

## Chapitre 1 : Analyses physico-chimique

### 1-Le concept environnement

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. La somme de tous les facteurs environnementaux constitue l'environnement, la nature. 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 plus large, à côté de l'environnement naturel, les environnements sociaux et intellectuels en font également partie.

Les actions exercées sur les êtres vivants peuvent être réparties selon différents points de vue, par exemple :

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

Souvent, on parle de biosphère (du grec *bios*, vie ; du latin *sphaira*, sphère, globe terrestre) à la place d'environnement et on pense alors à l'ensemble des zones de la terre peuplées par des organismes vivants, c'est-à-dire l'atmosphère jusqu'à environ 25 Km d'altitude, les mers jusqu'à 10 Km de profondeur et la croûte terrestre jusqu'à environ 3 Km de profondeur. Mais quelles que soient les limites prise en compte, l'environnement est de toute façon un système complexe, dans lequel le sol, l'eau, l'air, le monde des êtres vivants, ainsi que le climat en sont les composants majeurs (Figure. 1). Aujourd'hui encore il existe une certaine confusion dans les esprits entre l'écologie et environnement. Cependant, l'écologie ne constitue qu'une partie de l'ensemble très vaste des sciences de l'environnement et n'en représente, en fait, que la part biologique.

De nos jours, l'environnement est une notion à la mode qui est utilisée sous différents aspects et qui reste par conséquent assez floue. La définition de l'environnement a évolué de diverses manières :

- Ce qui constitue tout simplement le voisinage ;
- L'entourage habituel d'une personne, milieu dans lequel elle vit ;
- L'ensemble des éléments naturels et artificiels qui conditionnent la vie humaine.

Une définition consensuelle se dessine aujourd'hui autour du terme d'environnement selon : « un système organisé, dynamique et évolutif des facteurs naturels (physiques, chimique, biologiques) et humains (économiques, politiques, sociaux, culturels) où les organismes vivants opèrent et où les activités humaines ont lieu, ce qui ont de façon directe ou indirecte, immédiatement ou à long terme, un effet ou une influence sur ces êtres vivants ou sur les activités humaines à un moment donné et dans une aire géographique définie. »

## 2-Les matrices analysées

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

**2.1-Eaux :** Les études de qualité des eaux naturelles comportent trois étapes : L'échantillonnage, l'analyse et l'interprétation.

### 2-1-1-L'échantillonnage :

Il est primordial car il conditionne la pertinence de l'analyse, Il doit être de qualité mais également représentatif de ce que l'on veut analyser. Les échantillons d'eau doivent être prélevés dans des récipients (verre) propres, rincés plusieurs fois avec l'eau à analyser, puis fermés hermétiquement sans laisser de bulles d'air dans le flacon. Certaines modifications plus ou moins importantes selon les paramètres peuvent avoir lieu telles que celles de : la température, la conductivité, le pH et les gaz dissous, enfin les nitrates et les sulfates (EX :Une variation de température entraîne une modification des constantes d'équilibres des éléments en suspension ;Le CO<sub>2</sub> en solution tend d'autant plus à s'échapper que la température de l'eau est plus élevée ;Les nitrates et les sulfates peuvent être réduits par l'activité bactérienne..).La température, le pH, la conductivité, l'alcalinité et l'oxygène dissous doivent être mesurés in situ.

### 2-1-2-L'analyse :

Mesure par sonde portative électrochimique ex : pH, Conductivité, Chlorure ; par spectrométrie ex : Chlorure, Phosphates, Sulfates et par Titration ou colorimétrie Ammoniac, Calcium, Magnésium et Sodium.

Les méthodes évoquées ci-dessus correspondent à l'emploi de matériel léger et relativement simple. Il faut cependant garder en mémoire le fait que :

- Les analyses réalisées par colorimétrie et interprétées visuellement ne sont pas très précises ;
- Les analyses faites par ionométrie, requérant l'emploi de sonde spécifique, sont simples à mettre en œuvre, mais les sondes sont fragiles et de durée de vie limitée (environ un an et onéreuses) ;
- Pour obtenir des analyses précises des éléments " majeurs ", il est recommandé de les faire dans un laboratoire ;

**2-1-3-Interprétation :** les résultats obtenus sont analysés puis comparés aux normes nationales et internationales afin de déterminer l'état de santé de l'écosystème et par conséquent émettre des solutions pour rétablir l'équilibre naturel.

Cette opération se fait dans deux compartiments : Eaux souterraines et les Eaux de surface.

Les indices biologiques sont surtout intéressants pour les eaux courantes. Les périodes et les stations d'études doivent être choisis pour cerner au mieux la variabilité spatiale et temporelle de la qualité du milieu.

Les eaux des pluies sont également analysées pour évaluer l'impact des pluies acides et de retombées atmosphériques (ex plomb) sur l'environnement dans le cadre de programmes nationaux

## 2.2- Sédiments

C'est une matière particulaire solide, minérale et organique, qui se dépose au fond de l'eau, par sédimentation, quand les conditions hydrologiques ne la maintiennent plus en suspension dans la couche d'eau.

Les alluvions, les limons, etc.... sont des sédiments. L'accumulation par dépôt de particules de taille variable ayant subi, indépendamment les unes des autres un transport, ou provenant de la précipitation des minéraux d'un liquide. Ces matériaux proviennent soit de l'érosion de roches anciennes, soit résultent d'une activité biologique (accumulation de coquilles).

Les différents types d'analyse des sédiments et des sols comprennent : Granulométrie par tamisage (> 1 mm), Matière organique, Carbonates, Formes chimiques du phosphore, Analyse des métaux traces, Radioisotopes émetteurs gamma et alpha (Be-7, Cs-137, Th-234, Pb-210, etc.) et datations des sédiments.

## 2.3- Sols, boues et composts :

\*En pédologie, ou science des sols, **le sol** désigne la partie supérieure qui constitue la croûte terrestre. Issu de la métamorphose de la roche mère sous l'influence des processus physiques, chimiques et biologiques, il rassemble les organismes vivants et les milieux où ils se développent ; il sert de support au développement d'un écosystème. La partie superficielle du sol correspond à la couche arable des agronomes, souvent profondément influencée par l'action de l'homme.

\***Les boues** sont des résidus issus de la dépollution des effluents urbains et industriels. Elles doivent être contrôlées afin de déterminer leur filière d'évacuation. Selon les concentrations des paramètres recherchés, elles seront valorisées en agriculture ou éliminées dans le respect des règles environnementales et sanitaires.

\* **Un compost** est un produit stable, hygiénisé et riche en humus, résultant du mélange de résidus divers d'origine végétale ou animale, mis en fermentation lente afin d'assurer la décomposition des matières organiques, et utilisé comme engrais, amendement ou support de culture.

La matière organique (MO) présente la propriété d'être une substance biodégradable, c'est-à-dire qu'une action bactérienne, naturelle ou induite, la décompose assez rapidement en molécules simples utilisables par les plantes. Cette dégradation peut se dérouler en milieu aérobie (présence d'oxygène) ou anaérobie (absence d'oxygène), ce qui implique l'action d'une flore bactérienne spécifique et dépendante des conditions du milieu. La mise à disposition d'air lors de cette dégradation induit une réaction de fermentation aérobie : c'est le principe du compostage.

