

# Principaux types d'analyse

Les types d'analyse employées en domaine de l'environnement :

**1- Analyses physicochimiques** : ce type d'analyse peut s'appliquer, selon les objectifs recherchés, sur les trois matrices (Eau, sol et air)

**2- Analyses bactériologiques** : elles s'appliquent surtout sur les eaux de surface mais aussi les eaux souterraines.

**3- Analyses biologiques** : cette analyse est très étroitement liée aux indices physico chimiques et bactériologiques du milieu, elle renseigne sur la qualité du milieu et des milieux environnants, que se soit une altération et dégradation ou une amélioration et équilibre, en se basant sur des indices biologiques (Bioindication)

# I- Analyses physicochimiques

## Introduction :

Dans le présent chapitre de l'analyse physicochimique, une attention particulière est portée sur la matrice eau, car toute contamination produite dans un milieu est traduite dans la qualité des eaux de surface mais aussi dans les eaux souterraines. Comme il a été précisé dans les paragraphes précédents, divers processus physiques, chimiques et biologiques modifient la qualité de l'eau à savoir:

### Les variables de contrôle

Le contexte Physique « géologique, pédologique, topographique.....

Le contexte Agro paysagère, Activités agricoles

Le contexte industriel

Le contexte socio environnemental, Démographie et urbanisation

## Remarque

*Mise à part quelques paramètres d'analyse comme la DBO, la DCO, COD qui s'appliquent sur les eaux, les autres paramètres peuvent être analysés dans les sols*

## LISTE DES PARAMETRES A ANALYSER

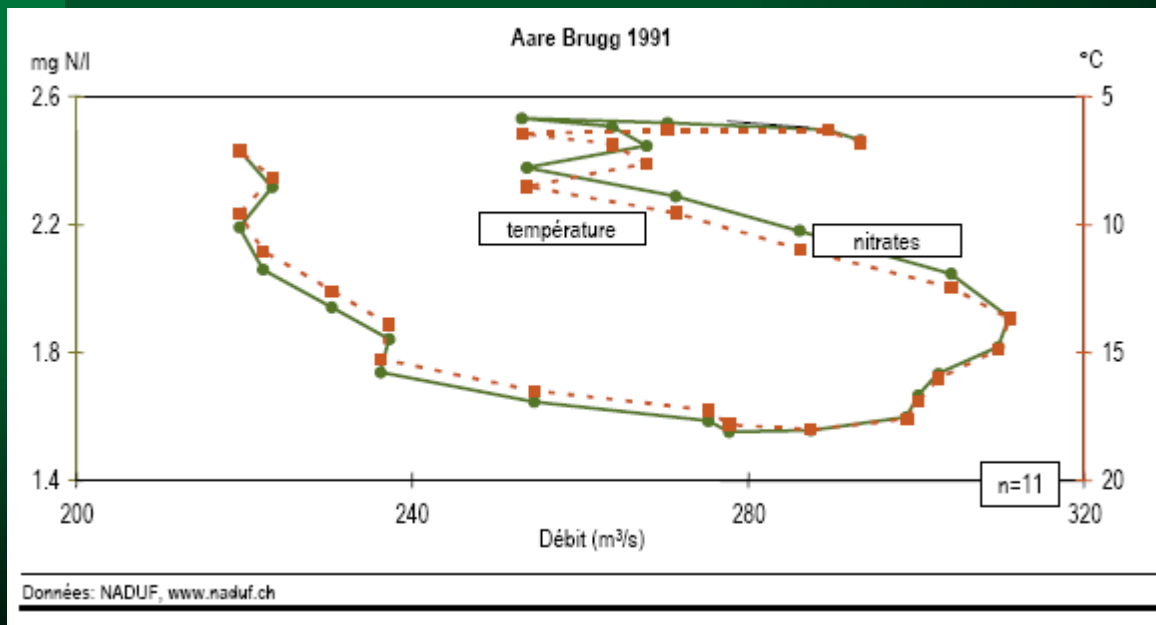
La liste des paramètres comprend essentiellement :


- Température
- pH
- la Conductivité (Minéralisation)
- Azote (Ammonium et ammoniaque, nitrites, nitrates)
- Phosphore (Phosphore total, Orthophosphates)
- carbone organique dissous, COD
- carbone organique total, COT
- demande biochimique en oxygène, DBO5
- chlorure
- alcalinité ou dureté totale

## 1.1 Température

La température (exprimée en ° C) conditionne le développement de la faune aquatique. Un réchauffement peut être dû à un apport direct d'eau plus chaude que celle du cours d'eau, ou indirect provenant des pompes à chaleur, des industries (chimiques, métallurgiques ou électriques), etc., qui utilisent l'eau comme fluide réfrigérant.

