

IV.1. Principe

Dans la grande majorité des cas, l'élimination des pollutions carbonée et azotée s'appuie sur des procédés de nature biologique. Les traitements biologiques appelés aussi Traitements secondaires (se situent à l'aval des prétraitements et les traitements primaires), reproduisent les phénomènes d'autoépuration existant dans la nature.

Les techniques d'épuration biologique utilisent l'activité des bactéries présentes dans l'eau, qui dégradent les matières organiques. La décomposition de l'ensemble des matières organiques (protéiques, lipidiques ou glucidiques) est le résultat de la vie des micro-organismes autotrophes et hétérotrophes, qui se développent spontanément dans les eaux usées en milieu anaérobie ou aérobie.

Cette phase de traitement biologique permet l'élimination :

- ✓ de la matière organique (composés carbonés)
- ✓ des composés azotés (par nitrification – dénitrification) et
- ✓ des composés phosphorés

La mise en œuvre des cultures bactériennes peut revêtir de très nombreuses formes. Il est classique de distinguer les procédés dits à cultures libres et les procédés dits à cultures fixées. On distingue Alors :

- Epuration biologique à biomasse libre;
- Epuration biologique à biomasse fixe.

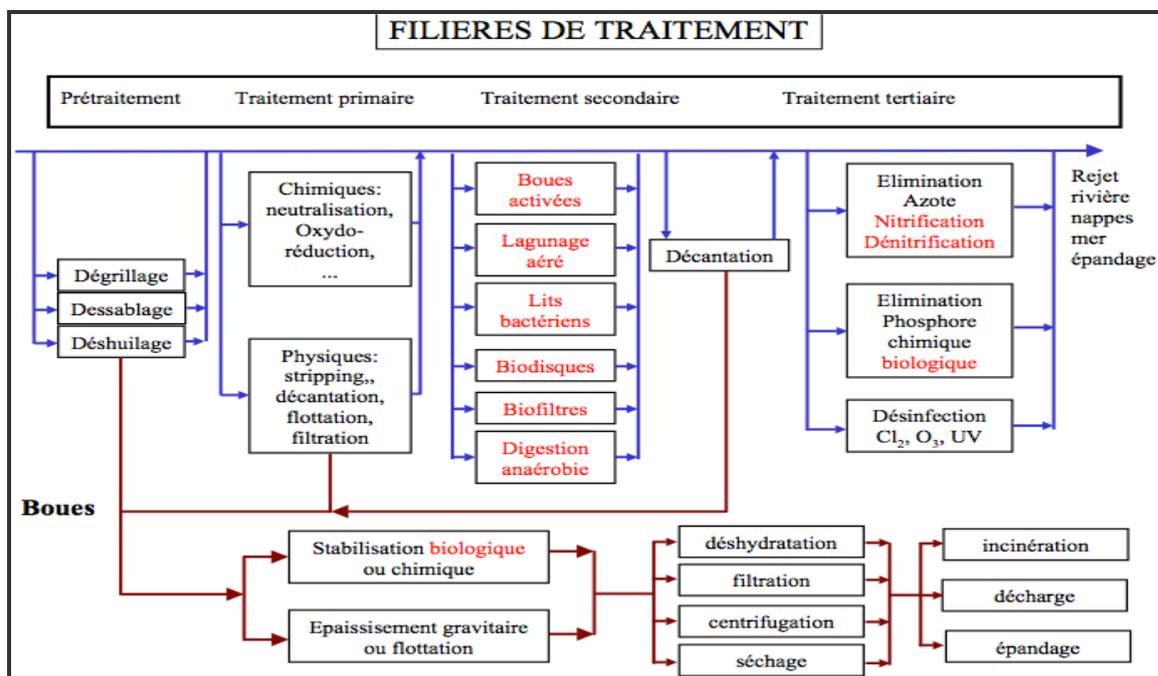


Figure IV.1. Filières de traitement des eaux usées

IV.2. Epuration biologique à biomasse libre

Il existe deux types de traitements biologiques des eaux usées par procédés à cultures libres : le traitement par lagunage (naturel et aéré) et les boues activées.

IV.2.1. Le lagunage naturel

L'épuration est assurée grâce à un long temps de séjour, dans plusieurs bassins étanches disposés en série. Le nombre de bassin le plus communément rencontré est de 3.

