



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement
et de la Recherche Scientifique
Université des Sciences et de la Technologie d'Oran
Mohamed BOUDIAF



Faculté de chimie
Département de chimie physique

Domaine : Sciences et Techniques

Filière : hygiène et sécurité industrielle

Niveau : 3^{eme} Licence

Polycopié de cours :

Protection de l'environnement

Rédigé par :

Dr. BOUDJEMA Hayet Latifa



2023-2024

Avant- Propos

Ce cours s'adresse principalement aux étudiants de 3^{ème} année licence, domaine sciences et techniques, filière hygiène et sécurité industrielle.

L'objectif de ce cours est de :

-Présenter les concepts et la terminologie de bases en matière de l'environnement.

Faire connaître aux étudiants les causes de principales de problèmes environnementaux qui menacent notre planète.

- Faire découvrir les problèmes de pollution et de gestion de notre environnement (causes, conséquences répercussions sur l'homme et la faune et la flore.)

- Evaluer les conséquences néfastes des pollutions sur les différents écosystèmes en utilisant des bio-indicateurs et des bio-marqueurs.

- Etudier les différentes techniques et mécanismes utilisés pour la protection de l'environnement (gestion de déchets ; traitement et valorisation)

- Faire savoir aux étudiants le cadre législatif de la préservation de l'environnement par recensement des différents textes réglementaire notamment en Algérie ainsi que et par les grandes lignes de la norme ISO14001 (management environnemental).

A la fin de cette activité, l'étudiant a acquis une culture générale dans le domaine de la pollution de l'environnement décrire, et expliquer et prédire le comportement des différentes forme de pollution et de proposer un éventuel traitement adéquat à chaque type de déchet.

Il aura ainsi acquis des connaissances de base des textes règlementaires et les bases normatifs nécessaires à la gestion environnementale qu'il pourra mettre en œuvre en entreprise et pourra devenir dans le futur un des acteurs du développement propre.

Chapitre I

Les risques naturels

Introduction

À l'échelle internationale, les deux dernières décennies ont été marquées par des catastrophes naturelles majeures, tant dans les Sud que les Nord, qui ont rappelé aux sociétés leur extrême fragilité, y compris dans les pays plus développés économiquement et technologiquement.

Et malgré tous les efforts de prévention et de protection déjà accomplis, les catastrophes naturelles sont toujours meurtrières. Ce constat rappelle qu'un long chemin reste à parcourir en matière de réduction des risques de catastrophe, notamment pour répondre aux orientations stratégiques des cadres internationaux et nationaux et pour les traduire en mesures opérationnelles.

I.1 La notion du risque

Par définition, **le risque** est un danger éventuel, plus ou moins prévisible dans une aire non délimitée, d'une durée indéterminée, touchant les humains et leurs biens. Il est toujours lié à la présence de l'homme, pas à la nature elle-même. Avec ce terme sont souvent utilisés d'autres concepts: **l'occurrence**, qui signifie une simple conjoncture ou un simple hasard; la **Vulnérabilité**, synonyme de fragilité et de faiblesse; **l'aléa**, désignant la probabilité de l'avènement d'un phénomène naturel. La **catastrophe**, mot réservé à des événements destructeurs de grande ampleur, notamment en termes de conséquences. On peut aussi le définir comme "Phénomène naturel d'une intensité exceptionnelle entraînant de multiples effets dévastateurs sur les milieux naturels et sur les êtres vivants".

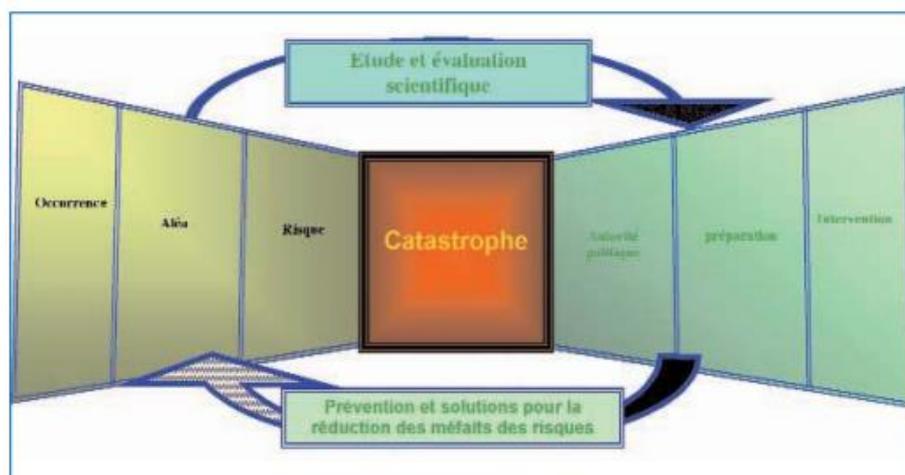


Figure I.1 Risques naturels : approche globale; situation avant et après la catastrophe

I.2 Le risque est un domaine d'interdisciplinarité

La compréhension des forces physiques et dynamiques a beaucoup éclairé l'analyse des risques, d'autant plus que ceux-ci se trouvent à la vergence de connaissances et de disciplines variées (Fig.2). Chercheurs, ingénieurs, gestionnaires, techniciens... contribuent à l'analyse spatialisée et territorialisée du phénomène. La tendance récente dans certains pays est d'intégrer le risque dans la gestion globale et raisonnée du territoire.

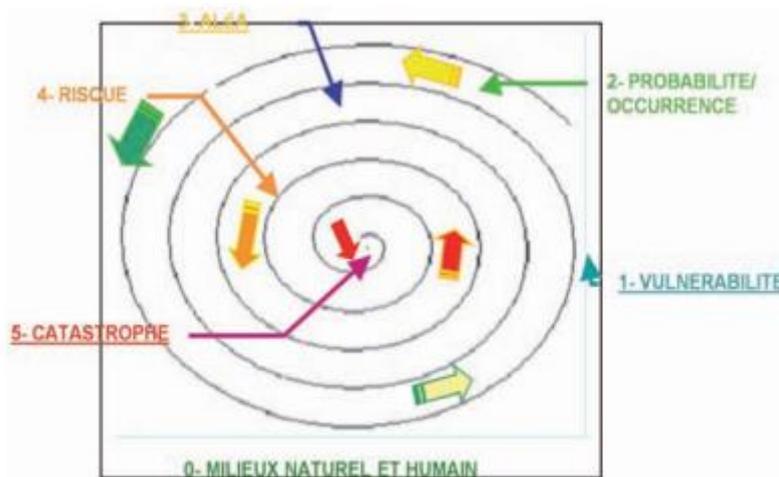


Figure I.2 Le risque se manifeste en cinq étapes : de la situation normale (0) à la situation catastrophique (5), avec évolution de forme spirale.

I.3 La classification des risques

Il existe plusieurs typologies des risques. On distingue classiquement les risques liés à l'action de l'homme (risques anthropiques) et les risques naturels (liés à un aléa naturel). Cette subdivision classique est cependant remise en cause, essentiellement du fait de la prédominance des risques combinés, liés à plusieurs phénomènes naturels et anthropiques.

I.3.1 Les risques naturels

Le risque naturel est 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,..)

Les risques d'origine naturelle occupent le troisième rang, en terme de victimes, loin derrière les risques sociopolitiques et ceux du vivant.

1.3.1.1 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'infiltré 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.



Figure I.3 Les inondations dans le nord de la France

De ce fait, les inondations représentent aujourd'hui un danger pour les biens et les personnes dans la plupart des régions du globe. La récurrence des inondations de ces dernières années a mis en exergue la croissance continue de la vulnérabilité donc des dommages [On entend par dommages : le coût financier des biens matériels sinistrés et indemnisés par les assurances.]. Ils affectent durablement les économies locales voire nationales malgré des politiques de prévention complétées et renforcées au fil des événements.

- 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 I.4 les inondations dramatiques de Bab El Oued –Alger
(10 novembre 2001 causant 781 morts et 115 disparus)

I.3.1.2 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.

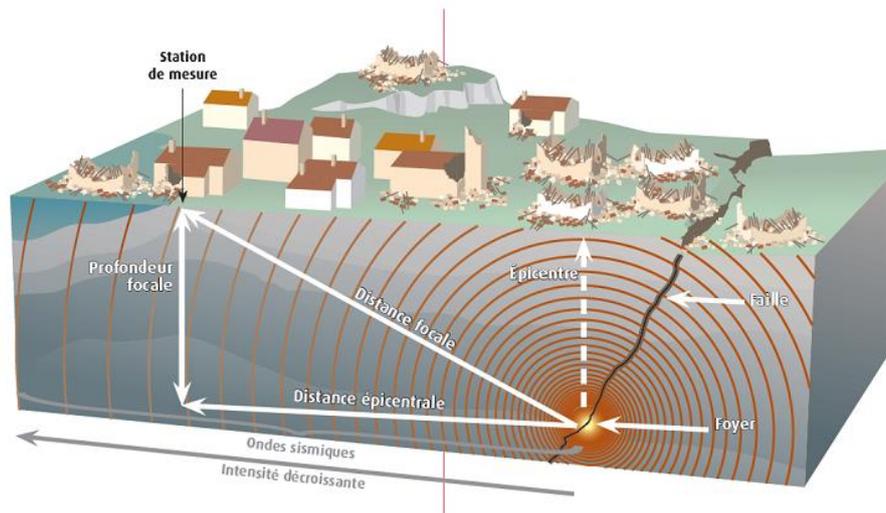


Figure I.4 Formation d'onde sismique

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 :

- **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 ;

- *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) ;
- *télétsunamis*, 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.

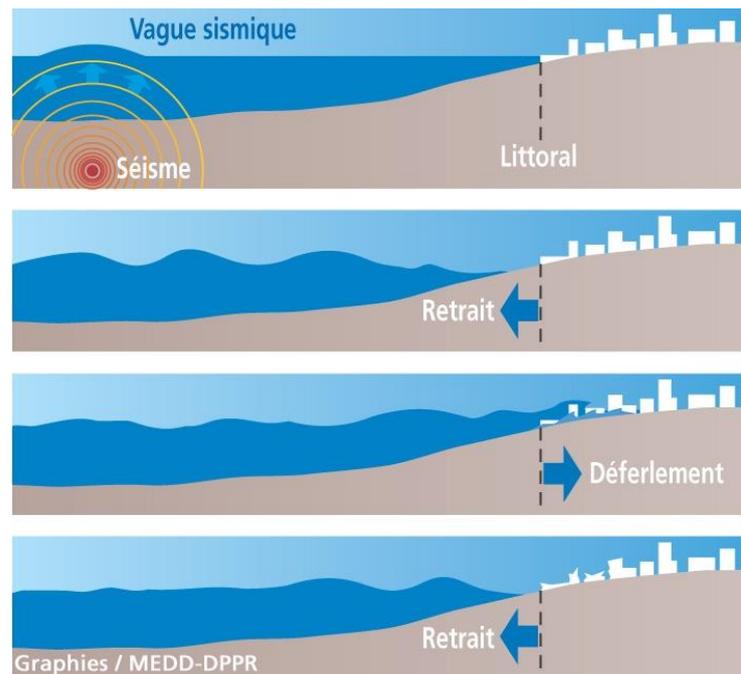


Figure I.5 déclenchement d'un tsunami

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 I.6 Séismes meurtrier de la Turquie et la Syrie
(le 6 février 2023 de magnitude 7,8 Avec plus de
50 000 victimes)



Figure I.7 Tsunami océan indien
(le 26 décembre 2004 avec 16,30 m de hauteur
de vague et environ 230 000 morts et disparus)

I.3.1.3 Les feux de 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 I.8 Feu dans la forêt nationale de Bitterroot en 2000 (Montana, États-Unis).

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

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

Les feux de forêt peuvent avoir une origine naturelle (foudre, éruptions volcaniques) ou humaine. Dans le cas de la responsabilité humaine, la cause peut être intentionnelle, involontaire ou liée aux infrastructures.

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.

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.



Figure I.9 Les incendies de Kabylie 2021

I.3.1.4 Tempêtes, cyclones, tornades et orages

❖ 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 I.10 Tempête Frederico avec 129 km/h, Auvergne- France, Le 17 nov. 2023

❖ 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.

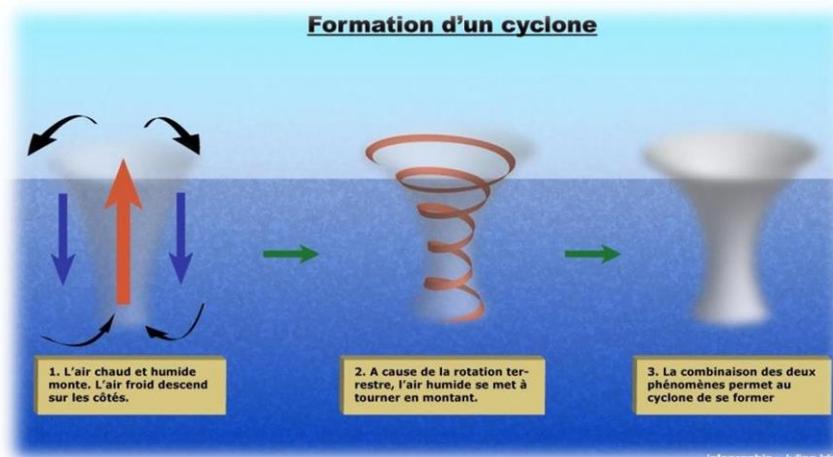


Figure I.11 Formation d'un cyclone

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.

Tab I.1 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%)

❖ **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 I.11 tornade de Kansas USA13-14- mars 2024

❖ **Ouragan** (un phénomène tropical qui se forme en mer)

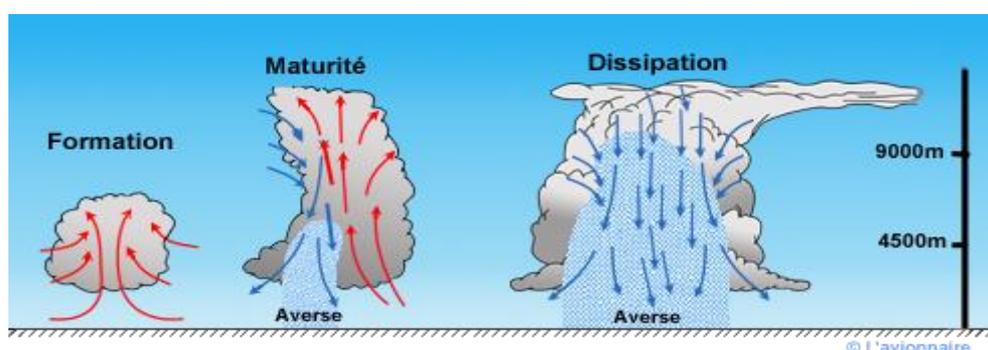
L'ouragan se forme dans l'océan, c'est un phénomène très vaste qui s'étend sur 300 à plus de 800 kilomètres, et peut parcourir une très grande distance. Il s'épuise par contre rapidement dès qu'il touche les côtes. L'ouragan génère des averses orageuses diluviennes et des vents puissants : le plus grand 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 I.12 ouragan de Katrina avec 204 km/h USA Le 30 août 2005

❖ **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).





Source wikimedia Commons / Auteur Karen Hedley

Figure I.13 orage

I.1.3.5 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.



Figure I.14 A-Glisement de St Geniez-de-Bertrand (Aveyron, Midi-Pyrénées, avril 2009)

B- Eboulement des orgues d'une coulée de basalte (Borne, Haute-Loire, 2007)

I.3.2 Les risques technologiques (industriels)

Ils sont caractérisés par la possibilité d'occurrence d'un accident impliquant un système technique et pouvant entraîner des conséquences graves pour le personnel, les populations, les biens, l'environnement ou le milieu naturel. Le concept de risque industriel est employé pour les situations où une installation industrielle (usine chimique, centrale de production d'énergie...) est à l'origine de la menace. Dans le domaine du génie civil, les risques technologiques sont liés aux défaillances des structures (barrages, tunnels, bâtiments) et à leurs conséquences sur les usagers ou le milieu environnant. Ils intègrent :

- les grands incendies et les explosions,
- les catastrophes aériennes,
- les catastrophes maritimes et fluviales,
- les catastrophes routières et ferroviaires,
- les accidents de mines et carrières,
- les effondrements de bâtiments et d'ouvrages d'art, et
- les sinistres majeurs divers



Figure I.15 A- L'accident nucléaire de Tchernobyl, le 26 avril 1986 (4 000 morts)

B- Le crash d'Iliouchine Il-76 des Forces aériennes algériennes , Le 11 avril 2018, 279 mort

I.3.3 Les risques conflictuels

Toutes les sociétés engendrent des risques qui parfois dégénèrent en catastrophe. Leur origine peut être d'ordre économique, politique, religieux ou culturel. Les violences urbaines, la drogue, le crime organisé, les actes terroristes et les différentes formes de guerres sont les principales catastrophes d'origine sociale et politique. Ces événements sont bien plus meurtriers que les catastrophes d'origine naturelle.



Figure I.16 génocide au Rwanda , 800 000 à 1 000 000 morts, 7 avril - 17 juillet 1994

I.3.4 Les risques biologiques

Les catastrophes dites du vivant sont, de loin, les plus meurtrières. Souvent, elles sont plus étendues dans l'espace et dans le temps que les autres catastrophes. Quand une maladie gagne plusieurs continents, l'épidémie prend le nom de pandémie. Le virus du sida, touche la planète entière. C'est donc une pandémie dont la rapidité d'expansion est alarmante. Actuellement, plus de 35 millions de personnes ont contracté la maladie. Les changements climatiques peuvent favoriser la propagation de certaines catastrophes du vivant, des études estiment qu'une augmentation de 3 degrés de la température mondiale pourrait doubler l'incidence des maladies transportées par les moustiques dans les régions tropicales et les multiplier par dix dans les zones tempérées.



Figure I.17 Pandémie du corona virus de Covid-19 en novembre 2019 , 775 335 902 morts au monde

On peut résumer cette classification dans le tableau suivant :

Tableau I.2 Typologie des risques

Risques géologiques et climatiques	Risques industriel	Risques biologiques	Risques conflictuels
- Séisme Glissement de terrain Tsunami Cyclone Inondation Tempête Vague de chaleur/froid	Explosion nucléaire Accidents d'usine Crash d'avion Naufrage de bateaux Accidents de trains Effondrement de bâtiments Accident de mines, carrière Propagation de gaz toxique	Pandémie Epidémie Insectes envahissantes	Guerre guérilla Terrorisme Bombe nucléaire Attaque chimique

I.4 Du risque individuel au risque majeur

Les risques peuvent aussi être classés selon leur gravité et leur fréquence (Tableau I.3). Les risques les plus fréquents affectent peu d'individus à chaque occurrence. C'est leur cumul qui peut avoir des conséquences significatives. Il en est ainsi de ce que l'on qualifie de « risques de la vie quotidienne » : accidents domestiques, accidents de la route...

La première colonne est celle du risque individuel, la troisième celle du risque majeur. L'accident majeur ou la catastrophe se définissent donc à partir de l'intensité ou de la gravité des conséquences.

Tableau I.2 Classification des risques selon la gravité et la fréquence.

Fréquence	<i>Très élevé</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Faible</i>
Gravité	<i>Faible</i>	<i>Modérée</i>	<i>Extrême</i>
Exemple	- Accident de voiture avec tôles froissées. - Chute de pierres sur une route de montagne.	- Grave accident de la route. - Glissement de terrain affectant quelques maisons.	- Catastrophe des transports - Glissement de terrain affectant une ville.

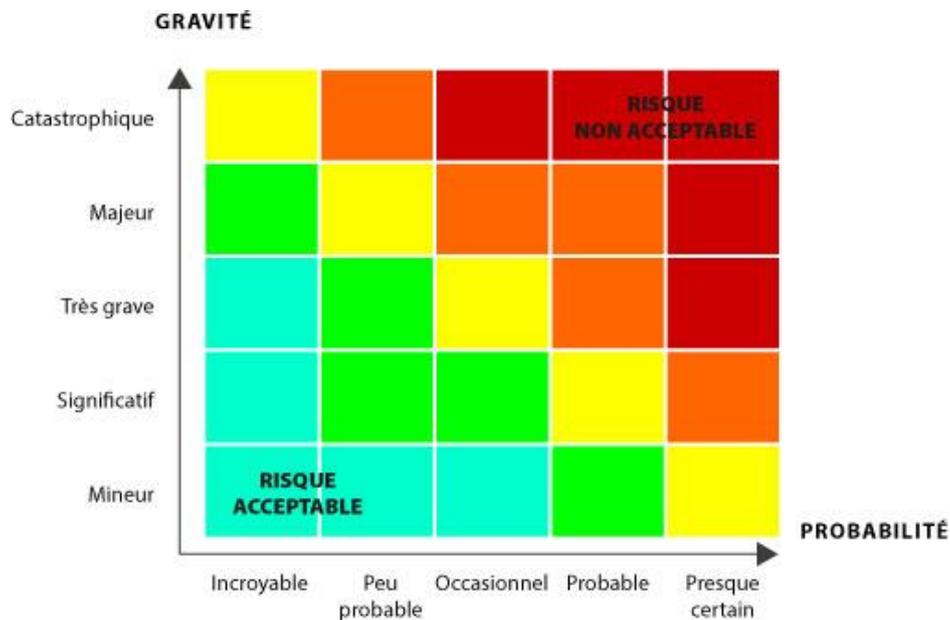


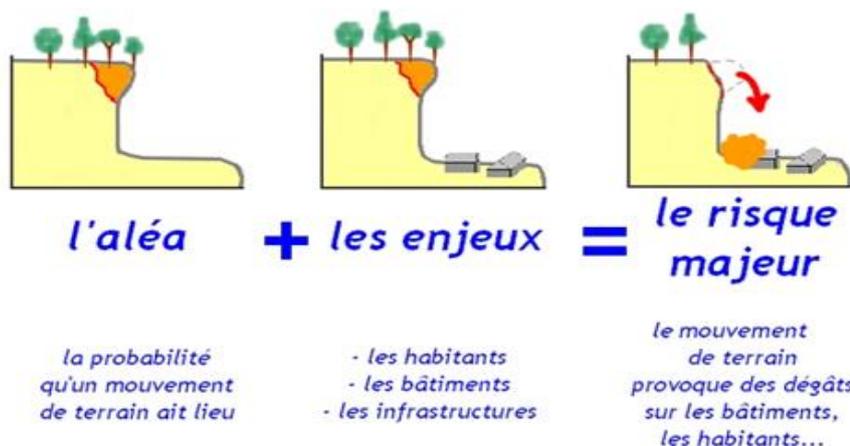
Figure I.18 Matrice des risques

I.5 Qu'est-ce qu'un risque majeur ?

