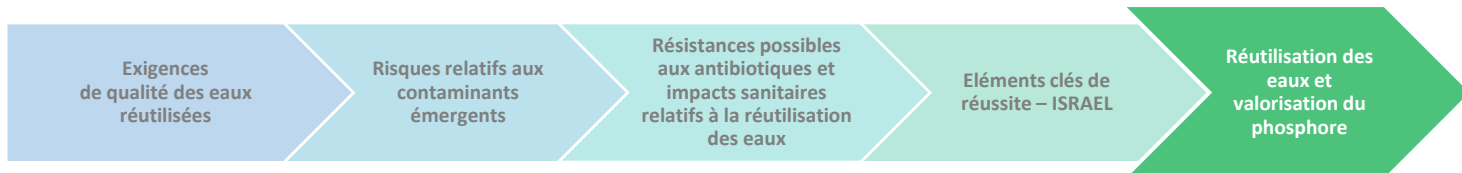




Fiche info 3

Exploitants de systèmes de traitement

Fiche-info 3.5 – Réutilisation des eaux et valorisation du phosphore



SUWANU EUROPE est un projet H2020 qui vise à promouvoir et à faciliter les échanges de connaissances, d'expériences et de compétences entre usagers et acteurs impliqués dans la réutilisation des eaux en agriculture. Cette Fiche-Info 3.5 est à destination des exploitants de systèmes de traitement, elle détaille les possibilités, le potentiel et les solutions existantes pour valoriser le phosphore issu des eaux traitées.

INTRODUCTION

1. RichWater

La technologie RichWater est un traitement efficace de l'eau à faible coût combinant un bioréacteur à membrane (BRM) avec une station de mélange de l'eau et des nutriments, couplée à un système de contrôle et de surveillance avec différents capteurs au niveau de l'eau, des plantes et du sol. Cette combinaison permet d'offrir une ressource en eau dépourvue de pathogènes et de répondre à la demande in situ en eau et en fertilisants de chaque type de plante et de sol. Le système de traitement et de réutilisation est conçu pour avoir une membrane sélective permanente, qui sert de barrière pour une extraction sélective des composés d'un flux d'eaux usées. Cette caractéristique permet au système d'avoir dans l'effluent, ou la phase liquide, la plus haute concentration possible de phosphore et d'azote (sous forme de nitrate NO₃⁻).

2. Étangs à taux élevé d'algues (High Rate Algal Ponds HRAP)

Au lieu d'acheminer les eaux usées aux stations d'épuration, une alternative consiste à intégrer un système de traitement aux eaux usées. Les étangs d'algues et les zones humides à macrophytes sont déjà largement répandus pour le traitement des eaux usées et, s'ils sont récoltés, moins d'un dixième de la surface sont nécessaires pour récupérer le phosphore en comparaison avec les cultures/pâturages terrestres. La biomasse algale cultivée pour récupérer le phosphore des eaux usées peut être valorisée comme engrais ou comme source de nourriture. La biomasse peut également être utilisée dans d'autres produits à valeur ajoutée tels que les compléments alimentaires pour l'homme, les cosmétiques et l'extraction de composants cellulaires de grande valeur. Toutes ces applications permettent une économie d'apport conventionnel phosphore. Toutefois, ces produits spécialisés nécessitent généralement la culture de souches d'algues spécifiques plutôt que les cultures mixtes que l'on trouve généralement dans les systèmes de traitement des eaux usées.

3. Production de struvite

Le phosphore est un facteur clé de l'eutrophisation de l'eau. C'est aussi une ressource non recyclable, non renouvelable et assez précieuse. En parallèle, les élevages intensifs représentent une part importante de l'économie agricole en raison des intérêts économiques qu'ils génèrent. Ces systèmes ont cependant l'inconvénient de produire de grandes quantités d'eaux usées avec des concentrations élevées en phosphore.

Si ces eaux usées d'élevage ne sont pas traitées convenablement, elles peuvent avoir un impact sur la pollution de l'eau et son eutrophisation. Cela contribue également au gaspillage des ressources non renouvelables et à la perte de phosphore.

