



**HAL**  
open science

## Comment orienter les procédés pour offrir de la flexibilité dans nos unités de traitement pour valoriser au mieux les nutriments

Wen Dai, Geoffroy Lesage, Jérôme Harmand, Marc Heran

### ► To cite this version:

Wen Dai, Geoffroy Lesage, Jérôme Harmand, Marc Heran. Comment orienter les procédés pour offrir de la flexibilité dans nos unités de traitement pour valoriser au mieux les nutriments. Congrès de la SFGP, SFGP, Nov 2022, Toulouse, France. hal-04174444

**HAL Id: hal-04174444**

**<https://hal.inrae.fr/hal-04174444v1>**

Submitted on 31 Jul 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Comment orienter les procédés pour offrir de la flexibilité dans nos unités de traitement pour valoriser au mieux les nutriments

Wen DAI<sup>1</sup>, Geoffroy LESAGE<sup>1</sup>, Jérôme HARMAND<sup>2</sup>, Marc HERAN<sup>1</sup>

Affiliation 1 : IEM, University of Montpellier, Montpellier, France

Affiliation 2 : INRAE, Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement, Narbonne, France

## Abstract :

Cette étude présente les résultats de recherches combinant (i) les résultats d'outils logiciel comme GPS-X ou Matlab, et (ii) les résultats des pilotes expérimentaux (Bioréacteur à membrane) de la plateforme de réutilisation des eaux de Murviel les Montpellier. L'objectif est d'orienter le fonctionnement des unités de traitement avec l'utilisation de contrôleurs industriels et de commande avancée, pour adapter en temps réel, la qualité et la composition de l'eau traitée afin de répondre aux besoins des plantes/cultures ou, au contraire, lorsque nécessaire, de se conformer aux exigences réglementaires pour un rejet dans l'environnement. Les travaux ont principalement porté sur les formes de l'azote N-NH<sub>4</sub> et N-NO<sub>3</sub> et la flexibilité qu'offre les bioréacteurs à membrane pour délivrer à façon l'azote nécessaire aux plantes : Mode ferti-irrigation, ou de respecter les normes de rejet : Mode zone sensible.

## Introduction

Pour répondre aux enjeux de la raréfaction des ressources en eau de bonne qualité, la réutilisation des eaux usées traitées ('REUT' ou 'REUSE') apparaît comme une solution d'avenir. Elle permet de ne pas rejeter l'eau traitée dans l'environnement sans lui faire subir une seconde vie, voire davantage. Pour cela, nous promovons un changement de paradigme dans lequel les eaux usées ne sont plus vues comme des déchets à dépolluer mais une nouvelle ressource pouvant être traitée à façon, dépendant des besoins et des usages dans de nouvelles installations de récupération d'énergie, de nutriments et autres molécules d'intérêt. Cette gestion de la ressource en eau se heurte à de nombreux défis, notamment des problèmes techniques tels que le manque de flexibilité des stations d'épuration actuelles. Face au grand défi de fournir, de manière dynamique et économiquement acceptable, une qualité d'eau traitée adaptée aux besoins de l'agriculture, et afin de réduire les impacts environnementaux, les technologies de l'automatique et les bioréacteurs à membranes ont assurément un rôle essentiel à jouer.

## Matériels et méthodes

Le réacteur, construit à l'IEM est composé d'un réacteur biologique de 30L de volume avec 0,34m<sup>2</sup> de membrane (Microdyn/nadir). Il est alimenté avec des eaux usées urbaines réelles (Murviel les Montpellier). Une pompe perméat permet (i) d'ajuster le flux membranaire ainsi que (ii) de programmer des séquences de rétrolavage. La pompe d'extraction des boues permet, elle de contrôler l'âge des boues et donc l'activité des bactéries nitrifiantes.

