

La pollution des eaux est devenue un des problèmes environnementaux les plus critiques. Une des conséquences directes à ce problème, l'augmentation des rejets domestiques et industriels non contrôlés qui ont progressivement détérioré la qualité de l'eau.

I.1.Cycle d'eau

L' eau s'évapore des océans et y revient sous forme de pluie :

1-Le soleil fait s'évaporer l'eau des rivières, des lacs, des mers, des océans en de fines gouttelettes.

2-En se regroupant, elles forment des nuages qui, poussés par le vent, rencontrent des masses d'air froid et donnent naissance à la pluie.

3-L'eau de pluie s'infiltre dans le sol et rejoint les nappes phréatiques, les sources, les rivières, les fleuves, pour recommencer sans fin le même voyage.

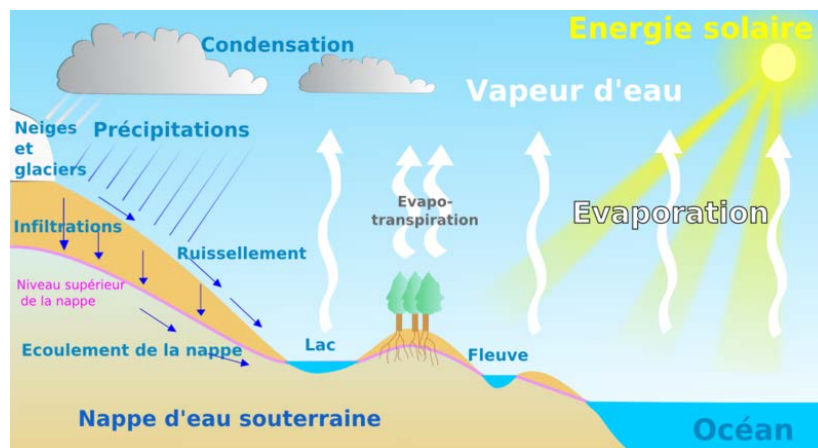


Figure 1 : Cycle de l'eau dans la nature.

I.2.Les sources naturelles de l'eau

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées :

- Des eaux souterraines (infiltration, nappes),
- Des eaux de surface stagnantes (lacs, retenues de barrages) ou en écoulement (rivières, fleuves)
- Des eaux de mer.

a-Eaux Souterraines

Les eaux souterraines sont habituellement à l'abri des sources de pollution. Les principales caractéristiques des eaux souterraines sont :

- Contamination bactérienne faible
- Turbidité faible ;
- Température constante ;
- Indice de couleur faible ;
- Débit constant ;
- Dureté souvent élevée ;
- Concentration élevée de fer et de manganèse .

b-Eaux de surface

Ce type des eaux englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages,...).

- La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants.
- Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur.

Le tableau I.1 donne les éléments caractéristiques des eaux de surface par rapport aux eaux souterraines.

Tableau I-1- principales différences entre eaux de surface et eaux souterraines

Caractéristique	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	Variable suivant saisons	Relativement constante
Turbidité	Variable, parfois élevée	Faible ou nulle

c-Eaux de mers et océans :

Les mers et les océans constituent des énormes réservoirs d'eau, elles représentent près de **97.4%** du volume d'eau existant actuellement sur notre planète.

➡ Les eaux de mers sont caractérisées par une grande salinité, elles sont dénommées aussi « eaux saumâtres », ce qui rend leur utilisation difficile, notamment leur coût très élevé pour leur traitement

I.3.Définition de la pollution de l'eau

La pollution de l'eau est une modification défavorable ou nocive de propriétés physico-chimiques et biologiques, produite directement ou indirectement par les activités humaines, les rendant impropres à l'utilisation normale établit,

La pollution peut atteindre tous les milieux tels que : les fossés, les rivières, les fleuves, les canaux, les lacs, la mer, ainsi que les eaux souterraines.

I.4.Origine de la pollution des eaux.

La plupart des effluents sont des mélanges très complexes dont la composition varie suivant leur provenance : domestique, industrielle, agricole et pluviales.

a-Pollution d'origine domestique

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en :

- Eaux "ménagères", qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines. Elles sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques,...etc.
- Eaux "vannes". Il s'agit des rejets des toilettes, chargés de diverses matières organiques azotées, de germes fécaux, de contaminants divers tel que les médicaments et un nombre quasi infini de polluants - produits d'entretien (non seulement les lessives mais aussi, peintures, mercure de thermomètre, colle,...etc.).

b-Pollution d'origine industrielle

Le degré et la nature de la pollution générée par des rejets industriels varient suivant la spécificité de chaque activité industrielle.