Le risque majeur est la possibilité que survienne un événement d'origine naturelle ou anthropique (occasionné par l'homme), dont les effets peuvent mettre en jeu un grand nombre de personnes, occasionner des dommages importants et dépasser les capacités de réaction de la société.

L'existence d'un risque majeur est liée :

- d'une part à la présence d'un événement, qui est la manifestation d'un phénomène naturel ou anthropique, caractérisé par l'aléa ;
- d'autre part à l'existence d'enjeux, qui représentent l'ensemble des personnes et des biens pouvant être affectés par un phénomène. Les conséquences d'un risque majeur sur les enjeux se mesurent en termes de vulnérabilité.



Un risque majeur est caractérisé par sa faible fréquence et par sa gravité (nombreuses victimes, dommages importants aux biens et à l'environnement).

Les catastrophes sont des Perturbations profonde du fonctionnement d'une collectivité ou d'une société, causant des pertes humaines, matérielles, économiques ou environnementales de grande ampleur, qui surpasse les capacités de la collectivité ou de la société affectée à les surmonter par ses propres moyens. Les catastrophes peuvent être causées par des dangers naturels, artificiels et technologiques, ainsi que par divers facteurs qui influencent l'exposition et la vulnérabilité d'une communauté.

I.6 Représentation des risques

La spatialisation cartographique des risques aide beaucoup à construire une image des espaces vulnérables ou déjà ravagés qu'on met à la disposition des décideurs. De ce fait, elle soutient la réflexion et permet de pouvoir agir sur l'espace. La représentation cartographique des risques naturels ne peut jamais illustrer des réalités composées pour la plupart, non pas de trois simples dimensions spatiales que nous avons l'habitude de côtoyer, mais d'au moins deux autres dimensions supplémentaires : pertes en vies, coûts (dimension matérielle) et dégâts psychologiques (dimension morale). Face à une situation de risque technologique, l'approche devient davantage plus compliquée car strictement liée et amplifiée par les activités humaines. L'expression cartographique vise à attirer l'attention sur les dangers qui existent dans un secteur donné afin d'orienter les aménagements vers les solutions les plus sûres.

La cartographie des risques se construit en 6 étapes :

1. Définir le projet.
2. Recenser les **risques**.
3. Évaluer les **risques**.
4. Réaliser la matrice des **risques**.
5. Élaborer le plan de gestion des **risques**.
6. Évaluer, contrôler et adapter la **cartographie des risques**.



Chapitre II

La problématique

Environnementale

Introduction

Durant des millénaires, notre planète a évolué et donné naissance à des écosystèmes complexes et équilibrés que seuls des dangers naturels et autres venant de l'espace (en particulier les météorites) pouvaient perturber. Mais la croissance démographique et le développement des activités humaines sont venus perturber ces équilibres fragiles. Aujourd'hui, l'épuisement des ressources naturelles, l'accroissement permanent de la demande énergétique et la colonisation des espaces et des territoires impliquent des bouleversements dont les conséquences les plus visibles sont entre autre l'augmentation de l'effet de serre et le changement climatique.

II.1 Notions de pollution

L'environnement est donc l'ensemble de toutes les influences directes et indirectes exercées sur l'être vivant et de ses relations avec le reste du monde. Au sens le plus large, à côté de l'environnement naturel, les environnements sociaux et intellectuels en font également partie ; dans la suite le concept d'environnement sera utilisé dans son sens restreint. Les actions exercées sur les êtres vivants peuvent être réparties selon différents points de vue, par exemple :

- influences dues à des facteurs abiotiques, sans vie, et biotiques, vivants,
- influences climatiques, chimiques ou mécaniques,
- influences naturelles et anthropogéniques, provoquées par l'homme, etc.

II.1.1 Définition Générale

Toute **modification directe** ou **indirecte** de l'environnement provoquée par tout acte qui provoque ou qui risque de provoquer une situation préjudiciable pour la santé, la sécurité, le bien-être de l'homme, la flore, la faune, l'air, l'atmosphère, les eaux, les sols et les biens collectifs et individuels

II.1.2 Définition Juridique

En 1967, une première directive européenne définissait juridiquement l'environnement comme étant : l'eau, l'air et le sol, ainsi que les rapports de ces éléments entre eux d'une part, et avec tout organisme vivant d'autre part. En Algérie, la législation définit l'environnement dans la loi n° 03-10 du 19 juillet 2003 comme suit : « les ressources naturelles abiotiques et biotiques telles que l'air,

l'atmosphère, l'eau, le sol et le sous- sol, la faune et la flore y compris le patrimoine génétique, les interactions entre lesdites ressources ainsi que les sites, les paysages et les monuments naturels. »

II.1.3 Classification des pollutions :

On peut classer les pollutions à partir de nombreux critères.

❖ Selon la nature de l'agent polluant :

- **Physique** : rayonnements ionisants, réchauffement artificiel du milieu ambiant dû à une source de chaleur technologique
- **Chimique** : substances minérales, organiques abiotiques ou encore de nature biochimique
- **Biologique** : micro-organismes pathogènes, populations d'espèces exotiques invasives introduites artificiellement par l'homme.

❖ D'un point de vue écologique :

En prenant en considération le milieu (air, eau, sol), ou le compartiment de la biosphère afférent (atmosphère, hydrosphère, pédosphère) dans lequel ils sont émis et sur les biocénoses desquels ils exercent leurs perturbations.

❖ D'un point de vue toxicologique :

Considère le milieu ou la manière par laquelle les polluants contaminent les organismes. On distinguera, selon la voie de contamination : chez les végétaux une absorption stomacale, transfoliaire, ou une translocation radiculaire. Chez les animaux on peut distinguer une contamination par inhalation (chez les espèces terrestres), par absorption transbranchiale (chez les espèces aquatiques), par ingestion (par voie orale) ou encore pénétration transcutanée à la suite du contact de la peau ou du tégument avec le polluant.

❖ Selon la source ou l'origine des polluants :

- **d'origine naturelle** : Des évacuations volcaniques, des décharges sous-marines d'hydrocarbures ou de métaux lourds peuvent être à l'origine de la pollution de plusieurs habitats.
- **d'origine urbaine** : il s'agit des rejets domestiques, des rejets des eaux de lavage et des produits dégagés par les habitants d'une agglomération.
- **d'origine agricole** : la culture des terrains (utilisation des pesticides et des engrais) et l'élevage des animaux jouent un rôle important dans la dégradation de l'environnement.
- **d'origine industrielle** : la technologie industrielle et les rejets des usines et des entreprises représentent la vraie cause de la pollution dans toute la planète.

II.2 Les types de pollution

II.2.1 La pollution de l'air

Elle est définie comme la présence d'impuretés dans l'air pouvant provoquer un gêne notable pour les personnes et un dommage aux biens. La pollution atmosphérique est fortement influencée par le climat et tout particulièrement par le vent, la température, l'humidité et la pression atmosphérique. Elle résulte soit d'une modification quantitative par la hausse de la concentration dans l'air de certains de ses constituants normaux (CO, NO, O), soit d'une modification qualitative due à l'introduction de composés étrangers à ce milieu (radioéléments, substances organiques de synthèse par exemple), soit encore, et c'est le cas général, d'une combinaison de ces deux phénomènes.



Les polluants atmosphériques sont les polluants de l'air sous forme de gaz (ou de fumées et vapeurs) ou de particules. Ils sont classés en :

- **Polluants primaires** : substances polluantes émises directement de la source dans l'atmosphère,
- **Polluants secondaires** : ils ne sont pas directement émis des sources mais sont formés dans l'atmosphère à partir des polluants primaires, qui sont alors appelés « précurseurs ».

Il est à noter qu'un polluant peut être à la fois primaire et secondaire.

Les principales causes de la pollution atmosphérique sont

- **Naturelles**
 - les éruptions volcaniques,
 - les feux naturels à grande échelle.
 - Certains végétaux et animaux (les vaches notamment) dégagent du méthane qui en grandes quantités peut polluer l'air.



Figure II.1 Les polluants naturels

- **Soit liées à l'activité humaine comme :**
 - la production de l'énergie thermique : au niveau domestique ou industriel,
 - combustion des combustibles fossiles,
 - industrie : en raison de ses besoins propres en énergie ou à cause des émissions spécifiques dues aux processus de fabrication ou aux traitements spécifiques,
 - transports : terrestre, aérien et naval. C'est la première cause de pollution mobile et de proximité,
 - traitement des déchets : décomposition des déchets, incinération,
 - activités agricoles : engrais, décomposition des matières organiques,



Figure II.2 Les polluants artificiels

II.2.1.1 Mécanisme de formation de polluants

Le rejet d'agents polluants dans l'environnement est un phénomène complexe qui ne se limite en aucun cas à l'aspect, en apparence ponctuel, de l'émissaire d'égout se déversant dans un fleuve ou du fumée d'une usine s'élevant dans l'air. Aucune des substances que l'homme libère dans la biosphère ne reste en place ; dans la plupart des cas, elles émigrent fort loin du lieu de rejet.

L'air atmosphérique est un mélange complexe de gaz et de particules liquides et solides en suspension. L'azote et l'oxygène en sont les constituants majoritaires : 78% en volume pour l'azote et 21% en volume pour l'oxygène. Le 1% restant un rassemble de gaz « rares » (hélium, argon, néon, krypton, radon), la vapeur d'eau, le gaz carbonique, hydrogène, l'ozone, les particules solides et liquides en suspension (l'eau sous forme liquide ou solide, poussières fines, cristaux salins, pollens) et les polluants atmosphériques.

Les mécanismes de la formation de la pollution atmosphérique sont les suivants :

- **émissions** : les polluants sont émis dans l'atmosphère à partir des différentes sources,
- **réactions chimiques** : ces réactions ont lieu dans l'atmosphère et créent, modifient ou détruisent les polluants,
- **transport et dispersion** : les conditions climatiques comme le vent ou la pluie transportent les polluants atmosphériques loin des sources,
- **déposition** : sur la surface de la Terre par la pluie par exemple

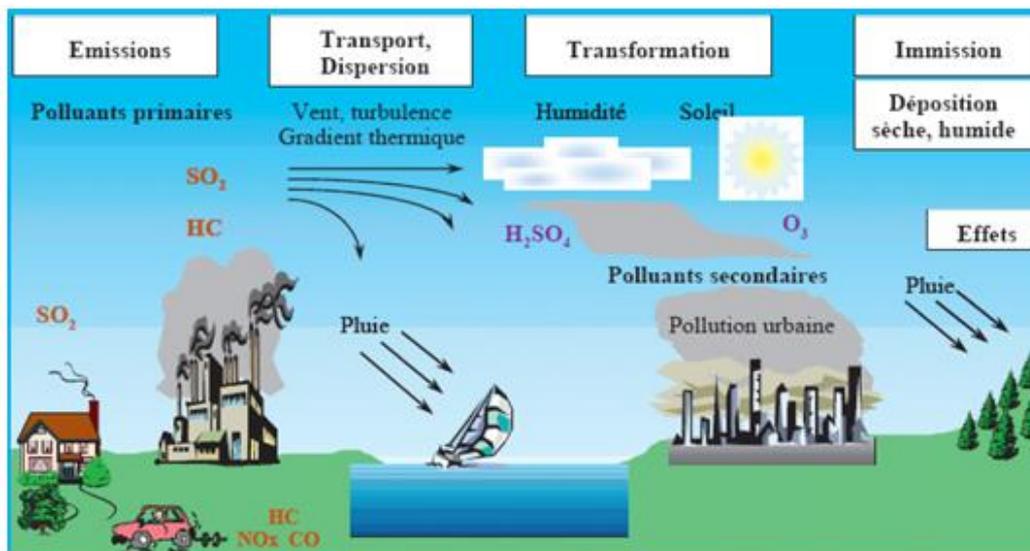


Figure II.3. Passage des polluants dans la biosphère (Circulation et dispersion des polluants)

II.2.1.2 Classification des polluants atmosphériques

- **Polluants Gazeux :**
 - **Les composés carbonés**

Ce sont le monoxyde de carbone CO et le dioxyde de carbone CO₂. Le monoxyde de carbone CO est un gaz inodore et incolore qui est toxique car il bloque l'hémoglobine. Il entraîne des vertiges, nausées et pertes de connaissance qui peuvent entraîner la mort. L'émission du CO est le résultat de toute combustion d'un carburant contenant du carbone qui se déroule avec une quantité insuffisante d'air. Le CO₂ est un gaz à effet de serre qui est l'un des premiers responsables du réchauffement climatique.

- **Les composés azotés**

Ce sont les oxydes d'azote NO et NO₂ généralement désignés sous le nom de NO_x ainsi que N₂O et l'ammoniaque NH₃. Le NO provient de la combustion. C'est un gaz qui n'est pas très nocif mais il est le précurseur de NO₂ qui est beaucoup plus dangereux : c'est un puissant irritant des voies respiratoires qui provoque la détresse respiratoire et des œdèmes pulmonaires.

▪ **Les composés soufrés**

Ce sont des oxydes de soufre SO₂ et SO₃ et plus rarement H₂S. Le SO₂ se forme lors de la combustion des carburants soufrés comme le gazole, lors du raffinage du pétrole et lors de la fusion des métaux, il diminue l'immunité et peut agir sur le système respiratoire. En plus de sa toxicité, il provoque les pluies acides.

▪ **Les composés organiques**

a. Les composés organiques volatiles (COV)

Les grandes familles de composés organiques volatiles:

- les alcanes (saturés, abondants, par exemple propane)
- les alcènes (liaison doubles, très réactifs)
- les diènes et les terpènes (multiples doubles liaisons)
- les aromatiques mono ou polycycliques (assez abondants, par exemple, benzène, toluène ...)
- les composés oxygénés (aldéhydes, cétones, esters, alcool ...).
- les aromatiques mono ou polycycliques (assez abondants et réactifs, par exemple benzène).

b. Les Produits Organiques Persistants (POP)

Il existe douze composés organiques toxiques à basse concentration. Ce sont des résidus industriels souvent toxiques, mutagènes et cancérogènes, qui interfèrent avec notre système hormonal et sexuel. La liste la plus communément admise est la suivante : Trichloroéthylène (TRI), Trichloroéthane (TCE), Tetrachloroéthylène (PER), Dioxines et furanes (Diox), Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), Polychlorobiphényles (PCB) et Hexachlorobenzène (HCB).

➤ **Les particules**

Les particules sont de la poussière solide ou liquide. Elles sont caractérisées par plusieurs groupes :

- **PM10**: masse des particules dont le diamètre aérodynamique moyen est inférieur à 10 µm.
- **PM2.5**: masse des particules dont le diamètre aérodynamique moyen est inférieur à 2.5 µm
- **PM1.0**: masse des particules dont le diamètre aérodynamique moyen est inférieur à 1 µm.

- **Ultrafines**: particules dont le diamètre aérodynamique moyen est inférieur à 0.1 µm.
- **Nanoparticules** : particules de diamètre aérodynamique moyen inférieur à 0.05 ou 0.03 µm.

➤ **Les éléments traces métalliques**

Ils désignent en général les métaux dont le poids atomique est supérieur à celui du fer. Ces métaux sont parfois également désignés par le terme de métaux traces ou métaux lourds. On distingue en Particulier :

- **Mercure**: est le seul métal liquide à température ambiante. IL se combine très aisément avec d'autres composés et a une volatilité importante.
- **Plomb**: une source importante des émissions de plomb dans l'atmosphère
- **Cadmium**: il provient surtout de l'incinération des déchets, ainsi que de procédés industriels (métallurgie..).

▪ **Chlorofluorocarbones (CFC)**

Les chlorofluorocarbones ou les CFCs (également connus sous le nom de Fréons) sont non toxiques, ininflammables et non-cancérogènes. Ils contiennent des atomes de fluor, des atomes de carbone et des atomes de chlore. Les CFCs sont largement répandus comme liquides réfrigérants dans la réfrigération et les climatiseurs, comme dissolvants dans les décapants, en particulier pour les cartes électroniques. Leur utilisation par l'homme entraîne leur présence dans l'atmosphère, ils sont en effet bien mélangés à la troposphère dès la première année de leur émission.

▪ **Dioxines et furannes**

Les dioxines sont des molécules de polychlorodibenzodioxine (ou PCDD) et polychlorodibenzofuranne (ou PCDF). Elles ont été décelées en 1977 dans les incinérateurs. Les dioxines proviennent des phénomènes naturels comme les éruptions volcaniques ou les incendies de forêts. Elles proviennent surtout de la combustion, des huiles usagées ou apparaissent au cours du refroidissement des gaz de combustion lors du processus d'incinération des déchets. Ce sont des polluants organiques persistants dans l'environnement. Elles peuvent être stockées dans les graisses animales et entrent ainsi dans la chaîne alimentaire. Ces espèces sont dangereuses pour la santé : elles diminuent l'immunité provoquent des lésions dermiques et des cancers.

II.2.1.3 Les effets des différentes substances

Les impacts de la pollution conditionnent la plupart du temps le choix des substances retenues dans un inventaire. L'échelle géographique pertinente pour analyser les phénomènes de pollution de l'air va du très local (par exemple odeurs, effets des particules, du benzène, ... sur la santé) à l'échelle mondiale (par exemple effet de serre, couche d'ozone), en passant par des phénomènes régionaux ou continentaux (pluies acides ou pollution photochimique). On classe souvent les effets en fonction de l'échelle qui les concerne.

II.2.1.3.1 Effet de serre et changement climatique

L'effet de serre est un phénomène avant tout naturel de piégeage par l'atmosphère du rayonnement de chaleur émis par la terre sous l'effet des rayons solaires. Il permet une température sur Terre bien supérieure à celle qui régnerait en son absence (+ 33°C environ). Le groupe de gaz responsables de ce phénomène est présent dans l'atmosphère à l'état de traces ; il s'agit, pour l'essentiel, de la vapeur d'eau, du gaz carbonique (CO₂), du méthane (CH₄) et du protoxyde d'azote (N₂O). C'est parce que les teneurs atmosphériques de ces gaz sont naturellement très faibles que les émissions dues aux activités humaines sont en mesure de les modifier sensiblement, entraînant, a priori, un renforcement de l'effet de serre, et par suite, des modifications possibles du climat qui est le changement climatique. Les principaux gaz à l'effet de serre sont donc : CO₂, CH₄, N₂O, HFC (dont spéciation selon 8 composés), PFC (dont spéciation selon 5 composés), SF₆.

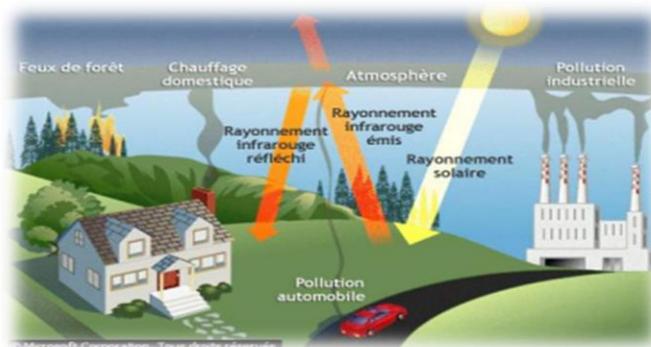


Figure II.4 Schéma expliquant le mécanisme de l'effet de serre

Les conséquences de ce phénomène ne se limite pas à un accroissement de température de l'ordre de 3 °C mais pouvant approcher voire dépasser les 10°C avec de graves bouleversements des tous les écosystèmes sur terre.

- **Sur le climat**

- Fonte des glaces : la hausse des températures provoque le retrait des glaciers fonte de la banquise.
- Augmentation des niveaux des océans: La montée des niveaux des océans est essentiellement due à la dilatation de l'eau de mer induite par l'augmentation des températures moyennes.
- La modification des régimes de précipitations : peut entraîner inondations, désertification et sécheresses.
- Tornades et cyclones : les scientifiques remarquent que le nombre et la puissance des catastrophes naturelles a augmenté à la fin du XX^{ème} siècle et que ces phénomènes cycliques extrêmes (cyclones et tempêtes) seront de plus en plus intenses et fréquents.
- Modification de la circulation de courants : exemple du Gulf Stream est un courant assez peu profond qui permet à la façade atlantique européenne de bénéficier d'un climat doux en hiver.



Figure II.4 Conséquences du réchauffement climatique

▪ **Sur la faune et la flore**

Le réchauffement global est une menace pour les animaux. Les études récentes montrent que si la température globale augmente de 2°C, plus de 20 % des espèces vont disparaître, et si elle dépasse de 3°C le risque d'extinction augmente à plus de 60 % des espèces connues.

L'impact est aussi considérable sur les écosystèmes et leur biodiversité terrestres et marins : les plus affectés seront les récifs coralliens. En effet, les coraux sont des espèces sténothermes qui ne peuvent supporter qu'une faible élévation de la température moyenne des eaux superficielles. Depuis le début des années 1980, on assiste à une extension accélérée du phénomène de blanchissement des coraux. Les polypes expulsent leurs zooxanthelles ce qui explique leur décoloration.