## 2.4- Echantillons biologiques :

Parmi les communautés biologiques, les communautés des macro invertébrés benthiques sont les plus utilisés pour évaluer l'état des écosystèmes (Hellawell, 1986 ; Barbour et *al.*, 1999). Ce sont des organismes visibles à l'œil nu, tels que les insectes, les mollusques, les crustacés et les vers, qui habitent le fond des cours et des lacs. Ces organismes constituent un important maillon de la chaîne alimentaire des milieux, puisqu'ils sont une source de nourriture primaire pour plusieurs espèces de poissons, d'amphibiens et d'oiseaux.

Ils sont reconnus pour être de bons indicateurs de la santé des écosystèmes à cause de leur sédentarité, leur cycle de vie varié, leur grande diversité et leur tolérance variable à la pollution et à la dégradation de l'habitat. Leur suivi est utile pour :

- \*Suivre l'évolution de l'état de santé d'un cours d'eau au fil du temps ;
- \*Evaluer et vérifier l'effet de la pollution ;
- \*Evaluer les impacts des efforts de restauration (habitat et qualité de l'eau) ;
- \*Documenter la biodiversité des macro invertébrés.

Les coliformes totaux regroupent plusieurs espèces bactériennes de la famille des Entérobactéries qui sont aérobies et anaérobies facultatifs.

Les coliformes sont des microorganismes indicateurs dont le dénombrement permet de détecter un niveau de pollution d'origine organique dans les eaux de surfaces, souterraines ou les canalisations d'eau potable

Ex mousses accumulent dans leurs tissus des quantités importantes de métaux lourds. Elles sont utilisées pour le contrôle de la pollution de l'environnement

Les poissons accumulent aussi dans leurs tissus les métaux et les composés organochlorés, ce phénomène de bioaccumulation est surtout présent chez les espèces territoriales ou non migratrices, telles que le brochet et l'achigan, qui peuvent alors fournir une indication précise de l'apport de mercure et de polluants organochlorés dans les cours d'eau.

Des échantillons de phyto et zoo plancton sont également analysés pour l'étude de transfert ou d'accumulation d'élément toxique dans la chaîne alimentaire pour définir le rôle de ces organismes dans les cycles biogéochimiques et comme bioindicateur de la qualité de l'eau

## 2.5- Echantillons atmosphériques

L'air demeure un élément fondamental et indispensable pour les êtres vivants. Chaque jour, nous inspirons environ 20 m<sup>3</sup> d'air. Celui-ci se compose originellement d'un ensemble de gaz et de particules dont la présence et les concentrations sont telles que la vie est possible.

Gaz constituants	Concentration volumique (%)
Gaz principaux	
Azote (N <sub>2</sub> )	78,09
Oxygène (O <sub>2</sub> )	20,95
Argon (A)	0,93
Anhydride carbonique (CO <sub>2</sub> )	0,035
Gaz traces	
Néon (Ne)	1,8. 10 <sup>-3</sup>

Hélium (He)	$5,24 \cdot 10^{-4}$
Méthane (CH <sub>4</sub> )	$1,7 \cdot 10^{-4}$
Krypton (Kr)	$1,0 \cdot 10^{-4}$
Hydrogène (H <sub>2</sub> )	$5,0 \cdot 10^{-5}$
Xénon (Xe)	$8,0 \cdot 10^{-6}$
Ozone (O <sub>3</sub> )	$1,0 \cdot 10^{-6}$

La connaissance de la composition de l'air reste hors de portée ; C'est un milieu dynamique : ses multiples constituants sont en perpétuelle transformation, par suite des conditions météorologiques, des flux atmosphériques et des réactions chimiques. Ainsi, les variations temporelles sont considérables.

Ces indices prennent en compte les polluants les plus problématiques des grandes villes dont le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), l'ozone (O<sub>3</sub>) et les particules (PM). L'appréciation de la qualité de l'air se base sur les réglementations pour les épisodes de pollution et sur les valeurs limites à ne pas dépasser.

### 3-Les paramètres déterminés

#### 3.1- Paramètres physico-chimiques

La pollution de l'eau est fonction des substances dissoutes qu'elle contient et, dont la plupart, ne sont décelables qu'à l'analyse.

Si certaines substances ont la faculté de se dissoudre dans l'eau c'est que leurs molécules, recèlent une certaine polarité. Leurs pôles et ceux des molécules d'eau s'attirent.

A l'inverse, les substances aux molécules sans polarité (apolaires) sont peu solubles. Déversées dans les eaux, elles flottent à la surface ou descendent plus ou moins lentement vers le fond selon leur densité. Pour ces dernières, c'est principalement l'action physique du courant de l'eau qui les remet en suspension.

Il **existe** actuellement un système officiel d'évaluation de la qualité de l'eau des cours qui prend en compte un grand nombre de critères et de paramètres dans des grilles d'évaluation.

#### 3-1-1-Paramètre physique

**Turbidité** : C'est un paramètre, qui varie en fonction des composés colloïdaux (argiles) ou aux acides humiques (dégradation des végétaux) mais aussi pollutions qui troublent l'eau. On mesure la résistance qu'elle oppose par l'eau au passage de la lumière pour lui donner une valeur ; on mesure la turbidité par la méthode de spectrométrie, c'est à dire mesure de l'absorption de la lumière par l'eau.

- NTU < 5 => eau claire
- NTU < 30 => eau légèrement trouble
- NTU > 50 => Eau trouble.

Une importante turbidité de l'eau entraîne une réduction de sa transparence qui réduit la pénétration du rayonnement solaire utile à la vie aquatique (photosynthèse).

On appelle matières en suspension (**M E S**), les très fines particules en suspension (sable, argile, produits organiques, particules de produits polluant, micro-organismes,...) qui donnent un

aspect trouble à l'eau et s'opposent à la pénétration de la lumière nécessaire à la vie aquatique. En trop grande quantité elles constituent donc une pollution solide des eaux.

La quantité de matières en suspension totale (MEST) se mesure par filtration d'un litre d'eau et pesage des résidus séchés. Le résultat s'exprime en mg/l. (On estime qu'un habitant rejette environ 90 grammes par jour de MES dans ses eaux usées).

### Température :

La température de l'eau influe sur beaucoup d'autres paramètres. C'est en premier lieu le cas pour l'oxygène dissous indispensable à la vie aquatique : Plus la température de l'eau s'élève, plus la quantité d'oxygène dissous diminue. Une température trop élevée des eaux d'une rivière peut donc aboutir à des situations dramatiques de manque d'oxygène dissoute pouvant entraîner : la disparition de certaines espèces, la réduction de l'auto épuration, l'accumulation de dépôts nauséabonds (odeurs), la croissance accélérée des végétaux (dont les algues).

A noter que les poissons ne peuvent survivre à des températures trop élevées. Maximums létaux : pour la truite de rivière 27°C, brochet 28°C, truite arc en ciel 29°C, perche et tanche 30°C, gardon 31°C, carpe 38°C.

La pollution thermique peut avoir pour origine des rejets d'eaux chaudes urbains ou industriels dans le cours d'eau. En période estivale, par forte température atmosphérique, le réchauffement brutal par le soleil des eaux en mauvais état d'une rivière peu oxygénée peut aboutir à un choc thermique entraînant une mortalité piscicole spectaculaire. Les bordures boisées des cours d'eau (ripisylves) limitent l'échauffement des eaux.

