

CHAPITRE I :



MICROBIOLOGIE DE L'EAU

I. Généralités

- L'eau est l'élément crucial de la vie composant 70 à 90 % de la masse cellulaire des êtres vivants et contribuant à diverses réactions et processus biologiques.
- Elle 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).
- Les biotopes des microorganismes de l'eau peuvent être les eaux souterraines, les eaux de surface ainsi que les sédiments de fond.
- Toutes les eaux naturelles contiennent des microorganismes; généralement non pathogène, non corrosif.
- Grace à la diversité importante de la microflore aquatique (bactéries, algues, champignons, protozoaires et virus), celle-ci participe dans le flux de matière et d'énergie dans leurs écosystèmes

II. Habitats aquatiques des microorganismes



Eaux de surface



Eaux souterraines



Les sédiments

III. Classification des eaux



Eau Naturelle:

- Eaux marines
- Eaux douces



Eau usées:

- Eaux domestiques
- Eaux industrielles
- Eaux pluviales



Eau brute:

Eau destinée à la consommation après traitement

III. Classification des eaux

III.1. EAUX NATURELLES

Eaux marines

- 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

Eaux douces

- Présence des algues
- Présence de la matière organique et des minéraux
- L'autoépuration est assurée par les bactéries
- Sensibles aux variations saisonnières

III. Classification des eaux

III.2. EAUX USEES

Eaux domestiques

- Résulte des activités humaines
- Comporte des détergents, des graisses, des débris organiques, des eaux de toilettes, des matières azotées et des germes fécaux

Eaux industrielles

- Diffèrent selon le type d'industrie
- Comporte des matières organiques, azotées, phosphorées et des métaux lourds

Eau pluviales

- Eaux de pluie accumulant plusieurs polluants tel 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

III. Classification des eaux

III.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,

Une eau propre à la consommation humaine doit répondre à quelques conditions dont celles microbiologiques sont :

Tableau 1. Paramètres microbiologiques de qualité de l'eau de consommation humaine

Bactéries	Unités	Valeurs limites
<i>Escherichia coli</i>	Nb/100 mL	0
Entérocoques	Nb/100 mL	0
Sulfitoréductrices y compris les spores	Nb/20 mL	0

IV. Pollution de l'eau

II.1. Définition

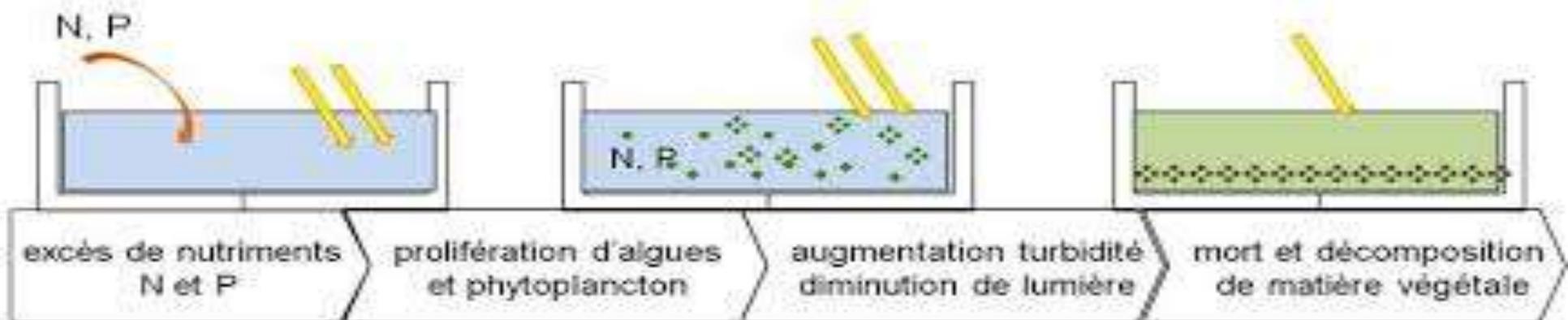
On appelle pollution de l'eau toute modification chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau qui a un effet nocif les êtres vivants la