La température est un paramètre physique clé, en ce sens qu'elle agit de manière déterminante sur les processus chimiques et, plus encore, biologiques au sein des cours d'eau. On le constate par exemple pour les nitrates, dont la teneur est fortement influencée par l'activité biologique des sols (dénitrification).





Tout changement marqué dans le régime thermique d'un cours d'eau agit fortement sur la distribution des espèces vivantes. Il faut donc éviter que des interventions ne modifient sensiblement les écarts de température ou la répartition temporelle des minima et des maxima

## 1.2 pH

Le pH (potentiel Hydrogène) est la mesure de la concentration en ions hydrogène ( $H^+$ ), exprimant la quantité d'ions acides dans un milieu, donc l'acidité ou de l'alcalinité d'une solution. Il conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques. Sa mesure s'effectue sur une échelle allant de 0 à 14, la neutralité étant 7. Le pH est acide s'il est inférieur à 6.5, alcalin (ou basique) s'il est supérieur à 7.5. Le pH d'un cours d'eau est déterminé principalement par les équilibres calco carboniques et par les conditions géochimiques du bassin versant. Les zones très calcaires se caractérisent par une capacité tampon de l'eau élevée et un pH d'environ 8,3. D'autres facteurs agissant sur le pH sont la température et des processus biologiques tels que la photosynthèse ou la décomposition de matériel organique.

Une température croissante diminue la solubilité du CO<sub>2</sub> et fait baisser la valeur du pH. La photosynthèse prend à l'eau du CO<sub>2</sub> et du HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, ce qui accroît le pH.



La décomposition aérobie de matière organique libère du CO<sub>2</sub> et provoque ainsi une

baisse du pH. Celui-ci varie également selon l'origine de l'eau examinée: des eaux souterraines, par exemple, contiennent en général davantage de CO<sub>2</sub> dissous que les eaux superficielles, et sont de ce fait plus acides.

Les déversements d'eaux usées provoquent également une baisse de pH lorsque la matière organique apportée par ces eaux favorise l'activité microbienne et accroît la production de CO<sub>2</sub>. Et les apports d'acides d'origine industrielle ou artisanale font aussi baisser le pH des cours d'eau récepteurs. La déphosphatation au chlorure ferrique (FeCl<sub>3</sub>) et la nitrification de l'ammonium agissent dans le même sens. Des eaux usées déversées à intervalles réguliers peuvent agir sur les courbes annuelle et journalière du pH à tel point que leur allure sinusoïdale s'en trouve affaiblie ou complètement effacée.

## I.3 La conductivité

La conductivité (exprimée en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) fournit une bonne indication de la concentration en sels minéraux des eaux (relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa capacité à conduire un courant électrique). En tête de réseau hydrographique, la conductivité reflète essentiellement la nature géologique du bassin versant\* et le type d'alimentation (ruissellement des pluies, fonte de neige et des glaciers, résurgences\*, etc.). Plus en aval, l'influence des sels libérés par les roches et les activités humaines (p. ex. activités industrielles, salage des routes ou rejets de STEP) augmentent la minéralisation\*. La plage de variation usuelle de la conductivité d'un cours d'eau se situe entre 50 et 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Comme le pH, la conductivité électrique varie en fonction de l'équilibre calcocarbonique; de sorte qu'elle dépend également de la température et des processus biologiques. C'est pourquoi la courbe annuelle de ce paramètre revêt aussi un caractère sinusoïdal, avec des valeurs estivales inférieures à celles de l'hiver en raison d'une plus faible solubilité ionique et d'une activité biologique plus intense. Cet effet se trouve renforcé dans les émissaires des lacs en raison de la production primaire lacustre et de la précipitation de calcite qui en résulte – d'où une amplitude encore accrue des variations journalières.

