



Université Claude Bernard



DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **23 juin 2017**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **FAKHFEKH Rahma**

Titre de la thèse : « Performances du système hybride précipitation/microfiltration et de la nanofiltration dans l'élimination du fer pour la potabilisation de l'eau. »



RÉSUMÉ DE THÈSE :

Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à la déferisation des eaux potables présentant une teneur élevée en fer pour produire une qualité d'eau conforme à la norme en vigueur en termes de teneur en fer dissous qui ne doit pas dépasser 0,2 mg/L (selon l'OMS).

L'application de technologies innovantes se basant sur l'intégration des procédés à membrane a fait l'objet de ce travail. Pour cela, deux systèmes ont été appliqués et comparés : un système hybride associant un procédé membranaire de microfiltration à l'oxydation/ précipitation du fer ainsi que la nanofiltration

Ce travail a été conduit en étroite collaboration avec la Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux potables en Tunisie (La SONEDE). Les eaux utilisées étaient de deux types : eau brute naturelle issue de la région de Sfax et eau synthétique (solution aqueuse plus ou moins riche en fer) pour les essais d'optimisation et de compréhension des phénomènes observés au cours de l'application des différents procédés de traitements.

Concernant l'application du système hybride, il s'agit de la précipitation du fer par bullage d'air dans un réacteur couplé à une microfiltration en utilisant plusieurs membranes commerciale (Kerasep) ou préparées au Laboratoire de Sciences des Matériaux et de l'Environnement (Sfax) à base d'argile, alumine et charbon actif.

L'influence des paramètres suivants a été étudiée : concentration initiale en fer, pH et pression transmembranaire. Cette étude a été conduite en présence de la solution synthétique. Il a été montré que ces paramètres à l'exception de la concentration initiale en fer ont peu d'effet sur le taux d'élimination du fer ainsi que sur le flux de filtration.

L'élimination du fer est quasi totale pour les différentes membranes utilisées, à l'exception du support M1 en argile-oxyde d'aluminium qui montre une rétention de l'ordre de 68,2 %. Cependant la concentration en fer dans le perméat obtenu reste inférieure à la limite fixée par l'OMS (0,2 mg/l). Par ailleurs, le flux de filtration est quasi-constant pendant toute la durée de traitement suggérant un faible colmatage des membranes utilisées. Des résultats similaires ont été obtenus avec l'eau de forage brute de la région de Sfax.

Des analyses MEB du précipité obtenu ont montré des agglomérats d'hydroxyde ferrique de différentes tailles qui sont facilement retenus. En plus de la formation d'agglomérats, plusieurs mécanismes peuvent expliquer la rétention élevée du fer et le faible colmatage des membranes obtenus avec ce procédé hybride : l'effet autocatalytique de l'hydroxyde ferrique pendant l'oxydation du fer ferreux, ainsi que la nature du matériau membranaire et l'hydrophilicité/ hydrophobicité de la membrane.

L'hydrophobicité/hydrophilicité des membranes ainsi que la taille des pores jouent un rôle important sur le flux de filtration. En effet, le flux de filtration le plus élevé est obtenu pour le support M1 (membrane argile-oxyde d'aluminium) qui possède une taille moyenne de pores de 1,1 μ m. Pour le support M2 (carbone/carbone), malgré une taille moyenne de pores très élevée de 9 μ m, les performances en termes de flux obtenu sont très limitées. La valeur stabilisée est voisine de 200 l/h.m² contre 900 l/h.m² pour le support M1.

La nature de la membrane est aussi un paramètre important dans la rétention du fer, ceci est justifié par les mesures par ICP de la concentration en fer de la suspension de la filtration frontale en utilisant différentes membranes.

Dans un objectif d'intensification des procédés, une autre technique de deferrisation a été étudiée en considérant un traitement membranaire seul de nanofiltration en appliquant une membrane organique spirale de type NF 2125A (Applied Membranes ®, USA). Les résultats obtenus sont prometteurs en termes de flux de filtration et de rétention en fer conduisant à une qualité de perméat conforme aux recommandations de l'OMS.

Lorsque la concentration initiale en fer est élevée (de 10 et 15 mg/l), le taux de rétention est total dès les premières minutes de filtration ; alors que pour des concentrations inférieures, de l'ordre de 5 mg/l, le taux de rétention augmente faiblement de 10 à 60 % après 80 min. Cette même tendance a été observée en présence de l'eau brute de forage étudiée.

Le flux de filtration obtenu à une faible concentration en fer de 5 mg/l reste relativement important et quasi-stabilisé. Il est à mentionner également que le colmatage pour une concentration de 5 mg/l en fer reste très faible. Cependant, aux concentrations de 10 et 15 mg/l, une diminution progressive du flux de filtration est observée, respectivement de 27,7 et 42,8%, puis une stabilisation est atteinte au bout de 110 min de filtration.

En termes de performances, le procédé hybride d'aération/MF conduit à des flux de perméat plus importants que ceux issus de la nanofiltration.

En conclusion, tenant compte des résultats obtenus et de la possibilité d'automatisation, en plus de la compacité, ces deux procédés étudiés peuvent s'avérer être des alternatives intéressantes au procédé classique d'aération suivi d'une filtration sur sable appliqué actuellement par la SONEDE.