1. RichWater

1.1. La technologie :

Le bioréacteur à membrane de RichWater est un système à faible consommation énergétique conçu pour traiter les eaux de façon à conserver les nutriments (phosphore et azote principalement) après traitement. Les agents pathogènes en revanche, sont éliminés avec un système de désinfection. La station de mélange mixe un taux adéquat d'eau et d'eau traitée par le procédé membranaire, et transfère ceci au module de fertirrigation (irrigation goutte à goutte). Le mélange est déterminé grâce aux capteurs de nutriments du sol. Le module principal est spécifiquement conçu pour traiter les eaux usées : il est composé d'un bioréacteur à membrane (MBR) et d'un système de désinfection, permettant de générer un effluent dépourvu de pathogènes. Cette technologie a été développée après 5 ans de recherche sur le déploiement d'une station d'épuration innovante pour des usages agricoles (notamment pour l'irrigation). RichWater permet d'économiser les apports en eau et en engrais pour l'agriculture. En ayant recours à ce système, les opérateurs de la station d'épuration peuvent proposer un nouveau service à leurs clients potentiels : l'arrosage d'une eau riche en nutriments et dépourvue de pathogènes. Les agriculteurs disposent ainsi d'un approvisionnement en eau garanti et constant, particulièrement intéressant dans les régions arides. La mise en œuvre du traitement dans un système de production agricole permet une utilisation plus durable des ressources en eau, une économie des coûts des engrais et d'eau et la possibilité pour les producteurs de produits maraichers d'ajuster le niveau de fertirrigation en fonction de leurs besoins réels en utilisant un mélange d'eau et d'eau traitée.

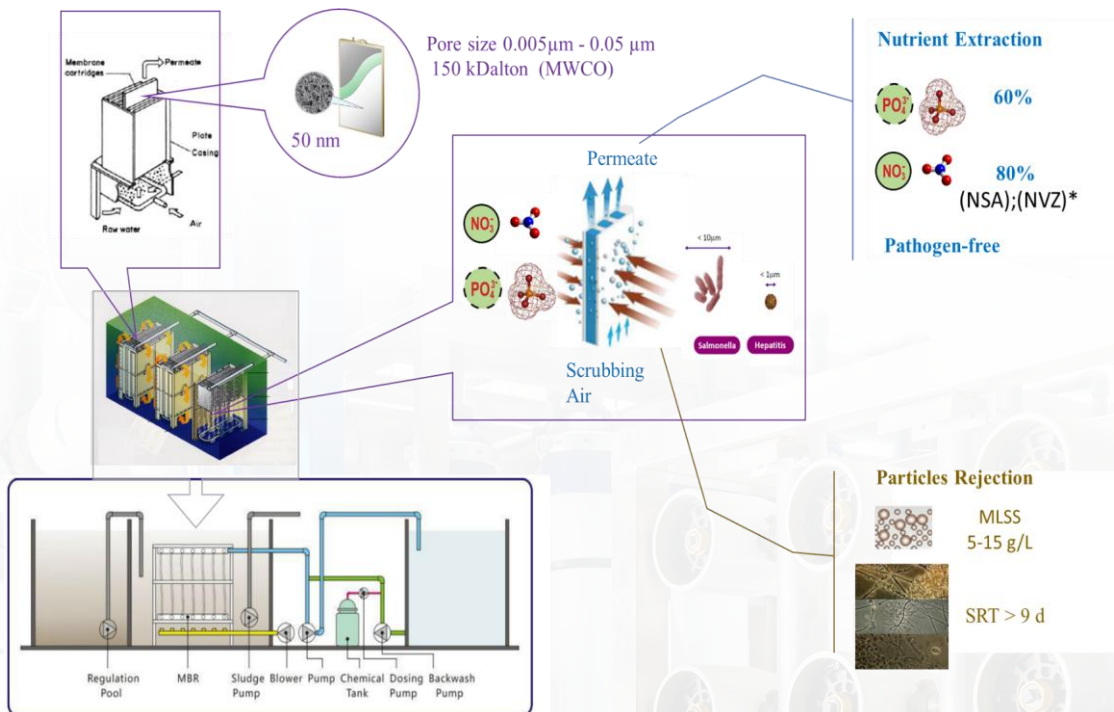


Figure 1: Schéma de fonctionnement du système

*Denitrification requisite - Zones sensibles aux nitrates dans la législation européenne : limite de 50mg/L nitrate (N).