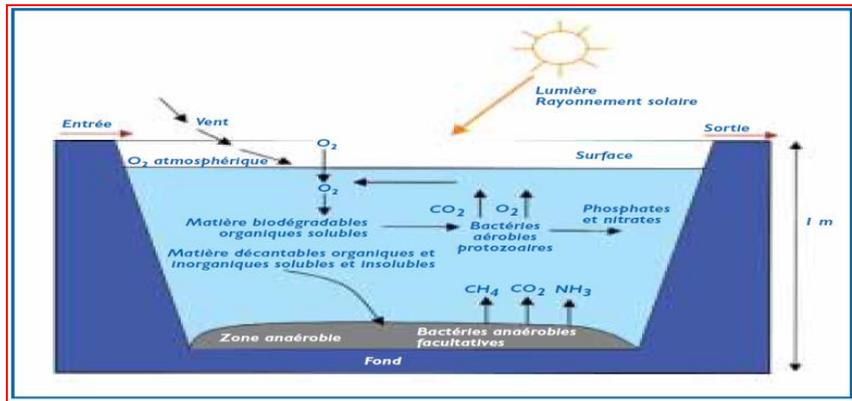


Figure IV.2. Le lagunage naturel

Le mécanisme de base sur lequel repose le lagunage naturel est la photosynthèse. La tranche d'eau supérieure des bassins est exposée à la lumière. Ceci permet l'existence d'algues qui produisent l'oxygène nécessaire au développement et maintien des bactéries aérobies. Ces bactéries sont responsables de la dégradation de la matière organique.

Le gaz carbonique formé par les bactéries, ainsi que les sels minéraux contenus dans les eaux usées, permettent aux algues de se multiplier. Il y a ainsi prolifération de deux populations interdépendantes : les bactéries et les algues planctoniques, également dénommées "microphytes". Ce cycle s'auto-entretient tant que le système reçoit de l'énergie solaire et de la matière organique.

En fond de bassin, où la lumière ne pénètre pas, ce sont des bactéries anaérobies qui dégradent les sédiments issus de la décantation de la matière organique. Un dégagement de gaz carbonique et de méthane se produit à ce niveau

IV.2.2. Le lagunage aéré

L'oxygénation est, dans le cas du lagunage aéré, apportée mécaniquement par un aérateur de surface ou une insufflation d'air. Ce principe ne se différencie des boues activées que par l'absence de système de recyclage des boues ou d'extraction des boues en continu.

IV.2.3. Les Boues activées

IV.2.3.1. Caractéristiques du fonctionnement

C'est actuellement le procédé le plus répandu pour traiter des eaux résiduaires urbaines. Il s'agit en fait d'un ensemble de procédés qui ont tous en commun le développement d'une culture bactérienne disposée sous forme de flocons (boues activées) dans un bassin brassé et aéré (bassin d'aération ou bioréacteur), alimenté en eau à épurer.

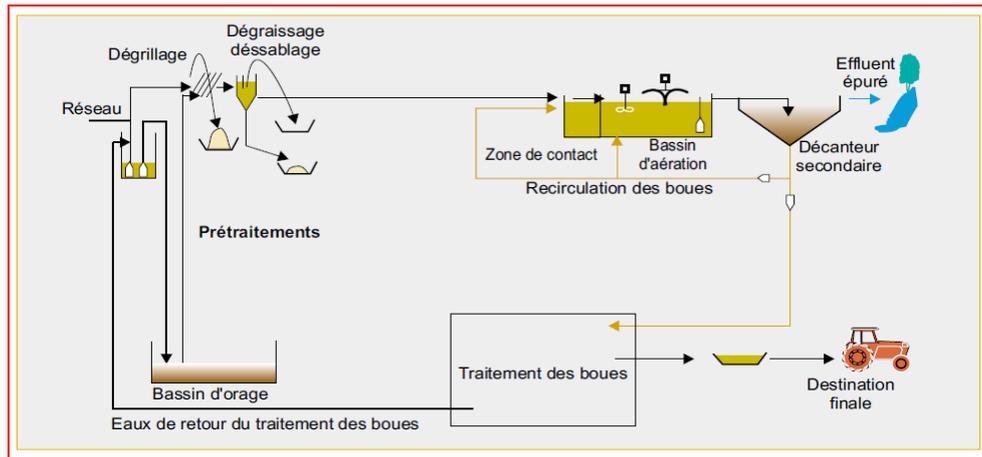


Figure IV.3. Procédé de la Boue activée

Les stations de traitement par boues activées comprennent:

- Bassin d'aération – l'eau à épurer mise en contact avec la masse bactérienne
- Clarificateur - séparation d'eau épurée et la culture bactérienne.
- Dispositif de recirculation et Dispositif d'extraction – une concentration en μ -organismes est nécessaire pour un niveau d'épuration recherché.
- ✓ Dans le bassin d'aération, le brassage a pour but d'éviter les dépôts et d'homogénéiser le mélange des floccs bactériens et de l'eau usée. L'aération a pour but de fournir aux bactéries aérobies l'oxygène dont elles ont besoin pour épurer l'eau. L'aération est effectuée généralement à partir de l'oxygène de l'air soit par l'intermédiaire d'aérateur de surface (turbines) soit par des dispositifs d'insufflation d'air .
- ✓ Après un temps de contact suffisant, la liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur appelé parfois décaiseur secondaire destiné à séparer l'eau épurée des boues. Cet ouvrage de séparation solide-liquide est un ouvrage capital qui conditionne très fréquemment le bon ou le mauvais fonctionnement d'une station.
- ✓ Les boues déposées au fond du décaiseur secondaire sont pour une part recyclées dans le bassin d'aération afin d'y maintenir une concentration suffisante en bactéries épuratoires, pour une autre part extraites et évacuées vers la ligne de traitement des boues.

IV.2.3.2. Charge volumique C_v (en kg DBO₅/m³/j)

C'est le rapport entre la masse de nourriture (exprimée généralement en terme de DBO₅) entrant journalièrement dans le réacteur et le volume du réacteur.

$$C_v = \frac{Q [DBO_5]}{V_b}$$

= quantité de DBO₅ (en kg/jour)/ volume du bassin d'aération (en m³)

IV.2.3.3. Charge massique C_m (ou facteur de charge)

C'est le rapport entre la masse de nourriture (exprimée généralement en terme de DBO₅) entrant journalièrement dans le réacteur et la masse de boue contenue dans ce réacteur, c.-à-d. la masse de pollution entrante par jour (en DBO₅)/masse de boue dans le réacteur.

$$C_m \text{ (en kg DBO}_5\text{/j/kg MVS)} = \frac{Q[DBO_5]}{V_b[MVS]}$$

= quantité de DBO₅ (en kg/jour)/ masse des matières organiques (en kg MVS)

Q: débit d'eau brute journalier en m³/j

[DBO₅]: conc. de l'effluent brut en kg/m³

V_b : volume du bassin en m³

[MVS]: concentration des boues dans le bassin d'aération en kg/m³

Les MVS (matières volatiles en suspension: matières organiques) = 70% à 80% des MES

MES= M organique+M minérale ==> MVS = MES - M minérale

La Charge massique est un des critères fréquemment utilisés pour caractériser les différents systèmes de boues activées. On distingue ainsi les systèmes :

- à forte charge massique : Cm > 0,5 kg DBO₅ /kg de boues/jour;
- à moyenne charge massique : 0,2 < Cm < 0,5;
- à faible charge massique : 0,07 < Cm < 0,2;
- à aération prolongée : Cm < 0,07.

IV.2.3.4. Age des boues

L'Age des boues représente le temps de séjour des boues dans le bassin d'aération. C'est le rapport entre la masse de boues présentes dans le réacteur (bassin d'aération) et la masse journalière de boues extraites de la station.

- La biomasse a tendance à croître;
- Pour la maintenir constante;
- Extraction continue d'un certain pourcentage des boues.

La biomasse est totalement renouvelée au bout d'un certain nombre de jours appelé: «âge des boues» ou θ_s (temps de séjour des cellules) :

$$A = [MS]_b \times V_b / [MS]_{ext} \times Q_{ext}$$

V_b : Volume du bassin d'aération (m³)

[MS]_b : Concentration des boues activées en kg /m³ en MS (Matières sèches)

Q_{ext} : Débit journalier (m³/j) d'extraction des boues

[MS]_{ext}: Concentration des boues en excès en kg/m³ en MS

L'âge des boues est d'environ de 24 heures en forte charge jusqu'à une trentaine de jours en très faible charge. Sa valeur en moyenne charge est d'une dizaine des jours.

