

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 8 mai 45 Guelma

<p>Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers</p> <p>Département d'Ecologie et Génie de l'Environnement</p>		<p>كلية علوم الطبيعة و الحياة و علوم الأرض و الكون</p> <p>قسم البيئية و هندسة المحيط</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------

Brochure de cours pour la troisième année
Licence
Écologie et environnement

Présentée par

Monsieur :GUETTAF Mohamed

Module

Analyse et Protection de l'Environnement

Année universitaire : 2016/2017

Sommaire

Introduction.....	1
Notions d'écologie et d'environnement.....	1
1.Ecologie.....	1
1.1. Définition.....	1
1.2. Domaines d'intervention.....	2
1.3. Notion de système écologique : Ecosystème.....	2
1.3. Notion de facteurs de milieu.....	3
2.Environment.....	3
2.1.Définition.....	3
2.2.Autre définition de l'environnement.....	4
Chapitre 1 : Analyses physico-chimiques.....	5
3.Objectifs des analyses environnementales.....	6
4. Les matrices analysées.....	7
4.1. L'eau.....	7
4.1.1. Les différents milieux aquatiques.....	8
4.1.1.1. Le torrent.....	8
4.1.1.2.La rivière.....	9
4.1.1.3.le fleuve.....	10
4.1.1.4.l'estuaire.....	11
4.1.2.Les eaux souterraines.....	12
4.1.3. Les zones humides.....	13
4.2.Les sédiments.....	14
4.2.1.Enjeux.....	15
4.2.2. Origine et types de sédiments.....	16
4.2.3. Sédiments pollués.....	19
4.2.4. Environnements dépositaires principaux.....	20
4.3. Sols, boues et composts.....	20
4.3.1. le sol.....	20
4.3.2. Les boues.....	23

4.3.2.1. Définition.....	23
4.3.2.2. Origine des boues.....	23
4.3.2.3. Qualité des boues et teneurs en éléments-trace.....	25
4.3.3. Compost.....	25
4.4. Echantillons biologiques.....	26
4.5. Echantillons atmosphériques.....	27
4.6. Autre type de matrices.....	28
5. Les paramètres déterminés.....	29
5.1. Paramètres physico-chimiques.....	29
5.2. Paramètres inorganiques.....	30
5.3. Formes chimiques métalliques.....	30
5.4. Paramètres organiques.....	31
5.5. Exemples de substances réglementées.....	31
6- Les types de méthodes.....	32
Chapitre 2 : Analyses biologiques.....	36
7. Relations des organismes aux conditions du milieu.....	37
7.1- Notions de bioindicateurs.....	37
7.2- Méthodes biologiques et bioindicateurs.....	38
8. Principaux types de méthodes biologiques actuellement utilisées.....	39
8.1. Différentes méthodes biologiques.....	39
8.1.1. Méthodes biochimiques.....	39
8.1.2. Méthodes écotoxicologiques.....	39
8.1.3. Méthodes biocénotiques.....	40
8.2. Les méthodes indicielles.....	41
8.2.1. Méthodes utilisant les peuplements végétaux.....	42
8.2.2. Méthodes utilisant les peuplements animaux.....	42
Chapitre 3 : Protection de l'environnement : Réglementation algérienne.....	44
9. Législation environnementale : définition et étendue.....	45
10. Statut juridique actuel en matière de protection et gestion de l'environnement.....	45
10.1. Sur le plan législatif et réglementaire.....	45
10.2. Des politiques actuelles.....	46
10.3. Sur le plan de renforcement institutionnel.....	47
Références bibliographiques.....	47

Introduction

L'analyse environnementale est l'étude approfondie de deux systèmes qui interagissent l'un sur l'autre : le système anthropique (Il est relatif à l'homme, à son existence ainsi qu'aux activités qu'il génère. Ce sont essentiellement: l'activité de production, l'activité de transformation, l'activité de consommation, l'activité d'élimination) et le système environnemental (Il est constitué par tous les milieux naturels qui constituent l'environnement dans lequel vit et existe l'homme. Ce sont: les milieux physiques, les milieux vivants, l'écosystème, l'environnement sonore, l'environnement visuel, l'environnement socioculturel).

Cette analyse va utiliser plusieurs études (impacts, dangers,...) afin d'évaluer les différents risques que vont engendrer l'activité humaine sur son environnement direct. A terme, il s'agira grâce à cette analyse de se doter de moyens suffisamment efficaces qui permettront d'engager les actions en vue d'atteindre les objectifs environnementaux qui auront été fixés par les dirigeants de l'entreprise.

Notions d'écologie et d'environnement

1.Ecologie

1.1. Définition

Le mot « écologie » a été créé en 1866, par le biologiste allemand Ernst Haeckel, à partir de deux mots grecs : *oikos* qui veut dire : maison, habitat, et *logos* qui signifie science. L'écologie apparaît donc comme la science de l'habitat, étudiant les conditions d'existence des êtres vivants et les interactions de toute nature qui existent entre ces êtres vivants et leurs milieux. Il s'agit de comprendre les mécanismes qui permettent aux différentes espèces d'organismes de survivre et de coexister en se partageant ou en se disputant les ressources disponibles (espace, temps, énergie, matière). Par extension, l'écologie s'appuie sur des sciences connexes telles la climatologie, l'hydrologie, l'océanographie, la chimie, la géologie, la pédologie, la physiologie, la génétique, l'éthologie, ... etc. Ce qui fait de l'écologie, une science pluridisciplinaire !

1.2. Domaines d'intervention

Les études écologiques portent conventionnellement sur trois niveaux :

L'individu, la population et la communauté.

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

- Une **population** est un groupe d'individus de la même espèce occupant un territoire particulier à une période donnée.
- Une **communauté** ou **biocénose** est l'ensemble des populations d'un même milieu,
- peuplement animal (zoocénose) et peuplement végétal (phytocénose) qui vivent dans les mêmes conditions de milieu et au voisinage les uns des autres.

1.3. Notion de système écologique : Ecosystème

- Un système écologique ou écosystème fut défini par la botaniste anglais Arthur Tansley en 1935.
- Un **écosystème** est par définition un système, c'est-à-dire un ensemble d'éléments en interaction les uns avec les autres. C'est un système biologique formé par deux éléments indissociables, la **biocénose** et le **biotope**.
- La **biocénose** est l'ensemble des organismes qui vivent ensemble (zoocénose, phycocénose, microbiocénose, mycocénose...).
- Le **biotope (écotope)** est le fragment de la biosphère qui fournit à la biocénose le milieu abiotique indispensable. Il se définit également comme étant l'ensemble des facteurs
- écologiques abiotiques (substrat, sol « édaphotope », climat « climatope ») qui caractérisent le milieu où vit une biocénose déterminée.
- La **biosphère** est la partie de l'écorce terrestre où la vie est possible. La biosphère comprend une partie de la lithosphère (partie solide de l'écorce terrestre), une partie de l'atmosphère (la couche gazeuse entourant la Terre) et une partie de l'hydrosphère (partie du système terrestre constituée d'eau). La biosphère désigne l'ensemble de ces milieux et tous les êtres vivants qui y vivent.
- **Exemple** : une forêt constituée d'arbres, de plantes herbacées, d'animaux et d'un sol.
- **Ecosystème** : forêt.
- **Biocénose** : phytocénose (arbres, plantes herbacées) et zoocénose (animaux).
- **Biotope** : sol.

1.3. Notion de facteurs de milieu

- On appelle « facteur écologique » tout élément du milieu pouvant agir directement sur les êtres vivants.
- Les facteurs écologiques sont de deux types :

- **Facteurs abiotiques** : ensemble des caractéristiques physico-chimiques du milieu tel que les facteurs climatiques (température, pluviosité, lumière, vent...), édaphiques (texture et structure du sol, composition chimique,...)...
- **Facteurs biotiques** : ensemble des interactions qui existent entre des individus de la même espèce ou d'espèces différentes : prédation, parasitisme, compétition, symbiose, commensalisme, ...etc.

2. Environnement

2.1. Définition

Le terme « environnement » est entré dans de nombreuses langues au cours du XXe siècle, du moins tel qu'on le définit aujourd'hui. Le verbe français « environner » est apparu au XIIe siècle mais ce n'est que depuis le début des années 1960 que l'on utilise de façon régulière le nom qui en dérive. Dans d'autres langues, de nouveaux mots ont été créés à la même époque pour exprimer ce concept : « Umwelt » en allemand, « milieu » en néerlandais « medio ambiente » en espagnol, « meio ambiente » en portugais, « environment » en anglais traduit la même idée. Ces innovations indiquent que la dégradation de l'environnement n'est connue dans différents pays que depuis quelques décennies seulement. Il s'agit de désigner les constituants biotiques et abiotiques qui entourent le vivant et qui contribue à sa survie.

Il a été compris, dès les années 1960, que cette découverte constituait un défi aux sociétés modernes. Aussi, dans la plupart des pays du monde, l'opinion publique, réveillée par des scientifiques, a pris conscience du danger que court notre planète à cause de la multiplication désordonnée des activités humaines, aggravée par l'explosion démographique et par l'impact de technologies pas toujours maîtrisées. Les symptômes de la détérioration de l'environnement étaient devenus indéniables : la pollution des eaux des fleuves, les marées noires sur les côtes, les brouillards empoisonnés, la raréfaction des espèces de la faune et de la flore sauvages témoignaient des risques que les humains ont créés pour leur propre existence. La menace qui pèse sur l'environnement vient principalement du fait que les rapports entre l'homme et la nature ont été bouleversés. A long terme, la biosphère elle-même, la petite partie de l'Univers où la vie est possible et dont nous dépendons tous, est en danger. La question des relations entre l'homme et la nature, c'est-à-dire en fait la biosphère, a ainsi été posée et exigeait une réponse.