II.2. Phénomènes de pollution

Eutrophisation

Biofilms

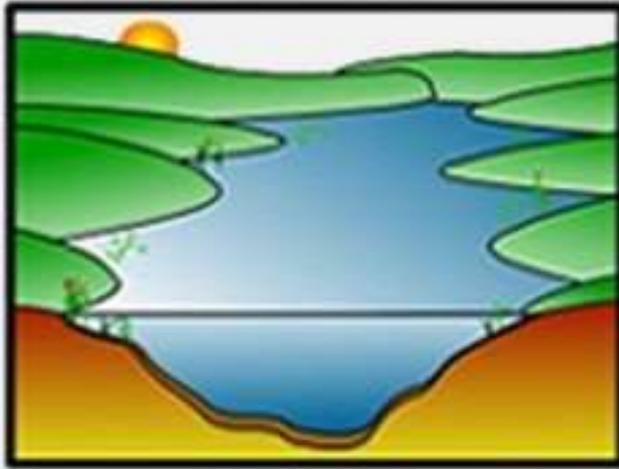
IV. Pollution de l'eau



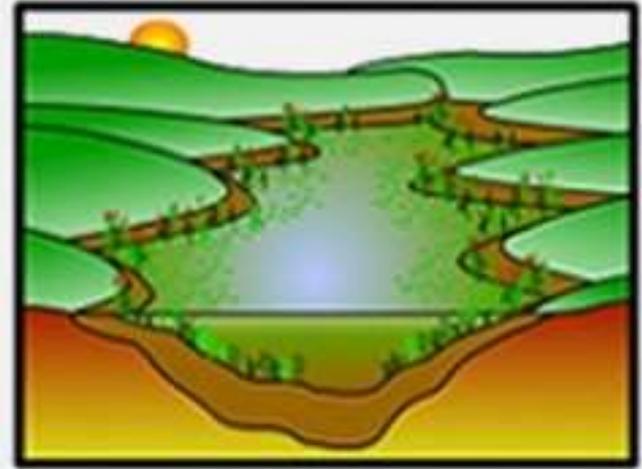
Phénomène d'eutrophisation

IV. Pollution de l'eau

Oligotrophe



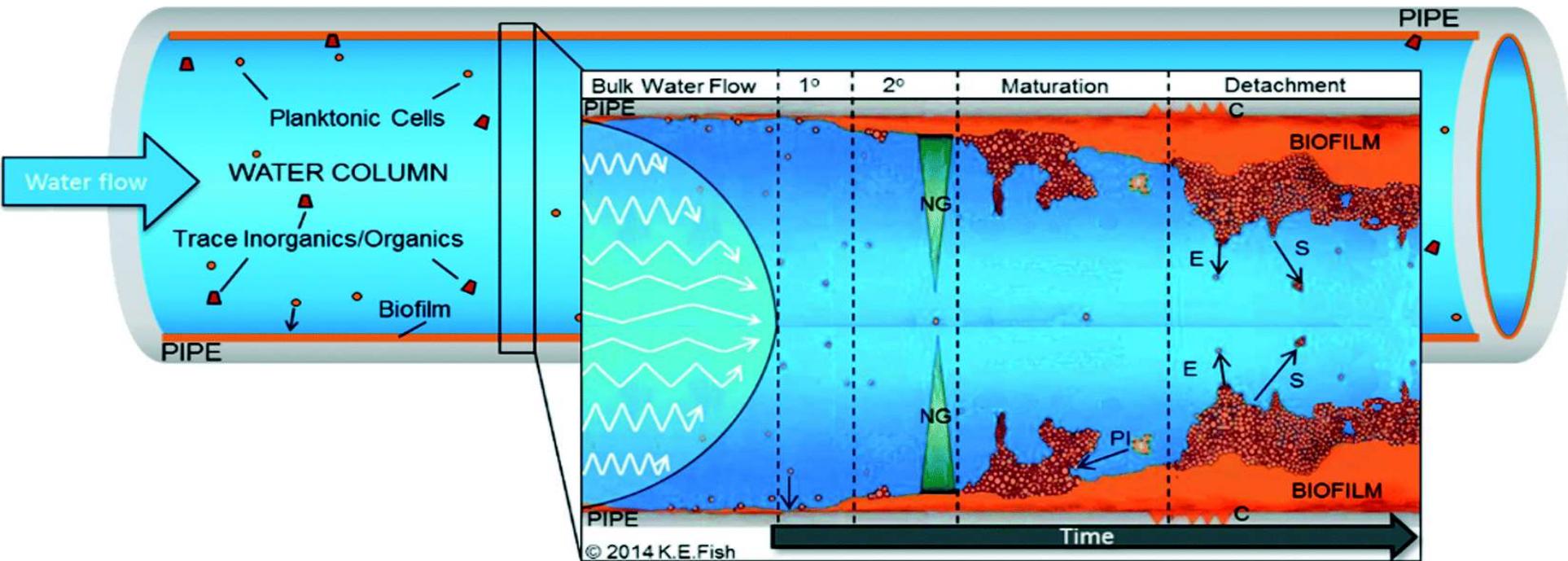
Eutrophe



- ❖ Eaux claires
- ❖ Eaux fraîches
- ❖ Peu de végétaux aquatiques
- ❖ Eaux bien oxygénées
- ❖ Fond de roches, graviers, sables
- ❖ Beaucoup d'espèces animales et végétales

- ❖ Eaux peu transparentes
- ❖ Eaux chaudes
- ❖ Beaucoup de végétaux aquatiques
- ❖ Eaux peu oxygénées
- ❖ Fond de vase
- ❖ Peu d'espèces animales et végétales (mortalité des espèces sensibles)

IV. Pollution de l'eau



Développement d'un biofilm dans un « système de distribution d'eau potable »

Au fur et à mesure que la distance à la paroi augmente, l'écoulement devient plus laminaire, 1° - adhésion primaire, 2° - adhésion secondaire, NG - gradient de nutriments, se concentre dans le biofilm, PI - interactions entre protozoaires, C - corrosion de la surface de la conduite, E - érosion, S - envasement.

IV. Pollution de l'eau

Paramètres mesurant la pollution des eaux

MES

- Matière En Suspension:

DBO5

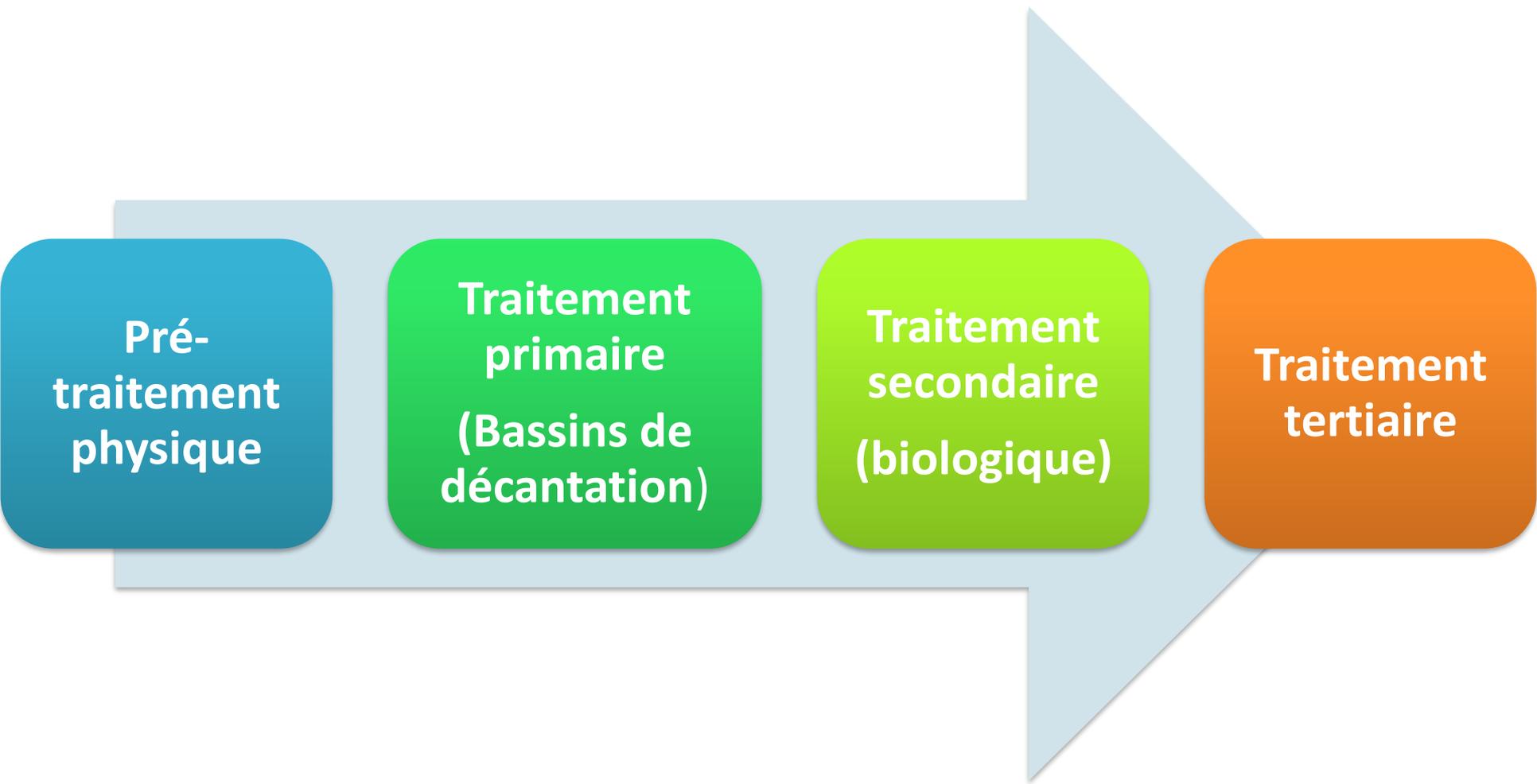
- Demande Biologique en Oxygène en 5 jours: c'est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les M.O organiques biodégradables (protéines, acides gras, éthanol...) présentes dans l'eau par les bactéries, elle est mesurée pendant 5 jours à 20°C.

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.

IV. Pollution de l'eau

EPURATION DES EAUX USEES



The diagram illustrates the four stages of wastewater treatment in a horizontal sequence. A large, light blue arrow points from left to right, serving as a background for the four colored boxes. The boxes are: 1. Blue box: 'Pré-traitement physique'. 2. Green box: 'Traitement primaire (Bassins de décantation)'. 3. Light green box: 'Traitement secondaire (biologique)'. 4. Orange box: 'Traitement tertiaire'.

Pré-traitement physique

Traitement primaire
(Bassins de décantation)

Traitement secondaire
(biologique)

Traitement tertiaire

IV. Pollution de l'eau

EPURATION DES EAUX USEES

1. Pré-traitement physique

Consiste à l'élimination des grands déchets, il comporte 03 étapes:

- a. **Dégrillage:** élimination des déchets en faisant passer l'eau à travers des tamis.
- b. **Dessablage:** extraction des sables qui se déposent au fond des bassins de traitement .
- c. **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.

IV. Pollution de l'eau

EPURATION DES EAUX USEES

2. 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

IV. Pollution de l'eau

EPURATION DES EAUX USEES

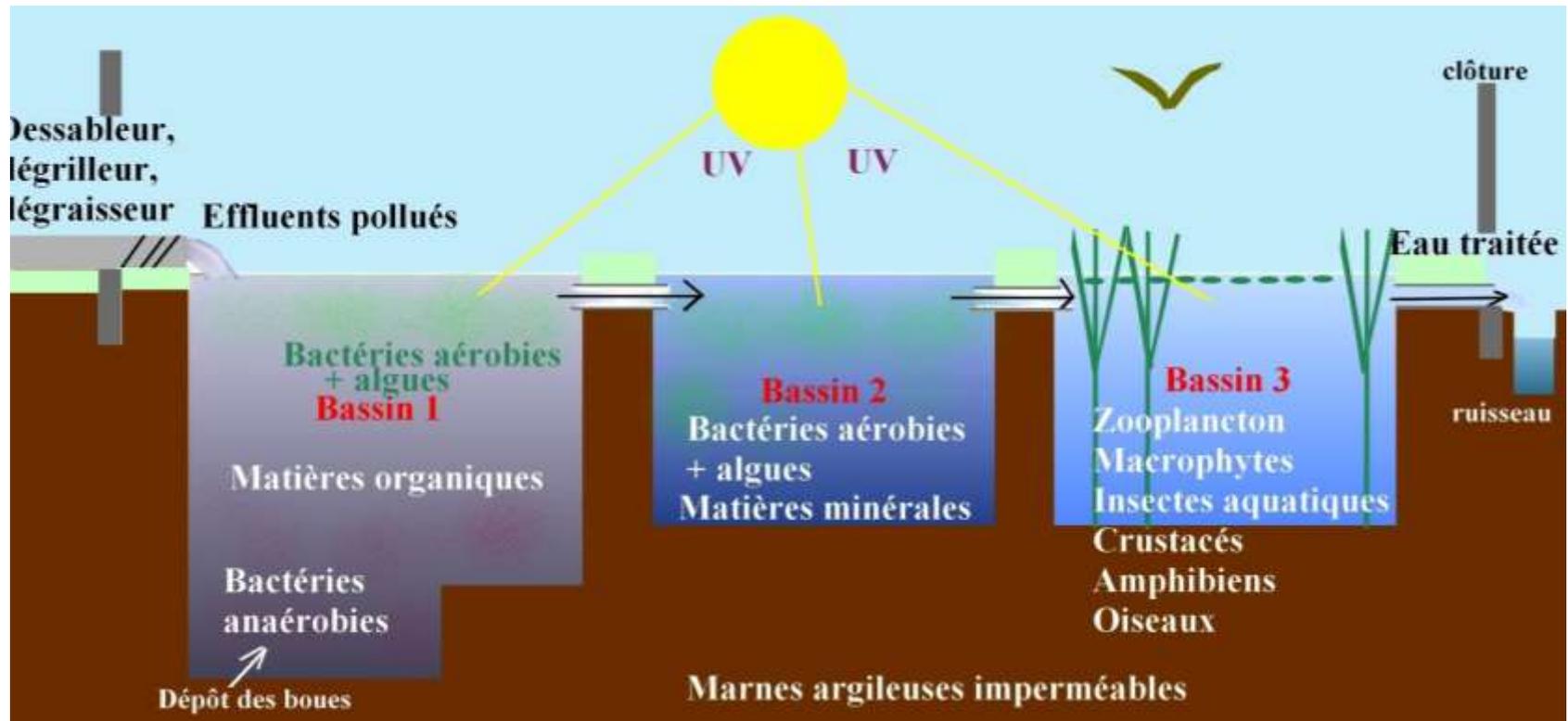
Traitement secondaire (biologique)