En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles sont chargées en différentes substances chimiques organiques et métalliques. Selon leur origine industrielle elles peuvent contenir :

- Des graisses (industries agroalimentaires, équarrissage) ;
- Des hydrocarbures (raffineries) ;
- Des métaux (traitements de surface, métallurgie) ;
- Des acides, des bases et divers produits chimiques (industries chimiques divers, tanneries);
- D'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques) ;
- Des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

c-Pollution d'origine agricole

Les pollutions d'origine agricole englobent à la fois celles qui sont liées :

- Aux cultures (pesticides et engrais)
- A l'élevage.
- Les épandages d'engrais nitrates et phosphates,

Sous une forme ionique ou en quantité telle qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues.

Ce type de pollution s'intensifie depuis que l'agriculture est entrée dans un stade d'industrialisation, C'est le cas des déchets solides issus

- Des industries agroalimentaires
- Des concentrations des élevages

Qui entraînent un excédent de déjections animales par rapport à la capacité d'absorption des terres agricoles ; celles-ci, sous l'effet du ruissellement de surface et de l'écoulement souterrain, enrichissent les cours d'eau et les nappes souterraines en dérivés azotés et constituent aussi une source de pollution bactériologique.

d- Pollution d'origine pluviale

Les eaux de pluie ou de ruissellement provenant du lavage de l'atmosphère et du lessivage des sols et de toute surface imperméable (routes, chemins de fer, parkings, surfaces bâties)

L'origine de cette pollution peut provenir des gaz ou solides en suspension rejetés dans l'atmosphère par

- Les véhicules,
- Les usines
- Les centrales thermiques.

Ces polluants (oxyde de carbone, dioxyde de soufre, poussière...) sont envoyés vers le sol. Lorsqu'elle ruisselle, l'eau de pluie a un second effet nocif: elle transporte les hydrocarbures, les papiers, les plastiques et les débris végétaux accumulés sur la terre et les toitures

I-5 Pollution selon le type de polluant

Il existe plusieurs manières de classer la pollution. Selon le type de polluant, on peut classer la pollution en trois catégories :

I.5.1 Pollution physique

C'est une pollution due aux agents physiques (tout élément solide entraîné par l'eau), elle est d'origine domestique, essentiellement industrielle. On peut la répartir en deux classes:

a. Pollution mécanique

Il s'agit d'une pollution qui se traduit par la présence des particules de taille et de matière très variés dans l'eau; qui lui confèrent un caractère trouble.

On distingue aussi :

- Les matières décantées (plus lourds que l'eau elle-même),
- Les matières flottables (plus légères que l'eau elle-même)
- Les matières non séparables (de même densité que l'eau).

b. Pollution thermique

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations

- Centrales thermiques
- Nucléaires
- Raffineries,
- Aciéries

Ont une température de l'ordre de (70 à 80) °C. Elle diminue jusqu' à (40 à 45) °C lorsqu'elle contacte les eaux des milieux aquatiques entraînant un réchauffement de l'eau, qui influe sur la solubilité de l'oxygène.

I.5.2. Pollution chimique

Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle. La pollution chimique des eaux est regroupée dans deux catégories :

- Organiques (hydrocarbures, pesticides, détergents, phénols..) ;
- Minérales (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...)

a- Pollution organique

C'est les effluents chargés de matières organiques fermentescibles (biodégradables), fournis par les industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, abattoirs, sucreries...).

Elle participe à beaucoup de paramètres de qualité de l'eau:

- ➡ couleur,
- ➡ odeurs
- ➡ saveurs
- ➡ sous produits de désinfection ... etc.

Les microorganismes se mettent alors à vider le milieu de son oxygène, ce qui s'avère fatal pour la vie aquatique. Lorsque le milieu se retrouve totalement vidé de son oxygène, les micro-organismes vont le chercher dans les sulfates dissous (SO_4^{-2}), qu'elles réduisent en sulfure qui se dégage sous forme de sulfure d'hydrogène en engendrant une odeur œufs pourris cette odeur nauséabonde est caractéristique d'une eau très polluée

b-Pollution minérale

Cette pollution peut provoquer le dérèglement de la croissance végétale ou trouble physiologique chez les animaux. Les polluants minéraux sont principalement :

➤ **a-Métaux lourds**

Les métaux lourds sont susceptibles d'être métabolisé et concentrés par les organismes vivants et mis en circulation dans la chaîne alimentaire ou leur toxicité augmente. Les plus abondants sont

- ✓ Fer,
- ✓ Zinc,
- ✓ Cuivre
- ✓ Plomb.

