

## 2. Pollution de l'eau

Concerne toute modification néfaste aux propriétés physico-chimiques ou rejet de substances liquides, gazeuses ou solides dans l'eau de manière à rendre cette eau dangereuse à utiliser. Elle est essentiellement liée aux activités humaines et a des effets dangereux sur la santé et l'environnement.

**2.1 Modes de transmission :** les éléments provocateurs de pollution parviennent par :

- rejets des villes et industries, localisés à l'extrémité d'un réseau d'égout ;
- rejets diffus (lessivage des sols agricoles, décharges, ...).

Leur pénétration dans le sous-sol engendre une pollution durable des eaux souterraines (durée de contamination longue) difficile à traiter.

**2.2 Types de pollution :** selon la répartition géographique (Tab. 01), on peut distinguer :

**Tableau 01 : Types de pollution de l'eau**

Pollution ponctuelle	Pollution diffuse
provenant d'un site facile à localiser, source fixe d'émission polluantes importantes.	rejets complexes de substances dans un territoire donné et transmis à l'eau indirectement.

**2.3 Sources de pollution :** selon l'origine de la pollution, on peut distinguer :

**Tableau 02 : Sources de pollution de l'eau**

Source	Origine
Naturelle	polluants (géogéniques) issus de processus géologiques dont le contact avec l'eau, peut provoquer des concentrations inhabituelles en métaux lourds.
Atmosphérique	pluie polluée par des gaz ou solides en suspension rejetés dans l'atmosphère par les transports, les usines (CO, SiO <sub>2</sub> , poussières...).
Urbaine	eaux des rejets domestiques et industriels qui entraînent la pollution de l'eau.
Industrielle	accélération de la pollution dans les pays développés (rejets divers).
Agricole	pollution englobant les activités liées aux cultures (pesticides et engrais) et à l'élevage (déchets solides des industries agro-alimentaires)

**2.4. Principaux polluants:** selon le type de polluant, on peut distinguer trois catégories de pollution : physique, chimique et biologique.

**Tableau 03 : Principaux polluants de l'eau**

<b>Polluants</b>	<b>Caractéristiques</b>
<b>Matières en suspensions (MES)</b>	désignent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Les MES confèrent à l'eau un aspect trouble au fur et à mesure que les sédiments se déposent au fond (diminuent la luminosité dans l'eau et freinent la photosynthèse).
<b>Sels minéraux</b>	sont présents naturellement dans l'eau en faible quantité (chlorures ou sulfates de calcium, de magnésium, de sodium ou de potassium).
<b>Matières organiques (MO)</b>	déchets carbonés tels que la cellulose produite les industries de papier ou les hydrocarbures. Elles constituent une nourriture de choix pour les micro-organismes de l'eau et provoquent leur prolifération.
<b>Métaux lourds (ETM)</b>	éléments possédant une masse volumique supérieure ou égale à 5 g.cm <sup>-3</sup> . Ils constituent des polluants qui ne se dégradent pas dans l'environnement.
<b>Pesticides</b>	substances utilisées pour lutter contre les insectes et végétaux nuisibles dont on distingue plusieurs groupes caractérisés par des persistances variables (hydrocarbures chlorés sont plus persistants comme le DDT (Dichloro Diphényl Trichloroéthane).

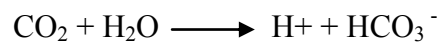
**2.5 Conséquences:** généralement les conséquences de la pollution de l'eau ont un impact négatif sur l'homme et son environnement notamment par les MO solubles qui abaissent la teneur en Oxygène ou des MES qui s'accumulent au fond des cours d'eau.

### 3. Pollution des sols

Beaucoup de substances qui parviennent au sol sont dangereuses pour l'homme et son environnement. Si l'apport d'une substance, notamment difficilement dégradable, est plus important que sa disparition par lessivage, par dégradation, alors cette substance s'accumule dans le sol.

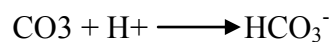
#### 3.1. Acidification des sols :

**1.1 Sols et pH :** le pH d'un sol est d'une grande importance, particulièrement pour sa capacité à mettre des substances à la disposition des plantes. Une introduction élevée d'acide dans le sol conduit chez les plantes à une diminution de la croissance. La respiration des organismes du sol libère de grandes quantités de CO<sub>2</sub>, qui forme des protons avec l'eau du sol, selon la réaction suivante :



Le sulfate est un engrais acide d'ammonium qui, diminue le pH des sols, mais c'est les précipitations qui leur apportent le plus d'acidité. **Ex :** une pluie au PH voisin de 5,6, devienne acide quand des gaz acides comme SO<sub>x</sub> et NO<sub>x</sub> se dissolvent dans les gouttes de pluie.

