

Introduction Générale.

Les analyses physico-chimiques effectuées sur les eaux résiduaires urbaines et industrielles dans la région méditerranéenne de l'Est algérien (Annaba), ont révélées la présence d'espèces phosphatées en forte teneur [1]. La norme algérienne préconisée est souvent dépassée en particulier dans les eaux de rejet industrielles du complexe des engrais phosphatés FERTIAL [2]. Si la réponse à ce problème réside dans le traitement à l'origine des sources responsables de cette émission excessives, il apparaît nécessaire de mettre en place, dans le même contexte, des actions curatives à des fins écologiques efficaces.

La demande croissante de l'utilisation des phosphates fait que celle-ci devient une ressource naturelle rare [3] et plusieurs études de recherche ont été menées pour explorer sur le plan pratique et économique la récupération de ces espèces à partir des eaux résiduaires urbaines et industrielles chargées en phosphates de façon à générer un produit utilisable [4][5]. En outre, l'eau déversée devrait respecter les directives environnementales, et selon les directives algériennes, la concentration du phosphate dans l'eau déversée devrait être de moins de 0.15 mg/l [6].

Le développement des techniques de séparations en génie des procédés a mis en compétition plusieurs voies de récupérations des phosphates qui visent globalement le rendement et le coût économique. La littérature disponible sur le traitement des phosphates des eaux résiduaires urbaines et industrielles chargées en phosphates met en examen les performances et l'efficacité des procédés d'élimination afin de satisfaire aux strictes exigences réglementaires. Les deux grandes voies de traitements d'élimination les plus couramment utilisés sont la déphosphatation physico-chimique et la déphosphatation biologique [7][8].

Face aux méthodes de traitements conventionnelles, les procédés à membranes pourraient présenter une alternative intéressante, présentant trois principaux avantages : ce sont des procédés propres, compatibles avec le développement durable, sobres car peu énergivores (quelques kWh m⁻²), et sûrs, dès lors que le nettoyage et la désinfection sont maîtrisés. Les techniques séparatives à membranes se développent considérablement depuis quelques années. Grâce à la mise en œuvre de nouveaux matériaux, les membranes sont de plus en plus performantes et remplacent progressivement les domaines réservés de la distillation, de

Introduction Générale

l'adsorption, de l'échange d'ions ou des traitements chimiques. Contrairement aux procédés concurrents, les techniques à membranes permettent un fonctionnement continu, sans passage par une phase intermédiaire [9].

La diversité croissante des techniques membranaires nécessite de cibler et d'adapter les membranes et les procédés de séparation à chaque demande spécifique. C'est pourquoi nous fournissons dans cette thèse une étude sur la séparation par membranes appliquée à la valorisation et à la dépollution d'effluents spécifiques chargés en phosphates présents dans les eaux résiduaires urbaines et industrielles.

La technique la plus récente, la moins coûteuse et la plus facile à mettre en œuvre reste la nanofiltration (NF). Cette dernière offre des possibilités beaucoup plus vaste au niveau de la séparation des différents solutés dans la mesure où elle fait appel à deux mécanismes de transfert, dont les sélectivités sont très différentes : (i) l'un convectif comme en ultrafiltration (UF) et (ii) l'autre diffusif, comme en osmose inverse (OI).

La nanofiltration est un procédé de séparation membranaire à l'échelle moléculaire. Ses possibilités résident dans sa capacité à séparer sélectivement des espèces de petites taille électriquement chargées et/ou des espèces moléculaires neutres. Elle a déjà montré son efficacité dans l'élimination d'une large variété de composés présents dans l'eau (matière organique dissoute (pesticides, herbicides, dérivés organiques halogénés) [10], et inorganiques (les fluorures [11], les nitrates [12], le bicarbonate [13], le nickel [14]). Elle présente de nombreux avantages dont celui d'opérer dans une gamme de pressions inférieure à celle de l'osmose inverse réduisant ainsi les dépenses énergétiques.

Les membranes organiques de nanofiltration sont caractérisées par une taille des pores de l'ordre du nanomètre et possèdent le plus souvent en surface des groupements chargés. La très grande sélectivité des membranes de nanofiltration est donc basée à la fois sur l'exclusion par la taille et des mécanismes basés sur l'exclusion électrostatiques des espèces chargées de signe opposé à la membrane (mécanisme de Donnan).

L'étude présentée dans cette thèse a pour objectif de contribuer à une identification et à une meilleure compréhension du mécanisme de transfert des anions orthophosphates H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} et PO_4^{3-} par nanofiltration, qui présentent la particularité d'être des espèces de charges

Introduction Générale

variables en fonction du pH et dont les formes sont interdépendantes à travers les constantes d'acidité de l'acide phosphorique: $pK_{a1}=2.1$, $pK_{a2}=7.2$, $pK_{a3}=12.4$. Les travaux décrits dans cette thèse font l'objet de 05 chapitres.

Une étude bibliographique (chapitre 1) a été réalisée sur :

Les principes de base de la filtration membranaire à gradient de pression.

Les différents mécanismes de transfert de matière en nanofiltration.

Le chapitre 2 s'attache à présenter le contexte général de l'étude par un état des lieux et prévention de la contamination par les phosphates des eaux naturelles de la région d'Annaba.

Le chapitre 3 présente les matériels (pilote de filtration, membrane, solutés) et méthodes mis en œuvre au cours de cette étude, notamment les techniques physico-chimiques utilisées pour caractériser les interfaces de la membrane et les taux de rejet des espèces examinés : analyse au MEB-EDX, Chromatographie ionique, COT mètre.

Dans le chapitre 4, nous avons testé la capacité de rétention de la membrane envers les ions orthophosphates en mode d'écoulement discontinu, l'effet des paramètres opératoires tels que la pression, la concentration, la force ionique, le pH ainsi que la présence d'espèces ioniques compétitives a été investigué.

Le chapitre 5 porte sur la modélisation phénoménologique du transfert des orthophosphates à travers la membrane Nanomax-50 par la détermination des paramètres de transport qui traduit les caractéristiques de la membrane Nanomax-50 et explicite le comportement des ions cibles en fonction des conditions opératoires.