

Traitement et valorisation des flux secondaires en stations d'épuration : de la mesure à la modélisation

Résumé

Dans un objectif de récupération des ressources contenues dans les eaux résiduaires, la question du traitement et de la valorisation des flux secondaires en stations d'épuration est cruciale. Ces flux, provenant principalement de la déshydratation des boues après traitement, notamment par voie anaérobie, peuvent contenir des quantités importantes d'azote et de phosphore qu'il convient de gérer au mieux pour : (i) ne pas impacter négativement la qualité des eaux traitées et (ii) limiter les surcoûts de traitement.

L'objectif du travail de thèse est de faire un état des lieux des technologies proposées pour le traitement et la valorisation des effluents issus des filières de traitement des boues de stations d'épuration, incluant la méthanisation. Il s'agit dans un premier temps d'établir des protocoles de caractérisation de ces flux qui fournissent les données requises pour éclairer le choix de procédés de traitement/valorisation. Ces protocoles seront mis en œuvre sur deux ou trois sites à l'étude actuellement, et les résultats intégrés dans les modèles de fonctionnement des stations d'épuration. Différents scénarios seront ensuite comparés, à l'aide de la modélisation, en intégrant l'impact des choix effectués sur les performances globales de l'installation et les coûts associés (énergie et réactifs consommés).

Contexte et enjeux

Dans un contexte de changement de pratiques pour passer du traitement des eaux résiduaires à la récupération de leurs ressources, l'optimisation des stations d'épuration ne peut plus se faire comme par le passé, c.-à-d. procédé par procédé, mais requiert de considérer les installations dans leur ensemble, et de prendre en compte l'impact de choix de conception et de fonctionnement sur l'intégralité de la filière. Les schémas d'installation sont parfois très complexes et leur fonctionnement est non linéaire et dynamique, ce qui implique le recours à des outils de modélisation appropriés.

Par ailleurs, les maîtres d'œuvre de stations d'épuration de moyenne et grande taille étudient la faisabilité de la méthanisation de leurs boues, voire de boues de stations proches géographiquement, et ce de plus en plus fréquemment depuis la possibilité de réinjecter le biométhane produit dans les réseaux de gaz naturel (arrêté du 24 juin 2014). La mise en place de méthaniseurs sur les installations produit trois flux : le biogaz, valorisé sous forme d'énergie, le digestat, généralement valorisé en épandage, et le centrât. Ce dernier, issu de la déshydratation de boues digérées, est ramené en tête des stations d'épuration et est très chargé en azote et en phosphore notamment. Pour réduire l'impact de ce retour sur le fonctionnement de l'installation, plusieurs solutions de traitement/valorisation, incluant des procédés physico-chimiques et/ou biologiques, ont été proposées ces dernières années. Malgré les relativement nombreux articles sur le sujet, la caractérisation des retours en tête reste très peu renseignée et les données sont très dispersées. Or le choix de traitements alternatifs à un abattement des polluants dans la filière principale des installations, de même que les impacts sur la station dans son ensemble, devraient être intimement liés aux caractéristiques de ces retours et à leur variabilité.

L'objectif du travail de thèse est de faire un état des lieux des technologies proposées pour le traitement et la valorisation des effluents issus des filières de traitement des boues de stations d'épuration, incluant la méthanisation, afin d'établir des protocoles de caractérisation de ces flux. Il s'agit d'obtenir les données requises pour éclairer le choix de procédés de traitement/valorisation de ces flux. Ces protocoles seront mis en œuvre sur deux ou trois sites à l'étude actuellement, et les résultats intégrés dans les modèles de fonctionnement des stations d'épuration. Différents scénarios seront ensuite comparés, en intégrant l'impact des choix effectués sur les performances globales de l'installation et les coûts associés (énergie et réactifs consommés).

Objectifs scientifiques et techniques – de la STEP vers la StaRRE

Le projet de thèse proposé vise *in fine* à intégrer dans les modèles biocinétiques de fonctionnement des installations de traitement des eaux usées les briques nécessaires à leur évolution vers la station de récupération des ressources de l'eau (de la STEP vers la StaRRE). Il s'agit d'initier cette évolution des modèles, concomitante à celle des procédés, en commençant avec la gestion (traitement et/ou valorisation) des flux liquides issus de l'étape de déshydratation des boues après traitement (retours en tête).