## Résultats et Conclusion

Les résultats obtenus à la suite des modélisations montrent deux familles d'actionneurs, les premiers sont des actionneurs hydrauliques. Ils permettent de contrôler la dénitrification, d'ajuster les ratios

$\text{NO}_3/\text{NH}_4$ . Les réponses sont rapides et sans danger pour la qualité de l'eau traitée ainsi que pour la dynamique du système (Passage entre les deux modes). Les deuxièmes agissent sur les vitesses de croissance des micro-organismes (Age de boue, limitation en oxygène) ou des temps de purge. Ils permettent d'obtenir de meilleurs résultats (réduction des consommations en énergie, arrêt de la nitrification) mais ils comportent des temps de réponses plus longs avec possiblement la présence ponctuelle de nitrites. Le changement du mode rejet en zone sensible vers ferti-irrigation est court alors que le temps pour passer d'un mode ferti-irrigation au mode rejet est plus long et s'accompagne de la présence de nitrites.

Ces points ont été validés par les essais sur site avec le pilote expérimental alimenté en eau brute réelle. Les phases de transition entre ces deux modes ont été modélisées et cette modélisation a permis de trouver parmi les cinq scénarios possibles ceux qui présentent le temps de réponse le plus rapide : Le passage du mode rejet en zone sensible au mode ferti-irrigation est rapide (environ une fois le temps de rétention solide du mode ferti-irrigation) et conduit à une faible présence de nitrites. Les essais ont confirmé cette tendance. A l'inverse, le passage du mode ferti-irrigation au mode rejet en zone sensible est long et s'accompagne d'un rejet en nitrites important (300 fois supérieur aux passages précédents). En effet, les simulations montrent des temps de latence très long et proportionnel au temps de fonctionnement du mode ferti-irrigation. Des outils simplifiés basés sur une approche de génie des procédés permettent de calculer ces temps de latence et donc le temps nécessaire au changement de mode. Néanmoins, les essais expérimentaux sont beaucoup plus encourageants et montrent des temps de changement de mode beaucoup plus rapides. Les outils de simulations ne peuvent donc pas être utilisés pour anticiper la mise en place de nouveaux consortiums bactériens car l'incertitude sur la concentration en inoculum est trop forte.

La preuve de concept de la flexibilité des B&M pour fournir de l'eau pour un usage agronomique a été validée. Le pilote a ainsi fourni de l'eau à façon pour plusieurs campagnes agronomiques. Les temps de réponse expérimentaux entre les deux modes sont acceptables mais la modélisation, si elle permet d'aiguiller les stratégies ne permet pas de prédire le passage du mode ferti-irrigation au mode rejet en zone sensible. D'autres essais pilotes, sur ce changement de mode particulier, avec des outils de la biotechnologie (mesure des différentes activités biologiques : autotrophes/hétérotrophes) permettraient de comprendre la dynamique de mise en place de la nitrification mais il est impératif de faire ces essais à grande échelle sur site où des inoculations fortuites (avec l'eau d'entrée ou par des aérosols) en bactéries nitrifiantes donnent des temps de réponse meilleures que les outils de simulation ou les essais en laboratoire.

### Références bibliographiques

*Ostace, G.S., Cristea, V.M., Agachi, P.Ş. 2011. Cost reduction of the wastewater treatment plant operation by MPC based on modified ASM1 with two-step nitrification/denitrification model. Computers and Chemical Engineering Volume 35, Issue 11, 15, 2469-2478.*

*Aichouche, F., Benyahia, B., Héran, M., & Harmand, J. 2020. Flexibility of Waste Resource Recovery Facilities for water Reuse. European Control Conference, 570-574..*

*Robles A., Aguado D., Barat R., Borrás L., Bouzas A., Giménez JB., Martí N., Ribes J., María Victoria Ruano, Joaquín Serralta 2020. New frontiers from removal to recycling of nitrogen and phosphorus from wastewater in the Circular Economy. Bioresource Technology, Volume. 300, 122673.*