

Résumé

Chapitre I : Microbiologie de l'eau

L'eau présente des propriétés particulières comme habitat microbien naturel, sa faible teneur en nutriments fait que ses microorganismes indigènes sont oligotrophes contrairement aux allochtones (ou étrangers).

I. Classification des eaux

Ils se répartissent en trois catégories :

I.1. Eaux naturelles : elles comprennent les eaux douces et les eaux marines :

Eaux marines	Eaux douces
<ul style="list-style-type: none">• Salinité élevée: 37-40 g/L• Présence des minéraux et des gaz dissous• Les microorganismes se trouvent soit en suspension soit adhérents à des surfaces sous marine ou bien adhérents à des sédiments.• Diversité de microorganismes extrêmes: barophiles, halophiles, psychrophiles	<ul style="list-style-type: none">• Présence des algues• Présence de la matière organique et des minéraux• L'autoépuration est assurée par les bactéries• Sensibles aux variations saisonnières

I.2. Eaux usées

Les eaux usées (ou eaux polluées) sont des eaux qui ont été altérées par l'activité humaine, elles contiennent des matières organiques, des produits chimiques, des micro-organismes et d'autres polluants qui peuvent être nuisibles à l'environnement et à la santé humaine

Eaux domestiques	Eaux industrielles	Eau pluviales
<ul style="list-style-type: none">• Résulte des activités humaines• Comporte des détergents, des graisses, des débris organiques, des eaux de toilettes, des matières azotées et des germes fécaux	<ul style="list-style-type: none">• Diffèrent selon le type d'industrie• Comporte des matières organiques, azotées, phosphorées et des métaux lourds	<ul style="list-style-type: none">• Eaux de pluie accumulant plusieurs polluants tels que la poussière• elles peuvent être collectées par des systèmes de drainage pour être dirigées vers des cours d'eau, des lacs ou des océans.• Elles peuvent être utilisées pour l'irrigation mais elles sont non-potables

I.3. Eaux brutes

C'est l'eau destinée à la consommation après traitement, elle est recueillie dans des stations de traitement afin de la « potabiliser » et alimenter les réseaux de distribution des eaux potables.

II. Pollution de l'eau

II.1. Phénomènes de pollution

On appelle pollution de l'eau toute modification chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau qui a un effet nocif les êtres vivants.

a. Formation des biofilms

Les biofilms se forment par des communautés complexes de microorganismes se développant sur des surfaces solides ou liquides, tels que les parois des tuyaux, les rochers, les plantes aquatiques et les équipements de traitement de l'eau.

La formation des biofilms :

- Adhérence réversible des microorganismes sur une surface
- Formation des micro-colonies
- Attachement irréversible
- Développement des colonies : maturation
- Croissance du biofilm : colonisation de nouvelles surfaces.

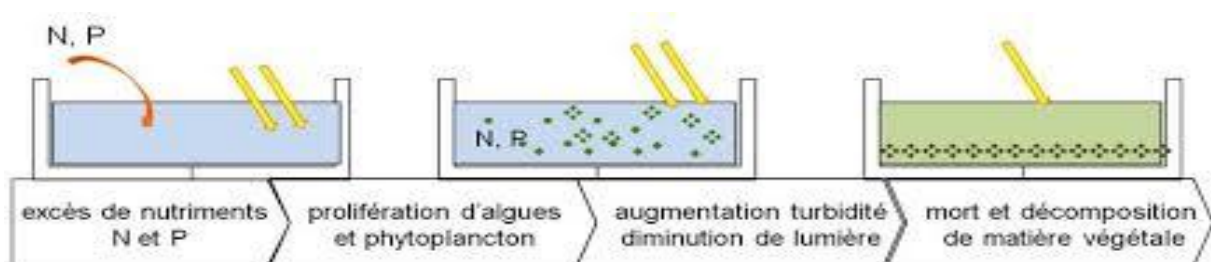
Au fil du temps, les biofilms peuvent devenir très complexes, avec des couches de microorganismes de différentes espèces, formant des micro-habitats. Ceux-ci peuvent causer des obstructions dans les canaux et les équipements de traitement de l'eau, ou servir de réservoirs de pathogènes pour les humains et les animaux.

b. Phénomène d'eutrophisation

L'eutrophisation est un phénomène naturel ou anthropique qui correspond à une augmentation excessive de la quantité de matière organique dans les écosystèmes aquatiques, notamment les lacs, les étangs, les rivières et les estuaires.