Figure II.5 Quelques animaux en voie de disparition

Comme pour la faune, la flore pourrait subir les effets de l'augmentation de température, c'est à dire l'extinction de plusieurs centaines de milliers d'espèces végétales. Certes avec l'effet de serre les plantes auront une vitesse de croissance plus élevée grâce au CO₂, mais l'augmentation de quelques degrés va engendrer de terribles répercussions sur la vie des végétaux.

Par exemple la région arctique compte trois principaux types de végétation: déserts polaires au nord, forêts boréales au sud, et toundra entre les deux.

L'augmentation des températures devrait favoriser l'expansion vers le nord de la forêt boréale aux dépens de la toundra, et de la toundra aux dépens du désert polaire.



Figure II.6 Bouleversement des végétations dans la région arctique

▪ Le SMOG

Le terme smog fait référence à une brume jaunâtre, provenant d'un mélange de polluants atmosphériques incluant des gaz comme l'ozone et des particules fines. C'est un terme anglais formé des deux mots : smoke qui veut dire fumée et fog qui veut dire brouillard. C'est un type de pollution qui se manifeste par du brouillard qui réduit la visibilité.

On distingue deux types de smog :

- **Le Smog industriel (hiver)** : les émissions de SO jouent un rôle capital, il se forme dans les zones industrielles froides et humides. Les basses températures contribuent au phénomène d'inversion qui bloque les polluants tandis que l'humidité favorise l'oxydation rapide du SO₂ pour former de l'acide sulfurique et des particules de sulfate. Ce type de pollution est très fréquent dans les zones où il y a combustion produisant du SO et cause parfois des dégâts importants, comme à Londres en 1952 ou encore à Liège en Belgique en 1930 où 60 personnes sont mortes. La réglementation en matière de pollution permet à l'heure actuelle de réduire ce phénomène, qui persiste cependant dans certains pays comme en Chine.

- **Le Smog photochimique** : sa cause principale est les véhicules de transport urbain qui émet des NOx et des COV qui réagissent en présence des UV pour former de l'ozone, ce type de smog est fréquent en été



Londres 1952



Moscow 2010



Pékin 2012

Figure II.7 exemples de SMOG

- **Formation de l'ozone**

Ozone stratosphérique → **le bon ozone** :

Il se trouve entre 16 et 50 km d'altitude, Il a un effet refroidissant sur la Terre et protège les humains et les autres formes de vie contre les rayons ultraviolets (UV).

Ozone troposphérique → **le mauvais ozone:**

L'ozone troposphérique est toxique pour les humains et contribue au smog ainsi qu'aux changements climatiques, il se forme quand les COV et le NOx réagissent aux rayons solaires .



Figure II.8 mécanisme de formation du SMOG

▪ **Destruction de la couche d'ozone :**

La Couche d'ozone localisée dans la stratosphère filtre à l'extérieur les rayonnements dans la partie ultra-violette (UV) du spectre qui est préjudiciable aux cellules. Sans ozone, la vie sur Terre ne serait pas ce qu'elle est aujourd'hui. La découverte d'un trou dans la couche d'ozone au-dessus de l'Antarctique et son association avec les CFCs synthétiques a amené le monde à agir pour protéger la couche d'ozone (protocole de Montréal en 1979). La destruction de la couche d'ozone se produit quand l'équilibre naturel entre la production et la destruction de l'ozone stratosphérique est incliné en faveur de la destruction. Bien que les phénomènes naturels puissent causer la perte provisoire de l'ozone, le chlore et le brome libérés des composés synthétiques tels que les CFCs sont maintenant considérés comme cause principale de cet amincissement. Les émissions de CFCs représentent environ 80% de l'amincissement total de l'ozone stratosphérique.

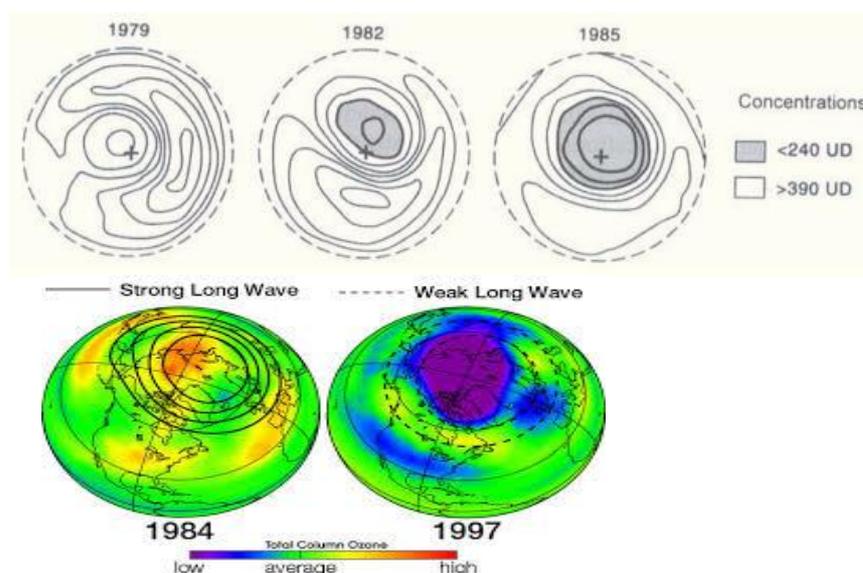


Figure II.9. Accroissement entre 1979 et 1985 du « trou » d'ozone dans la stratosphère Antarctique et au-dessus de l'Arctique entre 1984 et 1997

▪ **Les pluies acides**

Les pluies acides ont été identifiées au 19^e siècle par le pharmacien Anglais Robert Angus Smith qui a mesuré des taux d'acidité élevés dans l'eau de la pluie qui tombait sur les zones industrielles anglaises.

Plus tard, des biologistes américains et canadiens ont constaté l'altération des eaux des lacs et la diminution de la population des poissons. Le pH de l'eau est égal à 7. La pluie contient des impuretés et des acides naturels comme le CO₂ ainsi que des bases naturelles comme l'ammoniaque

et le carbonate de calcium. A l'état normal, la pluie doit avoir un pH compris entre 5 et 7. Les pluies acides produisent des pH inférieurs à 5. Ceci se produit quand de grandes quantités de polluants comme le SO et les NOx sont dans l'atmosphère. Ce sont les premiers responsables de ces pluies. Ces deux polluants s'oxydent dans l'atmosphère en formant des acides qui, en se dissolvant dans l'eau des nuages libèrent des ions H⁺ :

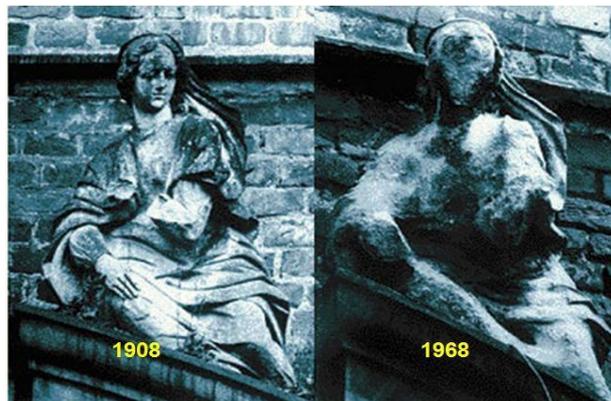
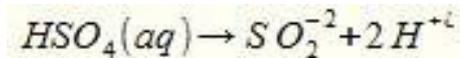


Figure II.10. Accroissement Robert A. Smith (1873) « Air & Rain: the Beginnings of Chemical Climatology »

▪ L'eutrophisation

L'eutrophisation est due à un apport excessif en nutriments et en matières organiques biodégradables issus de l'activité humaine. Elle s'observe surtout dans les milieux aquatiques dont les eaux sont peu renouvelées. Stimulées par un apport substantiel en certains nutriments dont principalement le phosphore et l'azote, le phytoplancton et certaines plantes aquatiques croissent et se multiplient de manière excessive, ce qui conduit, lorsqu'elles se décomposent, à une augmentation de la charge naturelle de l'écosystème en matières organiques biodégradables. Les bactéries, qui dégradent cette matière organique, prolifèrent à leur tour, en appauvrissant de plus en plus l'oxygène de l'eau.

- Les effets directs sur la santé humaine peuvent être dus à la toxicité élevée des métaux (mercure, chrome, plomb, cadmium, nickel), nitrates, pesticides.
- La pollution des lacs, dégradation des écosystèmes et diminution de la biodiversité.



Figure II.11 Rivière eutrophisée

L'acidification des lacs et des cours d'eau entraîne une destruction parfois irréversible de la vie aquatique. Outre le problème d'eutrophisation, la baisse du pH provoque la mise en solution de métaux contenus naturellement dans le sol, comme l'aluminium, toxique à l'état dissous pour presque la totalité des organismes vivants. Les métaux lourds contaminent également à la fois les sols et les réserves d'eau douces. Leur accumulation dans les sols et les eaux laissent craindre une contamination de la chaîne alimentaire. Ce type de pollution s'observe au niveau local (proximité de certains sites), mais aussi à l'échelle régionale et continentale, notamment pour certains métaux comme le mercure.

II.2.2 La pollution de l'eau

La pollution de l'eau est due essentiellement aux activités humaines ainsi qu'aux phénomènes naturels. Elle a des effets multiples qui touchent aussi bien la santé publique que les organismes aquatiques, ainsi que la flore et la faune terrestre. L'ensemble des éléments perturbateurs parviennent au milieu naturel de deux façons différentes : par rejets bien localisés (villes et industries) à l'extrémité d'un réseau d'égout ou par des rejets diffus (lessivage des sols agricoles, des aires d'infiltration dans les élevages, décharges, ...). L'introduction dans le sous-sol provoque une pollution des eaux souterraines qui est caractérisée par une propagation lente et durable (une nappe

est contaminée pour plusieurs dizaines d'années) et une grande difficulté de résorption ou de traitement

II.2.2.1 Type de pollution aquatique

On a deux types de pollution selon la répartition géographique :

➤ **Pollution ponctuelle**

Une pollution ponctuelle est une pollution provenant d'un site facile à localiser, et peut être par exemple le point de rejet d'un effluent ou une zone contaminée. C'est une source fixe et généralement d'émission polluantes importantes.

➤ **Pollution diffuse**

Sont des pollutions dues non pas à des rejets ponctuels et identifiables, mais à des rejets issus de toute la surface d'un territoire et transmis à l'environnement de façon indirecte. Les sources diffuses se caractérisent par des apports de substances émises par des sources mobiles, des sources couvrant de larges étendues ou un grand nombre de sources de pollution d'émission faible. Les pollutions par des sources ponctuelles sont souvent plus faciles à traiter (en installant par exemple un filtre au niveau du tuyau par lequel les produits polluants sont rejetés dans le milieu naturel), alors que les émissions polluantes provenant de sources diffuses sont difficiles à recenser, à mesurer et donc à contrôler.

II.2.2.2 Source de pollution : C'est une classification selon l'origine de la pollution

➤ **Pollution naturelle**

Cependant, et grâce notamment aux développements technologiques et analytiques qui ont permis des mesures de plus en plus fines pour de nombreux éléments polluants, il a été montré que certains polluants dans les eaux et les sols peuvent également avoir une origine naturelle. On retrouve le plus souvent ces polluants dits géogéniques dans des zones où ils sont naturellement concentrés. Cette accumulation naturelle résulte de processus géologiques. Par exemple, le contact de l'eau avec les gisements minéraux peut, par érosion ou dissolution, engendrer des concentrations inhabituelles en métaux lourds (ex : arsenic...). Des éruptions volcaniques, des épanchements sous-marins d'hydrocarbures... peuvent aussi être à l'origine de pollutions.

➤ **Pollution atmosphérique** : En ce qui concerne l'eau de pluie, bien que longtemps considérée comme propre, l'eau d'origine pluviale est en fait relativement polluée. L'origine de cette

pollution peut provenir des gaz ou solides en suspension rejetés dans l'atmosphère par les véhicules, les usines ou les centrales thermiques. Ces polluants (oxyde de carbone, dioxyde de soufre, poussière...) sont envoyés vers le sol à la moindre averse. Lorsqu'elle ruisselle, l'eau de pluie a un second effet nocif: elle transporte les hydrocarbures, les papiers, les plastiques et les débris végétaux accumulés sur la terre et les toitures. De plus, cette pollution est déversée sur de courtes périodes et peut atteindre des valeurs très élevées ce qui provoque un effet de choc sur le milieu biologique.



Figure II.12 pollution physique de l'eau

➤ **Pollution urbaine**

Ce sont les eaux des habitations et des commerces qui entraînent la pollution urbaine de l'eau. Les polluants urbains sont représentés par les rejets domestiques, les eaux de lavage collectif et de tous les produits dont se débarrassent les habitants d'une agglomération notamment des rejets industriels rejetés par les entreprises en quantités variables selon l'importance de l'agglomération et son activité. Les eaux résiduaires urbaines peuvent être considérées comme la plus importante industrie en termes de masse de matériaux bruts à traiter ; Dans la communauté européenne il est produit quotidiennement un volume proche à 40 millions de m³ d'eaux usées. Le « tout -à- l'égout » est une expression significative ; elle exprime cette diversité. On trouve les excréments, les restes d'aliments, les déversements d'abattoirs, les déversements hospitaliers, les lessives, les détergents, les insecticides, les hydrocarbures, les déchets de la petite industrie et divers produits toxiques.



Figure II.13 Rejet d'égouts

➤ **Pollution industrielle**

Le développement accéléré des techniques industrielles modernes a engendré une pollution très importante. En effet, celle-ci est devenue plus massive, plus variée et plus insidieuse. Devant l'extrême diversité de ces rejets, une investigation propre à chaque type d'industrie est nécessaire : il est donc primordial d'être parfaitement informé sur les procédés de fabrication et le circuit des réactifs et des produits. Il est évident que les effluents déversés sans traitement approprié entraînent des changements indésirables dans le milieu récepteur et des pollutions très néfastes.



Figure II.13 Pollution industrielle de 'eau

➤ **Pollution agricole**

Ce type de pollution s'intensifie depuis que l'agriculture est entrée dans un stade d'industrialisation. Les pollutions d'origine agricole englobent à la fois celles qui ont trait aux cultures (pesticides et engrais) et à l'élevage (lisiers et purins). Néanmoins, le problème de la pollution agricole est un peu différent, dans la mesure où cette source de pollution n'arrive qu'indirectement à la station. C'est le cas en particulier des engrais et pesticides qui passent d'abord à travers les milieux naturels (nappes phréatiques, rivières...). C'est aussi le cas des

déchets solides issus des industries agro-alimentaires et des concentrations des élevages qui entraînent un excédent de déjections animales (lisiers de porc, fientes des volailles...) par rapport à la capacité d'absorption des terres agricoles ; celles-ci, sous l'effet du ruissellement de l'eau et de l'infiltration dans le sous-sol, enrichissent les cours d'eau et les nappes souterraines en dérivés azotés et constituent aussi une source de pollution bactériologique.



Figure II.13 Pollution agricole

II.2.2.2 Principaux polluants

- **Matières en suspensions**

Elles désignent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Les MES confèrent à l'eau un aspect trouble au fur et à mesure que les sédiments se déposent au fond ; elles diminuent la luminosité dans l'eau, donc freinent la photosynthèse. Les espèces végétales se développent plus difficilement, l'oxygène qu'elles produisent diminue dans le milieu, et les espèces animales en souffrent. Elles peuvent rendre les eaux très opaques et provoquer aussi une eutrophisation.

- **Sels minéraux**

Présents naturellement dans l'eau en faible quantité, les sels minéraux (chlorures ou sulfates de calcium, de magnésium, de sodium ou de potassium) peuvent voir leur concentration s'élever à la suite de rejets industriels. Cela peut nuire à la biologie aquatique.

- **Matières organiques**

Ce sont tous les déchets carbonés tels que la cellulose produite par les papeteries, le sucre et le

lactosérum des industries agroalimentaires ainsi que les hydrocarbures. A l'inverse de MES, ces matières constituent une nourriture de choix pour les micro-organismes de l'eau et provoquent leur prolifération. Les micro-organismes se mettent alors à vider le milieu de son oxygène, ce qui s'avère fatal pour la vie aquatique. Lorsque le milieu se retrouve totalement vidé de son oxygène, les micro-organismes vont le chercher dans les sulfates dissous (SO_4^{-2}), qu'elles réduisent en sulfure, qui se dégage sous forme de sulfure d'hydrogène en engendrant une odeur d'œufs pourris. Cette odeur nauséabonde est caractéristique d'une eau très polluée.

▪ **Métaux lourds (ETM)**

Les éléments possédant une masse volumique supérieure ou égale à 5 g.cm^{-3} . Les métaux lourds constituent des polluants qui ne se dégradent pas dans l'environnement. Ils s'accumulent dans les organismes vivants et peuvent contaminer l'ensemble d'une chaîne alimentaire. Certains métaux lourds sont particulièrement toxiques comme le cadmium (Cd), le mercure (Hg), le plomb (Pb), le nickel (Ni), le chrome (Cr), et à un degré moindre le cuivre (Cu) et le zinc (Zn). Le fer (Fe) et l'aluminium (Al) le sont moins.

▪ **Pesticides**

Les pesticides constituent un problème majeur pour l'environnement. On inclut dans les pesticides toutes les substances avec lesquelles on combat les animaux et végétaux nuisibles à l'Homme et aux êtres vivants supérieurs. Sur le plan chimique, on distingue plusieurs groupes de pesticides qui sont caractérisés par des persistances différentes. Les plus persistants sont les hydrocarbures chlorés comme le DDT (Dichloro Diphényl Trichloroéthane) qui s'accumule dans les tissus graisseux.

▪ **Matières fertilisante**

La présence d'azote et de phosphore en quantité excessive dans les cours d'eau entraîne la prolifération d'algues qui diminuent la luminosité et surtout consomment l'oxygène dissous dans l'eau (phénomène d'eutrophisation). Cette pollution est produite par les eaux usées urbaines, certains effluents industriels, et le ruissellement des eaux chargées d'engrais apportés en excès aux cultures. Et ainsi la pollution biologique l'un des principaux polluants des eaux.

II.2.2.3 Conséquences de la pollution aquatique

- Les matières organiques solubles abaissent la teneur en Oxygène dans les cours d'eau, ce qui conduit à la réduction et à la mort de la faune aquatique.
- Les matières en suspension, s'accumulent au fond des cours d'eau, lacs et étangs et causent l'augmentation de la turbidité.
- Les acides sont toxiques à la vie aquatique et détériorent les réseaux d'égaux.
- Les huiles et les graisses flottants conduisent au colmatage des conduites et donnent un aspect esthétique indésirable.
- Les matières toxiques et métaux lourds sont toxiques à la vie aquatique.
- Le phosphore et l'azote conduit à l'eutrophisation des cours d'eau.
- Les coliformes fécaux et pathogènes participent à la contamination bactériologique des cours d'eau.
- Les marées noires sont dangereuses pour l'environnement marin, en perturbant fortement la faune et la flore marines, avec dégradation du biotope et de l'écosystème via l'asphyxie du milieu, puis la destruction des fonds marins et de l'habitat de nombreux animaux.



Figure II.14 Conséquences de la pollution des eaux.

II.2.3 La pollution de sols

L'accroissement des activités anthropiques a été la source de modifications (dégradations) du sol, modifications pouvant avoir un impact sur les écosystèmes et notamment sur l'homme

II.2.3.1 Définition

C'est l'accumulation anormale et exogène dans le sol, d'éléments ou de composés minéraux, organiques ou d'agents pathogènes affectant de ce fait sa qualité.

Elle peut être locale ou diffuse d'origine agricole, industrielle ou microbienne et qui touche le sol proprement dit ou l'eau souterraine. Cette eau souterraine n'est pas limitée dans certaines dépressions mais se trouvant dans tout le sol, dans des interstices, des particules de roches et des sols ou dans les fissures de roches. Cette pollution du sol peut apparaître de différentes manières. Une grande partie des composées, qui ont des influences sur les sols et sur les organismes qu'ils contiennent, provient directement de l'air (par disposition sèches) ou arrivent avec les précipitations (dépositions humides). Les contaminations du sol peuvent être diffuses ou ponctuelle. Dans les contaminations diffuses il y a un ou plusieurs composées dangereux, dont les concentrations varient peu et dans des surfaces très étendues.

En général, les contaminations sont diffuses lorsque les polluants sont émis :

- A partir de sources non stationnaires (automobiles).
- A partir de sources très étendues (dépôts de produits en agriculture).
- A partir d'un grand nombre de sources (véhicules, foyers domestiques).

Dans les contaminations ponctuelles du sol, il s'agit de grandes quantités de polluants dans un domaine délimité par des clôtures, des bâtiments, et des cités contaminés. La pollution du sol peut être d'origine agricole, industrielle ou microbienne.