D'un point de vue scientifique, le travail expérimental apportera des connaissances nouvelles sur les caractéristiques des influents et effluents renvoyés en tête de stations notamment sur les espèces chimiques

encore peu caractérisées et qui sont pourtant d'importance pour la prédiction des équilibres acido-basiques et des produits de précipitation (Al, Cl, Ca, Fe(II), Fe (III), K, Mg, Na, SO₄, ...). De plus, ces données, combinées à celles de fonctionnement des stations envisagées comme cas d'étude permettront d'éprouver les modèles nouvellement proposés dans la littérature. Un modèle représentant la filière dans son ensemble sera employé pour évaluer et comparer différentes stratégies de traitement et de valorisation des nutriments.

D'un point de vue technique, les objectifs liés à ce projet sont d'une part de mieux caractériser les retours en tête pour proposer des procédés adaptés, et d'autre part d'étudier l'impact de choix de conception/dimensionnement et/ou de fonctionnement sur les performances globales des installations (indispensable en réhabilitation de station d'épuration, notamment).

Descriptif des travaux

La thèse se déroulera en quatre étapes :

1/ Sur la base d'une étude bibliographique poussée : identification des données manquantes pour modéliser et choisir les procédés adaptés pour minimiser les impacts des retours en tête.

2/ Caractérisation expérimentale des retours en tête en vue de modéliser leur traitement/valorisation, en intégrant notamment les formes ioniques d'intérêt.

Cette étape donnera lieu à des campagnes de mesure spécifiques sur deux à trois sites. Cette caractérisation complétera les données déjà acquises sur plusieurs sites pour lesquels un travail de consolidation des données d'exploitation et de supervision a été réalisé et un modèle représentant le fonctionnement des files eau et boue (incluant la consommation énergétique) est en cours de développement.

3/ Modification des modèles existants à partir des résultats des deux premières étapes.

Une analyse de sensibilité permettra d'évaluer l'influence des paramètres des modèles sur les résultats de simulation.

4/ Développement d'indicateurs de performance pertinents et analyse numérique de scénarios.

Organisation

Ecole Doctorale = ED 206 de Lyon (Chimie, Procédés, Environnement)

Equipe d'accueil = UR REVERSAAL d'Irstea Lyon-Villeurbanne, menant des recherches sur les procédés de valorisation et traitement des effluents urbains (eaux résiduaires, rejets urbains de temps de pluie, boues d'épuration). Des séjours de quelques semaines seront prévus chaque année dans le centre Irstea d'Antony. Pour les aspects modélisation, une collaboration scientifique avec le CEIT (Espagne) est envisagée. Ce centre de recherche a développé des outils de modélisation pointus pour la station d'épuration grandeur réelle. Un séjour de quelques mois dans cette équipe sera programmé, vraisemblablement au cours de la deuxième année de thèse.

Codirection de thèse : Sylvie Gillot, Directrice de Recherche, Irstea Lyon-Villeurbanne, France

Codirection de thèse : Paloma Grau ou Eduardo Ayesa, Professeur, CEIT, Saint-Sébastien, Espagne

Co-encadrement de thèse : Ahlem Filali, Irstea Antony, France

Démarrage de thèse : octobre 2019

Rémunération : 1874,41 € brut/mois

Profil recherché

Formation en génie des procédés complétée par un Master ou un stage en traitement des eaux et/ou des déchets organiques. Des connaissances en modélisation seraient appréciées.

Par ailleurs, le candidat devra maîtriser l'anglais scientifique et devra prendre en charge, avec l'appui de l'équipe technique, la programmation, la réalisation et l'analyse des résultats des campagnes de mesures envisagées dans le cadre de ses travaux.

Contact

Sylvie Gillot, Irstea Lyon-Villeurbanne - sylvie.gillot@irstea.fr – +33 (0)4 72 20 87 07

Ahlem Filali, Irstea Antony – ahlem.filali@irstea.fr - +33 (0)1 40 96 61 11