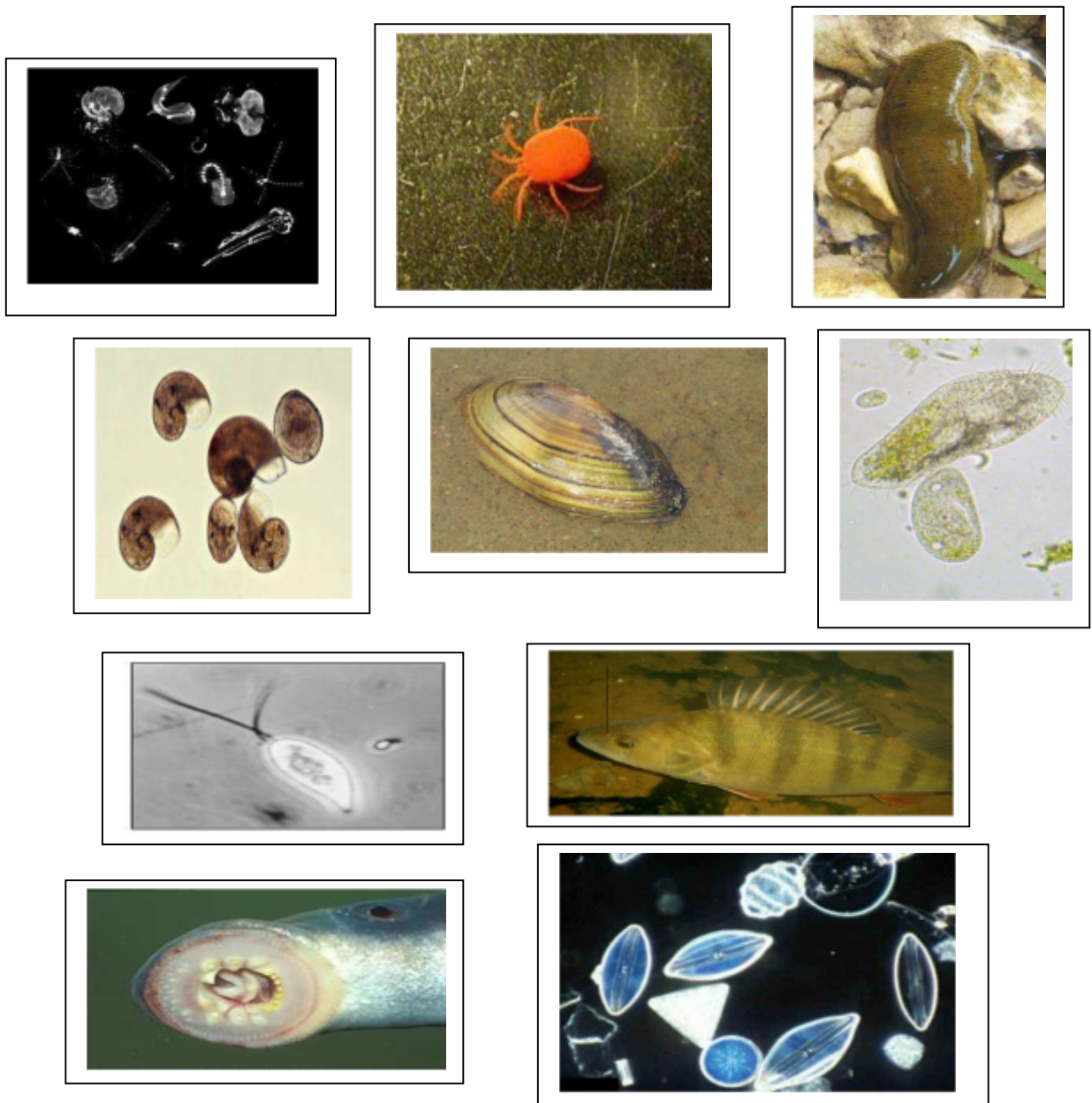


Figure 11. Quelques espèces aquatiques (eau douce).

II-4-5 la flore aquatique :

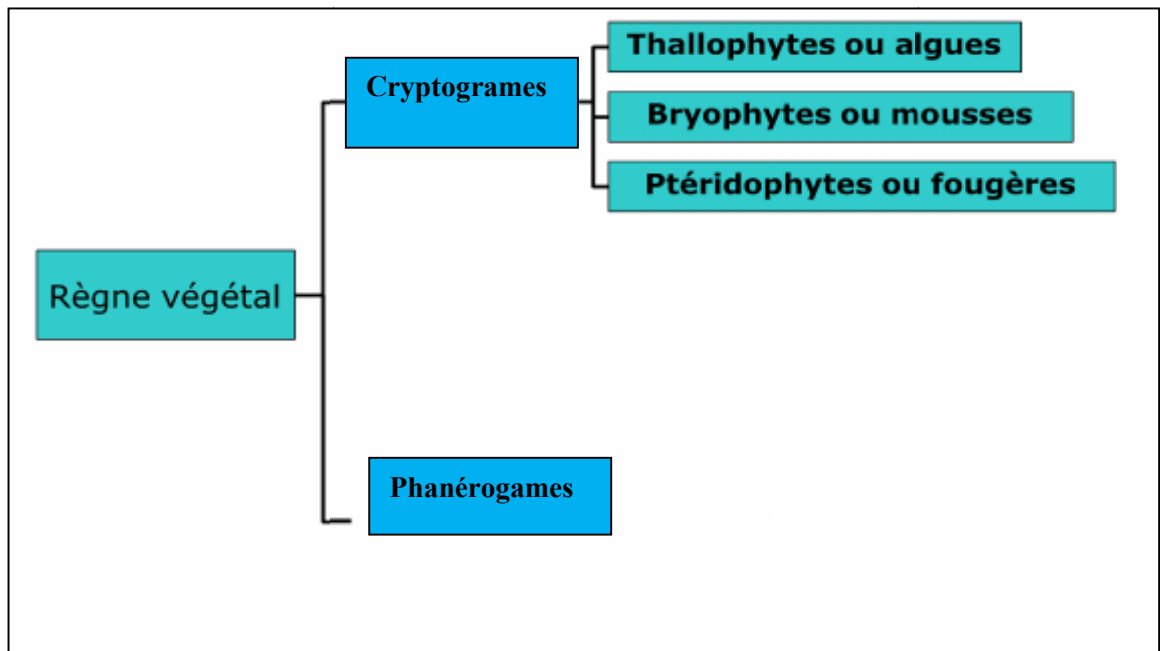


Figure 12. Schéma représentatif du règne végétal milieu aquatique douce.

Les diatomées

- Considérées comme algues pélagiques.
- Munies d'une coque de silice aux formes très variées.
- Elles peuvent être solitaires, ou coloniales.
- Statiques, ou capable de se déplacer (flagelles).
- Responsables du trouble en surface à la bonne saison.

Les thallophytes

- **Algues filamenteuses et lichens (symbiose).**
- **Les algues filamenteuses :**
 - constituées de filaments simples ou ramifiés.
 - Aspect d'une masse floconneuse et gluante au touché.
 - Bien développées, elles forment une sorte de buisson qui sert d'herbier pour les poissons fourrage.

Les Bryophytes ou mousses.

Les Ptéridophytes ou (Fougères)

- Ces végétaux présentent une structure développée dites vascularisés.
- Ils se reproduisent encore au moyen de spores.
- On pourra les observer sur terre et en eau douce à faible profondeur.

Les Spermaphytes ou phanérogames

- Végétaux dits supérieurs.
- Semi-aquatiques, voire pour certaines espèces totalement aquatiques, très proches des plantes à fleurs terrestres dont elles sont issues. Elles possèdent un appareil végétatif de même type.
- Leur tige est munie de racines et de feuilles.
- Les réseaux de racines est souvent très développé (rôle de maintien des berges).
- Leur reproduction se fait à partir de fleurs fécondées par un pollen transporté par l'eau, et aboutit à la formation de graines, protégées dans un fruit. Des rhizomes permettent également la prolifération de la plante.
- Certaines espèces dans nos lacs peuvent mesurer plusieurs mètres de haut comme le potamot crépu.
- Constituent des herbiers, essentiels au plan d'eau (autoépuration).

II-4-6 Dégradation de la faune et la flore :

Les causes de la dégradation de la faune et de la flore sont multiples et interconnectées, incluant la destruction et fragmentation des habitats par la déforestation, l'urbanisation et l'agriculture intensive ; la pollution des sols, de l'eau et de l'air par les pesticides, les métaux lourds et les plastiques ; la surexploitation des ressources via la surpêche, le braconnage et le commerce illégal d'espèces ; l'introduction d'espèces invasives qui perturbent les écosystèmes ; et les changements climatiques qui modifient les aires de répartition et les cycles biologiques. Les conséquences sont désastreuses et en cascade : effondrement de la biodiversité avec une extinction des espèces 100 à 1000 fois plus rapide que le taux naturel, perturbation des services éco-systémiques essentiels comme la pollinisation des cultures, la purification de l'eau et la régulation du climat, insécurité alimentaire liée à la diminution des ressources halieutiques et agricoles, émergence de maladies zoonotiques due à la perte d'équilibre naturel, et impacts socio-économiques majeurs avec la perte de revenus pour les communautés dépendantes des écosystèmes et des coûts croissants de conservation. Cette crise biologique sans précédent menace directement le bien-être humain et la stabilité des sociétés, rendant urgente l'adoption de mesures de protection ambitieuses incluant la création d'aires protégées, la transition vers des pratiques agricoles durables et une coopération internationale renforcée. Exemple Eutrophisation apport en excès de substances nutritives dans un milieu aquatique stimulant la croissance des végétaux aquatiques. Ces derniers

prolifèrent au détriment des autres espèces. Ce sont généralement de gros consommateurs d'oxygène pouvant produire des toxines. Ils peuvent par conséquent nuire aux autres formes de vie aquatiques et modifier complètement le biotope.

Chapitre III : Etudes d'impacts

Introduction

À l'échelle globale, les impacts se déclinent en phénomènes transfrontaliers tels que le changement climatique, l'acidification des océans ou l'appauvrissement de la couche d'ozone, témoignant de l'interconnexion des écosystèmes. Localement, les stress environnementaux sont plus directs, eutrophisation des masses d'eau, dégradation des sols, perte d'habitats et exposition des populations à des xénobiotiques aux effets chroniques ou aigus. Le cas de la contamination par les métaux lourds, comme observé dans des études sur le lac de Réghaïa en Algérie, illustre parfaitement ce processus de bioaccumulation où les polluants persistent et s'amplifient le long de la chaîne alimentaire. Face à cette crise socio-écologique, l'évaluation scientifique et réglementaire des impacts devient un impératif. Les Études d'Impact sur l'Environnement (EIE) représentent l'outil procédural fondamental pour anticiper, atténuer et compenser les dommages écologiques potentiels des projets d'aménagement. Elles s'appuient sur une analyse multicritère rigoureuse des interactions entre un projet et son milieu récepteur, intégrant des dimensions écologiques, sanitaires et sociales. Cette introduction vise à cadrer l'analyse des mécanismes physiopathologiques de la pollution sur les écosystèmes, puis à évaluer l'efficacité des outils de gouvernance environnementale, comme l'EIE, dans la prévention et la gestion de ces atteintes à l'environnement.

Définition

III-1 L'étude d'impact sur l'environnement (EIE) : est une procédure obligatoire on utilisant des outils d'évaluation des risques de la pollution sur (air, eau, sols) a fin de limiter ses effets négatifs sur la biodiversité et la santé environnementale, son but, réduire et compenser leurs effets potentiels.

III-2 La pollution : est l'introduction des substances par l'homme volontairement ou non, directement ou indirectement qui ont des conséquences nuisible sur le milieu (eau, sol, air) et effets néfastes tel que : des nuisances envers les ressources biologiques, des altérations de la qualité du milieu (eau, sol, air) du point de vue son utilisation, une dégradation des valeurs d'agrément (air, sol, air), des risques sur la santé humain.

III-2-1 Différent types de pollution :

A- Pollution chimique : est l'introduction directe ou indirecte, par l'activité humaine, de substances chimiques synthétiques ou de composés naturels en concentrations

anormales dans l'environnement. Cette introduction entraîne une détérioration mesurable de la qualité des milieux (air, eau, sols) et peut avoir des effets néfastes sur la santé des êtres vivants, le fonctionnement des écosystèmes.

Tableau 06. Principales catégories de polluants chimiques et leurs sources

Catégorie de pollution	Exemple	Source Anthropique
Métaux lourds et éléments traces	Arsenic, Plomb, mercure	Industrie minière, eau usée Pesticides
Substance organique	PCB , DDT	Transformation électrique, pesticides agricoles
Composés inorganique	Ammoniac, oxyde d'azote, dioxyde de soufre	Combustion des énergies fossiles
Production pharmaceutique	Antibiotique anti dépression	Rejets domestique hospitalier
Solvant et hydrocarbures	Benzène, toluène, huile pétrole	Industrie chimique, station de service
Nutriment	Nitrate phosphate	Engrais agricole, rejets d'eau usée

B-Pollution physique : Désigne l'altération des caractéristiques naturelles d'un milieu (air, eau, sol) par l'introduction d'agents énergétiques ou de matières inertes qui modifient ses propriétés physiques sans nécessairement impliquer de réaction chimique primaire. Ses principales caractéristiques sont sa nature directement perceptible (bruit, chaleur, déchets visibles) et le fait que ses effets cessent généralement à l'arrêt de l'émission de la source (à l'exception notable des déchets persistants comme le plastique et des radiations).

Tableau 07. Principaux forme, source et impact.

Forme de Pollution	Nature du Polluant	Sources Anthropiques Principales
Pollution par les déchets solides	Matières inertes (plastique, verre, métal, caoutchouc, encombrants)	Gestion inadéquate des déchets ménagers/industriels, dépôts sauvages, rejets accidentels.
Pollution thermique	Rejet de chaleur (eau ou air à température anormalement élevée)	Eaux de refroidissement des centrales électriques et industrielles, rejets d'air chaud, imperméabilisation des sols urbains (îlot de chaleur).
Pollution radioactive	Émission de rayonnements ionisants (particules alpha/bêta, rayons gamma)	Accidents nucléaires, activités minières (uranium), déchets médicaux/industriels mal gérés.

C- Pollution biologique : La pollution biologique (ou bio-pollution) désigne l'introduction excessive ou inappropriée d'organismes vivants dans un environnement, entraînant des déséquilibres écologiques, des problèmes de santé ou des impacts économiques.

➤ **Types principaux :**

1-Espèces invasives

- Introduction d'espèces non indigènes qui perturbent les écosystèmes ;
- Exemples : moustique tigre, jussie (plante aquatique), crabe bleu ;

2-Eutrophisation

- Prolifération excessive d'algues due aux apports de nutriments (phosphates, nitrates)
- Conséquence : zones mortes (manque d'oxygène) ;

3-Pathogènes microbiens

- Contamination par bactéries, virus, parasites ;
- Sources : eaux usées, déjections animales, déchets ;

4-Pollen allergène

- Augmentation liée aux changements climatiques et aux plantes invasives ;

➤ **Sources courantes :**

- Rejets urbains et agricoles non traités
- Eaux usées industrielles
- Navigation maritime (eau de ballast)
- Tourisme international
- Changements climatiques (favorisant la propagation)

➤ **Impacts :**

- **Écologiques** : perte de biodiversité, perturbation des chaînes alimentaires
- **Santé publique** : maladies (choléra, légionellose, allergies)
- **Économiques** : coûts de gestion, impacts sur la pêche et le tourisme

➤ **Mesures de contrôle :**

- Traitement des eaux usées
- Surveillance des espèces invasives
- Réglementations internationales (convention de Bâle, convention sur la biodiversité)
- Gestion des apports agricoles

Cette forme de pollution, souvent moins visible que la pollution chimique, représente une menace significative pour les écosystèmes et la santé humaine, nécessitant une approche préventive et intégrée de gestion.

III- 3 Paramètre déterminé lors d'étude d'impact :

Un paramètre est un élément d'indication d'information, dont on analyse à la fois la présence (Identification) et la quantité (Quantification, dosage). Le seuil réglementaire de la présence des éléments dans la nature (norme) est représenté par une valeur chiffrée exprimée en concentration qui présente, généralement, une limite maximale à ne pas dépasser (Teneur). Un élément ou un facteur sont alors importants dans la nature lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné. Au-delà de la norme, la présence de l'élément ou la valeur d'un facteur estimé exprimeront un déséquilibre écologique du milieu.

III-3-1 Paramètres physico-chimiques et normes (exemple milieux aquatiques) :

A- La température (T) :

C'est une grandeur physique et un facteur écologique important pour la survie des espèces. Elle joue un rôle primordial dans la solubilité et la dissociation des sels et des gaz (Oxygène). Son augmentation peut perturber la vie aquatique des espèces (Pollution thermique).

Une eau chaude peut accélérer la vie et l'activité des micro-organismes et des algues et avoir une influence sur les autres paramètres physico-chimiques (pH, conductivité, teneur en oxygène....etc). La température est mesurée par thermomètre en degré Celsius (°C). Dans le sol, l'augmentation des températures peut avoir un effet sur la mobilité des métaux et sur l'accélération de l'activité bactérienne (**Tab 08**).

Tab 08. Température et qualité d'eau (Masson, 1988).