Les mesures peuvent s'effectuer au moyen d'appareils portables fonctionnant sur batteries et munis d'un dispositif de compensation de la température.



De brusques sauts de conductivité observés le long d'un cours d'eau signalent souvent des pollutions ponctuelles ou des rejets; tandis que les variations transversales témoignent de panaches d'eaux usées ou d'un mélange peu homogène. La conductivité électrique n'est pas directement proportionnelle à la minéralisation du fait qu'elle dépend non seulement de la composition chimique, mais aussi de la mobilité des ions et du phénomène de complexation. Le tableau suivant présente la classification des eaux selon la conductivité

**Tableau 2 : Classification de la conductivité, selon NISBET & VERNEAUX (1970).**

Conductivité C en [ $\mu$ S/cm]	Etat	Type(s) de milieux
$C < 30$	extrêmement faible	lacs de haute montagne ou des eaux s'écoulant en milieu périglaciaire (sources de glaciers rocheux par exemple)
$30 \leq C < 50$	très faible	sources ou torrents
$50 \leq C < 100$	faible	ruisseaux et petites rivières
$100 \leq C < 200$	modérée	Cours d'eau de moyenne altitude
$200 \leq C < 300$	moyenne	régions calcaires
$300 \leq C < 400$	assez forte	-
$400 \leq C < 500$	forte	-
$C > 500$	très forte à excessive	eaux polluées ou en contact avec des roches très solubles chargées en sels minéraux



## La turbidité

Une eau turbide est une eau trouble. Cette caractéristique vient de la teneur de l'eau en particules en suspension, associées au transport de l'eau. Au cours de ce parcours, l'eau se charge de quantités énormes de particules, qui troublent l'eau. Les matières, mêlées à l'eau, sont de natures très diverses : matières d'origine minérale (argile, limon, sable...), micro particules, micro organismes. La turbidité se mesure par la réflexion d'un rayon lumineux dans l'eau. La turbidité est mesurée par un test optique qui détermine la capacité de réflexion de la lumière (l'unité de mesure est le « NTU » - unités néphélobométriques).

La turbidité joue un rôle très important dans les traitements d'eau. En effet :

- Elle indique une probabilité plus grande de présence d'éléments pathogènes.
- La turbidité perturbe la désinfection.
- Le traitement par ultraviolets est inefficace et le traitement par le chlore perd son efficacité ;
- La matière organique associée à la turbidité favorise la formation de biofilms dans le réseau et par conséquent, le développement de bactéries insensibles au chlore notamment.

## La matière en suspension

Les matières en suspension (MES) constituent l'ensemble des particules minérales et/ou organiques présentes dans une eau naturelle ou polluée. Elles peuvent être composées de particules de sable, de terre et de sédiment arrachées par l'érosion, de divers débris apportés par les eaux usées ou les eaux pluviales très riches en MES, d'êtres vivants planctoniques (notamment les algues). Elles correspondent à la concentration en éléments non dissous d'un échantillon. L'abondance des matières en suspension dans l'eau favorise la réduction de la luminosité et abaisse la production biologique du fait, en particulier, d'une chute de l'oxygène dissous consécutive à une réduction des phénomènes de photosynthèse.

# COMPOSES AZOTES

## 1.4 Azote (Ammonium et ammoniac, nitrites, nitrates)

L'azote est un élément mineur du point de vue quantitatif, mais il joue un rôle primordial dans le fonctionnement des biocénoses\*. Il se présente sous plusieurs formes : ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), ammoniac ( $\text{NH}_3$ ), nitrites ( $\text{NO}_2^-$ , métabolites intermédiaires), nitrates ( $\text{NO}_3^-$ , forme finale de l'oxydation\*).