**Tableau 1 : la qualité de l'eau en fonction de la température**

Température (en °C)	Qualité d'eau
Inférieur à 20	Normale
20-22	Bonne
22-25	Moyenne
25-30	Médiocre
Supérieur à 30	Mauvaise

Concernant le sol, la température (entre 10 et 30 °C) n'a qu'un effet direct négligeable sur la mobilité des métaux. mais, en présence de matière organique, elle peut avoir un rôle indirect, par exemple en augmentant sa dégradation, ce qui peut produire des substances acides et complexantes. elle peut aussi jouer sur l'activité bactérienne. L'action des micro-organismes peut aller dans le sens de la sensibilisation (production d'acide et de composés complexant) ou de l'insolubilisation (formation de sulfure métallique insoluble, bioaccumulation et bio sorption par les micro-organismes des métaux lourds..

### Conductivité ( CE) :

La mesure en  $\mu\text{S/cm}$  ou  $\text{mS/cm}$  (micro ou milli Siemens par cm) de la conductivité électrique d'une eau s'effectue à l'aide d'un conductimètre. Celui-ci mesure le passage de l'électricité entre deux électrodes plongées dans l'eau. La mesure s'effectue à 20° C ou avec un conductimètre avec compensateur automatique de température.

Si l'eau très pure est un isolant qui oppose une grande résistance au passage de l'électricité, il n'en est plus de même lorsqu'elle est chargée en sels minéraux d'origine naturelle (calcium, magnésium, sodium, potassium). A cette minéralisation naturelle liée à la nature des sols s'ajoutent aussi ...les polluants. La conductivité permet d'apprécier globalement l'ensemble des produits en solution dans l'eau. Ex : L'eau de pluie n'offre qu'une conductivité variante entre 60 et 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ; L'eau du robinet à Besançon (région calcaire) est d'environ 550  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

La mesure de la conductivité est un moyen assez simple de détection d'une anomalie indiquant la présence probable d'une pollution, par comparaison de la valeur mesurée avec celle que l'on était en droit d'attendre.

**Tableau 2 :**

Conductivité électrique (en $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Qualité de l'eau
De 50 à 400	Qualité excellent
De 400 à 750	Bonne qualité
De 750 à 1500	Qualité médiocre mais eau utilisable
>1500	Minéralisation excessive

### 3-1-2-Paramètres chimiques

#### Le pH :

Ce paramètre donne le degré d'acidité ou d'alcalinité d'une eau. Le pH (potentiel hydrogène), est le reflet de la concentration d'une eau en ions  $\text{H}^+$  :  $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ .

L'eau des cours d'eaux avoisine en général la neutralité représentée par un pH de 7 ; Le pH doit être compris entre 6 et 8 pour permettre la vie aquatique.

Dans chaque milieu naturel les eaux ont une valeur de pH propre en fonction du sous-sol de leur bassin versant :

- > 7 en régions calcaires où les eaux sont basiques car fortement minéralisées,
- < 7 en région de sous-sol primaire où les eaux sont acides.

Une mesure de pH, différente de la valeur habituelle du cours d'eau, peut-être l'indice d'une arrivée de pollution, en générale industrielle, en amont du point de mesure. Sa valeur, le plus souvent mesurée à l'aide d'un pH-mètre ou de "papier pH", indique si l'eau est acide (de 1 à <7), neutre (7), ou basique (de > 7 à 14) ; On dit aussi alcaline.

Le pH conditionne un grand nombre d'équilibres physico- chimique, et dépend de facteurs multiples dont la température et l'origines de l'eau. En milieu côtier et estuarien , certains rejets industriels ou les apports d'eaux de ruissellement sont la cause de variation de ph qui s'avère être dans ce cas , un indice de pollution .

**Tableau 3 :PH et la vie aquatique**

PH <5	L'unité inférieure à la survie des espèces
5 < pH <9	Tolérance pour la plupart des espèces
6 < pH <7.5	Zone optimale pour la reproduction de la plupart des espèces
7.5 < pH <8.5	Zone optimale pour le plancton

< 8.5	Destruction de certaines algues et prolifération des autres
> 9	Seuil l'étal de nombreuses espèces

**Dureté :**

Une eau est dite douce lorsqu'elle est peu chargée en calcium et en magnésium. La somme des deux constitue le Titre Hydrotimétrique. A l'inverse une eau sera dite dure. (> à 10 Th).

Elle correspond à la somme des concentrations en certain métallique, exception Celles des métaux alcalins (Na, K). et H , elle est souvent due aux Ca et Mg .la présence de ces deux cation dans l'eau tend souvent à réduire des métaux

**Tableau 4 : qualification de l'eau en fonction des valeurs de la dureté**

Dureté (mg/CaCO <sub>3</sub> )	Qualification d'eau
0-30	Très douce
31-60	Douce
61-120	Moyennement douce
121-180	Dure
>180	Très dure

**L'oxygène dissous (OD) :**

La présence d'oxygène dans l'eau est indispensable à la respiration des êtres vivants aérobies. En dessous d'un certain seuil de concentration en oxygène c'est l'asphyxie des poissons. (7 mg/l pour les salmonidés ; 3 mg/l pour les carpes) L'oxygène de l'eau permet également le processus d'oxydation des matières organiques, mais cette décomposition appauvrit le milieu aquatique en oxygène.

L'oxygénation de l'eau provient d'abord du contact de sa surface avec l'atmosphère. Elle est favorisée par les remous, les cascades et surtout la température de l'eau. Car plus l'eau s'échauffe, moins l'oxygène y est soluble.

Valeurs de saturation en oxygène de l'eau en conditions ordinaires (pression atmosphérique 760 mm de Hg) :- à 5°C, maximum d'oxygène dissous : 12,3mg/l. ; à 10°C : 10,9 mg/l. ; à 15°C : 9,7mg/l. ; à 20°C : 8,8mg/l. ; à 25°C : 8,1 mg/l.

Déficit en oxygène dissous, Lorsque la concentration en oxygène dissous mesurée est inférieure à la valeur de saturation. Par exemple, la nuit les végétaux consomment de l'oxygène, et s'il y a trop de végétaux dans peu d'eau la faune peut être menacée d'asphyxie (anoxie) surtout en fin de nuit.

Sursaturation en oxygène dissous, Quand une oxygénation supplémentaire est apportée par exemple le jour par les plantes vertes qui produisent de l'oxygène à la lumière du soleil.

La teneur en oxygène des eaux d'une rivière peut donc varier en cours de journée de plusieurs mg/l suivant la température et la présence ou non de végétaux aquatiques (jusqu'aux environs de 20mg/l en cas d'eutrophisation).



La teneur en oxygène des eaux d'une rivière varie aussi selon la profondeur : très faible en eau profonde, pouvant approcher le taux de saturation près de la surface.

Pour mesurer l'oxygène dissous d'un cours d'eau, il est possible d'utiliser un oxymètre, Il existe aussi des trousseaux colorimétriques utilisant des réactifs chimiques.

### **Chlorure (sels) :**

Ils ne sont pas nocifs, mais constituent un important indicateur d'arrivée de pollution. Ils ne sont pas éliminés par les stations d'épuration. Dans la nature ils sont souvent indicateurs d'arrivée d'effluents urbains. A titre indicatif, dans l'eau du robinet le maximum admis est de 250 mg/l. de chlorures.

