

La qualité de l'eau

Qualités des eaux de surface et souterraine (rivières, lacs, fleuves, nappes phréatiques..)

La qualité de l'eau dépend de facteurs naturels déterminants (sol, sous-sol, etc.) et d'activités humaines (agricole, industrielle et domestique) produisant des rejets qui se retrouvent directement ou indirectement dans les milieux aquatiques.

Paramètres permettant de juger de la qualité d'une eau de surface

Catégories	Paramètres
Paramètres organoleptiques	Couleur, odeur
Paramètres physico-chimiques	Température, pH, conductivité à 20°C, chlorures, sulfates, matières en suspension, O ₂ dissous, DBO ₅ , DCO, oxydabilité KMnO ₄
Substances indésirables	Nitrates, NTK, ammonium, baryum, phosphates, phosphore total, fer total, cuivre, zinc, manganèse, fluorures, hydrocarbures, phénols, détergents anioniques
Substances toxiques	Arsenic, cadmium, cyanures, chrome total, plomb, mercure, nickel, sélénium, pesticides par substance, pesticides totaux, H.P.A. totaux
Paramètres bactériologiques	Coliformes fécaux, coliformes totaux, streptocoques fécaux
Paramètres biologiques	Chlorophylle a

O ₂ dissous mg/l	DBO ₅ mg O ₂ /l	DCO mg O ₂ /l	NH ₄ ⁺ mg NH ₄ ⁺ /l	Phosphore total mg P/l	Coliformes fécaux par 100 ml
> 7	< 3	< 20	< 0,1	< 0,1	< 20
7 - 5	3 - 5	20 - 25	0,1 - 0,5	0,1 - 0,3	20 - 2000
5 - 3	5 - 10	25 - 40	0,5 - 2	0,3 - 0,5	2000 - 20
3 - 1	10 - 25	40 - 80	2 - 8	0,5 - 3	> 20 000
< 1	> 25	> 80	> 8	> 3	-

Grille simplifiée pour l'évaluation de la qualité des eaux de rivière

- 1^{ère} ligne : classe 1A :bonne : absence de **pollution de l'eau** significative.
 2^{ème} ligne classe 1B : Assez bonne. **Pollution de l'eau** modérée.
 3^{ème} ligne : classe 2 : Médiocre. **Pollution de l'eau** nette.
 4^{ème} ligne : classe 3 : Mauvaise. **Pollution de l'eau** importante.
 5^{ème} ligne : Hors Classe. **Pollution de l'eau** très importante

Les MEST

Quantité de matières en suspension totales, déterminées par filtration d'un échantillon d'eau et séchage, englobent l'ensemble des particules, organiques ou minérales, non dissoutes.

Oxygène dissous (voir Tp et ANNEXES TECHNIQUES)

L'eau absorbe autant d'oxygène que nécessaire pour que la pression partielle d'oxygène dans le liquide et l'air soit en équilibre. La solubilité de l'oxygène dans l'eau est fonction de la pression atmosphérique (donc de l'altitude), de la température et de la minéralisation de l'eau: la saturation en O₂ diminue lorsque la température et l'altitude augmente. La concentration en oxygène dissous est un paramètre essentiel dans le maintien de la vie, et donc dans les phénomènes de dégradation de la matière organique et de la photosynthèse. C'est un paramètre utilisé essentiellement pour les eaux de surface. Au niveau de la mer à 20°C, la concentration en oxygène en équilibre avec la pression atmosphérique est de 8.8 mg/L d'O₂, ou 100% de saturation. Une eau très aérée est généralement sursaturée en oxygène (torrent), alors qu'une eau chargée en matières organiques dégradables par des microorganismes est sous saturée. En effet, la forte présence de matières organiques dans un plan d'eau par exemple, permet aux microorganismes de se développer tout en consommant de l'oxygène. L'oxygène dissous est donc un paramètre utile dans le diagnostique biologique du "milieu eau".

La DBO (Demande Biochimique en Oxygène)

Elle exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable d'une eau par le développement de micro-organismes, dans des conditions données. Les conditions communément utilisées sont 5 jours (on peut donc avoir une dégradation partielle) à 20°C, à l'abri de la lumière et de l'air: on parle alors de DBO5. Elle est exprimée en mg d'O₂ consommé.

