



Bioépuration : Des bactéries à notre service.

F.N.ALLOUCHE

E- mail : nallouche@cder.dz

Division Bioénergie & Environnement, CDER, Alger

S'il existe un domaine où l'empirisme était jusqu'à présent de mise, c'est bien celui de la bioépuration des eaux usées grâce à l'action des microorganismes. Ces derniers ont la capacité de dégrader la matière organique. Qu'en est-il aujourd'hui ? Les progrès de la science sont venus au secours de certains procédés d'épuration biologique, certains sont reconnus, d'autres sont sérieusement contestés.

Depuis longtemps l'eau est définie comme étant un bien vital, indispensable, un des vecteurs du développement durable. C'est inutile de le rappeler. Elle est souvent utilisée à des fins domestiques, industrielles et agricoles. Mais à l'occasion de ces différentes utilisations, l'eau est souvent polluée. Son rejet dans le milieu naturel peut engendrer des conséquences graves, tant pour la santé et l'hygiène publique que pour l'environnement et avoir des répercussions économiques non négligeables, il est donc important de traiter les eaux usées.

À l'heure actuelle, les techniques d'épuration biologique sont très variées, leur choix est déterminé par la charge polluante à traiter, sa nature et la qualité du traitement souhaité.

Dans la plupart des cas, l'élimination des pollutions, qu'elles soient carbonées, azotées ou phosphatées par voie biologique, s'appuie toujours sur des procédés qui reproduisent artificiellement ou non les phénomènes naturels d'autoépuration existant dans la nature.

EPURER, OUI, MAIS COMMENT ?

Différentes techniques d'épuration biologique des eaux usées utilisent l'activité des bactéries présentes dans l'eau pour dégrader la matière organique. Selon son

origine, la pollution des eaux peut être réduite de façon préventive ou curative par deux types de procédés : les traitements intensifs (boues activées, disques biologiques, lits bactériens) couramment utilisés et les traitements extensifs, tel que le lagunage, qui est un procédé qui exploite avantageusement le processus d'épuration ayant cours dans la nature. Grâce à l'action des bactéries, on devrait pouvoir optimiser le lagunage au laboratoire et le rendre ainsi plus performant suivant des protocoles rigoureux et reproductibles.

- *Procédé intensif :*

- Aérobic (avec oxygène).

Le traitement biologique met en œuvre une biomasse bactérienne aérobie pour digérer la pollution.

- Anaérobie (sans oxygène, ou méthanisation).

Le traitement biologique est effectué dans un bassin hermétique où les bactéries transforment la matière organique presque exclusivement en méthane et en CO₂.

- *Procédé extensif :*

- Le lagunage aéré : (aération mécanique de la surface ou par insufflation d'air).
- Le lagunage naturel : (absence de dispositif d'aération).
- Le lagunage anaérobie : (prétraitement avant un deuxième stade d'épuration de type aérobie).

Le traitement biologique des eaux usées est effectué dans trois bassins (anaérobie, facultatif et de maturation), permettant ainsi la dégradation de la matière orga-

nique en utilisant l'énergie solaire pour produire de l'oxygène par photosynthèse.

Des bactéries au service de l'épuration :

On parle très souvent du tort qu'elles nous causent, les bactéries se révèlent parfois nos ennemies, mais s'avèrent bien plus souvent nos alliées.

Les bactéries sont présentes dans l'environnement naturel de l'homme (eau, sol, surfaces diverses), sur l'homme lui-même et sur tous les êtres vivants (plantes, animaux), dont elles tirent leurs aliments. En effet, neuf bactéries sur dix sont ou totalement inoffensives, ou très utiles pour l'homme.

Les bactéries impliquées dans l'épuration des eaux usées sont regroupées dans le tableau 1.

Il est important de le rappeler, que la nature des composés organiques qui constituent la pollution ainsi que les conditions du milieu (pH, température, oxygène dissous ...etc.) influent sur le genre dominant.