**3.2 Le sol et son effet tampon :** en fonction de sa composition, le sol est capable de fixer les protons, réversiblement ou irréversiblement des différents constituants des sols qui contribuent à cet effet tampon. Quand les acides parviennent sur le sol, ce sont d'abord les carbonates qui réagissent.



**3.3 Pesticides :** un pesticide est une substance utilisée pour lutter contre des êtres vivants nuisibles à l'homme de façon directe ou indirecte. Selon les organismes qu'ils combattent, on peut les répartir en différents groupes (Bactéricides : détruit les Bactéries ; Fongicides : détruit les Champignons).

**3.2 Contaminations :** les contaminations du sol peuvent être diffuses ou ponctuelle.

**Tableau 04. Types de contaminations**

Diffuses	Ponctuelles
lorsque les polluants sont émis à partir de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• sources non stationnaires (automobiles) ;</li> <li>• sources très étendues (dépôts de produits en agriculture) ;</li> <li>• grand nombre de sources (transports, foyers).</li> </ul>	grandes quantités de polluants dans un territoire délimité par des clôtures, des bâtiments, et des cités contaminés.

Les substances et les composés organiques sont caractérisés par des persistances variables dont les hydrocarbures chlorés sont les plus persistants (Tab.05).

**Tableau 05. Temps de persistance de certains composés**

<b>Composés</b>	<b>Hydrocarbures chlorés</b>	<b>carbonates</b>	<b>Esters d'acides phosphorés</b>
<b>Temps de Persistance</b>	(2-5) ans	(2-12) semaines	(2-12) semaines

## TD N° 9 Evaluation de la pollution de l'eau

La pollution de l'eau est évaluée selon plusieurs critères :

### 1. Critères d'évaluation :

**1.1 Les Matières en suspension totale (Mest) :** sont obtenues par filtration, séchage et pesage d'échantillons d'eau en milligramme par litre. Ils quantifient les particules non dissoutes, sédiments ou matières organiques, qui sont responsables de la turbidité et de la couleur de l'eau. Ils peuvent perturber la photosynthèse et la respiration des organismes aquatiques et véhiculer d'autres contaminants (métaux lourds).

**1.2 La Demande chimique en oxygène (DCO) :** est un moyen d'estimer la quantité de matières organiques présente dans l'eau. Elle est exprimée en milligrammes d'oxygène par litre d'eau et représente la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder toute la matière organique.

Cette valeur est obtenue en faisant réagir des échantillons d'eau avec un oxydant puissant (le bichromate de potassium) et s'exprime en milligramme d'oxygène par litre d'eau.

**1.3 La Demande biochimique en oxygène pendant cinq jours (DBO5) :** permet d'évaluer la concentration en matières organiques biodégradables en milligrammes d'oxygène par litre d'eau. Elle représente la quantité d'oxygène nécessaire pour dégrader la matière organique présente pendant cinq jours.

**NB :** la différence DCO - DBO5 détermine la charge en matière organique difficilement biodégradable.

**1.4 Le pH :** la mesure du pH de l'eau détermine l'écart entre les eaux testées et les eaux du milieu naturel (pH de 7,5).

D'autres éléments sont aussi testés, tels que les différentes formes d'azotes (ammoniac, nitrates, nitrites), ainsi que des substances plus spécifiques en fonction des sources de pollutions suspectées : pesticides, métaux lourds, ...

**1.5 Les bio-indicateurs :** dans l'environnement, certains organismes constituent des bio-indicateurs de la qualité chimique et écologique des eaux. Un protocole standardisé de collecte de ces organismes permet d'en déduire l'état de santé de l'écosystème et le type de pollution qui l'affecte. Toutes les données obtenues sont ensuite comparées avec les seuils réglementaires pour déterminer si une eau est potable, quels types de traitements elle doit subir ou si elle peut être rejetée dans l'environnement.

**2. Normes de l'OMS sur l'eau potable :** en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, les lignes directrices de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) sont la référence.