La DCO (Demande Chimique en Oxygène) (Voir ANNEXES TECHNIQUES)

exprime la quantité d'oxygène qui serait nécessaire pour oxyder la matière organique (biodégradable ou non) d'un litre eau. On la détermine expérimentalement à l'aide d'un autre oxydant: le dichromate de potassium : K₂Cr₂O₇. Le résultat s'exprime en mg d'O₂/L.

Cette méthode donne donc une image plus ou moins complète des matières oxydables présentes dans l'échantillon (certains hydrocarbures ne sont par exemple pas oxydés dans ces conditions). L'objectif de la DCO est donc différent de celui de la DBO. La DCO peut être réalisée plus rapidement que la DBO ("oxydation forcée"), et donne une image de la matière organique présente même si le développement de micro-organismes est impossible (présence d'un toxique par exemple).

Les échelles de valeur fréquemment rencontrées sont les suivantes:

Situation	DBO5, d'O ₂ en mg/L
eau naturelle pure et vive	< 1
rivière légèrement polluée	1 < c < 3
égout	100 < c < 400
rejet station d'épuration	20 < c < 40

Généralement, la DCO = 2 à 1.5 x DBO5. La relation empirique suivante lie la DBO5, DCO et la matière organique de l'échantillon (MO): $MO = (2DBO5 + DCO)/3$

Les ions phosphate PO₄³⁻

Origine: matière organique, lessive et engrais.

Problème : eutrophisation

Les ions ammonium NH₄⁺

Origine: matières organiques azotées (déjection, eaux usées, végétaux...)

Problème de goût et d'odeur

Problème : eutrophisation

Les ions nitrates NO₃⁻ (voir ANNEXES TECHNIQUES)

En milieu rural, les nitrates sont un excellent indicateur des apports excessifs en azote par les engrais, les épandages de lisiers, les déjections animales et les systèmes d'assainissement mal entretenus. Une augmentation des teneurs en nitrates dans les eaux superficielles et souterraines a été généralement constatée depuis les dernières décennies. Dans de nombreuses régions, les concentrations dépassent les normes de potabilisation. La transformation dans l'organisme des nitrates en nitrites peut présenter un danger, en particulier chez le nourrisson. En effet, les nitrites se combinent à l'hémoglobine du sang et perturbent chez le nourrisson le transport de l'oxygène (méthémoglobinémie infantile). Les nitrites peuvent également se combiner avec des amines et former des nitrosamines, suspectées d'être cancérigènes (cancer de l'estomac). Pour prévenir ces risques, une concentration maximale admissible pour l'eau potable a été fixée à 50 mg.L⁻¹ par l'OMS et les réglementations française et européenne relatives à l'eau potable.

Problème : eutrophisation

L'eutrophisation

Il s'agit d'une modification des écosystèmes aquatiques qui se produit lorsque le milieu reçoit trop de matières nutritives assimilables par les algues assurant ainsi leur prolifération. Les principaux nutriments à l'origine de ce phénomène sont le phosphore (contenu dans les phosphates) et l'azote (contenu dans l'ammonium, les nitrates et les nitrites). L'eutrophisation s'observe surtout dans les écosystèmes dont les eaux se renouvellent lentement et en particulier dans les lacs profonds. Ce processus est naturellement lent mais il peut être fortement accéléré par l'apport d'effluents domestiques, industriels et/ou agricoles et conduire à la transformation de l'écosystème aquatique en quelques décennies voire même en quelques années.

Les modifications débouchent quelquefois sur une multiplication de certaines espèces d'algues qui produisent de véritables «étendues d'eau colorées». Ces proliférations peuvent être visqueuses, malodorantes et même toxiques comme c'est le cas parfois pour les cyanobactéries.

Les pesticides

La France est l'un des pays européens qui consomme le plus de pesticides, plus de 75 000 tonnes/an. Compte tenu de cette utilisation importante, ces produits sont retrouvés dans les différentes ressources en eau. Les effets des pesticides sur la santé humaine sont difficiles à évaluer, néanmoins des effets aigus et chroniques sont aujourd'hui reconnus pour certains d'entre eux (maux de tête, paralysie, effets cancérigènes, baisse de la fertilité...).

Les métaux lourds

Les métaux lourds libérés dans l'environnement peuvent se déposer dans les cours d'eau et les contaminer. Suivant les concentrations rencontrées, le plomb, le mercure, le cadmium, l'arsenic, le cuivre, le zinc et le chrome peuvent être dangereux pour la santé. Ils s'accumulent dans l'organisme et leurs effets toxiques aigus et chroniques sont reconnus sur plusieurs organes. Certains d'entre eux sont toxiques pour le cerveau (troubles neurologiques) et les os.