2.2. Autre définition de l'environnement

L'environnement est tout ce qui nous entoure. C'est l'ensemble des éléments naturels et artificiels au sein duquel se déroule la vie humaine. Avec les enjeux écologiques actuels, le terme environnement tend actuellement à prendre une dimension de plus en plus mondiale. L'environnement est défini comme « l'ensemble des éléments (biotiques ou abiotiques) qui entourent un individu ou une espèce et dont certains contribuent directement à subvenir à ses besoins », ou encore comme « l'ensemble des conditions naturelles (physiques, chimiques, biologiques) et culturelles (sociologiques) susceptibles d'agir sur les organismes vivant et les activités humaines ». La notion d'environnement naturel, souvent désignée par le seul mot environnement, a beaucoup évolué au cours des derniers siècles et des dernières décennies. On peut aujourd'hui définir l'environnement comme l'ensemble des composants naturels de la planète Terre, comme l'air, l'eau, l'atmosphère, les roches, les végétaux, les animaux, et l'ensemble des phénomènes et interactions s'y déroulant, c'est-à-dire, comme tout ce qui entoure l'Homme et ses activités.

Chapitre 1:Analyses physico-chimiques

3.Objectifs des analyses environnementales.

Les objectifs environnementaux peuvent se résumer dans les points suivants:

.Etude de l'état du système environnemental de l'entreprise

- Évaluation de l'état du système environnemental à un moment donné
- Suivi de l'évolution du système environnemental
- Évaluation de l'impact global du système anthropique sur le système environnemental.

.Impact du système anthropique sur le système environnemental

- Améliorer le système anthropique
- Le comparer avec d'autres systèmes anthropiques.

.Risque d'accident lié au système anthropique

- Réduire les risques liés au système anthropique.

.action environnementale sur un système anthropique ou sur un environnemental

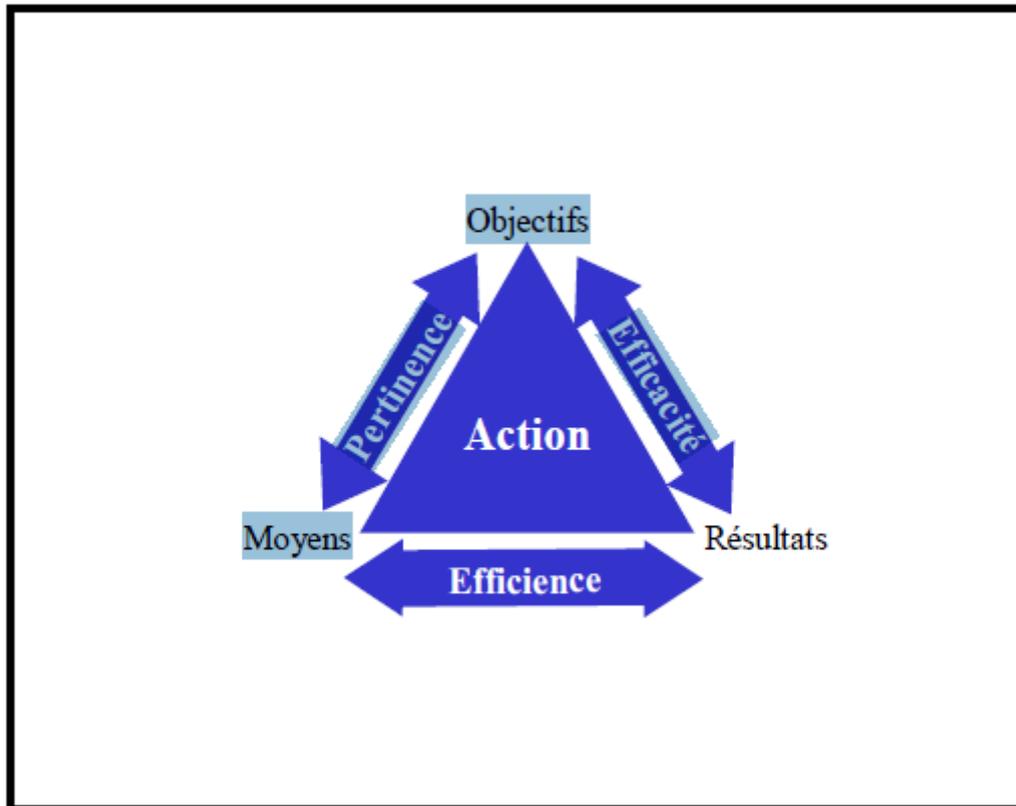


Figure 1: Triangle de l'analyse environnementale

La pertinence est un outil d'aide à la décision qui permet de savoir si les moyens mis en œuvre pour atteindre les objectifs fixés sont suffisants d'une part et quels sont les moyens à mettre en œuvre le cas échéant d'autre part.

L'efficacité permet de faire le contrôle de la gestion en se posant la question qui est de savoir si les résultats correspondent aux objectifs fixés.

L'efficience va permettre d'évaluer la politique environnementale en se demandant si les résultats obtenus sont satisfaisants compte tenu des moyens qui auront été mis en œuvre.

4. Les matrices analysées

4.1. L'eau

L'écosystème aquatique est le résultat d'un équilibre entre un milieu naturel et les espèces animales et végétales qui y vivent.

Les lacs et cours d'eau mais aussi les zones inondables ou humides (marais et tourbières), les nappes souterraines constituent les écosystèmes aquatiques.

Le milieu aquatique est caractérisé par :

- un habitat (pentes plus ou moins accentuées au niveau des berges),
- des populations végétales,
- des populations animales,
- la qualité physico-chimique de l'eau (température, nutriments, ...).

Il est influencé par :

- le climat,
- la géologie,
- l'ensoleillement,
- les activités humaines.



Figure 2: La sauvegarde de la nature, enjeu de la protection de l'environnement.

4.1.1. Les différents milieux aquatiques

Des sources à la mer, on peut observer quatre écosystèmes différents : le torrent, la rivière, le fleuve, l'estuaire.

4.1.1.1. Le torrent, où coule une eau froide (entre 5 et 15°), claire et bien oxygénée, du fait du courant rapide, avec beaucoup de matières minérales (petits cailloux) en suspension ou qui

roulent sur le fond de l'eau. L'eau est limpide, avec peu de sédiments (boues, sable, graviers, cailloux) et peu de pollution. L'eau est peu profonde, avec un fond composé de rochers et de gros galets. La qualité des eaux est bonne.

Les poissons sont adaptés à la vitesse de l'eau et très sensibles à sa qualité (truites, chabots et saumons). Des larves d'insectes, des mollusques, des crustacés peuplent le fond rocheux du torrent : ces espèces disparaissent rapidement si l'eau est polluée. Des mousses et des algues arrivent à se fixer sur les pierres. La pauvreté de l'eau en sels nutritifs (= les aliments des plantes) et son écoulement tumultueux ne permettent qu'un développement limité de la végétation aquatique. Arrivé dans la vallée, le torrent devient:

Figure 3 : Photo d'un un torrent



4.1.1.2. La rivière de plaine. L'eau devient plus profonde, plus chaude (elle peut atteindre 20° en été), le courant ralentit. L' eau est de plus en plus trouble car chargée de matières en suspension arrachées le long des berges. La présence abondante de nourriture, le ralentissement du courant et la clémence de la température, permettent le développement d'une plus grande diversité d'êtres vivants. Malheureusement cette hausse de température

entraîne aussi une baisse de l'oxygène dissous, phénomène accentué par le fait que les bactéries, en dégradant la matière, consomment elles aussi beaucoup d'oxygène. Les poissons des rivières sont souvent des ablettes, des goujons, des barbeaux... On trouve aussi des macro-vertébrés (mollusques, larves de vers de vase, ...) tolérants à la pollution. Les pierres sont souvent recouvertes d'une pellicule verte ; il s'agit du périphyton, un mélange d'algues et de bactéries. De nombreuses plantes aquatiques sont fixées sur le fond et les rives de la rivière. Plus encore en aval, alimenté par ses nombreux affluents,



Figure 4: Photo d'une rivière

4.1.1.3. Le fleuve s'élargit et se rapproche de la mer. Le courant est de plus en plus faible, et l'eau peut être très trouble, car beaucoup d'éléments minéraux fins et de micro algues sont en suspension. La température augmente et peut dépasser 20° en été. L'eau du fleuve est un milieu riche en substances nutritives dans lequel cohabitent de nombreuses populations d'organismes animaux et végétaux. Par le même processus que pour la rivière, la teneur en oxygène diminue de plus en plus. Les espèces vivant dans le fleuve sont donc capables de supporter une eau dont la teneur en oxygène est faible (gardons, brochets, tanches, carpes). La

plupart se retrouvent d'ailleurs dans des lacs ou étangs (sauf en montagne). Tous ces animaux s'alimentent grâce au phytoplancton et aux feuilles mortes qui tombent dans l'eau. Entre mer et rivière, lieu de mélange des eaux douces et salées,



Figure 5: Photo d'un fleuve

4.1.1.4. L'estuaire est un milieu complexe, riche et fragile, dans lequel se produisent de nombreux échanges avec les autres systèmes environnants, terrestres et marins. Soumis aux fluctuations des marées, aux courants, au régime des vagues et à celui du fleuve, il comporte de grands sous-systèmes humides : fleuve, marais, canaux, plaines inondables. La forte instabilité de ses eaux ne permet pas aux végétaux aquatiques de se développer dans l'estuaire proprement dit.

En revanche certains végétaux arrivent à se développer dans les grands sous- systèmes humides qui entourent l'estuaire L' estuaire est une zone de passage des poissons migrateurs, qui viennent se reproduire ou grossir. dans le haut des rivières, c'est aussi une zone de nurseries pour certains d'entre eux : aloses, crevettes, esturgeons, etc. Les eaux continentales

s'écoulent jusqu'à la mer ou l'océan. L'eau y est salée, l'écosystème très différent. Le peuplement est lié à la profondeur car les producteurs primaires ont besoin de lumière pour nourrir la chaîne alimentaire. A l'interface entre Terre et Mer, les zones côtière abritent des milieux naturels fragiles et des habitats essentiels tant pour les espèces côtières que marines. L'homme tire une importante partie de sa nourriture de ces zones côtières, les plus productives du milieu marin.