1.2 Application dans la récupération du phosphore

Le phosphore est présent sous forme organique et inorganique dans les eaux résiduaires urbaines. En moyenne, on considère que le taux de phosphore contenu dans les eaux usées est de 2,7 à 4,5 g par habitant et par jour. La majorité du phosphore présent dans les eaux résiduaires urbaines l'est sous forme de phosphate PO_4^{3-} qui est soluble. Le système de traitement et de réutilisation est conçu avec une membrane à perméabilité sélective, qui sert de barrière à certains composés d'un flux d'eaux usées (taille des pores d'environ 0,005µm et 0,05µm ; seuil de poids moléculaire de 150 kDalton (MWCO : molecular weight cut off)). Cette caractéristique permet au système, d'avoir dans l'effluent, ou la phase liquide, la plus haute concentration possible de phosphore et d'azote (sous forme de nitrate NO_3^-) grâce à l'extraction. Les résultats expérimentaux montrent que 50-60% de phosphate est en phase liquide après traitement et que la taille du phosphate est plus petite que le seuil de poids moléculaire (MWCO) de la membrane.

2. Etangs à taux élevé d'algues (HRAP : High Rate Algal Ponds)

2.1. La technologie :

Le système HRAP se compose généralement de trois unités: un décanteur primaire, un canal ou un étang peu profond où poussent les microalgues et où l'on procède au traitement des eaux usées, et une unité de récolte pour récupérer la biomasse et la séparer de l'eau. Il y aura donc deux conduites de sortie, une pour l'eau clarifiée et traitée et une autre pour la biomasse. L'étang lui-même est constitué d'une paroi externe et centrale, de deux chemins de roulement et d'inversions, et d'une roue à aubes qui fait circuler l'eau afin d'homogénéiser la liqueur mélangée, de sorte que le tout reçoive la même irradiation solaire, et d'éviter que la culture de microalgues soit répartie inégalement. Le système HRAP est divisé en deux bassins indépendants de 335 m² chacun, HRAP-1 et HRAP-2, qui fonctionnent en parallèle. Ils comportent 4 m de canaux avec des parois de 20 cm de large. Les deux bassins ont deux déflecteurs aux inversions et une fissure construite aux deux extrémités de la paroi centrale, afin d'améliorer le comportement hydraulique. La profondeur de l'eau est fixée à 30 cm, de sorte que le volume total soit de 200 m³. Le système fonctionne avec un temps de rétention hydraulique de 4 jours, qui peut être optimisé et modifié en fonction des résultats. Suite à ce HRAP, chaque bassin sera alimenté avec 25 m³/jour au moyen de deux pompes centrifuges.

