

Récupération de bio-engrais à partir des matières résiduelles (digérées) : feuille de route pour la mise en œuvre d'une chaîne de traitement optimale

Vaneeckhaute C¹, Belia E², Meers E³, Tack FMG³, Vanrolleghem PA⁴

¹Céline Vaneeckhaute, BioEngine – Équipe de recherche en ingénierie des procédés verts et des bioraffineries, département de génie chimique, université Laval, 1065 ave. de la Médecine, Québec, QC, Canada, G1V 0A6, celine.vaneeckhaute@gch.ulaval.ca

²Primodal, 145 Rue Aberdeen, Québec, QC, Canada, G1R 2C9

³EcoChem, Laboratoire d'écochimie appliquée, Université de Gand, Coupure Links 653, Gand, Belgique

⁴modelEAU, Université Laval, 1065 ave. de la Médecine, Québec, QC, G1V 0A6, Canada

D'ici 2020, toutes les municipalités au Québec devront avoir implanté des pratiques durables pour la valorisation des matières organiques résiduelles et pour la réduction des gaz à effet de serre. Parallèlement, les stations d'épuration sont confrontées avec des nouvelles normes qui seront entre autres plus strictes pour l'azote. Par conséquent, plusieurs municipalités au Québec cherchent des solutions durables pour la gestion des déchets organiques, tels que les boues des stations d'épuration d'eaux usées et des résidus organiques triés à la source. Ainsi, des projets de biométhanisation se développent à grand pas au Québec (voir grand projets verts Ville de Québec, Ville de Montréal, Ville de Repentigny, Ville de Saint-Hyacinthe, etc.).

La digestion anaérobie (= biométhanisation) des boues et des déchets organiques municipaux est considérée comme l'un des techniques les plus économes en énergie et des plus respectueuses de l'environnement pour la valorisation des matières organiques résiduelles, la production de biométhane et la récupération des nutriments à valeur ajoutée qui sont concentrés dans le digestat. Ce dernier contient la matière organique non digérée, l'eau et les micro- et macronutriments. Cependant, la poursuite du développement de cette technique est actuellement entravée dans plusieurs régions, car les digestats qui en résultent ne peuvent souvent pas être disposés sur des terres agricoles dans leur forme brute, en raison des limites de fertilisation strictes dans le cadre de la législation environnementale, des raisons pratiques (larges volumes) et économiques (coûts de transportation et stockage élevés). Par conséquent, l'un des plus grands défis pour les installations de digestion anaérobie est de trouver des moyens rentables et durables pour le traitement et/ou l'élimination du digestat. Jusqu'à présent, l'approche technique pour le traitement du digestat était similaire à l'approche pour le traitement des eaux usées et des lisiers. Cela signifie que les objectifs étaient l'élimination des nutriments, par exemple par la nitrification/dénitrification de NH_4 en N_2 , ou la transformation du digestat en produits transportables, soit par le séchage ou le compostage. Néanmoins, il y a une volonté d'évoluer vers des approches plus durables pour le traitement des digestats et des eaux usées qui mettent l'accent sur la récupération des nutriments plutôt que sur leur élimination.

Dans le domaine d'ingénierie des procédés, les modèles mathématiques sont devenus des outils importants pour la conception de la technique, l'optimisation des performances et le processus de dépannage car ils permettent de gagner du temps et de l'argent en même temps. Bien qu'un certain nombre de modèles pour les techniques de traitement de l'eau aient été développés et appliqués, ces modèles de base sont limités par l'omission de processus physicochimiques clés qui jouent un rôle majeur dans les installations de récupération des ressources. De plus, à ce jour, aucun modèle général pour les systèmes de récupération des éléments nutritifs et organiques basé sur une spéciation chimique adéquate et incluant les réactions dynamiques n'est disponible et mis en œuvre. Par conséquent, le potentiel de mettre sur pied une chaîne de procédés avec des conditions d'exploitation optimales pour maximiser la récupération des ressources et la qualité des engrais et de l'eau est manquant.

L'objectif de cette recherche était de développer des modèles mathématiques généraux pour les meilleurs systèmes de récupération des ressources disponibles, tels que la biométhanisation, la précipitation de struvite et le stripage/absorption d'ammoniac visant à la production des sulfates d'ammonium. Les modèles développés sont dynamiques et basés sur la spéciation chimique et sur la cinétique de réaction. La librairie de modèles est applicable comme outil pour l'optimisation des systèmes individuels de récupération des éléments nutritifs organiques, ainsi que pour la détermination des combinaisons optimales des unités de procédés (= chaînes de traitement) afin de maximiser la récupération des ressources à partir d'un flux de déchets particulier et de minimiser les besoins énergétiques et chimiques. Ce projet a créé un cadre raffiné permettant une discussion informée sur les idées avant la prise de décision (conception, contrôle, stratégies d'exploitation, recherche).

Une meilleure compréhension de la performance et des interactions des processus unitaires dans la chaîne de traitement a été obtenue par des analyses de sensibilité globales. Sur la base de toutes les connaissances acquises, une feuille de route générique pour la mise en place des stratégies de récupération des nutriments en fonction des marchés et des législations des engrais, et de la caractérisation des déchets a été développée. La feuille de route comprend : 1) des lignes directrices pour l'application des bio-engrais, 2) des instructions pour la détermination de la faisabilité des pratiques de récupération des nutriments, et 3) un algorithme visant à la configuration et l'optimisation des chaînes de traitement. En tant que tel, cette recherche fournit des instructions fondamentales pour guider les usines de traitement de digestats et eaux usées à mettre en œuvre des stratégies durables pour la récupération des nutriments.

La conférence présentera les résultats les plus innovateurs et pertinents de la modélisation et les analyses de sensibilité globales, et exposera la stratégie à suivre pour sélectionner les procédés unitaires et configurer la chaîne de traitement en appliquant la feuille de route pour une étude de cas.

L'objectif de cette recherche était de développer des modèles mathématiques généraux pour les meilleurs systèmes de récupération des ressources disponibles, tels que la biométhanisation, la précipitation de struvite et le stripage/absorption d'ammoniac visant à la production des sulfates d'ammonium. Une meilleure compréhension de la performance et des interactions des processus unitaires dans la chaîne de traitement a été obtenue par des analyses de sensibilité globales. Sur la base de toutes les connaissances acquises, une feuille de route générique pour la mise en place des stratégies de récupération des nutriments en fonction des marchés et des législations des engrais, et de la caractérisation des déchets a été développée.

La conférence présentera les résultats les plus innovateurs et pertinents de la modélisation et les analyses de sensibilité globales, et exposera la stratégie à suivre pour sélectionner les procédés unitaires et configurer la chaîne de traitement en appliquant la feuille de route pour une étude de cas.