Figure 6: Photo d' un estuaire

4.1.2. Les eaux souterraines

Les eaux souterraines participent d'une manière déterminante au cycle de l'eau. Elles offrent des propriétés de qualité et de protection de la ressource différentes des eaux de surface. Elles entretiennent le débit de base des rivières et la pérennité des zones humides.

L'eau souterraine (communément appelée «nappe») contenue dans les terrains perméables et poreux (où l'eau se faufile entre les grains de terre), et dans les fissures des roches, se retrouve dans toutes les couches géologiques. Le volume des réservoirs souvent considérable offre des possibilités variables d'exploitation. Le renouvellement annuel par infiltration des pluies est de l'ordre de 11 milliards de m³. La qualité de l'eau est conditionnée par la nature de la roche réservoir. Généralement de bonne qualité, la nappe peut toutefois être dégradée par des pollutions de diverses origines : industrielle, urbaine, agricole. Compte tenu de l'inertie des

nappes, le retour à la qualité d'origine nécessite plusieurs années ou décennies et peut parfois s'avérer impossible.

4.1.3. Les zones humides

On assimile généralement les zones humides à des marais, en partie ou totalement inondés. Elles comprennent en fait des milieux diversifiés, tels que des plaines, des forêts riveraines de cours d'eau des bras morts, des abords d'étangs et de canaux, des tourbières, des zones d'estuaire ou de delta.

Leur rôle est essentiel, elles :

- régulent l'écoulement des eaux,
- limitent l'effet des crues,
- maintiennent le niveau des nappes souterraines,
- permettent la reproduction de nombreux oiseaux et poissons.

Elles se caractérisent par la richesse de la faune (oiseaux aquatiques, batraciens, poissons typiques des étangs) et de la flore (laïches, euphorbes, prèles, renoncules, joncs, roseaux,...).



Figure 7: Photo d'une zone humide

4.2. Les sédiments

Un sédiment est un ensemble de particules en suspension dans l'eau, l'atmosphère ou la glace et qui a fini par se déposer sous l'effet de la gravité, souvent en couches ou strates successives. Un sédiment est caractérisé par sa nature (composition physicochimique), son origine, sa granulométrie¹, les espèces qu'il contient et son éventuelle toxicité... La consolidation des sédiments est à l'origine de la formation des couches sédimentaires rocheuses.



.Figure 8: Dépôt de sédiment en ramifications

Le processus de sédimentation est d'abord une loi physique, liée à la pesanteur. Des phénomènes biologiques peuvent l'accélérer ou le réduire, intervenant notamment dans les cycles écologiques et biogéochimiques.

4.2.1.Enjeux

Les sédiments constituent en tant qu'écotone roche-mère/eau un habitat colonisé par des espèces spécifiques (fouisseuses) qui y jouent un rôle majeur (épuration, aération, fermentation, bioturbation). Cette écotone possède un rôle de puits de carbone. Quand il est fin et riche en matière organique il consomme de l'oxygène² et devient anoxique. Il peut néanmoins être aérée par des vers ou animaux fouisseurs.

Le sédiment, autrefois parfois utilisé comme engrais ou amendement (le limon fertile du Nil...) abrite parfois des espèces pathogènes (souvent anaérobies), et aujourd'hui des polluants plus ou moins toxiques et persistants³, pas ou peu ou lentement biodégradables selon les cas, éventuellement radioactifs ou mutagènes ou génotoxiques⁴. Il participe néanmoins aussi à la qualité de l'eau des nappes phréatiques en

jouant un rôle de tampon ou de « filtre »⁵ « grâce auquel une partie des éléments polluants des rivières reste fixée dans les sédiments »⁵ (dont une partie peut toutefois être emportée vers la mer ou d'autres parties du bassin-versant lors des grandes crues).

Des enjeux écoépidémiologiques et de santé environnementale sont posés par la contamination de la faune qui vit dans les sédiments ou par la remise en suspension de sédiments contaminés, y compris par des polluants actifs à très faibles doses comme les perturbateurs endocriniens⁶. Ces polluants compliquent la gestion de certains sédiments qui peuvent accumuler des polluants physiques, organiques ou organométalliques plus ou moins dégradables, des métaux toxiques non dégradables et des radionucléides artificiels et/ou naturels, jusque dans les lacs d'altitude qui recueillent les polluants aéroportés et déposés via les neiges, les pluies et les dépôts secs⁷. Depuis le début de la période industrielle, l'acidification des eaux météoritique et de certains lacs et cours d'eau a aussi modifié la composition des sédiments [dès les lacs de montagne, y augmentant les teneurs en certains éléments tels que le Manganèse (Mn), le zinc (Zn), le plomb(Pb) et le potassium (K), et en diminuant leur teneur en magnésium (Mg)].

La sédimentation dans les ports pose problème depuis que les ports existent⁸. Avec l'aggravation de l'érosion des sols labourés et cultivés ou désertifiés et salinisés, les sédiments encombrant les ports fluviaux et estuariens ou maritimes. Leur gestion coûte de plus en plus cher aux autorités portuaires et aux gestionnaires des canaux, ainsi que pour les collectivités riveraines de cours d'eau. Un des enjeux pour celles-ci est d'améliorer leur gestion par des voies de valorisation.

4.2.2. Origine et types de sédiments,

- Des particules physiques, des êtres vivants et leurs excréments sédimentent en permanence dans les eaux douces, saumâtres et salées, ou se déposent dans les glaciers. Elles peuvent être remobilisées et transportées ailleurs.
- La sédimentation d'origine (éolienne) augmente avec l'aridification et la désertification. Les sédiments transportés par le vent, sont des minéraux issus de l'érosion des sols et des roches, des volcans, des embruns, des incendies.
- Les périodes de crue des rivières et des fleuves entraînent une plus grande quantité de sédiments, car les débits, plus forts, ont une plus importante force érosive et une plus
- grande énergie de transport. La baisse subséquente des niveaux d'eau crée souvent de

- vastes étendues de sol nouveau sur les plaines inondables.. La disparition ou la régression des embâcles naturels, des castors et de leurs barrages peuvent modifier les paramètres érosifs d'un bassin versant et la sédimentation en aval, de même que la canalisation d'un fleuve ou d'une rivière, ou la construction de barrages artificiels qui emprisonnent dans leurs réservoirs d'importantes quantités de sédiments et parfois de polluants.
- L'érosion des sols dégradés par l'agriculture et le lessivage des sols urbains sont une source croissante de sédiments dans les canaux. À titre d'exemple, dans le réseau Nord/Pas de Calais, VNF estimait¹⁰ en 2007 que l'érosion des bassins versants était responsable de l'apport de 143 000 tonnes de sédiments par an (à raison de 100 mg·L⁻¹ dans les eaux de ruissellement urbain¹⁰, de 0,18 t/ha pour les eaux de ruissellement agricole¹⁰, les apports en sédiments étant nuls ou négligeables¹⁰ dans les zones boisées ou prairiales, qui au contraire captent une grande partie des particules en suspension de l'eau qui réapparaît limpide en aval dans les sources. Ces sédiments
- (souvent pollués) doivent être coûteusement curés et stockés dans des terrains de dépôt. Dans cette
- seule région, et rien que pour les canaux, VNF a identifié (chiffres 2007) 5.346 ouvrages de rejets
- directs. Selon la DRIRE, les industriels de cette région suivis par la DRIRE rejetaient dans les cours d'eau environ 4,300 t/an¹¹. Le volume des sédiments que VNF prévoit devoir extraire entre 2007 et 2027 est d'environ 8,5 millions de m³, venant à 80 % du *réseau magistral* (grands et principaux canaux)¹².
- Les dunes et le loess sont des résultats d'un transport sédimentaire éolien.
- Les moraines et tills sont des dépôts de sédiments ayant été transportés par la glace. Les effondrements gravitaires créent aussi des sédiments comme les talus et les glissements ainsi que les éléments de karstologie.
- Les lacs, deltas, mers et océans accumulent des sédiments pendant de longues périodes (transgression marine). Le matériau peut être *terrigène* (venant des terres) ou *marin* (dont l'origine est marine). Les sédiments déposés sont la source de roches sédimentaires qui peuvent contenir des fossiles des habitants de ce volume d'eau jadis recouvert par les couches de sédiments. Leur carottage permet de connaître l'évolution du climat.



Figure 9: La sédimentation dépend du contexte géomorphologique, climatique, écologique et de la vitesse de l'eau



Figure 10: Les vers Polychètes typiques des vases des estuaires y contribuent, ils contribuent à aérer les sédiments.

4.2.3. Sédiments pollués

En aval des zones habitées, cultivées et/ou industrialisées, les sédiments des fleuves, des canaux, des gares d'eau, des estuaires et des littoraux ainsi que de certains lacs sont souvent très pollués. La pollution peut être ancienne (issue de mines médiévales ou antiques de métaux par exemple) et/ou récentes. On parle parfois de « *pollution de stock* », qui peut (re)devenir une « *pollution de flux* » en période de crue, ou à la suite d'une méandrisation du cours d'eau ou à la suite de travaux contribuant directement ou indirectement (modification des courants) à leur remise en suspension.

Des sédiments peuvent aussi avoir été pollués directement par le rejet volontaire ou involontaire de déchets, et notamment en mer Baltique et sur le littoral français ou dans certains lacs par l'immersion volontaire de munitions, d'explosifs et de déchets divers. Le long des canaux, des dépôts de *boues de curages* peuvent parfois constituer des points de relargage de pollution. Des *valeurs guides* ont été établies pour permettre une gestion plus sécurisée des sédiments pollués.



Figure 11: Les matériaux se déposent différenciellement selon leur poids, caractéristique utilisée par les chercheurs d'or pour prospector les sédiments, où ils trouvent généralement plus de billes de plomb de chasse que d'or

4.2.4. Environnements dépositaires principaux

Les principaux environnements dépositaires sont :

- Delta
- terrasse alluviale
- éventail alluvial
- méandres et rivière en tresses
- lac de bras mort
- levée
- bassin sédimentaire

4.3. Sols, boues et composts

4.3.1. le sol

Les sols sont, avec les océans, l'un des deux « compartiments » essentiels à la vie terrestre : leurs constituants spécifiques minéraux et organiques, leurs solutions, leurs « atmosphères », leurs organismes vivants (micro-organismes, faune –, plantes), leur diversité, tant structurale que fonctionnelle, et leurs organisations contribuent au développement d'une biosphère, abondante et très diversifiée. Les sols présentent en effet des conditions très favorables (énergétiques, nutritionnelles, hydriques, thermiques, acido-basiques. . .) au développement de la vie. Ils hébergent tous les principaux groupes d'organismes (micro-organismes, animaux, végétaux).