Les médicaments

Les substances pharmaceutiques sont des composés synthétiques d'usage très répandu, créées pour avoir un effet biologique thérapeutique ; or certains médicaments et/ou leurs métabolites une fois utilisés, se retrouvent dans les stations d'épuration et dans les milieux aquatiques. Les principaux résidus de médicaments humains retrouvés dans les eaux sont les stéroïdes synthétiques (oestradiol, testostérone) utilisés dans les nombreux traitements hormonaux, des antidépresseurs (diazepam, amitriptyline), des analgésiques (ibuprofen, aspirine, paracétamol), des anticholestérols, etc. Ces différentes molécules sont consommées en quantités très importantes en France. Les concentrations mesurées dans les eaux de rivière et les eaux marines vont de quelques dizaines de nanogrammes par litre à quelques milliers de ng.L⁻¹ selon les composés, les stations d'épuration et les saisons. Bien que ces molécules soient généralement présentes en faibles concentrations, certains composés requièrent une attention particulière en raison de leur faible dégradation dans l'environnement et de leur forte résistance aux traitements en station d'épuration et d'un éventuel effet sanitaire lors d'exposition à long terme et à très faibles doses.

Qualité de l'eau du robinet

L'eau du robinet, l'un des produits destinés à la consommation humaine les mieux surveillés, doit répondre à des critères de qualité très stricts portant sur des paramètres bactériologiques (l'eau ne doit comporter aucun germe susceptible de nuire à la santé), chimiques, physiques et organoleptiques (l'eau doit être limpide, sans goût ni odeur désagréable).

Actuellement, le principal risque sanitaire lié à la consommation d'eau de robinet est d'ordre microbiologique.

La contamination des eaux par des microorganismes pathogènes (bactéries, virus, parasites) est susceptible de provoquer des cas isolés de gastro-entérites voire une situation épidémique. La contamination microbiologique fait l'objet d'un suivi renforcé par les autorités sanitaires dans la mesure où les effets néfastes sur la santé peuvent apparaître à court terme (quelques heures à quelques jours) et concerner un nombre important de personnes.

Les normes de qualité de l'eau destinée à la consommation humaine sont fixées par le code de la santé publique en transposition de la directive européenne 98/83/CE. Le suivi de la qualité de l'eau est assuré par un contrôle mis en oeuvre par la Direction Départementale de la Protection des Populations et par la surveillance permanente réalisée par le distributeur d'eau.

Le code de la santé publique impose également que le consommateur soit informé de la qualité de l'eau. L'info-facture fournie au moins une fois par an, apporte des précisions sur le contrôle sanitaire, la signification des paramètres, ainsi que des recommandations pour les usagers.

Quelques exemples de limites de qualité à ne pas dépasser sur les eaux distribuées: (*)

Paramètres microbiologiques

Escherichia Coli (E. Coli) : 0 / 100 mL

Paramètres chimiques

Fluorures (***) : 1,50 mg/L

Nitrates : 50 mg/L

Pesticides (par substance) : 0,10 µg/L

Pesticides (total) : 0,5 µg/L

Plomb : 10 (25 jusqu'au 25 décembre 2013) µg/L

Quelques exemples de référence de qualité à ne pas dépasser sur les eaux distribuées : (**)

Paramètres microbiologiques

Bactéries coliformes 0 / 100 mL

Paramètres chimiques et organoleptiques

Chlore libre et total (****)

Absence d'odeur ou de saveur désagréable et pas de changement anormal

Couleur, odeur, saveur acceptables par le consommateur et aucun changement anormal

Fer total : 200 µg/L

Température : 25 °C

Equilibre calcocarbonique : les eaux doivent être à l'équilibre ou légèrement incrustantes (eau plutôt

entartrantes qu'agressives)

Paramètres indicateurs de radioactivité

Tritium 100 Bq/L

(*) **Les limites** de qualité portent sur des paramètres qui peuvent porter atteinte à la santé, par des effets immédiats ou à plus ou moins long terme.

(**) **Les références** de qualité concernent les substances **sans incidence directe sur la santé**, aux teneurs habituellement observées dans l'eau, **mais qui peuvent mettre en évidence une présence importante d'un autre paramètre.**

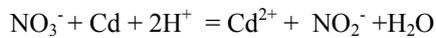
(***) A faible dose, le fluor est un oligo-élément aux effets bénéfiques (protection contre les caries). A forte dose, il peut provoquer des fluoroses dentaires (tâches sur l'émail et lésions).

