



Les stations d'épuration nécessitent souvent une forte aération, qui consomme beaucoup d'énergie. A Man in the Window, Shutterstock

Une piste vers des stations de traitement d'eau plus sobres en énergie grâce aux bactéries... électriques

Publié: 1 février 2026, 10:17 CET

Grégory Bataillou

Ingénieur Recherche en bio-électrochimie, Centrale Lyon

DOI

<https://doi.org/10.64628/AAK.eehhphq7f>

<https://theconversation.com/une-piste-vers-des-stations-de-traitement-deau-plus-sobres-en-energie-grace-aux-bacteries-electriques-273287>

Le traitement des eaux usées est essentiel pour éviter la pollution de l'environnement et ses impacts potentiels sur la santé humaine. Différentes pistes existent pour rendre les stations d'épuration plus efficaces, et donc réduire le prix de l'eau.

En France, le coût du traitement de l'eau (ou « assainissement collectif ») représente 40 % de son prix de vente. Un ménage paie en moyenne 260 euros par an juste pour l'assainissement... dont plus de 35 euros directement imputable à la consommation d'énergie des stations d'épuration.

Au vu de la volatilité du prix de l'énergie, de nouvelles solutions émergent pour réduire drastiquement la consommation énergétique des stations de traitement. Des solutions qui utilisent des bactéries électriques !

Traitement de l'eau – comment ça marche ?

Les technologies d'épuration des eaux usées sont connues de longue date et très matures. Leur principe est relativement simple : il s'agit de soustraire (ou mieux, d'éliminer) les polluants de l'eau, du plus gros au plus petit. Dans ces étapes, celle dite d'aération est une étape clef... mais c'est également la principale consommatrice d'énergie !

Le processus commence en général par des grilles et tamis permettant de retirer la fraction solide volumineuse (branches, détritus, cailloux...) présente les eaux usées à l'entrée de la station.

Vient alors l'étape de séparation du sable (grosses particules) qui décante assez facilement au fond du bassin de traitement, et des huiles moins denses que l'eau, récupérées à la surface.

Les particules plus légères sont encore trop nombreuses et trop lentes à décanter au fond du bassin – certaines peuvent mettre des mois à décanter ! Des lamelles insérées en biais permettent de les rapprocher du fond du bassin, et de diminuer ainsi leur temps de décantation. Des produits chimiques sont également ajoutés (floculants) pour agréger les particules entre elles et les rendre plus lourdes. On parle de traitement primaire.

Ensuite, le bassin d'aération constitue le cœur de la station de traitement. Il s'agit tout simplement d'aérer l'eau en permanence pendant un certain temps grâce à des bulleurs au fond du bassin. Cette aération permet à des microorganismes de se développer et de décomposer toute la matière organique encore présente. Sans cette aération, les microorganismes efficaces ne se développent plus, l'eau croupit, et la matière organique se dégrade peu (pensez à l'eau des tourbières, ou simplement celle des flaques d'eau qui ne sont jamais remuées). L'aération est le principal poste de consommation de la station, responsable de 40 à 80 % de l'énergie utilisée. Cette énergie est nécessaire au fonctionnement des pompes et surpresseurs employés pour injecter de l'air en continu dans le bassin. On parle de traitement secondaire.

Dans la plupart des stations d'épuration existantes, à la suite du traitement biologique par aération, l'eau passe de nouveau dans un bassin de décantation (décantation secondaire ou clarificateur) pour faire sédimenter les milliards de bactéries mortes.

Enfin, l'eau est rejetée dans la nature.

Repenser le système grâce à d'autres microorganismes

Il existe donc un enjeu important dans le monde de l'assainissement : comment limiter la consommation d'énergie liée à l'aération, tout en traitant aussi bien les eaux usées et sans faire exploser les coûts ?

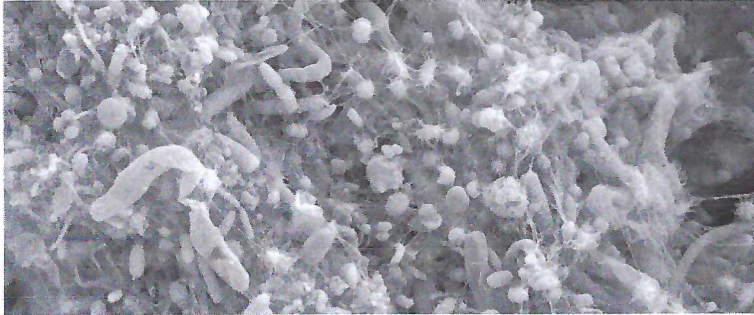
Car si l'aération fonctionne aussi bien, c'est parce qu'elle permet une oxygénation de l'eau, et que les microorganismes qui se développent dans les milieux oxygénés sont très efficaces pour dégrader la matière organique.