Certains sites des sols comme les rhizosphères, interfaces entre les racines des plantes et le sol, sont des lieux d'activités biochimiques fortes et d'échange de matières avec des vitesses réactionnelles rapides. En raison de leurs activités biophysico-chimiques et de leur structure, les sols sont des « réacteurs » régulateurs des grands cycles biogéochimiques comme le cycle du carbone et de l'azote et dans une moindre mesure du phosphore, du soufre, du fer. . . , essentiellement grâce aux communautés microbiennes qui assurent, même en conditions extrêmes, la transformation de ces éléments. . . des états les plus réduits aux états les plus oxydés (de CH₄ à CO₂, de N₂ à NO₃⁻, de S⁻ à SO₄⁻², de FeII à FeIII. . .) en contribuant aussi à la formation et la dégradation des composés organo-minéraux plus ou moins complexes.

Les sols sont impliqués dans la dynamique et la qualité des eaux qu'ils reçoivent par les précipitations atmosphériques, puis répartissent essentiellement par infiltration (alimentation des nappes), évapotranspiration (retour à l'atmosphère), et ruissellement (retour direct aux eaux de surface et aux océans).

Ce sont des systèmes accumulateurs (matières organiques, métaux. . .), des systèmes sources (nutriments, polluants, eaux. . .), des systèmes transformateurs (biodégradation, biosynthèse, oxydation, réduction. . .), des systèmes transferts (vers l'hydrosphère, la biosphère, l'atmosphère. . .) indispensables au fonctionnement des écosystèmes continentaux.

Support de nos cultures et de nos constructions, le sol est un réservoir d'éléments en constante interaction avec l'eau, l'air, les roches et les êtres vivants.

Il est un **lieu de stockage de l'eau de pluie et du carbone**, participant ainsi à tous les cycles. C'est enfin grâce aux nombreux êtres vivants qu'il abrite, un **lieu important de la biodiversité terrestre** et du **recyclage de la matière organique**.

Le sol est une ressource très faiblement renouvelable au sens où sa dégradation peut être rapide (quelques années ou décennies) alors qu'il lui faut plusieurs milliers d'années pour se former et se régénérer.

Or, **ce dernier siècle a été particulièrement destructeur pour les sols**. Les diverses activités humaines (de l'agriculture aux industries) ont appauvri les sols en matières organiques, en éléments minéraux, les ont transformés, pollués..

L'agriculture

L'agriculture est la première utilisatrice des sols. Aujourd'hui, 12 % des terres émergées dans le monde sont cultivées.

Pendant longtemps, les hommes se sont adaptés au sol et aux climats pour cultiver ce dont ils avaient besoin. Les cycles naturels des végétaux étaient respectés, ainsi que la qualité des sols.

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. Ces produits contiennent des éléments qui ne sont pas tous dégradables. Ils peuvent donc rester dans le sol ou être entraînés par la pluie vers les nappes phréatiques ou les rivières ou être transférés vers les plantes, les animaux et l'homme.

L'agriculture peut aussi agresser 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.

Le sol laissé nu une bonne partie de l'année voit une part non négligeable de ses éléments fertiles emportés par l'eau (érosion hydrique) ou le vent (érosion éolienne), cette dernière étant peu fréquente en France. En cas de tempêtes ou de fortes pluies, c'est plusieurs dizaines de tonnes de sol par hectare et par an qui peuvent disparaître et être entraînés vers les cours d'eau qu'ils rendent boueux.

La baisse de la qualité des sols peut donc induire une baisse des rendements des récoltes et de leur qualité nutritive.

Les autres activités humaines responsables de la dégradation du sol

Les autres causes de pollutions ou de dégradations des sols dues aux activités humaines sont :

- la **mise en décharge de déchets** et l'épandage de déchets notamment les boues de stations d'épuration (sites permettant de traiter les eaux usées) et les composts urbains, qui contaminaient les sols avant l'instauration de réglementations contraignantes,
- les **rejets de polluants organiques et de métaux par les sites industriels**, anciens ou actuels, ou par les véhicules (gaz d'échappement des voitures, des camions...),
- l'érosion accélérée due à la perte de couverture végétale par exemple en cas de **déforestation** ou **incendie de forêts**, qui se traduit par une dégradation et une transformation du relief,
- l'imperméabilisation, due à la **construction de routes, d'entrepôts, d'habitations** qui couvrent le sol et le condamnent à mort,
- la **mise en culture de prairies et de forêts**, le labour et la moindre restitution des résidus de culture (pailles...) qui diminuent la biodiversité et les matières organiques contenues dans les sols.

Toutes ces menaces affectent les diverses fonctions du sol, notamment celles qui sont primordiales pour la santé humaine, comme la production alimentaire, ou encore la filtration et le stockage des eaux souterraines, principale source d'eau potable.

4.3.2. Les boues

4.3.2.1. Définition

Les boues de stations d'épuration sont des sous-produits du traitement des eaux usées domestiques (urbaines et rurales) en station d'épuration. Aux eaux usées municipales s'ajoutent de manière irrégulière d'autres matières plus ou moins chargées, également traitées en station : eaux de pluie (surtout en cas de réseau de collecte des eaux usées unitaire), matières de vidange de fosses septiques (lorsque la station y est autorisée), etc. Les boues produites par les stations d'épuration sont essentiellement des particules solides non retenues par les pré-traitements de l'eau en amont de la station d'épuration (dégrillage, dessablage, dégraissage) et par les procédés de traitement de l'eau en station (dégradation et séparation des polluants de l'eau : particules et substances dissoutes par les procédés physico-chimiques et biologiques).

Ces boues se composent de matières organiques non dégradées, de matières minérales, de micro-organismes (surtout des bactéries dégradatives issues de "biomasses épuratrices") et d'eau (à 99%).

4.3.2.2. Origine des boues

Les boues de traitement des eaux primaire sont produites dans les bassins par simple décantation des Matières En Suspension (MES) organiques et minérales contenues dans les eaux usées. Jusqu'à 70 % des MES peuvent être retenues lors de cette étape de traitement des eaux usées, et donc se retrouver dans les boues. Avec l'évolution des procédés de traitement des eaux usées, ces boues tendent à diminuer de volume. Les boues de traitement secondaire physico-chimique proviennent de l'agglomération des matières organiques particulaires ou colloïdales contenues dans les eaux usées, par addition d'un réactif coagulant (sels de fer ou d'aluminium) qui sont ensuite séparées par décantation. Jusqu'à 90 % des MES peuvent être retenues lors de cette étape de traitement des eaux usées, et donc se retrouver dans les boues. Ces boues contiennent une partie importante de sels minéraux issus des eaux brutes et de l'agent coagulant. Elles proviennent surtout des stations d'épuration situées dans des zones touristiques, qui doivent adapter les traitements aux fortes

fluctuations de la population et donc du nombre d'Equivalent Habitant (EH) ; unité de base servant à dimensionner les filières de traitement.



Figure 12: Clarificateur d'une station d'épuration

Les boues de traitement secondaire biologique sont essentiellement composées des résidus de bactéries épuratrices “cultivées” dans les bassins d'épuration biologique aérobie des stations d'épuration. Elles sont retirées régulièrement, pour entretenir la dynamique de reproduction bactérienne dans ces bassins, où elles se nourrissent et digèrent la matière organique contenue dans les eaux usées. Ce traitement étant présent dans la majorité des stations d'épuration en France, elles représentent un volume conséquent des boues d'épuration. Depuis quelques années, dans certains cas, le clarificateur des boues activées est remplacé par une membrane d'ultrafiltration. La filtration se fait alors par passage de l'eau de l'extérieur vers l'intérieur de la membrane, soit par pression atmosphérique soit par pompes de succion. Ces bioréacteurs à membrane permettent de capter dans les boues la quasi-totalité des MES de l'eau ainsi traitée, mais aussi bactéries voire virus. Ces installations très contraignantes techniquement concernent surtout les collectivités ayant des contraintes fortes en termes de qualité de rejet des eaux et de protection du milieu naturel, voire d'emprise foncière.

Enfin, à ces boues s'ajoutent parfois des boues de traitement tertiaire des eaux usées : bactériologique, physico-chimique ou UV.

4.3.2.3. Qualité des boues et teneur en éléments-trace

Les boues sont de qualité variables selon la nature des eaux usées entrées en stations d'épuration. Leur nature est relativement stable en sortie d'une même station, à condition que le réseau de collecte en amont soit bien sécurisé. Leur teneur en matière organique font d'elles une matière secondaire très fertilisante. En même temps, elles sont très chargées en substances potentiellement dangereuses : composés organiques, métaux lourds, bactéries pathogènes. Il est admis que les boues piègent 90 % des métaux lourds présents dans les effluents urbains. Ce qui n'est pas sans susciter une certaine inquiétude quand il s'agit de les valoriser par épandage.