C'est un processus lent qui se produit comme suit :

- Rejet de la matière organique
- Apport excessif en nitrates, les phosphates et ammoniums
- Croissance excessive des algues et des végétaux aquatiques
- Diminution de la transparence
- Accumulation de la matière organique
- Décomposition de la matière organique par les bactéries aérobies tout en consommant l'oxygène
- Diminution du niveau d'oxygène dissous en profondeur
- Dominance des bactéries anaérobies nuisibles productrice du méthane et de sulfure d'hydrogène
- L'écosystème devient anoxique ce qui mène à la mort des poissons, invertébrés et végétaux aquatiques : disparition de la biocénose (changement irréversible)



L'eutrophisation peut être causée par des sources naturelles, telles que l'apport de nutriments par les rivières et les cours d'eau, ou par des sources anthropiques, telles que les rejets d'eaux usées, les engrais agricoles et les activités industrielles.

II.2. Paramètres mesurant la pollution des eaux

a. MES :

Matière en suspension : c'est la quantité des matières dissoutes contenues dans l'eau et exprimés en mg/L.

b. DBO5 :

Demande Biologique en Oxygène en 5 jours: c'est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les M.O organiques biodégradables (protéines, acides gras, éthanol...) présentes dans l'eau par les bactéries, elle est mesurée pendant 5 jours à 20°C.

c. DCO :

Demande Chimique en Oxygène: quantité de dioxygène consommée par les oxydants chimiques forts pour oxyder les substances organiques (biodégradables et non biodégradables) et minérales de l'eau.

III. Epuration des eaux usées

Elle consiste en quatre opérations :

a. Prétraitement physique : c'est l'élimination des grands déchets par :

- Dégrillage: élimination des déchets en faisant passer l'eau à travers des tamis.
- Dessablage: extraction des sables qui se déposent au fond des bassins de traitement.
- Dégraissage-Déshuilage: Elimination des huiles et des graisses, des bulles d'air sont injectées pour faire remonter les huiles et les graisses à la surface de l'eau, puis, celles-ci sont raclées.

b. Traitement primaire : Décantation

L'eau à traiter est décantée dans de grands bassins afin d'éliminer les matières minérales et organiques en suspension qui se déposent au fond du bassin . Il se forme alors des boues dites « boues primaires » qui seront éliminés par la suite.

Une « flocculation » peut être appliquée en ajoutant des produits chimiques qui captent les matières en suspension

c. Traitement secondaire : Biologique

Les M.O contenues dans l'eau sont dégradées par les microorganismes, le plus souvent des bactéries (*Bacillus*, *Pseudomonas*...) dans des bassins d'activation biologiques

équipés de dispositifs d'aération. Il est réalisé par : boues activées, lits bactériens, lagunage et biofiltres.

d. Traitement tertiaire :

Appliqué dans certaines stations d'épuration afin d'obtenir une plus pure, il consiste à éliminer le phosphore et l'azote (nitrification- dénitrification), il implique aussi un traitement bactériologique (ozonation, chloration...)

IV. Potabilisation de l'eau

L'OMS définit des réglementations bien précises pour assurer la qualité chimique et bactériologique de l'eau potable.

L'eau brute subit plusieurs traitements à fin de la qualifier de « Potable»:

- 1. Dégrillage :** Vise à éliminer les gros déchets par filtration puis par passage à travers des tamis
- 2. Coagulation et floculation :**
 - 2.1. Coagulation : déstabilisation des matières colloïdales en ajoutant des coagulants pour que celles-ci s'agglomèrent.
 - 2.2. Floculation: des produits chimiques sont ajoutés pour induire la formation de floc à partir des matières colloïdales agglomérés
- 3. Décantation :** élimination des floes et des matières en suspension par gravité
- 4. Filtration :** Passage de l'eau à travers un lit de sable fin afin d'éliminer les matières en suspension restantes
- 5. Désinfection :**
 - 5.1. Ozonation : l'ozone est un gaz est doté d'une action bactéricide et antivirale permettant une désinfection de l'eau. Il contribue également à la couleur et la saveur de l'eau.
 - 5.2. Filtration sur charbon actif: utilisé pour la désinfection et contribue également à l'élimination des macromolécules naturelles, des composés responsables de la couleur, de goûts et odeurs, des pesticides, des colorants, des métaux toxiques (cadmium, mercure...) présents à l'état de traces dans les eaux
 - 5.3. Chloration: Ajout de produits chlorés (pastilles de chlore, eau de javel,...) dans les points du réseau de distribution afin de garantir la qualité microbiologique

V. Autoépuration des eaux

L'eau naturelle se nettoie elle-même grâce à sa flore autochtone en dégradant les matières organiques polluantes. Ce phénomène se produit généralement dans les rivières et les lacs. Les microorganismes utilisent et minéralisent la matière organique polluante (protéines, sucres, graisses, cellulose, lignine...) produisant ainsi de la matière minérale (H_2O , CO_2 , NO_3^- , SO_4^{2-} ...).

Mécanisme :

Autoépuration de l'eau = dégradation de la matière organique (décomposition par les microorganismes) + élimination des formes minérales de l'azote (nitrification et dénitrification) + élimination des microorganismes (amensalisme, prédation, autolyse...).