### Ammonium et ammoniac ( $\text{NH}_4^+$ et $\text{NH}_3$ )

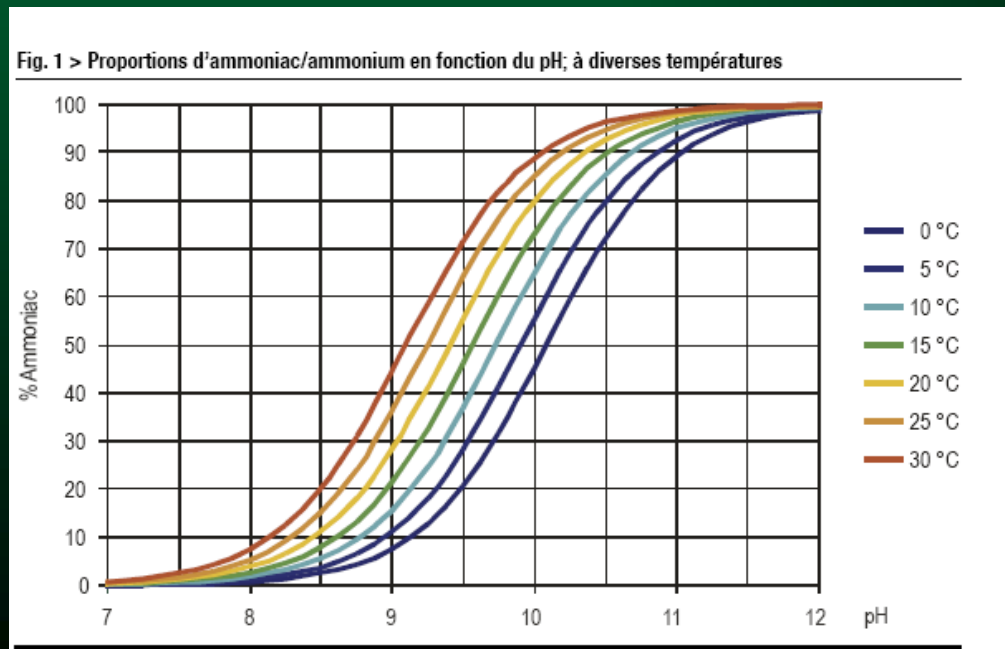
L'ion ammonium n'est normalement présent qu'en faible quantité dans les eaux bien oxygénées, car il est rapidement absorbé ou transformé en nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) puis nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), forme finale de l'oxydation (processus de nitrification).

L'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) et l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) sont toujours présents de manière concomitante dans les eaux. Leurs concentrations relatives dépendent du pH des eaux : plus les eaux sont alcalines (pH élevé) plus la concentration relative d'ammoniac sera importante.

En concentration trop élevée, l'ammoniac est mortel pour la faune piscicole. L'ammonium est lié aux activités humaines, car contenu dans l'urée humaine et les déjections animales. Il se trouve parfois en quantité non négligeable en sortie de STEP si le processus de nitrification fonctionne mal. Les dysfonctionnements de STEP ont ainsi été à divers reprises à l'origine de la mort de poissons dans des cours d'eau. Ces dysfonctionnements sont particulièrement critiques quand le débit du cours d'eau est faible (p. ex. canaux de plaine ou rivières latérales avec un faible débit résiduel).

L'ammonium n'est pas très stable. En particulier avec de faibles teneurs dans les échantillons mis en bouteille pour analyse au laboratoire, il faut s'attendre à une décomposition biologique considérable par nitrification au cours du transport. Il convient donc de refroidir les échantillons ( $<4^{\circ}\text{C}$ ) dès le prélèvement et durant leur transport au laboratoire

Les analyses de routine pour la détermination quantitative de l'ammonium et le calcul de l'ammoniac devraient se réaliser avec des pH supérieurs à 9 ou des températures supérieures à  $10^{\circ}\text{C}$ : ces conditions déplacent la situation d'équilibre entre ces deux substances en faveur de l'ammoniac toxique pour les poissons<sup>13,14</sup>. Il suffit que ces deux conditions soient remplies pour que la proportion d'ammoniac dépasse 15% (voir Fig. 3)



## Rapport entre $\text{NH}_3$ $\text{NH}_4$ et Géomorphologie des cours D'eau et Ripisylve

Des petits cours d'eau très pollués peuvent parfois présenter des concentrations inadmissibles d'ammonium ou d'ammoniac. Ce phénomène menace en particulier les tronçons où l'eau coule lentement, dont les rives n'offrent aucune protection contre le soleil, et caractérisés par une abondante production primaire (tapis d'algues, peuplement dense de macrophytes). Une forte activité de photosynthèse impliquant l'absorption accrue de gaz carbonique et carbonates augmente la concentration d'hydroxydes ( $\text{OH}^-$ ) et peut conduire localement à des valeurs de pH supérieures à 9.