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.

- Boues activées
- Lits bactériens
- Lagunage
- biofiltres

IV. Pollution de l'eau

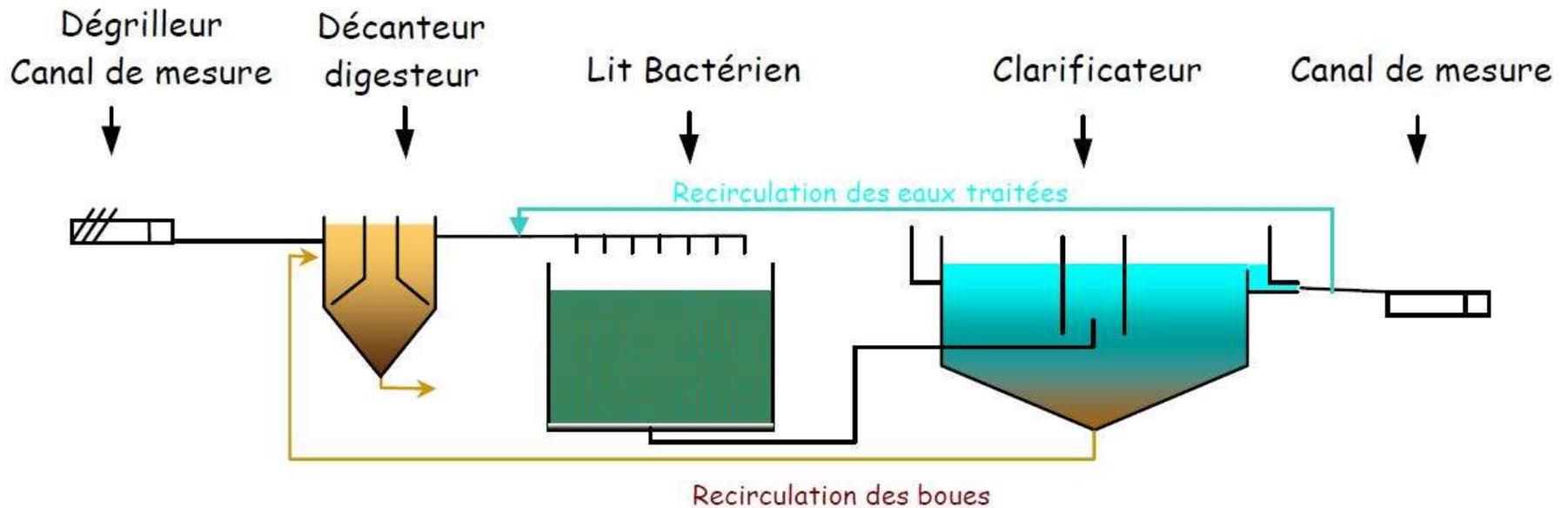
EPURATION DES EAUX USEES



Bassins de lagunage

IV. Pollution de l'eau

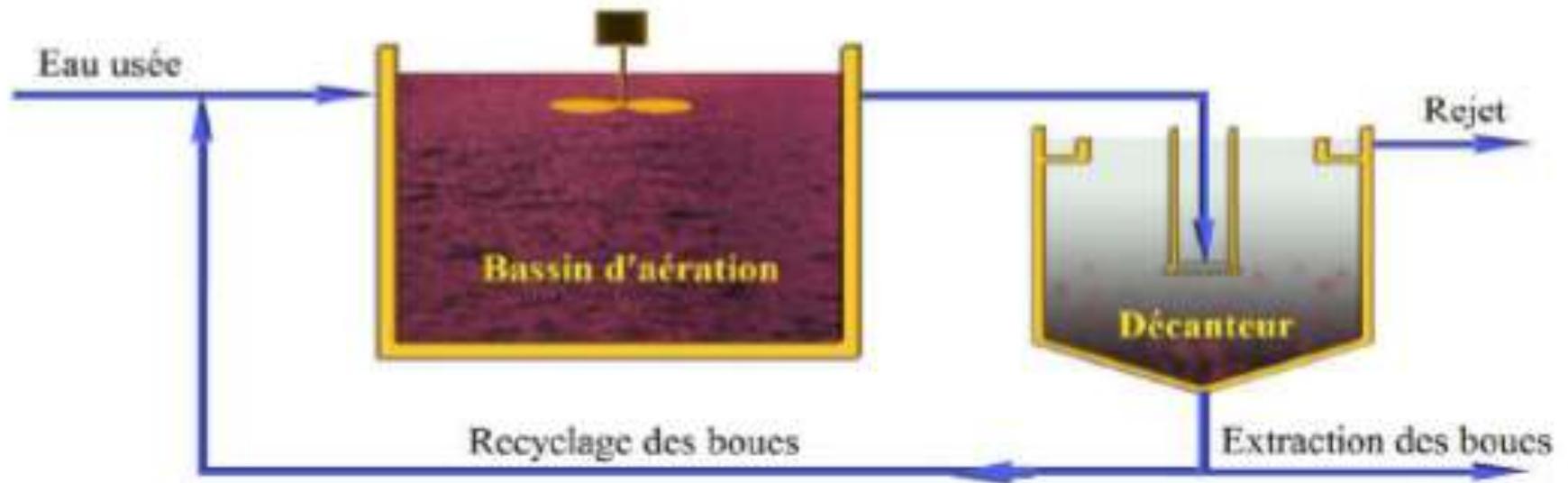