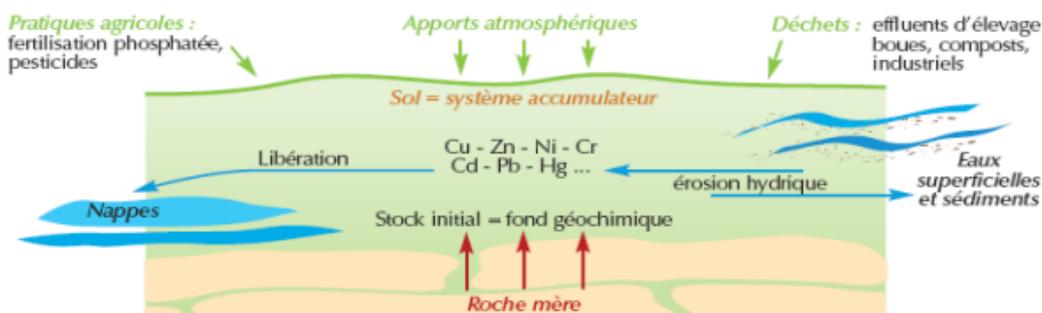
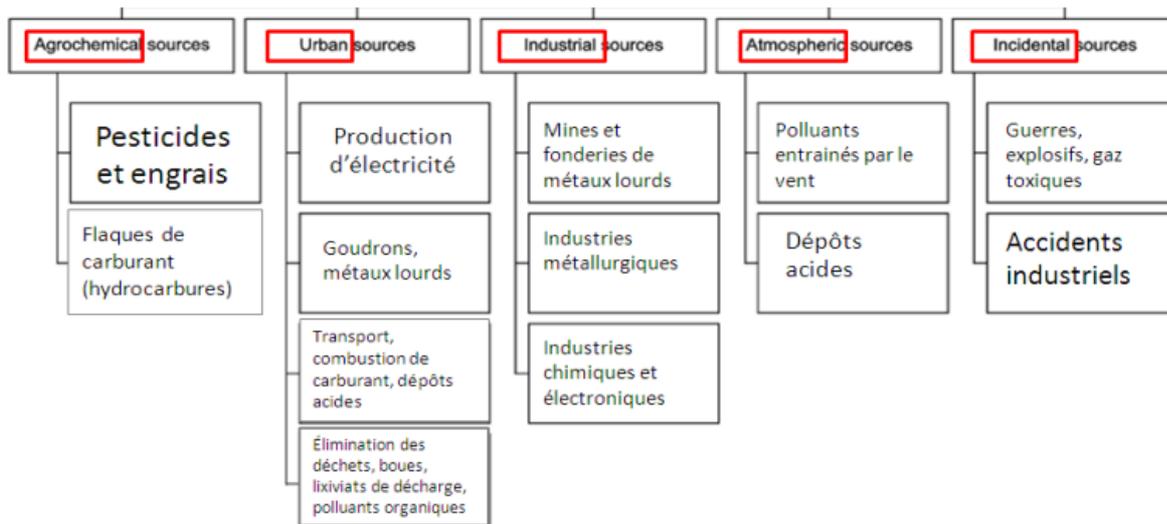


Figure II.14 la pollution des sols.

II.2.3. Les sources de pollution

En fonction du mode d'arrivée des polluants au sol et de l'étendue des pollutions, on distingue les formes de pollution suivante :



II.2.3.2 Principaux polluants

II.2.3.2.1 Les polluants d'origine agrochimique

L'agriculture est la première utilisatrice des sols. Aujourd'hui, 12 % des terres émergées dans le monde sont cultivées. Le développement d'une agriculture plus intensive, même si elle a permis d'accroître les productions vivrières, a contribué à la pollution des sols notamment suite à l'usage intensif d'engrais de synthèse et de produits phytosanitaires pour lutter contre les mauvaises herbes et les parasites.

▪ Les engrais chimiques

La pollution par les engrais chimiques s'effectue par amendement dans le sol des substances suivantes :

- Les composants azotés tel que les nitrates NO_3 , l'ammonium NH_4 généralement sous la forme de nitrate d'ammonium NH_4NO_3) et l'urée.
- Les composants phosphatés dérivé de l'acide phosphorique H_3PO_4 .
- Le chlorure de potassium, le nitrate de potassium et la sylvinite constituent les formes usuelles

d'apport du potassium.

Les nitrates et les nitrites représentent la plus importante cause de pollution des agro écosystèmes et de l'eutrophisation.

L'agriculture peut aussi aggraver le sol en provoquant son tassement par le passage d'engins de plus en plus lourds. Le sol compacté ne laisse passer ni l'eau, ni l'air et la faune des recycleurs du sol (par exemple, les vers de terre) diminue.



Figure II.15 utilisation des engrais sur des sols agricoles.

- **Les insecticides**

Ils permettent de tuer les insectes nuisibles aux cultures ou vecteurs d'affections parasitaires, microbiennes ou virales des animaux domestiques et de l'homme. Ce sont des minéraux à base de sels de cuivre utilisés en traitement de grandes cultures puis malheureusement ils sont mise en évidence dans l'eau des rivières.

- **Les herbicides**

Ils permettent d'éliminer les mauvaises herbes dénommées par les agronomes plantes adventices des cultures.



Figure II.15 utilisation des herbicides et d'insecticides.

II.2.3.2.2 Les polluants d'origine urbaine

- **Les émissions liées à la production d'énergie**

Les usines productrices d'énergie nucléaire émettent de la radioactivité sous forme de radionucléides (surtout ^{134}Cs et ^{137}Cs). Ceux-ci peuvent être introduits dans le sol sous forme de dépôts secs par suite des retombées atmosphériques ou sous forme humide après leur



dissolution dans les précipitations. Un grand nombre de polluants organiques et inorganiques des sols, comprenant le goudron, du cyanure, du combustible, des oxydes de fer, du cadmium, du plomb, des sulfates et des sulfures sont retrouvés dans les stations-services abandonnées.

- **Les polluants du sol provenant des transports**

Elles comportent des oxydes de carbone, d'azote et de sulfure, quelques métaux lourds et des micropolluants organiques très cancérigènes tels que les PAHs (hydrocarbures aromatiques polycycliques), les PCDDs (polychlorodibenzo-p-dioxin, appelé « dioxine »), les substances chimiques les plus toxiques synthétisées par l'homme et les PCDFs (polychlorodibenzofuran), le plus mortel des produits chimiques produits par l'homme. Ces polluants peuvent être introduits dans le sol à la suite des dépositions des particules sur celui-ci ou lessivés à partir de l'atmosphère.

- **Les polluants provenant des déchets et des boues d'épuration**

Les boues d'épurations sont parmi les plus importants polluants des sols d'origine urbaine. elles sont utilisées comme fertilisants des sols en raison de leur richesse en éléments minéraux majeurs et en matière organique. Cependant, elles contiennent souvent des concentrations élevées de métaux lourds (surtout cadmium) qui peuvent s'accumuler dans le sol et être prélevés par les cultures. Elles sont également souvent très riches en micropolluants organiques.

L'élimination des déchets par enfouissement ou par incinération peut entraîner la concentration des métaux lourds dans les sols, tels que le cadmium, le cuivre, le plomb, le tin et le zinc, et les micropolluants organiques. La contamination du sol se fait soit directement à partir des lessivas provenant des décharges, enfouies ou non, qui peuvent polluer le sol ou la nappe phréatique, soit à partir des retombées des cendres d'incinération.



Figure II.16 Enfouissement de grandes quantités de déchets dans les sols.

II.2.3.2.3 Les polluants d'origine industrielle

Ils se présentent sous forme de déchets solides, liquides et gazeux. Ils englobent les rejets des différentes industries telles que : les métallurgies, les industries minières et chimiques, les hydrocarbures volatils ou peu volatils (kérosène, fioul, gasoil), les cyanures, les métaux lourds (arsenic, chrome, cuivre, cadmium, mercure, nickel, plomb, zinc...), les Polluants organiques comme les PolyChloroBiphényles (PCB) et les hydrocarbures Aromatiques Polycycliques et les produits phytosanitaires (pesticides, herbicides).



Figure II.17 Enormes quantités de ferraille et de métaux.

II.2.3.3 Effets de la Pollution du sol

➤ **Effet sur la santé des êtres humains:**

- la contamination des sols a des conséquences importantes sur notre santé. Les cultures et les

plantes cultivées sur des sols pollués absorbent une grande partie de la pollution et les transmettent. Cela pourrait expliquer la hausse soudaine des cancers.

- L'exposition à long terme à un tel sol peut affecter la composition génétique de l'organisme, provoquant des maladies congénitales et des problèmes de santé chroniques qui ne peuvent être guéries facilement. Il peut rendre aussi malade le bétail dans une mesure considérable et provoquer une intoxication alimentaire sur une longue période de temps.

➤ **Effet sur la croissance des plantes:**

- L'équilibre écologique de tout système est affecté en raison de la contamination généralisée du sol. La plupart des plantes sont incapables de s'adapter quand la chimie du sol change radicalement dans un court laps de temps. Les champignons et les bactéries présentes dans le sol qui se lient ensemble commencent à diminuer, ce qui crée un problème supplémentaire de l'érosion des sols.

- La fertilité diminue lentement, rendant les terres impropres à l'agriculture et la végétation locale pour survivre. La pollution des sols provoque de grandes étendues de terres aux devenir dangereux pour la santé. Contrairement aux déserts, qui sont adaptés pour sa végétation native.

- Présence de trace chimique: les produits chimiques toxiques présents dans le sol diminuent le rendement des sols contaminés qui produisent des fruits et légumes qui manquent de nutriments de qualité et peuvent contenir une substance toxique et causer des problèmes de santé graves chez les personnes.

- Poussières toxiques: l'émission de gaz toxiques et nauséabonds des décharges polluent l'environnement et provoque des effets graves sur la santé de certaines personnes.

- Changements dans la structure du sol : de nombreux organismes du sol (par exemple, les vers de terre) dans le sol peut conduire à la modification de la structure du sol. En dehors de cela, il pourrait aussi forcer d'autres prédateurs de se déplacer vers d'autres lieux à la recherche de nourriture.

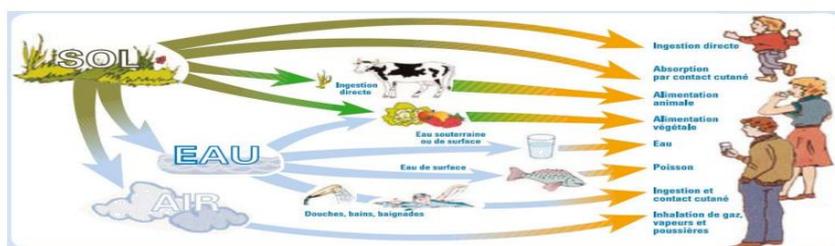


Figure II.18 les conséquences de dégradation des sols.

Chapitre III

Les indices de pollution

III.1 Le concept « environnement »

De nos jours, l'environnement est une notion à la mode qui est utilisée sous différents aspects et qui reste par conséquent assez floue. C'est l'ensemble des conditions naturelles (physiques, chimiques, biologiques) et culturelles (sociologiques) dans lesquelles les organismes vivants (en particulier l'homme) se développent. Souvent, l'environnement se rapporte à ce qui vit, c'est-à-dire aux hommes, aux animaux, aux plantes et aux micro-organismes. Ces espèces vivantes dépendent les unes des autres et de leur milieu, qui se compose d'innombrables « éléments » influents, qu'on appelle les facteurs écologiques.

III.1.1 Définition Générale

L'environnement est donc l'ensemble de toutes les influences directes et indirectes exercées sur l'être vivant et de ses relations avec le reste du monde. Au sens le plus large, à côté de l'environnement naturel, les environnements sociaux et intellectuels en font également partie ; dans la suite le concept d'environnement sera utilisé dans son sens restreint. Les actions exercées sur les êtres vivants peuvent être réparties selon différents points de vue, par exemple :

- influences dues à des facteurs abiotiques, sans vie, et biotiques, vivants,
- influences climatiques, chimiques ou mécaniques,
- influences naturelles et anthropogéniques, provoquées par l'homme, etc.

III.1.2 Définition Juridique

En 1967, une première directive européenne définissait juridiquement l'environnement comme étant : l'eau, l'air et le sol, ainsi que les rapports de ces éléments entre eux d'une part, et avec tout organisme vivant d'autre part.

En Algérie, la législation définit l'environnement dans la loi n° 03-10 du 19 juillet 2003 comme suit : « les ressources naturelles abiotiques et biotiques telles que l'air, l'atmosphère, l'eau, le sol et le sous-sol, la faune et la flore y compris le patrimoine génétique, les

interactions entre lesdites ressources ainsi que les sites, les paysages et les monuments naturels. »

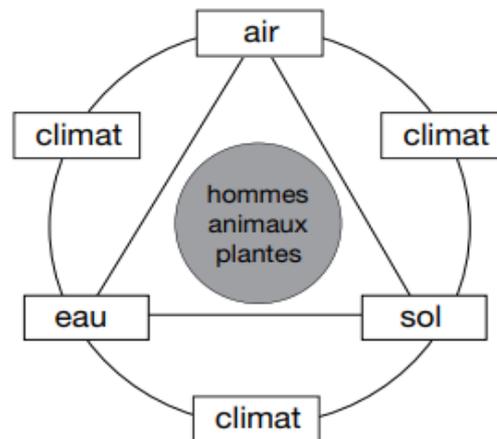


Figure I-1. Composants majeurs de l'environnement (Bliefert et Perraud, 2008).

III.2 Les composantes de l'environnement :

L'environnement correspond au monde qui nous entoure. Il comprend le vivant et le non vivant.

III.2.1 Les êtres vivants

- Tous les êtres vivants naissent, vivent plus ou moins longtemps et meurent.
- Tous les êtres vivants puisent de l'eau et des éléments nutritifs dans leur milieu de vie pour satisfaire les besoins de leur organisme et assurer leur croissance. Cependant, il n'est pas toujours facile de repérer qu'un être vivant s'alimente. En effet, certains êtres vivants cessent de s'alimenter à certaines périodes de leur vie (la marmotte qui hiberne, les arbres qui perdent leurs feuilles en hiver) et les végétaux s'alimentent de manière peu visible.
- La capacité de se déplacer ne permet pas de distinguer le vivant du non vivant. L'air se déplace sous forme de vent, et on ne peut pas considérer le vent comme vivant.
- On peut penser, à première vue, que la respiration concerne tous les êtres vivants. Mais certains microbes, comme l'agent du tétanos, vivent dans un milieu anaérobie (sans dioxygène) et ne respirent donc pas.

- Tous les êtres vivants ont la capacité de se reproduire, pour assurer une descendance. Cette capacité suffit à la caractériser.

III.2.2 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.

➤ **Les éléments issus du vivant et les productions humaines**

- Une plume d'oiseau, un morceau de bois, une feuille tombée d'un arbre, etc., et tous les cadavres d'animaux ne font plus partie du vivant car ils ne sont plus capables de se reproduire.
- Toutes les productions humaines font partie du non vivant : un tableau, un ordinateur, un bâtiment, une voiture, etc

III.3 l'analyse environnementale

C'est une estimation de la qualité de l'environnement, en se basant sur plusieurs paramètres, techniques et méthodes d'analyse, afin d'évaluer son état écologique et sa diversité naturelle.

C'est également l'étude approfondie d'une organisation et son effet directe ou indirecte sur l'environnement. Les analyses de l'environnement sont mises en œuvre par de nombreux laboratoires et institutions dans le cadre de programmes nationaux et internationaux.

Les objectifs des analyses environnementales sont :

- Evaluation de l'état du système environnemental à un moment donné (Suivi).

- Etude de l'effet des organisations étatiques ou des entreprises privées sur l'environnement. - Impact du système anthropique sur le système environnemental.
- Etude et programmation des mesures pouvant diminuer les dangers signalés et la planification de leur réalisation.

III.3.1 Les matrices analysées

La matrice est l'ensemble des constituants composant l'échantillon qui contient l'analyte. Les techniques ou les réactions qui ne sont valables que pour un seul analyte sont dites spécifiques, alors que celles qui ne s'appliquent qu'à quelques analytes sont sélectives.

▪ Eaux :

Divers types d'eaux sont analysés pour le contrôle de la qualité de l'environnement :

- Les eaux résiduaires (avant et après traitements) ;
- Les eaux de surface (de rivière, d'estuaire, lacustres, côtières) ;
- Les eaux souterraines pour leur état environnemental et pour leur qualité liée à leur utilisation pour la consommation humaine (brutes ou prélevées en sortie de canalisations).

Les programmes de surveillance des eaux sont également entrepris dans le cadre de conventions internationales pour les eaux marines (Commission d'Oslo et de Paris « OSPAR » en 1992, d'Helsinki « HELCOM » en 1974, convention de Barcelone en 1976) ou fluviales (par exemple dans le cadre du programme de surveillance du Rhin ou du Danube). Les eaux de pluies sont également analysées pour évaluer l'impact des pluies acides et de retombées atmosphériques (par exemple, composées alkylés du plomb) sur l'environnement dans le cadre de programmes internationaux.

▪ Sédiments

Ce sont les particules en suspension dans l'eau, l'atmosphère ou la glace, qui finissent par retomber sur les surfaces par force de gravité. L'analyse de ces sédiments est nécessaire pour le calcul de la charge des polluants. En effet, les contaminants (organiques et inorganiques) sont absorbés par ces particules dans les milieux pollués.

▪ Sols, boues et composts

Ces milieux peuvent faire l'objet des études agronomiques (Assimilation des plantes, déficiences des solsetc), ou des risques environnementaux (Positions des polluants dans le

sol, détermination des teneurs en éléments ou des composés organiquesetc). La valeur fertilisante du compost peut être mesurée par des propriétés chimiques (PH, conductivité électrique, teneur en élémentsetc)

▪ **Echantillons biologiques**

De nombreux organismes biologiques sont inclus dans les programmes de surveillances de l'environnement comme indicateurs de qualité des milieux concernés. Par exemple, les mousses accumulent dans leurs tissus des quantités importantes de métaux lourds, qu'elles prélèvent à partir du substrat, de l'atmosphère ou de l'eau, les diatomées figurent parmi les groupes d'algues les mieux connus et les plus utilisés pour le diagnostic écologique. Elles sont reconnues pour être fortement sensibles au pH, à l'apport de nutriments (surtout l'azote et le phosphore), à la présence de matière organique et à la faible oxygénation de l'eau. Aussi les lichens qui sont utilisés dans la bioindication afin d'étudier la pollution atmosphérique engendrée par les métaux lourds. Les poissons accumulent aussi dans leurs tissus les métaux et les composés organochlorés, Des échantillons de phyto- et zoo-plancton sont également analysés pour l'étude de l'accumulation d'éléments toxiques dans la chaîne alimentaire, pour définir le rôle de ces organismes dans les cycles biogéochimiques et comme bioindicateur de la qualité de l'eau.

▪ **Echantillons atmosphériques**

La qualité de l'air est directement mesurée à l'aide de capteurs qui analyse divers paramètres en continu et sont utilisés comme alarme au-delà de seuils définis par les réglementations (par exemple concernant la qualité de l'air en milieu urbain). Les émissions provoquées par le trafic routier sont fréquemment mesurées à l'aide de poussières collectées dans des filtres de tunnels routiers. Les analyses effectuées concernent les composés organoplombiques et, plus récemment, le platine et les éléments du même groupe.

III.4 la bio-surveillance

La bio-surveillance ou la surveillance biologique est définie comme : « l'utilisation des réponses à tous les niveaux d'organisation biologique (moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique, tissulaire, morphologique, écologique) d'un organisme ou d'un ensemble d'organismes pour prévoir et/ou révéler une altération de l'environnement et pour en suivre

l'évolution »

Donc, la bio-surveillance consiste à évaluer l'état de l'environnement par l'utilisation des êtres vivants qui ont le pouvoir de mettre en évidence soit une altération, un changement, une dégradation ou bien l'évolution des milieux qu'ils résident. La bio-surveillance, s'applique sur quatre niveaux de diagnostic environnemental (biointégration, bio-indication, bio-marquage et bioaccumulation).

- **bio-intégration**: observation de changements structurels au niveau population/communauté en réponse à un stress environnemental sur la durée ;

la bio-intégration peut être considérée comme de la bio-indication à un niveau supérieur (il y a en effet souvent confusion entre ces deux termes),

- **bio-indication** : observation des réponses biologiques (morphologique, physiologique, tissulaire...) d'un organisme vivant (i. e. au niveau individuel) exposé à un contaminant,
- **bio-marquage** : utilisation de marqueurs aux niveaux de la biologie structurale ou fonctionnelle (enzyme, physiologie, génétique...) indiquant une influence du milieu environnant sur les fonctions biologiques.
- **bioaccumulation** : outre le mécanisme naturel par lequel une substance présente dans l'environnement s'accumule dans l'organisme (à ne pas confondre avec la bioamplification qui correspond à la concentration de ces substances d'un niveau trophique à l'autre), cette technique vise à déterminer les teneurs en éléments chimiques bio-accumulés depuis l'environnement (illustration de la qualité de l'environnement dans lequel croît cet organisme).

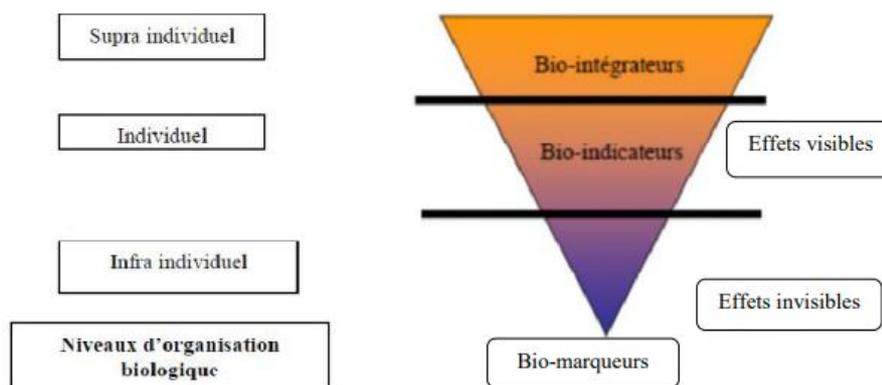


Figure III.1. Concept de la bio surveillance

- **Notion de bio-indicateur** : C'est un organisme (espèce animale, végétale, fongique ou bactérienne) ou un groupe d'organismes, dont la présence ou la situation renseigne sur des caractéristiques écologiques (physico-chimiques, biologiques ou fonctionnelles) d'un écosystème et sa modification naturelle en présence des éléments perturbants. Les bioindicateurs fournissent des réponses aux différents types de pollution de l'environnement

III.5 Indices de pollution :

La dégradation se traduit par la pollution apparente qui est toutes traces de composés synthétisés par l'homme dans les milieux naturels : les sols, l'air et l'eau. Ces indicateurs sont plus couramment désignés sous d'autres noms, comme indice de qualité de l'eau ou de l'air.