(****) Le chlore est utilisé comme désinfectant. Il est choisi notamment pour ses qualités de rémanence (subsistance dans l'eau). L'odeur de l'eau liée au chlore disparaît quand on laisse la carafe d'eau 1h au réfrigérateur

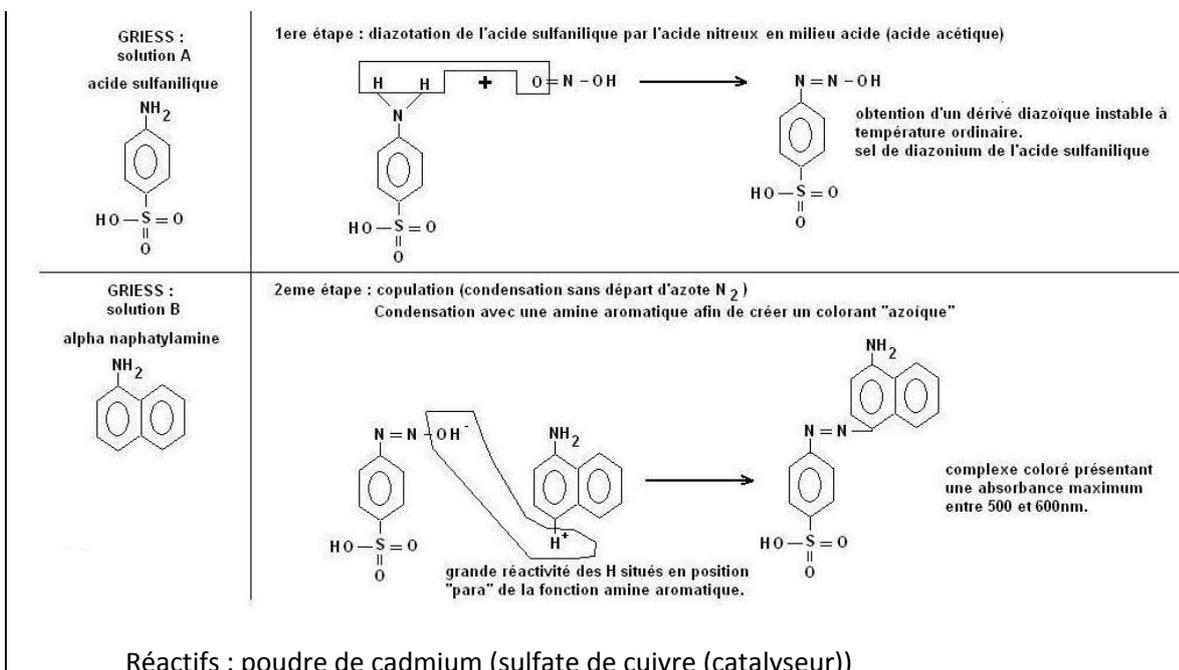
ANNEXES TECHNIQUES

Dosage des nitrates :

Ce dosage nécessite la réduction en milieu acide des nitrates en nitrites par l'intermédiaire de poudre de cadmium qui joue le rôle de réducteur.



Les nitrites sont en milieu transformés en acide nitreux, instable, et sont caractérisés par la réaction de Griess. Cette technique repose sur une diazotation entre l'acide nitreux et une amine aromatique primaire (acide sulfanilique). Le dérivé diazoïque, instable réagit avec une amine (alpha naphtylamine) par copulation (réaction de condensation sans départ de diazote : N_2) La produit de la réaction est un complexe coloré (colorant « azoïque ») présentant une coloration rose avec une absorbance maximum entre 500 et 600nm (visible).



Réactifs : poudre de cadmium (sulfate de cuivre (catalyseur))

A : acide sulfanilique + acide éthanoïque

B : alpha -naphtylamine + acide éthanoïque

Dosage de la DCO :

On détermine expérimentalement la DCO en oxydant les matières dissoutes dans l'eau non pas avec du dioxygène mais avec un oxydant plus fort : l'ion dichromate $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$.

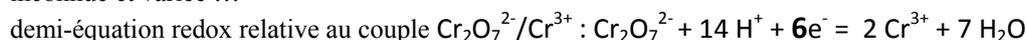
A l'aide d'un montage à reflux, on fait réagir à chaud pendant 2h30 l'eau à analysée (une quantité précise) avec du dichromate en excès (orange)(on connaît la quantité exacte introduite aussi soit n_i) en milieu sulfurique en présence d'un catalyseur (sulfates de mercure et d'argent)

Le dichromate oxyde les polluants de l'eau mais à la fin il reste du dichromate.