Température (en °C)	Qualité de l'eau
≤ 20	Normale
20-22	Bonne
22-25	Moyenne
25-30	Médiocre
≥ 30	Mauvaise

B- Le potentiel d'hydrogène (pH) :

C'est une mesure chimique des concentrations d'ions d'hydrogène (H^+) dans l'eau ($pH = -\log [H^+]$). Les rejets industriels dans le sol ou les apports des eaux de ruissèlement dans les milieux aquatiques, peuvent être à l'origine de sa variété, qui est considérée comme indice important de la pollution naturelle (**Tab 09**). Des valeurs de pH acide ($pH < 7$) augmenteraient le risque de présence des métaux sous forme ionique toxique. Dans les milieux terrestres, ce déséquilibre peut être à l'origine de la salinisation des sols, un mécanisme qui participera à l'inhibition de l'activité bactérienne et à un ralentissement de la dégradation des matières organiques. Il est mesuré à l'aide d'un pH mètre et n'a pas d'unité. Sa valeur varie de 0 à 14 depuis un aspect acide à celui basique, en passant par un pH neutre ($pH=7$) :

- $[H^+] < [OH^-] \Rightarrow pH > 7$: l'eau est basique.
- $[H^+] > [OH^-] \Rightarrow pH < 7$: l'eau est acide.
- $[H^+] = [OH^-] \Rightarrow pH = 7$: l'eau est neutre.

Tableau 09. pH et qualité d'eau (Arrignon, 1998).

pH	Qualité du milieu aquatique
pH < 5	Inférieur à la vie des espèces
5 < pH < 6	Tolérable par les espèces
6 < pH < 7.5	Optimale (Vie et reproduction)
7.5 < pH < 8.5	Optimale pour les planctons
pH > 8.5	Incapacité de vie des algues
pH > 9	Incapacité de survie des espèces

C- La conductivité électrique (CE) :

C'est la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. Elle indique le degré de minéralisation de l'eau, dont les principaux sels sont : le Ca^{+2} (Calcium), le Mg^{+2} (Magnésium), le Na^{+} (Sodium), et le K^{+} (Potassium)etc. Plus l'eau est minéralisée, plus sa conductivité électrique est importante. En effet, les anions et les cations présents dans un milieu pollué participent à créer un champ magnétique apte à faire passer le courant électrique à travers ses éléments. Elle est mesurée par conductimètre en $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les espèces aquatiques ne supportent pas généralement des variations importantes en sels dissous (**Tab 10**).

Tableau 10. Conductivité électrique et qualité d'eau (NALCO, 1983).

Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Qualité de l'eau
50-400	Excellente
400-750	Bonne
750-1500	Médiocre
>1500	Minéralisation excessive (Pollution)

D- L'oxygène dissous (Saturation en oxygène) (OD) :

L'oxygène est un élément indispensable pour la vie des espèces aquatiques. Il provient de l'atmosphère ou de l'activité photosynthétique des algues. Sa teneur en milieu aquatique est variable selon la durée du jour (Température), et selon la profondeur du milieu marin (faible

en profondeur). La concentration en oxygène dissous en eau est exprimée en mg /l. Concernant la DCO (Demande chimique en oxygène) : C'est une mesure de la matière organique présente dans l'eau (Matière polluante), par l'estimation de la quantité d'oxygène nécessaire à la dégrader par voie chimique (En utilisant un oxydant spécifique).

Quant à la DBO₅ (Demande biochimique en oxygène en 5 jours), elle correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour les micro-organismes du milieu aquatique, dans leur processus de dégradation (oxydation) d'une partie de la matière organique présente dans le milieu et cela pendant 5 jours. La quantité d'oxygène nécessaire pour ce mécanisme reflétera le degré d'accélération ou de diminution de l'activité bactérienne ainsi que le niveau de la pollution du milieu (**Tab 11**).

Tableau 11. DBO₅ et qualité d'eau (Bremond et Vuichard, 1973).

DBO5 (mg/l) (O2)	Qualité de l'eau
<1	Excellente
2	Bonne
3	Moyenne
5	Moyennement polluée
>10	Eau polluée

E- Dureté de l'eau (TH):

C'est la somme des concentrations en cations métalliques: le Ca⁺⁺ (Calcium), et le Mg⁺⁺ (Magnésium). Leur présence peut réduire la toxicité des métaux. C'est donc un indice de pollution du milieu. La dureté total TH= [Ca²⁺] + [Mg²⁺]. Une valeur faible de la dureté d'une eau, indique un bon milieu vital pour les espèces.

Tableau 12. Dureté et qualité d'eau (Bremond et Vuichard, 1973).

Dureté (mg/l) (CaCO ₃)	Qualité de l'eau
0-30	Très douce
31-60	Douce
61-120	Moyennement douce
121-180	Dure
>180	Très dure

F- Paramètres organoleptiques de l'eau :

Ce sont des facteurs qui s'indiquent lors de la consommation de l'eau (Couleur, gout, odeur....etc), et dont le cas de perturbation, présentent un risque pour la santé humaine :

✓ Turbidité :

Elle indique le degré d'absorption ou de diffusion de lumière dans un milieu aquatique, qui est fonction de la présence ou l'absence de matières en suspension dans l'eau, comme : L'argile, le limons.....etc. Son augmentation permettra aux micro-organismes de se fixer sur les particules en suspension.

✓ Couleur :

Elle change selon la composition de l'eau en matières (Micro-organismes) ou en éléments métalliques ; La présence de Fer par exemple donne une couleur rouille à l'eau, alors que la présence du manganèse lui donne une couleur foncée.

✓ Gout-odeur :

Le gout et l'odeur d'un milieu aquatique changent grâce à la présence de substances volatils comme le chlore (Cl), le dioxyde de soufre (SO₂)....etc, ou à la présence de substances organiques comme : les esters et les alcools....etc. Le changement du gout des eaux potables peut être également fonction de l'activité microbienne (Bactéries).

III-3-2 Technique d'analyse des composants organique et inorganique (milieu terrestre):

Un élément chimique est une classe d'atomes dont le noyau compte un même nombre de protons. Ce nombre, noté Z , est le numéro atomique de l'élément, qui détermine la configuration électronique des atomes correspondants. Au total, 118 éléments chimiques ont été observés à ce jour, de numéro atomique 1 à 118. Parmi eux, 94 éléments ont été identifiés sur terre dans le milieu naturel.

A-Eléments majeurs : Des principaux éléments chimiques qui constituent les roches et les minéraux. Les 12 éléments majeurs existants dans la nature représentent environ 99,4% du total des éléments (**Tab 13**). Ils sont importants pour les plantes mais leur présence au-delà du seuil tolérable par la nature (Teneur), peut être à l'origine de la pollution des milieux (émissions agricoles et industrielles). Les principaux éléments majeurs des écosystèmes naturels sont :

❖ L'Aluminium (Al):

C'est un élément toxique, présent sous forme d'ion (Al⁺³) dans les eaux acides, sa présence en concentrations supérieures à 0.2 mg/l provoque une toxicité détectée chez les consommateurs.

❖ L'Azote (N):

Son cycle présente un important équilibre entre les processus de la fixation d'azote atmosphérique (N_2) et la dénitrification (production de N_2). Les concentrations en nitrates des eaux souterraines doivent rester inférieures à 1 mg/l.

❖ Le Calcium (Ca):

Responsable de la dureté de l'eau, où il représente l'élément le plus dominant. Les eaux potables, de bonne qualité renferment de 100 à 140 mg/l de calcium.

❖ Le Magnésium (Mg) :

Il provient de la dissolution des formations carbonatées. Au même titre que le calcium, il constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. Sa teneur dépasse rarement 15mg/l.

❖ Le Phosphore (P) :

Issu du lessivage des zones agricoles fertilisées par les engrais phosphatés, il joue un rôle primordial dans le développement des algues, ce qui contribue dans le cas de pollution des milieux aquatiques au phénomène d'eutrophisation.

❖ Le Potassium (K) :

Il provient de l'altération des formations silicatées, des argiles potassiques, des rejets industriels et de la dissolution des engrais chimiques. Il est présent dans l'eau à des teneurs supérieures à 20 mg/l.

B- Eléments traces : Les éléments traces sont toxiques pour les organismes vivants à de relatives faibles concentrations. On compte environ 80 éléments traces dans la nature, et qui ne présentent en réalité qu'environ 0,6% de l'ensemble des éléments existants (**Tab 13**). Parmi les éléments métalliques traces, on peut citer :

❖ L'Arsenic (As) :

Employé dans la métallurgie (alliages), l'électronique (semi-conducteurs), la fabrication de peinture, et la coloration des verres.

❖ Le Bore (B) :

Utilisé comme antiseptique, dans l'industrie de verre, de la céramique, la fabrication des cosmétiques, de peinture et des produits phytosanitaires.

❖ Le Brome (Br) :

Il est présent dans les mers ou dans les minerais, où il peut se trouver sous forme de bromures dans les espaces pollués.

❖ **Le Cadmium (Cd) :**

Il provient des matières en plastique, des huiles de moteurs, des piles, des produits de soudure et des engrais naturels.

❖ **Le Chrome (Cr) :**

Il se retrouve dans les roches basiques avec des teneurs plus importantes, et sous forme de traces dans les silicates. Son origine industrielle est liée à la galvanoplastie, la tannerie, la raffinerie, la métallurgie, ainsi que la production des colorants.

❖ **Le Mercure (Hg) :**

Utilisé principalement dans la métallurgie, la médecine, les cosmétiques, ou l'alchimie. Il est hautement toxique pour l'homme et l'environnement.

TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

Le tableau périodique des éléments chimiques est présenté. Les éléments sont classés par périodes (horizontales) et groupes (verticales). Les éléments sont colorés selon leur type : métaux alcalins (1), métaux alcalino-terreux (2), métaux de transition (d), non-métaux (p), et gaz rares (18). Le fer (Fe) est mis en évidence au centre du tableau.

Les éléments sont classés par périodes (horizontales) et groupes (verticales). Les éléments sont colorés selon leur type : métaux alcalins (1), métaux alcalino-terreux (2), métaux de transition (d), non-métaux (p), et gaz rares (18). Le fer (Fe) est mis en évidence au centre du tableau.

Figure 13. Différents éléments chimiques dans la nature.

III-3-3 Différentes analyses de la qualité écologique des sols :

L'analyse de sol est couramment pratiquée dans le but de connaître les potentialités d'exploitation durable des terrains, de façon à économiser et gérer les pertes d'érosion de l'environnement. Pour procéder à des analyses complètes de la qualité des sols, on doit passer par plusieurs aspects structuraux :

III-3-3-1 Analyses physiques : des analyses qui puissent nous rendre compte sur la texture (granulométrie), la structure, les capacités de rétention de l'eau et de la circulation d'oxygène dans un milieu terrestre. Il s'agit de la proportion des constituants selon 3 composantes :

- Les argiles (inférieurs à 2 mm)
- Les limons (entre 2 et 50 mm)
- Les sables (plus de 50 mm).

III-3-3-2 Analyses physico-chimiques : Ces informations sont cruciales pour comprendre la fertilité du sol, sa capacité à retenir l'eau, et d'autres propriétés importantes pour la croissance des plantes. Elles indiquent l'état des paramètres physiques et chimiques du sol (Acidité, pH, humidité, conductivité électrique, taux de CaCO_3 total et actifetc).

III-3-3-3 Analyses biologiques : L'analyse biologique permet d'évaluer l'évolution du statut organique du sol. L'étude écologique de la pédofaune (champignons et bactéries.....etc) terrestre, en plus de l'estimation de la vitesse de décomposition des matières en dégradation, renseignent sur la qualité des sols. Un indicateur de la fertilité du sol est exprimé par le rapport C/N (carbone total sur azote total du sol) :

- Si le C/N de l'amendement est supérieur à 25, il y a trop de carbone par rapport à l'azote. Les micro-organismes vont puiser dans les réserves du sol au lieu d'en libérer. C'est le phénomène de faim d'azote ou du manque d'azote dans le sol ce qui indique un ralentissement de la dégradation de la matière organique ou de l'activité microbienne dans le sol.

A l'inverse, si le C/N est inférieur à 25, les micro-organismes vont libérer l'azote en excès, à disposition des plantes, ce qui peut être interprété par une activité importante et accélérée des bactéries du sol.

III-3-3-4 Paramètres organiques :

La matière organique C'est la matière qui compose les tissus des êtres vivants, elle est principalement formée de la biomasse vivante et morte, dans un cycle continu de décomposition et de biosynthèse. Elle existe dans des composants de carbone, d'hydrogène, d'oxygène, de faibles quantités d'azote, de phosphore, de potassium, et de soufre....etc. La matière organique peut exister sous deux formes principales :

A- Des substances humiques (Humus) :

Ce sont des substances à caractère acide et hydrophile, issues de la dégradation biologique et de l'oxydation chimique des déchets animaux et végétaux (macromolécules). Elles représentent environ 30 à 50% du carbone organique.

B- Des substances non humiques :

Des formes de protéines, de peptides, d'acides aminés, des graisses et des molécules de petite taille dégradées à travers des enzymes secrétés par des microorganismes.

C- Production de la matière organique

La première fonction des végétaux est de produire la matière organique par photosynthèse. Un processus qui se déroule chez les organismes autotrophes, qui utilisent la lumière comme source d'énergie, le dioxyde d'azote ainsi que des éléments inorganiques dissous (Eléments minéraux) afin de synthétiser la matière organique vivante. Elle peut également être transportée aux écosystèmes aquatiques et terrestres sous forme de feuilles, de fruits et de divers débris organiques (végétaux et animaux) qui tombent dans l'eau ou les sols, où ils seront dégradés par les microorganismes décomposeurs (Fig 14).

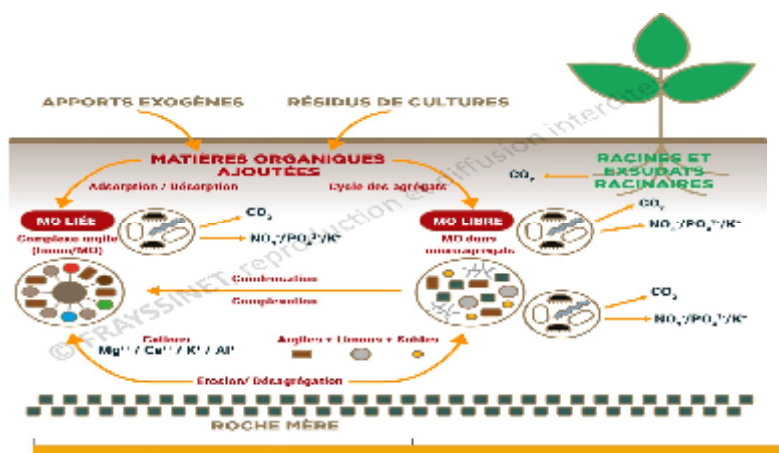


Figure 14. Cycle de la Matière organique.

D- Dégradation de la matière organique :

La matière organique des organismes morts est dégradée, sous forme de composés organiques ou inorganiques, solubles ou particuliers. Ces processus utilisent le dioxygène dissous et aboutissent à la ré-minéralisation des éléments nutritifs, qui seront à nouveau absorbés par les organismes autotrophes (C'est la transformation inverse de matière organique en éléments

inertes). La dégradation de la matière est un phénomène qui participe à la production d'énergie nécessaire pour d'autres mécanismes physiologiques telle que la respiration des espèces naturelles.

➤ **Différentes étapes de dégradation de la matière organique :**

La biodégradation des matières organiques dans les milieux naturels joue un rôle important dans plusieurs cycles biogéochimiques concernant des éléments majeurs (en particulier carbone, azote et phosphore). L'ensemble des processus impliqués dans la biodégradation varie en fonction de la quantité d'oxygène présente dans le milieu. Ce processus passe par les étapes suivantes :

❖ **La lixiviation**

Les flux d'eau des pluies qui traversent les litières et le sol et dégradent la matière organique, peuvent entraîner des ions et de la matière soluble (lixiviation de carbone organique dissous).

❖ **La fragmentation**

Les détritiques de grande taille sont dégradés par les organismes de la faune du sol (Macro-organismes). Ces organismes se nourrissent en ingérant et en assimilant partiellement des fragments de matière morte, qu'ils découpent avec leurs pièces buccales et les déplacent dans le sol « matières organiques particulières ».

❖ **L'incorporation**

Les vers de terre anéciques, les termites et les fourmis, ont un impact majeur sur le déplacement des matières particulières issues des premiers horizons. Ces ingénieurs du sol participent à l'incorporation des matières organiques des surfaces, dans les couches les plus profondes.

❖ **Le catabolisme enzymatique**

Les matières organiques particulières sont également la source d'énergie pour les microorganismes décomposeurs (bactéries, champignons, archées) (**Tab 13**), qui produisent des enzymes extracellulaires capables de lyser certaines liaisons chimiques des matières organiques, et donc d'en détacher des sucres solubles. La libération des molécules inorganiques (CO₂, des ions nutritifs comme l'ammonium, les phosphates...etc) est appelée « minéralisation ».

Tableau 13. Principaux décomposeurs de la matière organiques dans la nature.

Groupe	Différents types selon leur nature
Décomposeurs	Microflore Bactéries et champignons, décomposeurs primaires principaux ; capables de digérer des matières organiques complexes et de les transformer en substances plus simples. Microfaune Certains types de protozoaires et de nématodes qui se nourrissent de tissus microbiens ou les assimilent et excrètent des nutriments minéraux. Mésafaune Allant des petits arthropodes acariens (Acari) et les collemboles (Collembola) et des Enchytraeidae ; qui désagrègent les résidus végétaux, et de la matière morte et se nourrissent de décomposeurs primaires. Macrofaune Fourmis, termites, mille-pattes et vers de terre qui contribuent à la décomposition des matières organiques en désagrégeant les détritux végétaux et les déplaçant dans le profil de sol, améliorant ainsi la disponibilité des ressources pour la microflore.