III.5.1 Paramètres physico-chimiques :

- **La température**

C'est une grandeur physique et un facteur écologique important pour la survie des espèces. Son élévation peut perturber la vie aquatique (Pollution thermique). Une eau chaude peut accélérer la vie et l'activité des micro-organismes et des algues, elle peut également influencer les autres paramètres physico-chimiques (PH, conductivité, teneur en oxygène....etc). La température est mesurée par thermomètre en degré Celsius. Dans le sol, l'augmentation des températures peut avoir un effet sur la mobilité des métaux et sur l'accélération de l'activité des micro-organismes (Bactéries).

Tab III.1 Température et qualité d'eau

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

▪ **Le potentiel d'hydrogène**

C'est une mesure chimique de la concentration des ions H⁺ dans l'eau ($\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$). Il varie de 0 à 14 depuis un aspect acide à celui basique, en passant par un Ph neutre ($\text{pH}=07$). Les rejets industriels dans le sol ou les apports des eaux de ruissèlement dans les milieux aquatiques, peuvent être à l'origine de la variation du degré de PH, qui est considéré comme indice important de la pollution naturelle. L'augmentation du PH des milieux terrestres est 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 de la matière organique (Pollution des sols). Le PH d'un milieu est mesuré à l'aide d'un PH mètre et n'a pas d'unité.

Tab III.2 PH et qualité d'eau

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

▪ **La conductivité électrique (CE)**

C'est la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. Elle indique le degré de salinité de l'eau, dont les principaux sels sont : Ca⁺² (Calcium), Mg⁺² (Magnésium), Na⁺ (Sodium), K⁺ (Potassium)etc. Plus l'eau est minéralisée plus sa conductivité électrique est importante. Les anions et les cations présents dans un milieu pollué, vont participer à créer un champ magnétique apte à faire passer le courant électrique à travers ses éléments. Elle est mesurée par conductimètre en $\mu\text{s}/\text{cm}$.

Tab III.3 Conductivité et qualité d'eau

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

▪ **L'oxygène dissous (OD)**

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

Concernant le 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). Quand 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 le mécanisme reflétera le degré de l'accélération ou de la diminution de l'activité bactérienne ainsi que le taux de pollution du milieu

Tab III.4 DBO5 et qualité d'eau

DBO5 (mg/l) (O_2)	Qualité de l'eau
<1	Excellente
2	Bonne
3	Moyenne
5	Moyennement polluée
>10	Eau polluée

▪ **Dureté de l'eau**

C'est la somme des concentrations en cations métalliques : Ca⁺⁺ (Calcium), 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⁺]

Tab III.5 Dureté et qualité d'eau

Dureté (mg/l) (CaCO₃)	Qualité de l'eau
0-30	Très douce
31-60	Douce
61-120	Moyennement douce
121-180	Dure
>180	Très dure

III.5.2 Paramètres inorganiques

▪ **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. 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. Les principaux éléments majeurs indicateurs de pollution sont :

Aluminium (Al), Azote (N), Calcium (Ca), Chlore (Cl), Magnésium (Mg) , Manganèse (Mn), Phosphore (P), Potassium (K).

▪ **Les éléments 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. Parmi les éléments métalliques traces utilisés dans l'évaluation de la qualité des milieux on peut citer : **Arsenic (As), Bore (B), Brome (Br) , Cadmium (Cd), Chrome (Cr) , Cuivre (Cu) , Mercure (Hg) , Plomb (Pb).**

III.5.3 Paramètres organiques

- **Les 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.

- **Les substances non humiques**

Des formes de protéines, de peptides, des acides aminés et des graisses de molécules de petite taille dégradées par des enzymes issues des microorganismes. Le dosage de la matière et la mesure du carbone organique total permet l'estimation de la demande en oxygène et la demande biochimique en oxygène, qui sont principalement liées aux rejets des polluants et à la qualité de l'environnement.

III.5.4 Substances réglementées

Ce sont des polluants dont la surveillance dans l'environnement est obligatoire. La liste des polluants réglementés est, par définition, fixée par la loi. La liste suivante donne une indication des principaux polluants réglementés dans le cadre de directives européennes pour la protection de l'environnement :

- 1- Les composés organohalogénés et substances susceptibles de former des composés de ce type dans le milieu aquatique ;
- 2- Les composés organophosphorés ;
- 3- Les composés organostanniques ;
- 4- Les substances et préparations, ou leurs produits de décomposition, dont le caractère cancérigènes ou mutagènes ou les propriétés pouvant affecter les fonctions stéroïdogénique, thyroïdienne ou reproductives ou d'autres fonction endocriniennes dans ou via le milieu aquatique ont été démontrés ;
- 5- Les hydrocarbures persistants et substances organiques toxiques persistantes et bioaccumulables ;
- 6- Les cyanures ;
- 7- Les métaux et leurs composés ;

- 8- L'arsenic et ses composés ;
- 9- Les produits biocides et phytopharmaceutiques ;
- 10- Les matières en suspension ;
- 11- Les substances contribuant à l'eutrophisation (en particulier nitrates et phosphates) ;
- 12- Les substances ayant une influence négative sur le bilan d'oxygène (et pouvant être mesurées à l'aide de paramètres tels que DBO5, la DCO, etc.).

III.6 Les Analyses biologiques

III.6.1.1 Méthodes biochimiques

Les biomarqueurs indiquent tout changement observé ou mesuré au niveau moléculaire (biochimique, cellulaire, physiologique ou comportemental) chez un individu, à cause de son exposition à une substance chimique. Il existe plusieurs types de marqueurs à méthodes d'évaluations biochimiques, parmi lesquelles on peut trouver :

- A. **Les biomarqueurs d'exposition à un xénobiotique** : par exemple les altérations d'ADN.
- B. **Les biomarqueurs d'effets de l'exposition** : par exemple les protéines de choc thermique.
- C. **Les biomarqueurs de sensibilité aux effets provoqués par l'exposition** : Comme la synthèse des enzymes.

III.6.2 Les méthodes écotoxicologiques

Des niveaux d'organisme qui peuvent appartenir à deux types d'approche :

A-Les tests de toxicité (les bioessais) : C'est un ensemble de tests d'une population d'organismes aquatiques exposée à un polluant spécifique. Cette technique peut avoir comme but, l'estimation des niveaux de concentration provoquant des effets toxiques (Baisse du niveau des activités physiologiques, baisse du taux de reproduction, mortalité des individusetc). Des concentrations létales (CL 50% et CL 90%) sont estimées durant ces essais toxicologiques.

B-Les bioaccumulateurs : Ce sont des organismes qui captent et stockent des polluants (Molécules toxiques, éléments traces, pesticides.....etc) dans leurs tissus, comme les

bryophytes (Mousses aquatiques). La capacité de bioaccumulation des êtres vivants est estimée par un facteur de concentration (FBC)

$$\text{FBC} = \frac{\text{Concentration d'un composé dans l'être vivant}}{\text{Concentration du même composé dans un milieu environnant}}$$

III.7 Etude détaillée des bio-indicateurs

III.7.1 Bio-indicateurs du milieu atmosphérique

- **Les lichens**

Ils sont formés d'une association entre un champignon et une algue, Leurs caractéristiques biologiques les rendent fortement dépendants de la qualité de l'atmosphère. Ils sont donc sensibles aux polluants gazeux et peuvent même disparaître dans une atmosphère impactée.



Parmi les indices indicateurs de la qualité des lichens et de leur environnement, on compte l'indice de pureté atmosphérique (IPA), qui est estimé par l'équation suivante :

$$IPA = \frac{1}{10} \times \sum_{i=1}^n (O_i \times F_i)$$

Avec :

i: espèce lichénique

n_i : le nombre d'espèces dans la station ;

Q_i : l'indice écologique de l'espèce i ;

F_i : le coefficient de recouvrement de l'espèce i (de 1, rare, à 5, abondante)

Tableau III.6: IPA et qualité du milieu

IPA	0 à 15	15 à 30	30 à 45	45 à 60	> 60
Type de pollution atmosphérique	Très élevé	élevé	Moyen	faible	Très faible

En forêt, la disparition des lichens peut indiquer des taux élevés de dioxyde de soufre, la présence de fongicides dans la pluie, ou de polluants à base de soufre et d'azote.



▪ **Les mousses bryophytes**

L'absence du système racinaire chez les mousses, nécessite une absorption atmosphérique (Eau-éléments minéraux, éléments nutritifs.....). L'analyse des feuilles des mousses renseigne sur la présence et la qualité des contaminants bioaccumulés dans leurs tissus (Eléments traces métalliques-Eléments radioactifs-Contaminants organiques)



III.7.2 Bio-indicateurs des milieux aquatiques

▪ **Indices diatomiques**

Les diatomées sont des algues microscopiques unicellulaires des eaux douces ou salées.

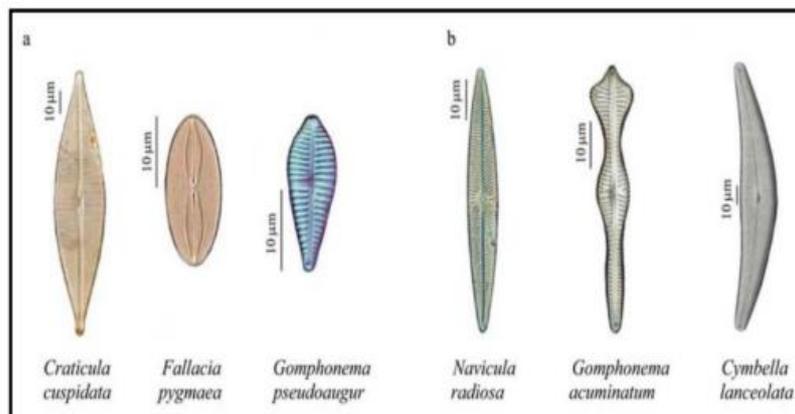


Figure III.2. Exemples des diatomées des eaux de bonne qualité (a) et de mauvaise qualité (b)

Les indices des diatomées concernent les paramètres d'eutrophisation, d'acidification, de saprobie et de salinité des milieux aquatiques. Parmi ces indices diatomiques, on peut trouver

- **Indice de polluosensibilité spécifique** : C'est le taux de tolérance d'une espèce de diatomées envers une pollution organique dans le milieu aquatique (Présence du phosphore ou du nitrate), il est indiqué par l'équation suivante :

$$IPS1 = \frac{\sum(A_i \times S_i \times V_i)}{\sum(A_i \times V_i)}$$

Avec :

A_i : abondance relative de l'espèce i

S_i : valeur de sensibilité de l'espèce i (Tab III.7).

V_i : valeur indicatrice de l'espèce i (Tab III.7).

Tableau III.7: Sensibilité à la pollution (s) et valeurs indicatrices (v) de quelques espèces

Genres	Espèces	s	V
Achnanthes	<i>Achnanthes hungarica</i>	2	3
Amphora	<i>Amphora pediculus</i>	4	2
Craticula	<i>Craticula accomoda</i>	1	3
Cyclotella	<i>Cyclotella atomus</i>	2	1
Navicula	<i>Navicula lanceolata</i>	3	1
Neidium	<i>Neidium Iridis</i>	5	2
Melosira	<i>Melosira nummuloides</i>	2	3
Sellaphora	<i>Sellaphora pupula</i>	2	2

Ensuite la valeur IPS est estimée depuis la valeur IPS1 comme suit :

$$IPS = 4.75 \times IPS1 - 3.75$$

Tableau III.8 IPS et qualité du milieu

Valeur de IPS	Classification de la pollution	État écologique
$17 \leq \text{IPS} < 20$	Pollution ou eutrophisation nulle à faible	Très bon
$13 \leq \text{IPS} < 17$	Eutrophisation modérée	Bon
$9 \leq \text{IPS} < 13$	Pollution moyenne ou eutrophisation forte	Moyen
$5 \leq \text{IPS} < 9$	Pollution forte	Mauvais
$1 \leq \text{IPS} < 5$	Pollution ou eutrophisation très forte	Très mauvais

▪ **Indices des vertébrés**

Les vertébrés marins sont présentés par quatre grandes classes (Les mammifères, les oiseaux, les poissons et les reptiles). Parmi ces classes, les poissons (Fig 06) sont les espèces les plus résistantes à la pollution.



Figure III.3. Truite commune (*Salmo trutta*), espèce indicatrice de bonne qualité écologique des milieux aquatiques

L'indice poissons rivières (IPR) détermine l'état du milieu en fonction de 7 paramètres :

- Le nombre total d'espèces.
- Le nombre d'espèces rhéophiles.
- Le nombre d'espèces lithophiles.
- La densité d'individus tolérants.
- La densité d'individus invertivores.
- La densité d'individus omnivores.

-La densité totale d'individus.

L'IPR est obtenu par la somme des 7 scores et varie selon le tableau suivant :

Tableau III.9 IPR et qualité du milieu

IPR	<7	7 à 16	16 à 25	25 à 36	>36
Classe de qualité	Excellente	Bonne	Médiocre	Mauvais	Très mauvais

III.7.3 Techniques de mesures de pollution dans le sol

- **Les analyseurs portables de composés organiques volatils** : Ces appareils permettent de réaliser un dosage total des COV gazeux à la surface du sol ou dans le sol si couplé avec un montage permettant de récupérer les gaz du sol (canne à gaz ou pénétrromètre).
- **Les tests colorimétriques** : Il existe actuellement, différents tests colorimétriques qui diffèrent selon le type de composés à analyser et la sensibilité souhaitée (par exemple pour dosages de produits pétroliers, BTEX, HAP)

III.8 Surveillance de la qualité de l'air

La qualité de l'air représente un enjeu majeur de santé publique avec beaucoup de décès prématurés par an causés par la pollution de l'air selon plusieurs agences de santé publique. Elle est le premier sujet de préoccupation environnementale dans le monde.

III.8.1 L'indice de ATMO

Créé en 1994, l'indice ATMO actuel est un indicateur journalier de la qualité de l'air calculé sur les agglomérations de plus de 100 000 habitants, à partir des concentrations dans l'air de quatre polluants réglementaires : dioxyde de soufre (SO₂), dioxyde d'azote (NO₂), ozone (O₃) et particules de diamètre inférieur à 10 µm (PM₁₀). Il n'a pas connu d'évolution majeure depuis sa création cependant une révision de l'indice est apparue nécessaire. Grâce

aux nouveaux outils de surveillance et aux évolutions techniques de communication, il est par ailleurs devenu possible de fournir une information personnalisée et géolocalisée. La révision de l'indice a donc été pensée au regard de ces enjeux.

➤ **Comment est-il calculé ?**

L'indice ATMO est calculé quotidiennement à l'échelle de chaque commune ou au maximum à l'échelle intercommunale.

Il est déterminé, à partir des concentrations de 5 polluants réglementés :

- Les particules fines inférieures à 10 micromètres : les PM_{10} ;
- Les particules fines inférieures à 2,5 micromètres : $PM_{2,5}$;
- Le dioxyde d'azote (NO_2) ;
- L'ozone (O_3) ;
- Le dioxyde de soufre (SO_2).

Ces concentrations sont calculées grâce :

- aux mesures effectuées sur les stations de fond ;
- à la modélisation qui intègre les données des inventaires d'émissions de polluants, des données de qualité de l'air mesurées par les stations de fond et des prévisions météorologiques.

Pour chaque polluant, un sous-indice est calculé. Chaque sous-indice est déterminé à partir de la concentration maximale du polluant considéré sur le territoire:

- Pour les particules fines inférieures à 10 micromètres PM_{10} : le maximum des moyennes journalières ;
- Pour les particules fines inférieures à 2,5 micromètres $PM_{2,5}$: le maximum des moyennes journalières ;
- Pour le dioxyde d'azote (NO_2) : le maximum des concentrations maximales horaires du jour (comme pour l'ancien indice) ;
- L'ozone (O_3) : le maximum des concentrations maximales horaires du jour ;
- Le dioxyde de soufre (SO_2) : le maximum des concentrations maximales horaires du jour.

Le qualificatif de l'indice ATMO retenu correspond au qualificatif le plus négatif présent à l'échelle, des 5 polluants considérés pour le jour donné.

Ces recommandations sont différentes de celles des épisodes de pollution. Il n'y a pas de corrélation directe entre l'indice ATMO et les épisodes de pollution.

Un qualificatif est attribué à chaque polluant, suivant sa concentration (voir tableau ci-dessous).
 L'indice.

Tableau III.10 Indices ATMO

		Indice arrêté du 10 juillet 2020					
		Bon	Moyen	Dégradé	Mauvais	Très mauvais	Extrêmement mauvais
Moyenne journalière	PM2.5	0-10	11-20	21-25	26-50	51-75	>75
Moyenne journalière	PM10	0-20	21-40	41-50	51-100	101-150	>150
Max horaire journalier	NO2	0-40	41-90	91-120	121-230	231-340	>340
Max horaire journalier	O3	0-50	51-100	101-130	131-240	241-380	>380
Max horaire journalier	SO2	0-100	101-200	201-350	351-500	501-750	>750

III.8.2 L'indice de Qualité de l'Air (IQA)

L'indice IQA (Indice de Qualité de l'Air) est un indice ATMO simplifié, calculé pour les agglomérations de moins de 100 000 habitants. Situé sur une échelle de 1 à 10, il peut être calculé à partir d'un, deux, trois ou quatre sous-indices (SO₂, NO₂, O₃, PM10).

➤ **Comment est-il calculé ?**

À chaque heure, la concentration de chaque polluant mesuré par les stations de surveillance est représentée par un chiffre à partir de zéro, au moyen d'une échelle ou d'un indice. Le polluant ayant le chiffre le plus élevé, à l'heure donnée, devient l'indice de la qualité de l'air. L'indice augmente ou baisse au fur et à mesure que la qualité de l'air change. Plus l'indice est bas, plus la qualité de l'air est bonne

➤ **Signification de l'indice de la qualité de l'air**

- Avec un indice au-dessous de 32 (bon), la qualité de l'air est considérée comme relativement bonne.

- Avec un indice de 32 à 49 (moyen), les personnes ayant la santé particulièrement fragile peuvent être incommodées.
- Avec un indice de 50 à 99 (mauvais), il peut y avoir des effets nocifs à court terme sur les personnes et les animaux, ou des dommages importants à la végétation et aux biens.
- Avec un indice de 100 ou plus (très mauvais), il peut y avoir des répercussions nocives sur une proportion élevée de personnes, d'animaux, de végétaux et de biens.

Tableau III.11 Catégories de l'Indice de la qualité de l'air

IQA	Catégorie
0-15 Très bon	
16-31 Bon	
32-49 Moyen	
50-99 Mauvais	
100+ Très mauvais	

Chapitre IV

Les Moyens de lutte contre la pollution

Introduction

La conscience mondiale sur les problématiques liées à l'industrialisation ne cesse d'augmenter et pris de plus en plus conscience de l'impact des ces activités sur l'environnement et la santé publique « Les risques pour la santé liés à l'environnement » et cette prise de conscience a conduit à la mise au point et à l'application de méthodes et de technologies visant à réduire les effets de la pollution. Dans ce contexte, les gouvernements ont adopté des réglementations et d'autres mesures « La politique de l'environnement », afin de réduire le plus possible les effets défavorables et d'assurer le respect des normes de qualité de l'environnement

IV.1 Les principales crises de l'environnement

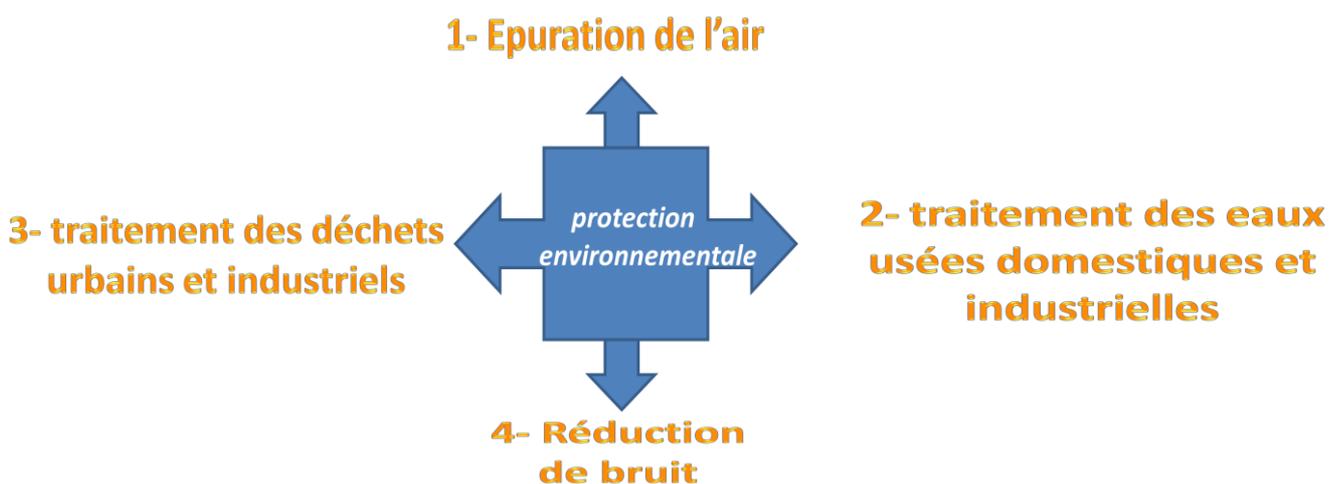
Tout ce qui se passe sur cette Terre que ce soient des phénomènes naturels ou des activités humaines a des répercussions sur l'environnement. L'impact de ces phénomènes ou activités peut être extrêmement important, touchant un ou plusieurs milieux: le sol, l'eau, l'air, les ressources naturelles (réserves) ou la biosphère (plantes, animaux, êtres humains).