EPURATION DES EAUX USEES



Lits bactériens

IV. Pollution de l'eau

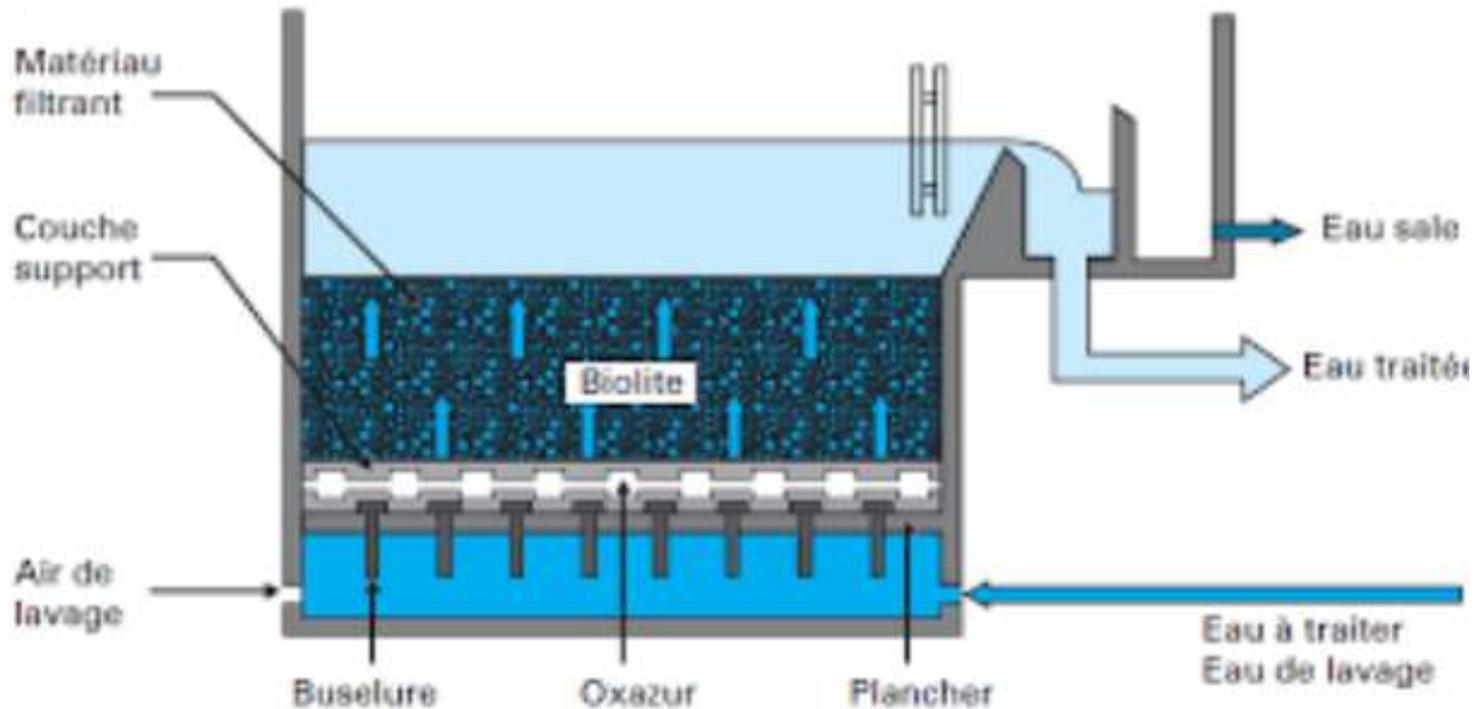
EPURATION DES EAUX USEES



Traitement par boues activées

IV. Pollution de l'eau

EPURATION DES EAUX USEES



Biofiltres

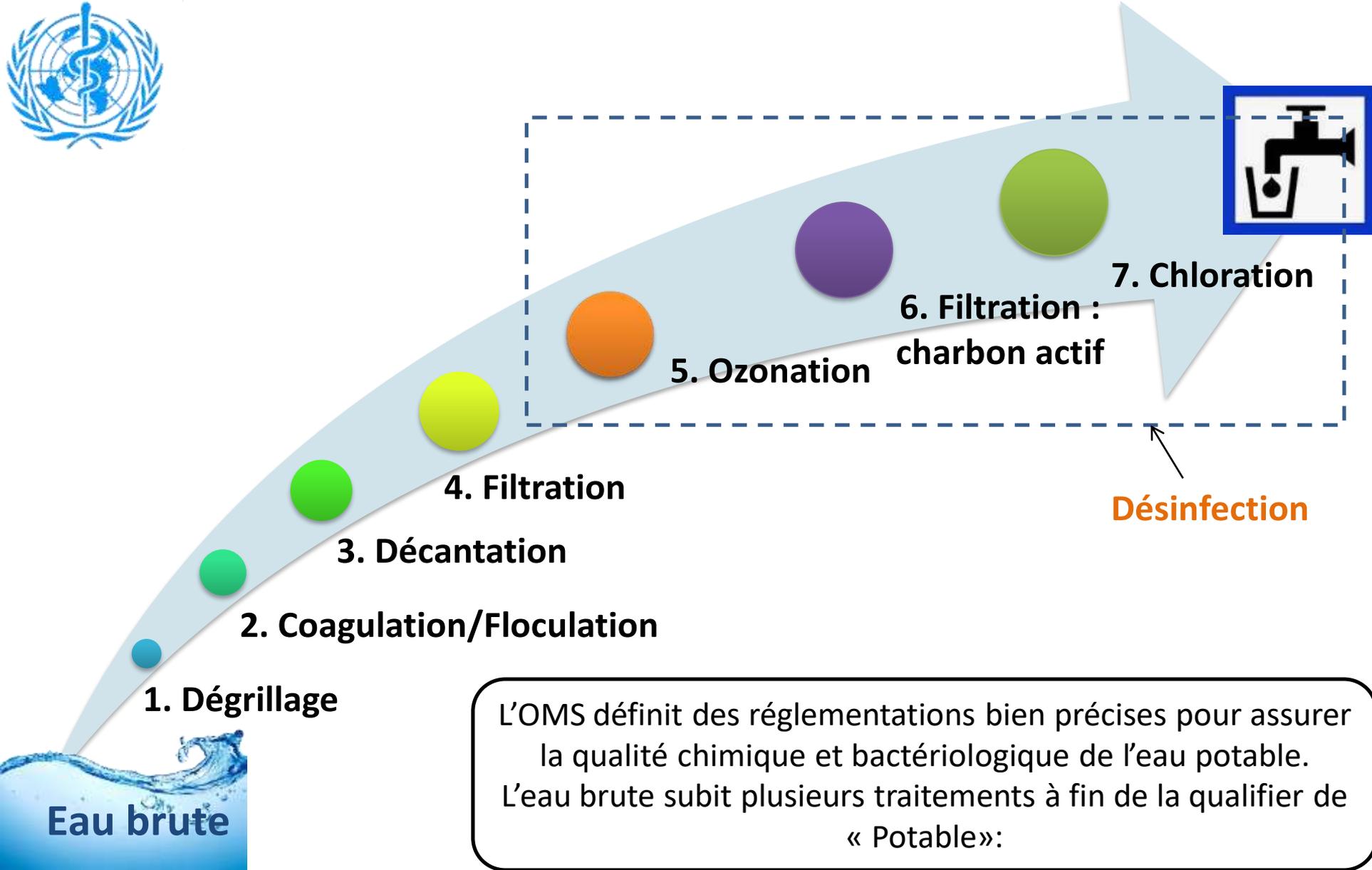
IV. Pollution de l'eau

EPURATION DES EAUX USEES