❖ La stabilisation :

C'est l'étape qui indique la fin de la décomposition des matières organiques. Certaines molécules s'adsorbent sur les minéraux du sol, et une fois adsorbées, elles sont moins sensibles à la dégradation enzymatique. On parle alors de stabilisation physico-chimique de la matière organique.

III-3-3-5 Évaluation de la matière organique d'un milieu naturel :

Une estimation globale de la matière organique d'un milieu naturel est possible en utilisant comme référence la quantité d'oxygène nécessaire à les oxyder ou la mesure du carbone organique présent dans le milieu. Beaucoup d'indices naturels peuvent permettre cette estimation :

- La DCO ou demande chimique en oxygène (exprimée en mg O₂/l) pour les eaux chargées.
- La DTO ou demande totale en oxygène (exprimée en mg O₂/l).
- La DBO₅ ou demande biochimique en oxygène sur 5 jours (exprimée en mg O₂/l).
- Les matières oxydables ou MOX (exprimées en mg O₂/l).
- Le COT ou carbone organique total.
- Le COD ou carbone organique dissous.
- Le rapport C/N ou carbone total sur azote total du sol.

III-3-4 Techniques d'analyse des composants d'un milieu naturel :

Contrairement aux paramètres physico-chimiques qui sont évalués par des mesures sur les lieux à analyser, l'évaluation des paramètres organiques et inorganiques (éléments chimiques) nécessite un déplacement des échantillons, des écosystèmes pollués aux différents laboratoires d'analyses ainsi que l'utilisation du matériel et des techniques spécifiques (**Fig 15**).

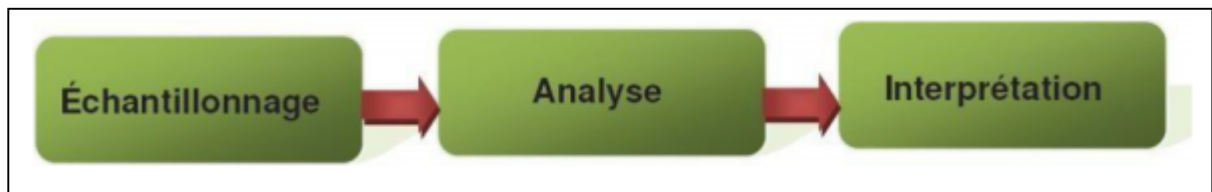


Figure 15. Etape d'évaluation de la qualité des écosystèmes naturels.

La sensibilité et le choix de la méthode d'analyse dépendent principalement de la qualité du milieu naturel, du type d'échantillon et de la différence de concentration des éléments au sein du milieu. Il existe plusieurs techniques d'évaluation des composants chimiques d'un milieu naturels :

III-3-4-1 Techniques de gravimétrie :

Elle est basée sur la détermination de la masse d'un composé pur, auquel l'analyse est apparentée chimiquement, son principe est la séparation de l'échantillon sous une forme qui peut être pesée. Beaucoup de substances organiques sont dosées par gravimétrie et cela par plusieurs procédures :

A- Gravimétrie par précipitation :

C'est la technique d'analyse qui permet de séparer les ions d'une solution, grâce à une réaction de précipitation et l'ajout d'un réactif. Le composé est converti en un précipité qui sera par la suite filtré, lavé et enfin pesé.

B- Gravimétrie par volatilisation :

Dans ce cas, le composé est volatilisé à une température appropriée. Le produit volatil est ensuite pesé, la masse de l'analyse peut être déterminée à partir de la perte de masse des échantillons.

III-3-4-2 Techniques de Titrimétrie

C'est la technique de dosage utilisée pour déterminer la concentration d'un composé chimique depuis sa réaction avec un réactif. Le titrage met en oeuvre une réaction chimique ou biochimique entre un composé à doser et un réactif, dont la concentration est déjà connue et qui est ajouté par incrément. La titrimétrie peut être réalisée selon plusieurs méthodes :

A- Titrage volumétrique :

Ajouter graduellement un volume de réactif dont la concentration est déjà connue, jusqu'à terminer la réaction chimique.

B- Titrage gravimétrique :

Pendant cette méthode de titrage, on mesure la masse du réactif nécessaire plutôt que son volume utilisé pour compléter l'opération.

C- Titrage coulométrique :

On ajoute graduellement des électrons à l'équipement jusqu'à atteindre la fin du titrage, on mesure ensuite le temps nécessaire pour réaliser la réaction électrochimique. La quantité des composants est déterminée à partir de l'intensité du courant.

III-3-4-3 Méthode de Potentiomètre :

Elle est réalisée à l'aide d'une électrode indicatrice et d'une électrode de référence. L'électrode indicatrice mesure la tension d'une solution en fonction de sa composition en éléments. Cette valeur est ensuite comparée aux résultats de l'électrode de référence.

III-3-4-4 Techniques de spectrophotométrie :

C'est la mesure de l'abondance ou de la densité optique d'une substance chimique. Son principe consiste à l'estimation de la différence entre la lumière incidente et celle transmise par une solution. En effet, lorsqu'une lumière d'intensité précise passe à travers une solution,

une partie de celle-ci sera absorbée par le soluté (les composants), et l'autre partie sera transmise avec une intensité inférieure. Il existe plusieurs méthodes de spectrométrie, parmi lesquelles, on peut citer :

A- Spectrométrie de masse :

C'est une technique d'analyse qui consiste à identifier et quantifier les molécules d'une solution par mesure de leur masse. Son principe réside dans la séparation en phase gazeuse des molécules chargées en fonction de leur rapport (masse /charge).

B- Spectrométrie à fluorescence :

Une technique d'analyse utilisée pour déterminer la composition chimique des échantillons solides, liquides, des boues ou de la poudre libre, par leur placement sous rayons X. Les atomes constituant l'échantillon passent de leur état fondamental à un état excité instable. Une fois revenir à leur premier état, ces atomes vont libérer de l'énergie sous forme de photons X qui seront par la suite émis une deuxième fois. L'analyse de rayonnement secondaire permet à la fois de connaître la nature des éléments chimiques dans un échantillon, ainsi que leur concentration massique.

C- Spectrométrie d'absorption atomique :

Le principe de la méthode consiste à observer l'absorption atomique d'un rayonnement électromagnétique monochromatique de longueur d'onde égale à celle de la transition entre deux de ses niveaux électroniques. Le rayonnement est alors absorbé par un électron qui passe au niveau d'énergie supérieur. La diminution de l'intensité du rayonnement initial après interaction, traduira la concentration en atomes correspondants. Quand à la quantification des phénomènes, elle s'effectuera par la comparaison de ce taux d'absorption à celui des solutions étalons, à l'aide d'établissement d'une courbe d'étalonnage.

III-3-4-5 Méthodes d'activation neutronique :

Elle repose sur l'interaction entre un flux de neutrons thermiques (très lents) et les noyaux des atomes de la cible. Ceux-ci vont capturer ces neutrons pour former un noyau de masse plus élevée, qui se trouve dans un état instable (devient radioactif). Au bout d'un certain temps, ce noyau va revenir à son état fondamental, qui va être accompagné par l'émission d'un rayonnement électromagnétique de haute énergie : un rayonnement nommé « gamma » sera caractéristique du noyau qui lui a donné naissance, et qui sera mesuré en différé après la première phase d'irradiation.

III-3-4-6 Méthodes chromatographiques :

Ce sont des méthodes utilisées pour la séparation, l'identification et le dosage des constituants chimiques d'un mélange. Leur principe est basé sur la migration des solutés d'un échantillon durant deux phases principales ; une phase stationnaire immobile et une phase mobile qui entraîne le passage des composants par un liquide ou un gaz (chromatographie en phase liquide ou chromatographie en phase gazeuse). Pour faciliter l'identification des constituants de mélanges complexes, notamment lorsqu'ils ne sont présents qu'à l'état de traces, on utilise fréquemment le couplage chromatographie/spectroscopie. Parmi les méthodes chromatographiques, les plus connues sont :

A- Chromatographie sur colonne :

C'est une technique utilisée dans la purification en chimie organique. La séparation des composés est provoquée par l'écoulement continu d'un éluant passant dans une colonne. La phase stationnaire est donc maintenue dans un tube étroit et la phase mobile progresse par gravimétrie ou sous pression.

A- Chromatographie sur surface (planaire) :

Elle est utilisée pour séparer des composants dans un but d'analyse ou de purification, elle présente les avantages de ne nécessiter que peu de matériel et de donner des résultats facilement interprétables. La phase stationnaire est présente durant cette méthode à la surface d'un support plat (couche mince), ou sur une feuille en cellulose (papier). Quant à la phase mobile, elle se déplace par gravimétrie.

B- Chromatographie en phase liquide à haute pression (HPLC) :

On fait passer le mélange d'échantillon avec un solvant liquide sous haute pression, à travers une colonne remplie d'un matériau adsorbant solide. La pression à l'intérieur du système est établie à l'aide de pompes. Le principe de fonctionnement est que chaque composé du mélange interagit légèrement avec le matériau adsorbant de la colonne, ce qui entraîne des débits variables pour les différents composants. Ceci conduira à une séparation des composants à mesure qu'ils sortent de la colonne. Le matériau adsorbant utilisé est généralement granulaire et est constitué de particules solides, telles que la silice, qui constitue la " phase stationnaire ". Le liquide maintenu à pression est un mélange de solvants, tels que l'eau ou les liquides organiques (méthanol et de l'acétonitrile) qui constituent la " phase

mobile ” Il existe d'autres techniques et d'autres méthodes d'analyse ayant principalement pour but l'évaluation de la qualité des milieux terrestres ou aquatiques et l'estimation de leur taux de pollution. Cela est réalisable par l'identification et la quantification de leurs différents composants organiques, inorganiques et métalliques.

III-3-5 Méthode biologique (outils de bio surveillance) :

Etude de la contamination des Écosystèmes, des mécanismes d'accumulations des contaminants et effets de ceux-ci sur les organismes vivants à tous les niveaux d'interaction (de l'individu à écosystème). C'est aussi l'étude des modalités de contamination de l'environnement par les agents polluants naturels ou artificiels produits par l'activité humaine ainsi que de leurs mécanismes d'action et d'effets sur les êtres vivants qui peuplent la biosphère ». Newman en 2015 a défini la notion de l'Ecotoxicologie comme « la science des contaminants et leurs effets sur les constituants de la biosphère, incluant les humains ».

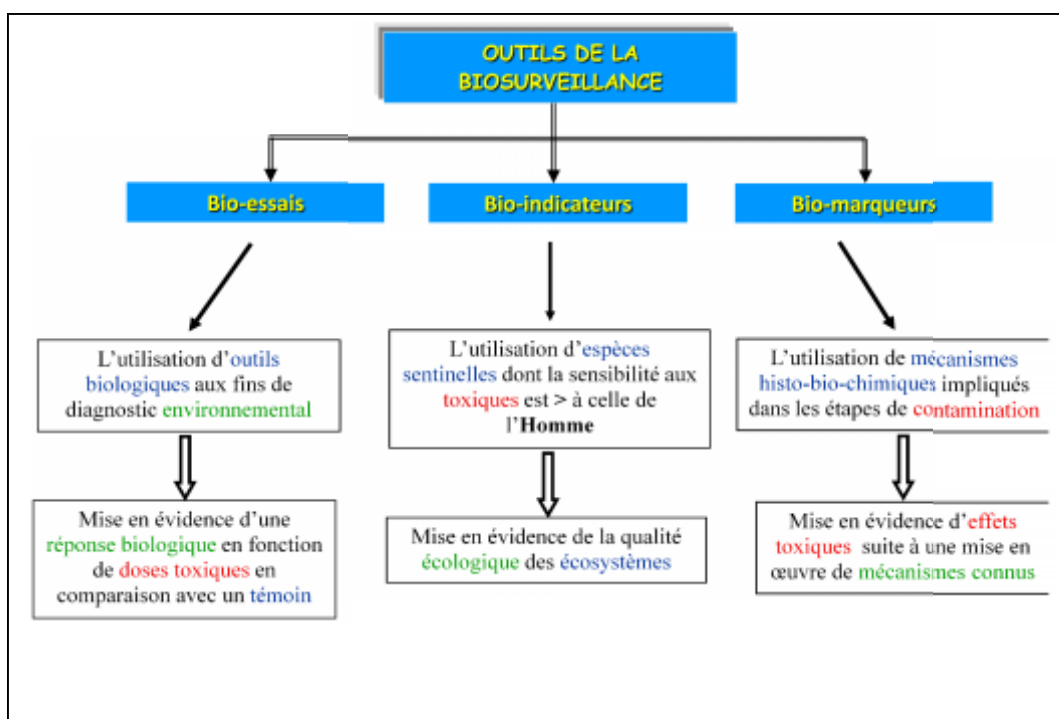


Figure 16. Schéma représentatif des outils de surveillance.

II-3-6 Méthode de diagnostic écologique (récolte d'information) :

L'évaluation de la qualité des milieux a pour objectif principal d'informer de l'état écologique d'un milieu naturel à un instant donné, en rendant compte de sa valeur patrimoniale, de son rôle dans le fonctionnement écologique local, mais aussi de ses dysfonctionnements et de son potentiel d'évolution. Il se réalise selon plusieurs étapes exemple :

➤ **Inventaires :**

Les inventaires ne représentent qu'une liste d'espèces, mais ils contribuent plutôt à une compréhension du fonctionnement de l'écosystème. Les études des inventaires amèneront à clarifier les potentialités du site, ses fragilités, les enjeux, mais aussi les contraintes rencontrées. La durée des inventaires dépend essentiellement de la superficie et de la complexité du site. La saisonnalité des phénomènes naturels est très importante pour leur analyse, en effet, le printemps reste la meilleure saison pour effectuer ces études. Les inventaires écologiques présentent plusieurs objectifs :

- Identifier les espèces, notamment les espèces rares et protégées.
- Cartographier les habitats et repérer les milieux remarquables.
- Comprendre la dynamique des écosystèmes et leurs interactions.
- Repérer les zones de déplacements des animaux
- Évaluer l'incidence d'un projet ou d'un aménagement sur le milieu et le site.
- Disposer de connaissances sur le milieu pour envisager des mesures compensatoires.

Chapitre IV : Catastrophes écologiques

Introduction

Les écosystèmes terrestres fonctionnent selon un équilibre dynamique, régulé par des cycles biogéochimiques complexes et une interdépendance entre les espèces. Cependant, ce fragile équilibre peut être brutalement rompu par des événements de grande ampleur, qualifiés de catastrophes écologiques. Celles-ci se définissent comme des perturbations majeures, d'origine naturelle ou anthropique, entraînant une altération profonde, persistante et souvent irréversible des structures et des fonctions d'un écosystème, dépassant largement sa capacité de résilience naturelle.

L'activité humaine induit en effet des catastrophes aux temporalités variées : aiguës (marées noires, accidents nucléaires) ou chroniques (déforestation, pollution diffuse, effondrement de la biodiversité). Leurs impacts se mesurent à l'aune d'une triple crise : la perte accélérée de biodiversité, la dégradation des services éco-systémiques et l'aggravation du dérèglement climatique, créant ainsi un cercle vicieux de vulnérabilité. Aujourd'hui, sous la pression des activités humaines, le rythme et l'ampleur des catastrophes écologiques s'accroissent, définissant une nouvelle ère de risques systémiques. Une catastrophe écologique se distingue par la violence de la perturbation qu'elle impose à un écosystème, qu'elle soit soudaine (comme un rejet massif de contaminants) ou insidieuse (comme l'artificialisation des sols), dépassant les seuils de tolérance écologique et la capacité d'auto-régénération des milieux.

Définition :

IV-1 Une catastrophe écologique est un événement, soudain ou progressif, qui provoque des dommages graves et durables à un écosystème, entraînant la destruction d'habitats, la perte massive de biodiversité, la dégradation des ressources naturelles et une altération profonde des équilibres environnementaux. Elle dépasse la capacité de résilience de l'écosystème touché à se rétablir de manière autonome dans un délai raisonnable.

Ces risques naturels sont une rencontre entre un aléa d'origine naturelle et des enjeux humains, économiques ou environnementaux. Les aléas naturels plus ou moins violents, sont généralement irrépressibles, toujours dommageables, souvent destructeurs. Les aléas naturels ont plusieurs origines :

- **Géophysiques**: liés à la géodynamique interne de la planète c'est-à-dire à l'activité tectonique et volcanique (séismes, éruptions volcaniques, tsunamis;...)

- **Géomorphologiques:** liés à la géodynamique externe de la planète (mouvements de terrain, avalanche, érosion,...)
- **Hydrométéorologiques:** liés aux interactions entre l'atmosphère et la surface de la Terre (cyclone, tempêtes, inondations, sécheresse,...)

IV-2 Les inondations :

Une inondation correspond à la submersion temporaire de zones habituellement hors d'eau.

Elle peut être due :

- ✓ **au débordement d'un cours d'eau** : une crue (ou montée du niveau de l'eau), lorsqu'elle est importante, peut amener le cours d'eau à sortir de son lit et à inonder les terres alentours. C'est le cas le plus fréquent.
- ✓ **à du ruissellement urbain** : lors de précipitations très intenses en ville, l'eau ne s'infiltre pas dans le sol, car ceux-ci sont imperméables. Les réseaux d'évacuation d'eaux pluviales peuvent rapidement être saturés. Les eaux de pluies empruntent alors les rues, avec des courants parfois dangereux, jusqu'à rejoindre une rivière ou un autre réseau d'évacuation.
- ✓ **à une remontée de nappe** : en cas de précipitations de longue durée, le niveau de la nappe phréatique, remonte, entraînant une inondation des zones alentours.
- ✓ **à une submersion marine** : sur le littoral, des conditions météorologiques et océaniques défavorables peuvent entraîner une hausse du niveau marin et alors inonder les zones côtières.