On dose l'excès du dichromate par une solution de fer par colorimétrie (ou par spectrophotométrie.)

En faisant la différence entre ce que l'on dose et ce qu'on a introduit au début on en déduit la quantité de dichromate qui a réagi et donc la DCO, la quantité de polluants présents dans l'eau.

On ne peut pas écrire d'équation correspondant à la réaction d'oxydation des matières organiques de nature inconnue et variée ...



Dosage colorimétrique du dichromate en excès par le fer(II) en présence d'un indicateur coloré redox comme la diphénylamine 4-sulfonate de baryum (forme oxydée violette, forme réduite incolore) : virage de la solution du violet au bleu vert de Cr^{3+} :



On trouve la quantité de matière en dichromate restant après réaction avec les matières organiques : $n_r = \frac{n(\text{Fe}^{3+})}{6}$

On en déduit la quantité de matière de dichromate qui a réagi avec les V mL d'eau à analyser introduits dans le ballon : $n = n_i - n_r$

Si l'oxydation des matières organiques avait été réalisée par du dioxygène dissous, c'est la demi-équation redox du couple $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$ qui serait intervenue : $\text{O}_2 + 4 \text{e}^- + 4 \text{H}^+ = 2\text{H}_2\text{O}$

On voit que chaque mole de dichromate capte 6 mol d'électrons aux matières oxydables de l'eau, donc n mol de dichromate captent $6*n$ mol d'électrons.

Une mole de dioxygène capte 4 mol d'électrons donc il aurait fallu $\frac{6n}{4}$ mol de dioxygène pour oxyder les matières oxydables dans le même volume d'eau.

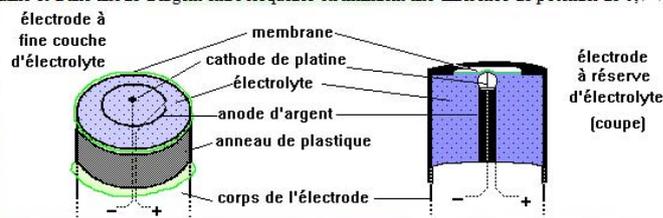
On en déduit ensuite la masse de dioxygène pour oxyder 1L d'eau

Dosage de la DCO :

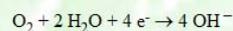
Le dosage en kit ou en laboratoire est basé sur la méthode de Winkler vue en Travaux pratiques. Mais on utilise de plus en plus des oxymètres dont le principe est basé sur des méthodes physico-chimiques

Principe de fonctionnement de l'électrode à oxygène

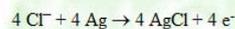
Les oxymètres à sonde polarographique (ou électrode) sont plus souvent utilisées pour l'ExAO. L'électrode à oxygène (électrode de Clark) est formée d'une cathode de platine et d'une anode d'argent entre lesquelles on maintient une différence de potentiel de 0,7 V.



Sous l'influence de cette tension (potentiel redox), l'oxygène dissous dans la solution de KCl est ionisé en hydroxyle au contact de la cathode suivant la réaction :



Au contact de l'anode a lieu une autre réaction :



Il en résulte un courant très faible, proportionnel à la concentration en dioxygène du milieu dans lequel baigne l'électrode. C'est ce courant qui est amplifié et mesuré.

Une membrane de Téflon (hydrophobe), perméable à l'oxygène mais imperméable à l'eau et aux ions dissous isole la solution de KCl du milieu d'expérience. La mesure se fait donc sous la membrane, dans l'électrolyte.

Bibliographie :

- http://environnement.ecoles.free.fr/pollution_eau.htm
- <http://culturesciences.chimie.ens.fr/dossiers-chimie-societe-article-EauProduitNaturel.html>
- <http://sante.gouv.fr/drass/environnement/GREEQS/outils/classeur/guides/5-lexique-pratique-eausante.pdf>
- <http://www.developpement-durable.gouv.fr/La-qualite-de-l-eau-potable-et.html>
- http://www.mp.chambagri.fr/IMG/pdf/ex_65_normes_potabilite_eau.pdf
- http://www.abc-sciences.fr/experiences/experience_nitrate.php
- <http://pedagogie.ac-amiens.fr/svt/labotech/Oxymetre/principe.html>