QUELLES SONT LES PRINCIPALES BACTÉRIES ÉPURATRICES ?

Dans certaines conditions l'eau est souvent polluée, mais heureusement, des bactéries très spécifiques vont se charger de dépolluer l'eau. Les bactéries vont décomposer alors les éléments complexes (matière organique) en éléments simples solubles dans l'eau. L'épuration biologique due à l'action des bactéries, permet la décomposition de la matière organique par une nitrification en zone aérobie, une dénitrification en absence d'oxygène et éventuellement une zone

Polluant	Bactéries épuratrices
Nitrates	Thiobacillus, Paracoccus, Pseudomonas
Phosphates	Acinetobacter, Moraxella, Bordetella, pseudomonas, Flavobactérium
Dioxines	Brevibactérium
Cyanures	Thiobacillus
Composés soufrés	Thiobacillus, Desulfobivrio, Thiotrix, Mirohtrix
Huiles et graisses	Pseudomonas, xanthomonas, Thiobacillus
Hydrocarbures	Acinetobacter, Flavobactérium, Bacillus, Pseudomonas, Achromobacter, Arthrobacter
Métaux lourds	Thiobacillus, Zooglea
Caoutchoucs	Thiobacillus, Sulfolobus

anaérobie en profondeur qui assure la digestion d'autres composés organiques (phosphates et sulfates). La figure 1 résume brièvement les différentes étapes de la digestion des polluants organiques par les bactéries épuratrices.

Les bactéries réduisant les carbonates :

Ce sont des bactéries anaérobies, capables d'oxyder les composés organiques, qui sont principalement représentés par les bactéries méthanigènes productrices du méthane CH₄, tel que *Methanococcus* (*a), *Methanosarcina*, *Methanobacillus*, sporulés et *Methanobacterium*, non sporulés.

Les bactéries nitrifiantes :

Ces bactéries strictement aérobies vivent dans les eaux, même polluées, où elles participent à l'épuration biologique, les *Nitrosomonas*(*b) oxydent l'azote ammoniacal NH₄⁺ en nitrites NO₂⁻ (nitrosation), alors que les *Nitrobacters* (*c) oxydent les nitrites NO₂⁻ en nitrates NO₃⁻ (nitratation).

Les bactéries réduisant les nitrates :

On les appelle également bactéries dénitrifiantes, elles sont strictement hétérotrophes, consommatrices de la pollution carbonée. Un certain nombre possède la faculté de se servir de l'oxygène fixé dans la molécule nitrate NO₃⁻, lorsqu'elles se trouvent plongées dans des conditions d'anoxie (respiration sur les nitrates), en absence d'oxygène. L'azote libéré sous forme de diazote N₂ gazeux se volatilise par la suite en retournant vers l'atmosphère, c'est ce qu'on appelle **la dénitrification**.

fication. En effet, beaucoup de bactéries réduisent les nitrates en nitrites, mais la dénitrification complète conduisant à la libération d'azote gazeux n'est réalisée que par un petit nombre d'espèces comme par exemple *Thiobacillus denitrificans* (*d).

Les bactéries déphosphatantes :

Les bactéries considérées comme étant les spécialistes de la déphosphatation biologique sont principalement les *Acinetobacter* (*e)/*Moraxella*. Le processus de la déphosphatation se fait par alternance des séquences anaérobies/aérobies en modifiant l'équilibre enzymatique et induit par la suite des phases de suraccumulation de phosphore. En condition d'anaérobiose, la bactérie relargue du phosphore, puis dès que la concentration en oxygène remonte, elle le réabsorbe. L'assimilation du polyphosphate par la bactérie peut servir par la suite soit de réserve d'énergie soit de réserve en phosphore.