Traitement tertiaire

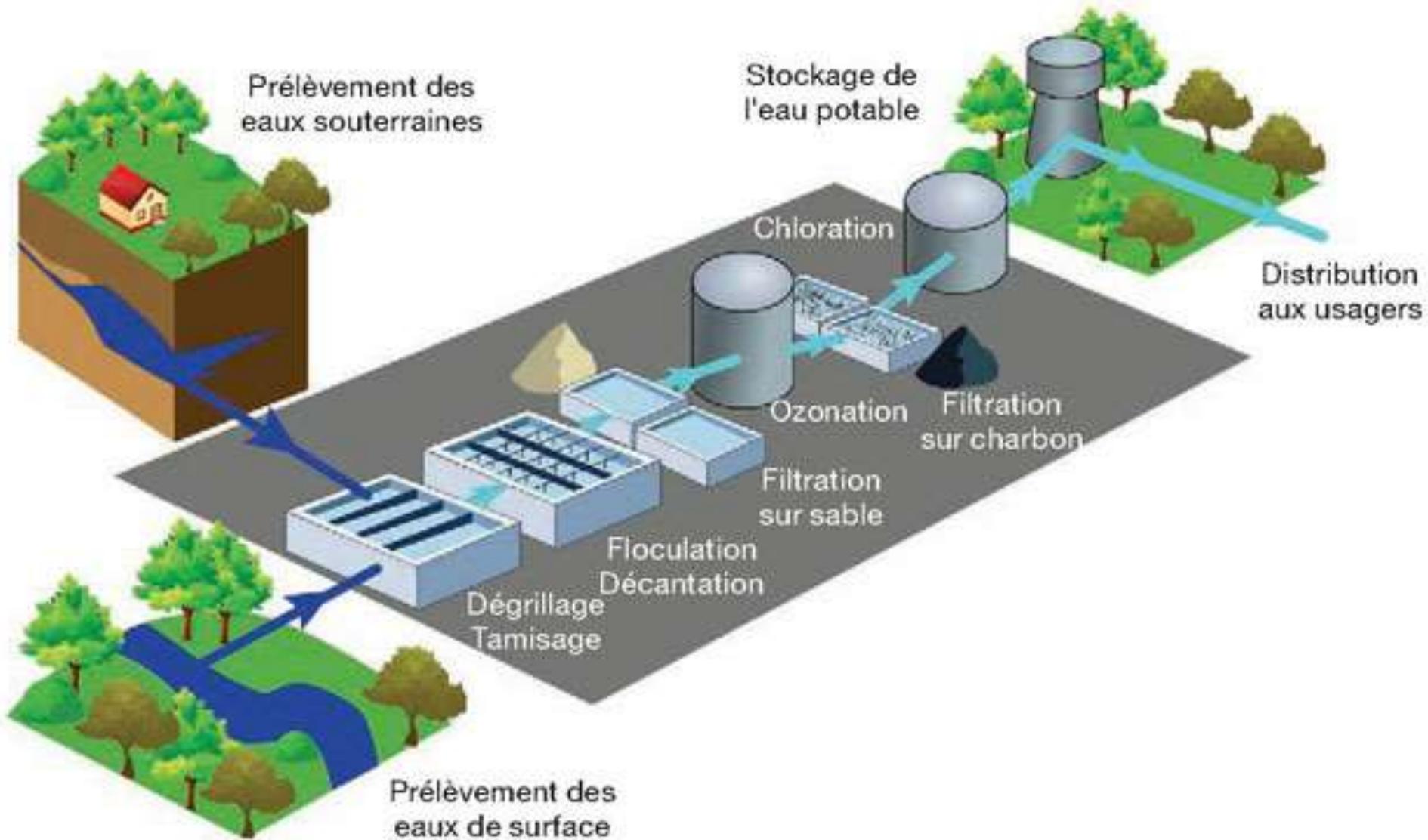
Appliqué dans certaines stations d'épuration afin d'obtenir une plus pure, il consiste à éliminer le phosphore et l'azote (nitrification- dénitrification), il implique aussi un traitement bactériologique (ozonation, chloration...)

