

Conception d'un système évolué de bioréacteur à membrane anaérobie à haut débit et d'osmose inverse pour le traitement des eaux usées provenant de la transformation alimentaire, la réutilisation de l'eau et la récupération de la ressource.

Sheng Chang, Saifur Rahaman

Projet : IA114253/SF9299

Durée : 07/2015 – 12/2018

FAITS SAILLANTS

1. On a démontré que la combinaison d'un bioréacteur à membrane anaérobie et d'un processeur d'osmose inversé permet de traiter efficacement les eaux usées fortement chargées générées par les activités brassicoles afin de les réutiliser.
2. On a démontré que la combinaison d'un lit de boues expansées et d'un bioréacteur à membrane aérobie constitue un système de bioréacteur à membrane anaérobie optimal pour le traitement des eaux usées fortement chargées provenant des activités de transformation alimentaire.
3. On a défini les critères de qualité de l'eau atteignables en traitant les eaux usées fortement chargées provenant des activités brassicoles au moyen des procédés suivants : bioréacteur à membrane anaérobie avec lit de boues expansées; bioréacteur à membrane aérobie avec lit de boues expansées ; combinaison d'un lit de boues expansées , d'un processus d'ultrafiltration et d'un processus d'osmose inverse; combinaison d'un lit de boues expansées, d'un processus d'ultrafiltration, de l'utilisation de charbon actif granulaire et d'un processus d'osmose inverse.
4. On a évalué le rendement de différents procédés reposant sur l'utilisation de membranes (bioréacteur à membrane anaérobie et osmose inverse, osmose inverse avec membrane électrochimique et distillation sur membrane) et l'encrassement membranaire qui en résulte, aux fins du traitement par bioréacteur à membrane hybride des eaux usées de brasseries.
5. On a évalué le potentiel de récupération des nutriments au moyen de la modélisation par dynamique des fluides numérique (CFD) 3D.

APERÇU VULGARISÉ

Université de Guelph

Le projet répond à la priorité d'optimiser la quantité et la qualité de l'eau utilisée dans l'industrie de la transformation alimentaire. Le déclin continu des ressources hydriques renouvelables à l'échelle mondiale exerce une pression sur l'industrie alimentaire, qui cherche donc à réduire les coûts associés à l'utilisation et l'évacuation de l'eau. L'une des stratégies efficaces qui s'offrent à l'industrie pour surmonter ce défi consiste à mieux utiliser l'eau pour les activités non liées aux produits.

Le projet porte sur la conception d'un système évolué de bioréacteur à membrane anaérobie avec lit de boues expansées et d'osmose inverse pour le traitement des eaux usées provenant de la transformation alimentaire, la réutilisation de l'eau et la récupération de la ressource. À cette fin, on a mis à l'essai un bioréacteur à membrane avec lit de boues expansées créé au laboratoire de l'Université de Guelph pour étudier le rendement des systèmes de bioréacteur à membrane avec cellules à agitation a permis d'évaluer la qualité de l'eau pouvant être obtenue par le traitement par osmose inverse. De plus, un système de filtration sur membrane réalisé en laboratoire et une colonne de charbon actif granulaire ont servi à analyser l'incidence du prétraitement par osmose

inverse sur la qualité d'eau et sur la filtration sur membrane d'osmose inverse. Des eaux usées provenant de Wellington Brewery ont été utilisées pour évaluer l'application et le rendement du bioréacteur à membrane anaérobie dans le traitement des eaux usées fortement chargées.

Dans le cadre du projet, deux configurations de bioréacteur à membrane ont été comparées : un bioréacteur à membrane de filtration anaérobie avec lit de boues expansées et un bioréacteur à membrane aérobie avec lit de boues expansées. Il a été démontré que le bioréacteur à membrane aérobie avec lit de boues expansées produit des effluents d'une qualité supérieure et réduit considérablement la résistance à la filtration sur membrane. En étudiant le rendement à long terme des bioréacteurs à membrane anaérobie, nous avons pu établir les taux de chargement organique et les flux de filtration sur membrane optimaux, identifier les principaux agents d'encrassement de la membrane et déterminer les caractéristiques structurelles de la communauté microbienne dans de tels bioréacteurs utilisés pour traiter les eaux usées de brasseries. La recherche sur le recours à l'osmose inverse dans le traitement des effluents du digesteur anaérobie visait à analyser l'incidence du prétraitement sur la filtration par osmose inverse, les caractéristiques de filtration des membranes d'osmose inverse à basse pression et la qualité de l'eau pouvant être obtenue en associant l'osmose inverse à l'ultrafiltration et à l'adsorption sur charbon actif granulaire. Les résultats ont démontré qu'il est nécessaire d'effectuer un prétraitement par ultrafiltration ou d'utiliser l'ultrafiltration associée à l'adsorption sur charbon actif granulaire pour traiter par osmose inverse les effluents du lit de boues expansées. En appliquant un prétraitement approprié, il est possible de faire fonctionner les membranes d'osmose inverse à une pression transmembranaire inférieure à 10 bars et produire de l'eau de qualité suffisamment élevée pour la réutilisation.