- **Facteurs naturels** : (Les tremblements de terre , Les inondations , Les sécheresses , Les tsunamis et les cyclones , Les feux naturels ect.....)
- **L'épuisement des ressources** : la surconsommation des ressources naturelles, charbon, pétrole, gaz) , les minerais et matières premières.
- **Le réchauffement climatique** : responsable des bouleversements climatiques, atteintes de la biodiversité et l'extinction des espèces.
- **La destruction de la biodiversité** : la destruction d'espaces naturels
- **Diverses formes de pollution** : entraînant une perturbation de l'écosystème dont les conséquences peuvent aller jusqu'à la migration ou l'extinction de certaines espèces incapables de s'adapter au changement

IV.2 La protection de l'environnement

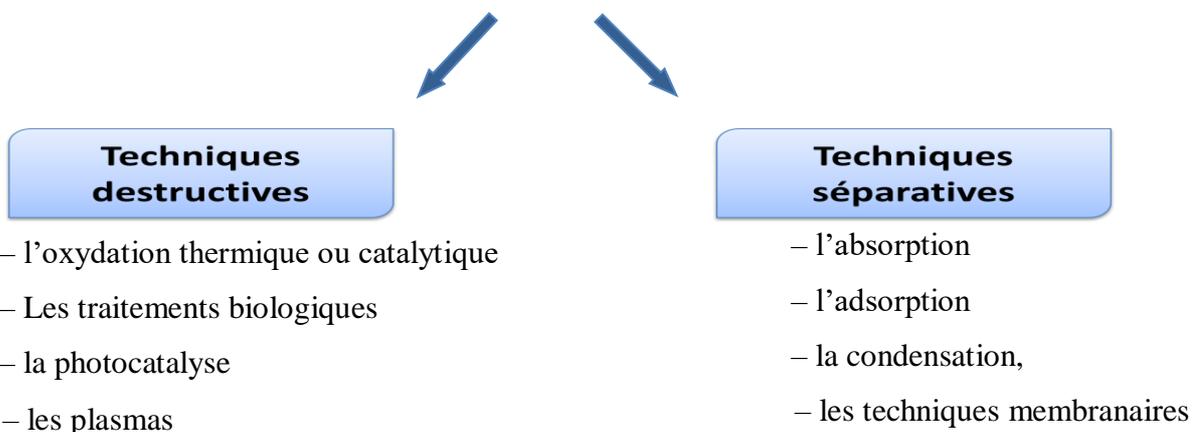
Elle consiste à la conservation des espèces animales et végétales qui le compose, ainsi que la conservation de l'intégrité écologique de leurs habitats naturels. Son intérêt principal est de maintenir des écosystèmes dans une bonne situation, ainsi que de prévenir les dégradations écologiques qu'ils pourraient subir et essayer de les éviter.

Le domaine de protection de l'environnement comprend quatre secteurs qui sont :



1- Epuration de l'air

Il existe deux moyens d'assainir un flux d'air pollué : rendre les polluants inoffensifs ou les extraire.



2- Traitement des eaux usées domestiques et industrielles

- **Traitement physique:** Elimination de particules décantables et de macro polluants flottants.
- **Traitement physico-chimique:** Elimination de macro / micropolluants soumis au procédés de précipitation, cristallisation, coagulation, floculation, ...
- **Traitements biologiques:** Elimination des macro polluants solubles et particulaires biodégradables en utilisant les boues activées classique (STEP) ou les procédés membranaires (bioréacteur à membrane).
- **Traitements avancées:** Elimination par l'utilisation de procédés physiques, chimiques et biologiques plus complexes.

➔ En fonction du type d'effluent industriel à traiter, plusieurs de ces techniques peuvent être combinées.

3- traitement des déchets urbains et industriels

La gestion des déchets est basée sur le principe de la règle de 5R:

1. Réduire le volume des déchets produits
2. Réutiliser les déchets
3. Récupérer dans le flux de déchets les matériaux ayant une valeur
4. Remplacer les matériaux d'une façon plus écologique
5. Recycler les matériaux transformables.

➔ En fonction du type d'effluent industriel à traiter, plusieurs de ces techniques peuvent être combinées.

- **Procèdes physico-chimiques:**
l'extraction, oxydation,
neutralisation, transformation
chimique, filtration, décantation,
broyage.
- **Stabilisation des déchets ultimes**
- **Enfouissement**
- **Valorisation matière :**Recyclage
- **Valorisation organique:**
Compostage, bio méthanisation
- **Valorisation énergétique:**
incinération, co-incinération,
pyrolyse

IV.3 les techniques les plus utilisées

IV.3.1 Réduction et remplacement des ressources fossiles

▪ Utilisation de nouveaux matériaux innovants

L'amélioration des rendements a toujours été une préoccupation des industriels, afin d'assembler l'objectif économique et minimiser des impacts sur l'environnement en orientant l'innovation technologique dans des directions nouvelles. Le choix des matériaux utilisés exige des performances significative des produits au niveau de leur consommation énergétique, par conséquent de nouvelles contraintes dans la conception de leur production notamment par rapport à leur facilité le recyclage afin de diminuer l'impact du produit en fin de vie et de réduire les quantités de déchets solides générées par les activités humaines.

▪ Transition écologique

Actuellement la transition énergétique vers un développement durable (après pétrole) représente un des plus grands défis de notre temps, cette idée représente le seul concept assurant au mieux la sécurité énergétique et économique des pays qui se basent en quasi-totalité sur le pétrole en voie d'épuisement à cet effet il est important de faire un meilleur consommation par l'efficacité énergétique, son utilisation à des fins nobles comme engrais, solvant, plastique, nylon, résine et lubrifiants. Et remplacer l'utilisation du pétrole par d'autres énergies renouvelables.

▪ Réduction de la pollution dans les procédés industriels

Plusieurs stratégies peuvent être utilisées afin de réduire la pollution dans les systèmes industriels. Ces méthodes sont basées sur :

- optimisation du procédé industriel
- changement du carburant utilisé
- suppression de la pollution
- prévention de la pollution

IV.3.2 Traitement et valorisation des déchets

Les activités humaines génèrent des déchets solides, liquides et gazeux qui perturbent les milieux naturels, eaux, atmosphère et sols. Ces déchets prennent une grande importance au cours de ces dernières années, spécialement pour les déchets solides qui restent les principales

sources d'énergies renouvelables et plusieurs projets porteront sur la récupération de l'énergie provenant de ces déchets dans beaucoup de pays développés.

Les techniques principales utilisées actuellement pour réduire la pollution sont les suivantes :

- **Incinération thermique**

Cette technique permet de détruire les composés organiques volatils COV et les particules en les brûlant d'une manière contrôlée à très haute température. Les COV sont oxydés en augmentant leur température jusqu'à l'auto-inflammation en présence d'oxygène. La haute température est maintenue pendant une durée de temps suffisante pour n'obtenir à la fin que du dioxyde de carbone et de l'eau. L'incinération thermique montre une grande efficacité qui est de l'ordre de 99,9%. L'un des gros avantages de cette méthode est que la chaleur produite par l'incinération peut être récupérée et réutilisée dans d'autres circuits qui nécessitent de l'énergie thermique.

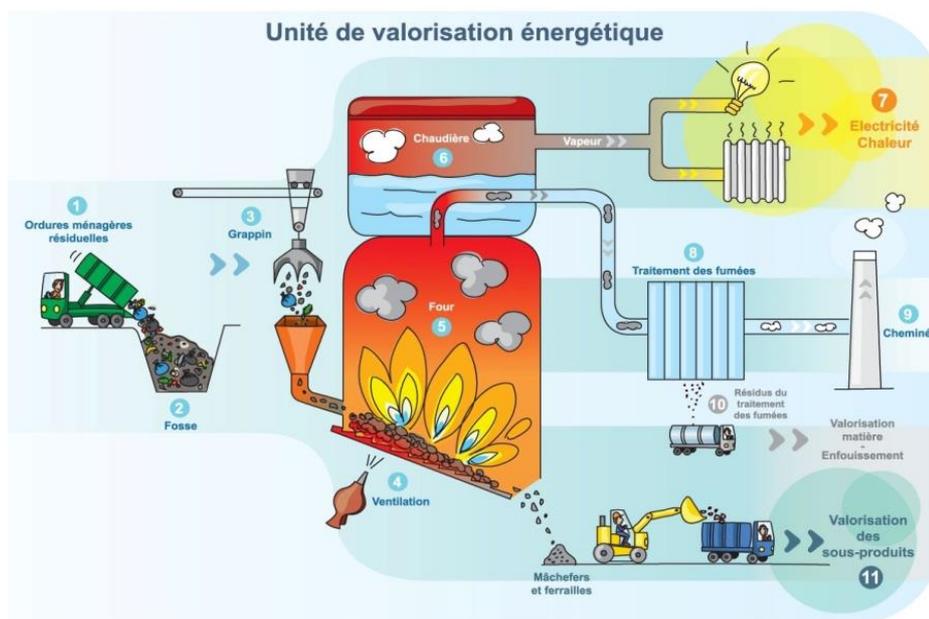


Figure VI.1 Unité d'incinération avec récupération d'énergie

- **Mise en décharge et centre d'enfouissement technique**

Les déchets sont stockés en générale dans des décharges cette méthode est concéderais la plus traditionnelle de stockage des déchets et reste la pratique la plus courante dans la plupart des pays bien qu'elle a été remplacé par des décharges contrôlées appelé centre d'enfouissement technique qui minimise les impacts sur l'environnement.

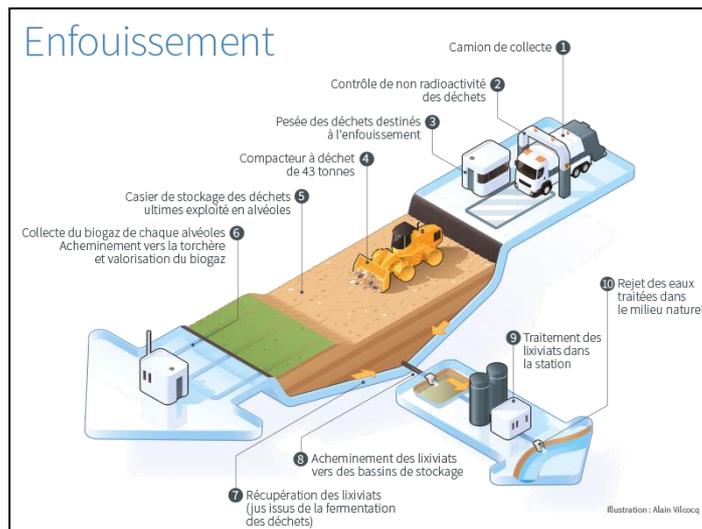


Figure VI.2 Enfouissement des ordures ménagères

▪ Utilisation des Torches

L'utilisation des torches est le dernier recours pour éliminer les gaz d'hydrocarbures qui ne sont pas ou sont peu recyclables et qui ne peuvent pas être réutilisés comme combustibles. Ce procédé est utilisé dans l'industrie pétrochimique, dans les raffineries de pétrole, pour éliminer les COV légers qui ont un pouvoir calorifique élevé. La combustion des gaz se fait dans des torches, qui sont des brûleurs à l'air libre. Ces systèmes sont économiques et ne nécessitent pas un surplus de carburant pour aider la combustion à s'accomplir. Ils sont aussi utilisés pour contrôler les émissions non régulières, accidentelles et fluctuantes. Cependant, les torches produisent beaucoup de bruit, de fumées, de chaleur qui est gaspillée et de rayonnement. Elles sont d'importantes sources de NO_x, SO_x et CO. Elles ne traitent pas les gaz qui contiennent des halogènes. La tendance actuelle dans l'industrie est de les éliminer. La tendance actuelle dans l'industrie est de les éliminer.



Figure VI.3 gaz torchés

▪ Adsorption

L'adsorption fait partie des premières techniques utilisées pour combattre la pollution. Elle est utilisée pour les sources qui émettent un taux élevé de particules et de COV. En plus, elle permet la réutilisation des COV.

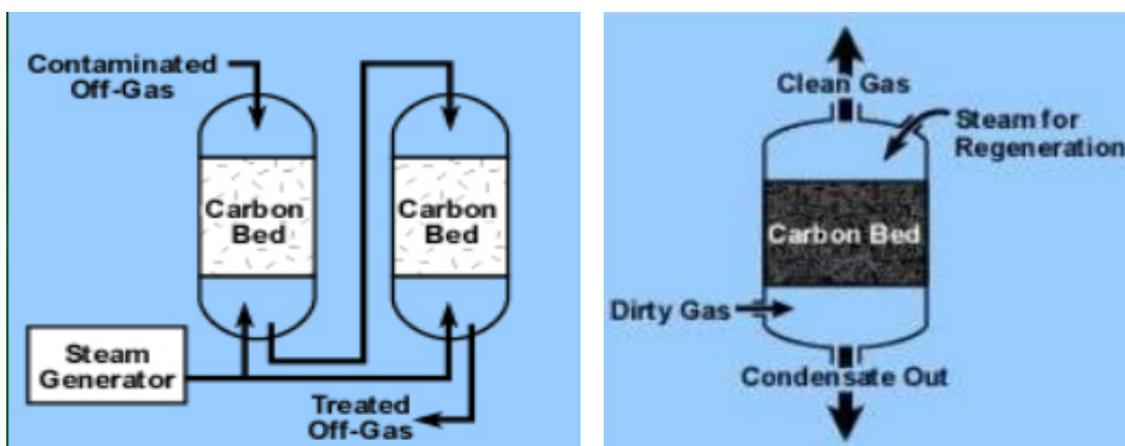
Dans ce procédé, le polluant est absorbé par des granulés ou des cristaux de matières adsorbantes.

L'adsorption ne se fait pas chimiquement mais les polluants sont physiquement retenus et peuvent ensuite être dégagés par la chaleur ou le vide. Le charbon actif est souvent utilisé comme adsorbant. L'adsorption par charbon actif peut être :

- **régénérative** : le procédé contient plus d'un lit de carbone : le premier est utilisé pour retirer la matière polluante, les autres pour nettoyer et préparer les COV à un usage ultérieur (recyclage ou destruction).

Cette technique est efficace quand le taux d'émissions est très élevé,

- **non-régénérative** : un seul lit de charbon actif absorbe les substances polluantes. Il est changé dès qu'il devient saturé. Cette technique utilisée pour les taux de pollution peu élevés est pratiquement abandonnée car elle génère un problème de déchets.



Régénérative

Non Régénérative

Figure VI.4 procédés d'adsorption

▪ Absorption

C'est un procédé qui permet d'éliminer les polluants gazeux par dissolution dans un liquide qui est généralement de l'eau. Quand le flux gazeux passe par le liquide absorbant, il s'y dissout en formant une solution. Ce procédé est utilisé pour les polluants qui contiennent une quantité élevée de composés organiques. Les gaz pollués sont introduits dans une colonne où l'eau est en contre-courant pour que le mélange se fasse mieux. Le rendement de ces dispositifs avoisine 95%. Le principal inconvénient de cette technique est qu'elle produit une grande quantité d'eau chargée de polluants et transforme ainsi la pollution de l'air en pollution de l'eau.

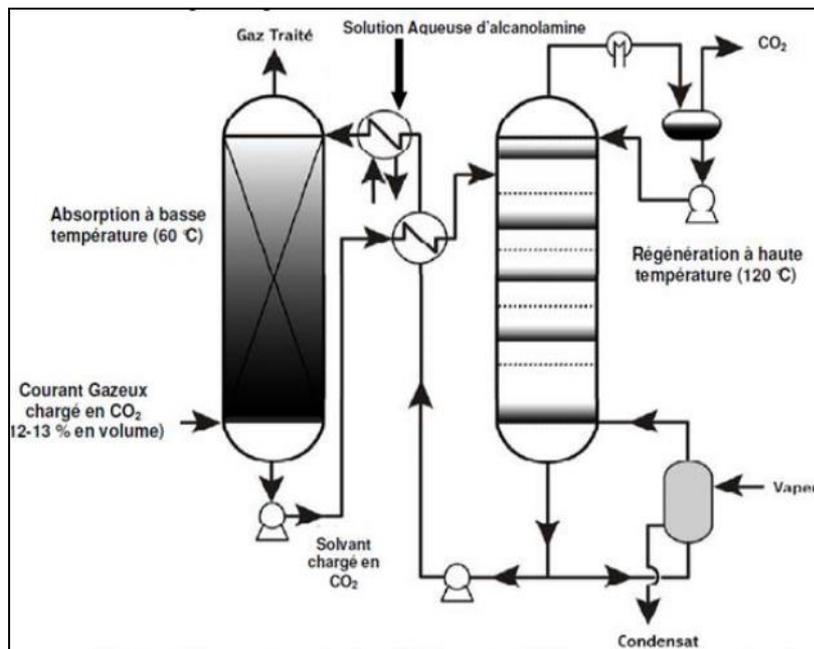


Figure VI.5 principe d'un procédé Absorption/Désorption de CO₂ par solution MEA

▪ Les Filtres

Les filtres servent à capturer les particules dans le cas des émissions gazeuses. Il est aussi utilisé pour filtrer des liquides comme l'eau. Les flux de gaz passent à travers un filtre qui collecte les particules.

Ils peuvent être sous forme de feuilles, de cartouches ou de sacs. Ils ont une efficacité de plus de 99,9%. Ils ne sont pas sensibles aux fluctuations du débit du gaz ni aux problèmes de corrosion. Leur maintenance est très simple et leur géométries variées avec une grande gamme de dimensions ce qui les rend adaptables à tous les systèmes.

▪ Les Bio-filtres

Le biofiltre est un système composé d'un matériau de garnissage qui peut être organique (comme le sol par exemple) ou inorganique, sur lequel se déposent des microorganismes formant un biofilm. La phase aqueuse de ce système est donc immobile. Le gaz pollué est injecté dans le matériau où il sera transformé par les microorganismes qui y adhèrent. Pour maintenir les microorganismes en activité, un apport en humidité et en matière nutritive est constamment injecté.

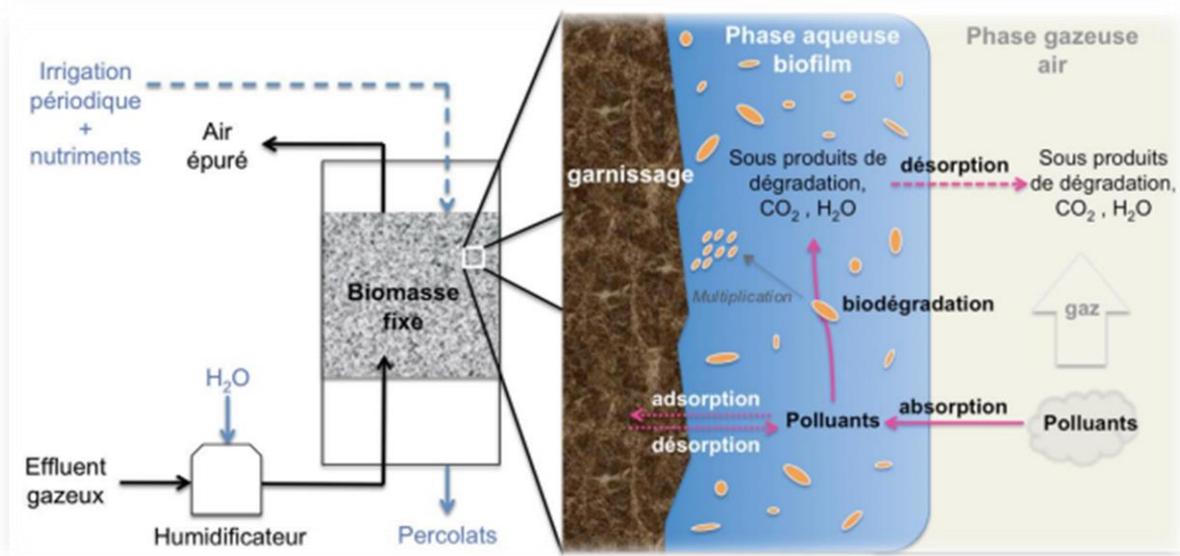


Figure VI.6 Schéma de la composition d'un biofiltre

Cette technique est l'une des plus anciennes et elle est très efficace dans le cas de traitement de gros volumes d'air mais avec une faible quantité de polluants. Elle est également très prisée en industrie en raison du faible coût d'installation. Cependant, cette technique demeure limitée par la lenteur du procédé de dégradation biologique ainsi que l'incapacité à dégrader certains polluants récalcifiants.

▪ Condensation

Dans cette technique, les gaz pollués sont condensés en baissant leur température pour qu'ils deviennent liquides. Ces liquides chargés de polluants sont ensuite recueillis. La condensation se fait soit par la diminution de la température ou par l'augmentation de la pression. Cette technique est utilisée en combinaison avec d'autres techniques pour améliorer son efficacité.

▪ **Réduction des NOx**

La réduction spécifique des NOx est très complexe à mettre en œuvre. Tous les systèmes de combustion dégagent des NOx. Elle se fait par plusieurs méthodes :

- **réduction de la température** : la partie majeure des émissions NO se fait à haute température. La réduction de celle-ci permet donc de réduire considérablement les émissions de NO. Techniquement, cela se fait par la recirculation des gaz brûlés, l'optimisation des conditions de combustion, la réduction de l'excès d'air ou encore l'injection de vapeur d'eau dans le système de combustion. Cette vapeur sert à diluer et à refroidir,

- **réduction du temps de séjour** : cette réduction du temps que passe le carburant à brûler ou à être injecté retarde l'ionisation de l'azote. Il est nécessaire de faire des réglages de l'injection de l'air, du carburant et d'injecter de la vapeur d'eau,

- **réduction chimique** : des substances réductrices permettent de dissocier l'oxygène des NOx,

- **retrait de l'azote** : la quantité d'azote est réduite soit en utilisant de l'oxygène au lieu de l'air ou en utilisant des carburants très pauvres en azote.

