

Traitement des urines : du tâtonnement à l'innovation passionnante

4 mai 2022 | Andri Bryner
Catégories: Eaux usées | Polluants | Changement climatique & Énergie

Ce qui se fait depuis des décennies dans les stations d'épuration en tant que processus d'épuration peut également être utilisé de manière décentralisée ou semi-centralisée comme procédé de recyclage des nutriments. Une séparation précoce du "solide et du liquide" joue un rôle clé. Elle permet des solutions flexibles en termes de processus, notamment pour le traitement de l'urine. De nouvelles études montrent en outre que les procédés peuvent être utilisés non seulement pour l'urine humaine, mais aussi pour celle des vaches ou des porcs.

Dans le monde entier, les besoins en engrais pour l'agriculture augmentent. D'où l'intérêt de récupérer les nutriments dans les eaux usées. La Suisse, par exemple, est entièrement dépendante des importations en ce qui concerne le phosphore. Les réserves de phosphore (bien qu'épuisables) sont contrôlées par quelques pays comme la Chine et les États-Unis. De grandes réserves, revendiquées par le Maroc, se trouvent dans des territoires annexés du Sahara occidental.

Les zones mortes en mer se développent

Parallèlement au commerce d'engrais à grande échelle, une élimination insuffisante des nutriments dans les eaux usées entraîne une surfertilisation des eaux en de nombreux endroits du monde. Les "zones mortes" dans la mer du Nord et dans les parties de la mer proches des côtes ne sont pas principalement dues à des résidus chimiques, mais à des apports trop élevés d'azote et de phosphore. En 2021, le deuxième rapport "World Ocean Assessment" de l'ONU a constaté que le nombre de ces zones où la vie n'est presque plus possible est en forte augmentation. "Les pressions détruisent des habitats importants et entravent la capacité des océans à faire face aux effets du changement climatique", a déclaré le secrétaire général de l'ONU António Guterres.

Überlandstrasse 133
CH-8600 Dübendorf
T +41 58 765 55 11
F +41 58 765 50 28
info@eawag.ch
www.eawag.ch
eawag aquatic research



Les toilettes Blue Diversion Autarky en test à la périphérie de Durban, en Afrique du Sud. Le module d'évaporation est visible à l'avant droit.
(Michel Riechmann, Eawag)

Une séparation précoce plutôt qu'un "end of pipe

Les nutriments peuvent être retirés des eaux usées dans les stations d'épuration conventionnelles, traités et réintroduits dans les cycles de matières régionaux. Mais les procédés en fin de tube (end of pipe) nécessitent de la place, des efforts techniques, de l'énergie et des produits chimiques. Il n'est pas vrai que tout cela disparaisse avec un traitement décentralisé ou semi-centralisé des eaux usées. Mais une séparation précoce des différents flux de matières permet surtout des solutions plus flexibles en termes de processus. La toilette Blue Diversion Autarky développée à l'Eawag en est un exemple. Elle mise sur des mesures sur place et une technique qui transforme les eaux usées en produits utiles. Parallèlement, les collaborateurs de l'Eawag étudient et développent avec Autarky une plate-forme qui amène progressivement la technique moderne sur site à l'échelle de la salle de bains : Ce qui n'était encore que la vision de quelques pionniers il y a 20 ans est aujourd'hui une innovation intéressante à laquelle collaborent de plus en plus de techniciens des procédés et d'entreprises.



Le traitement autonome de l'urine avec récupération des nutriments est également testé dans le tinyhome

innovant "Tilla". Au fond à droite, on peut voir en petit le module d'évaporation. (Michel Riechmann, Eawag)

Le plan en six étapes avec l'urine

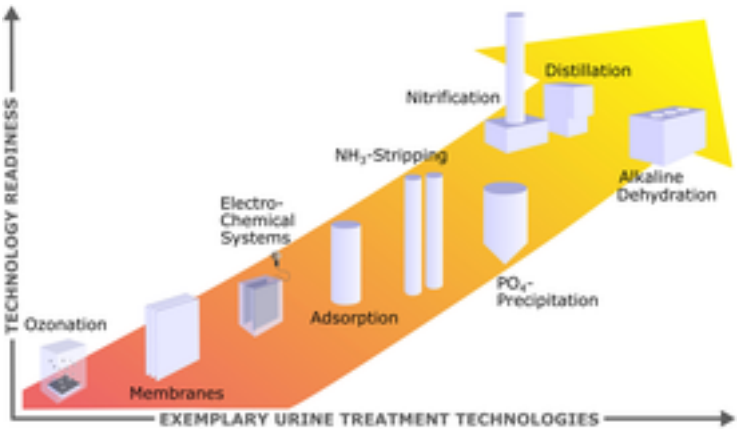
Récemment, des chercheurs de l'Eawag ont publié dans la revue Water Research un aperçu des procédés et des étapes de traitement de l'urine en cours de réalisation. L'urine est donc au centre de l'attention car, bien qu'elle représente moins de 1% du volume des eaux usées, elle contient 80 à 90% des nutriments. La revue comprend les six domaines actuellement couverts par le traitement de l'urine - tous ne doivent pas être mis en œuvre simultanément dans un seul système.