V.1. Biodégradation de la matière organique

- Les microorganismes épurateurs les plus rencontrés sont *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Cytophaga* et *Flavobacterium*, *Aeromonas* et les *Entérobactériaceae*. *Clostridium* et *Desulfovibrio* interviennent aussi dans l'épuration.
- Les algues, par photosynthèse, assure l'oxygénation du milieu.
- En aérobiose, la fermentation ou l'oxydation des matières organiques par les microorganismes aboutissent à la formation de matières minérales.
- En absence d'oxygène, la fermentation dégage du méthane et souvent des sulfures nuisibles pour l'écosystème.

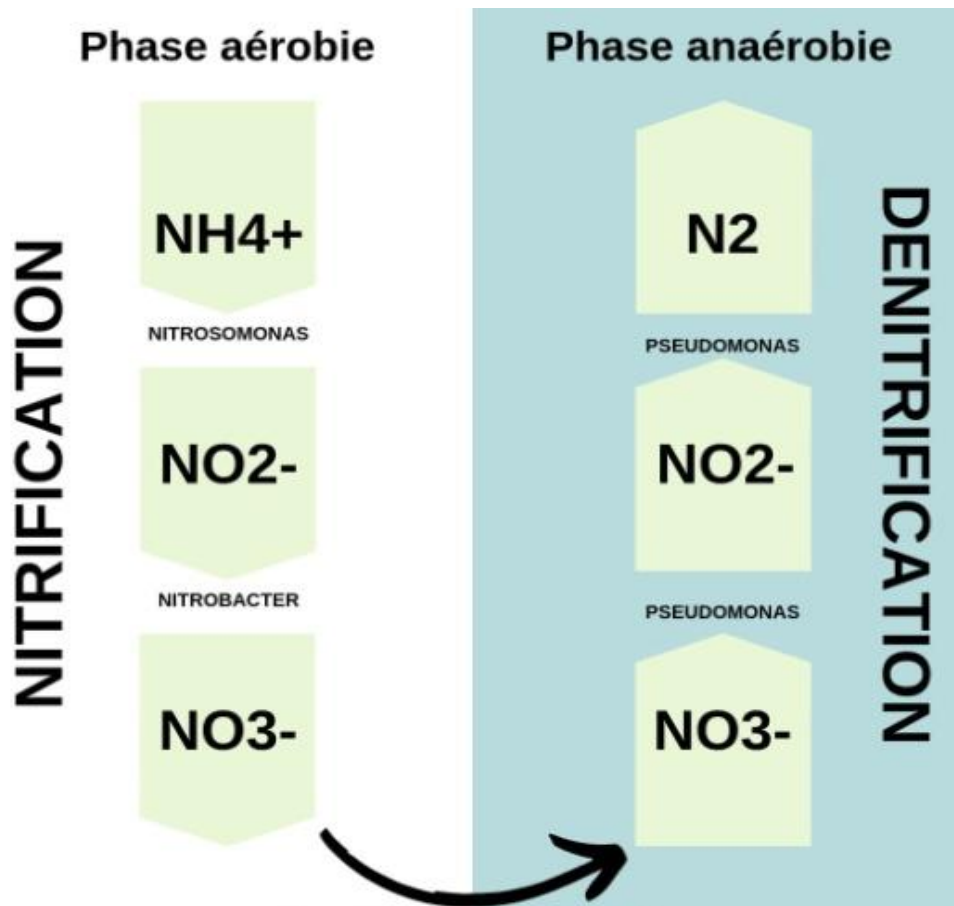
Enfin, la minéralisation totale de l'azote et du soufre est réalisée grâce aux chimiolithotrophes.

L'azote sous ses formes : nitrate (NO_3^-), nitrite (NO_2^-) l'ammonium (NH_4^+) est éliminé par :

V.2.1. Nitrification : Lors de la nitrification, l'ammonium est transformé en nitrite puis nitrate en conditions aérobies, sous l'effet des microorganismes : *Nitrosomonas* et *Nitrobacter*.

V.2.2. Dénitrification : La dénitrification a lieu en condition anaérobie

La dégradation de l'ammonium directement en N_2 peut être réalisée par les bactéries Anammox.



Nitrification- Dénitrification par les microorganismes

V.2. Elimination des microorganismes :

Elle se produit par :

- **Amensalisme** : exemple : production de substances antimicrobiennes par les actinomycètes
- **Parasitisme** : présenté par le rôle des bactériophages et du *Bdellovibrio* dans l'élimination de certains groupes bactériens.
- **Prédation**: par les protozoaires qui attaquent la biomasse bactérienne auto-épuratrice développée
- **Bactériolyse** : exemple des mycétozoaires qui lyse *Serratia marcescens*
- **Autolyse bactérienne**