▪ **Réduction des oxydes de soufre**

Le soufre est éliminé au fur et à mesure de sa formation par des matières absorbantes. Ensuite, ces matières sont retraitées pour en retirer le soufre accumulé et l'utiliser pour fabriquer de l'acide sulfurique à usage commercial ou industriel par exemple. Ces techniques peuvent être humides ou sèches et les matières absorbantes sont en général de la roche calcaire.

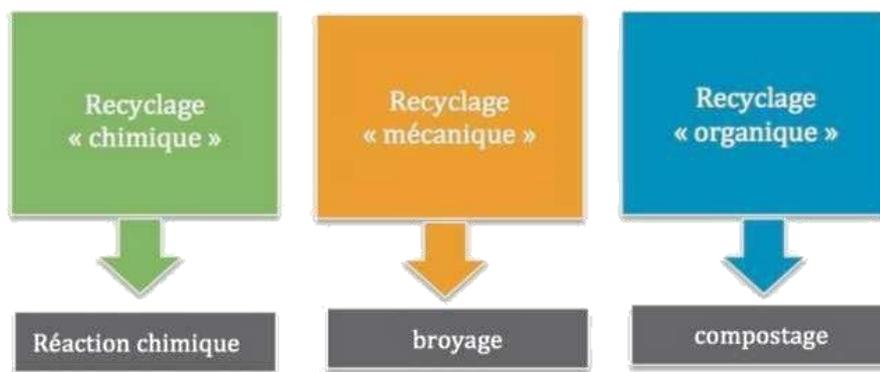
▪ **Le Recyclage**

Le recyclage consiste à redonner une seconde utilisation aux déchets pour qu'ils puissent être ré-exploités sous une nouvelle forme. C'est le contraire de l'élimination, qui consiste à détruire les déchets sans leur donner une nouvelle utilisation.

Le recyclage peut être :

- **mécanique** : les déchets sont réintroduits dans l'industrie sans que leur structure chimique ne soit détruite,
- **énergétique ou thermique** : les déchets, en brûlant, sont transformés en chaleur utilisée dans les procédés industriels en tant qu'énergie thermique,
- **chimique** : la structure chimique des déchets est détruite, ils se transforment en d'autres molécules et deviennent des produits intermédiaires utilisés dans un procédé industriel.

Les trois types de recyclage



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.
- **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.

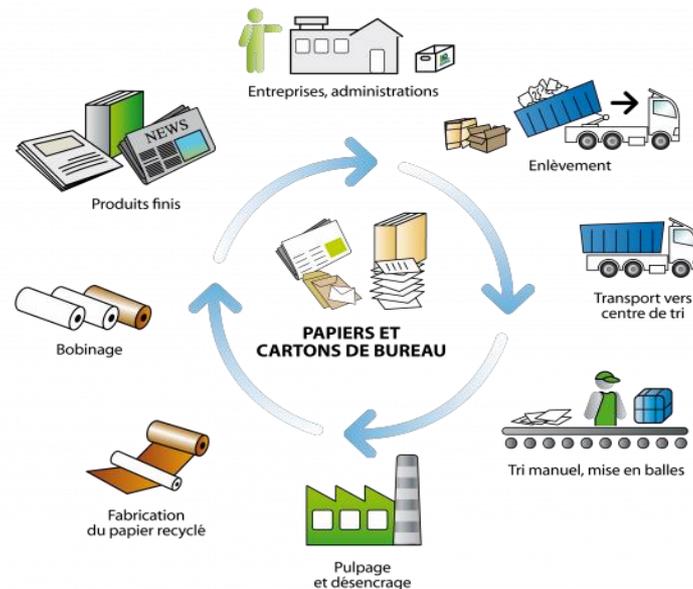


Figure VI.7 Recyclage du papier et du carton

▪ 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 des engrais chimique et très bénéfique aux sols.

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 biodéchets par un procédé biologique de transformation sous l'action de microorganismes, 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.



C'est le processus de décomposition et de transformation aérobie de la fraction **organique** des déchets solides en un **humus** utilisable comme engrais.

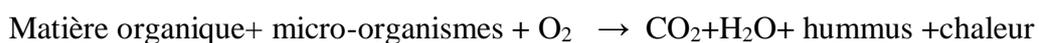




Figure VI.8 Unité de compostage

▪ **Traitement biologique "boues activées classique"**

L'épuration des eaux usées est un procédé essentiel pour la protection et la réutilisation des ressources en eau. Les stations d'épurations intègrent de nombreux processus qui permettent d'atteindre les objectifs de qualité de l'eau susceptibles d'être rejetée ou réutilisée.

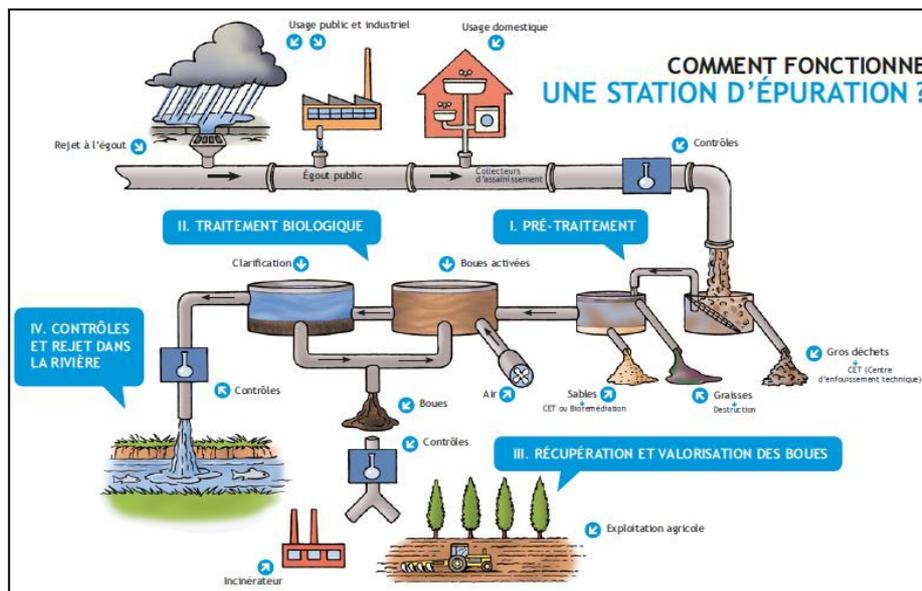


Figure VI.9 Fonctionnement d'une station d'épuration

L'épuration biologique a pour but d'éliminer la matière polluante biodégradable contenue dans l'eau domestique en la transformant en matières en suspension. La dégradation peut se réaliser par voie aérobie (en présence d'oxygène) ou anaérobie (en l'absence d'oxygène). Le procédé par **boues activées** est le plus répandue des procédés par cultures libres.

Le traitement biologique des eaux usées s'effectue dans une sorte de réacteur où **l'on met en contact des micro-organismes et l'eau apurée**.

Le principe consiste à **provoquer le développement d'un floc bactérien** qui sera gardé après le vidange et qui **sera réutilisé** d'où vient l'appellation **boues activées**.

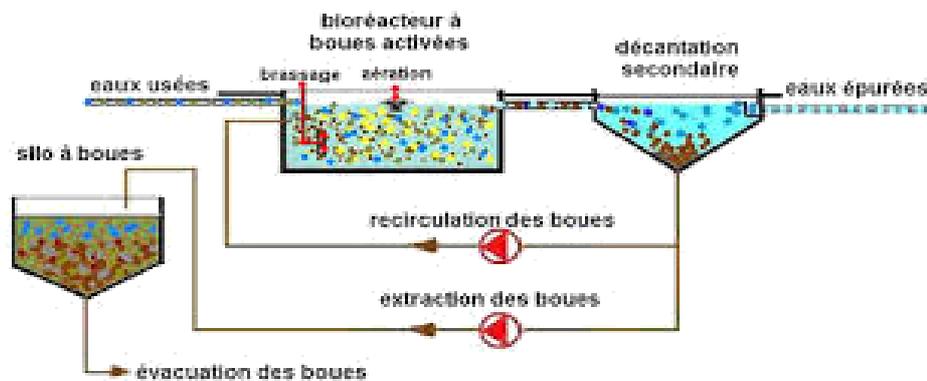


Figure VI.10 traitement biologique des eaux usées

▪ **Lit bactérien**

C'est un procédé de traitement biologique des effluents (eaux à traiter) basé sur le principe de la culture fixée qui peut s'intégrer en amont d'un système. Le ruissellement des eaux sur les supports permet le développement d'un film biologique. L'oxygénation par ventilation naturelle ou forcée va permettre le traitement de ces eaux notamment pour les pollutions dissoutes.

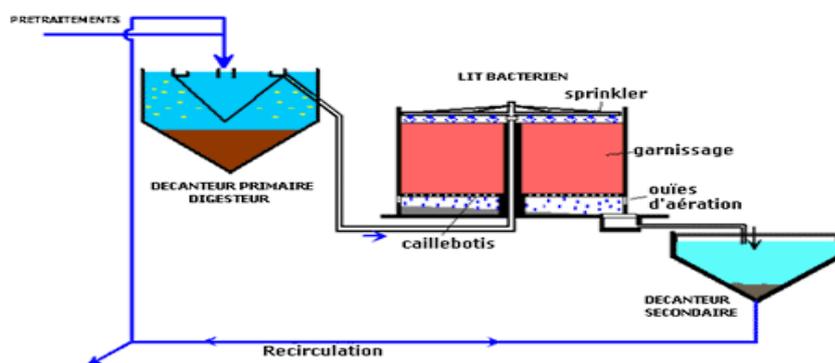


Figure VI.11 traitement biologique des eaux usées

▪ **La bio méthanisation**

C'est un processus biologique de dégradation de la matière organique sous l'action de populations microbiennes appropriées qui en absence de O₂ produisent un mélange de gaz carbonique et du méthane (CO₂ +CH₄) appelé BIOGAZ.

- Elle s'applique à la pluparts des déchets organique d'origine municipale, industrielles ou agricole, solide ou liquide.

Ce biogaz est composé d'environ 40% de CO₂ et de 60 % de CH₄ et quelques traces de H₂ et NH₃ .

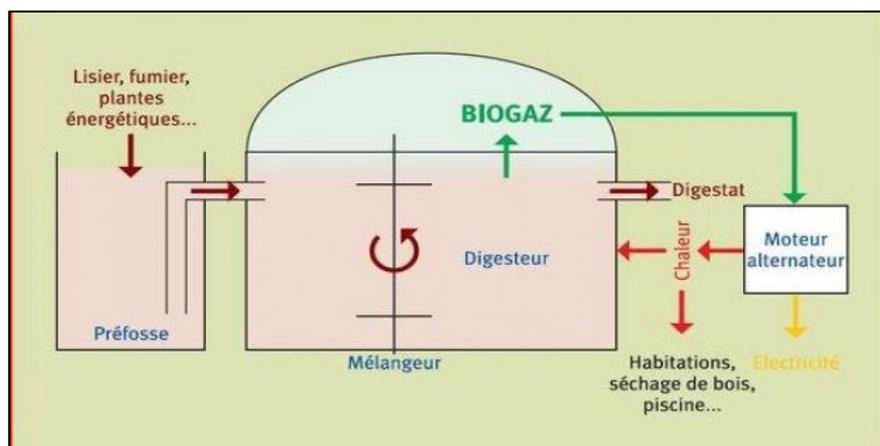


Figure VI.12 traitement biologique des eaux usées

▪ **Les procédés membranaires**

un procédé de séparation utilisent comme agent séparant une membrane synthétique qui est une couche mince de matière. L'épaisseur d'une membrane peut varier entre 100 nm et jusqu'à un peu plus de 1 cm. Elle permet l'arrêt ou le passage sélectif de certaines substances dissoutes ou non dans un mélange. On distingue quatre principales techniques dans la technologie membranaire:

- **Microfiltration** : séparation de particules de +/- 0,1 jusqu'à 1 µm (grandes protéines, levures, microorganismes, ...).
- **Ultrafiltration** : séparation de particules de 0,01 jusqu'à 0,1 µm (substances organiques, émulsions d'huile, molécules protéiques telle que la gélatine, bactéries, etc.)

- **Nano filtration** : séparation de particules de 0,001 jusqu'à 0,01 μm (bactéries, germes, sucres, colorants, soufre, adoucissement de l'eau).
- **Osmose inverse** : séparation de particules de 0,0001 jusqu'à 0,001 μm (solutions salines, ions métalliques, nitrates, etc).

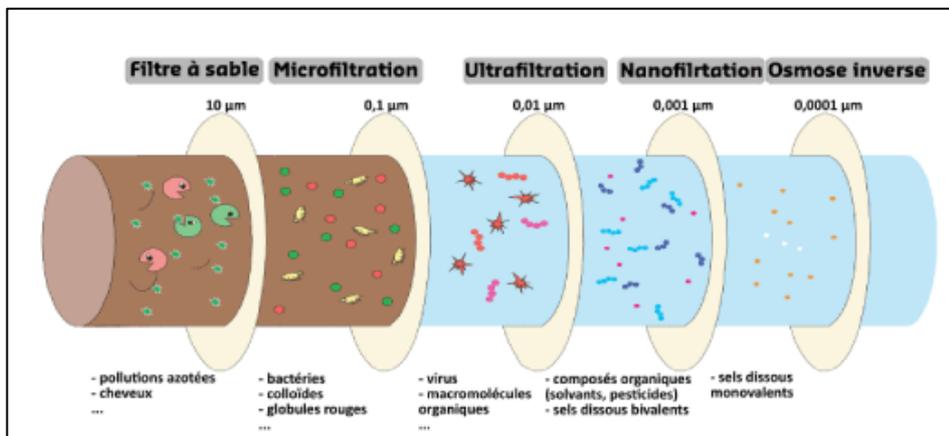


Figure VI.13 Seuils de coupure des procédés de filtration

Chapitre V

Les Acteurs de protection de l'environnement

Introduction

Les problèmes de l'environnement varient et se diversifient d'un pays à l'autre, mais certains grands thèmes planétaires ont plusieurs points communs. Si les ressources naturelles commencent à diminuer et l'environnement à être pollué, la raison fondamentale en est l'explosion démographique galopante qui atteint des dimensions inquiétantes. Les conséquences les plus graves de ce phénomène sont l'extinction des espèces animales et végétales, déforestation, la pollution de l'eau douce, l'atteinte à l'environnement marin, la pollution atmosphérique et d'autres problèmes corollaires.

V.1 Historique des préoccupations environnementales

Au cours de ces dernières décennies, le public, informé par les investissements des scientifiques, de plus en plus pris conscience sur les problèmes pesant sur l'environnement, ce qui l'a poussé à exiger que le droit protège le cadre naturel dont dépend le bien-être de l'humanité.

Sous la pression croissante de l'opinion publique nationale et internationale, les gouvernements ont commencé à s'inquiéter de l'état général de l'environnement au cours des années soixante et ont introduit une législation destinée à combattre la pollution des eaux intérieures, des océans et de l'air et à protéger certaines villes et certaines régions.

Suite à cette prise de conscience, plusieurs conférences internationales ont eu lieu et des conventions et des protocoles ont été signés par exemple :

- **2 décembre 1946** : Convention internationale pour la régulation de la chasse à la baleine et aux grands cétacés et création de la Commission baleinière internationale.
- **1948** : Création de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) regroupe 68 États, 103 organismes publics et des ONG ; objectifs : favoriser : la biodiversité, l'utilisation rationnelle et équitable des ressources naturelles
- **1^{er} décembre 1959** : Traité sur l'Antarctique ; le traité s'applique aux territoires, incluant les plates-formes glaciaires, situés au sud du 60^e parallèle sud.
- **décembre 1970** : création de l'Environmental Protection Agency aux États-Unis. Sa mission est de « protéger la santé humaine et de sauvegarder les éléments naturels l'air, l'eau et la terre essentiels à la vie.

- **5 juin 1972 : La conférence de Stockholm**

La Première conférence mondiale de l'ONU sur l'environnement et le développement, intitulée « Le sommet de la terre », à Stockholm (Suède) a fait apparaître pour la première fois la notion du développement durable et il considère que la protection de l'environnement comme une priorité en insistant sur une redistribution équitable des richesses mondiales.

- **3 juin 1992 : La conférence de Rio**

Elle a marqué un tournant décisif dans l'histoire de notre planète. Réunissant 182 états pour débattre de l'avenir de la terre, elle fixe définitivement la notion de développement durable et donne naissance à de nouveaux types d'accords multilatéraux sur l'environnement.

- **décembre 1997 : Le protocole de Kyoto**

Il a été signé par 38 pays industrialisés afin de réduire leurs émissions des principaux gaz à effet de serre d'au moins 5% durant la période allant de 2008 à 2012.

Après ces dates clés, la notion du développement durable a été traitée dans plusieurs manifestations, congrès et symposiums internationaux. La définition de cette notion n'est plus l'ordre du jour mais plutôt les solutions à présenter pour éviter les catastrophes possibles et préserver l'environnement.

- **décembre 2015 :L'Accord de Paris**

Son but est de financer la lutte contre le changement climatique pour aider les pays vulnérables à la fois à réduire leurs émissions et à renforcer leur résilience pour faire face aux effets du changement climatique.

- **novembre 2022 :La Conférence de Charm el-Cheikh COP 27**

Elle réunit les pays signataires de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Elle constitue également la 17^e réunion des parties au Protocole de Kyoto (CMP 17) et la quatrième réunion des parties à l'Accord de Paris de 2015.

V.2 Les droits de l'environnement

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 2 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.

V.3 Acteurs de la préservation de l'environnement

Le principe de préservation de l'environnement passe par un travail de groupe qui implique plusieurs acteurs économiques, sociaux et politiques.

V.3.1 Organismes internationaux

Les instances internationales comme les Nations Unies jouent un rôle dans la prise de conscience globale, l'incitation à agir, l'harmonisation des actions et l'action internationale elle-même. Elles organisent des conférences et des rencontres mondiales, permettent d'établir des programmes sur l'environnement comme l'Agenda 21 et peuvent même obliger certains pays récalcitrants à agir dans ce sens.

V.3.2 Gouvernements et pouvoirs publics

Ils ont le pouvoir de s'engager à préserver l'environnement. Les hautes instances des pays veillent à l'application du développement durable et de ses principes dans leur territoire. Ils ont aussi le pouvoir d'élaborer des stratégies nationales de développement durable et de légiférer dans leur pays. Ils doivent veiller à appliquer les principes écologiques.

V.3.3 Collectivités locales

Elles font partie des acteurs principaux car elles gèrent l'aménagement, l'eau, l'habitat, le transport, les déchets et l'énergie de leur territoire. Elles peuvent encourager et privilégier l'acquisition et la consommation de produits écologiques. Elles gèrent les marchés et appels d'offre et peuvent donc exiger des critères écologiques. Enfin, elles contribuent à l'application de la réglementation dans leur territoire.

V.3.4 Entreprises

Elles doivent intégrer dans leurs stratégies le développement durable. Les entreprises publiques sont les premières à appliquer des stratégies respectueuses de l'environnement car l'Etat y veille. Les entreprises privées se mettent à leur tour progressivement à ce concept et cherchent à avoir des certifications qui leur donnent aussi une bonne image.

V.3.5 Citoyens

Ils contribuent à la protection de l'environnement et consommant des produits écologiques et en ayant des gestes responsables comme le tri des déchets, la limitation de la consommation de l'eau et de l'énergie et la participation dans les actions associatives.

V.4 Les mécanismes de préservation de l'environnement

V.4.1 Les mécanismes économiques de préservation de l'environnement

- **Ecotaxe et principe du pollueur-payeur**

L'instauration des écotaxes se révèle très efficace dans la dissuasion d'émettre des polluants.

L'écotaxe consiste à payer des taxes pour les émissions émises. Le montant de ces taxes est régulé par une échelle publiée par les autorités compétentes du pays ou de la région.

Cette taxe doit être calculée d'une manière telle que les grands pollueurs trouvent plus économique d'installer des systèmes pour réduire leurs émissions plutôt que de payer ces taxes. Les coûts des taxes doivent tenir en compte les frais occasionnés par la pollution lors de la production et de la consommation. Actuellement, il existe des taxes pour l'émission des gaz à effet de serre comme le CO₂ et les oxydes de soufre. Ainsi, le pollueur paye le prix de sa pollution.

En Algérie, les écotaxes sont fixées par le décret exécutif n° 09-336 du 20 octobre 2009 qui contient la liste des produits polluants et dangereux ainsi que les taxes correspondantes.

- **Evaluation du coût-bénéfice**

Cette méthode est basée sur l'estimation du coût de l'alternative la meilleure pour réduire la

pollution d'un site industriel. Le but de cette solution est de minimiser le niveau de pollution et de contrebalancer le coût des dégâts causés par cette pollution en choisissant le moyen de réduction des polluants le moins cher.

Le principe de responsabilité joue un rôle clé dans cette méthode, dans la mesure où il faut déterminer le niveau minimal acceptable d'émissions d'une manière rationnelle. La stratégie d'évaluation du coût du bénéfice est difficile à mettre en œuvre car elle comporte beaucoup de paramètres incertains et de facteurs fluctuants.

- **Financement des projets écologiques**

Le respect de l'environnement et le développement durable passent par l'encouragement des projets écologiques. Le financement des projets de développement durable et notamment les projets expérimentaux tend à initier à ce type d'expériences. Les financements sont fournis par les autorités du pays, de la région, ou encore par les organismes internationaux comme l'Union Européenne qui a financé le programme expérimental sur le transport urbain CONCERTO.

