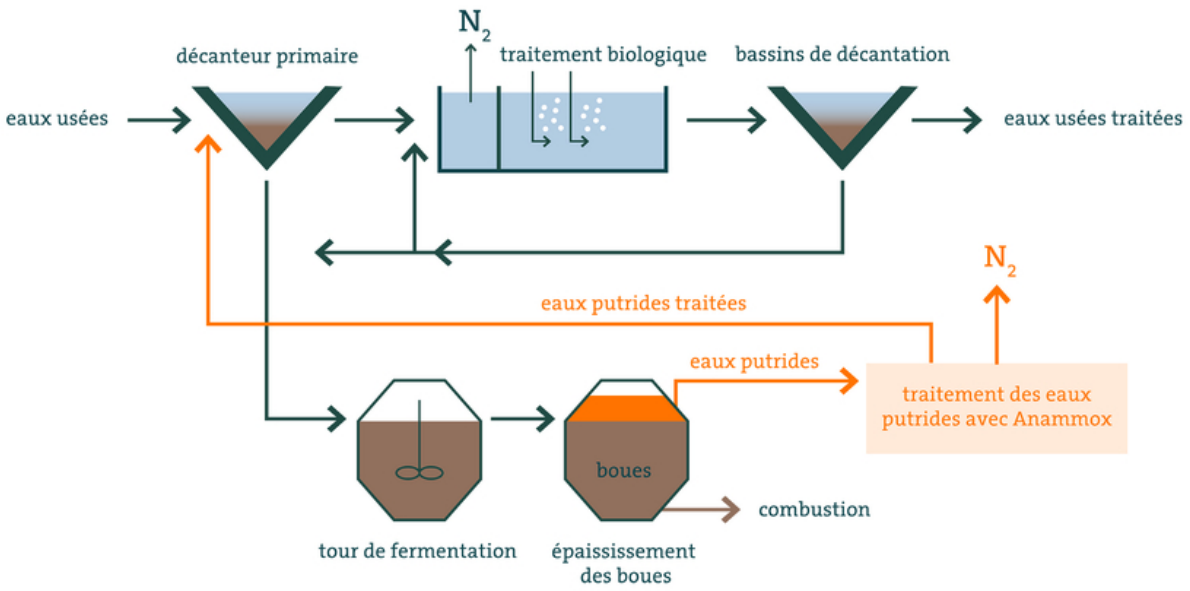
Optimiser l'élimination de l'azote dans les eaux usées

23 janvier 2023 | Claudia Carle
Catégories: Eaux usées | Biodiversité | Écosystèmes

Dans de nombreux cours d'eau, les apports en azote restent trop importants et ont un impact négatif sur les écosystèmes et la santé humaine. Le procédé Anammox co-développé par l'Eawag peut contribuer à réduire les apports provenant des stations d'épuration et à faire des économies d'énergie et de ressources. Il vient d'être optimisé par les chercheuses et chercheurs de l'Eawag.

De nombreux cours d'eau suisses restent surfertilisés. Des quantités d'azote trop élevées sont non seulement néfastes pour la qualité de l'eau potable, et par conséquent pour la santé humaine, mais ont aussi un impact négatif sur la biodiversité. La majeure partie des apports en azote dans les cours d'eau provient de l'agriculture, mais une partie aussi des stations d'épuration. Conformément aux exigences de l'ordonnance suisse sur la protection des eaux, les stations d'épuration éliminent actuellement la moitié de l'azote des eaux usées. Ces exigences seront renforcées dans les années à venir afin de réduire les apports en azote dans les cours d'eau. L'élimination de l'azote dans les eaux putrides par le procédé Anammox co-développé par l'Eawag pourrait contribuer à atteindre ces exigences plus strictes.

Les eaux putrides sont produites lors du traitement des boues qui se déposent dans les bassins de décantation pendant le traitement des eaux usées (voir graphique ci-dessous). Tandis que les boues déshydratées sont brûlées, les eaux putrides, qui contiennent beaucoup d'azote sous forme d'ammonium, retournent dans la station d'épuration. Lorsque l'ammonium est retiré des eaux putrides, cela réduit aussi la charge d'azote dans les eaux usées traitées.