En effet, les inondations sont au premier rang des catastrophes naturelles dans le monde :

ce sont les plus fréquentes et les plus coûteuses en terme de souffrance humaine et de pertes économiques. A l'échelle mondiale, plus de 500 millions de personnes sont affectées par les inondations dont 400 millions en Asie et plus de 25 000 en périssent chaque année. Rien qu'en Europe entre 1998 et 2006, les inondations causèrent quelques 700 morts, le déplacement de 500 000 personnes et au moins 25 milliards d'euros de pertes économiques couvertes par les assurances.



Figure 17. Les inondations dans l'ouest de l'Algérie.

IV-3 Les séismes et les tsunamis :

Un séisme est une vibration du sol provoquée par une rupture brutale des roches de la lithosphère le long d'une faille. Une faille est une zone de rupture en profondeur dans la roche qui se prolonge parfois jusqu'à la surface du sol, et le long de laquelle les deux bords se déplacent l'un par rapport à l'autre. Les séismes sont l'une des manifestations de la tectonique des plaques. C'est l'un des phénomènes naturels parmi les plus meurtriers, tant par ses effets directs (chutes d'objets, effondrements de bâtiments) que par les effets induits (mouvements de terrain, tsunamis, etc.). De plus, outre les victimes possibles, un très grand nombre de personnes peuvent se retrouver blessées, déplacées ou sans abri.

Le tsunami est une onde océanique qui se propage dans toutes les directions à partir d'une source correspondant au déplacement brutal d'une grande masse d'eau. Ce déplacement d'eau peut résulter d'un séisme provoqué par la rupture d'une faille en mer, d'un glissement de terrain éventuellement sous-marin, d'une éruption volcanique ou d'un impact de météorite. Lorsque l'onde marine atteint le littoral, elle peut avoir des manifestations variables. Ainsi, plus le volume d'eau déplacé est grand, plus la distance parcourue par les tsunamis sera longue, plus le nombre de pays concernés pourra être élevé et plus les dégâts risquent d'être importants. Les tsunamis peuvent avoir des impacts à des distances variables de leur source.

On peut ainsi parler de :

- A- Tsunamis locaux**, observables jusqu'à une centaine de kilomètres, qui sont provoqués par des séismes (d'une magnitude de 6,5 et 7,5), des glissements de terrain ou des éruptions volcaniques ;
- B- Tsunamis régionaux** qui se propagent sur une distance comprise entre 100 et 1000 km et sont générés presque uniquement par des séismes de subduction (voir ci-avant) ;

C- Télé tsunamis, capables de détruire les côtes à des milliers de kilomètres de la source et sont générés presque uniquement par de très grands séismes, principalement associés à des subductions.

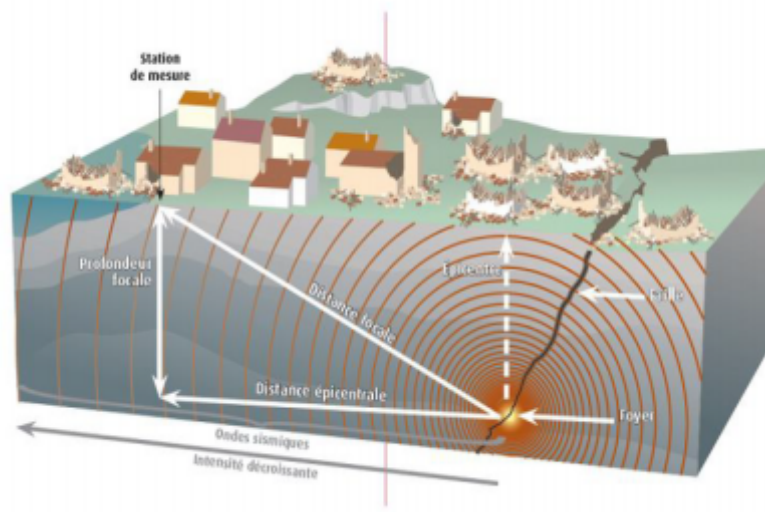


Figure 18. Formation d'onde sismique.

Ces dernières années, il y a eu de graves tremblements de terre, en particulier en Asie ;

- Le 25 avril 2015, un tremblement de terre de magnitude 7,8 a secoué la région entre Katmandou et Pokhara au Népal. 9 000 personnes ont perdu la vie et plus de 22 000 ont été blessées.
- Le 6 février 2023, deux séismes dévastateurs ont frappé la Turquie et la Syrie. Avec plus de 50 000 victimes et des milliers de bâtiments détruits, ces tremblements de terre comptent parmi les plus meurtriers du XXI^e siècle.
- En 1960, le Chili a connu son plus fort tremblement de terre depuis le début des enregistrements, avec une magnitude de 9,5 sur l'échelle de Richter. Le tremblement de terre a déclenché un tsunami qui a causé des ravages et des dégâts considérables. 1 655 personnes ont perdu la vie, 3 000 ont été blessées et environ deux millions de personnes ont perdu leur maison.
- L'un des tsunamis les plus dévastateurs s'est produit en décembre 2004, dans l'océan indien. Il a touché 14 pays, dont l'Indonésie, le Sri Lanka, l'Inde et la Thaïlande, faisant environ 230 000 morts et disparus.

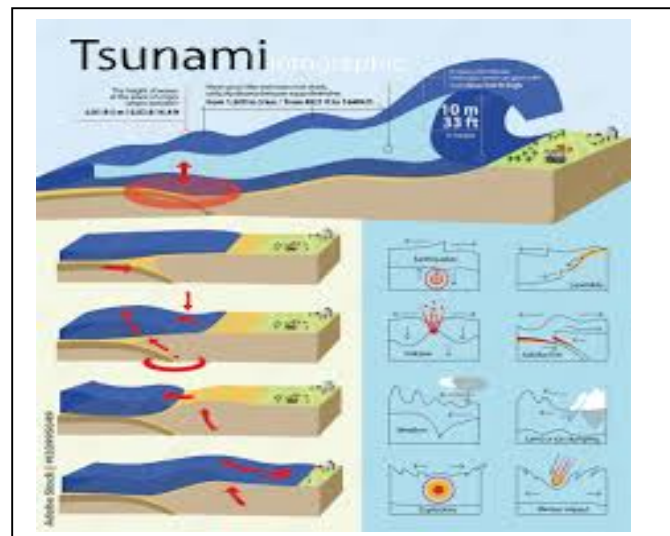


Figure 19. Déclenchement d'un tsunami.

IV-4 Les incendies des forêts :

De nombreux feux d'une ampleur hors norme ont embrasé les forêts et marqué l'actualité ces dernières années sur presque tous les continents. Le changement climatique et le développement des installations humaines ont multiplié les risques d'incendies, faisant peser de nouvelles menaces sur la végétation et les hôtes des forêts, comme sur les habitants des territoires.



Figure 20. Les incendies de Kabylie 2021.

Il existe plusieurs types de feu. Ils diffèrent selon le type de végétation et de conditions climatiques :

A- Les feux de sol : brûlent la matière organique qui se trouve dans la litière, l'humus ou les tourbières. Malgré leur faible vitesse de propagation, ils sont très destructeurs puisqu'ils détruisent les systèmes souterrains de la végétation. De plus, du fait qu'ils se propagent dans les sols, ces feux sont difficiles à éteindre complètement.

B- Les feux de surface : brûlent les couches basses de la végétation. Leur vitesse de propagation peut-être plus rapide de par la présence ou non de vent et de relief.

C- Les feux de cime : brûlent les couches supérieures de la végétation et sont très difficiles à contrôler. Leur vitesse de propagation est très rapide.

IV-4-1 Les causes des incendiés :

Les incendies de forêt trouvent leur origine dans deux grandes catégories de causes :

1. **Les causes naturelles**, comme la foudre ou les éruptions volcaniques.
2. **Les causes humaines**, qui se subdivisent en trois types : les départs de feu intentionnels (pyromanie, brûlis agricole non contrôlé), involontaires (négligence, mégots, feux de camp mal éteints) et ceux liés aux infrastructures (défaut de lignes électriques, étincelles de matériel ferroviaire).

Les départs de feux sont classés en quatre catégories :

- **Les causes naturelles** essentiellement dues à la foudre et ne représente que 4 à 7% des départs de feux
- **Les causes humaines accidentelles**
- **Les causes humaines volontaires**
- **Les causes inconnues**

Les causes d'origine humaine représentent près de 90% des départs de feux, les effets du changement climatique peuvent aggraver le risque incendie de forêt.

Bien que les incendies de forêt soient beaucoup moins meurtriers que la plupart des catastrophes naturelles, ils n'en restent pas moins très coûteux en termes d'impact humain, économique, matériel et environnemental. Les incendies de forêts peuvent mettre gravement en danger la population, tant les résidents que les touristes. Ils peuvent également causer la

mort de pompiers qui luttent contre le feu. Par ailleurs, la propagation des flammes provoque d'importants dommages aux biens.

IV-4-1 Les incendies de forêts et végétation ont des conséquences :

- **sanitaires à long terme** : outre les décès et les blessés directs, la pollution de l'air par les fumées, la pollution des sols et des eaux de surface et souterraines par les cendres peuvent avoir des conséquences pour la santé humaine ;
- **environnementales** : atteinte à la biodiversité, à la forêt, aux paysages, dégagement de CO₂, aggravation d'autres risques (chutes de pierres, mouvements de terrain, inondations, avalanches en montagne...) ;
- **économiques** : perte de production agricole et de bois, baisse de l'activité touristique, perte de lieux de vie ou de production... ;
- **sociales** : pertes de lieux de sociabilité.

IV-5 Tempêtes, cyclones, tornades et orages :

A- Une tempête :

Une tempête se caractérise par l'évolution d'une perturbation atmosphérique, ou dépression, le long de laquelle s'affrontent deux masses d'air aux caractéristiques distinctes (température, teneur en eau). Les tempêtes des régions tempérées sont généralement accompagnées d'importantes précipitations, de fortes houles et de marées de tempête sur les zones littorales. Le seuil au-delà duquel on parle de tempête est de 89 km/h, ce qui correspond au degré 10 de l'échelle de Beaufort. Cette échelle classe les vents selon douze degrés, en fonction de leurs effets sur l'environnement.



Figure 21. Tempête Frederico avec 129 km/h, Auvergne- France, Le 17 nov. 2023.

B- Un cyclone :

Le cyclone est une perturbation atmosphérique des régions tropicales d'échelle un peu plus réduite. Il se développe uniquement au dessus des océans en saison de surchauffe des eaux superficielles. Des nuages convectifs se développent et finissent par s'organiser autour d'une forte dépression, centre de rotation d'une circulation dite « fermée » autour de laquelle sévissent les vents les plus violents.

Les statistiques de ces 20 dernières années indiquent qu'il y a environ 80 à 85 cyclones qui se forment chaque année sur notre planète, et que parmi ces 80/85, 40/45 dépassent le seuil d'ouragan (plus de 117 km/h en vent maximum soutenu).

- 71 % sont répertoriés dans l'hémisphère nord ;
- 29 % seulement dans l'hémisphère sud.

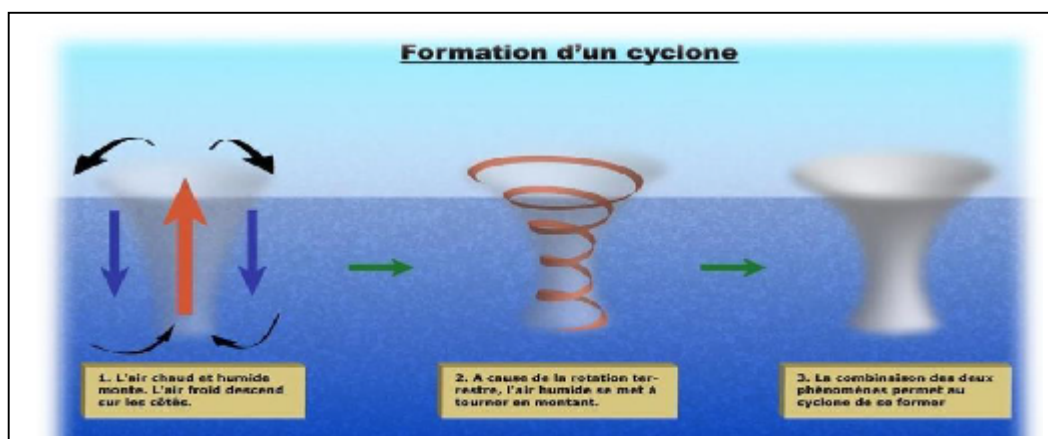


Figure 22. Formation d'un cyclone.

Tableau 14. Nombre de phénomènes cycliques par zone géographique.

Domaine géographique	Nombre moyen de cyclones (%)	Nombre moyen d'ouragans
Atlantique	15 (18%)	7 (16%)
Pacifique Nord Est et central	16 (19%)	7 (16%)
Pacifique Nord Ouest	24 (29%)	16 (36%)
Océan indien Nord	5 (6%)	2 (5%)
Océan indien Sud-Ouest	10 (12%)	16 (14%)
Océan indien Sud-Est	6 (7%)	3 (7%)
Pacifique Sud	8 (10%)	3 (7%)

C- Une tornade (un tourbillon ultra-violent sur terre) :

La **tornade** est une colonne d'air ascendante à rotation très rapide, issue d'un nuage instable qu'elle relie au sol. Dans cette véritable cheminée aspirante, la pression est très basse, la chute de pression pouvant atteindre 80 hectopascals (hPa). Elles correspondent à un violent mouvement tourbillonnaire de l'air, très localisé et bref (quelques minutes ou quelques dizaines de minutes), lié à une situation orageuse intense.



Figure 23. Tornade de Kansas USA 13-14- mars 2024.

D- Ouragan (un phénomène tropical qui se forme en mer) :

L'ouragan se forme dans l'océan, c'est un phénomène très vaste qui s'étend sur 300 à plus de 800 kilomètres, et peut parcourir une très grande distance. Il s'épuise par contre rapidement dès qu'il touche les côtes. L'ouragan génère des averses orageuses diluviennes et des vents puissants : le plus grand danger des ouragans pour la population humaine, ce sont les pluies et l'élévation du niveau de la mer, bien plus que les vents. Les pluies intenses ont souvent pour conséquence des inondations, et sont durables (plusieurs jours), alors que les vents violents se concentrent surtout sur les côtes, et atteignent très peu les terres.

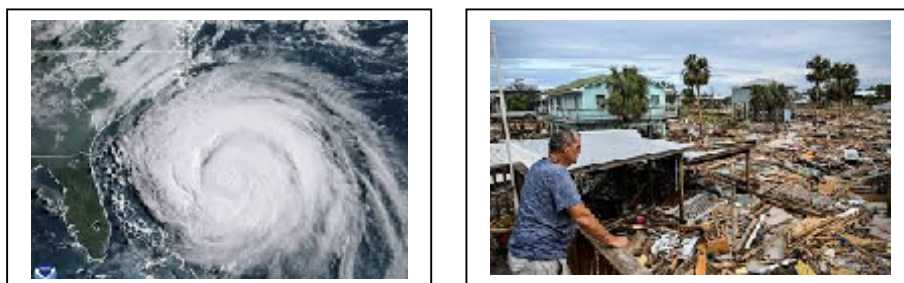


Figure 24. Ouragan de Katrina avec 204 km/h USA Le 30 août 2005.

E- Les orages :

Les orages résultent d'une forte instabilité thermique de l'atmosphère, causée par une surchauffe des sols et/ou un refroidissement en altitude. L'instabilité entraîne progressivement des mouvements de convection qui favorisent la condensation. L'ensemble aboutit à la formation d'un nuage à grande extension verticale : le cumulonimbus. Au delà de rafales de vents à brusque changement de direction, de nombreux autres phénomènes sont associés : la foudre, le tonnerre, des précipitations potentiellement abondantes (pluie et parfois grêle).

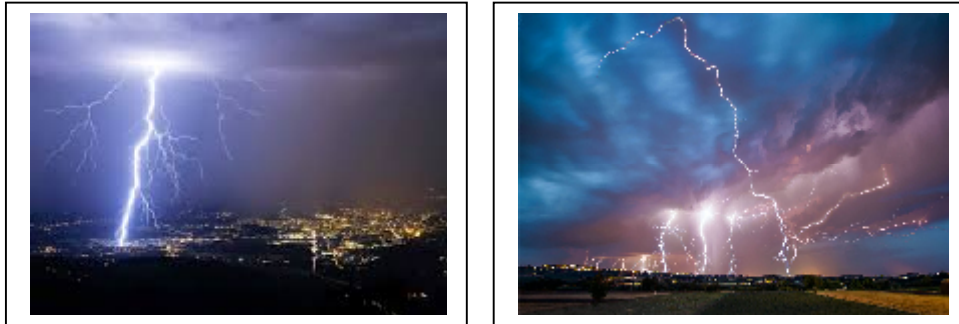


Figure 25. Les orages.

✓ Les mouvements de terrain :

Les mouvements de terrain sont des phénomènes naturels d'origines très diverses. Qui survient chaque année, ils présentent parfois un danger pour la vie des personnes et les dommages qu'ils occasionnent peuvent avoir des conséquences socio-économiques considérables. Pour qu'un mouvement de terrain ait lieu, il faut plusieurs paramètres qui agissent en même temps pour déclencher le processus. En effet, une seule cause ne peut être à l'origine du phénomène, il faut que plusieurs critères interviennent :

- le type de la roche (la géologie globale de la zone) ;
- le relief ;
- et l'exposition du terrain.