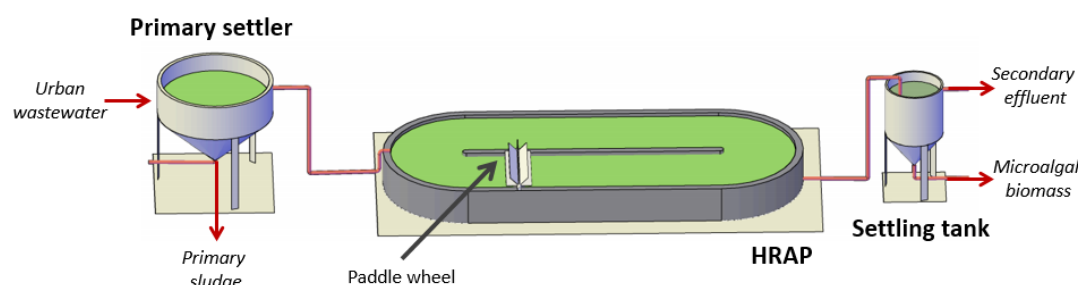


Figure 2: Schéma d'un montage HRAP

2.2. Application dans la récupération du phosphore

Dans un avenir où le phosphate pourrait se raréfier, la récupération du phosphore à partir des algues en mer représente une solution alternative très intéressante. Dans le monde entier, des rejets massifs d'eaux usées sont directement déversés dans les mers et les océans. Il a donc été proposé d'installer des barrages pour former des systèmes de bassins flottants en mer autour des rejets (naturellement flottants) des déversoirs d'eaux usées. L'optimisation de la croissance et de la récolte des algues dans les systèmes offshore pourrait même s'avérer plus économique que la culture d'algues "à terre", en raison du coût des terres. Il a été démontré que la biomasse algale peut retenir le phosphore stocké pendant quelques jours. Par ailleurs, en matière d'engrais, il a été prouvé que la croissance des semis à l'aide de biomasse algale séchée comparée à celle des engrais commerciaux est comparable. Cependant, ces questions, de la récolte à l'application, sont dans l'ensemble encore mal couvertes par la littérature au sujet des algues. Les algues ont été identifiées comme un bon complément alimentaire pour le bétail, comme pour les poulets, en raison de leur forte teneur en protéines.



SUWANU
EUROPE

3. Production de struvite

3.1. La technologie

En utilisant l'eau de la première phase, elle entre dans l'unité d'extraction du CO_2 , où le flux d'air élimine le CO_2 de l'eau. Cette eau est ensuite transportée vers le réacteur de struvite, où elle est mélangée avec de l'hydroxyde de sodium (NaOH) et du magnésium ($MgCl_2$). En mélangeant l'eau contenant du phosphore avec le NaOH et le $MgCl_2$, la précipitation de la struvite est forcée. Cette struvite est transportée avec l'eau vers le décanteur, puis elle est séparée, afin que l'eau claire poursuive le traitement et pour recueillir la struvite à l'intérieur du décanteur.



Figure 3: Struvite production montage

2.2. Application dans la récupération du phosphore

L'élevage intensif produit une quantité d'eaux usées importante avec de fortes concentrations en phosphore. Le déversement de ces composés dans les eaux de surface provoque non seulement l'eutrophisation de l'eau, mais gaspille également le phosphore qui pourrait être valorisé pour la croissance des plantes. Il est donc nécessaire de combiner l'élimination du phosphore des eaux usées du bétail avec sa récupération et sa réutilisation comme engrais. En tant qu'engrais minéral précieux à libération lente, la production de struvite est devenue une option majeure dans la récupération du phosphore. On estime que 100 m³ d'eaux usées pourraient former 1 kg de struvite. Si toutes les eaux usées du monde étaient traitées par la production de struvite, 63 000 tonnes de P₂O₅ pourraient être récupérées, ce qui équivaut à 16 % de la production mondiale de roches phosphatées. 171 g de struvite peuvent être récupérés des eaux usées du bétail par mètre carré au maximum. La pureté peut atteindre 95% sans lavage. Par conséquent, les systèmes de récupération de struvite et sa valorisation sur les terres agricoles tend fortement à se développer.

Références / Lectures complémentaires

1. Shilton, A. N., Powell, N., & Guieysse, B. (2012). Plant based phosphorus recovery from wastewater via algae and macrophytes. *Current opinion in biotechnology*, 23(6), 884-889.
2. Zhang, T., Jiang, R., & Deng, Y. (2017). Phosphorus recovery by struvite crystallization from livestock wastewater and reuse as fertilizer: A review. In *Physico-Chemical Wastewater Treatment and Resource Recovery*. InTech.

CONTACTS:

Coordinateur

Rafael Casielles (BIOAZUL SL)

Avenida Manuel Agustin Heredia nº18 1ª Málaga (ESPAGNE)

Mail | info@suwanu-europe.eu Site internet | www.suwanu-europe.eu

CONTACTS:

Responsable de la fiche info

Andrés Acosta (TTZ Bremerhaven)

Am Ludeneich 12- 27572 Bremerhaven (ALLEMAGNE)

Site internet | <https://www.ttz-bremerhaven.de/de/>



THIS PROJECT HAS RECEIVED FUNDING FROM
THE EUROPEAN UNION' HORIZON 2020 RESEARCH
AND INNOVATION PROGRAMME
UNDER GRANT AGREEMENT N. 818088



SUWANU
EUROPE



ttz Bremerhaven