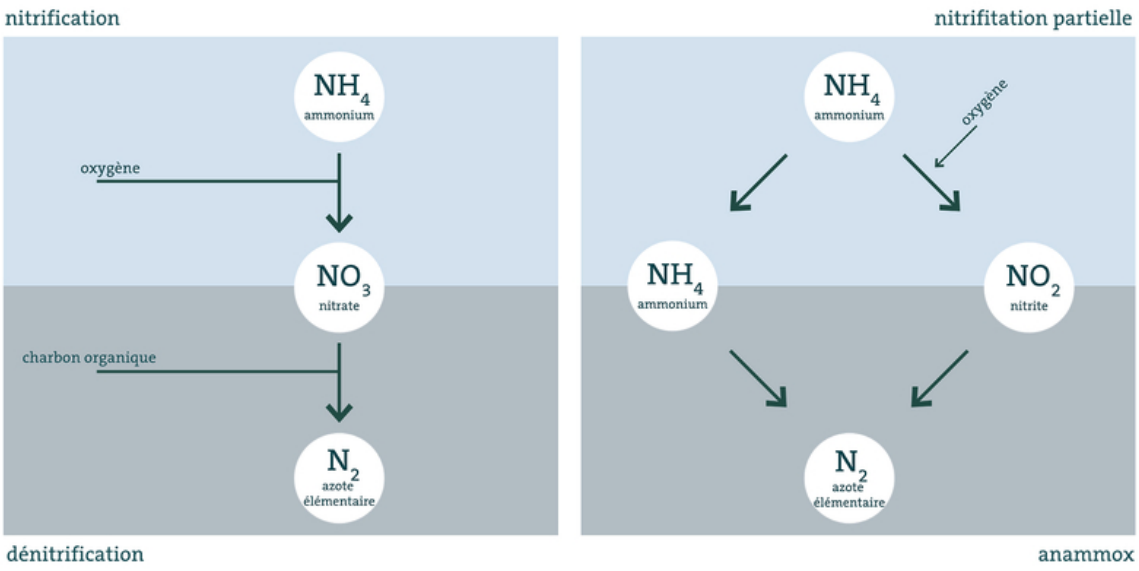


Le procédé Anammox est utilisé dans plusieurs stations d'épuration pour éliminer de hautes teneurs en azote des eaux putrides. Pour le processus de traitement principal, le processus conventionnel d'élimination de l'azote est utilisé à l'étape du traitement biologique (Graphique: Eawag)

Des bactéries découvertes récemment

Plusieurs stations d'épuration suisses ont par conséquent introduit ces dernières années le procédé de traitement des eaux putrides Anammox. Anammox signifie «oxydation anaérobique de l'ammonium», c'est-à-dire la transformation de l'ammonium sans oxygène en azote élémentaire . Les bactéries capables de faire cela n'ont été découvertes que dans les années 1990.

On ne connaissait auparavant que des bactéries ayant besoin d'oxygène pour ce processus de transformation. Ces bactéries aérobies constituent la base de l'élimination de l'azote dans l'étape de traitement biologique des stations d'épuration, en transformant l'ammonium et le nitrate contenus dans les eaux usées en azote élémentaire gazeux, qui ne pose pas de problème et s'échappe dans l'air (voir graphique en bas à gauche). Si l'on veut améliorer l'élimination de l'azote dans une station d'épuration à l'aide de ce processus, il faut généralement agrandir les bassins pour le traitement biologique. Mais toutes ne disposent pas de suffisamment de place. L'alternative est alors d'intervenir au niveau des eaux putrides et de les traiter avec le procédé Anammox pour réduire la charge en azote. Ce procédé, qui a pu être développé grâce aux bactéries récemment découvertes, transforme également l'ammonium en azote élémentaire, toutefois lors de la seconde étape sans oxygène (voir graphique en bas à droite).



Les deux processus d'élimination dans les stations d'épuration: À gauche, le processus conventionnel avec des bactéries qui ont besoin d'oxygène. À droite, le nouveau procédé Anammox: il transforme d'abord une partie de l'ammonium en nitrite avec de l'oxygène, puis les bactéries Anammox transforment l'ammonium restant avec le nitrite formé sans oxygène en azote élémentaire qui peut s'échapper dans l'air. (Graphique: Eawag)

Une dépense plus faible en énergie et en ressources

Le procédé Anammox offre plusieurs avantages par rapport au procédé conventionnel d'élimination de l'azote. Il faut insuffler moins d'oxygène, ce qui réduit significativement la dépense énergétique. En outre, les bactéries Anammox n'ont pas besoin de carbone organique pour se développer. Le carbone contenu dans les eaux usées peut être utilisé à la place pour la production de biogaz, ce qui a également un effet bénéfique sur le bilan énergétique de la station d'épuration.