**Tableau 06. Qualité de l'eau potable selon l'OMS (2006)**

Elément/ substance	Symbole/ formule	Concentration normalement trouvée dans l'eau de surface	Lignes directrices fixées par l'OMS
<b>Aluminium</b>	Al		0,2 mg/l
<b>Ammonium</b>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	< 0,2 mg/l (peut aller jusqu'à 0,3mg/l dans une eau anaérobique)	Pas de contraintes
<b>Antimoine</b>	Sb	< 4 µg/l	0.02 mg/l
<b>Arsenic</b>	As		0,01 mg/l
<b>Amiante</b>			Pas de valeur guide
<b>Baryum</b>	Ba		0,7 mg/l
<b>Béryllium</b>	Be	< 1 µg/l	Pas de valeur guide
<b>Bore</b>	B	< 1 mg/l	0.5mg/l
<b>Cadmium</b>	Cd	< 1 µg/l	0,003 mg/l
<b>Chlore</b>	Cl		Pas de valeur mais on peut noter un goût à partir de 250 mg/l
<b>Chrome</b>	Cr <sup>+3</sup> , Cr <sup>+6</sup>	< 2 µg/l	chrome total : 0,05 mg/l
<b>Couleur</b>			Pas de valeur guide
<b>Cuivre</b>	Cu <sup>2+</sup>		2 mg/l
<b>Cyanure</b>	CN <sup>-</sup>		0,07 mg/l
<b>oxygène dissous</b>	O <sub>2</sub>		Pas de valeur guide
<b>Fluorure</b>	F <sup>-</sup>	< 1,5 mg/l (up to 10)	1,5 mg/l
<b>Dureté</b>	mg/l CaCO <sub>3</sub>		200 ppm
<b>Sulfure d'hydrogène</b>	H <sub>2</sub> S		0.05 à 1 mg/L
<b>Fer</b>	Fe	0,5 - 50 mg/l	Pas de valeur guide
<b>Plomb</b>	Pb		0,01 mg/l
<b>Manganèse</b>	Mn		0,4 mg/l
<b>Mercure</b>	Hg	< 0,5 µg/l	inorganique : 0,006 mg/l
<b>Molybdène</b>	Mb	< 0,01 mg/l	0,07 mg/l
<b>Nickel</b>	Ni	< 0,02 mg/l	0,07 mg/l
<b>Nitrate et nitrite</b>	NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub>		50 et 3 mg/l (exposition à court terme) 0.2 mg/l (exposition à long terme)
<b>Turbidité</b>			Non mentionnée
<b>pH</b>			Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5
<b>Sélénium</b>	Se	<< 0,01 mg/l	0,01 mg/l
<b>Argent</b>	Ag	5 – 50 µg/l	Pas de valeur guide
<b>Sodium</b>	Na	< 20 mg/l	Pas de valeur guide
<b>Sulfate</b>	SO <sub>4</sub>		500 mg/l
<b>Etain inorganique</b>	Sn		Pas de valeur guide : peu toxique
<b>TDS</b>			Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1000 mg/l
<b>Uranium</b>	U		0.015 mg/l
<b>Zinc</b>	Zn		3 mg/l

