UMR ICube – Equipe « Mécanique des fluides »

# Proposition de Stage de fin d'étude

**Sujet : séparation à la source des urines : nitrification au sein d'un bioréacteur à membrane**

## Contexte et problématique

Le projet AZUR (AZote des eaux Usées & Récupération) se propose d'évaluer et comparer le bilan en azote de deux technologies de traitement utilisables pour traiter des effluents fortement chargés en azote (urine séparée à la source, retour en tête de digesteur). Les modèles biocinétiques développés permettront, sur la base d'étude pilotes complémentaires d'évaluer les flux liés aux différents processus biologiques et physiques (nitrification, transfert liquide/gaz, assimilatrion…). Un second volet du projet étudiera la valorisation de la biomasse produite par digestion anaérobie.

Historiquement, la gestion des eaux usées urbaines a été l'objet de plusieurs paradigmes : jusqu'au milieu du XXème siècle, il s'agissait avant tout d'assainir, éviter les épidémies. Ensuite, la protection du milieu naturel est devenue un enjeu primordial. C'est cet enjeu qui a conduit à la construction de la plupart des stations de traitement des eaux usées (STEU) en service aujourd'hui, faisant suite aux différents réglementations 'loi sur l'eau, directive ERU, directive cadre sur l'eau…). Depuis quelques années, on assiste à un changement progressif de paradigme concernant les eaux usées : elles ne sont plus vues uniquement comme des sources de pollution à traiter, mais aussi, et de plus en plus, comme un vecteur de ressources qu'il convient de valoriser. Ces ressources comprennent :

- L'eau : la réutilisation des eaux traitées devient de plus en plus une nécessité, notamment dans les pays en état de stress hydrique. Également, le rejet des eaux usées traitées par des filières conventionnelles au milieu naturel peut déjà se concevoir comme une réutilisation dans la mesure où un traitement suffisant contribue à protéger la ressource pour divers usages : pêche, baignade, captages d'eau potable, etc.

- L'énergie : de vecteurs de consommation énergétique, les STEU deviennent de plus en plus une source de production d'énergie : récupération de chaleur depuis les réseaux et surtout, méthanisation des boues résiduaires, sont de plus en plus pratiquées en parallèle d'une optimisation énergétique de la file eau (maîtrise de l'aération...) ;

- Récupération de nutriments : les nutriments (N,P mais aussi C) présents dans les eaux usées et accumulés au sein de la biomasse durant le traitement biologique présentent un intérêt non-négligeable en tant que matières fertilisantes : épandage des boues, récupération de N et P des digestats issus des méthaniseurs (précipitation de struvite notamment), séparation à la source...

Ce changement de paradigme est déjà entré dans une phase de plus en plus opérationnelle. En sont pour témoin les nombreux projets dits de "STEP du futur", "STEP à énergie positive", de récupération et de valorisation de biogaz (cogénération, réinjection dans le réseau de gaz de ville) en cours ou à

venir. Les anglo-saxons ont même changé la terminologie traditionnelle de Wastewater Treatment Plant (WWTP) en Water Resources Recovery Facilities (WRRF). Afin que ce mouvement continue à se concrétiser, ne se transforme pas en simple outil marketing et finalement, finisse comme un concept un peu galvaudé, il convient de continuer à optimiser les STEU existantes tout en développant de nouvelles technologies visant à remplir ces objectifs : optimisation de la digestion anaérobie, purification du biogaz, bioréacteurs à membrane, traitements tertiaires plus ou moins poussés, réacteurs à boues granulaires, précipitation de struvite, etc. Parmi les stratégies envisagées, la récupération de l'azote contenu dans les eaux usées (essentiellement sous forme réduite : azote organique et ammoniacal) est devenue une alternative crédible à son élimination selon le schéma classique nitrification/dénitrification biologiques. Ainsi, les stratégies de séparation à la source des urines où de récupération au niveau des retours en têtes issus de la filière boues des STEU permettent à la fois la sauvegarde du milieu récepteur en réduisant les rejets tout en permettant la récupération de cette ressource.

Dans ce contexte, depuis 2015, j'ai été à l'initiative de deux projets au sein du laboratoire :

- Projet CarbioSep 20 (financement FUI) avec la thèse de Juan ARCE VELASQUEZ (démarrée en septembre 2016) sur le développement d'un bioréacteur à membrane immergée (BAMI) pour le traitement décentralisé ;
- Thèse de Le Anh PHAM (soutenue le 13/09/2018) (financement Vietnam Institute of Education and Development, financements sur API ICube et ENGEES) sur la thématique de l'utilisation d'un consortium micro-algues/bactéries pour le traitement d'eaux usées.

Ces deux projets traitent de la même problématique mais à deux positionnements différents : le réacteur CarbioSep a plutôt vocation à traiter des effluents dans le cadre d'une gestion décentralisée des eaux usées voire d'une séparation à la source des urines.

La lagune à haut rendement algal de la thèse de Le Anh PHAM se positionne plutôt comme un procédé potentiellement applicable pour le traitement des retours en tête après digestion anaérobie sur une STEU.