- **Permis d'émissions négociables**

Les « droits d'émettre » du CO₂ peuvent être achetés, ou acquis en finançant des projets de développement propres dans d'autres états. Ces mécanismes s'appellent « mécanismes de flexibilité ». Dans tous les cas, les acteurs du marché du carbone doivent surveiller leurs émissions par des méthodes agréées par les instances internationales. Un rapport d'émissions doit être présenté puis certifié par les autorités compétentes du pays en question. Ces déclarations des données certifiées permettent des échanges entre les « comptes carbone » des participants au droit de carbone. Des marchés sont ainsi créés au niveau régional et international. Ces marchés sont liés entre eux pour plus de flexibilité.

V.4.2 Mécanismes juridiques et réglementaires de préservation de l'environnement

Les aspects juridique et réglementaire jouent un rôle non négligeable dans la préservation de l'environnement. D'abord, les lois mises au point et appliquées dans les pays doivent tendre à dissuader les acteurs de la pollution à émettre plus et sans tenir compte de l'environnement. Elles doivent aussi punir les auteurs d'infractions en matière de pollution, comme les rejets illégaux de déchets dans des endroits inappropriés par exemple. Des seuils d'émissions

standards doivent être fixés par les législateurs.

V.5 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.

V.5.1. Le cadre législatif :

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

Tab V.1 Textes juridiques relatifs à la protection de l'environnement en Algérie (d'après le

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° 93-68 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. Art 6

<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

V.5.2. Le cadre institutionnel

La promulgation de cette armada législative et réglementaire s'est poursuivie par la mise en place à plusieurs niveaux, de structures institutionnelles au niveau central et déconcentré. La démarche a consisté à créer, par strates successives et par secteurs, un cadre institutionnel responsable de la gestion environnementale dans le pays. Les changements multiples de tutelle qu'a connue l'administration environnementale pendant une longue période n'ont pas favorisé l'émergence de programmes d'action durables et coordonnés.

Tab V.2 Evolution progressive du dispositif institutionnel chargé de la protection de l'environnement (Bellfatmi, 2016)

Années	Tutelle prenant en charge l'administration de l'environnement
1974	Création du Conseil National de l'Environnement
1977	Dissolution du CNE et transfert de ses prérogatives au Ministère de l'hydraulique, de la mise en valeur des terres et de la protection de l'environnement.
1981	Transfert des missions de protection de l'environnement au Secrétariat d'Etat aux forêts et à la mise en valeur des terres, et création en 1983 d'une Agence Nationale pour la Protection de l'Environnement (ANPE).
1984	Rattachement des prérogatives de protection de l'environnement au Ministère de l'hydraulique, de l'environnement et des forêts.
1988	Transfert des prérogatives de protection de l'environnement au Ministère de l'intérieur.
1990	Transfert de l'environnement au Ministère délégué à la recherche, à la technologie et à l'environnement.
1992	Transfert de l'environnement au ministère de l'éducation nationale.
1993	Rattachement de l'environnement au Ministère chargé des universités.
1994	Rattachement de nouveau de l'environnement au ministère de l'intérieur, des collectivités locales et de l'environnement.
1996	Création d'un Secrétariat d'Etat chargé de l'environnement. La direction générale de l'environnement (DGE) est maintenue avec ses prérogatives sous la tutelle de ce Secrétariat d'Etat.
2000	Création du Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement.
2007	Création du Ministère de l'Aménagement du Territoire de l'Environnement et du Tourisme (MATET).
2010	Création du Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et de la Ville (MATEV).
2016	Création du Ministère des Ressources en Eau et de l'Environnement

V.5.3 Le cadre associatif :

Il y a environ 917 associations environnementales locales et 32 associations environnementales à caractère national qui activent dans le domaine de la protection de l'environnement en Algérie (MATE, 2002), la majeure partie des associations locales sont constituées de bénévoles et mobilisées sur les problèmes spécifiques de leurs régions avec des moyens très modestes.

Tab V.3 Associations algériennes activant dans le domaine de l'environnement (Liste non exhaustive, Source DGF 2005)

Dénomination	Lieu
Association scientifique pour la protection et promotion de l'environnement	Annaba (Est)
Association de lutte contre l'ensablement et de protection de l'environnement	Adrar
Association pour la protection de l'environnement	El-Tarf
Association les amis du lac Tonga	El-Tarf
Association écologique pour la protection de l'environnement Bejaia	Bejaia (Est)
Association de l'Archéologie et de l'Environnement «TAKFARINAS »	Bouira (Centre)
Association écologique «Alger la blanche»	Alger
Association de l'environnement et du milieu vert	Médea (Centre)
Association Ecologique de Boumerdès -AEB-	Boumerdès (Centre)
Association de protection de l'environnement	Guelma (Est)
Association de protection de la nature et de l'environnement	Constantine (Est)

Ces associations sont habilitées à agir devant les juridictions compétentes pour toute atteinte à l'environnement, et peuvent exercer les droits reconnus à la partie civile en ce qui concerne les faits portant un préjudice direct ou indirect aux intérêts collectifs qu'elles ont pour objet de

défendre et constituant une infraction aux dispositions législatives relatives à la protection de l'environnement, à l'amélioration du cadre de vie.

V.6 Aspect normatif de protection de l'environnement

LE MANAGEMENT ENVIRONNEMENTAL

Une nouvelle variable est introduite dans les systèmes de management conventionnel



Comment introduire cette variable dans le cadre de management de l'entreprise?



V.6.1 Système de management et audits environnementaux (EMAS)

C'est un règlement émis par l'union européenne, non contraignant pour les industriels, permettant l'obtention d'un LABEL si le SME et la déclaration environnementale de l'entreprise sont vérifiés et répondent aux exigences de l'EMAS.

Les entreprises doivent intégrer dans leurs stratégies le développement durable **EMAS (environmental System and audit)**.

Elles sont de plus en plus soumises à un ensemble de pressions externes et internes visant une meilleure définition de leur stratégies et cherchent à avoir des certifications qui leur donnent une bonne image.

- **La norme ISO 14001**

La certification selon Iso (ex de la 14000) permet de travailler selon une logique **d'amélioration continue**, c'est toute l'organisation de la société qui va être revue en bénéfice de son environnement.

Environ 40 normes sont prévues sur ce sujet mais les plus significatives sont :

Architecture des normes ISO 14001

ISO 14001: exigences pour la mise en place d'un système de management environnemental.

ISO 14004: lignes directives pour le SME.

ISO 14010-11: Audit de SME et qualification des auditeurs (internes)

ISO 14014: analyse préliminaire d'impact.

ISO 14015: audit des sites et des organismes (externes).

ISO 14020-24: écolabel (étiquetage environnemental des produits)

ISO 14031: évaluation des performances environnementales.

ISO 14041-44: analyse du cycle de vie des produits (ACV).

- **Audit environnemental (ECO/AUDIT)**

C'est un instrument qui fournit une analyse ponctuelle de la performance environnementale, on l'appelle audit de conformité légale et réglementaire en environnement.



Il doit vérifier que les opérations de production sont conformes à la réglementation en vigueur en se basant sur la documentation fournis par l'entreprise et a travers des entretiens avec les chef d'entreprise.

✓ **L'audit interne (le thermostat de SME)**

- Il se fait par l'entreprise elle-même,
- il examine et compare par rapport au normes,
- en cas de nécessité il ordonne les mesures correctives a prendre.

✓ **L'audit externe**

- Ce sont des examens préétablis conduits par des auditeurs externes a l'entreprise représentant des organismes de certification accrédités.
- Ils vérifient si le SME de l'entreprise est en accord avec la norme iso 14000.
- Ils offrent un appréciation du SME depuis l'extérieur.

Dans l'audit environnemental deux approches distincts mais complémentaires coexistent; l'approche par produit et l'approche par suite. L'audit est souvent constitué d'une analyse de cycle de vie (ACV) .

BIBLIOGRAPHIE

- Introduction aux risques naturels, Pierre OZER Département des Sciences et Gestion de l'Environnement, université de Liege.
https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/22442/3/Microsoft%20PowerPoint%20-%20GRN_RN301_1.pdf
- B. El Fellah, Les risques naturels au Maroc : Connaissances et perspectives, Institut Scientifique, Université Mohammed V-Agdal, Rabat, Conférences données dans le cadre des journées «les jeunes et la science» (2006)
(http://www.academie.hassan2.sciences.ma/pdf/conferences_les_jeunes_2006/conferences_2006_Fellah.pdf)
- Mohamed BELAZOUGUI, LA POLITIQUE NATIONALE DE GESTION DES RISQUES DE CATASTROPHE, CONFERENCE NATIONALE SUR LA GESTION DES RISQUES DE CATASTROPHE (Alger, 22 et 23 Octobre 2018)
- <https://www.interieur.gov.dz/images/LA-POLITIQUE-NATIONALE--DE-GESTION-DES-RISQUES-DE-CATASTROPHE-Dr-Belazougi.pdf>
- http://ressources.unit.eu/cours/cyberriques/etage_1/co/Module_Etage_1_16.html
- <https://www.elmoudjahid.dz/fr/dossier/il-y-a-20-ans-les-inondations-dramatiques-de-bab-el-oued-la-furie-inouie-des-eaux-174521>
- <https://observatoire-risques-nouvelle-aquitaine.fr/risques/risques-naturels/>
- <https://www.mementodumaire.net/les-risques-naturels/rn-6-seismes-et-tsunami/>
- <https://www.alpgeorisques.com/media!;jù!;:!m;!hjn;mmhj!;mj;jm;k;km/seisme.pdf>
- <https://observalgerie.com/2021/08/15/societe/incendies-voici-le-premier-bilan-des-degats-enregistres-a-tizi-ouzou/>
- <https://cyclonesblog.wordpress.com/2015/11/26/formation/>
- Gestion des risques Cours et exercices corrigés Michel Lesbats
- Bliefert C et perraud R (2008). Chimie de l'environnement: air, eau, sols, déchets, 2e édition française, Bruxelles, De Boeck, 478p
- Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire, 2015, www.joradp.dz/HFR/Index.html
- Dr. SAFER Khadija, "Environnement et développement durable", Université des sciences et de la technologie d'Oran, 2015, page 1
- Adams, S.M (2002). Biological indicators of aquatic ecosystem stress. American Fisheries

- Society, Bethesda, Maryland, 621p.
- 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
 - Degremont S(2005), Mémento technique de l'eau, 10^{ème} édition, Lavoisier. Paris, Tome1, 131-14
 - Noël Salomon , Danger de pollution Jean , 1er Chapitre. La pollution de l'air et la lutte antibruit, Presses universitaires de Bordeaux, 2003.
 - COURS DE POLLUTION & NUISANCES, UNIVERSITE DE GABES, GUERMAZI WASSIM,2016-20017
 - T. DEBIECHE, 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, 2002
 - S. BEN CHEIKH, G. Med BILLAL, La pollution minérale et organique des eaux souterraines de la cuvette d'Ouargla, mémoire de master en génie de l'environnement, université de K M Ouargla, 2011
 - LAALA Ahmed, COURS D'ANALYSE ET PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT, Centre Universitaire AbdelhafidBoussouf – Mila - Institut des Sciences et de la Technologie,2017-2018
 - Djeddi Hamssa ,Cours Pollution de l'environnement, , Centre Universitaire AbdelhafidBoussouf – Mila - Institut des Sciences et de la Technologie,2017-2018
 - Stéphanie Lacour, Cours de pollution atmosphérique, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. Centre d'Enseignement et de Recherche sur l'Environnement Atmosphérique. 6-8 Avenue Blaise Pascal, Cité Descartes, 77455 Champs sur Marne.
 - Mlle BENYAHIA Noura et Mlle MAHDAOUI Kahina, La pollution des sols par les hydrocarbures,mémoire de fin de cycle ingeniorat, UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA DE BEJAIA FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE,2011-2012
 - Dr CHERCHAR.I ;TOXICOLOGIE, cours 5^{ème} année, La pollution du sol , Département de pharmacie, univ-constantine3, 2021/2022
 - KARA Karima HDR ,Pollution des sols et agrosystème, *Université Mentouri/Constantine*

-
- D. GUYONNE et al. Guide sur le comportement des polluants dans les sols et les nappes : Application dans un contexte d'Evaluation détaillée des risques pour les ressources en eau, BRGM, 2001.
 - Bliefert C et Perraud R (2008). Chimie de l'environnement: air, eau, sols, déchets, 2e édition française, Bruxelles, De Boeck, 478p
 - Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire, 2015, www.joradp.dz/HFR/Index.html
 - Dr. SAFER Khadija, "Environnement et développement durable", Université des sciences et de la technologie d'Oran, 2015, page 1
 - Adams, S.M (2002). Biological indicators of aquatic ecosystem stress. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, 621p.
 - 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
 - Degremont S(2005), Mémento technique de l'eau, 10ème édition, Lavoisier. Paris, Tome1, 131-14
 - https://www.qualitedelairontario.com/science/aji_description.php#:~:text=Avec%20un%20indice%20au%20dessus,particul%20A8rement%20fragile%20peuvent%20C3%Aatre%20incommod%20A9es .
 - <https://www.atmo-nouvelleaquitaine.org/article/lindice-atmo-un-outil-precis-et-complet-de-la-qualite-de-lair#:~:text=Comment%20est%20calcul%20l'indice%20ATMO%20%3F,-Contenu&text=L'indice%20de%20qualit%20de,par%20nos%20stations%20de%20mesure>.
 - CHENNIT Nadia & BERKANE Zahra, Mémoire de Fin de Cycle Master, Estimation de la pollution atmosphérique métallique dans la région de Bejaïa en utilisant les écorces d'arbres, Université A. MIRA – Bejaia, 2021-2022.
 - Imane Sayah-Lembarek; Mériem Labadi, Etude la pollution photochimique dans la région Algéroise Cas d'Etude : Station de surveillance de la qualité de l'air « SamaSafia », Université KasdiMerbah-Ouargla Faculté des Mathématiques et des Sciences de la matière Département de Chimie, 2019-2020.
 - B. Genin ; C. Chauvin ; F. Ménard, Cours d'eau et indices biologiques : pollutions -

méthodes – IBGN, Edition Dijon [FRA] : ENESAD-CNERTA, 1997.

- BEBBA Dalal. BEN DEROUICHE Nadjet, Détection de la pollution atmosphérique par les hydrocarbures à l'aide d'un bio indicateur lichénique et quelques végétaux supérieur quelques végétaux supérieur végétaux supérieurs dans la région de Hassi Messaoud, Mémoire de fin d'Etudes En vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat En Biologie UNIVERSITE KASDI MERBAH- OUARGLA FACULTE DES SCIENCES ET SCIENCES DE L'INGENIEUR,2006-2007.
- LAALA Ahmed , COURS D'ANALYSE ET PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT, Centre Universitaire AbdelhafidBoussouf – Mila - Institut des Sciences et de la Technologie Département des Sciences de la Nature et de la Vie, 2017/2018.
- Bliefert C et Perraud R (2008). Chimie de l'environnement: air, eau, sols, déchets, 2e édition française, Bruxelles, De Boeck, 478p
- Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire, 2015, www.joradp.dz/HFR/Index.html
- Dr. SAFER Khadija, "Environnement et développement durable", Université des sciences et de la technologie d'Oran, 2015, page 1
- Adams, S.M (2002). Biological indicators of aquatic ecosystem stress. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, 621p.
- 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
- Degremont S(2005), Mémento technique de l'eau, 10^{ème} édition, Lavoisier. Paris, Tome1, 131-14
- https://www.qualitedelairontario.com/science/aqi_description.php#:~:text=Avec%20un%20indice%20au%20dessous,particuli%C3%A8rement%20fragile%20peuvent%20%C3%AAtre%20incommod%C3%A9es .
- <https://www.atmo-nouvelleaquitaine.org/article/lindice-atmo-un-outil-precis-et-complet-de-la-qualite-de-lair#:~:text=Comment%20est%20calcul%C3%A9%20l'indice%20ATMO%20%3F,-Contenu&text=L'indice%20de%20qualit%C3%A9%20de,par%20nos%20stations%20de%20mesure>.
- CHENNIT Nadia & BERKANE Zahra, Mémoire de Fin de Cycle Master, Estimation de la

pollution atmosphérique métallique dans la région de Bejaïa en utilisant les écorces d'arbres, Université A. MIRA – Bejaia, 2021-2022.

- Imane Sayah-Lembarek; Mériem Labadi, Etude la pollution photochimique dans la région Algéroise Cas d'Etude : Station de surveillance de la qualité de l'air « SamaSafia », Université KasdiMerbah-Ouargla Faculté des Mathématiques et des Sciences de la matière Département de Chimie, 2019-2020.
- B. Genin ; C. Chauvin ; F. Ménard, Cours d'eau et indices biologiques : pollutions - méthodes – IBGN, Edition Dijon [FRA] : ENESAD-CNERTA, 1997.
- BEBBA Dalal. BEN DEROUICHE Nadjet, Détection de la pollution atmosphérique par les hydrocarbures à l'aide d'un bio indicateur lichénique et quelques végétaux supérieur quelques végétaux supérieurs dans la région de Hassi Messaoud, Mémoire de fin d'Etudes En vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat En Biologie UNIVERSITE KASDI MERBAH- OUARGLA FACULTE DES SCIENCES ET SCIENCES DE L'INGENIEUR, 2006-2007.
- LAALA Ahmed , COURS D'ANALYSE ET PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT, Centre Universitaire AbdelhafidBoussouf – Mila - Institut des Sciences et de la Technologie Département des Sciences de la Nature et de la Vie, 2017/2018.
 - Bouafiane, cours Environnement et pollution, UNIVERSITÉ HAMMA LAKHDAR ELOUED, 2021/2022
 - https://www.google.com/imgres?q=centre%20d%27enfouissement%20technique&imgurl=https%3A%2F%2Fwww.sytec15.fr%2Fwp-content%2Fuploads%2F2018%2F09%2FSYTEC-Parcours-des-d%25C3%25A9chets-Enfouissement_V2.png&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.sytec15.fr%2Fle-service-environnement-des-cramades%2Ftraitement-des-dechets%2Fenfouissement-des-ordures-menageres%2F&docid=VUIV2x8E8J7uCM&tbnid=TAnwLXphj6dI4M&vet=12ahUKEwiwrZrO3uyFAxVXT6QEHU1rDnkQM3oECD0QAA..i&w=800&h=600&hcb=2&ved=2ahUKEwiwrZrO3uyFAxVXT6QEHU1rDnkQM3oECD0QAA
 - Manuel sur le compostage, Agence Nationale des Déchets : <https://and.dz/site/wp-content/uploads/guide-compostage.pdf>
 - M.Y.BELGHIT, cours l'absorption, Module : Génie des séparations université d'El ouedi,
 - https://training.itcilo.org/actrav_cdrom2/fr/osh/pollu/main.htm
 - Moriba Badara DIALLO, LA GESTION DE LA POLLUTION DE L'AIR : L'analyse de

- l'expérience française comme support de réflexion pour une proposition de stratégie adaptée au contexte malien. Mémoire présenté à l'université internationale de langue française au service du développement africain, Université Senghor, DÉPARTEMENT GESTION DE L'ENVIRONNEMENT, 2003.
- https://www.pdfprof.com/PDF_Image.php?id=55460&t=25
 - Guide Boues de Station d'Épuration : Techniques de traitement, Valorisation et NOTE Elimination :
https://www.pseau.org/outils/ouvrages/amorce_boues_de_step_techniques_de_traitement_valorisation_et_elimination_2012.pdf
 - Fatma AHNIA, Polycopié de Cours Environnement et Développement Durable, Université Abderrahmane Mira, Bejaia Faculté de Technologie, 2015-2016.
 - SAFER Khadidja, Environnement et Développement Durable, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran, 2015.
 - K Khalifa. Analyse du cycle de vie : Méthodes d'évaluation des impacts. Techniques de l'ingénieur, traité Environnement, 2000.
 - Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire
www.joradp.dz/HFR/Index.htm
 - . LAALA Ahmed, COURS D'ANALYSE ET PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT, Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf – Mila - Institut des Sciences et de la Technologie Département des Sciences de la Nature et de la Vie, 2017-2018.
 - RIHANI. L, PLYCOPIE DE COURS Législation environnementale, Centre universitaire Abed Elhafidh Boussouf – Mila Faculté de Science de nature et de vie Département de biologie, 2022-2023.

**LA TERRE EST NOTRE SEULE
MAISON**



SAUVONS LA !...

Semestre : 5

Unité d'enseignement : UEF 3.1.2

Matière : Protection environnement

VHS: 22H30, Cours : 1H30

Crédits : 2

Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement :

Etre capable d'appréhender la complexité de la problématique environnementale, connaître les moyens et les techniques de dépollution.

Connaissances préalables recommandées :

Typologie des risques

Norme ISO 14001

Contenu de la matière

Chapitre 1.

(2 semaines)

Rappels des Risques naturels et impacts

Chapitre 2.

(3 semaines)

Problématique environnementale (en Algérie) : Air, Eau ,Sol, Faune, Flore.

Chapitre 3.

(3 semaines)

Indices de pollution : Différentes types d'indices, Normalisation des indices de pollution

Chapitre 4.

(3 semaines)

Moyens de lutte contre la pollution : Moyens physiques, Moyens biologiques

Chapitre 5.

(2 semaines)

Acteurs de la protection environnementale

Chapitre 6.

(2 semaines)

Audit environnementale

Mode d'évaluation : Contrôle continu : 40 % ; Examen final : 60 %.

Références bibliographiques:

1. **Jean-Bernard Leroy.** *La Pollution des eaux*, 1999. Edition de Poche, Que sais-je?
2. **Emilian Koller** Traitement des pollutions industrielles : Eau, air, déchets, sols, boues. 2009. Ed. Dunod.
3. **Françoise Nési** La pollution des sols : Soil Pollution, 2010
4. **Michel-Claude Girard et Christian Walter** Sols et environnement -2011 2e édition - Cours, exercices et études de cas - Livre +compléments en ligne: Cours, exercices... Ed Dunod

5. **Louise Schriver-Mazzuoli** La Pollution de l'air intérieur : Sources, Effets sanitaires, Ventilation, 2009. Ed. Dunod