Ce projet de recherche a donné lieu à une collaboration entre les équipes de l'Université de Concordia et de l'Université de Guelph. Les résultats obtenus peuvent servir directement à la conception d'un bioréacteur à membrane anaérobie avec lit de boues expansées pour traiter les eaux usées provenant de la transformation alimentaire. Ils peuvent aussi permettre d'évaluer la technologie, d'analyser les coûts préliminaires et de mettre au point le procédé. Grâce à la participation de SUEZ Water Technologies and Solutions, les conclusions et le savoir-faire découlant du projet pourront être directement mis à profit dans la conception de systèmes commerciaux de bioréacteur à membrane anaérobie avec lit de boues expansées et d'osmose inverse. Le projet offre d'importants avantages environnementaux et économiques à l'industrie de la transformation alimentaire : réduction de la pollution, élimination du gaspillage et réutilisation sécuritaire de l'eau.

Université de Concordia

Ce projet a permis d'évaluer la perméabilité de l'eau, le taux de rejet de sel, le flux de perméation et la sélectivité de membranes d'osmose inverse afin de retenir la plus appropriée au traitement des eaux usées de brasseries. Par ailleurs, on a analysé les résultats distincts et combinés d'agents d'encrassement (albumine bovine, acides humiques et alginate) de la membrane d'osmose inverse retenue en mesurant le flux de perméation et en observant la morphologie de la surface de la membrane. Par ailleurs, on a évalué le rendement du processus d'osmose inverse avec membrane électrochimique pour la récupération de l'eau à partir des eaux usées fortement chargées provenant des activités brassicoles. Une évaluation a également porté sur le rendement de la membrane d'osmose inverse avec renvoi du perméat recyclé dans la source d'alimentation ainsi que sur la capacité d'épuration. En outre, un mécanisme d'épuration efficace a été adapté aux fins de récupération du flux de perméation. On a également créé un rigoureux modèle CFD 3D hybride pour évaluer la récupération des nutriments à partir d'eaux usées artificielles. Enfin on a étudié l'encrassement et le rendement à long terme de la membrane d'osmose inverse et de distillation au moyen d'eaux usées de brasserie ayant été traitées par un bioréacteur à membrane hybride sans recyclage. La récupération des membranes d'osmose inverse a fait l'objet d'une analyse au cours de deux cycles d'épuration consécutifs.

RÉSEAUX, COLLABORATION ET PARTENARIATS

Ce projet a marqué le lancement de la collaboration en recherche entre l'Université de Guelph et l'Université de Concordia. Les fonds du projet ont permis à un étudiant du programme de maîtrise ès sciences appliquées de l'Université de Guelph (Peter Inners) de poursuivre sa formation à l'Université de Concordia pendant un trimestre. L'équipe de recherche de l'Université de Guelph a rendu visite à l'équipe de l'Université de Concordia et lui a offert des présentations. M. Rahama s'est rendu à l'Université de Guelph, où il a présenté un exposé à l'équipe de recherche de cette université. Au cours de la période du projet, l'équipe de l'Université de Guelph a fourni des effluents de lit de boues expansées et de bioréacteur à membrane anaérobie aux fins des travaux de recherche réalisés à l'Université de Concordia.

Ce projet a permis de resserrer la collaboration en recherche avec SUEZ Water Technologies and Solutions visant l'application et l'optimisation des bioréacteurs à membranes anaérobies pour le traitement des eaux usées de brasseries. Nous avons communiqué les résultats de recherche aux ingénieurs des équipes de R-D et de gestion des produits de SUEZ; mis à l'essai la membrane de SUEZ pour l'utilisation d'un bioréacteur à membrane anaérobie; présenté conjointement les résultats du projet de recherche lors de congrès internationaux sur le traitement des eaux usées.

Ce projet a été largement soutenu par Wellington Brewery et Sleeman Breweries. Tout au long du projet, Wellington Brewery a fourni des échantillons d'eaux usées pour les travaux de recherche menés à l'Université de Guelph. Sleeman Breweries a fourni à l'équipe de l'Université de Guelph les boues granulaires du lit de boues expansées ayant servi à l'étude sur le bioréacteur à membrane anaérobie et les effluents de lit de boues expansées aux fins de la recherche sur l'osmose inverse.

Ce projet a été réalisé avec l'appui de la brasserie Labatt située à LaSalle, au Québec. Celle-ci a fourni les échantillons d'eau usées ayant servi à la recherche sur la récupération possible de l'eau grâce à l'ajout de l'osmose inverse avec membrane électrochimique comme étape de traitement avancée.

Mots-clés

Bioréacteur à membrane anaérobie, osmose inverse, traitement des eaux usées de brasseries, bioréacteur avec lit de boues expansées, bioréacteur à membrane, bioréacteur à membrane anaérobie-aérobie, traitement des eaux usées de la transformation alimentaire, taux de chargement organique, flux critique, filtration par ultrafiltration, microfiltration, adsorption sur charbon actif, encrassement de membrane, réutilisation de l'eau, qualité de l'eau.

Coordonnées pour obtenir de l'information sur le projet

Chef(s) du projet : Sheng Chang (Université de Guelph), Saifur Rahaman (Université de Concordia)
Téléphone : 5198244120 X 56619 (Université de Guelph); 514 848-2424 Ext.5058 (Université de Concordia)
Courriel : Schang@uoguelph.ca; saifur.rahaman@concordia.ca

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Ce projet de recherche a été financé dans le cadre du programme collaboratif Coopération Québec-Ontario pour la recherche en agroalimentaire, financé par le ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario et le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.