IV-6 Éruption volcanique :

Une éruption volcanique est une manifestation géologique brutale ou progressive par laquelle des matériaux issus du magma interne de la Terre (lave, gaz, cendres et roches) sont émis à la surface par une fissure ou un conduit appelé volcan. un phénomène géologique naturel majeur qui, par la puissance et l'étendue de ses effets, constitue une **catastrophe naturelle** pouvant profondément modifier les paysages, le climat et menacer les sociétés humaines.

IV-6-1 Principales caractéristiques :

- **Cause** : Elle est due à la remontée et à la dépressurisation du **magma**, un mélange de roches fondues, de gaz et de cristaux, depuis une chambre magmatique vers la surface.
- **Déclencheurs** : Cette remontée peut être provoquée par l'arrivée de nouveau magma, l'accumulation de gaz sous pression ou un mouvement tectonique.
- **Manifestations** : Les éruptions peuvent être **effusives** (coulées de lave fluide relativement calmes) ou **explosives** (projections violentes de cendres, gaz et bombes volcaniques), ou combiner les deux types.

IV-6-2 Impacts majeurs (considérés comme une catastrophe naturelle) :

- **Immédiats et directs** : Coulées de lave destructrices, nuées ardentes (mélanges de gaz et cendres surchauffés), chutes de cendres étouffantes, projections de bombes volcaniques et émissions de gaz toxiques.
- **Secondaires et à plus long terme** :
 - **Climatiques** : Les cendres et aérosols (comme le dioxyde de soufre) projetés dans la haute atmosphère peuvent faire baisser les températures globales pendant plusieurs mois ou années ("hiver volcanique").
 - **Environnementaux** : Fertilité des sols à long terme (apports de minéraux), mais destruction immédiate des écosystèmes, pollution des cours d'eau.
 - **Humains et socio-économiques** : Pertes humaines, destructions d'habitations et d'infrastructures, perturbations du trafic aérien), déplacements de population.

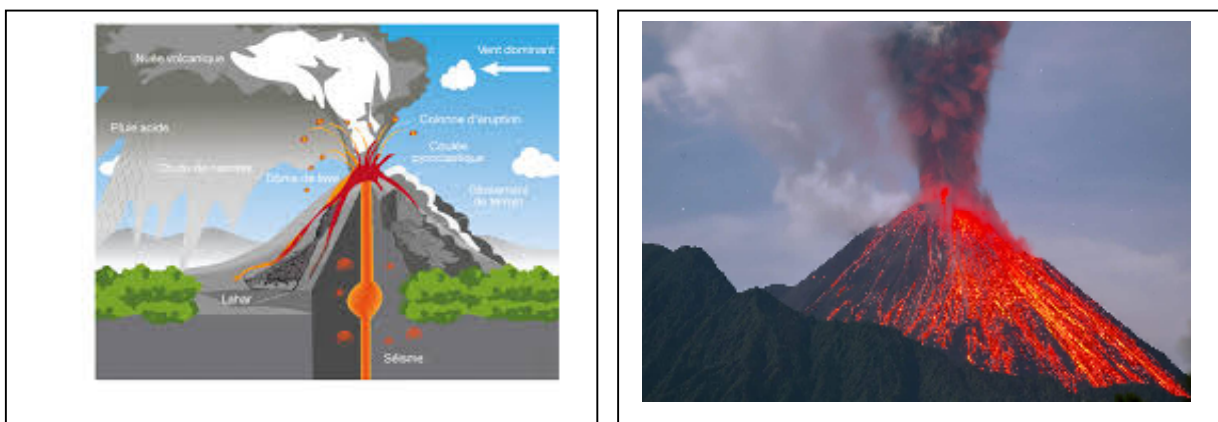


Figure 26. L'éruption volcanique de Hunga Tongam 2022.

Chapitre V : Moyen de lutte contre la pollution

Introduction

Le monde produit un volume extraordinaire de polluants qui mettent à mal les moyens dont disposent les voies d'eau pour assimiler la pollution ou la lessiver. Les ingénieurs hydrauliciens disent que la « la dilution et la solution de la pollution » Cet axiome est en train de prendre des dimensions effrayantes. Chaque année, environ 450 kilomètres cubes d'eaux usées sont déchargées dans les fleuves, les rivières et les lacs. Pour diluer et transporter ces eaux sales avant qu'on puisse les réutiliser, on a besoin de 6000 kilomètres cubes supplémentaires d'eaux pures, soit un volume égal aux deux tiers environ de l'ensemble du ruissellement annuel d'eau douce utilisable dans le monde, le traitement des déchets urbains et industriels La gestion des déchets est basée sur :

- Réduire le volume des déchets produits ;
- Réutiliser les déchets ;
- Récupérer dans le flux de déchets les matériaux ayant une valeur ;
- Remplacer les matériaux d'une façon plus écologique ;
- Recycler les matériaux transformables.

V-Les moyens de lutte contre la pollution :

La pollution, sous ses multiples formes, constitue l'un des défis majeurs de notre époque, menaçant tant les écosystèmes que la santé publique et la stabilité économique. Définie comme l'introduction de substances ou d'énergie nuisibles dans l'environnement à un rythme supérieur à sa capacité d'absorption, elle est une conséquence directe des modèles de développement et de consommation des sociétés industrielles et post-industrielles. Face à cette problématique à la fois globale et locale, la lutte contre la pollution n'est plus une simple option, mais une nécessité impérieuse qui engage notre responsabilité collective et individuelle. Cette lutte, complexe et multidimensionnelle, ne saurait se réduire à une réponse unique. Elle exige au contraire une approche intégrée, mobilisant une panoplie de moyens complémentaires : des réglementations contraignantes et des innovations technologiques jusqu'aux transformations profondes de nos comportements économiques et sociaux. C'est en articulant l'action des États, des entreprises et des citoyens que l'on peut espérer contenir, puis inverser, les effets délétères de la contamination de l'air, de l'eau, des sols et de l'espace sonore. Ainsi, pour appréhender les ressorts d'une action efficace, il convient d'analyser les

principaux leviers de cette lutte. Nous examinerons dans un premier temps les moyens réglementaires et technologiques, piliers de l'action institutionnelle. Puis, nous verrons comment les mécanismes économiques et l'innovation peuvent orienter les marchés vers des solutions plus propres. Enfin, nous étudierons le rôle fondamental des initiatives citoyennes et des changements de comportement, sans lesquels aucune stratégie globale ne peut pleinement aboutir. C'est à la confluence de ces différents registres d'action que se dessine le chemin d'un avenir durable.

V-1 Lutte contre la Pollution de l'Air :

A- Transport :

- Développer les transports en commun, le vélo et la marche.
- Promouvoir les véhicules électriques et à hydrogène.
- Instaurer des zones à faibles émissions (ZFE) dans les villes.
- Encourager le covoiturage et le télétravail.

B- Industrie :

- Imposer des normes d'émission strictes et utiliser des technologies de filtration (filtres à particules, épurateurs).
- Passer à des énergies moins polluantes.
-

C- Résidentiel :

- Remplacer les chauffages au bois anciens et au fioul par des systèmes plus efficaces (pompes à chaleur, chaufferies collectives).
- Isoler les bâtiments pour réduire la consommation d'énergie.

D- Agriculture :

- Adopter des pratiques limitant les émissions d'ammoniac (gestion des engrais, couverture des sols).

V-2 Lutte contre la Pollution de l'Eau :

A- Assainissement :

- Améliorer et moderniser les stations d'épuration des eaux usées.
- Généraliser l'assainissement collectif et contrôler les installations non collectives.

B- Agriculture :

- Réduire l'usage des pesticides et engrais chimiques.
- Développer l'agriculture biologique et les pratiques agro-écologiques.
- Créer des bandes enherbées le long des cours d'eau.

C- Industrie :

- Interdire les rejets de substances dangereuses et contrôler strictement les autorisations.

D- Sensibilisation :

- Lutter contre les déchets plastiques et les rejets d'hydrocarbures.

V-3 Lutte contre la Pollution des Sols et des Déchets :**A-Réduction à la source :**

- Appliquer le principe du pollueur-payeur.
- Lutter contre l'obsolescence programmée et promouvoir l'éco-conception.

B-Gestion des déchets :

- Appliquer la règle des 5R : Refuser, Réduire, Réutiliser, Recycler, Rendre à la terre (composter).
- Développer le tri sélectif et les filières de recyclage efficaces.
- Traiter et sécuriser les décharges pour les déchets ultimes.

D-Dépollution :

Identifier et réhabiliter les friches industrielles polluées (sols contaminés).

V-4 Lutte contre la Pollution Sonore :**A- Réglementation :**

- Imposer des normes de bruit pour les véhicules, les avions et les machines.
- Établir des plans de prévention du bruit dans l'environnement.

B- Aménagement :

- Créer des écrans antibruit le long des autoroutes et voies ferrées.
- Isoler acoustiquement les logements.

C- Urbanisme :

- Éloigner les nouvelles constructions des sources de bruit importantes.

V-5 Moyens Transversaux et Politiques :**A- Réglementation et Économie :**

- Appliquer des normes environnementales strictes (normes européennes).
- Utiliser des instruments économiques : taxes carbone, marchés de permis d'émission, subventions pour les technologies propres.

B- Recherche et Innovation :

- Investir dans les technologies vertes (dépollution, énergies renouvelables, économie circulaire).

C- Coopération Internationale :

- Respecter et renforcer les accords internationaux (Accords de Paris sur le climat, Protocole de Kyoto).

D- Sensibilisation et Éducation :

- Informer le public et éduquer dès le plus jeune âge aux enjeux environnementaux.

V-6 Actions Individuelles et Citoyennes :**A- Consommation :**

- Privilégier les produits locaux, de saison, bio et avec peu d'emballages.
- Réparer, réutiliser, acheter d'occasion.

B- Mobilité :

- Marcher, faire du vélo, utiliser les transports en commun.

C- Énergie :

- Réduire sa consommation (chauffage, électricité), opter pour un fournisseur d'énergie verte.

D- Déchets :

- Trier correctement, composter ses déchets organiques.

E- Engagement :

- Soutenir des associations, participées à des initiatives citoyennes (nettoyage, plantations).

V-7 Les moyens physique et biologique de lutte contre la pollution :

Les moyens physiques et biologiques sont souvent **complémentaires**. Une dépollution peut commencer par un traitement physique (excavation, lavage) pour éliminer la majeure partie de la pollution, puis se poursuivre par un traitement biologique (bioremédiation ou

phytooremédiation) pour éliminer les résidus en profondeur. Le choix dépend du type de polluant, de son niveau de concentration, du milieu affecté, du temps disponible et des coûts. La réponse aux défis environnementaux contemporains repose sur une ingénierie écologique de plus en plus sophistiquée, où se côtoient et se complètent des approches fondamentalement distinctes. Parmi elles, les moyens **physiques** et **biologiques** représentent les deux grands piliers technologiques de la dépollution. D'un côté, les procédés physiques, héritiers de l'industrie et du génie des procédés, visent à extraire, isoler ou transformer les polluants par l'application de principes mécaniques, chimiques ou énergétiques. De l'autre, les méthodes biologiques, s'inspirant des capacités d'auto-épuration du vivant, mobilisent des micro-organismes, des plantes ou des écosystèmes pour dégrader, stabiliser ou valoriser les contaminants de manière plus douce. Cette dualité entre l'artefact technologique et le processus naturel n'est pas une opposition, mais plutôt une synergie essentielle, parfaitement illustrée par le fonctionnement d'une station d'épuration des eaux usées (STEP).

Un exemple sur les moyens de lutte physique et biologique :

V-7-1 Les stations d'épurations :

En effet, une STEP moderne constitue un laboratoire à ciel ouvert de cette complémentarité. Le prétraitement y repose sur des procédés **physiques** tels que le dégrillage (filtration grossière) et le dessablage-dégraissage (décantation physique), qui éliminent les macro-déchets et les particules solides. L'étape clé du traitement, souvent biologique, met ensuite en œuvre des **bactéries aérobies** dans des bassins d'aération ou des biofiltres pour dégrader la matière organique polluante. Enfin, une clarification finale par **sédimentation** (procédé physique) permet de séparer l'eau épurée des boues biologiques.

Définition

A- Une station d'épuration contient un ou plusieurs dispositifs destinés à extraire les différents polluants contenus dans les eaux usées qu'elle reçoit, afin que les rejets ne détériorent pas le milieu naturel récepteur.



Figure 27. Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration à boue activée.

B- Les différents systèmes d'épuration des eaux usées urbaines :

1-Prétraitement:

Les eaux brutes doivent généralement subir avant leur traitement, un prétraitement qui comporte un nombre d'opérations uniquement physique ou mécanique ; il est destiné à extraire de l'eau brute la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature ou la dimension constituerait un gêne pour les traitements ultérieurs.

1-1 Dégrillage :

L'objet du dégrillage est de débarrasser l'effluent des matières volumineuses. Il doit toujours s'effectuer avant une opération de relevage. A l'arrivée, l'eau usée en provenance des égouts passe entre les barreaux métalliques d'une grille qui retiennent les déchets volumineux (papiers, matières plastique, objets divers,...) et l'effluent est relevé jusqu'au niveau de l'usine à l'aide de vis d'Archimède ou de pompes

1-2 Dessablage :

C'est une technique qui consiste à faire circuler l'eau dans une chambre de tranquillisation afin de permettre aux particules de sédimenter. Le domaine usuel porte sur les particules de granulométrie supérieure à 200 microns. On désire dans ce cas séparer les sables des autres matières présentes dans les eaux en maintenant une vitesse de 0,3m/s.

1-3 Déshuilage :

Cette opération se rapporte à l'extraction de toutes les matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau. Injection de l'air dans cette phase permettra l'augmentation de la montée des particules grasses vers la zone de tranquillisation où s'effectue la récupération. Le temps de séjour est de 5 à 12 min avec une vitesse ascensionnelle de 15m/h.

2-Traitement Primaire :

La décantation primaire s'effectue dans des bassins le plus souvent de forme cyclonique mais il existe bien d'autres types de décanteurs elle permet d'éliminer 70 % environ des matières minérales et organiques qui se déposent au fond du bassin et envoyées dans des épaisseurs pour y être traitées.

Remarque les performances de la décantation peuvent être améliorées par l'adjonction de produits chimiques (sulfate d'alumine, chlorure ferrique, agents de coagulation...) cette technique qu'on appelle floculation permet de capter 90 % des matières en suspension.

Principe du décanteur

Ces appareils utilisent le procédé physique de séparation des matières en suspension (MES) dans un liquide telle que les boues sables voire des hydrocarbures ; les particules dont la densité est supérieure à l'eau s'accumulent au fond du décanteur sous l'effet de la pesanteur, l'eau clarifiée se situant à la surface est ensuite dirigée vers un filtre. Cette décantation est relativement longue pour les particules très fines qui sont très sensibles aux courants du bac de décantation.

2-1 Les décanteurs horizontaux

Le décanteur horizontal est constitué d'une cuve parallélépipédique : l'eau chargée de MES pénètre à une extrémité et l'eau décantée ressort à l'autre suivant un écoulement horizontal. Elle nécessite une surface de bassin de décantation importante avec une vitesse de sédimentation généralement faible.

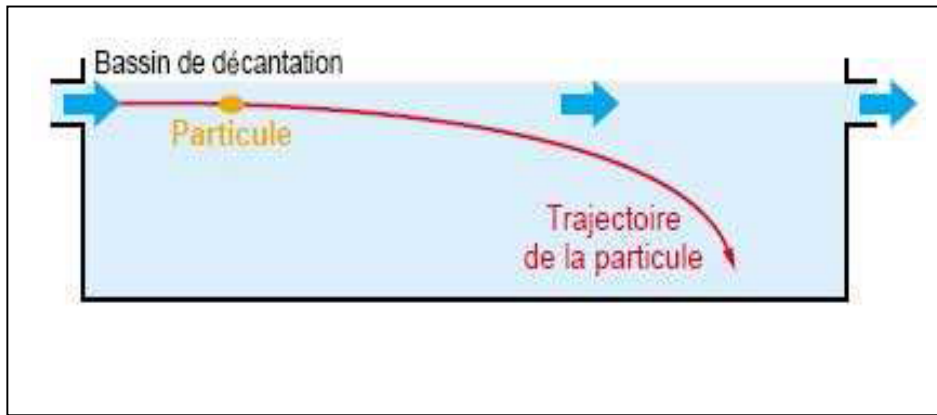


Figure 28. Schéma représentatif d'un décanteur horizontal.

2-2 Décanteurs lamellaires

- Il s'agit d'un ouvrage de décantation dans lequel des lamelles parallèles inclinées permettent de multiplier la surface de décantation utile tout en réduisant la surface au sol par rapport à un bassin de décantation classique à flux horizontal. Les décanteurs utilisant des plaques ou des tubes réalisent également une décantation considérable plus rapide que la décantation classique.
- La décantation lamellaire est fondée sur le principe de la décantation à flux horizontal. Ainsi, on constate que la décantation d'une particule est liée uniquement au débit Q et à la surface horizontale S , et qu'elle est théoriquement indépendante de la hauteur H de décantation.