## Composés organiques

Groupe	Substance	Formule	Lignes directrices fixées par l'OMS	
<b>Alcane chlorés</b>	Tétrachlorométhane	$C Cl_4$	4 µg/l	
	Dichlorométhane	$C H_2 Cl_2$	20 µg/l	
	1,1-Dichloroéthane	$C_2 H_4 Cl_2$	Pas de valeur guide	
	1,2-Dichloroéthane	$Cl CH_2 CH_2 Cl$	30 µg/l	
	1,1,1-Trichloroéthane	$CH_3 C Cl_3$	Pas de valeur guide	
<b>Alcènes chlorés</b>	1,1-Dichloroéthène	$C_2 H_2 Cl_2$	Pas de valeur guide	
	1,2-Dichloroéthène	$C_2 H_2 Cl_2$	50 µg/l	
	Trichloroéthène	$C_2 H Cl_3$	20 µg/l	
	Tétrachloroéthène	$C_2 Cl_4$	40 µg/l	
<b>Hydrocarbures aromatiques</b>	Benzène	$C_6 H_6$	10 µg/l	
	Toluène	$C_7 H_8$	700 µg/l	
	Xylènes	$C_8 H_{10}$	500 µg/l	
	Ethylbenzène	$C_8 H_{10}$	300 µg/l	
	Styrène	$C_8 H_8$	20 µg/l	
	Hydrocarbures aromatiques polynucléaires	$C_2 H_3 N_1 O_5 P_1$ 3	Non mentionné	
<b>Benzènes chlorés</b>	Monochlorobenzène (MCB)	$C_6 H_5 Cl$	Pas de valeur guide	
	Dichlorobenzènes (DCBs)	1,2-Dichlorobenzène (1,2-DCB)	$C_6 H_4 Cl_2$	1000 µg/l
		1,3-Dichlorobenzène (1,3-DCB)	$C_6 H_4 Cl_2$	Pas de valeur guide
		1,4-Dichlorobenzène (1,4-DCB)	$C_6 H_4 Cl_2$	300 µg/l
	Trichlorobenzènes	$C_6 H_3 Cl_3$	Pas de valeur guide	
<b>Constituants organiques micellaires</b>	Adipate de dioctyle	$C_{22} H_{42} O_4$	Pas de valeur guide	
	phthalate de Di(2-ethylhexyle)	$C_{24} H_{38} O_4$	8 µg/l	
	Acrylamide	$C_3 H_5 N O$	0.5 µg/l	
	Epichlorhydrine	$C_3 H_5 Cl O$	0.4 µg/l	
	Hexachlorobutadiène	$C_4 Cl_6$	0.6 µg/l	
	Acide éthylènediaminetétraacétique (EDTA)	$C_{10} H_{12} N_2 O_8$	600 µg/l	
	Nitriloacétate (NTA)	$N(CH_2COOH)_3$	200 µg/l	
	Organoétains	Dialkylétains	$R_2 Sn X_2$	Pas de valeur guide
		Oxyde de tributylétains (TBTO)	$C_{24} H_{54} O Sn_2$	Pas de valeur guide

## Pesticides

Substance	Formule	Lignes directrices fixées par l'OMS	
<b>Alachlore</b>	$C_{14}H_{20}ClN_2O_2$	20 µg/l	
<b>Aldicarbe</b>	$C_7H_{14}N_2O_4S$	10 µg/l	
<b>Aldrine and dièldrine</b>	$C_{12}H_8Cl_6$ / $C_{12}H_8Cl_6O$	0.03 µg/l	
<b>Atrazine</b>	$C_8H_{14}ClN_5$	2 µg/l	
<b>Bentazone</b>	$C_{10}H_{12}N_2O_3S$	Pas de valeur guide	
<b>Carbofuran</b>	$C_{12}H_{15}NO_3$	7 µg/l	
<b>Chlordane</b>	$C_{10}H_6Cl_8$	0.2 µg/l	
<b>Chlorotoluron</b>	$C_{10}H_{13}ClN_2O$	30 µg/l	
<b>DDT</b>	$C_{14}H_9Cl_5$	1 µg/l	
<b>1,2-Dibromo-3-chloropropane</b>	$C_3H_5Br_2Cl$	1 µg/l	
<b>acide 2,4-Dichlorophenoxyacétique (2,4-D)</b>	$C_8H_6Cl_2O_3$	30 µg/l	
<b>1,2-Dichloropropane</b>	$C_3H_6Cl_2$	40 µg/l	
<b>1,3-Dichloropropane</b>	$C_3H_6Cl_2$	Pas de valeur guide	
<b>1,3-Dichloropropène</b>	$CH_3CHClCH_2Cl$	20 µg/l	
<b>dibromure d'éthylène (EDB)</b>	$BrCH_2CH_2Br$	Non mentionné	
<b>Heptachlore and epoxide d'heptachlore</b>	$C_{10}H_5Cl_7$		
<b>Hexachlorobenzène (HCB)</b>	$C_{10}H_5Cl_7O$		
<b>Isoproturon</b>	$C_{12}H_{18}N_2O$	9 µg/l	
<b>Lindane</b>	$C_6H_6Cl_6$	2 µg/l	
<b>MCPA</b>	$C_9H_9ClO_3$	2 µg/l	
<b>Methoxychlore</b>	$(C_6H_4OCH_3)_2CHCCl_3$	20 µg/l	
<b>Metolachlor</b>	$C_{15}H_{22}ClN_2O_2$	10 µg/l	
<b>Molinate</b>	$C_9H_{17}NO_3S$	6 µg/l	
<b>Pendimethalin</b>	$C_{13}H_{19}O_4N_3$	20 µg/l	
<b>Pentachlorophenol (PCP)</b>	$C_6HCl_5O$	9 µg/l	
<b>Perméthrine</b>	$C_{21}H_{20}Cl_2O_3$	300 µg/l	
<b>Propanil</b>	$C_9H_9Cl_2NO$	Pas de valeur guide	
<b>Pyridate</b>	$C_{19}H_{23}ClN_2O_2S$	Pas de valeur guide	
<b>Simazine</b>	$C_7H_{12}ClN_5$	2 µg/l	
<b>Trifluraline</b>	$C_{13}H_{16}F_3N_3O_4$	20 µg/l	
<b>Chlorophenoxy herbicides (excluding 2,4-D and MCPA)</b>	2,4-DB	$C_{10}H_{10}Cl_2O_3$	90 µg/l
	Dichlorprop	$C_9H_8Cl_2O_3$	100 µg/l
	Fenoprop	$C_9H_7Cl_3O_3$	9 µg/l
	MCPB	$C_{11}H_{13}ClO_3$	Pas de valeur guide
	Mecoprop	$C_{10}H_{11}ClO_3$	10 µg/l
	2,4,5-T	$C_8H_5Cl_3O_3$	9 µg/l