4.3.3. Compost

Est la matière organique qui a été décomposée et recyclée comme amendement d'engrais et de sol. Le compostage est un ingrédient clé de l'agriculture biologique

Au niveau le plus simple, le processus de compostage nécessite simplement de faire un tas de matière organique humide appelée déchets verts (feuilles, déchets alimentaires) et attendre que les matériaux se décomposent en humus après une période de quelques semaines ou mois. Le compostage moderne et méthodique est un procédé à plusieurs étapes, Avec des quantités mesurées d'eau, d'air et de matériaux riches en carbone et en azote. Le processus de décomposition est aidé par le broyage de la matière végétale, en ajoutant de l'eau et en assurant une bonne aération en tournant régulièrement le mélange. Les vers et les champignons cassent encore le matériel. Les bactéries nécessitant de l'oxygène pour fonctionner (bactéries aérobies) et les champignons gérer le processus chimique en convertissant les entrées en chaleur, dioxyde de carbone et d'ammonium. L'ammonium (NH_4) est la forme d'azote utilisée par les plantes. Lorsque disponible, l'ammonium n'est pas utilisé par les plantes, il est ensuite transformé par les bactéries en nitrates (NO_3) par le processus de nitrification. Le compost est riche en nutriments. Il est utilisé dans les jardins, l'aménagement paysager, l'horticulture et l'agriculture. Le compost lui-même est bénéfique pour la terre à bien des égards, y compris comme un conditionneur de sol, un engrais, l'ajout d'humus vital

ou des acides humiques, et comme un pesticide naturel pour le sol. Dans les écosystèmes, le compost est utile pour le contrôle de l'érosion, la remise en état des terres et des cours d'eau, la construction de terres humides et la couverture des décharges (voir les utilisations du compost). Les ingrédients organiques destinés au compostage peuvent alternativement être utilisés pour produire du biogaz par digestion anaérobie.

4.4. Echantillons biologiques

Qu'est ce qu'un échantillon biologique ?

Un échantillon biologique est une partie de votre organisme. Il peut s'agir de prélèvements de sang et de ses composants (sérum, plasma, globules blancs), de tissus tumoraux ou de tissus sains proches, d'urine, de salive ou de produits qui en sont dérivés (ADN, ARN, protéines).

A quel moment les échantillons biologiques sont-ils prélevés ?

Dans le cadre de votre parcours de soin, des échantillons peuvent être collectés, en particulier lors de l'élaboration de votre diagnostic, d'interventions chirurgicales ou de votre surveillance pendant et après vos traitements. Ces échantillons sont destinés à votre prise en charge et à votre suivi. Avec votre consentement, une prise de sang supplémentaire peut vous être proposée dans un cadre de recherche.

Où et comment sont conservés vos échantillons ?

Ils sont conservés au Centre de Ressources Biologiques (CRB) de l'Institut Curie. Le CRB est un service de l'Ensemble Hospitalier de l'Institut Curie. Il a pour mission de conserver les échantillons sans limitation de durée et de façon sécurisée, d'en préparer les produits biologiques dérivés et de les transmettre en fonction des besoins de l'Institut Curie pour un éventuel complément d'analyse biomédicale et /ou des projets de recherche.

A quoi peuvent servir vos échantillons biologiques ?

D'abord à vos soins... Une partie des prélèvements est analysée en vue de réaliser un diagnostic précis et de vous proposer le meilleur traitement possible. Une autre partie, conservée par fixation chimique ou préservation par le froid, pourra être analysée une ou plusieurs fois, jusqu'à plusieurs années après le premier diagnostic, en fonction de l'évolution de votre maladie. ... mais aussi à la recherche en cancérologie

4.5. Echantillons atmosphériques

L'échantillonnage de l'air est une méthode qui consiste à prélever un volume déterminé d'air sur une courte période de temps, avec un appareil à débit contrôlé.

Un préleveur d'air ambiant est un appareil utilisé notamment en France par les associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (AASQA) pour prélever de façon conforme de l'air ambiant à partir d'une station de fond ou de proximité, qu'elle soit fixe ou mobile.

Un tel préleveur peut également être implanté en tout autre lieu d'étude estimé nécessaire.

Il s'agit d'un dispositif constitué essentiellement d'une tête de prélèvement d'air, d'une ligne d'échantillonnage d'air (par exemple en Téflon), d'une pompe d'aspiration de l'air, d'un débitmètre.

Pour prélever de l'air destiné à déterminer les PM_{10} , les $PM_{2,5}$, ou certains métaux lourds, certains HAP et autres composés organiques, le préleveur comportera un dispositif de filtration de l'air ambiant, destiné à recueillir de façon quantitative les fines particules recueillies sur un filtre, ou un dispositif spécial à l'aide de mousse, pour y recueillir les composés organiques.

Les qualités requises d'un tel préleveur seront la fiabilité (prélèvement en extérieur, par tous temps, pendant des durées continues de plusieurs jours à plusieurs semaines), et une très fine régulation du débit et de la pression. Dans ces conditions, le préleveur pourra alors prélever un volume connu d'air ambiant, avec la plus faible incertitude possible.



Figure 13: Remorque laboratoire située en centre urbain, en Aquitaine (Sud ouest de la France). La tête de prélèvement est visible à son sommet ; le module du climatiseur est situé devant la remorque.

4.6. Autre type de matrices

-Des matrices environnementales sentinelles

qui facilitent l'identification des éléments traces. Temps de réaction et capacité d'intégration variables *Exemples : bryophytes, mollusques, sols et sédiments, ...*

-Des vecteurs directs de la radioactivité

Exemples : eaux superficielles, souterraines, poussières atmosphériques, atmosphère,

...

-Des **matrices environnementales consommées**

par les animaux et l'Homme *Exemples : herbes, céréales, productions maraîchères, laits, poissons, produits alimentaires transformés,...*

5. Les paramètres déterminés

. 5.1- Paramètres physico-chimiques

Les principaux paramètres physico-chimiques analysés dans les eaux sont le pH (représentant l'acidité ou l'alcalinité d'une eau), le rH (caractérisant le pouvoir réducteur), la conductivité, la dureté (liée à la teneur en CaCO₃), etc. Ces paramètres sont déterminés à l'aide d'électrodes ou par titrimétrie. D'autres paramètres définis de manière opérationnelle sont également mesurés, par exemple, la demande biochimique en oxygène (ou DBO₅) ou la demande chimique en oxygène. L'oxygène dissous est fréquemment analysé, sa solubilisation étant fonction de la température et de la salinité.

La teneur en matières en suspension (turbidité) est également un paramètre important. Leur composition minérale et organique est très variable selon les milieux (sables, boues, particules organiques, plancton, etc.) et selon la nature des terrains, de la saison, de la pluviométrie, des rejets, etc. On distingue les matières décantables séparées de l'eau par gravité des matières colloïdales séparées par coagulation. Les matières en suspension (en particulier les argiles et les particules organiques) ont une large surface d'adsorption et constituent un support idéal pour les ions, les molécules diverses et les agents biologiques ; de ce fait, l'analyse des suspensions apporte des informations précieuses sur la mobilité des polluants hydrophobes dans l'environnement aquatique.

Parmi les paramètres chimiques qui font l'objet de surveillance au titre de la classification de l'état écologique des eaux de surface (soutenant les paramètres biologiques), notons le bilan d'oxygène, la salinité, l'état d'acidification et la concentration en nutriments qui doivent être mesurés dans les rivières, lacs, eaux de transition et eaux côtières. Pour les eaux souterraines, les paramètres chimiques fondamentaux concernent la teneur en oxygène et les teneurs en nitrate et ammonium (ils sont complétés par des mesures de pH et de conductivité).

5.2- Paramètres inorganiques

Les composés inorganiques sont les composés (molécules, polymères mono-, bi- ou tridimensionnels...) étudiés en chimie inorganique. Très généralement, ce sont des composés qui intègrent d'une manière ou d'une autre, un ou plusieurs atomes métalliques dans leur structure. L'ensemble de ces composés est moins connu (environ un million décrits) que l'ensemble des composés organiques (environ 7 millions connus¹), la chimie organométallique faisant en quelque sorte le partage entre composés organiques et inorganiques. D'après Joseph M. Hornback, la distinction entre composés inorganiques et organiques est un peu arbitraire ; par exemple, un composé contenant à la fois du carbone et un métal peut être considéré comme organique ou inorganique

5.3- Formes chimiques métalliques

Les métaux lourds sont des polluants engendrés par l'activité humaine qui ont un fort impact toxicologique. Dans un milieu naturel, les éléments métalliques peuvent être classés en deux catégories :

La première catégorie rassemble les éléments qui, présents à l'état de trace, sont essentiels à la croissance, au développement voire à la reproduction des organismes vivants, aussi bien micro que macroscopiques. Les métaux suivants en font partie: Cu, Zn, Co, Fe, Mn, Ni, Cr, V, Mo, Se, Sn. Lorsque la concentration de ces éléments est trop faible, un phénomène de carence est donc observable pour ces organismes. Ainsi, il a, par exemple, été montré qu'un manque de fer pouvait être à l'origine d'une diminution du développement phytoplanctonique. Pour autant, une augmentation forte de la concentration en ces éléments métalliques peut aboutir à des phénomènes de toxicité.

La deuxième catégorie est quant à elle constituée des éléments métalliques toxiques, non nécessaires à la croissance des organismes vivants, tels que le cadmium, le plomb, le mercure.

L'ensemble de ces éléments peut être d'origine naturelle mais leurs concentrations sont généralement modifiées par les activités anthropiques générant d'importantes pollutions. La quantification de ces éléments traces est donc une donnée indispensable à l'estimation de leur impact dans un environnement donné (**Basma khadro**, 2008)

5.4. Paramètres organiques

Un *composé organique* est une molécule contenant du carbone et de l'Hydrogène. Un composé organique est un membre d'une classe des gaz, des liquides ou des solides de composés chimiques dont les molécules contiennent du carbone. Ainsi, un organique peut être un composé aliphatique ou un composé aromatique. La chimie organique est la science qui étudie tous les aspects de composés organiques. La synthèse organique est la méthode de leur préparation.

Pour des raisons historiques, quelques types de composés contenant du carbone, tels que les carbures, les carbonates, de simples oxydes de carbone (tel que le dioxyde de carbone), et les cyanures sont considérés comme inorganiques. La distinction entre composé organique et composé inorganique est parfois quelque peu arbitraire. Le sens moderne du composé organique définit un composé quelconque qui contient une quantité importante (!) de carbone, même si la plupart des composés organiques connus aujourd'hui n'ont aucun lien avec une quelconque substance trouvée dans les organismes vivants.