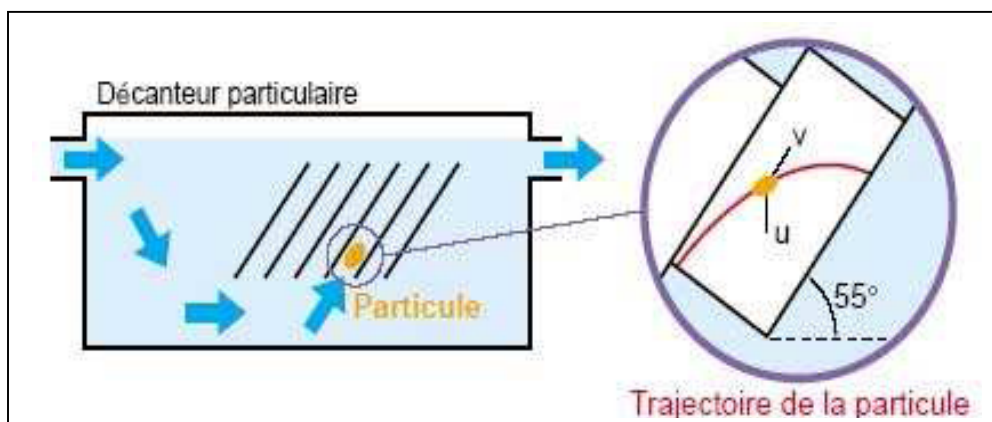


Figure 29. Schéma représentatif d'un décanteur lamellaire.

3- Traitement secondaire :

Après décantation l'effluent est introduit dans des bassins équipés de dispositifs d'aération (turbine, insufflation d'air....) ou des micro-organismes naturellement présent dans les effluents, dégradent les matières organiques dissoutes. L'air insufflé leur fournit l'oxygène nécessaire pour respirer et il se développe en se nourrissant de la pollution organique

3-1 Les boues activées :

Est très largement utilisé. Il s'agit d'un réacteur qui contient les eaux à traiter, dans lequel est injectée une boue chargée de bactéries. Les bactéries consomment la matière organique et contribuent à l'élimination de l'azote et du phosphate. A la sortie du réacteur, l'effluent passe dans un clarificateur. La boue décantée est séparée en deux flux : l'un rejoint le réacteur (ensemencement) et l'autre est évacué vers la filière des boues. L'action des bactéries dans le réacteur nécessite de l'oxygène.

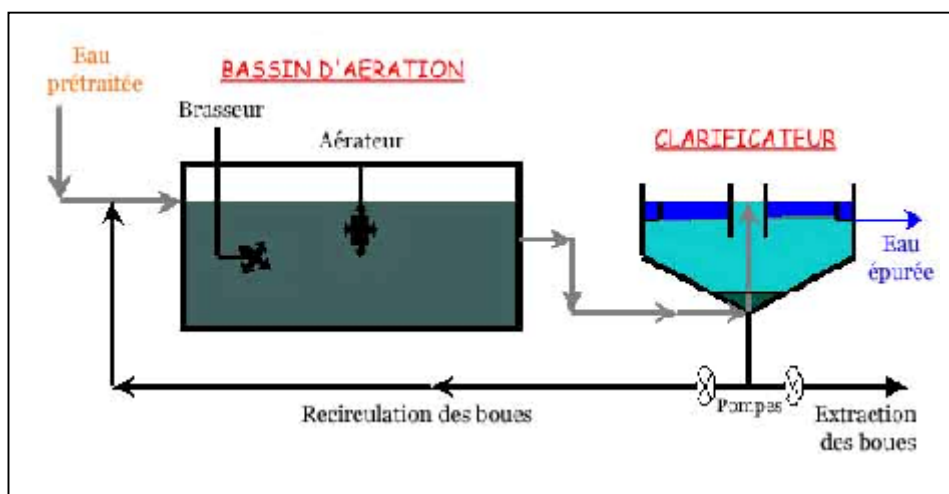


Figure 30. Principe des boues activées et clarification.

3-2 Les disques biologiques :

- Les disques biologiques constituent une technique utilisée surtout pour les eaux usées saisonnières de tourisme.
- Ils ont un diamètre de 2 à 4 mètres et sont à demi immergés. Ils sont fixés sur des axes de rotation horizontaux et tournent lentement (quelques tours par minutes) autour d'un axe horizontal et baignant en partie dans l'eau à traiter et avec le dioxygène de l'air ambiant.

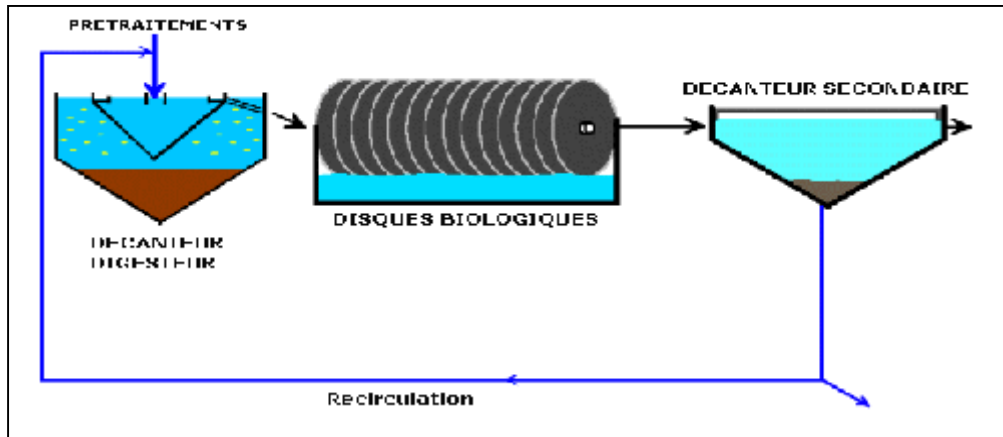


Figure 31. Schéma représentatif sur les disques biologiques.

3-3 Les lits bactériens :

➤ L'épuration sur lit bactérien :

Est le plus ancien procédé biologique. Des bactéries sont cultivées sur un substrat neutre, comme de la pierre concassée, de la pouzzolane (sable volcanique), du mâchefer ou du plastique. On fait passer l'effluent sur le substrat. La difficulté consiste à trouver la bonne vitesse du flux d'eau, qui ne doit pas être trop rapide (pour permettre la dégradation bactérienne) ni trop lent (pour une bonne évacuation des MES en excès).

➤ Le bio filtre :

Qui combine les actions épuratrices de la filtration et de l'activité microbienne. C'est un traitement intensif qui est rapide à mettre en place, qui prend peu de place, et qui ne nécessite pas de bassin de clarification. Il est donc beaucoup utilisé dans les unités de traitement individuelles. Par contre, il nécessite un nettoyage fréquent du filtre. Son efficacité serait similaire à celle des boues activées.

4- Traitement complémentaire ou tertiaire :

➤ Le chlore :

Est un oxydant puissant qui réagit à la fois avec des molécules réduites et organiques, et avec les micro-organismes. Les traitements de purification et de clarification en amont ont

une très grande importance pour permettre une bonne efficacité du traitement, et éviter d'avoir à utiliser trop de chlore.

➤ L'ozone :

Est un procédé de désinfection permet l'élimination des bactéries, des virus et des protozoaires. C'est le seul procédé vraiment efficace contre les virus.

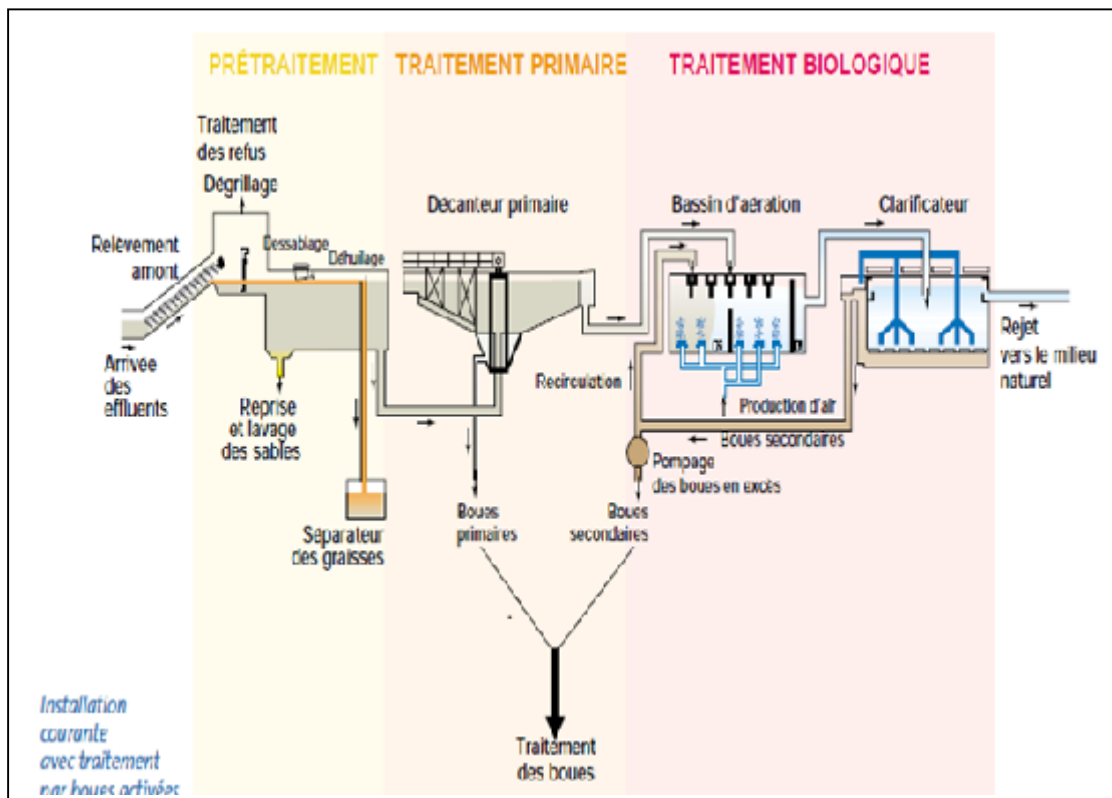


Figure 32. Schéma représentatif de différentes étapes de traitements dans une station d'épuration.

V-7-2 Le lagunage secondaire :

- **Principe :**

Une station de lagunage est une succession de bassins de rétention peu profonds dans lesquels l'eau s'écoule lentement par gravité. Dans chacun de ces bassins, stagne une tranche d'eau où évolue un écosystème particulier. Cette technique permet essentiellement de s'appuyer sur une association alimentaire à savoir ; les bactéries aérobies, les bactéries anaérobies, les algues ou phytoplancton et le zooplancton dans certains cas. Pour assurer une bonne fiabilité

de fonctionnement, on dispose généralement trois bassins en série : un bassin anaérobie (étant beaucoup plus grand que les autres car il s'agit d'un lieu de décantation plus important), un bassin facultatif et un bassin de maturation. Biologique couvrant toute une chaîne.

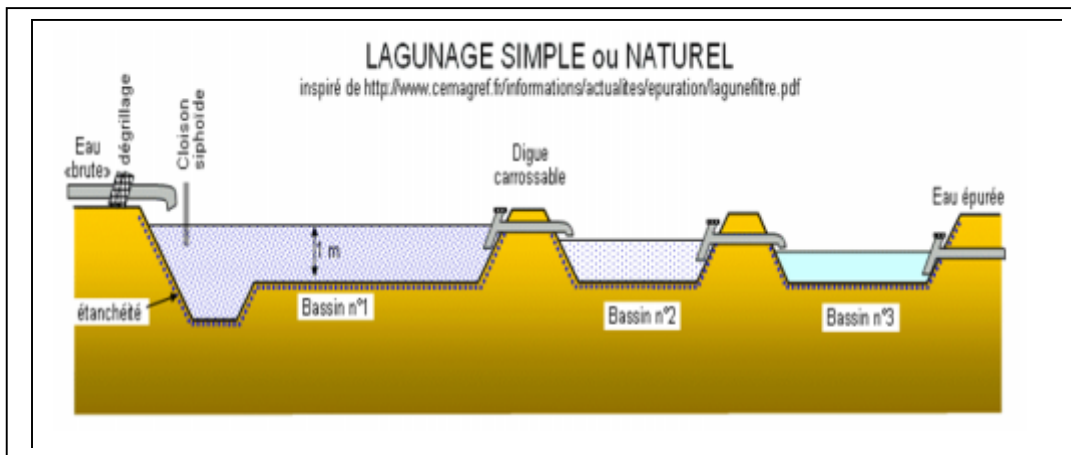


Figure 33. Coupe transversale d'un système classique de lagunage.

2-1 Filtration et Percolation :

- **Principe :**

L'infiltration ou percolation consiste à traiter l'eau par l'intermédiaire du sol ou d'un massif filtrant. Le principe d'épuration par infiltration-percolation consiste à infiltrer, après le passage des eaux usées dans un ouvrage de décantation primaire, l'effluent à épurer à travers un support granulaire fin (massif de sable) non saturé sur lequel est fixée la biomasse épuratoire.

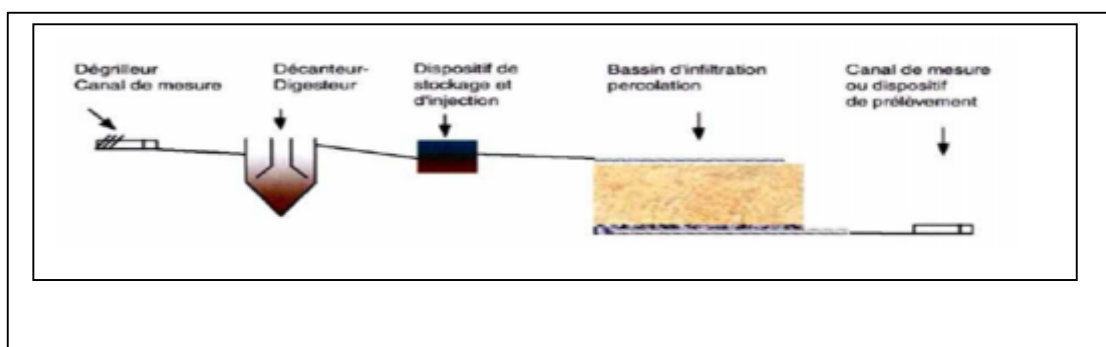


Figure 34. Système de bassin d'infiltration- percolation.

2-2 Système de bassin d'infiltration- percolation :

La filtration sur le sable en milieu insaturé permet principalement une oxydation de la matière organique, de nitrifier l'azote ammoniacal (formation de nitrates) et de réduire les germes pathogènes. L'épuration par filtration fait appel à la fois à des processus d'ordre physique, chimique et biologique.

- Il existe d'autre moyen de lutte contre la pollution :

La valorisation des déchets est toute opération permettant de réutiliser les déchets après transformation ou en utilisation directe. Avant de procéder à la valorisation, il est utile de déterminer le potentiel des déchets, c'est-à-dire leur nature et la possibilité de les transformer.

Il existe les types suivants de recyclage :

- **recyclage physico-mécanique** : après avoir été triés, les déchets sont fondus s'ils sont fusibles. Sinon, ils sont broyés et réincorporés dans de nouvelles formules.
- **recyclage en matière première** : la matière des déchets est décomposée et sa formule chimique change. Ceci peut se faire par pyrolyse, hydrogénation, gazéification ou autre.
- **recyclage énergétique** : les déchets sont brûlés et la chaleur récupérée est utilisée en tant qu'énergie pour le chauffage, la production d'électricité ou de vapeur, ou dans les fours industriels. Pour cela, il faut que le pouvoir calorifique des déchets soit élevé.

L'opération se déroule dans des incinérateurs qui sont soumis à des lois très strictes concernant leurs émissions polluantes.

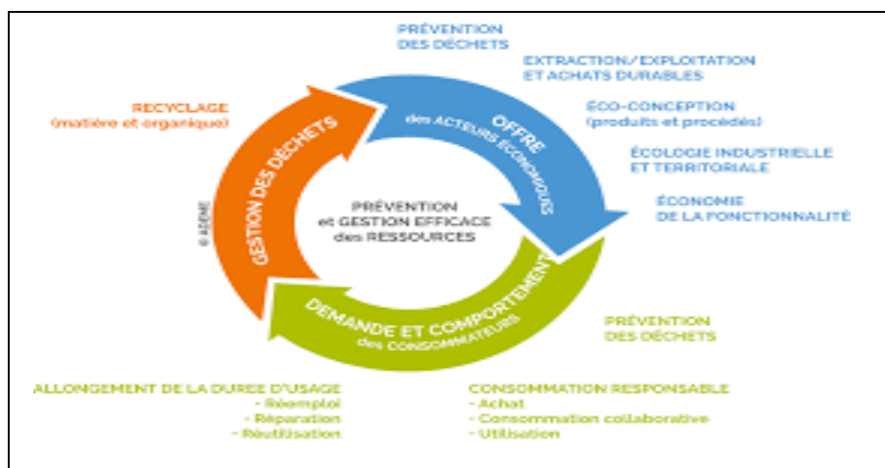


Figure 35. Schéma représentatif du recyclage.

V-8 Compost et fermentation :

Le compostage est l'une des principales voies de valorisation de la fraction organique. Il se présente comme un maillon indispensable de la chaîne de valorisation des déchets permettant non seulement la réduction de la fraction organique, mais aussi la production d'un engrais naturel, substitut de engrais chimique et très bénéfique aux sols. C'est le processus de décomposition et de transformation aérobique de la fraction organique des déchets solides en un humus utilisable comme engrais.

Matière organique + micro-organismes + O₂ → CO₂ + H₂O + humus + chaleur

Le compost est un amendement organique riche en humus qui agit à long terme pour améliorer les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol. Il est obtenu de la décomposition de bio-déchets par un procédé biologique de transformation sous l'action de Micro-organismes, d'insectes et de vers de terre en présence d'oxygène (aérobie). De couleur brun foncé, le compost mûr a l'apparence et l'odeur d'un terreau.