### ***Impacts de la concentration de $\text{NH}_4$ sur l'écosystème aquatique***

La dégradation de l'ammonium entraîne une consommation d'oxygène dans le cours d'eau, au détriment des espèces animales qui risquent de disparaître. L'ammoniac est particulièrement toxique pour les poissons, davantage que la forme ionisée, qui s'avère environ 100 fois moins toxique. Sa concentration ne devrait pas dépasser 0,01 mg/l de façon prolongée, car elle peut être dommageable pour les oeufs, les alevins et les branchies des poissons

## Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)

Des concentrations élevées en nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) peuvent être observées, lors de la transformation biologique de l'ammonium en nitrates ou, si en conditions anaérobies\*, les nitrates sont réduits.

Les nitrites sont très instables sur le plan biochimique. Leur mesure se justifie dans les eaux piscicoles lorsque la concentration en ammonium dépasse 0.2 mg N/l. La toxicité des nitrites est très élevée pour la faune piscicole, en particulier pour les salmonidés.

Les nitrites sont instables sur le plan biochimique. Si l'on met les échantillons dans des bouteilles pour les analyser en laboratoire, il faut s'attendre à un phénomène de décomposition biologique substantielle au cours du transport.

### Précaution à prendre lors de prélèvement pour Analyse?

Une forte concentration d'ammonium dans la bouteille peut aussi engendrer des nitrites (nitrification). Il convient donc d'analyser les échantillons peu après leur prélèvement, ou tout au moins de les filtrer. Il faut aussi les refroidir (à <4° C) après prélèvement et transport.

Il convient de mesurer les taux de nitrites dans les eaux poissonneuses (présence de salmonidés ou frayères) lorsque la concentration d'ammonium dépasse 0,2 mg/L.

Comme la toxicité des nitrites dépend de la quantité de chlorures dans l'eau, il faudrait aussi déterminer celle-ci. Proposition concernant l'appréciation des teneurs en nitrites en corrélation avec celles en chlorures:



## **Composé azoté sous Forme du Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)**

Les nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) sont la forme oxydée ultime de l'azote. Très solubles dans l'eau, ils sont facilement lessivés dans les sols et entraînés par les eaux de ruissellement vers les milieux aquatiques. L'emploi de grande quantité d'engrais et les élevages intensifs ont considérablement augmenté ces apports dans diverses régions du.

## **I.5 - Phosphore (Phosphore total, Orthophosphates)**

Le phosphore est mesuré sous la forme de phosphore total (P<sub>tot</sub>) et d'ortho phosphates (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) phosphate inorganique. Le phosphore, sous forme d'ortho phosphates, est le facteur limitant de la croissance des végétaux. En effet, la production algale dépend de la substance minérale essentielle qui se trouve en plus faible quantité dans l'eau (loi du minimum). Le phosphore, naturellement en quantité limitée, aura une influence directe sur la productivité des eaux dès que sa concentration augmente.



## Origine du Phosphore

Le phosphore est un nutriment vital pour les organismes aquatiques. Comme les eaux n'en reçoivent que de faibles quantités dans un environnement naturel, ce sont les apports d'origine anthropique qui conditionnent la croissance des plantes aquatiques. Si l'on souhaite avoir une idée de sa provenance, il faut analyser le phosphore total sur des échantillons d'eau filtrés et non filtrés. Pour les lacs, on se réfère d'une part au phosphore total contenu dans le filtrat des affluents et, d'autre part, au phosphore total brut (non filtré) dans l'effluent des rejets directs de STEP. Le filtrat contient des phosphates inorganiques et organiques : orthophosphates, polyphosphates (p. ex. de produits de nettoyage et pour lave-vaisselle), phosphore organique d'origine animale et végétale, phosphore organique de produits de nettoyage (phosphonates). Les composés phosphorés insolubles retenus par les filtres proviennent soit de matière biologique (p. ex. algues), soit – sous forme de particules solides – de l'érosion du sol ou de la désagrégation de roches (p. ex. apatite, qui n'est pas directement biodisponible).