### **Matière organique**

Elles sont donc naturellement présentes dans l'eau, mais à faible concentration. S'il y en a plus, il y a pollution provenant de rejets d'eaux usées domestiques mal épurés, d'effluents agricoles, etc.

La MO peut se rencontrer dans l'eau soit dissoute, soit sous forme particulière visible. La présence de dépôts de matière organique visibles dans le lit d'une rivière est inacceptable et dénonce bien souvent la proximité d'un rejet brut ou un très mauvais état de la rivière. La charge de pollution organique est quantifiable par des techniques normalisées : **la DCO, la DBO5.**

La MO constituée en grande partie d'AZOTE ORGANIQUE est en final décomposée par les bactéries principalement en AMMONIUM, puis en NITRITES et enfin en NITRATES ; La MO est aussi constituée de carbone. .

Pour quantifier les matières organiques présentes dans l'eau, il n'y a pas de mesures directes mais des méthodes pour quantifier par des techniques normalisées l'oxygène nécessaire à leur décomposition :

#### **- Méthode de la DBO5 (Demande Biologique en Oxygène)**

Cette technique permet de mesurer en laboratoire sur 5 jours (à 20° dans l'obscurité), la quantité d'oxygène consommée par le processus naturel de décomposition de la matière organique décomposable présente dans un litre d'eau. Le résultat est donné en mg/L. Elle représente la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes pour oxyder (dégrader) l'ensemble de la matière organique présente dans un échantillon d'eau maintenu à 20°C, à l'obscurité, pendant 5 jours.

[Pour mesurer la DBO5, on réalise une première mesure de la concentration en dioxygène dans l'échantillon d'eau. On répète cette mesure 5 jours plus tard. La DBO5 représente la différence entre les deux concentrations mesurées].

La DBO5 d'une eau de surface non polluée, varie normalement de 2 à 20 mg/l. Au-delà, on peut suspecter une pollution.

### - Méthode de la DCO (Demande Chimique en Oxygène)

Contrairement à la DBO5, qui ne prend en compte que les matières organiques biodégradables, la DCO est une mesure globale des matières organiques et de certains sels minéraux oxydables (pollution organique totale) présents dans l'eau.

Cette technique mesure en laboratoire la quantité d'oxygène consommée par l'oxydation chimique (à l'aide d'un oxydant et à chaud, pendant 2 heures) des matières organiques ou minérales présentes dans l'eau.

Il existe des systèmes permettant d'effectuer des analyses sommaires rapides de la DCO. Le résultat est donné en mg/L.

**Coefficient de biodégradabilité :** La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité consommée par les matières oxydantes présentes dans l'eau quelles que soit leur origine organique ou minérale.

Le rapport DCO / DBO5 donne une indication sur l'origine de la pollution organique. Ainsi exemples de valeurs :

- une eau résiduaire brute :  $2500 / 1000 = 2,5$

- une eau épurée :  $450 : 40 = 11$

Plus il se rapproche de 1, plus le rapport DCO / DBO5, indique la biodégradabilité d'un rejet d'eaux usées :

- de 1,5 à 2 : effluents d'industries agroalimentaires (meilleure biodégradabilité).

- de 2 à 3 : effluent urbain domestique.

- >3 : effluent plus ou moins difficilement biodégradable (industrie).

### Tableau 5 : coefficient de biodégradabilité

Coefficient de biodégradabilité (R)	Indication
R=1	Toute la matière organique est biodégradable
$1 < R < 2.5$	L'épuration biologique s'effectue normalement
$2.5 < R < 3$	Traitement biologique associé à un traitement physicochimique
R>3	Un traitement physicochimique est envisagé, traitement biologique impossible

### 3.2- Paramètres inorganiques

#### \*Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>-</sup>) et Ammoniac (NH<sub>3</sub>) :

L'azote ammoniacal est le principal indicateur chimique de pollution directe d'une eau. Il provient de la décomposition des chaînes carbonées constituant les matières organiques par les

bactéries de type aérobies majoritairement (bacillus, bacterium). Cette dégradation consomme de l'oxygène et libère également du CO<sub>2</sub> dans les eaux.

L'azote ammoniacal provient aussi de l'urée rejetée par les animaux. (Par exemple, une pollution au purin entraîne une présence élevée d'ammonium dans l'eau polluée).

La forme AMMONIUM n'est pas toxique. Mais dans les eaux à pH supérieur à 7,5 une fraction peut être transformée en AMMONIAQUE (gaz AMMONIAC en solution dans l'eau et toxique pour les poissons).

La présence d'ammoniaque dans l'eau à des concentrations même < 1 mg NH<sub>3</sub>/l entraîne des mortalités piscicoles. Par exemple pour les truites, la CL50 96 (concentration Létale médiane sur 96 heures qui exprime la toxicité aiguë sur le poisson - mortalité de 50% des truites) n'est que de 0,4mg/l de NH<sub>3</sub>/litre d'eau ; Les alevins sont au moins 10 fois plus fragiles.

**\*Nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)** (dangereux y compris pour les poissons).

Chez les mammifères, la consommation d'eau chargée de nitrites perturbe la fixation de l'oxygène par l'hémoglobine du sang. (D'où la méthémoglobinémie ou la « maladie bleue du nourrisson »). Il ne doit donc pas avoir de nitrites dans l'eau du robinet et très peu de nitrates, car ils peuvent une fois bu se transformer en nitrites. Dans l'estomac, les nitrites, peuvent se transformer en nitrosamines réputées cancérigènes.

Des concentrations même < 1 mg NO<sub>2</sub>/l entraînent des mortalités piscicoles. Elles posent problème au-dessus de 0,01mg/l pour les truites.

L'effet de toxicité des nitrites est plus rapide que par celle de l'ammoniaque, car elle entraîne la dégradation de l'hémoglobine des globules rouges et l'asphyxie des poissons. la concentration en nitrites ne devrait pas dépasser 1 mg NO<sub>2</sub>/l dans les rejets de stations d'épuration. Analyses de terrain possibles (bandelettes test). Résultat d'analyse exprimé en mg/l.

**\*Nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)**

Les nitrates des eaux souterraines et des cours d'eau proviennent :

- principalement d'origine agricole en raison du recours aux engrais azotés.
- ou des rejets des stations d'épurations (transformation de la matière organique en nitrates). Certaines installations sont complétées par des traitements de dénitrification avant rejet.
- du milieu naturel, pour 3 et 7 mg/l. seulement, une quantité suffisante pour nourrir la vie aquatique des cours d'eau. (Au-delà c'est l'indigestion, le développement des algues, l'eutrophisation..)

Les nitrates posent problème en raison de leur trop grande introduction dans les eaux par l'agriculture industrielle. Dans l'eau les nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) sont quantifiés en mg par litre (mg/l). La réglementation stipule qu'il ne doit pas y en avoir plus de 50mg/l. dans l'eau du robinet. En effet une fois consommés, ils peuvent évoluer en nitrites dans l'estomac puis se transformer en nitrosamines toxiques et réputées cancérigènes.

**\*Azote total**

C'est la somme de l'azote organique + ammoniacal contenu dans l'eau. (Ou dans le sol, ou dans les produits alimentaires) Résultat d'analyse exprimé en mg/l.