Stabilisation : si l'urine fraîche n'est pas stabilisée, une grande quantité d'azote est perdue sous forme d'ammoniac (NH3). De plus, l'urine non stabilisée sent mauvais et les précipités (calculs d'urine) peuvent obstruer les canalisations. Les chercheurs ont identifié les processus biologiques comme étant bien adaptés à la stabilisation de l'urine, car ils nécessitent peu d'énergie et peu de produits chimiques. La stabilisation biologique est notamment utilisée par Vuna pour fabriquer l'aurine, un produit fertilisant. Réduction de volume : la réduction de volume s'accompagne souvent de la récupération de substances nutritives. Les mesures en question sont l'évaporation et la filtration membranaire, cette dernière étant également combinée à des procédés électrochimiques. Mais des recherches sont également menées sur l'absorption de nutriments par les algues. Souvent, cette étape permet également d'éliminer ou d'inactiver les agents pathogènes. Récupération de certaines substances nutritives : La récupération ciblée de certains nutriments (essentiellement l'azote et/ou le phosphore) peut être intéressante, car elle permet de fabriquer un produit fertilisant avec un mélange de nutriments exactement adapté aux besoins des différentes plantes utiles. Pour l'azote, il s'agit de procédés de stripping, d'adsorption et d'électrochimie ; pour le phosphore, de précipitation et d'adsorption. Désinfection : bien que l'urine soit normalement exempte d'agents pathogènes, elle peut avoir été contaminée par des germes fécaux, par exemple des salmonelles ou des entérocoques, avant d'être collectée séparément. C'est pourquoi un traitement, par exemple un chauffage de courte durée à plus de 55 °C, est utile pour pouvoir utiliser sans risque un produit final d'engrais. Élimination des micropolluants : Les traces de médicaments dans l'urine peuvent notamment rendre son utilisation comme engrais délicate. C'est pourquoi les chercheurs de l'Eawag ont également cherché des procédés permettant d'éliminer les micropolluants organiques de l'urine. Certains, comme l'ozonation, sont certes efficaces mais nécessitent beaucoup d'énergie. Actuellement, c'est surtout l'adsorption avec du charbon actif qui est exploitée, par exemple pour l'engrais à base d'urine "Aurin", déjà disponible sur le marché. Production d'énergie : l'urine peut être utilisée pour produire de l'électricité via des piles à combustible microbiologiques. Le rendement (moins de 1 W par personne) est toutefois modeste par rapport aux besoins en électricité (CH : 760 W par personne). A cela s'ajoutent des anodes coûteuses, qui sont par exemple recouvertes de platine pour obtenir le meilleur rendement possible. Les piles à combustible alimentées par l'urine peuvent toutefois s'avérer intéressantes pour des applications spéciales telles que le fonctionnement de stimulateurs cardiaques, la recharge de téléphones portables ou la transmission de données de capteurs.

L'échelle de la salle de bains reste un obstacle de taille

Les chercheurs de l'Eawag qui ont participé à la revue concluent que le potentiel de récupération des nutriments dans l'urine est important. Et ce, en particulier lorsque le

traitement est effectué à proximité de la "source", car les frais de transport sont alors supprimés. Le traitement de l'urine dans la salle de bain reste toutefois un grand défi. En effet, les processus adaptés à cette échelle nécessitent l'ajout de produits chimiques et un entretien considérable (par exemple pour le nettoyage des membranes). Les processus biologiques plus simples ne sont jusqu'à présent robustes que dans des installations de plus grande taille.



Différentes voies de traitement des urines et leur caractère pratique actuel.
(Graphique : Eawag)

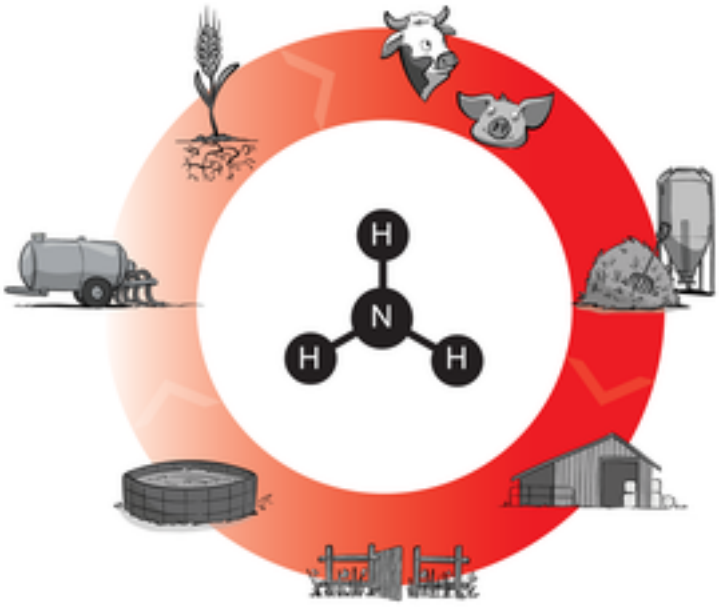
Dans la toilette compacte "tout-en-un" Blue Diversion Autarky (BDA), les chercheurs misent sur deux étapes de traitement de l'urine : La stabilisation avec de l'hydroxyde de calcium est suivie d'une évaporation de l'eau superflue à faible consommation d'énergie et alimentée par l'air ambiant. L'obstacle à la petite échelle de la salle de bains, pas trop complexe techniquement et en même temps la plus robuste possible, est donc au moins surmonté pour l'étape de réduction du volume. Et comme la première étape augmente fortement le pH de l'urine, les germes pathogènes sont également éliminés. Parallèlement, l'eau de lavage des mains et de rinçage est traitée dans le module BDA de manière à pouvoir être réutilisée à ces fins.

