

On peut distinguer cinq catégories de réutilisation :

- réutilisation pour l'irrigation : cultures fourragères ou maraîchères, céréales, prairies, etc.
- réutilisation industrielle : circuit de refroidissement, construction, papeteries, industries textiles, etc.
- réutilisation en zone urbaine : lutte contre l'incendie, lavage de voirie, recyclage des eaux usées d'un immeuble, arrosage de parcs, golfs, cimetières, etc.
- la production d'eau potable
- la recharge de nappe phréatique

1-Origine des eaux entrant en station d'épuration

Les eaux usées telles que définies dans l'introduction ont trois origines possibles :

- les eaux domestiques
- les eaux industrielles
- les eaux de ruissellement.

Les rejets domestiques

Les eaux usées d'origine domestique sont issues de l'utilisation de l'eau (potable dans la majorité des cas) par les particuliers pour satisfaire tous les usages ménagers. Lorsque les habitations sont en zone d'assainissement collectif, les eaux domestiques se retrouvent dans les égouts. On distingue généralement deux « types » d'eaux usées domestiques qui arrivent toutes deux dans le réseau d'assainissement :

- les eaux vannes, qui correspondent aux eaux de toilettes
- les eaux grises qui correspondent à tous les autres usages : lave-linge, lave-vaisselle, douche/bain, etc.

Eaux de ruissellement

Les eaux de pluie qui ruissent sur les surfaces imperméabilisées, en général en zone urbaine, sont collectées par un réseau qui peut-être le même que celui qui collecte les eaux usées, ou non.

2-Composition des eaux usées

La composition des eaux usées est extrêmement variable en fonction de leur origine (industrielle, domestique, etc.). Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes. En fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et du danger sanitaire qu'elles représentent, ces substances peuvent être classées en quatre groupes : les micro-organismes, les matières en suspension, les éléments traces minéraux ou organiques, et les substances nutritives.

- Quatre « familles » de micro-organismes
les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes.

- Les matières en suspension (MES): Ce sont des matières biodégradables pour la plupart. Les micro-organismes sont le plus souvent adsorbés à leur surface et sont ainsi « transportés » par les MES. Elles donnent également à l'eau une apparence trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur. Cependant, elles peuvent avoir un intérêt pour l'irrigation des cultures

Une station d'épuration comporte généralement:

- Une phase de prétraitement, pendant laquelle les éléments les plus grossiers sont éliminés par dégrillage (pour les solides de grandes tailles), puis par flottaison/décantation (pour les sables et les graisses).
- Un traitement primaire, une décantation plus longue, pour éliminer une partie des MES.
- Un traitement secondaire: des traitements physico-chimiques et/ou biologiques sont ensuite appliqués, afin d'éliminer la matière organique (*i.e.* matière carbonée). Ils sont généralement suivis d'une phase de clarification qui est encore une décantation.
- Traitement des nitrates et des phosphates est exigé en fonction de la sensibilité du milieu récepteur.
- Il existe également des traitements dits **extensifs**, comme le lagunage, qui combinent des traitements biologiques, physiques et naturels.

- **Les traitements physiques par décantation**

Les prétraitements permettent d'éliminer la fraction la plus grossière, afin de ne pas gêner les opérations ultérieures. Ce sont le dégrillage, le dessablage, le dégraissage également appelé deshuilage.

La décantation primaire permet d'alléger les traitements biologiques ou chimiques ultérieurs, en éliminant une partie des solides en suspension. L'efficacité du traitement dépend du temps de séjour et de la vitesse ascensionnelle (qui s'oppose à la décantation). La décantation primaire permet d'éliminer, pour une vitesse ascensionnelle de 1,2 m/h, 40 à 60 % des MES, soit 10 à 30 % des virus, 50 à 90 % des helminthes et moins de 50 % des kystes de protozoaires. La décantation des MES entraîne également avec elle des micro-polluants.

La décantation secondaire, également appelée clarification, intervient après un traitement biologique ou chimique, afin d'éliminer les flocs issus des traitements biologiques ou chimiques. Lors d'une phase de décantation, l'élimination des micro-organismes se fait principalement par décantation des MES (sur lesquelles ils sont adsorbés).

•Les procédés de désinfections supplémentaires

Les traitements chimiques et les ultraviolets

-Le chlore est un oxydant puissant qui réagit à la fois avec des molécules réduites et organiques, et avec les micro-organismes.

-L'ozone est un procédé de désinfection utilisé aux États-Unis, en Afrique du Sud et au Moyen- Orient essentiellement. Il permet l'élimination des bactéries, des virus et des protozoaires.

- **Généralités sur les traitements biologiques**

Le traitement biologique des eaux usées est le procédé qui permet la dégradation des polluants grâce à l'action de micro-organismes. Ce processus existe spontanément dans les milieux naturels tels que les eaux superficielles suffisamment aérées. Une multitude d'organismes est associée à cette dégradation. Parmi ces organismes, on trouve généralement des bactéries, des algues, des champignons et des protozoaires.