**\*Le phosphore**

Pour la pollution de l'eau, on distingue 2 formes :

- Le phosphore organique, résidu de matière vivante.
- Le phosphore minéral, essentiellement constitués de phosphates (PO<sub>4</sub>), qui représentent 50 à 90% de la totalité du phosphore dans les eaux usées urbaines. De plus, ils constituent, au même titre que les nitrates, un agent fertilisant.

**\*Phosphate (PO<sub>4</sub><sup>-</sup>)**

Le phosphore, élément indispensable au développement de tous les organismes vivants, n'est naturellement présent qu'en très faible quantité dans le sol et dans les eaux. Les orthophosphates (ions PO<sub>4</sub>) sont la forme la plus simple et la plus répandue des phosphates dans l'eau.

La plus grande part du phosphore que l'on retrouve dans les eaux des cours d'eau provient :

- des rejets d'eaux résiduaires, en premier lieu des déjections humaines, des matières organiques en décomposition, des lessives,
- des activités agricoles : "pertes" d'engrais phosphatés utilisés en agriculture et ruissellements d'effluents agricoles (épandages, déjections,)

La quantité de phosphates (appelés aussi orthophosphates) d'une eau se mesure en mg/l. de PO<sub>4</sub>

Dans les eaux superficielles, la teneur naturelle en phosphates est de l'ordre de 0,1 à 0,2mg de PO<sub>4</sub>/l. Au-delà, une présence importante de phosphates dans les eaux n'est pas naturelle et provient des déversements urbains (polyphosphates des lessives, excréments, dégradation de la matière organique) et des pratiques agricoles (engrais, épandages, écoulements de purin, etc..)

Critères analytiques du PO<sub>4</sub> dans l'eau :

- de 0 à 0,1mg/l. de PO<sub>4</sub> : très bon.
- de >0,1 à 0,5 mg/l. : bon.
- de >0,5 à 1 mg/l. : médiocre.
- de >1 à 2 mg/l. : pollution.
- de >2 mg/l. : très pollué.

**3.3- Formes chimiques métalliques****Métaux lourds**

(Poids atomique > à celui du fer). Les éléments métalliques et leurs dérivés organiques sont très dangereux parce que potentiellement toxiques, non-biodégradables et bio-accumulables dans les chaînes alimentaires. Ils sont principalement d'origine industrielle mais aussi par rejets atmosphériques des incinérateurs de déchets, ...

Certains métaux constituent des oligo-éléments indispensables à un bon état de la santé humaine, à partir de certaines doses plus importantes ils deviennent directement toxiques. Ces métaux proviennent un peu du sous-sol (érosion) mais aussi des rejets industriels (traitements de surface, métallurgie, chimie,) dans le sous-sol ou les rivières mais aussi dans l'atmosphère où ils retombent avec les pluies.

- il existe des seuils à ne pas dépasser pour l'eau potable,
- des valeurs limites en métaux pour les épandages agricoles,
- des valeurs limites en métaux pour les rejets des "installations classées autorisées " dans la nature ou dans un égout public.

Ces métaux lourds sont :

- **l'aluminium (Al)**. De plus en plus présent dans les eaux, il provient des déchets ménagers ou du sulfate d'alumine utilisé comme floculant dans les stations de traitement des eaux. Il est soupçonné de favoriser la maladie d'Alzheimer.

- **l'arsenic (As)**. Fortement toxique. Peut être présent dans le sol et l'eau souterraine. Origine naturelle ou sol pollué antérieurement.

- **le cadmium (Cd)**, Il provient des rejets industriels, des incinérations de déchets, de l'utilisation d'engrais... Extrêmement toxique. S'accumule dans les chaînes alimentaires et menace les prédateurs secondaires.

- **le chrome (Cr)** : métal très dur utilisé en traitement de surface des métaux pour améliorer leur résistance. La forme chrome VI et les chromates ( $\text{CrO}_4$ ) sont extrêmement toxiques et cancérogènes.

- **le cuivre (Cu)** : Au niveau de traces il n'est pas toxique. Sa présence dans les eaux provient de l'érosion des conduites ou de l'activité industrielle. Dans les sols agricoles, il peut s'accumuler à la suite des épandages. A une concentration  $> 2 \text{ mg/l}$ , il colore les eaux.

- **le mercure (Hg)** Extrêmement toxique. Origines dans les eaux : Activités sanitaires (thermomètres, désinfectants,), Agriculture (fongicides, bactéricides), Industries (élimination des déchets, production de chlore et de soude, centrales au charbon), Orpillage sauvage, Lampes fluorescentes d'éclairage (à ne jamais mélanger aux ordures ménagères).

- **le plomb (Pb)**, qui entraîne le saturnisme (érosion des canalisations d'eau potable en plomb). Le plomb est/était utilisé dans l'industrie : batteries, alliages, traitements de surface, munitions, etc

- **le zinc, (Zn)** : Utilisé pour recouvrir les métaux. Peu toxique au niveau de traces mais sa présence dans les eaux indique souvent celles d'autres métaux ou polluants toxiques industriels. Dans les sols agricoles, il peut s'accumuler à la suite des épandages.

### 3.4- Paramètres organiques

Un nombre très important de molécules de synthèse dont pour la plupart les effets (surtout à long terme) sont mal ou inconnus.

- **Les Produits Organiques Persistants (POP)** : Ces composés, très dangereux pour l'environnement (toxiques à faible concentration, parfois mutagènes, cancérogènes) sont des produits synthétiques heureusement assez peu solubles :

- **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**. Dangereux pour les êtres vivants, ils proviennent des activités humaines (incinération, combustion de carburants, etc..) Lentement biodégradables.

- **Hydrocarbures chlorés**. Ces composés organochlorés synthétiques sont difficilement biodégradables. Ce sont :

- **Polychlorobiphényles (PCB)** qui entrait dans la composition des fluides de refroidissement ou d'isolation, de peintures, de plastifiants. PCB est émis au cours de l'incinération des déchets et de certains combustibles.

- **Solvants** : Trichloroéthylène (**TRI**), Trichloroéthane ou Chloroforme (**TCE**), Dichloropropène (DPC), Dibromoéthane, Dichloroéthane, Bromobenzène, Chlorobenzène, Tétrachlorethane, Nitropropane, Diméthylformamide (**DMF**), Pyridine, ...

- Pesticides organochlorés (**OCP**),

-Autres substances diverses : Tétrachlorure de carbone, hydrazine, dinitrophénol, ...

\*Autres produits organiques micropolluants :

- **cyanures (CN)**, Poison extrêmement toxique, utilisé dans les industries de traitement de surface. Dégradable au bout d'un certain temps dans les eaux mais où ils sont particulièrement mobiles.

- **chlore** (provient de la stérilisation de l'eau potable ou parfois de la vidange de piscine), détergents.

- **alkylphénols** (dans détergents, cosmétiques, produits de nettoyage et beaucoup de produits industriels).

- **les produits médicamenteux** (résidus d'antibiotiques, d'anti-inflammatoires, d'antidépresseurs, de contraceptifs, etc..), médicaments vétérinaires.

### \*Paramètre bactériologique

Les analyses microbiologiques ont pour but de déceler et évaluer la présence dans les eaux de microbes pathogènes dangereux pour l'homme : eau potable, eaux de baignade, ...

Ces analyses reposent sur la recherche dans les eaux de bactéries indicatrices de leur éventuelle contamination fécale, les *Escherichia coli* (*E. coli*) et les Entérocoques. Ces organismes, d'origine intestinale sont naturellement présents dans les déjections animales ou humaines qui peuvent donc se retrouver dans l'eau. Les Entérocoques sont pathogènes de même que certains colibacilles. L'eau potable du robinet doit être exempte de la présence de ces bactéries.