## Désinfectants et désinfectant par produits

Groupe	Substance	Formule	Lignes directrices fixées par l'OMS	
Désinfectants	Chloramines	$NH_nCl^{(3-n)}$ , where $n = 0,$ $1$ or $2$	Non mentionné	
	Dichlore	$Cl_2$	5 mg/l	
	Dioxyde de chlore	$ClO_2$	Pas de valeur guide	
	Diode	$I_2$	Pas de valeur guide	
Désinfectant par produits	Bromate	$Br O_3^-$	10 µg/l	
	Chlorate	$Cl O_3^-$	70 µg/l	
	Chlorite	$Cl O_2^-$	70 µg/l	
	Chlorophenols	2-Chlorophenol (2-CP)	$C_6 H_5 Cl O$	Pas de valeur guide
		2,4-Dichlorophenol (2,4-DCP)	$C_6 H_4 Cl_2 O$	Pas de valeur guide
		2,4,6-Trichlorophenol (2,4,6-TCP)	$C_6 H_3 Cl_3 O$	200 µg/l
	Formaldéhyde	HCHO	Pas de valeur guide	
	MX (3-Chloro-4-dichlorométhyl-5-hydroxy-2(5H)-furanone)	$C_5 H_3 Cl_3 O_3$	Pas de valeur guide	
	Trihalométhanes	Bromoforme	$C H Br_3$	100 µg/l
		Dibromochlorométhane	$CH Br_2 Cl$	100 µg/l
		Bromodichlorométhane	$CH Br Cl_2$	60 µg/l
		Chloroforme	$CH Cl_3$	300 µg/l
	Acides acétiques chlorés	Acide Monochloroacétique	$C_2 H_3 Cl O_2$	Pas de valeur guide
		Acide Dichloroacétique	$C_2 H_2 Cl_2 O_2$	50 µg/l
		Acide Trichloroacétique	$C_2 H Cl_3 O_2$	20 µg/l
	Hydrate de chloral (trichloroacétaldéhyde)	$C Cl_3$ $CH(OH)_2$	Pas de valeur guide	
	Chloroacétones	$C_3 H_5 O Cl$	Pas de valeur guide	
Halogénés acétonitriles	Dichloroacétonitrile	$C_2 H Cl_2 N$	20 µg/l	
	Dibromoacétonitrile	$C_2 H Br_2 N$	70 µg/l	
	Bromochloroacétonitrile	$CH Cl_2 CN$	Pas de contraintes	
	Trichloroacétonitrile	$C_2 Cl_3 N$	Pas de valeur guide	
Chlorure de cyanogène	$Cl CN$	70 µg/l		
trichloronitrométhane	$C Cl_3 NO_2$	Pas de valeur guide		

En ce qui concerne la pollution des sols, pour caractériser les sites pollués ou potentiellement pollués, il est nécessaire d'échantillonner et d'analyser des sols. Cette caractérisation permettra d'identifier les polluants présents, de définir la répartition spatiale de la contamination et les niveaux de concentration