3-1-Epuration Biologique aérobie

Pour la dégradation aérobie de la matière organique, deux processus consommateurs d'oxygène se développent parallèlement. Ce sont:

-Oxydation de la matière organique : Cette opération fournit l'énergie aux microorganismes (catabolisme), énergie nécessaire à la synthèse cellulaire et à la multiplication des micro-organismes (anabolisme), le processus d'oxydation aboutit à un accroissement de la masse cellulaire totale.

Le bilan global de l'épuration se traduit par:

Pollution organique + micro-organismes + O₂ → Boues en excès + CO₂ + H₂O + NH₃

Le principe du procédé à boues activées consiste donc à provoquer le développement d'un floc bactérien dans un bassin alimenté en eau usée à traiter (bassin d'activation). Afin d'éviter la décantation des flocs dans ce bassin, un brassage vigoureux est nécessaire. La prolifération des micro-organismes nécessite aussi une oxygénation suffisante.

Le bassin d'activation peut être précédé d'un décanteur primaire dans le but d'éliminer les matières décantables et suivi d'un clarificateur pour la séparation de l'effluent épuré et des boues.

Plusieurs configurations de bassins d'aération dans le cas du procédé par boues activées peuvent être mis en oeuvre:

- Conventionnel (le plus fréquemment utilisé)
- Contact stabilisation
- Alimentation étagée
- Mélange intégral (complet)

Bassin d'aération

Le bassin d'aération constitue le cœur même du procédé dans lequel s'effectue le métabolisme bactérien à l'origine de l'épuration.

C'est dans ce bassin que la majeure partie des réactions biochimiques de transformation de la pollution carbonée (voire azotée et phosphorée) a lieu. On y maintient généralement 3 à 4g L⁻¹ de biomasse active en état d'aérobiose à une concentration de 2 à 2.5 ppm en oxygène dissout.

Les systèmes d'aération

La qualité d'un système d'aération est évaluée, d'une part, par sa capacité d'oxygénation et d'autre part, par l'énergie nécessaire pour dissoudre un kg d'oxygène. La capacité d'oxygénation est par définition la quantité d'oxygène fournie en une heure à l'eau propre, à teneur en oxygène constante et nulle à 10 °C et à pression atmosphérique.

Les conditions opératoires sont standard et permettent la comparaison des différents systèmes d'aération utilisables en pratique à savoir:

- les dispositifs d'injection d'air surpressé à fines bulles (diffuseurs poreux à haut rendement d'oxygénation: 12 %), à moyennes bulles (diffuseurs à clapets) ou à grosses bulles (diffuseurs à larges orifices) à faible rendement d'oxygénation: 5 %.

les aérateurs de surface que l'on peut diviser en 3 groupes:

- aérateurs à axe vertical à faible vitesse, aspirant l'eau par le fond et la rejetant directement à l'horizontale.

Certains procédés de traitement des eaux usées industrielles utilisent des turbines autoaspirantes pour fournir les besoins en oxygène des micro-organismes épurateurs.

• Réacteur biologique membranaire

Les réacteurs biologiques membranaires (MBR) sont des systèmes de boues activées dans lesquels la séparation solide-liquide est effectuée par un système de filtration membranaire.

Dans les MBR, en plus du dégrillage grossier, un tamisage de l'affluent doit être effectué afin de protéger les membranes contre les débris qui pourraient les endommager. Un tamisage sur des grilles avec des ouvertures de 0,5 à 2 mm est recommandé selon le type de membrane. Il n'est généralement pas nécessaire d'inclure une décantation primaire dans la chaîne de traitement

,

Réacteurs biologiques séquentiels (RBS)

Les RBS constituent une variante particulière de procédé par boues activées. La particularité de cette variante est que la décantation de la biomasse s'effectue directement dans les bassins d'aération plutôt que dans un décanteur séparé. Le procédé fonctionne en mode discontinu selon une séquence comprenant typiquement les phases suivantes : remplissage, réaction, décantation, soutirage du surnageant et repos. L'extraction des boues peut se faire soit en phase de réaction, soit en phase de repos.

Le lagunage

Le lagunage s'appuie sur le processus d'autoépuration se déroulant spontanément dans des étendues d'eau dans lesquelles les microorganismes dégradent la matière organique et la transforment en éléments minéraux.

Le lagunage est un procédé d'épuration qui consiste à faire circuler des effluents dans une série de bassins pendant un temps suffisamment long pour réaliser les processus naturels de l'auto-épuration. Il est pratiqué dans les régions très ensoleillées, dans des bassins de faible profondeur.

Le principe général consiste à recréer, dans des bassins, des chaînes alimentaires aquatiques. Le rayonnement solaire est la source d'énergie qui permet la production de matières vivantes par les chaînes trophiques. Les substances nutritives sont apportées par l'effluent alors que les végétaux sont les producteurs du système en matière consommables et en oxygène.

Les bactéries assurent la part prépondérante de l'épuration et la microfaune contribue à l'éclaircissement du milieu par ingestion directe des populations algales et des bactéries.