V. Potabilisation des eaux brutes



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 »:

V. Potabilisation des eaux brutes



V. Potabilisation des eaux brutes

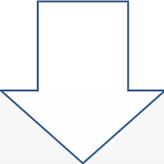
1. Dégrillage: vise à éliminer les gros déchets par filtration puis par passage à travers des tamis

2. Coagulation/Floculation: Coagulation : déstabilisation des matières colloïdales en ajoutant des coagulants pour que celles-ci s'agglomèrent .
Floculation: des produits chimiques sont ajoutés pour induire la formation de floc à partir des matières colloïdales agglomérés

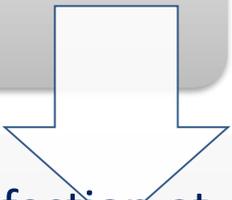
3. Décantation: élimination des floc et des matières en suspension par gravité

4. Filtration sur sable: Passage de l'eau à travers un lit de sable fin afin d'éliminer les matières en suspension restantes.

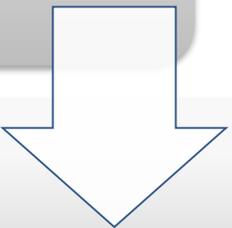
V. Potabilisation des eaux brutes



5. 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.



6. 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.



7. Chloration: Ajout du chlore Ajout de produits chlorés (pastilles de chlore, eau de javel,...) dans les points du réseau de distribution afin de garantir la qualité microbiologique

VI. Autoépuration des eaux naturelles

C'est la capacité de l'eau naturelle à se nettoyer elle-même grâce à sa flore autochtone en dégradant les matières organiques polluantes. Ce phénomène se produit généralement dans les rivières et les lacs, il est basé sur des interactions entre les composantes de la biocénose en question : ses végétaux, ses poissons, ses invertébrés et sa flore microbienne (protozoaires et bactéries).

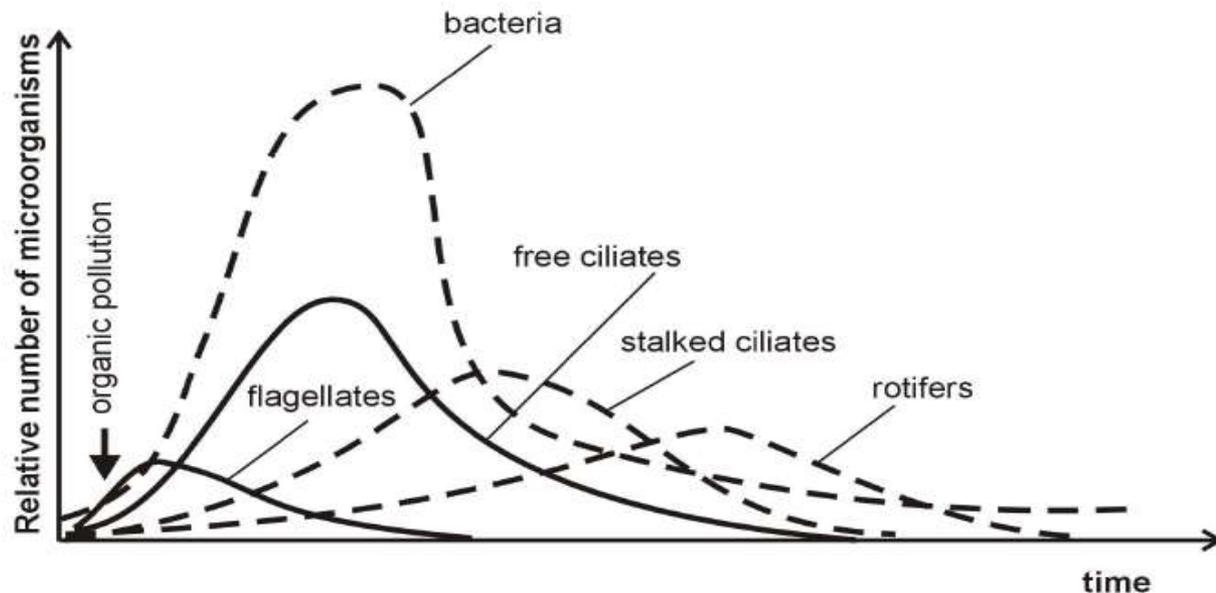
L'autoépuration inclut plusieurs processus biogéochimiques (oxydoréduction, photosynthèse, respiration, dilution...) qui aboutissent à la l'élimination de la charge polluante afin que l'eau retrouve sa pureté. Pour qu'elle se produise, certaines conditions doivent se réunir dont la température de l'eau et sa teneur en oxygène et une charge polluante qui n'est pas importante.

VI. Autoépuration des eaux naturelles

Mécanisme

Une diversité importante d'organismes et de microorganismes contribuent au phénomène de l'autoépuration, ces derniers 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-} ...).