Les bactéries réduisant les sulfates :

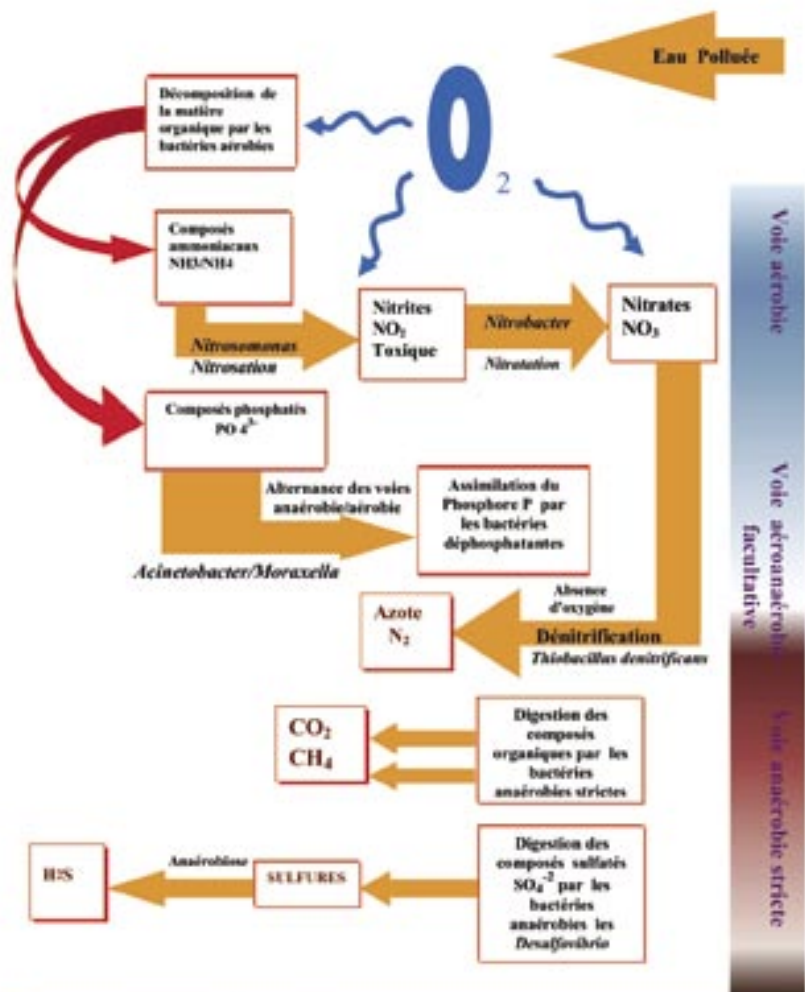


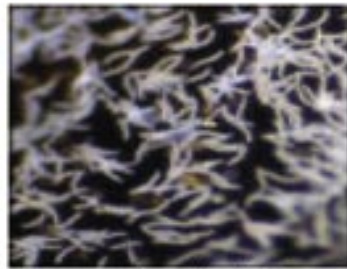
Figure 1 : Schéma récapitulatif sur la digestion de la pollution organique par les bactéries épuratrices.

Recherche et Développement

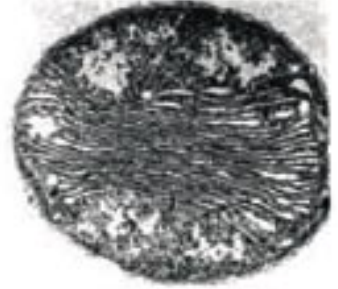
* *Figure 2 : Vue au microscope électronique des bactéries épuratrices :*