5.5. Exemples de substances réglementées

La loi relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable, consacre, dans son article 69, la protection de l'homme et de son environnement contre les risques qui peuvent résulter des substances chimiques. D'autres textes traitent des substances chimiques. On citera notamment les réglementations spécifiques relatives aux PCB, à l'amiante, aux produits phytosanitaires, aux produits chimiques contenus dans les produits de consommation, aux volets relatifs au contrôle et à la sécurité (habilitation des personnes, la sûreté et la sécurité...). La gestion des produits chimiques et leur transport sont régis respectivement par le décret exécutif n° 03-451 du 1er septembre 2003 définissant les règles de sécurité applicables aux activités portant sur les matières et produits chimiques dangereux ainsi que les récipients de gaz sous pression et le décret exécutif n° 03-452 du 1er décembre 2003, fixant les conditions particulières relatives au transport routier de matières dangereuses. Les matières dangereuses sont rangées en neuf (09) classes énumérées et réparties en fonction de leurs caractéristiques propres ainsi que de la nature des dangers qu'elles présentent.

L'évaluation des risques chimiques est basée sur les éléments relatifs au degré de dangerosité, au lieu de stockage et à la procédure d'utilisation par les opérateurs. Des inspections sont menées périodiquement sur les conditions de stockage et les mesures de protection. Les substances appauvrissant la couche d'Ozone (CFC et HCFC) sont régies par les dispositions du décret exécutif n°07-207 du 30 juin 2007 réglementant l'usage de ces substances, de leurs mélanges et des produits qui en contiennent. Dans ce domaine et afin de réduire l'utilisation de ces produits, l'Algérie a entamé un programme de substitution en ayant recours aux meilleures techniques disponibles conformément aux dispositions du Protocole de Montréal sur les SAO. S'agissant du mercure, l'Algérie a pris les mesures nécessaires pour la gestion de ce produit lors des différentes étapes de sa manipulation (stockage, exploitation) conformément aux dispositions de loi N° 85-05 relative à la protection et à la promotion de la santé, la stratégie adoptée repose sur les orientations de l'OMS qui vise à diminuer l'impact du mercure et ses risques pour l'environnement et la santé humaine. Cette stratégie est orientée autour des six objectifs suivants :

- gérer les quantités de mercure actuellement existantes sous forme de stocks ou de produits;
- réduire les émissions de mercure;
- réduire son offre et sa demande;
- prévenir l'exposition des populations;
- améliorer la compréhension du problème et ses solutions;
- promouvoir les initiatives internationales dans ce domaine.

6. Les types de méthodes

Différentes méthodes d'analyse environnementale existent

permettant leur mise en œuvre. Ces différentes méthodes peuvent être ainsi classifiées selon plusieurs catégories.

On distingue ainsi : ACV Analyse du Cycle de vie,

--les analyses dites monocritères qui se focalisent sur un type d'impact environnemental(ex : Bilan Carbone® de l'Ademe qui permet de comptabiliser uniquement les émissions de gaz à effet de serre)

Limitation : se focaliser sur un impact (p.ex. les émissions des gaz à effet de serre) ne permet pas de visualiser les transferts de pollution d'un impact environnemental vers un autre.

--et les analyses multicritères qui considèrent différents impacts environnementaux comme le réchauffement climatique, l'eutrophisation, l'écotoxicité, ... (ex : ACV). L'enjeu majeur de l'utilisation d'une méthodologie multicritère est d'identifier les principales sources d'impacts environnementaux et

d'éviter, le cas échéant, d'arbitrer les déplacements de pollutions liés aux différentes alternatives envisagées.

On distingue ensuite :

--les méthodologies orientées « produits » ou « services » (ex : l'ACV, le Bilan Carbone® « produit », le Product life cycle Standard)

En plus des potentialités générales de ces études (cf. ci-dessous), ces méthodologies pourront également permettre de comparer des produits ou des services existants au sein d'une même entreprise ou entre concurrents. Plus particulièrement, il s'agit d'outils permettant de définir certains principes d'éco-conception.

--les méthodologies orientées « organisation » (ex : le GHG Protocol, le bilan Carbone® « organisation »).

Finalement, on trouvera également :

--les méthodologies quantitatives (ex : ACV, Bilan Carbone®, GHG Protocol...)

--les méthodologies qualitatives (ex : ESQV, Ecodesign Pilot, Check-List...) :

--ESQCV : L'évaluation simplifiée et qualitative du cycle de vie est l'outil représentatif des méthodes "semi-quantitative". Il s'inscrit dans la problématique de la "décision sans regret" : comment prendre aujourd'hui une décision pour améliorer les performances environnementales d'un produit donné sans tout savoir sur son cycle de vie et sans avoir à regretter plus tard cette décision lorsqu'on en saura davantage? A l'issue de l'ESQCV, le concepteur doit être en mesure de proposer des actions concrètes d'amélioration de conception du produit.

--Ecodesign Pilot est un outil développé par l'Université des technologies de Vienne(Autriche), en collaboration avec l'ADEME permettant d'élaborer une stratégie performante pour le produit via 4 étapes successives qui sont : les bilans matière et énergie, la hiérarchisation entre les phases du cycle de vie, la mise en évidence d'une typologie produit pour conclure par les propositions d'améliorations qualitatives.

--Check-Lists : Les listes de contrôle permettent d'évaluer si un produit est plus ou moins respectueux de l'environnement par la réponse à des questions précises pour chaque étape du cycle de vie. Il s'agit d'une analyse qualitative et multicritère d'écoconception.

A côté des méthodologies les plus connues (ACV, Bilan Carbone®, GHG Protocol, PAS2050....), les secteurs industriels de leur côté développent de plus en plus des outils adaptés. Citons par exemple

:

--BEE (Bilan Environnemental des Emballages) : logiciel gratuit d'ACV et d'écoconception des emballages créé par Eco-Emballages.

--Instant LCA Textile™ web portal : Outil d'ACV pour le secteur textile mis en place par RDC Environnement.

--Spin'it : outil d'ACV pour le secteur textile créé par CycleCO

--Eco-Bat : logiciel permettant de modéliser très rapidement un bâtiment et de réaliser un écobilan détaillés.

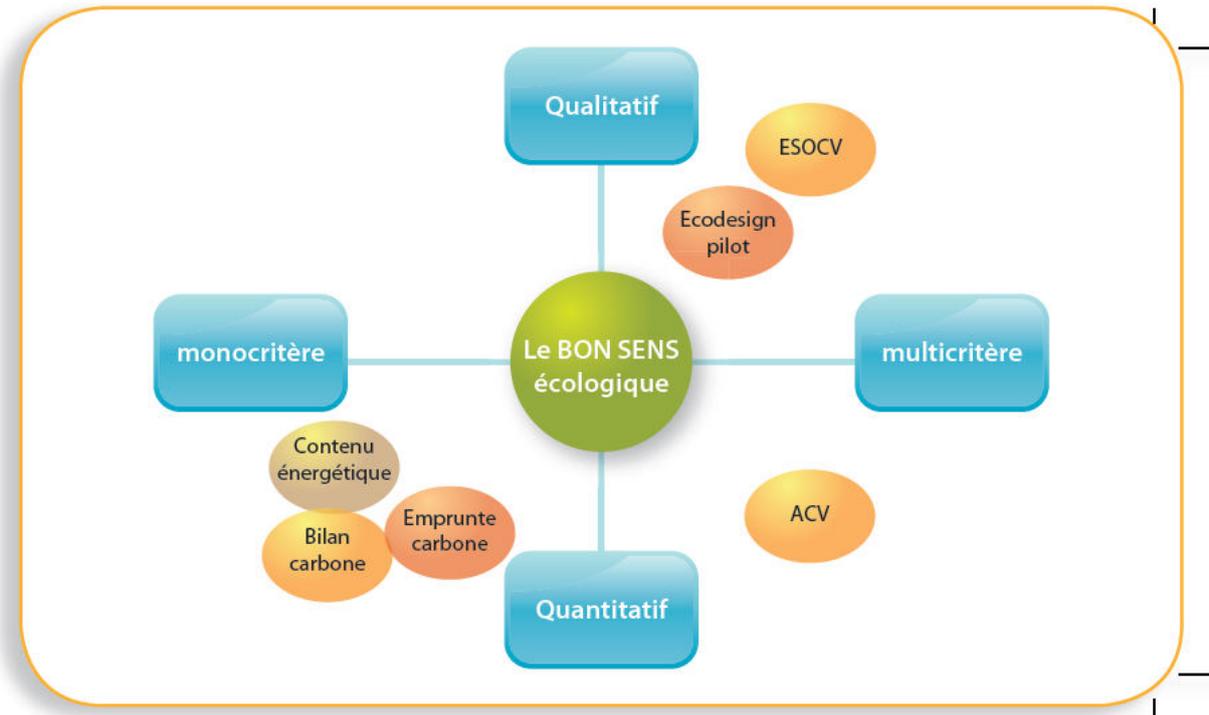


Figure 14 : Analyse environnementale : méthodes conventionnelles.

Chapitre 2 : Analyses biologiques

7. Relations des organismes aux conditions du milieu

7.1- Notions de bioindicateurs.

L'analyse directe des polluants émis par les CET est très onéreuse ; bien qu'indispensable en fournissant des données physico-chimiques quantifiées, elle ne permet pas de connaître l'impact sur le milieu vivant. Si connaître c'est mesurer, connaître la pollution, c'est effectivement mesurer les concentrations des polluants présents mais aussi en mesurer les effets.

D'où la recherche de moyens de bio-surveillance des effets des polluants émis par les décharges dans l'eau, le sol, l'atmosphère et les écosystèmes environnants. Le recours aux organismes vivants présente l'intérêt d'observer la vie sous ses différentes formes et permet de servir, dans les conditions de perturbation, de signal d'alarme. Le développement de la bio-indication ouvre ainsi la voie à une surveillance plus large et écologique intégrant les effets sur l'environnement grâce à des organismes sentinelles.

Définitions

il paraît nécessaire de donner quelques définitions concernant la notion de bio-indication qui, avec l'avancement des travaux de recherche, se diversifie et recouvre en réalité plusieurs concepts.

Blandin (1986) donnait du bio-indicateur la définition suivante : « Un indicateur biologique (ou bio-indicateur) est un organisme ou un ensemble d'organismes qui - par référence à des variables biochimiques, cytologiques, physiologiques, éthologiques ou écologiques - permet, de façon pratique et sûre, de caractériser l'état d'un écosystème ou d'un écosystème et de mettre en évidence aussi précocement que possible leurs modifications, naturelles ou provoquées.

