

1. Rôle des traitements biologiques (ou secondaires en STEP)

Les traitements biologiques, ou traitements secondaires, sont essentiels dans le processus global de traitement des eaux usées, notamment dans les Stations d'Épuration des Eaux Usées (STEP). Ces procédés font appel à des microorganismes pour décomposer et éliminer la matière organique présente dans les eaux usées, qui n'a pas été complètement éliminée par les traitements primaires (dépollution physique, séparation des solides). Les traitements biologiques sont en général les plus efficaces pour éliminer la Demande Biochimique en Oxygène (DBO) et la Demande Chimique en Oxygène (DCO), deux paramètres essentiels pour caractériser la pollution organique de l'eau.

Le rôle des traitements biologiques est de transformer la matière organique en substances inoffensives comme le dioxyde de carbone (CO_2), l'eau et des produits biologiques (biomasse microbienne). Les procédés biologiques permettent donc de :

- Réduire les concentrations en matières organiques et en nutriments (azote et phosphore), contribuant ainsi à améliorer la qualité de l'eau avant son rejet dans le milieu récepteur (rivières, océans, etc.).
- Produire des boues d'épuration, qui peuvent être traitées ultérieurement pour en réduire le volume (par exemple, par digestion anaérobie).
- Recycler et valoriser certains sous-produits comme les gaz combustibles (méthane, par exemple) ou les huiles pyrolytiques (si un prétraitement est effectué avant la pyrolyse).

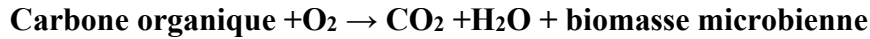
Les procédés biologiques secondaires sont basés sur l'activité métabolique des microorganismes, qui utilisent les matières organiques comme source de carbone et d'énergie pour leur croissance. Ces procédés sont généralement classés en aérobie ou anaérobie, selon la présence ou non d'oxygène dans le milieu.

2. Épuration biologique

L'épuration biologique repose sur l'utilisation de micro-organismes (principalement des bactéries) capables de consommer les matières organiques et de les transformer en biomasse. Ces micro-organismes se nourrissent de la matière organique contenue dans les eaux usées, l'oxydant en dioxyde de carbone (CO_2) et en eau (H_2O), tout en produisant de la biomasse.

microbienne. En fonction des conditions de l'environnement (aérobie, anaérobie, ou anoxique), différents types de procédés biologiques sont employés.

La réaction de base qui a lieu lors de l'épuration biologique est la suivante :



3. Classification des procédés biologiques

Les procédés biologiques peuvent être classés selon deux critères principaux :

- Le type de culture des microorganismes (libres ou fixées)
- Les conditions d'oxygénation (aérobie ou anaérobie)

a. Cultures Libres (Boues Activées) vs Fixées (Biofilms)

- Cultures libres (Boues activées)

Les procédés à **boues activées** sont les plus couramment utilisés dans les stations d'épuration modernes. Ils reposent sur l'utilisation de boues microbiologiques en suspension dans un bassin aéré. L'oxygène est fourni au système pour permettre aux micro-organismes de dégrader la matière organique. La biomasse produite, c'est-à-dire les boues, est ensuite séparée de l'eau traitée par décantation dans un clarificateur secondaire. Ce procédé est efficace pour traiter les eaux usées riches en matière organique.

Les boues activées sont constituées de bactéries et de protozoaires, qui consomment la matière organique présente dans l'eau. Ces micro-organismes ont la capacité de se multiplier rapidement, ce qui permet d'augmenter la vitesse de traitement des eaux usées.

- Cultures fixées (Biofilms)

Les procédés à **biofilms** utilisent des supports solides, tels que des pierres, des disques ou des matériaux plastiques, sur lesquels les micro-organismes se fixent pour former des biofilms. Ces biofilms sont des communautés microbiennes qui dégradent la matière organique lorsque l'eau passe à travers eux. Les procédés à biofilms, tels que les lits bactériens, les disques biologiques (RBC) ou les réacteurs à biofilm à lit mobile (MBBR), sont utilisés lorsque les conditions d'aération sont plus complexes ou lorsque l'espace est limité.

Les biofilms ont l'avantage de permettre une meilleure gestion de l'oxygénation, car l'oxygène est transféré de manière plus efficace à travers les couches de micro-organismes.

b. Aérobie vs Anaérobie

- **Procédés aérobiques**

Les procédés aérobiques sont les plus courants dans les stations d'épuration des eaux usées urbaines. Ces procédés utilisent l'oxygène dissous dans l'eau pour favoriser la dégradation biologique des matières organiques. Les procédés aérobiques comprennent les bassins d'aération, les bioréacteurs à membrane et les filtres biologiques. L'un des avantages principaux est l'efficacité dans la réduction des DBO et DCO. Cependant, ces procédés sont énergivores car ils nécessitent un apport constant en oxygène.

- **Procédés anaérobies**

Les procédés anaérobies, qui ne nécessitent pas d'oxygène, sont utilisés principalement pour traiter des boues ou des eaux usées industrielles. Dans ce processus, des microorganismes spécifiques dégradent la matière organique en produisant des gaz, dont le méthane. Ce procédé est souvent utilisé dans des digesteurs anaérobies pour traiter les boues d'épuration. Il est avantageux car il génère de l'énergie sous forme de biogaz, mais il est moins efficace pour traiter de grandes quantités d'eau usée, d'où son utilisation plus fréquente dans des installations de traitement de boues.