### Phosphore total (P tot)

Le phosphore total est constitué à la fois des orthophosphates  $PO_4^{3-}$  directement assimilables par les végétaux, de phosphore organique qui peut être contenu dans la matière vivante et du phosphore particulaire d'origine minérale très peu bio disponible (ne contribuant donc que peu ou pas à la croissance des algues). Le phosphore total mesuré dans les eaux est fortement corrélé aux teneurs en matières en suspension\*.

## Orthophosphates

Les orthophosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) correspondent à la forme directement assimilable par les végétaux. D'origine anthropique (eaux domestiques, rejets industriels, agriculture), ils indiquent le niveau de pollution des eaux par les activités humaines. Ils parviennent directement au milieu (effluents de STEP, déversoirs d'orage, rejets d'eaux usées) ou de manière diffuse (lessivage des engrais).

Les orthophosphates agissent directement sur la physiologie des végétaux et sont un indicateur de pollution des eaux par des activités humaines.

Le tableau suivant montre la qualité des eaux en fonction des valeurs de phosphates

Classes de qualité des eaux pour le phosphore total (P<sub>tot</sub>) et les orthophosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).

Concentrations [mg P/l]		Qualité
P <sub>tot</sub>	$\text{PO}_4^{3-}$	
< 0.04	< 0.02	Très bonne
0.04 à 0.07	0.02 à 0.04	Bonne
0.07 à 0.1	0.04 < 0.06	Moyenne
0.1 à 0.14	0.06 < 0.08	Médiocre
> 0.14	> 0.08	Mauvaise

## 1.6 Carbone organique dissous, COD : Origine et Comportement

Le carbone organique dissous (COD) peut constituer un indicateur de pollution anthropique du cours d'eau examiné. Il est rare d'observer une corrélation entre ce paramètre et les conditions de température et de débit. On se souviendra que la valeur mesurée se compose d'une partie inhérente à la situation naturelle et d'une partie imputable aux activités humaines.

Cette forme de carbone est présente dans un cours d'eau à l'état naturel, par décomposition de matière organique et par lessivage des sols du bassin versant. On en constate de fortes concentrations dans les émissaires de lacs eutrophes ou de marais. La décomposition des feuilles tombées dans l'eau en automne peut aussi accroître momentanément le taux de COD, dont des teneurs élevées peuvent ainsi avoir des causes purement naturelles. L'ordonnance sur la protection des eaux tente d'en tenir compte en prévoyant une plage d'exigences allant de 1 à 4 mg/L C.

Mais il peut y avoir des taux nettement plus élevés de COD difficilement dégradables d'origine naturelle sans effets nuisibles sur l'état du cours d'eau. Il y a souvent corrélation entre la composition de la biocénose et la fraction de COD facilement dégradable (en général d'origine anthropique) – dont il suffit de 1,0 mg/L C pour provoquer par exemple une prolifération de *Sphaerotilus*. C'est donc la fraction anthropique dégradable – souvent minime en valeur absolue – qui constitue le critère décisif pour une appréciation qualitative. Si la part naturelle est considérable ou plus ou moins inconnue, cela complique l'attribution à une classe d'évaluation déterminée.

## **1.7 carbone organique total, COT**

Le carbone organique total (COT) comprend, en plus du COD, une fraction organique particulière qui provient notamment des déversoirs de STEP au moment d'épisodes orageux, du ruissellement d'engrais organiques ou de l'érosion du sol. Dans les périodes de crue, des organismes aquatiques ayant proliféré sur place sont emportés et contribuent à accroître la charge de COT. Pour les calculs de charges il convient donc de prendre en compte les concentrations mesurées en situation de débits élevés. Les exigences relatives au COT doivent faire l'objet d'une formulation aussi souple que pour le COD.

## **1.8 demande biochimique en oxygène, DBO5**

La demande biochimique en oxygène indique la consommation d'oxygène par des processus de dégradation biologiques au cours d'une période déterminée, par exemple en l'espace de cinq jours (DBO5). Les substances consommant de l'oxygène sont notamment: carbone organique, ammoniac, nitrites, acide sulfhydrique et d'autres composés réduits – en majeure partie des substances facilement dégradables.