Les autres métaux (manganèse, aluminium, chrome, arsenic, sélénium, mercure, cadmium, molybdène, nickel, etc.) sont présents à l'état de traces.

L'irréversibilité de cette pollution est préoccupante du fait qu'il est impossible de les récupérer, une fois dissipé dans la nature.

➤ **b-Les éléments minéraux nutritifs :**

(Nitrates et phosphates) : provenant pour l'essentiel de l'agriculture et des effluents domestiques, il est à l'origine du phénomène d'eutrophisation c'est-à-dire la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques

I.5.3.Pollution microbiologique

Les polluants biologiques représentés par les micro-organismes. Ces derniers peuvent être classés en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille :

- les virus
- les bactéries
- les protozoaires
- les helminthes.

Ils proviennent dans leurs immenses majorités des matières fécales. Ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau (industrie, utilisation domestique...)

I.6.Principaux polluants

La détérioration de la qualité de l'eau est appréciée par mesures des paramètres organoleptiques, physiques, chimiques et bactériologiques qui sont :

I.6.1.Paramètres organoleptiques

a. Couleur

La couleur des ERI est en général grise, signe de présence de :

- Matières organiques dissoutes
- MES
- Fer ferrique précipite à l'état d'hydroxyde colloïdal
- Fer ferreux lié à des complexes organiques et de divers colloïdes.

b. Odeur

Toute odeur est signe de pollution qui est due à la présence de matières organiques en décomposition.

I.6.2.Paramètres physiques

a. Température

Elle joue un rôle important dans :

- la solubilité des sels et surtout des gaz (en particulier O₂) dans l'eau
- la détermination du pH et la vitesse des réactions chimiques.
- le métabolisme de croissance des microorganismes vivants dans l'eau.

b. Potentiel d'hydrogène

La valeur du pH altère la croissance des microorganismes existant dans l'eau (leur gamme de croissance est comprise entre 5 et 9).

c-Turbidité

Elle caractérise le degré de non transparence de l'eau, elle traduit la présence des MES.

d-Les matières en suspension (MES)

- Elles représentent les matières organiques et minérales qui ne sont ni à l'état soluble ni à l'état colloïdal.
- Les MES confèrent à l'eau un aspect trouble au fur et à mesure que les sédiments se déposent au fond
- Elles diminuent la luminosité dans l'eau, donc freinent la photosynthèse.
- Les espèces végétales se développent plus difficilement, l'oxygène qu'elles produisent diminue dans le milieu, et les espèces animales en souffrent. Elles peuvent rendre les eaux très opaques et provoquer aussi une eutrophisation.

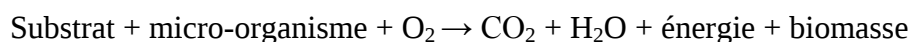
I.6.3.Paramètres chimiques

a. Demande chimique en oxygène (DCO)

- La DCO est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydable dans des conditions opératoires bien définies.
- Elle est d'autant plus élevée qu'il y'a des substances oxydables dans le milieu.
- L'oxygène affecte pratiquement la totalité des matières organiques biodégradables et non biodégradables.

b-Demande biologique en oxygène (DBO₅)

La DBO₅ est la quantité d'oxygène consommé par les microorganismes pour assurer la dégradation des matières biodégradables en **5 jours, à 20 °C et à l'obscurité**. L'unité de mesure de la DBO est le mg O₂/l. Elle se résume à la réaction chimique suivante :



- Le rapport DCO/DBO₅ est l'indice de la biodégradabilité d'une eau. Pour qu'une pollution soit dégradable le rapport est inférieur à 2,5.

c- carbone organique total (COT)

Il ne représente que le carbone présent dans les composés organiques. La valeur de (COT), détermine complètement les composés difficilement ou non dégradables biochimiquement

d-Nitrite (NO^{-2}) et nitrate (NO^{-3})

- Les nitrites et les nitrates constituent la forme la plus abondante d'azote dans l'eau, des concentrations trop élevées de nitrites-nitrates peuvent être toxiques pour la faune aquatique et provoquer l'eutrophisation des milieux aquatiques.
- Mais les nitrates sont la principale source d'inquiétude. Ces ions se transforment en milieu acide en ions nitrites. Ceux-ci sont toxiques pour l'organisme humain.