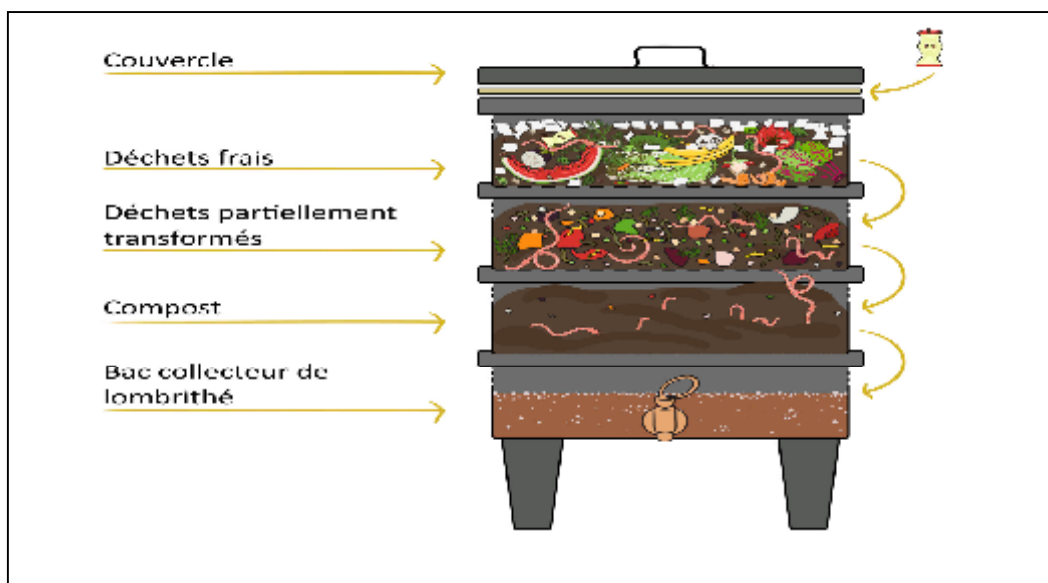


Figure 36. Le compostage.

V-9 La bio méthanisation des déchets organiques :

Des micro-organismes (bactéries) décomposent la matière organique en plusieurs étapes (hydrolyse, acidogènes, cétogenèse, méthanogènes). Ce processus a lieu dans une cuve fermée appelée digesteur ou méthaniser.

A- Les Produits

1. Le Biogaz :

Un mélange gazeux composé principalement de méthane (CH_4 , 50-70%) et de dioxyde de carbone (CO_2 , 30-50%), avec des traces d'autres gaz.

Utilisations :

Cogénération : Le biogaz est brûlé dans un moteur pour produire à la fois de l'électricité (injectée sur le réseau) et de la chaleur (utilisée localement).

Injection dans le réseau de gaz naturel : Après épuration poussée (on obtient alors du biométhane, (identique au gaz naturel), il peut être injecté dans les réseaux de gaz de ville.

Carburant : Sous forme de bio-méthane comprimé (BioGNV) pour les véhicules.

2. Le Digestat :

Le résidu solide et liquide issu de la digestion. C'est un engrais organique riche en azote, phosphore, potassium et en matière organique stabilisée.

Il est généralement épandu sur les terres agricoles en substitution des engrais chimiques, clôturant ainsi la boucle de la matière organique.

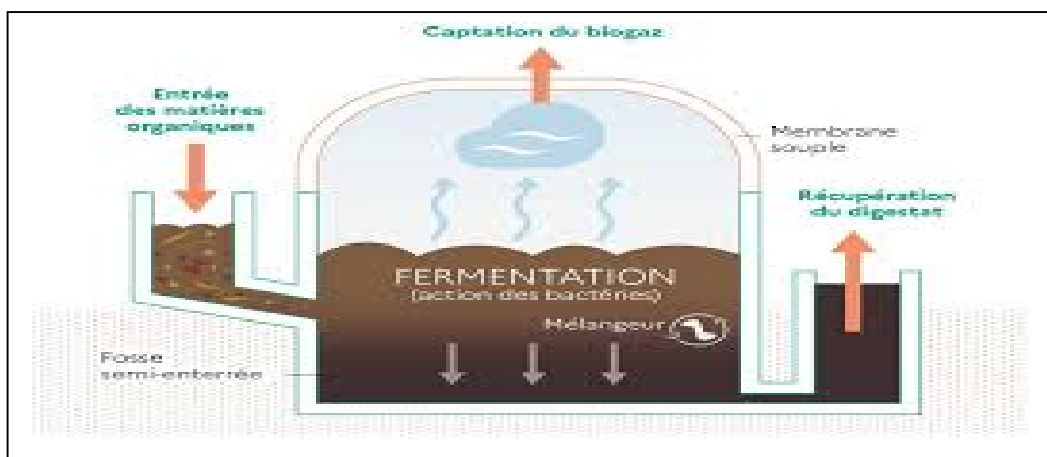


Figure 37. Traitement des déchets organique (bio méthanisation).

B- Les Avantages :

- **Production d'énergie renouvelable :** Elle remplace les énergies fossiles.

- **Réduction des gaz à effet de serre** : Elle capte le méthane (puissant GES) qui se serait dégagé lors de la décomposition à l'air libre. Elle évite aussi l'usage d'engrais chimiques très émetteurs en CO₂.
- **Gestion des déchets** : Valorise des déchets organiques qui sinon seraient enfouis ou laissés à l'abandon.
- **Économie circulaire en agriculture** : Production d'un engrais naturel sur place, réduction des coûts, indépendance énergétique des fermes.
- **Création d'activité économique locale** : Emplois non dé localisables pour la construction et l'exploitation des unités.

V-9 Education environnementale : des moyens éducatifs concrets pour lutter contre la pollution de l'environnement, organisés par publics et contextes.

1. **Enseignement intégré** : intégrer des modules sur la pollution dans les cours de sciences, géographie, et même en maths (calcul d'empreinte carbone). Études de cas locaux : analyser la gestion des déchets ou la qualité de l'air dans sa commune.
2. **Projets pratiques** : ramassage de déchets avec analyse de leur origine et impact, compost, potager sans pesticides, hôtels à insectes, fabrication de sacs en tissu, beeswax wraps, ou produits ménagers naturels.
3. **Sensibilisation créative** : créer des expositions ou fresques murales sur la pollution, organiser un concours d'affiches ou de vidéos courtes pour sensibiliser l'école.
4. **Éco-délégués actifs** : former des élèves pour qu'ils mènent des audits énergie/déchets dans l'établissement et proposent des améliorations.
5. **Cours spécialisés** : intégrer l'éco conception, l'économie circulaire et la gestion environnementale dans les filières techniques, commerciales, et d'ingénierie.
6. **Projets de recherche appliquée** : développer des solutions locales : filtres à eau low-cost, matériaux biodégradables, etc.
7. **Simulations et jeux sérieux** : utiliser des simulateurs de politiques environnementales ou des jeux de rôle sur la négociation climatique.
8. **Ateliers pratiques et démonstratifs** : ateliers de réparation (vélos, électroménager) pour lutter contre l'obsolescence, démonstrations de perm culture ou de gestion de l'eau à domicile.

9. **Campagnes de sensibilisation ciblées** : sur la pollution de l'air : comment réduire l'exposition et les émissions (transports, chauffage), sur la pollution plastique : montrer son trajet de la terre à l'océan.
10. **Visites guidées éducatives** : stations d'épuration, centres de tri, sites de dépollution, fermes biologiques.
11. **Outils numériques accessibles** : applications de suivi de la qualité de l'air (ex : AirVisual), calculateurs d'empreinte carbone, plateformes de partage d'initiatives locales (jardins partagés, compost collectif).
12. **Rôle des médias et des réseaux sociaux** promouvoir des influenceurs ou chaînes éducatives sur l'environnement, organiser des live ou webinaires avec des experts accessibles, utiliser des infographies et des vidéos courtes pour expliquer les types de pollution et les alternatives.

Chapitre VI : Lois relatives à la protection de l'environnement**Introduction**

Bien que les enjeux environnementaux présentent des spécificités locales, leurs causes profondes sont souvent interconnectées à l'échelle mondiale. La croissance démographique rapide constitue l'un des facteurs centraux à l'origine de la raréfaction des ressources et de la multiplication des pollutions. Il en résulte des conséquences graves et multiformes : extinction accélérée d'espèces, déforestation massive, contamination des eaux douces et marines, dégradation de la qualité de l'air, ainsi qu'une série d'autres perturbations écologiques en cascade.

Actuellement le droit de l'environnement national et international est complexe et vaste. Il comprend des milliers des règles visant à protéger les éléments vivants et non vivants de la terre et ses processus écologiques. Les problèmes environnementaux viennent principalement de deux catégories d'activités humaines :

1. Utilisation de ressources à des niveaux insoutenables.

2. La contamination de l'environnement par la pollution et les déchets à des niveaux dépassant la capacité de l'environnement à les absorber ou à les rendre inoffensifs Il regroupe les règles juridiques visant la protection et l'instauration d'une meilleure gestion de l'environnement. En effet, il évolue suivant le développement de la technologie et la société et Il s'applique à l'environnement biophysique et humain. Il comprend les règles du droit public et droit privé.

Le droit de l'environnement est basé sur la nécessité de protéger les ressources terrestres marines qui sont indispensables pour la survie de la génération future. Il associe différentes approches et se subdivise en différentes sous-branches :

Celles liées aux éléments composant de l'environnement :

- Droit de l'air
- droit de l'eau et de la mer
- droit des sols,
- droit de la biodiversité
- des biotopes ;

▪ Celles liées à des activités humaines :

- droit de la chasse
- de la pêche

- de l'énergie ;
- **Celles liées à des activités nuisibles ou polluantes :**
 - droit du bruit
 - droit des installations classées (autrefois établissements)
 - droit de l'assainissement
 - droit des risques majeurs industriels ou naturels ;
- **Celles liées à un objet particulier :**
 - droit de la protection de la nature (incluant maintenant dans certains pays la protection de l'environnement nocturne contre la pollution lumineuse)
 - droit des produits chimiques
 - droit des déchets
 - droit des sites, des monuments historiques, etc ;
- **Celles liées à un secteur économique :**
 - Agriculture et environnement
 - industrie et environnement
 - services et environnement.

IV-Les Sources du Droit de l'environnement :

Le droit de l'environnement étant un domaine relativement nouveau, on le retrouve en grande partie dans des textes écrits, même si certains principes généraux de droit sont pertinents et même si on retrouve parfois du droit international coutumier dans le droit de l'environnement. Les gouvernements protègent l'environnement en se basant sur leurs différents pouvoirs constitutionnels et légaux pour favoriser le bien-être général, régler le commerce et gérer les territoires publics, l'air et l'eau. Les autorités nationales peuvent accepter des responsabilités supplémentaires pour protéger l'environnement en concluant des traités bilatéraux et multilatéraux contenant des obligations spécifiques. Les litiges font respecter les lois et les règles par le biais de procès civils, administratifs ou criminels. Si une constitution donne droit à une norme environnementale bien précise, la clause doit être interprétée et appliquée. Des problèmes peuvent survenir quant au recours approprié, ce que la constitution ne précise habituellement pas. En plus de déterminer des obligations pour des entreprises soumises à des règles, des dispositions légales peuvent autoriser des individus à intenter un procès à un corps administratif qui abuse de sa liberté d'action ou qui ne respecte pas sa compétence.

VI-1 Droit international :

Le droit international de l'environnement désigne les textes internationaux adoptés pour défendre et promouvoir l'environnement, sur un principe de solidarité. Il a apparu au cours des années 1970, à la suite d'une prise de conscience des effets anthropiques négatifs sur l'environnement. Ce concept de droit international se construit progressivement avec l'apparition des conventions et traités internationaux. Il est majoritairement composé de principes et recommandations fondés sur des engagements volontaires, ce qui lui vaut le qualificatif de "droit mou" (moins pris au sérieux). Quelques accords internationaux comme le Protocole de Kyoto de 1997 et Accord de Paris de 2015 - ont contribué à limiter les émissions de gaz à effet de serre, mais les objectifs sont encore loin d'être atteints.

VI-1-1 Les sources du droit international :

Les sources du droit international, qui peut devenir une partie du droit national par incorporation, incluent généralement les sources reprises dans l'article 38 du Statut de la cour internationale de justice. Le Statut fait référence

- (a) Aux conventions internationales.
- (b) À la coutume internationale.
- (c) Aux principes généraux du droit et aux décisions judiciaires et à la doctrine, en tant que sources supplémentaires dont il faut tenir compte.

Les sources du droit de l'Union européenne comprennent, en plus des dispositions des traités qui sont le fondement de l'Union elle-même (ce qu'on appelle « le droit européen primaire »). Les règlements, qui sont immédiatement et directement applicables dans les États membres, les directives, qui sont contraignantes pour les États membres en ce qui concerne le résultat à atteindre, mais qui laissent aux autorités nationales le choix de la forme et des méthodes utilisées pour atteindre ce résultat et les décisions, qui sont contraignantes pour ceux à qui ils s'adressent expressément.

VI-1-2 Conventions internationales pour la protection de l'environnement :

Le droit de l'environnement international a développé un large éventail de traités, on prétend parfois qu'il y en a plus de mille pour influencer presque tous les aspects de la protection de l'environnement. Un traité peut être conclu entre deux États (bilatéral) ou être adopté et accepté par un grand nombre de pays (multilatéral). Comme l'indique la définition d'un traité, le nom donné à un instrument international (par exemple un traité, une convention, un protocole, un accord), n'influence pas son statut légal pour autant que les États impliqués dans son adoption aient l'intention de le rendre juridiquement contraignant.

A- Définition d'une convention internationale :

Elle représente un accord entre deux ou plusieurs états, ou organisations internationales, comportant l'octroi réciproque des droits et l'acceptation d'obligations. Cet accord intervenant entre les entités (États membres d'un État fédéral-provinces-départements) sur l'ensemble des traités internationaux, juridiquement contraignant dans le principal but de la conservation de la diversité biologique.

B- Principales conventions internationales pour la protection de l'environnement :**❖ La convention de Ramsar :**

Elle a eu comme objectifs, de conserver et de minimiser l'utilisation non rationnelle des zones humides par des actions locales et régionales dans le cadre de la coopération internationale, afin de réaliser et de maintenir le développement durable dans le monde entier. Elle a été signée dans la ville de « Ramsar » en 1971 en Iran.

❖ La convention de Londres :

Pour la conservation des eaux de mer contre la pollution par les hydrocarbures des navires. Elle a été Signée en 1973 en Angleterre et prescrit certains types de matériels ou certaines caractéristiques de conception pour les navires citernes. Elle interdit également d'autres formes de pollution comme les rejets en mer des déchets par immersion, traitées par la convention de Londres de 1972.

❖ La convention de Washington :

Réalisée en USA en 1973 contre le commerce international illégal des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction. Elle participe à empêcher les menaces de la survie des espèces à cause du commerce international et de la vente des animaux et des végétaux.

❖ Convention de Bonn :

Elle participe à protéger les espèces migratrices de faune sauvage ainsi que de leurs habitats naturels. Selon la convention, les pays d'où les espèces migratrices viennent et se déplacent vers, doivent assurer la protection stricte des espèces menacées et de leurs territoires. Cette dernière a été signée en Allemagne en 1979 et prise en considération depuis 1983.

❖ Convention de Montréal :

Elle assure la protection de la couche d'ozone par élimination graduelle à l'échelle mondiale des substances qui participent à son appauvrissement, et qui sont utilisés généralement en

réfrigération, en climatisation, dans les aérosols, dans les solvants et dans d'autres applications. Elle a été signée en 1987 au Canada.

❖ **La convention de Rio :**

Elle a adapté des déclarations qui ont fait progresser le concept des droits et des responsabilités des pays dans le domaine de l'environnement. Sous le nom de « Sommet de la terre », Elle a insisté sur la reconnaissance des pays membres, que la terre est la raison de notre existence, et qu'en sujet de développement durable, les êtres humains doivent avoir une vie et doivent défendre la stabilité naturelle de tout existant. Elle a été signée au Brésil en 1992.

❖ **La convention de Bali :**

Elle a eu comme objectifs la planification d'un protocole sur les changements climatiques.

Signée en Indonésie en 2007, elle vise la réduction les mouvements des déchets dangereux et de leur élimination afin de protéger la santé humaine et l'environnement. Selon les états participants, les pays développés doivent prendre des engagements ou des actions de limitation et de réduction des émissions des gaz à effet de serre.

Les principes et les normes adoptés pour l'ensemble de la communauté des nations peuvent être plus détaillés et renforcés au niveau régional. Le PNUE a encouragé l'application régionale du droit de l'environnement international par le biais de conventions pour les différentes régions maritimes du monde, y compris les golfes méditerranéen et persique, l'Afrique occidentale, le sud-est du Pacifique, la mer Rouge, le golfe d'Aden, les Caraïbes et l'Afrique orientale. Ces conventions s'appuient typiquement sur les mêmes principes et adoptent généralement les mêmes normes. Elles incorporent souvent les normes précédemment envisagées pour les instruments mondiaux, y compris celles qui ne sont pas encore d'application. L'approche régionale est motivée par la similarité géographique et environnementale entre les états voisins entourant les mers régionales et est renforcée dans de nombreux cas par la situation économique, culturelle et politique. Dans le même temps, les accords peuvent prendre et prennent en considération les différentes situations écologiques des mers régionales.