Les processus d'oxydation dépendent fortement des caractéristiques morphologiques et hydrologiques du cours d'eau, ainsi que de sa température. Les eaux sensibles sont celles qui s'écoulent lentement ou atteignent une certaine profondeur (retenues). Lorsque de la matière organique sédimente, la consommation d'oxygène sur le fond et à proximité de celui-ci peut aller jusqu'à instaurer des conditions anaérobies; il en résultera la formation de substances réduites – nitrites ou même ammonium, méthane et acide sulfhydrique

## 1.9 Chlorure

Le chlorure ( $\text{Cl}^-$ ) est un ion négatif du chlore ( $\text{Cl}$ ); cet élément est très abondant dans l'environnement. Il est présent dans l'eau, le sol, les roches, ainsi que dans de nombreux aliments.

### Sources

Les chlorures sont naturellement présents dans les eaux en faibles concentrations (2 à 4 mg/L  $\text{Cl}^-$ ).

Une bonne part des charges en chlorures est d'origine anthropique (p. ex. salage des routes, échange d'ions, engrais de ferme, précipitants de STEP, etc.).

Le chlorure est présent à l'état naturel dans les eaux souterraines en raison de l'altération météorique et la lixiviation des roches sédimentaires et des sols, ainsi que de la dissolution des dépôts de sel. Le chlorure est souvent attaché au sodium sous forme de chlorure de sodium ( $\text{NaCl}$ ), lequel est très utilisé l'hiver sur les routes enneigées et verglacées.

Autres sources de chlorure dans l'eau souterraine :

- Intrusion d'eau salée et embruns dans les régions côtières
- Lixiviats issus des décharges d'ordures ou des sites d'enfouissement des déchets
- Contamination par les eaux d'égout
- Lixiviats provenant de puits d'exploration profonds ou de mines (rare)

Il faut également prendre en compte les teneurs en chlorures lorsqu'on évalue la toxicité des nitrites à l'égard de la faune piscicole. À fortes concentrations (>200 mg/L  $\text{Cl}^-$ ), les chlorures sont toxiques pour les plantes, en particulier pour les algues.



## ANNEXE

### VALEURS LIMITES MAXIMALES DES PARAMETRES DE REJET DES INSTALLATIONS DE DEVERSEMENT INDUSTRIELLES

Paramètres	Unités	Valeurs maximales
Températures	C°	30
PH	«	5,5 à8,5
MES	Mg/	30
DBO5	«	40
DCO	«	120
Azote Kjeldahl	«	40
Phosphates	«	02
Cyanures	«	0,1
Aluminium	«	5
Cadmium	«	0,2
Chrome 3+	«	3,0
Chrome 6+	«	0,1
Fer	«	5
Manganèse	«	1
Mercure	«	0,01
Nickel	«	5
Plomb	«	1
Cuivre	«	3
Zinc	«	5
Huiles et graisses	«	20
Hydrocarbures	«	20



## **II- Analyses Biologiques**



## **I.1 les bio-indicateurs :**

Les indicateurs biologiques ou bio-indicateurs sont des espèces animales ou végétales dont les préférences ou exigences écologiques en font des témoins précoces des variations des facteurs abiotiques ou biotiques intervenant dans leur environnement. Ces variations sont le plus souvent les conséquences des interventions humaines.

Parmi les différentes indications que donnent les indicateurs biologiques et qui sont les plus souvent recherchées, on peut citer celles que fournissent les bio-indicateurs de pollution (recherches en écotoxicologie, surveillance permanente d'un environnement, évaluation et suivi de la qualité d'un environnement, cas de pollution accidentelle ou aigue).

Les indications de pollution peuvent être apportées par la disparition de certaines espèces plus ou moins sensibles ou, au contraire, par la survenue d'autres espèces dites résistantes. Par exemple, dans le cas d'une pollution organique survenant sur un cours d'eau, on pourra observer à la fois la disparition ou la diminution sensible des éphémères, des plécoptères ou des trichoptères et l'apparition de tubifex, de sialis ou de chironomes.

## I.1 les bio-indicateurs : suite

Parmi les autres indications fournies par les bio-indicateurs, on peut parler des espèces indicatrices de contaminations diffuses ou chroniques. Il s'agit surtout d'espèces qui se révèlent de précieux auxiliaires pour mesurer ou suivre des phénomènes comme la bioaccumulation dans les chaînes alimentaires. Les organismes aquatiques filtreurs comme les huîtres ou les moules, par exemple, peuvent concentrer suffisamment un produit libéré à l'état de traces indécélables dans un milieu ou un rejet.