Une présence très importante de germes fécaux indique une pollution fécale importante d'origine humaine ou animale.

## Chapitre 2 : Analyses biologiques

### 1-Relation des organismes aux conditions du milieu

Un milieu de vie et son peuplement forment un écosystème. Au sein de ces écosystèmes, les êtres vivants entretiennent des relations entre eux (relations alimentaires, etc.) ainsi que des relations avec leur milieu. Les écosystèmes peuvent être modifiés, par des facteurs physiques comme par des facteurs biologiques. Certaines espèces vont disparaître, d'autres se développent et un nouvel équilibre s'instaure.

Ainsi, puisque des pollutions peuvent modifier ou détruire la faune, il est possible, inversement, de prouver l'existence de pollution à partir de l'étude des communautés animales et végétales, c'est là le fondement des méthodes biologiques de détermination de la qualité d'environnement, basé sur l'étude de matériels vivants.

#### 1-1 Notion de bioindicateurs

Selon Iserentant et De Sloover (1976), les bioindicateurs sont définis comme étant un organisme ou système biologique utilisé pour apprécier une modification, généralement une détérioration, de la qualité du milieu, quel que soit son niveau d'organisation et l'usage qui en est fait.

C'est un organisme ou 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.

##### ➤ Un bioindicateur idéal :

- \* il faut que ce soit une espèce relativement sédentaire, car si elle vient de changer d'habitat on ne peut espérer qu'elle représente quelque chose de significatif pour l'écosystème qu'on étudie.
- \* il faut que ce soit une espèce abondante pour refaire l'expérience plusieurs fois, favoriser la représentativité, la reproductibilité des associations.
- \* il faut que ce soit une espèce à forte longévité afin de pouvoir réaliser l'étude sur plusieurs classes d'âge et de pouvoir évaluer les effets à court et long terme.
- \* il faut que l'espèce ait une taille suffisante pour la dissection et pour fournir une quantité de tissus à analyser suffisante. De plus, la taille doit être suffisante pour permettre la facilité d'échantillonnage en tant que telle.
- \* la corrélation doit être relativement simple entre l'organisme et le biotope - (C)organisme et (C) biotope, alimentation.

##### ➤ Avantage des indicateurs biologiques

- \* Ils intègrent le facteur temps : un dosage chimique donne une image ponctuelle de la qualité de l'eau, alors que la présence d'un organisme vivant implique que ce dernier n'a pu accomplir son cycle de développement dans le milieu, et donc témoigne d'une certaine qualité de ce milieu dans le passé.
- \* ils fournissent une intégration intégrée des effets spatiotemporels des polluants sur le biotope.
- \* ils peuvent fournir des informations sur la concentration des polluants dans le milieu.

- \* ils est financièrement plus économiques puisqu'ils permettent généralement d'éviter d'employer du matériel technologique couteux
- \* grâce à leur capacité de bioaccumulation, certains bioindicateurs permettent une détection précoce des polluants ou des perturbations,

### 1-2 Méthodes biologiques et bioindicateurs :

- Les lichens, constituent un concentrateur biologique sur les sols pauvres en éléments nutritifs minéraux (calcium et potassium). Des études ont été réalisées mettant en évidence un facteur de concentration d'ordre de 103 à 104 en ce qui concerne le strontium, le césium et le plutonium (radioéléments provenant d'essais nucléaires réalisés en 1960). Comme on l'a déjà vu, des problèmes se posent puisque les rennes broutent ce lichen et que les rennes sont eux-mêmes chassés pour leur viande et élevés pour leur lait (problèmes d'expositions importantes pour les populations humaines).
- Les annélides (vers de terre), intègrent par jour une quantité de matière organique équivalente à trois fois leur poids corporel. En ce qui concerne les métaux lourds, des corrélations sont observées entre le plomb et la distance à la route. En ce qui concerne les insecticides, le facteur de concentration peut atteindre environ 150.

\* Utilisation du critère de présence-absence (Monitoring d'espèces-sentinelles)

On utilise dans le monitoring des critères de présence/absence d'espèces-sentinelles, d'espèces sensibles. Ainsi, on distingue :

- Les espèces pollusensibles, c'est-à-dire celles dont l'abondance diminue si la concentration de polluant augmente.
- Les espèces pollutolérantes, c'est-à-dire celles dont l'abondance augmente si la concentration de polluant augmente.

Ex. :

Rareté des lichens en ville. Il n'y a pas de survivance pour différentes espèces de lichens si la concentration en SO<sub>2</sub> dépasse 125 µg/m<sup>3</sup>. Les peuplements sont affectés à la baisse par des degrés de pollution croissants.

#### ➤ Les types de bio-indications

Deux grands types de bio-indication : *active* ou *passive*.

##### • Bio-indication active –

Utilise la végétation en place et quelquefois des espèces cultivées présentes dans la zone à étudier. Les avantages de cette méthode sont la présence constante de ces plantes sur le terrain et la possibilité d'étendre l'échantillonnage. Le désavantage de cette technique vient de la variabilité des conditions bio-climatiques, des caractéristiques génétiques de la végétation, et de l'hétérogénéité de la répartition spatiale des plantes.





- **Bio-indication passive** - consiste à exposer des plantes tests en containers. L'avantage de cette technique est qu'il est possible de travailler avec une population homogène de plantes. Le désavantage de cette technique réside dans le coût d'une culture en conditions standards.



Deux groupes de plantes peuvent être utilisées : les *bio-indicateurs* ou les *bio-accumulateurs*

- **bio-indicateurs** ou végétaux sentinelles - très sensibles aux polluants de l'air, ces plantes sont identifiées à partir de tables de sensibilités. L'existence de symptômes spécifiques visibles sur la feuille est généralement utilisée comme marqueur, mais des modifications morphologiques peuvent aussi être observées. L'utilisation de bio-indicateurs associés à l'observation de la végétation a l'avantage d'être rapide, facile, et bon marché. Le désavantage est que d'autres stress (biotiques ou abiotiques) peuvent être la cause de symptômes identiques à ceux issus de polluants. Le degré de dommage causé (nécroses) dépend de la durée d'exposition, des concentrations du polluant, de la sensibilité de la plante, des conditions environnementales, mais principalement de la toxicité du polluant. Toutes les plantes n'ont pas la même capacité à réagir ; aussi une plante peut être un très bon bio-indicateur pour HF et O<sub>3</sub> par exemple, et n'avoir aucune réaction face aux NO<sub>x</sub> (oxydes d'azote),



- **Bio-accumulateurs** –

Résistantes à la pollution, elles peuvent néanmoins accumuler des polluants (métaux lourds, SO<sub>2</sub>, pesticides, etc.) sans qu'il y ait de dommages causés sur leur physiologie et leur morphologie. L'analyse de la végétation permet de quantifier et d'identifier les polluants accumulés. Le désavantage de la technique réside alors dans le coût des analyses

La capacité de bioaccumulation des êtres vivants est quantifiée à l'aide d'un Facteur de concentration (FBC), qu'on peut définir comme le rapport entre les concentrations respectives dans l'organisme et dans son environnement

**FBC= concentration d'un composé dans l'entre vivant / concentration du même composé dans milieu environnant**

**\*Utilisation des biomarqueurs**

Variation dans les composantes biochimiques ou cellulaires, les processus, les structures ou les fonctions mesurables dans un système biologique ou des échantillons, induite par un agent xénobiotique. Ces variations indiquent l'amplitude de la réponse. Elles fournissent des éléments pour lier présence de l'agent et effet écologique observé selon une association de nature causale, le monitoring chimique identifiant le lien entre agents et intensité de l'exposition.