Ce procédé simple demande des surfaces importantes car les temps de réactions sont très longs. Pour que le lagunage s'effectue dans les meilleures conditions d'aérobiose, tout en évitant les odeurs et la prolifération des insectes, il faut prévoir une décantation primaire des effluents. On empêche, ainsi, un colmatage rapide des bassins. Selon les régions, on peut traiter par ce procédé de 25 à 50 kg de DBO5 par hectare et par jour.

1. Les différents types de lagunage

a) *Le lagunage naturel:*

D'une profondeur de 1.2 à 1.5 m au maximum et de 0.8 m au minimum (afin d'éviter le développement de macrophytes), avec un temps de séjour de l'ordre du mois, ces bassins fonctionnent naturellement grâce à l'énergie solaire. On peut obtenir un rendement d'épuration de 90 %. Ces procédés sont très sensibles à la température et sont peu applicables aux régions froides

b) Le lagunage aéré:

En fournissant l'oxygène par un moyen mécanique, on réduit les volumes nécessaires et on peut accroître la profondeur de la lagune. La concentration en bactéries est plus importante qu'en lagunage naturel. Le temps de séjour est de l'ordre de 1 semaine et la profondeur de 1 à 4 m. Le rendement peut être 80 % et il n'y a pas de recyclage de boues. L'homogénéisation doit être satisfaisante pour éviter les dépôts.

c) Le lagunage anaérobie:

Il n'est applicable que sur des effluents très concentrés et, le plus souvent comme prétraitement avant un étage aérobie. La couverture de ces lagunes et le traitement des gaz produits sont nécessaires vu les risques de nuisances élevés (odeurs). Les temps de séjour sont souvent supérieurs à 50 jours. Les charges organiques appliquées sont de l'ordre de 0.01 5-3 -1 DBO kg m j. Une profondeur importante (5 à 6 m) est en principe un élément favorable au processus.

Dans la réalité, la classification aéro-anaérobie des lagunes n'est pas superflue, car dans les zones amont ou profondes des lagunes aérobies, on observe souvent un fort déficit en oxygène. Un curage des bassins tous les 10 ans est nécessaire du fait de la production des boues.

Bassins de maturation (désinfection)

Les bassins de maturation sont fondamentalement destinés à réduire la concentration des micro-organismes pathogéniques. La faible profondeur des lagunes de maturation (de 1 à 1,5 mètres) est indispensable afin de maintenir le bassin en conditions d'aérobiose et de permettre aux rayons du soleil de pénétrer jusqu'au fond du bassin. Le but premier des bassins de maturation est l'enlèvement des pathogènes (cela ne veut pas dire pour autant que la DBO n'est plus éliminée dans ce type de bassin). L'enlèvement des pathogènes repose sur la sédimentation et sur l'ensoleillement : Les spores, les kystes et les oeufs de pathogènes sont éliminés par sédimentation et se retrouvent emprisonnés dans les boues. Les bactéries et autres microorganismes pathogènes sont très sensibles aux rayons ultra-violets (UV) provenant de l'ensoleillement, ce qui provoque leur élimination.

Epuration par culture fixée

Dans ce genre de procédés, les microorganismes sont fixés sur un support inerte et forment le BIOFILM. On distingue généralement:

- les Lits bactériens,
- les Biodisques,
- les Lits fixes noyés,
- les Lits fluidisés.

Les bactéries contenues dans l'effluent se fixent peu à peu à un support pour former un film biologique aéré de 1 mm d'épaisseur environ. Les micro-organismes ainsi fixés oxydent l'effluent avec lequel ils sont en contact.

Le biofilm est un conglomérat de micro-organismes à l'intérieur d'une masse gélatineuse, dans laquelle on peut distinguer une zone aérobie et une zone anaérobie.

La composition du biofilm est la suivante :

- bactéries aérobies (agents principaux de la dépollution),
- bactéries anaérobies (régulent la production des aérobies),
- champignons ou moisissures (ils donnent de la "tenue" au film),
- protozoaires (en surface, ils se nourrissent des bactéries libres),
- vers (perforent le film et le détachent),
- insectes.

Un biofilm est un revêtement organique variable en épaisseur (de quelques micromètres à quelques millimètres) formé par adhésion de microorganismes sur un support solide minéral ou vivant (muqueuse), typiquement formé par des cellules isolées ou des micro-colonies noyées dans une matrice fortement hydratée de polymères. Un biofilm est une structure évoluant au cours du temps, pouvant voir se succéder plusieurs populations microbiennes, dépendantes des caractères physiques environnants, et susceptible d'incorporer ou d'échanger sans cesse avec le milieu ambiant des cellules et des composants macromoléculaires.

Inconvénients du Lit bactérien

Les inconvénients majeurs des lits bactériens sont les suivants :

- tendance au colmatage, surtout avec les supports traditionnels.
- variation des rendements d'épuration, par une création de zones mortes et de chemins préférentiels,
- très sensible au gel, car il faut que le haut et le bas du lit soient bien ouverts afin de permettre une aération naturelle suffisante.