Ce sont des agents vasodilatateurs puissants qui causent vertiges et hypotension.

Ils s'oxydent au niveau des ions ferreux de l'hémoglobine pour redonner des nitrates. On obtient alors de la méthémoglobine (MetHb) contenant des ions ferriques incapables de transporter les molécules d'oxygène

e-le phosphore

Le phosphore est un élément nutritif, il est à l'origine du phénomène d'eutrophisation

c-à-d la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques

I-7- Procédés d'épuration des eaux polluées

L'épuration des eaux polluées consiste à :

- Décanter les éléments polluants particuliers
- Extraire les éléments dissous qui sont transformés en matière sédimentation suite à un traitement approprié.

Ces eaux peuvent être traitées par divers procédés à des degrés d'épuration et à des coûts variables selon le niveau de qualité exigé par le milieu récepteur.

I-8-Techniques d'épuration des eaux usées

Pour épurer l'eau, il faut généralement combiner plusieurs traitements élémentaires dont les bases peuvent être :

- Physiques
- Chimiques
- Biologiques,

Et dont l'effet est d'éliminer tout d'abord :

- Les matières en suspension
- les substances colloïdales,
- les substances dissoutes (minérales ou organiques).

I-8-1.Le prétraitement

Le prétraitement a pour objectif l'extraction des matières les plus grossières (brindilles, feuilles, tissus, ...) et des éléments susceptibles de gêner les étapes ultérieures du traitement. Il comprend :

a-Le dégrillage : pour retenir les déchets volumineux à l'aide d'une succession de grilles (2 à 4) de plus en plus fines. Les résidus recueillis sont déposés en décharge;

b-Le dessablage : pour prévenir les dépôts dans les canalisations, protéger les organes mécaniques (pompes) contre l'abrasion et éviter de perturber les autres étapes de traitement. Les sables, recueillis généralement par raclage en fond de bassin, sont recyclés ;

c-Le dégraissage-déshuilage : pour éviter l'encrassement de la station par des corps gras. Effectuée dans le même bassin que l'étape de dessablage, la récupération des graisses et huiles se fait en surface.

Les composés collectés seront alors incinérés (cas du traitement d'un effluent urbain) ou recyclés pour la fabrication de savons ou détergents (cas de certains effluents industriels) en fonction de leur qualité.

I-8-2.Le traitement primaire

Le traitement s'effectue par voie physico-chimique et a pour but d'extraire le maximum de MES et de matières organiques facilement décantables.

Trois voies de traitement sont possibles :

- La décantation (processus physique) : le principe de séparation solide-liquide est la pesanteur, les matières en suspension ou colloïdales tendent à se séparer du liquide par sédimentation

- La flottation (processus physique) : par opposition à la décantation, la flottation est un procédé de séparation solide-liquide ou liquide-liquide qui s'applique à des particules dont la masse volumique réelle ou apparente (flottation assistée) est inférieure à celle du liquide qui les contient

- La décantation associée à l'utilisation d'un coagulant- flocculant (voie physicochimique) : le principe est ici de favoriser l'agrégation des molécules en suspension grâce aux techniques de coagulation et de floculation de façon à augmenter la sédimentation grâce à l'obtention de floccs plus gros

I-8-3.Le traitement secondaire

Le traitement secondaire a pour objectif principal l'élimination des composés solubles d'origine organique.

Le principe de ce traitement est de mettre en contact la matière organique contenue dans les eaux usées avec une population bactérienne. Celle-ci assimile alors la M O pour son propre développement

Les bactéries utilisées exigent un apport permanent d'oxygène.

Deux grandes familles peuvent être distinguées :

- ✓ les procédés à cultures fixes (microorganismes fixés sur des supports),
- ✓ les procédés à culture libre (micro-organismes maintenus en suspension dans le mélange à épurer).

➤ a-Les procédés aérobies à culture fixée

1-Le lit bactérien ou granulaire:

2-Les biodisques

➤ b-Les procédés aérobies à culture libre

1-Le lagunage

2-Les boues activées

➤ c-Le traitement tertiaire

Certains rejets d'eaux traitées sont soumis à des réglementations spécifiques concernant l'élimination d'azote, de phosphore ou des germes pathogènes, qui nécessitent la mise en œuvre de traitements **tertiaires**.

Il regroupe toutes les opérations physiques et chimiques qui complètent les traitements primaires et secondaires.