- biomarqueur de l'exposition : ce type de biomarqueur est utilisé pour indiquer qu'une exposition à un agent ou à une classe d'agents a eu lieu, sans fournir en soi d'information sur l'effet néfaste au niveau de l'organisme.

Ex. : activation ou inhibition de certains enzymes. Une exposition initiale est reflétée au niveau moléculaire de tissus-cibles.

- biomarqueur de l'effet : ce type de réponse indique que l'exposition et l'effet néfaste ou toxique ont eu lieu.

Ex. : production de certaines molécules toxiques, lésions cellulaires ou tissulaires, taux (de croissance, de reproduction, de survie) réduites.

- biomarqueur de susceptibilité : il y a alors une limitation (innée ou acquise) de la réponse à une exposition à un agent chimique.

Ex. : tolérance, résistance.

## 2.Principaux types de méthodes biologiques actuellement utilisées

### 2-1- Méthodes biologiques (Méth. Biochimiques, Ecotoxicologiques, Biocénologiques)

#### \* Méthodes Biochimiques :

La variation dans les composantes biochimiques ou cellulaires, les processus, les structures ou les fonctions mesurables dans un système biologique ou des échantillons, induite par un agent xénobiotique. Ces variations indiquent l'amplitude de la réponse. Elles fournissent des éléments pour lier présence de l'agent et effet écologique observé selon une association de nature causale, le monitoring chimique identifiant le lien entre agents et intensité de l'exposition.

#### \* Méthodes Ecotoxicologiques :

L'écotoxicologie est l'étude des effets des polluants toxiques dans les écosystèmes. Naturellement tous les toxiques, qu'ils aient été volontairement introduits ou bien que leur présence soit le résultat d'une pollution accidentelle, aigue ou chronique, ont des effets négatifs sur des populations sensibles.

Le plus souvent, ces effets se traduisent, sur les individus, par une surmortalité ou des modifications comportementales qui modifieront leurs capacités à s'alimenter, à se reproduire, etc. ce qui revient, au final, à une diminution sensible des effectifs dans C'est quand un polluant n'est pas biodégradable ; le second, c'est quand ce polluant n'est pas métabolisable cette population.

Deux facteurs aggravent particulièrement le diagnostic écotoxicologique : le premier ; il arrive souvent qu'un polluant ne soit ni biodégradable, ni métabolisable. La persistance d'un composé, stable chimiquement, non dégradé peut être considérable. Divers produits pollueront des écosystèmes pendant des dizaines et même des centaines d'années (organochlorés, par exemple).

**Si le polluant n'est pas biodégradable**, c'est le cas de beaucoup de molécules de synthèse (pesticides, solvants, détergents, huiles de synthèse et quelques autres parmi les 2850 molécules classées TCMT : toxiques, cancérigènes, mutagènes ou tératogènes et utilisées en fabrication dans l'industrie), ce polluant va s'accumuler dans l'environnement (sols, eaux douces, océans) faute de pouvoir être recyclé par des bactéries ou des champignons.

**Si le polluant n'est pas métabolisable**, s'il est ingéré et absorbé, il va s'accumuler, selon son degré de solubilité dans les graisses ou dans l'eau, dans les différents tissus de son consommateur (foie, os, graisses, muscles, etc.). Dès lors, et pour différentes raisons, le toxique accumulé peut être relargué dans l'organisme et, parce que la dose relarguée dépassera la limite acceptable pour cet organisme, provoquer ou sa mort ou différents troubles graves.

De plus, l'organisme pollué peut être consommé tout au long d'une chaîne alimentaire et dans chaque organisme consommateur, non seulement le polluant continuera de s'accumuler,

mais il le fera en quantité de plus en plus importantes, selon le rang du consommateur. C'est ce que l'on appelle le phénomène de bioaccumulation.

Parmi les polluants non métabolisables, on peut citer les métaux lourds, les radionucléides, divers dérivés du soufre ou de l'azote, etc.

De la même façon qu'en écologie on se sert d'espèces caractéristiques dont le suivi des populations renseigne plus largement sur la santé de l'écosystème dont elles font partie appelées espèces bio-indicatrices ; en écotoxicologie, on utilise des espèces bio-indicatrices de sensibilité à un toxique ou bio-indicatrices d'accumulation d'un polluant.

Toute substance chimique déversée dans le milieu naturel est potentiellement dangereuse, soit immédiatement si sa toxicité se manifeste de façon aiguë, soit de façon différée si la toxicité résulte de mécanismes de bioaccumulation ou de biomagnification. En outre, une molécule très peu toxique peut avoir de graves conséquences si elle est déversée en grande quantité alors qu'une molécule très toxique peut avoir des conséquences très limitées si elle est déversée en très faible quantité.

En écotoxicologie, ce n'est pas la mort d'un certain nombre d'individus qui est le paramètre le plus important, c'est la conséquence sur la population ou le peuplement de la mort ou de l'inhibition de ces individus. Parmi ces conséquences, ce sont celles qui touchent à la reproduction qui ont le plus gros impact sur les écosystèmes. En deuxième importance, on notera les conséquences sur l'abondance / richesse et sur la diversité.

Diverses méthodes normalisées sont utilisées pour mesurer la relation dose - concentration ou l'écotoxicité d'une substance sur des organismes. C'est surtout dans les hydrosystèmes que ces méthodes ont été développées :

Il existe une méthode de mesure de l'écotoxicité sur les algues (*Scenedesmus* ou *Selenastrum*) ; Il existe également une méthode pour mesurer l'immobilisation des daphnies en 48 h ; Il existe aussi une méthode pour mesurer la mortalité sur les poissons. Enfin, il existe des tests d'écotoxicité sur des bactéries.

## 2.2- Méthodes indicielles

### •utilisant les peuplements végétaux (Ex : Indice diatomique)

L'utilisation des diatomées et des indices diatomiques dans les réseaux français de mesure de la qualité des eaux a débuté en 1970, sur la Seine. Cet indice diatomique doit rejoindre l'Indice Biologique Global Normalisé au sein du volet biologique du système d'évaluation de la qualité des cours d'eau.

L'indice est calculé en fonction de la polluo-tolérance ou polluo-sensibilité de chaque espèce, et donc uniquement associé à la qualité physicochimique de l'eau. Le calcul de l'indice se fait 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.

### •utilisant les peuplements animaux (Ex : Indice biotique basé sur les macroinvertébrés benthiques)

Les macroinvertébrés benthiques sont des organismes qui vivent dans le fond d'un cours d'eau ou qui ne s'en éloignent que de peu durant la majeure partie de leur vie. Dépourvus de colonne vertébrale, ils sont visibles à l'œil nu. On retrouve dans cette catégorie les larves d'insectes aquatiques, quelques insectes aquatiques adultes, les crustacés, les mollusques et les vers ; tels que : Éphémères, Diptères, Coléoptères, Odonates et Lépidoptères.