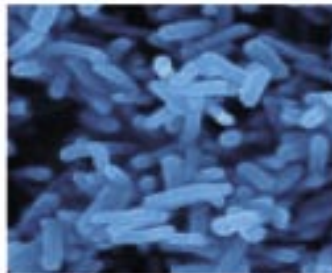
*Acinetobacter sp (*e)*



*Desulfovibrio sp (*f)*



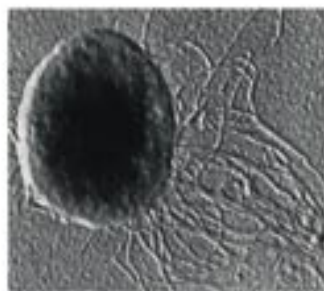
*Nitrobacter sp (*c)*



*Nitrosomonas sp (*b)*



*Thiobacillus sp (*d)*



*Methanococcus sp (*a)*

Les *Desulfovibrio desulfuricans* (*f) sont des bactéries capables de réduire les sulfates SO_4^{2-} en sulfures, puis en hydrogène sulfuré H_2S . Bien qu'étant anaérobie stricte; dans certaines conditions, cette bactérie résiste bien à l'oxygène. On la retrouve dans les sols, mais aussi dans les vases, même salées, sous les pierres où sa présence est attestée par un dépôt de fer noirâtre et une forte odeur d' H_2S .

Que faire aujourd'hui et quelles méthodes privilégier?

En Algérie, les eaux usées sont souvent déversées directement dans le milieu naturel.

On peut toujours souhaiter que l'épuration biologique connaisse un progrès et un développement analogue à celui qu'il a connu dans certains nombre de pays industrialisés.

La maîtrise des techniques d'épuration biologique est envisageable en alliant les techniques d'épuration ancestrales utilisées depuis l'antiquité et les progrès les plus récents par la connaissance des mécanismes du métabolisme bactérien. En effet, l'épuration par le biais des bactéries est porteuse d'avenir, elle bouscule certaines idées reçues, si on arrive à sélectionner des souches de mieux en mieux adaptées aux fonctions qui leurs sont attribuées.

Les données scientifiques se sont néanmoins accumulées ces dernières années et le rôle des bactéries est maintenant mieux compris.

Dans ce domaine, des efforts restent à faire afin de mieux maîtriser les techniques d'épuration. Des systèmes fiables et économiques demandent à être développés. Pour cette raison, l'objectif que se propose le Centre de Développement

Pour en savoir plus...

Les bactéries qui participent au processus d'épuration des eaux usées sont classées :

Selon leurs source de carbone :

- Bactéries autotrophes : elles utilisent le carbone du CO_2 .
- Bactéries hétérotrophes : contrairement aux autotrophes, les bactéries hétérotrophes ne peuvent pas utiliser le CO_2 comme source de carbone. elles doivent donc oxyder des composés organiques afin de récupérer le carbone qui les compose.

Selon la source d'énergie :

- Bactéries lithotrophes : utilisent des composés minéraux (inorganiques) comme source d'énergie.
- Bactéries chimiotrophes : utilisent des composés organiques comme source d'énergie.
- Bactéries phototrophes : utilisent la lumière comme source d'énergie.

Selon l'affinité avec l'oxygène :

- Bactéries aérobies obligatoires : comprends les bactéries qui ne peuvent se développer en absence de l'oxygène. Elles consomment alors la matière organique et la transforment au moyen de leur métabolisme aérobie en partie en nouvelle biomasse microbienne et en partie en dioxyde de carbone CO_2 , en eau et en matière minérale.
- Bactéries anaérobies obligatoires : comprends les bactéries qui ne peuvent se développer en présence de l'oxygène et conduit à la formation essentiellement du méthane CH_4 , le dioxyde de carbone CO_2 , et de l'eau.
- Bactéries anaérobies facultatives : comprends les bactéries qui se développent avec ou sans oxygène.

des Energies Renouvelables CDER au niveau de la Division de Bioénergie et Environnement est l'optimisation des techniques d'épuration biologique tel que les traitement extensifs, par exemple le lagunage qui est considéré comme une technologie destinée au pays d'Afrique très adaptée aux conditions socio-économiques, au climat et surtout pour son caractère rustique ne nécessitant que peu de technicité en comparaison avec les technologies des traitements intensifs du type boues activées ou lits bactériens qui sont considérés comme étant des procédés très coûteux et qui consomment beaucoup d'énergie.