Au long du processus de l'autoépuration, il y a succession de certains groupes microbiens dont l'action change progressivement l'écosystème :



Succession de micro-organismes au cours du processus d'autoépuration

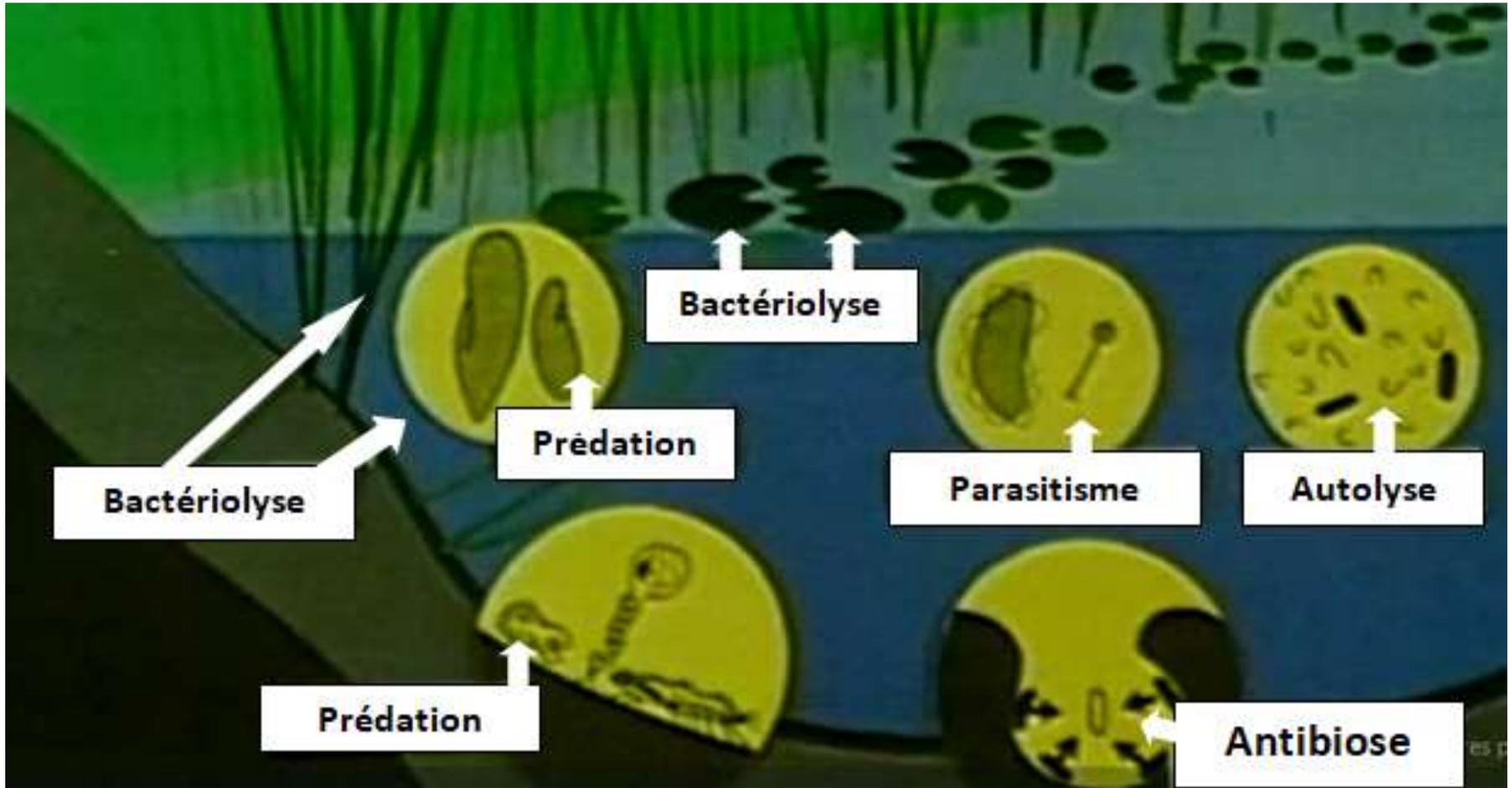
VI. Autoépuration des eaux naturelles

Mécanisme

1. Élimination des microorganismes

- **Amensalisme** : se manifeste par la production de substances antimicrobiennes par les actinomycètes
- **Le parasitisme** : présenté par le rôle des **bactériophages** et du *Bdellovibrio* dans l'élimination de certains groupes bactériens.
- **la prédation**: par les **protozoaires** qui attaquent la biomasse bactérienne auto-épuratrice développée
- **Bactériolyse** : exemple des mycétozoaires qui lyse *Serratia marcescens*
- **Autolyse bactérienne**
- <https://www.canal-u.tv/chaines/cerimes/phenomenes-d-auto-epuration-dans-les-eaux>

VI. Autoépuration des eaux naturelles

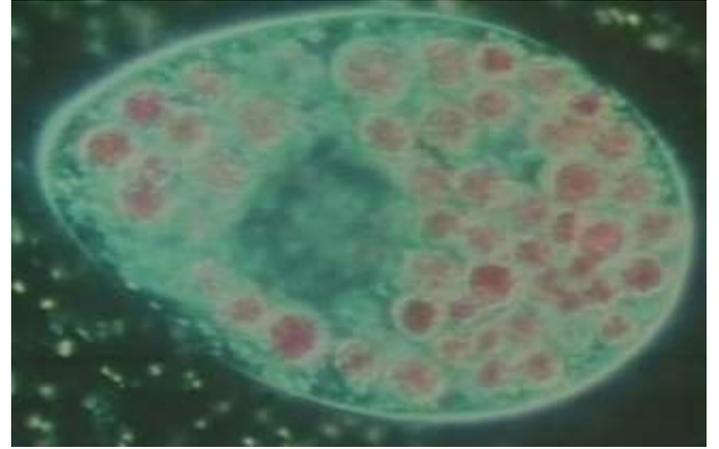


VI. Autoépuration des eaux naturelles

Exemples de prédation



Amibes capturent les microorganismes avec ses pseudopodes



Colpidium avec des cellules colorés dans les vacuoles



Ciliés prédatrices de bactéries



Paramécie qui se nourrie des bactéries

VI. Autoépuration des eaux naturelles

2. 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.

VI. Autoépuration des eaux naturelles

- 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.

Après transformation, les substances organiques polluantes minéralisés par les microorganismes sont éliminés dans l'atmosphère.

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

VI. Autoépuration des eaux naturelles

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

Nitrification : Lors de la nitrification, l'ammonium est transformé en nitrite puis nitrate en conditions aérobies, sous l'effet des microorganismes :

Nitrosomonas et *Nitrobacter*.

Dénitrification : La dénitrification a lieu en condition anaérobie La dégradation de l'ammonium directement en N_2 peut être réalisée par les bactéries Anammox