Garrec et Van Haluwyn (2002) donnent un sens plus restrictif au terme de bio-indicateur dans la mesure où ils le considèrent comme « un simple relais ne faisant référence qu'à des effets observables au niveau de l'individu se traduisant par des altérations morphologiques, tissulaires ou physiologiques (croissance et reproduction) ». Les auteurs prennent ainsi la réaction au niveau individuel.

Lorsque la réaction se situe au niveau populationnel et/ou communautaire (disparition ou apparition d'espèces, variation densitaire), on utilisera le terme de bio-intégrateur. Les propos

d'**Echaubard (1995)** concernant le monde animal peuvent être facilement transposés au monde végétal : « Toute disparition ou apparition d'une espèce, toute modification de l'abondance relative d'une espèce ou de la structure des peuplements végétaux d'un écosystème signifie donc une modification de l'environnement de cette espèce. Toute chose étant égale par ailleurs, l'introduction d'un polluant dans le milieu peut donc jouer le rôle d'acteur perturbateur, modifiant la structure des peuplements végétaux ».

7.2. Méthodes biologiques et bioindicateurs

-Bio-marqueurs

Un troisième concept relève également de processus biologiques mais se situe au niveau infra-individuel : altérations moléculaires, biochimiques, cellulaires ou physiologiques non visibles à l'oeil. Il s'agit de la notion de bio-marqueur dont on peut donner la définition de **Lagadic et al. (1997)** : « Un bio-marqueur est un changement observable et/ou mesurable au niveau moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique, qui révèle l'exposition présente ou passée d'un individu à au moins une substance chimique à caractère polluant ».

-Bio-accumulateurs

On peut séparer de ces trois concepts celui de bio-accumulateur. Selon **Ramade (1993)**, la bio-accumulation est un phénomène par lequel une substance, présente dans un biotope, s'accumule en surface et/ou pénètre dans un organisme même si elle n'a aucun rôle métabolique, voire même si elle est toxique à ce dernier.

-Bio-surveillance

La bio-surveillance peut donc être 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 ».

-Biomonitoring et biomoniteur

Le terme biomonitoring désigne l'utilisation d'indicateurs biologiques dans le but de quantifier, à partir de paramètres mesurables, l'état de pollution d'un environnement donné (**Markert et al., 2003**). Les organismes utilisés dans le cadre d'un programme de

biomonitoring sont appelés biomoniteurs et sont définis par **Kaiser (2001)** comme des organismes à partir desquels peuvent être mesurés certains changements, ou certaines caractéristiques, permettant d'évaluer le degré de contamination d'un environnement et les conséquences sur l'état de santé des autres organismes ou de l'écosystème en entier. Les biomoniteurs nous renseignent donc sur les aspects quantitatifs de la qualité de l'environnement. Par conséquent, un biomoniteur est également un bioindicateur en soi mais l'inverse n'est cependant pas toujours vrai (Markert *et al.*, 2003). D'après Olesen et **Weeks (1994)**, un bon programme de biomonitoring devrait faire appel à autant d'espèces que possible en fonction du budget disponible.

L'utilisation des bio-indicateurs peut donc se faire selon les différentes facettes de la bio-indication : bio-indication, bio-intégration (ou bio-estimation), bio-accumulation et recherche de bio-marqueurs.

8. Principaux types de méthodes biologiques actuellement utilisées

8.1. Différentes méthodes biologiques

Les organismes vivants subissent l'ensemble des pressions de leur environnement. Leur nature et leur organisation reflètent donc les caractéristiques de leur habitat, en particulier sa qualité. C'est sur ce postulat que repose le diagnostic de milieu utilisant les méthodes biologiques.

Un bioindicateur est un organisme qui peut être situé à différents niveaux de complexité de l'édifice biologique. Il peut être utilisé de différentes façons:

8.1.1. Les méthodes biochimiques : niveau ▪ cellule ▪ (biomarqueurs " ") il s'agit le plus souvent de prélèvements d'organismes microscopiques vivant dans le milieu à étudier et d'évaluation en laboratoire de l'importance des organismes présents, ou du taux de prolifération. Les milieux les plus étudiés par ces techniques sont les plans d'eau. Parmi les méthodes utilisées, on peut citer la mesure de l'activité photosynthétique des algues par dosage de la chlorophylle, la mesure de la biomasse et de la production algale.

8.1.2. Les méthodes écotoxicologiques : niveau ▪ organismes ▪ appartiennent à ce niveau deux types d'approches :

- les tests de toxicité et les bioessais : les tests de toxicité permettent la classification des produits selon leur degré de toxicité, pour l'établissement de réglementations (ex : test Daphnies); les bioessais sont des méthodes standardisées de surveillance de sources de pollution et de milieux pollués.

- les bioaccumulateurs* et biointégrateurs* : se sont des organismes qui intègrent de micropollutions (le plus souvent toxiques : éléments traces, pesticides...), c'est à dire qu'ils captent et stockent les polluants en fonction de la quantité présente dans le milieu. L'intérêt est qu'ils mettent ainsi en évidence des contaminations qui ne peuvent être détectées chimiquement du fait des faibles teneurs présentes dans l'eau, mais aussi des pollutions exceptionnelles et sporadiques qui n'ont pu être détectées par les réseaux de surveillances habituels.

On citera ici l'utilisation des bryophytes (mousses aquatiques) dans la détection de micropolluants métalliques grâce à leur capacité d'accumulation rapide et relativement régulière.

8.1.3. Les méthodes biocénotiques : niveau ▪ peuplement ▪

Basées sur l'étude de la structure, de la dynamique et des propriétés de chaque biocénose, ces méthodes utilisent l'ensemble ou une partie des espèces présentes dans un milieu donné, en quantifiant les variations de leur composition et de leur structure. Ces variations sont alors considérées comme le reflet des altérations de l'habitat, généralement d'origine anthropique.

Il existent trois voies d'approches pour ces méthodes :

- L'analyse comparée des biocénoses. Elle permet le suivi de l'évolution des biocénoses dans l'espace et dans le temps.

Ex : - zonation - biotypologie : consiste en un découpage d'un réseaux en zones caractérisées par des groupements statistiques d'espèces ou biocénotypes, correspondant à des discontinuités écologiques.

- L'analyse numérique et statistique des biocénoses. Dans ces méthodes on fait abstraction de la valeur indicatrice que peuvent avoir certaines espèces par rapport aux conditions de milieu. Il s'agit ici de caractériser la structure du peuplement.

Ex. : - indices de diversité, basés sur la modification de la diversité spécifique (nombre d'espèces et abondance relative) en fonction de conditions écologiques ;

- indices de similarité, basés sur la mesure du degré de similarité entre des échantillons

suite à des changements affectant les biocénoses;

- analyses multidimensionnelles : méthodes statistiques permettant de dégager les relations pouvant exister entre les facteurs abiotiques du milieu et la composition spécifique des communautés qui y sont prélevés (analyse factorielle des correspondances, analyse en composantes principales, analyses canoniques, etc...).

▪ L'existence d'espèces indicatrices de conditions biologiques déterminées : ce principe est fondé sur deux phénomènes qui ne manifestent conjointement à l'aval d'un apport polluant :

- le développement des populations de certaines espèces présentant une affinité pour les composés introduits;

- la régression des populations d'autres espèces diversement résistantes aux modifications physico-chimiques de l'eau et des sédiments, induites par les apports allogènes.

On peut alors traiter les données de deux façons:

- Les spectres : ce sont des méthodes simples basées sur l'abondance relative de certaines espèces indicatrices prélevées dans le milieu.

- Les espèces dominantes et indicatrices d'un même niveau de qualité ou de dégradation théorique indiquent le niveau de qualité ou de dégradation théorique indiquent le niveau de qualité ou de dégradation du milieu étudié.

8.2. Les méthodes indicielles

Certaines méthodes indicielles ont comme base une listes d'espèces hiérarchiques en fonction de leur sensibilité à la pollution, d'autres tiennent compte de l'abondance des individus de chaque espèce, ou s'attachent à la richesse spécifique des communautés (nombre d'espèces et non pas d'individus).

On distinguera dans ce paragraphe les méthodes basées sur les peuplements végétaux e celles basées sur les peuplements animaux.

Remarque : il ne s'agit pas d'une liste exhaustive des méthodes existantes mais d'une synthèses des méthodes les plus employées ou en voie de développement ou d'études en France ou en Europe.

8.2.1.Méthodes utilisant les peuplements végétaux

Plusieurs types de végétaux servent de supports à l'application de méthodes indicelles, de signification et d'utilisation différentes. Certaines algues unicellulaires et les macrophytes font l'objet d'applications définies.

L'Indice Biologique Diatomée (IBD)

A la différence de l'IBGN ou de l'IOBS, son calcul ne dépend pas du support sur lequel se développent ces micro-algues. L'indice est calculé en fonction de la polluo-tolérance ou polluo-sensibilité de chaque espèce, et donc uniquement associée à la qualité physicochimique de l'eau. Le calcul de l'indice repose, à partir d'un inventaire de diversité des diatomées d'un site, sur la sensibilité à la pollution des espèces identifiées et sur l'abondance relative des espèces dans l'inventaire. L'indice permet d'évaluer le niveau de pollution d'un cours d'eau traduit par une note sur 20. L'IBD est applicable à tous les cours d'eau (hors zones salées ou saumâtres).

L'Indice Biologique Macrophytique en Rivière ou IMBR

Il permet de donner, à partir de l'analyse floristique des macrophytes aquatiques (algues, bryophytes, végétaux vasculaires), une appréciation de l'état trophique du cours d'eau liée à ses teneurs en éléments nutritifs (azote et phosphore). Tenant compte des caractéristiques physiques du milieu (intensité de l'éclairement), il définit 5 classes de niveau trophique de l'eau allant d'un statut oligotrophe (IMBR > 14) à eutrophe (IMBR < 8).

