

AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

Madame Jiaqi YANG est autorisé(e) à présenter ses travaux en vue de l'obtention du diplôme national de DOCTORAT délivré par l'école CENTRALE MARSEILLE

Le 26 novembre 2021, à 10H00

Lieu : Grand Amphî du Cerege
Technopôle de l'Arbois-Méditerranée, BP80, 13545 Aix-en-Provence

Titre: **Ultrafiltration as urban wastewater tertiary treatment for water reuse at semi industrial scale**

École doctorale : **ED 251 Sciences de l'Environnement**

Spécialité : **Génie des Procédés**

Rapporteurs

Madame Stéphanie LABORIE, Maitre de conférences, TBI, INSA Toulouse, France.
Monsieur Marc HERAN, Professeur des Universités, IEM, Université de Montpellier, France.

Membres du Jury

Madame Stéphanie LABORIE, Maitre de Conférences, TBI, INSA Toulouse, France.
Monsieur Marc HERAN, Professeur des Universités, IEM, Université de Montpellier, France.
Monsieur Philippe MOULIN, Professeur des Universités, M2p2 - Aix Marseille Université, France.
Monsieur Mathias MONNOT, Maitre de Conférences, M2p2 - Aix Marseille Université, France.
Madame Annabelle COUVERT, Professeur des Universités, ISCR, ENSC Rennes, France.

Résumé (FR)

La réutilisation de l'eau, dans le cadre d'un développement durable est nécessaire pour la société et pour les générations futures. Dans cette étude, une unité d'ultrafiltration (UF) semi-industrielle placée en sortie de station d'épuration a été étudiée pour évaluer sa faisabilité et sa durabilité. L'optimisation des conditions opératoires a permis de donner pour la première fois des contraintes d'exploitations fiables et durables qui se dégagent par une analyse comparative de l'impact de 15 conditions opératoires différentes sur la qualité de l'eau, la variation de perméabilité, la gestion du colmatage irréversible et le taux de conversion de l'eau. Les meilleures conditions ont été J80t40BW1/3 (flux de $80 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$, durée du cycle de filtration de 40 min, 1 rétrolavage essoré suivi de 3 rétrolavages classiques), J60t60BW1/4 et J60t60BW1/3. Une étude sur du long terme avec la condition J60t60BW1/3 a fourni des performances de filtration durables et adaptables quelles que soient la température et la qualité de l'eau d'alimentation. De plus, les rétrolavages essorés à l'air ont permis une excellente réversibilité du colmatage des membranes, qui était d'environ 1,25 à 2 fois supérieure celle des rétrolavages classiques en moyenne. La qualité du perméat d'UF a été suffisamment bonne pour être réutilisée dans des applications non

potables car elle répond à la meilleure qualité des directives de réutilisation de l'Organisation mondiale de la santé, aux normes de réutilisation de la France et à la réglementation européenne la plus récente pour l'irrigation agricole. Une étude spécifique du nettoyage des membranes a permis de montrer que l'utilisation de chlore pouvait avoir une efficacité accrue lorsqu'il est couplé à l'effet mécanique des rétrolavages essorés. Finalement, le calcul des dépenses d'investissement (CAPEX) et opérationnelles (OPEX) du système d'UF donne, dans les conditions optimisées, un prix unitaire net de production d'eau rentable. Au travers de cette thèse, l'UF apparaît comme un traitement tertiaire fiable pour la réutilisation de l'eau et les résultats donnent des indications opérationnelles pour l'échelle industrielle et des propositions pour la gestion du colmatage des membranes par rétrolavage à l'air assisté chimiquement.

Mots clés : Ultrafiltration, réutilisation de l'eau, contrôle du colmatage, rétrolavage à l'air, normes de réutilisation

Abstract (EN)

Water reuse is a sustainable development strategy that benefits society and future generations. In this study, a semi-industrial ultrafiltration (UF) pilot plant established at the outlet of a wastewater treatment plant was studied to assess its feasibility and sustainability for non-potable water reuse. The optimization of operating conditions made it possible to support reliable and sustainable filtration performance, the operating conditions were optimized through comparative analysis in terms of water quality, permeability variation, irreversible fouling management, and water recovery rate. The best conditions were J80t40BW1/3 (flux of $80 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$, filtration cycle time of 40 min, 1 air backwash followed by 3 classical backwashes), J60t60BW1/4 and J60t60BW1/3. The long-term study on condition J60t60BW1/3 provides sustainable and adaptable filtration performance regardless of the temperature and feed water quality variation. In addition, the air backwashes enabled excellent reversibility of membrane fouling, which was approximately 1.25 to 2 times higher than of classic backwashes in average. The quality of the UF permeate was good enough to be reused in non-potable purposes as it met reuse guidelines of the World Health Organization, reuse standards of France, and the most recent EU regulation for agricultural irrigation. A specific study of membrane cleaning has shown that the addition of NaClO in backwash water can greatly increase cleaning efficiency of air backwashes. Finally, the calculation of the capital expenditure (CAPEX) and operational expenditure (OPEX) of the UF system under optimized conditions gives a profitable net unit price for water production. Through this thesis, UF is confirmed to be a reliable tertiary treatment for water reuse and the results give operational indications for the industrial scale and provides proposals for the management of membrane fouling by air backwash with chemical assistance.

Keywords : Ultrafiltration, water reuse, fouling control, air backwash, reuse standard