C'est pourquoi, plusieurs stations d'épuration suisses se sont équipées ces 15 dernières années du procédé Anammox pour l'élimination de l'azote dans les eaux putrides. Au bout d'un certain temps néanmoins, il s'est avéré que le procédé ne fonctionnait pas encore de manière stable et fiable dans environ un tiers des installations et n'atteignait pas la performance souhaitée. Une équipe d'ingénieurs dirigée par Adriano Joss, responsable de groupe du département Technologie des procédés de l'Eawag, a étudié en détail les raisons de ce problème et optimisé le procédé sur cette base. Les résultats ont été récemment publiés dans la revue Aqua & Gas.

Optimisation du procédé par répartition en deux réacteurs

«Nous avons constaté que les problèmes sont liés à la taille de l'installation», explique Adriano Joss. Bien que la première étape de réaction se déroule avec de l'oxygène et la deuxième sans oxygène, les installations existantes ont été conçues comme un seul réacteur dans lequel se déroulent les deux étapes. «Cela fonctionne parce que les bactéries Anammox anaérobies se développent en flocons plus grands», déclare A. Joss. «Par conséquent, même

lorsqu'il y a de l'oxygène dans le réacteur, il peut y avoir des conditions anaérobiques à l'intérieur des flocons et donc des bactéries Anammox à l'œuvre .» Plus le réacteur est gros, moins il est facile de maintenir une concentration en oxygène homogène partout au niveau souhaité. S'il y a trop d'oxygène à certains endroits du système, des bactéries se développent et oxydent le produit de réaction nitrite en nitrate et bloquent ainsi le procédé Anammox. Ces concurrents peuvent être évités en répartissant les deux étapes de réaction du processus Anammox dans deux réacteurs. Dans le premier réacteur, on peut alors optimiser les conditions de manière à ce que les concurrents produisant du nitrate ne puissent pas se développer. «Ainsi, la boue bactérienne qui se forme est par exemple fréquemment renouvelée», explique A. Joss. Cela s'explique par le fait que les bactéries indésirables se développent plus lentement que les bactéries souhaitées et peuvent ainsi être tenues en échec. Les conditions pour la seconde étape de réaction peuvent ensuite être optimisées: peu d'oxygène et – grâce au développement lent des bactéries Anammox – un rinçage aussi limité que possible de la boue bactérienne.

Moins d'azote dans les eaux usées traitées

Les réacteurs Anammox équipés du procédé optimisé seront intégrés prochainement dans trois stations d'épuration. Cela permettra de réduire de 10 pour cent les sorties d'azote de la station d'épuration.

Adriano Joss et son équipe travaillent en outre à la prochaine étape et étudient en laboratoire et sur des installations pilotes si le procédé Anammox pourrait être utilisé à la place du traitement biologique avec oxygène actuel des eaux usées. Si l'élimination de l'azote fonctionne de manière suffisamment stable à ce niveau, les stations d'épuration pourraient atteindre l'autarcie énergétique, à la fois grâce à une dépense énergétique moindre et à une production de biogaz plus élevée.

Photo de couverture: Particule de boue contenant les bactéries rouges Anammox typiques dans la station d'épuration de Mohnheim am Rhein (DE) (photo: Adriano Joss, Eawag)

Publication originale

Joss, A.; Kipf, M.; Morgenroth, E.; Baggenstos, M.; Salzgeber, D. (2023) Modifiziertes Anammox-Verfahren. Faulwasserbehandlungen mit stabiler Prozessführung, *Aqua & Gas*, 103(1), 24-29, Institutional Repository

Financement / Coopération

Eawag Partenaires de la pratique des stations d'épuration étudiées Groupe d'échange d'expérience des exploitants d'installations Anammox (ERFAnammox)

Links

Anammox brings WWTP closer to energy autarky due to increased biogas production and reduced aeration energy for N-removal

Contact

Adriano Joss

Tel. +41 58 765 5408

adriano.joss@eawag.ch

Claudia Carle

Rédactrice scientifique

Tel. +41 58 765 5946

claudia.carle@eawag.ch

https://www.eawag.ch/fr/portail/dinfo/actualites/news-archives/detail-de-larchive/optimiser-lelimination-de-lazote-dans-les-eaux-usees