Exemple :

Une station est équipée d'un bassin d'aération de 5150 m³, avec une concentration des boues activées de 3g/l et une concentration des boues en excès de 6 g/l, sachant que le débit d'extraction est de 100 m³/j. Quel est l'âge des boues ?

$$A = [MS]_b \times V_b / [MS]_{ext} \times Q_{ext} = (5150 \times 3) / (100 \times 6) = 25.8 \text{ j}$$

(≈ 30 jours : système à faible charge)

IV.3. Epuration biologique à biomasse fixée

Parmi les procédés utilisés en cultures fixées : le lit bactérien et le biodisque.

IV.3.1. Le Lit bactérien

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux (pouzzolane ou plastique) servant de support aux micro-organismes épurateurs qui y forment un film biologique responsable de l'assimilation de la pollution.

Cette filière est adaptée pour les petites collectivités avec des charges de pollution à traiter comprises entre 200 et 2000 EH (Equivalents Habitants)

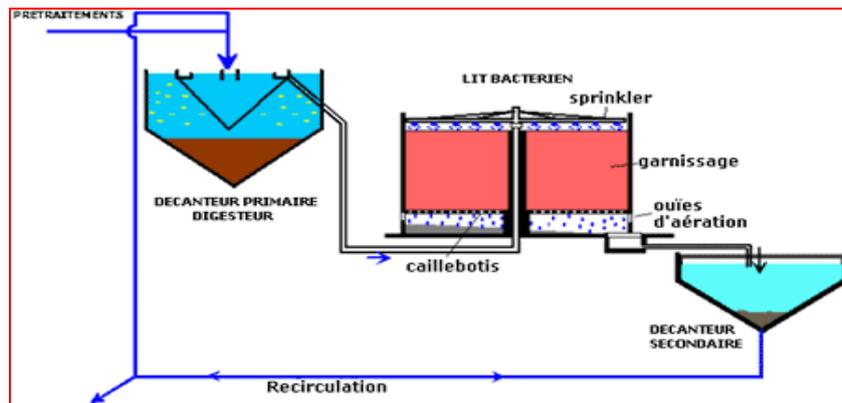


Figure IV.4. Principe du Lit bactérien

L'aération naturelle se fait grâce à des ouïes d'aération. Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement. Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent, à contre courant, sont à la portée des micro-organismes assimilateurs.

Le film biologique se décroche au fur et à mesure que l'eau percole. En sortie du lit bactérien se trouvent un mélange d'eau traitée et de biofilm. Ce dernier sera piégé dans le décanteur sous forme de boues et l'eau traitée rejoint le milieu naturel. La recirculation des boues vers le décanteur digesteur est essentielle.

IV.3.2. Disques biologiques

Les supports de la microflore épuratrice sont des disques partiellement immergés dans l'effluent à traiter et animés d'un mouvement de rotation lequel assure à la fois le mélange et l'aération. Les microorganismes se développent et forment un film biologique épurateur à la surface des disques. Les disques sont semi-immergés, leur rotation permet l'oxygénation de la biomasse fixée.

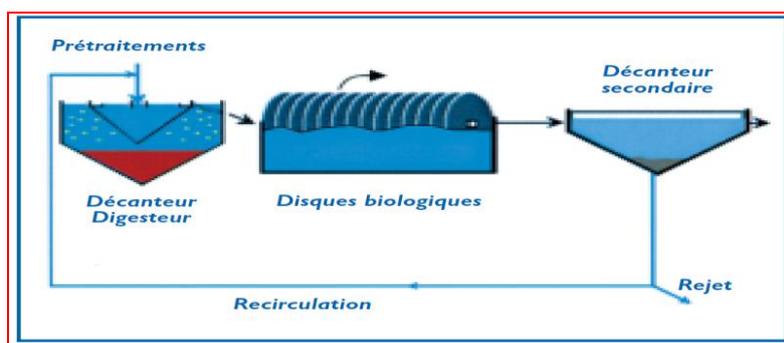


Figure IV.5. Disque biologique

Cette filière est adaptée pour les petites et moyennes collectivités avec des charges de pollution à traiter comprises entre 300 et 2 000 E.H. (Equivalent Habitants).

Lors de la phase immergée, la biomasse absorbe la matière organique qu'elle dégrade par fermentation aérobie grâce à l'oxygène atmosphérique. Dès qu'il dépasse une épaisseur de quelques millimètres, le biofilm (les boues) en excédent se détache et est entraîné vers le décanteur final où il est séparé de l'eau épurée.