En effet, l'oxygène est un élément naturellement oxydant, c'est-à-dire qu'il est avide d'électrons. À l'inverse, la matière organique est riche en électrons du fait de son important nombre de liaisons Carbone. La présence d'oxygène facilite la rupture des liaisons Carbone, les électrons libérés étant transférés vers l'oxygène. Ce transfert est naturellement lent (heureusement, sinon, nous brûlerions instantanément), mais il est accéléré par la présence des bactéries, véritables usines de décomposition). C'est bien ce qui est souhaité dans cette étape : casser les chaînes de carbone jusqu'à obtenir des éléments simples, non assimilables par des bactéries pathogènes en aval dans les cours d'eau.

Si l'on décide de se passer d'aération, l'oxygène devient difficilement accessible, et la dégradation peu efficace. Sauf si on utilise des microorganismes un peu spéciaux.

Par exemple, à Villeurbanne (Rhône), une station d'épuration utilise des microorganismes capables de digérer les boues des stations d'épuration et de fabriquer du méthane, qui est injecté dans le réseau de gaz de ville.

Dans notre groupe de recherche, nous explorons une autre piste : celle des bactéries électriques !



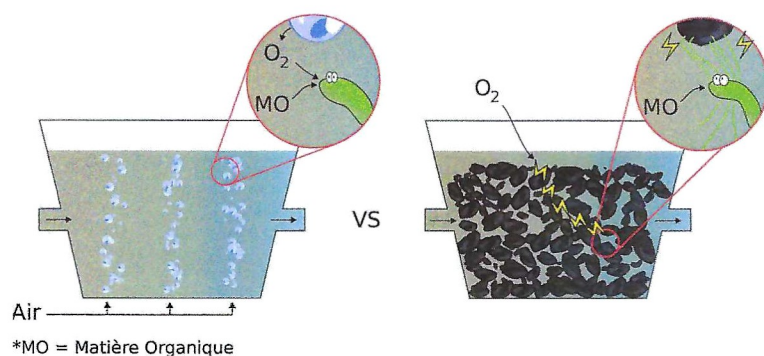
Bactéries « électriques » ayant colonisé un matériau carboné conducteur (image obtenue par microscope électronique à balayage). Grégory Bataillou, Fourni par l'auteur

Éviter l'aération grâce aux bactéries « électriques »

Dès le début des années 2000, les chercheurs ont redécouvert des bactéries « électriques ». Ces bactéries, telles des araignées dans le monde microscopique, ont la capacité de fabriquer des fils de taille nanométrique, qui ont la curieuse propriété d'être conducteurs électriques. Nul besoin d'oxygène en leur sein : il suffit de se connecter à un oxydant externe, qui peut être plus loin. Imaginez-vous être capable de respirer grâce à un fil dont un bout reste exposé à l'air libre, peu importe l'endroit dans lequel vous vous trouvez.

Pour en revenir au traitement de l'eau, voici l'idée : plutôt que d'amener l'oxygène aux bactéries par l'aération, les bactéries électriques présentes dans tout le bassin se connectent à un matériau conducteur présent sur toute la colonne d'eau et s'y développent. Ainsi, les bactéries sont connectées à l'oxygène de la surface. Pour cela, l'eau transite dans des structures en carbone conducteur appelées « biofiltres électro-actifs », sur lesquelles se développent les bactéries électriques. Plus besoin d'aérer : si un chemin électrique existe entre la bactérie et l'air ambiant, elle dégradera presque aussi bien la matière organique l'environnant.

L'avantage est considérable : une fois installé, le système est passif, nécessite un faible entretien, et régénérable à l'infini. Ces systèmes sont déjà proposés à la vente pour les petites stations de traitement, notamment par la start-up espagnole METfilter.



Différence entre traitement standard énergivore (aération, à gauche), et traitement par décomposition passive grâce à des bactéries électriques (à droite). Bien entendu, les bactéries n'ont pas d'yeux en réalité. Grégory Bataillou, Fourni par l'auteur

Cerise sur le gâteau : ces bactéries « électriques » existent spontanément dans l'environnement, elles n'ont pas à être artificiellement ajoutées au système et sont sélectionnées naturellement par la présence du matériau carboné.

Si cette piste nous semble prometteuse pour diminuer la facture d'électricité des stations d'épuration, ces bactéries ne dégradent pas tout : résidus de médicaments, PFAS, et autres substances résiduelles dans notre eau traversent encore les stations de traitement, et se retrouvent disséminées dans l'environnement. Les solutions techniques étant encore très énergivores, chaque économie d'énergie sur l'ensemble de la chaîne est un pas vers un traitement plus vertueux de nos eaux usées.



Le projet IRONTECH est soutenu par l'Agence nationale de la recherche (ANR) qui finance en France la recherche sur projets. L'ANR a pour mission de soutenir et de promouvoir le développement de recherches fondamentales et finalisées dans toutes les disciplines, et de renforcer le dialogue entre science et société. Pour en savoir plus, consultez le site de l'ANR.