8.2.2.Méthodes utilisant les peuplements animaux

► L'utilisation de tous les groupes d'organismes présents dans l'eau: indice de saprobie

Il s'agit de la méthode la plus ancienne (1902-1908). Elle repose sur l'existence d'espèces indicatrices du degré de richesse en matières organiques, donc de l'importance de la pollution organique. Elle est basée sur la notion de saprophilie (affinité pour la matière organique) et de tolérance à la dégradation chimique de la qualité de l'eau.

Cette méthode, nécessitant la détermination des organismes jusqu'à l'espèce et valable uniquement pour les pollutions de type organique n'est plus utilisée en France. De plus, elle ne permet pas d'évaluer la qualité générale du milieu puisqu'elle utilise des organismes

indicateurs de pollution organique. Il s'agit donc plus d'une estimation du degré de pollution que d'un diagnostic de qualité.

► **L'étude des invertébrés**

Il est fondé sur l'analyse des peuplements des macro-invertébrés benthiques inféodes au substrat, indice dépendant de la sensibilité et de la diversité des espèces présentes dans les cours d'eau. L'analyse faunistique retient en particulier 38 taxons constituant 9 groupes faunistiques indicateurs numérotés de 1 à 9. Cet indice permet d'apprécier la qualité biologique de l'eau courante d'un site, de suivre au cours du temps sur ce même site l'évolution de cette qualité et d'observer d'éventuelles perturbations.

► **Méthodes basées sur l'étude des vertèbres: indice poisson**

La répartition des espèces de poissons étant fortement influencée par la qualité de l'eau et la morphologie des cours d'eau, l'Indice Poisson Rivière est utilisé pour rendre compte de la qualité des cours d'eau. Cet indice rend compte de l'écart existant entre, d'une part une communauté type de référence attendue ou supposée en l'absence de perturbation et d'autre part celle réellement observée. En fonction de la présence, de l'abondance d'espèces caractéristiques, l'indice permet de définir 5 classes de perturbation, de nulle ($0 < \text{indices} < 7$) à très forte (indice > 35).

Chapitre 3 : Protection de l'environnement : Réglementation algérienne

9. Législation environnementale : définition et étendue

Depuis le Sommet de Johannesburg en 2002, l'Algérie a intensifié ses actions dans le domaine de la protection de l'environnement et du développement durable, donnant ainsi une prépondérance aux aspects sociaux et écologiques dans ses choix de modèle de société. Le Gouvernement algérien a mis en œuvre une Stratégie Nationale de l'Environnement et un Plan National d'actions pour l'environnement et le développement durable (PNAE-DD) qui :

- impliquent l'ensemble des ministères et des services déconcentrés, les collectivités locales et la société civile, dont le rôle est d'être une force de propositions ;
- visent à intégrer la viabilité environnementale dans la stratégie de développement du pays (induire une croissance durable et réduire la pauvreté) ;
- mettent en place des politiques publiques efficaces visant à régler les externalités environnementales d'une croissance liées à des activités initiées de plus en plus par le secteur privé.

Cette stratégie, dont les principaux objectifs sont : l'amélioration de la santé et de la qualité de vie; la conservation et l'amélioration de la productivité du capital naturel, la réduction des pertes économiques et l'amélioration de la compétitivité, enfin, la protection de l'environnement régional et global, s'est traduite dans les faits par :

- le développement du cadre législatif et réglementaire, le renforcement des capacités institutionnelles et l'introduction d'instruments économiques et financiers ;
- la mobilisation d'investissements importants, à travers le démarrage des premiers chantiers de l'environnement, pour enrayer la dégradation de l'environnement, voire renverser certaines tendances négatives observées.

A cet effet, de nombreuses actions en faveur du développement durable sont réalisées :

10. Statut juridique actuel en matière de protection et gestion de l'environnement (étude des différentes lois relatives à la protection de l'environnement, protection des ressources naturelles...etc.).

10.1. Sur le plan législatif et réglementaire,

plusieurs lois dites de 2ème génération pour un développement durable ont été promulguées :

- Loi n°03-10 du 19/07/2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable ;
- Loi n°01-19 du 12/12/2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets ;
- Loi n°04-09 du 14/08/2004 relative à la promotion des énergies

renouvelables dans le cadre du développement durable ; - Loi n°02-02 du 05/02/2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral ; - Loi n°04-03 du 23/06/2004 relative à la protection des zones de montagnes dans le cadre du développement durable ; - Loi n°01-20 du 12/12/2001 relative à l'aménagement et au développement durable du territoire ; - Loi n°05-12 du 04/08/2005 relative à l'eau ; 6 - Loi n°02-08 du 08/05/2002 relative aux conditions de création des villes nouvelles et de leur aménagement ; - Loi n°04-20 du 24/12/2004 relative à la prévention et à la gestion des risques dans le cadre du développement durable ; - Loi n°06-06 du 20 /02/2006 portant loi d'orientation de la ville ; - Loi n°07-06 du 13 /05/2007 relative à la gestion, à la protection et au développement des espaces verts ; - Loi n°11-02 du 17 /02/2011 relative aux aires protégées dans le cadre du développement durable ; - Loi n°08-16 du 03/08/2008, portant orientation agricole ; - Loi n°08-05 du 23/02/2008 modifiant et complétant la loi n° 98-11 portant loi d'orientation et de programme à projection quinquennale sur la recherche scientifique et le développement technologique ; - Loi n°99-09 du 28 juillet 1999 relative à la maîtrise de l'énergie ; - Loi n°90-29 du 1er décembre 1990 relative à l'aménagement et l'urbanisme ; - Loi n°85-05 du 16/02/85, modifiée et complétée, relative à la protection et à la promotion de la santé ; - Loi n°87-17 du 1er/08/87 relative à la protection phytosanitaire ; - Loi n°08-16 du 3 août 2008 portant orientation agricole ; - Loi n°09-03 du 25/02/09 relative à la protection du consommateur et à la répression des fraudes ; - Loi n°08-16 du 3 août 2008 vise le renforcement des systèmes de traçabilité et d'adaptation des produits ainsi que la surveillance des animaux, des végétaux et des produits dérivés ; - Loi minière n°01-10 du 03/07/2001 ; - Loi n°01-13 du 07/08/2001, portant orientation et organisation des transports terrestres dans le cadre du développement durable ; - Loi n°98-06 du 27/06 :1998 fixant les règles générales relatives à l'aviation civile ; - Loi n°02-09 du 08/05/2002 relative à la protection et à la promotion des personnes handicapés ; - Loi n°01-14 du 19/08/2001 relative à la sécurité et à la prévention routière ; - Loi n°08-07, du 23 février 2008 portant orientation sur la formation et l'enseignement professionnels.

10.2. Des politiques sectorielles

sont arrêtées et mises en œuvre au plan de l'éducation et de la sensibilisation environnementale, de la préservation et de l'économie de l'eau, de la préservation des sols et des forêts, de la préservation des écosystèmes sensibles (littoral, steppe, Sahara), de développement rural, de l'amélioration du cadre de vie des citoyens, la dépollution

industrielle, de la protection du patrimoine archéologique, historique et culturel. Ces politiques sont appuyées par la nouvelle fiscalité écologique basée sur les principes de pollueur payeur, afin d'inciter à des comportements plus respectueux de l'environnement par l'utilisation rationnelle des ressources naturelles.

10.3. Sur le plan du renforcement institutionnel,

il est à noter la création de plusieurs institutions notamment l'Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable, Commissariat du littoral, Agence Nationale des déchets, Centre National des Technologies de production plus propres, Centre de Développement des Ressources Biologiques, Conservatoire des Formations aux Métiers de l'Environnement, Ecole des Métiers de l'Eau, Agence Nationale de l'Urbanisme (ANURB).

Références bibliographiques

Bard, D. «Principes de l'évaluation des risques pour la santé publique liés aux expositions environnementales», Rev Épidémiol Santé Publ, 43, 1995, p. 423-431.

Basma khadro, conception et réalisation de biocapteurs pour le suivi de polluants dans les eaux naturelles, N° d'ordre 284-2008, p115.

Extrait de l'ouvrage : Droit international de l'environnement Jean-Pierre Beurier © Editions A. PEDONE – PARIS – 2010 Ean : 978 2 233 00598 4.

GENIN, B; CHAUVIN, C et MENARD, F. Cours d'eau et indices biologiques, pollution-méthodes-IBGN. Deuxième édition livre p.82-90.

[**http://www.adelphe.fr/entreprises/le-bilan-environnemental-des-emballages \(BEE\)**](http://www.adelphe.fr/entreprises/le-bilan-environnemental-des-emballages (BEE))
www.associationbilancarbone.fr.

[**https://books.google.com/books?isbn=2844442722**](https://books.google.com/books?isbn=2844442722).

Halleux, Hubert. Comparaison de méthodes d'analyse du cycle de vie. s.l. : Travail de fin d'étude, 2005..

Informations sur l'utilisation de vos échantillons biologiques Hôpital - Site de Paris 26
rue d'Ulm - Paris 5ème 8 pages www.curie.fr.

Kaiser, J. (2001). Bioindicators and Biomarkers of Environmental Pollution and Risk Assessment (Enfield: Sciences publishers inc.).

Markert, B.A., Breure, A.M. et Zechmeister, H.G. (2003). Definitions, strategies and principles for bioindication/biomonitoring of the environment. Bioindicators and biomonitors: principles, concepts and applications, B.A. Markert, A.M. Breure, H.G. Zechmeister, editors. (Oxford : Elsevier Science Limited), pp. 3-39.

Olesen, T.M.E. et Weeks, J.M. (1994). Accumulation of cd by the marine sponge *Halichondria panacea* pallas: effects upon filtration rate and its relevance for biomonitoring. Bulletin of environmental contamination and toxicology 52, 722-728.

RAPPORT NATIONAL DE L'ALGERIE 19ème session de la Commission du Développement Durable des Nations Unies (CDD-19) mai 2011.

Maud, Achard-Joris; (2005). Etudes biochimiques et génétiques de la réponse adaptative de mollusques face aux contaminations métalliques et au stress oxydant these de doctorat