D'autres bio-indicateurs peuvent servir pour mesurer les pressions anthropiques sur un milieu. Certaines espèces, peuvent, par exemple, en être très affectées, d'autres au contraire, très favorisées. Les oiseaux fournissent souvent de bons indicateurs de l'anthropisation. D'autres encore peuvent être précieux pour le suivi de la mesure d'une pression de prédation, le suivi de la qualité des eaux, y compris la qualité microbiologique, l'efficacité d'un traitement nettoyant sur un sol ou une surface de travail en industrie agroalimentaire ou la qualité d'une stérilisation en milieu hospitalier.

Les indicateurs biologiques sont donc principalement un moyen de simplifier et de systématiser l'approche des caractéristiques d'un écosystème sans être obligé de prendre en compte tous les éléments de cet écosystème, ce qui est presque toujours impossible. Mais cette simplification ne doit jamais faire oublier qu'elle n'est qu'un indice pour lequel, il est impératif d'élargir le champ de recherche aussitôt que sa variation devient préoccupante

## II.2 Paramètres biologiques

L'analyse des paramètres biologiques complètent les analyses physico-chimiques ponctuelles qui n'offrent qu'une image instantanée de la qualité des eaux (un monitoring poussé s'avère très coûteux). Les organismes vivants reflètent la qualité des eaux sur une plus grande durée (quelques semaines pour les diatomées , plusieurs mois pour les invertébrés).

### II.2.1 Les diatomées

Les diatomées\* sont des algues brunes unicellulaires dont la taille varie en général de 5  $\mu\text{m}$  à plus de 90  $\mu\text{m}$ . Solitaires ou en colonie, elles vivent sur des substrats variés tels que pierres ou macrophytes\* aquatiques et sont présentes aussi bien dans l'eau, l'air que le sol. Les diatomées se révèlent être de bons indicateurs de la qualité des eaux. Elles intègrent, durant leur durée de vie d'environ trois semaines, la salinité, les teneurs en oxygène dissous, en azote, en phosphore et en silice des cours d'eau et gardent donc en mémoire les événements défavorables à leur croissance sur ce laps de temps. Elles sont, de surcroît, plus rapidement sensibles aux nuisances qu'aux améliorations de la qualité du milieu. L'absence (ou la disparition) des diatomées dans un secteur de cours d'eau n'est pas sans conséquence sur l'équilibre faunistique de la rivière puisqu'elles constituent l'un des premiers maillons de la chaîne alimentaire.

## II.2.2 Indice biologique global normalisé (IBGN)

Le diagnostic de l'état d'un cours d'eau peut également reposer sur la faune, notamment sur les invertébrés benthiques\* (larves d'insectes, mollusques, etc.). Ces communautés se modifient de façon prévisible : à l'aval d'une pollution, certaines espèces sensibles diminuent alors que d'autres plus tolérantes prolifèrent.

Les suivis biologiques basés sur ces invertébrés aquatiques sont effectués à l'aide de diverses méthodes dont l'IBGN (AFNOR, 2004

**L'IBGN** mesure la qualité biologique globale d'un écosystème\* aquatique grâce à l'étude du peuplement de la macrofaune\* benthique\*. L'indice est présenté sous la forme d'une valeur comprise entre 1 et 20, regroupée en classe, caractérisant la qualité du cours d'eau considéré. Cet indice est surtout utilisé pour les rivières et les petits cours d'eau de basse et moyenne altitude.

La méthode de l'IBGN a l'avantage de prendre en compte toutes les **mosaïques d'habitats\***. En effet, la nature et la qualité des substrats du fond déterminent la diversité et l'abondance des macro-invertébrés benthiques\* ; ceux-ci dépendent très fortement de la capacité biogénique\* de ces substrats. A chaque station\*, l'échantillonnage se compose de 8 prélèvements de 1/20 m<sup>2</sup>, effectués dans tous les types de substrats<sup>11</sup> représentés et classes de vitesses (5 classes, entre moins de 5 cm/s et plus de 150 cm/s). Pour chacune des stations, une liste faunistique des macro-invertébrés benthiques\* est établie