Les indices saprobiques sont basés sur la description des exigences écologiques des espèces face à différents polluants. On attribue à chaque espèce une valence saprobique, qui quantifie sa sensibilité face à la pollution organique, et une valeur indicatrice qui pondère l'indice en déterminant si l'espèce est une bonne indicatrice ou non. De plus, l'identification doit absolument être faite jusqu'à l'espèce.

### **Chapitre 3 : Protection de l'environnement : Réglementation algérienne**

#### **1-Législation environnementale : définition et étendue**

L'Algérie a toujours eu un Intérêt pour les problèmes de l'Environnement en participation aux travaux de la première Conférence Mondiale à Stockholm en 1972 sous l'égide des Nations Unies: l'Environnement est un problème Planétaire; toute politique à long terme n'est envisageable que dans un contexte international.

La Création du Comité National de l'Environnement (C.N.E) en 1974 : organe consultatif qui a pour mission de proposer les éléments essentiels de la politique environnementale dans le cadre de l'aménagement du territoire et du développement économique et social.

Plusieurs textes et loi ont été instaurés notamment : Loi 83-03 du 5 février 1983 relative à la protection de l'environnement et la création de l'Agence Nationale pour la Protection de l'Environnement (A.N.P.E.) ; cette loi permet la mise en œuvre d'une politique nationale de la protection de l'environnement :

\*Protection, restauration et valorisation des ressources naturelles ;

\*Prévention et lutte contre toute forme de pollution et nuisance ;

\*Amélioration du cadre et de qualité de vie.

#### **2. 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.).**

L'Action gouvernementale pour la protection de l'environnement a une stratégie basée sur six axes:

1. Renforcement du cadre juridique et institutionnel
2. Réduction des pollutions et nuisances
3. Préservation de la diversité biologique et des espaces naturels.
4. Formation, information et sensibilisation
5. Renforcement de l'organisation et des moyens de fonctionnement
6. Dynamisation de la coopération internationale.

Le nombre important de textes promulgués montre que l'Algérie est l'un des pays les plus actifs en matière de législation de l'environnement. Pourtant la situation environnementale est inquiétante, les ressources naturelles continuant à se dégrader en raison :

- De la non-conformité des textes d'application avec la loi-cadre.
- Des conflits de compétences existant dans les institutions chargées de l'environnement.
- Du manque de ressources, de moyens financiers.
- De l'insuffisance en matière de formation des agents affectés à cette mission.

### 3-Quelques exemples d'articles de lois relatifs à l'environnement

Vu le décret exécutif n° 93-285 du 9 Joumada Ethania 1414 correspondant au 23 novembre 1993, complété, fixant la liste des espèces végétales non cultivées protégées ;

Après approbation du Président de la République ;

#### **Décrète :**

Article 1er. . En application des dispositions de l'article 41 de la loi n° 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003, susvisée, le présent décret a pour objet de fixer la liste des espèces végétales non cultivées protégées.

Art. 2. . Sont considérées comme non cultivées protégées les espèces végétales qui n'ont pas subi de modification par sélection de la part de l'Homme et qui :

. sont menacées d'extinction ;

. revêtent un intérêt dans les domaines de la génétique, de la médecine, de l'agronomie, de l'économie, de la culture et de la science d'une manière générale.

Art. 3. . Sont protégées sur l'ensemble du territoire national les espèces végétales non cultivées fixées à l'annexe du présent décret.

Art. 4. . Au titre de la protection des espèces végétales non cultivées protégées, évoquée au niveau de l'article 41 de la loi n° 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003, susvisée, sont interdits : la destruction, la coupe, la mutilation, l'arrachage, la cueillette de végétaux de ces espèces ou de leurs fructifications, ou de toute autre forme prise par ces espèces au cours de leur cycle biologique, leur transport, leur utilisation, leur mise en vente, leur vente ou leur achat, ainsi que la détention des spécimens prélevés dans leur milieu naturel.

Art. 5. . Des autorisations de prélèvement des espèces, faisant l'objet du présent décret, peuvent être délivrées selon des modalités qui sont fixées par un arrêté conjoint du ministre chargé de l'environnement et du ministre chargé de l'agriculture.

Art. 6. . Les autorisations de prélèvement peuvent être assorties de conditions relatives au mode de prélèvement des espèces végétales concernées.

Elles peuvent être suspendues ou annulées.

Exp: *Juncus bulbosus* smar, *Orchis collina*, *Avena breviaristata*.

Vu le décret exécutif n° 06-138 du 16 Rbie Aouel 1427 correspondant au 15 Avril 2006, réglementant l'émission des gaz, fumées et vapeurs, particules liquides ou solides et les conditions de leur contrôle avec des valeurs limites fixées ;

Vu le décret exécutif n° 06-104 du 29 Mouharam 1427 correspondant au 28 Février 2006, fixant la nomenclature des déchets y compris les déchets spéciaux dangereux; cancérogène, toxique, inflammable,.....

Vu le décret exécutif n° 93-285 du 9 Joumada Ethania 1414 correspondant au 23 novembre 1993, complété, fixant la liste des espèces végétales non cultivées protégées ;  
Après approbation du Président de la République ;

**Décrète :**

Article 1er. . En application des dispositions de l'article 41 de la loi n° 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003, susvisée, le présent décret a pour objet de fixer la liste des espèces végétales non cultivées protégées.

Art. 2. . Sont considérées comme non cultivées protégées les espèces végétales qui n'ont pas subi de modification par sélection de la part de l'Homme et qui :  
. sont menacées d'extinction ;  
. revêtent un intérêt dans les domaines de la génétique, de la médecine, de l'agronomie, de l'économie, de la culture et de la science d'une manière générale.

Art. 3. . Sont protégées sur l'ensemble du territoire national les espèces végétales non cultivées fixées à l'annexe du présent décret.

Art. 4. . Au titre de la protection des espèces végétales non cultivées protégées, évoquée au niveau de l'article 41 de la loi n° 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003, susvisée, sont interdits : la destruction, la coupe, la mutilation, l'arrachage, la cueillette de végétaux de ces espèces ou de leurs fructifications, ou de toute autre forme prise par ces espèces au cours de leur cycle biologique, leur transport, leur utilisation, leur mise en vente, leur vente ou leur achat, ainsi que la détention des spécimens prélevés dans leur milieu naturel.

Art. 5. . Des autorisations de prélèvement des espèces, faisant l'objet du présent décret, peuvent être délivrées selon des modalités qui sont fixées par un arrêté conjoint du ministre chargé de l'environnement et du ministre chargé de l'agriculture.

Art. 6. . Les autorisations de prélèvement peuvent être assorties de conditions relatives au mode de prélèvement des espèces végétales concernées.  
Elles peuvent être suspendues ou annulées.

Exp: *Juncus bulbosus* smar, *Orchis collina*, *Avena breviaristata*.

Vu le décret exécutif n° 06-138 du 16 Rbie Aouel 1427 correspondant au 15 Avril 2006, réglementant l'émission des gaz, fumées et vapeurs, particules liquides ou solides et les conditions de leur contrôle avec des valeurs limites fixées ;

Vu le décret exécutif n° 06-104 du 29 Mouharam 1427 correspondant au 28 Février 2006, fixant la nomenclature des déchets y compris les déchets spéciaux dangereux; cancérogène, toxique, inflammable,.....