VI-2 Le droit national :

En répondant aux besoins du développement durable par la gestion de l'usage des ressources par les humains, le droit de l'environnement touche à toutes les activités humaines. En général, il opère en établissant un régime régulateur destiné à prévenir de futurs dommages causés à l'environnement. Bien qu'il n'ait généralement été promulgué que depuis les années 1970, le droit de l'environnement a déjà créé des obligations d'une étendue et d'une

complexité sans précédent. L'éventail de sujets qui concernent potentiellement des problèmes environnementaux est probablement aussi étendu que le domaine tout entier du règlement légal. Par exemple :

- Les lois sur les antiquités peuvent interdire le pillage ou l'excavation non autorisée de sites naturels ou archéologiques protégés.
- Le règlement des activités agricoles peut concerner les questions de la qualité et de la quantité d'eau utilisée, ainsi que la limitation du recours aux pesticides et aux fertilisants.
- La police de santé publique peut régler la pulvérisation de produits toxiques en vue d'éliminer des vecteurs de maladie tels que les moustiques ou soulever des questions à propos de la sûreté des vaccins.
- On peut faire appel au règlement de l'usage de la terre pour protéger l'environnement.
- Les législations sur la gestion des zones côtières, les pêcheries et la sylviculture cherchent à préserver les ressources qu'ils gèrent.
- Les lois sur la mine et l'énergie peuvent régler les émissions de gaz à effet de serre et d'autres contaminants de l'air.

Certaines affaires environnementales semblent à première vue des actions des consommateurs contre les fabricants et les vendeurs de produits dangereux. D'autres affaires impliquent des efforts pour obtenir des informations à propos de l'état de l'environnement ou des actions menées contre de hauts responsables des gouvernements ou des organismes qui auraient négligé d'appliquer la loi. Ces nombreux sujets liés au droit environnemental sont réglés par différentes sources de droit national.

VI-2-1 Législation Algérienne en matière d'environnement :

L'Algérie à l'instar de la grande majorité des pays du monde, a développé une législation en matière de respect et de préservation de l'environnement. Cette législation d'abord timide, s'est développée d'une manière sensible ces dernières années et continue à évoluer. L'Algérie est confrontée actuellement à de sérieux problèmes de pollution. En effet, les pollutions engendrées par le rejet d'eaux industrielles non traitées, les émissions de gaz nocifs, la production de déchets dangereux et la dégradation de l'écosystème posent de sérieux problèmes environnementaux. Cette situation a poussé les autorités algériennes à faire preuve, dès les premières années de l'indépendance, à s'engager dans le domaine environnemental qui s'est traduit par un renforcement institutionnel et législatif ainsi que par l'adoption de plusieurs stratégies œuvrant à la protection des principaux secteurs de l'environnement. Actuellement, on recense plus de 400 textes de lois et de décrets relatifs à l'environnement et

à sa protection. Depuis 1983, date de la première loi sur l'environnement, le renforcement du dispositif juridique et réglementaire semble évoluer vers une véritable consolidation du droit de l'environnement en Algérie, notamment avec la ratification de plusieurs conventions internationales. Néanmoins, la réalité ne reflète pas la satisfaction aux exigences environnementales du pays et les objectifs de cette stratégie n'ont pas encore atteints.

Tableau 15. Textes juridiques relatifs à la protection de l'environnement en Algérie.

REFERENCE	INTITULE	OBSERVATION
PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT EN GENERAL		
<i>Décret n° 85-231 du 25 Août 1985</i>	Fixant les conditions et modalités d'organisation et de mise en œuvre des interventions et secours en cas de catastrophes.	Elaboration du plan d'organisation des interventions et secours. Art 3
<i>Décret n° 85-232 du 25 Août 1985</i>	Relatif à la prévention des risques de catastrophes.	Création d'une cellule de prévention des risques. Art 8
<i>Décret n° 87-91 du 21 avril 1987</i>	Relatif à l'étude d'impact d'aménagement du territoire	Contenu de l'étude d'impact d'aménagement du territoire. Art 4
<i>Décret exécutif n° 93-58 du 01 mars 1993</i>	Relatif aux modalités d'application de la taxe sur les activités polluantes ou dangereuses pour l'environnement.	Répartition des coefficients multiplicateurs affectés aux activités polluantes Art 3.
<i>Loi n° 01-19 du 2 décembre 2001</i>	Relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets.	L'adoption et l'utilisation des techniques de production plus propres, moins génératrices de déchets, l'abstention de mettre sur le marché des produits générant des déchets non biodégradables, l'abstention d'utilisation de matières susceptibles de créer des risques pour les personnes, notamment pour la fabrication des emballages.
<i>Loi n° 03-10 du 19 juillet 2003</i>	Relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.	Eviter et réduire les pollutions atmosphériques. Art 45 Fournir des effluents conformes à la réglementation. Art 50
<i>Loi n° 04-20 du 25 décembre 2004</i>	Relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.	Elaboration d'un plan interne d'intervention définissant l'ensemble des mesures de prévention des risques. Art 62
<i>Décret exécutif n° 05-240 du 28 juin 2005</i>	Fixant les modalités de désignation des délégués pour l'environnement	Désigner un délégué pour l'environnement dans l'entreprise ou l'établissement. Art 1
<i>Décret exécutif n° 05-315 du 10 septembre 2005</i>	Fixant les modalités de déclaration des déchets spéciaux dangereux.	La déclaration des déchets spéciaux dangereux aux autorités concernées. Art 2
<i>Décret exécutif n° 05-444 du 14 novembre 2005</i>	Fixant les modalités d'attribution du prix national pour la protection de l'environnement	Promotion de l'Etat des actions pour la protection de l'environnement. Art 2
<i>Décret exécutif n° 06-104 du 28 février 2006</i>	Fixant la nomenclature des déchets, y compris les déchets spéciaux dangereux	Codification et nomenclature des déchets, y compris les déchets spéciaux dangereux. Art 2
<i>Décret exécutif n° 06-198 du 31 mai 2006</i>	Définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement.	Avoir l'autorisation et déclaration d'exploitation des établissements classés, étude ou d'une notice d'impact sur l'environnement, étude de danger. Art 5 Réaliser l'audit environnemental. Art 45
<i>Décret exécutif n° 07-144 du 19 mai 2007</i>	Fixant la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement.	Avoir l'autorisation d'exploitation des établissements classés à savoir, selon le cas l'étude d'impact sur l'environnement, l'étude de danger, la notice d'impact sur l'environnement et le rapport sur les produits dangereux Art 2
<i>Décret exécutif n° 07-145 du 19 mai 2007</i>	Déterminant le champ d'application, le contenu et les modalités d'approbation des études et des notices d'impact sur l'environnement.	Contenu des études et des notices d'impact sur l'environnement. Art 6
<i>Décret exécutif n° 08-312 du 05 Octobre 2008</i>	Fixant les conditions d'approbation des études d'impact sur l'environnement pour les activités relevant du domaine des hydrocarbures	L'étude d'impact sur l'environnement est introduite préalablement à toute activité hydrocarbures par le contractant ou opérateur concerné, ci-après désigné demandeur, auprès de l'autorité de régulation des hydrocarbures. Art 2

VI-2-2 Intervention de l'Algérie pour la protection de l'environnement :

Depuis l'indépendance, l'Algérie a ratifié une vingtaine de conventions et de protocoles internationaux conclus dans le domaine de la protection de la mer, des ressources biologiques naturelles, de l'atmosphère, de la lutte contre la désertification et du contrôle des déchets dangereux.

L'Algérie a connu, ces dernières années, des avancées en matière de prévention et de réduction de la pollution industrielle. Celles-ci sont dues à l'action de concertation avec les industriels dans un cadre participatif, qui a permis d'atteindre des objectifs en conciliation avec l'environnement. Parmi les engagements de notre pays dans le domaine de la protection de l'environnement, on peut citer :

- La participation aux travaux de la première Conférence Mondiale à Stockholm en 1972 sous l'égide des Nations Unies : l'Environnement est un problème Planétaire; toute politique à long terme n'est envisageable que dans un contexte international.
- La création du Comité National de l'Environnement (C.N.E) en 1974 : état consultatif qui a pour mission de proposer les éléments essentiels de la politique environnementale dans le cadre de l'aménagement du territoire et du développement économique et social.
- La création de l'Agence Nationale pour la Protection de l'Environnement (A.N.P.E.)

VI-2-3 Les organismes de normalisation dans le monde :

C'est l'établissement de documents qui définissent des exigences, des spécifications, des lignes directrices ou des caractéristiques à utiliser pour assurer l'aptitude à l'emploi des matériaux, produits, processus et services.

Une norme c'est un document approuvé par un organisme de normalisation, elle permet de :

- définir un langage commun entre les acteurs économiques

a- Définir le niveau de qualité, sécurité et de moindre impact environnemental de produits, services et pratiques

b- Elle facilite les échanges commerciaux au niveau national et international d - Elle est de caractère volontaire.

A- La FAO

L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture est une organisation spécialisée des Nations Unies, créée en 1943 dans la ville de Québec. Elle est constituée par 190 états membres (l'Union européenne constituant un seul et même état). Son siège se situe à Rome depuis 1951.

Sa principale mission est de lutter contre la faim dans le monde en fournissant une assistance technique aux pays en développement au niveau des pratiques agricoles, forestières et halieutiques et en tendant à assurer une bonne nutrition dans ces pays. Enfin, en collaboration avec l'OMS, elle développe le système international de normalisation en matière alimentaire : le Codex Alimentarius.

B- L'OMS

L'OMS (Organisation mondiale de la santé) est une organisation spécialisée du système des Nations Unies. Créée en 1948, elle représente « l'autorité directrice et coordonnatrice dans le domaine de la santé ». Elle est chargée de diriger l'action sanitaire mondiale, de définir les programmes de recherche en matière de santé, de fixer des normes et des critères, de présenter des options politiques fondées sur des données probantes, de fournir un soutien technique aux pays et de suivre et d'apprécier les tendances en matière de santé. Elle participe comme la FAO à la Commission du Codex Alimentarius.

C- Le Codex Alimentarius

Le système du Codex fonctionne grâce à une Commission créée par la FAO et l'OMS en 1963. Ces deux entités ont constitué les statuts, le but et les objectifs de cette commission.

La commission est un organe à représentation internationale (99 % de la population mondiale des 174 États membres incluant la Communauté européenne). En effet, tout État associé à la FAO et à l'OMS peut participer à la Commission du Codex.

La Commission est présidée et vice-présidée par un représentant élu parmi une liste de pays. Des représentants régionaux (détachés par leur gouvernement) y siègent aussi. Ils peuvent être de hauts fonctionnaires, mais également des industriels, des représentants de consommateurs ou encore des universitaires. Des organisations gouvernementales ou non gouvernementales (ONG) internationales siègent également dans cette commission ; elles y jouent un rôle d'observation et de réflexion lors de l'établissement d'une norme sans toutefois posséder un rôle de décision. Cette commission se réunit tous les deux ans alternativement au siège de la FAO et au siège de l'OMS (à Genève), mais celle-ci peut se réunir également lors de sessions extraordinaires.

D- L'ISO

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une instance internationale dont la mission est de produire des normes. Créée en 1947, elle regroupe aujourd'hui un réseau de 157 pays. L'ISO est une organisation non gouvernementale qui fait intervenir des secteurs publics et privés dans le processus de normalisation.

E- Le CEN

Le Comité européen de Normalisation a été créé en 1961 par les instituts de normalisation des pays membres de l'Union européenne et par les pays membres de l'Association européenne de Libre-Échange (AELE) pour permettre l'harmonisation des normes européennes. Sa mission est d'offrir une structure efficace pour l'élaboration, la mise à jour et la diffusion d'ensembles cohérents de normes et de spécifications, mais aussi de proposer des produits et services directement ou indirectement apparentés aux normes et à leur utilisation.

Les normes européennes éditées par le CEN portent le suffixe EN et sont ensuite « préfixées » dans les agences de normalisation nationales qui les diffusent. En France, l'AFNOR (Agence française de normalisation) qui diffusent les normes du CEN sous le nom de norme NF EN.

F- L'AFNOR

Créée en 1926, elle compte aujourd'hui environ 3000 entreprises adhérentes. L'AFNOR (Agence française de Normalisation) anime le système central de normalisation en France et participe à l'ISO.

G- L'IANOR

L'Institut algérien de Normalisation est créé en 1998, il est chargé de l'élaboration, la publication et la diffusion des normes algériennes. Il est chargé de :

- L'élaboration, la publication et la diffusion des normes algériennes.
- La centralisation et la coordination de l'ensemble des travaux de normalisation entrepris par les structures existantes et celles qui seront créées à cet effet.
- L'adoption de marques de conformité aux normes algériennes et de labels de qualité ainsi que la délivrance d'autorisation de l'utilisation de ces marques et le contrôle de leur usage dans le cadre de la législation en vigueur.
- La promotion de travaux, recherches, essais en Algérie ou à l'étranger ainsi que l'aménagement d'installations d'essais nécessaires à l'établissement de normes et à la garantie de leur mise en application.
- La constitution, la conservation et la mise à la disposition de toute documentation ou information relative à la normalisation.
- L'application des conventions et accords internationaux dans les domaines de la normalisation auxquels l'Algérie est partie.
- Assure le secrétariat du Conseil National de la Normalisation (CNN) et des Comités techniques de Normalisation. L'Institut algérien de Normalisation est en outre le point d'information algérien sur les Obstacles techniques au Commerce (OTC), et ce conformément à l'accord OTC de l'Organisation mondiale du Commerce.

Référence bibliographique

- 1 **ADAMS S.M (2002).** Biological indicators of aquatic ecosystem stress. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, 621.
- 2 **AERY N.C (2010).** Manual of Environmental Analysis. Author, N.C. Aery. Publisher, Ane Books India, 2010. ISBN, 9380156219, 9789380156217. Length, 424 pages.
- 3 **AGNAN Y. (2013).** Bioaccumulation et bioindication par les lichens de la pollution atmosphérique actuelle et passée en métaux et en azote en France : sources, mécanismes et facteurs d'influence. Thèse de doctorat. Université de Toulouse, 307p.
- 4 **ARRIGNON J. (1998).** Aménagement Piscicole des Eaux Douces (5ème édition). Lavoisier Tec. Doc: Paris. 598p.
- 5 **BLANDIN P., & LAMOTTE M. (1988).** Recherches sur l'écosystème de la forêt tropicale humide de Côte d'Ivoire. *Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle*, Série A (Zoologie), 132, 1-152.
- 6 **BLIEFERT C., et PERRAUD R. (2008).** Chimie de l'environnement: air, eau, sols, déchets, 2e édition française, Bruxelles, De Boeck, 478p.
- 7 **BENDERRADJI M., ALATOU D., & ARFA T. (2006).** Problèmes de dégradation de l'environnement par la désertification et la déforestation: Impact du phénomène en Algérie. New Medit. Retrieved from.
- 8 **BREMOND R., VUICHARD R (1973).** Paramètres de la qualité des eaux, OSPEPE, Paris, 123p.
- 9 **BREUIL M (2007).** Biologie *Ire année* BCPST-véto. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- 10 **BUREL F., BAUDRY J. (1999).** Écologie du paysage. *Concepts, méthodes et applications*. Tec & Doc – Lavoisier, Paris.
- 11 **CEMAGRE F. (1982).** Etude des méthodes biologiques quantitatives d'appréciation de la qualité des eaux. Rapport Q.E. Lyon - A.F.B. Rhône-Méditerranée-Corse, 218p.
- 12 **DAJOZ R. (1982).** Précis d'écologie. 4e édition, *Gauthier Villars*, p 525.
- 13 **DEBIECHE T. (2002)** .Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle, Mémoire présenté pour l'obtention de doctorat en Hydrogéologie et Environnement, U. F. R. des Sciences et Techniques de l'Université de Franche-Comté.
- 14 **DJIDEL M. (2008).** Pollution minérale et organique des eaux de la nappe superficielle de la cuvette d'Ouargla (Sahara septentrional, Algérie). Thèse de doctorat en hydrogéologie, université de Badji Mokhtar d'Annaba.
- 15 **FRITSCH C. (2010).** Utilisation intégrée de bioindicateurs pour la surveillance des sols et

des écosystèmes terrestres. *Ecologie, Environnement*. Université de Franche-Comté, Français. Pp 353.

- 16 **GUIHAL D. (2003).** Le juge administratif et l'ordonnancement du droit de l'environnement. *Revue juridique de l'Environnement*, 28(2), 4152–4174. Retrieved from.
- 17 **HAUMONT F. (2005).** Le droit constitutionnel belge à la protection d'un environnement sain: Etat de la jurisprudence. *Revue juridique de l'Environnement*, 30(1), 4356–4379. Retrieved.
- 18 **JACOBSSON M., TROTZ N. (1986).** The Definition of Pollution Damages in the 1984 Protocols to the 1969 Civil Liability Convention and the 1971 Fund Convention. *J. Mar. L. & Com.*, 17, 467.
- 19 **KAHLOULA M. (1991).** Environnement et droits de l'homme en Algérie. Annual conférence - African Society of International and Comparative Law.
- 20 **LONSO A., DALLMEIER F., GRANEK E. & RAVEN P. (2001).** Connecting with the Tapestry of Life. Smithsonian Institution/Monitoring and Assessment of Biodiversity Program and President's Committee of Advisors on Science and Technology, Washington, DC.
- 21 **MASSON J.P. (1988).** Suivi de la qualité des eaux superficielles : l'expérience française. In : la qualita de lle acquasuperficial, criteria per une metodologiaomogenea divalutazione, attidelcon vegnointerazione. Palazzo dei Congressi. 99-100.
- 22 **NALCO (1983).** Manuel de l'eau, TEC- DOC, Lavoisier, Paris, 48p
- 23 **PAVE A. (1997).** Environnement et développement : approches scientifiques, structuration du domaine et coévolution des recherches. *NATURES SCIENCES et SOCIÉTÉS* Elsevier / NSS, vol. 5, n° 1, 50-63