Des prototypes du traitement des urines BDA ont déjà été soumis à des tests intensifs, du campus de l'Eawag à Dübendorf à un site à Durban, en Afrique du Sud, en passant par un Tiny-Home et une cabane du CAS. En collaboration avec la Haute école spécialisée du Nord-Ouest de la Suisse (FNHW) et le PSI, des recherches ont en outre été menées sur une extension par un module d'oxydation hydrothermale. Cela permettrait de traiter également les matières fécales sur place - il ne resterait plus que de l'eau, du dioxyde de carbone et une part minime de cendres.

NoMix à la ferme arrive

Les excédents d'azote de l'agriculture sont encore énormes, l'ammoniac se volatilise dans l'air et les nitrates se retrouvent dans les nappes phréatiques. La cause : trop de lisier et de fumier, non stabilisés et parfois épandus au mauvais moment. Quoi de plus logique que de séparer à temps le solide et le liquide dans les étables ? Les chercheurs de l'Eawag et de la spin-off Vuna examinent donc comment les procédés de traitement des urines fonctionnent

également pour le lisier. Les essais ont été concluants : le lisier peut être stabilisé par la nitrification - telle qu'elle est utilisée depuis des décennies dans le traitement des eaux usées. En collaboration avec le centre de compétence Strickhof, une entreprise agrotechnique et avec le soutien de l'Office fédéral de l'agriculture, les premiers projets ont déjà été étendus de l'échelle du laboratoire à celle de "vraies" fermes. L'objectif n'est pas seulement de récupérer les nutriments de manière contrôlée, mais aussi et surtout de réduire les pertes d'azote via l'ammoniac et le gaz hilarant. En effet, le lisier stabilisé ou même les engrais composés de manière ciblée à partir de lisier présentent d'autres avantages : ils ne sentent pas mauvais et peuvent être stockés. C'est intéressant, car actuellement les prix des engrais importés augmentent fortement. Autre chose : si le lisier et les excréments sont séparés à un stade précoce, c'est-à-dire dès l'étable, c'est également bon pour le bien-être des animaux, car les vaches sont moins exposées à l'air chargé en ammoniac.



NoMix à la ferme pourrait éviter des pertes et des émissions nocives pour le climat à de nombreux endroits du cycle de l'azote.
(Graphique : Schauer Agrotronic)

Photo de couverture: Évaporation énergétiquement efficace de l'eau superflue en test à la cabane Legler du CAS à 2280 m d'altitude (Michel Riechmann, Eawag)

Publications originales

Larsen, T. A.; Riechmann, M. E.; Udert, K. M. (2021) State of the art of urine treatment technologies: a critical review., *Water Research X*, 13, 100114 (20 pp.), doi:10.1016/j.wroa.2021.100114, Institutional Repository
Riechmann, M. E.; Ndwandwe, B.; Greenwood, E. E.; Reynaert, E.; Morgenroth, E.; Udert, K. M. (2021) On-site urine treatment combining Ca(OH)2 dissolution and dehydration with ambient air, *Water Research X*, 13, 100124 (12 pp.), doi:10.1016/j.wroa.2021.100124, Institutional Repository

Documents

Collecte sélective des urines (2019) Factsheet [pdf, 354 KB]

Links

Autarky-Video

Page du projet Autarky

Spin-off Vuna

Vuna

Bastian Etter

Contact



Michel Riechmann

Tel. +41 58 765 5748

michel.riechmann@eawag.ch



Tove Larsen

Tel.

tove.larsen@eawag.ch



Kai Udert

Tel. +41 58 765 5360

kai.udert@eawag.ch



Andri Bryner

Responsable médias

Tel. +41 58 765 5104

andri.bryner@eawag.ch

https://www.eawag.ch/fr/portail/dinfo/actualites/news-archives/detail-de-larchive/traitement-des-urines-du-tatonnement-a-linnovation-passionnante

Überlandstrasse 133
CH-8600 Dübendorf

T +41 58 765 55 11
F +41 58 765 50 28

info@eawag.ch
www.eawag.ch

eawag
aquatic research