Si les domaines d'application sont différents, le BAMI développé dans le cadre de CarbioSep et la LHRA présentent des similitudes en termes d'objectif (récupération de la ressource azotée), de typologie d'effluents traités (forte charge en azote dans les urines séparées à la source et les retours en tête) ainsi que de mécanismes : impact fort de la nitrification, sensibilité au pH et au transfert gaz/liquide (stripping de l'azote).

Ainsi, les deux projets ont conduit à la conceptualisation de deux modèles biocinétiques présentant des processus communs : nitrification en deux étapes, assimilation par la biomasse, transfert gaz/liquide, équilibres chimiques.

Le questionnement principal sous-jacent au projet AZUR est donc le suivant : **quel est le bilan en azote de ces deux procédés et comment l'optimiser pour récupérer un maximum d'azote tout en minimisant les impacts environnementaux et énergétiques du procédé ?**

En effet, par exemple, une aération non optimisée du réacteur biologique peut aboutir à une surconsommation d'énergie mais aussi, selon les conditions de pH, à un dégazage conséquent de

l'azote ammoniacal. Dans la LHRA, la maîtrise des conditions d'oxygénation est un défi à relever car elle est dépendante de l'activité des microalgues : il s'agit d'éviter l'appartion de zones anoxiques propices à la dénitrification et donc à la perte d'azote sous forme de $N_2$.

Aussi, les deux procédés conduisent à la formation d'une biomasse en excès qu'il convient aussi de valoriser (tout en prenant en compte l'azote qu'elle contient). Les deux projets de recherche associés ne prennent pas en compte cet aspect. Ainsi, le projet AZUR se propose d'**évaluer le potentiel méthanogène des biomasses formées**.

## Objectifs du stage

Le stage a pour but l'étude d'un procédé pilote de nitrification biologique au sein d'un bioréacteur à membrane. L'effluent traité consiste en de l'urine séparée à la source.

Les missions du stagiaire consisteront en :

- Suivi analytique des performances du procédé
- Développement et conduite d'expérience de respirométrie [1,2] pour la détermination des paramètres cinétiques de la biomasse : affinité et inhibition par les différentes formes de l'azote, rendement de croissance, etc.
- Caractérisation du pouvoir méthanogène de la biomasse (tests BMP : Biological Methane Potential)
- Calage et validation du modèle biocinétique [3–5]développé sous Aquasim [6] à l'aide des données expérimentales

## Profil recherché

Étudiant.e de Master 2 ou école d'ingénieur en génie des procédés, traitement des eaux, intéressé.e par les sciences expérimentales et la modélisation

## Modalités pratiques

- Localisation et encadrement du stage : l'étudiant.e sera basé.e dans les locaux du laboratoire ICube -Département de Mécanique à Strasbourg et sera encadré par Julien LAURENT (MCF, ENGEES) et Juan Arce Velasquez (Doctorant).
- Indemnisations : Indemnité de stage forfaitaire (3.75€/h), soit environ 525€/mois.
- Durée du stage : 6 mois entre Janvier et Aout 2019. À préciser avec le(la) candidat.e.
- Modalités et date limite de candidature : les candidatures sont à envoyer dès que possible, sous forme d'un CV et d'une lettre de motivation, à julien.laurent@engees.unistra.fr

## Références


[1] J.D. Arce Velasquez, J. Laurent, P. Pradeau, R. François, Respirometric testing of high nitrogen acclimated sludge, oxygen consumption and biokinetic model parameters estimation, in: IWA, London, Ontario, Canada, 2018.

[2] M. Capodici, S. Fabio Corsino, F. Di Pippo, D. Di Trapani, M. Torregrossa, An innovative respirometric method to assess the autotrophic active fraction: Application to an alternate oxic–anoxic MBR pilot plant, Chem. Eng. J. 300 (2016) 367–375. doi:10.1016/j.cej.2016.04.134.

[3] I. Jubany, J. Carrera, J. Lafuente, J.A. Baeza, Start-up of a nitrification system with automatic control to treat highly concentrated ammonium wastewater: Experimental results and modeling, Chem. Eng. J. 144 (2008) 407–419. doi:10.1016/j.cej.2008.02.010.

[4] I. Jubany, J.A. Baeza, J. Carrera, J. Lafuente, Model-based Design of a Control Strategy for Optimal Start-up of a High-Strength Nitrification System, Environ. Technol. 28 (2007) 185–194. doi:10.1080/09593332808618780.

[5] M. Spérandio, M.C. Espinosa, Modelling an aerobic submerged membrane bioreactor with ASM models on a large range of sludge retention time, Desalination. 231 (2008) 82–90. doi:10.1016/j.desal.2007.11.040.

[6] P. Reichert, AQUASIM 2 User Manual, Swiss Fed. Inst. Environ. Sci. Technol. Dubendorf Switz. (1998). http://www.eawag.ch/forschung/siam/software/aquasim/pdf/aquasim_manual.pdf (accessed February 25, 2014).