

Le traitement de l'eau de mer : une solution pour des villes côtières

Malgré le fait que 70% de la surface terrestre soit recouverte d'eau, seulement 3% de cette eau est disponible pour l'homme et encore moins est potable. J'ai pris conscience de ce problème lors de mon voyage à Barcelone, une région côtière qui est pourtant confrontée à des sécheresses récurrentes.

La pollution humaine et la composition naturelle de l'eau poussent à trouver des solutions durables et économiques pour fournir une eau potable à l'homme. Traiter l'eau de mer est donc un enjeu majeur des villes côtières.

Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.

Liste des membres du groupe :

- BACHOUR Jules

Positionnement thématique (ETAPE 1)

CHIMIE (Chimie Analytique), CHIMIE (Chimie Théorique - Générale).

Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Dessalement</i>	<i>Desalination</i>
<i>Osmose inverse</i>	<i>Reverse osmosis</i>
<i>Distillation</i>	<i>Distillation</i>
<i>Argentimétrie</i>	<i>Argentometry</i>
<i>Congélation</i>	<i>Freezing</i>

Bibliographie commentée

Plus d'un tiers de la population mondiale vit dans un pays sous stress hydrique. Pourtant l'eau recouvre 72% de la surface du globe mais elle est à 97,2% salée et donc inutilisable pour la consommation humaine. En effet, la salinité moyenne des eaux des mers et océans est de 35 g/L (77% NaCl, 10,2% MgCl₂, 4,8% MgSO₄, 3,6% CaSO₄, 2,4% K₂SO₄, 2% oligo-éléments) alors qu'elle doit être inférieure à 0,5 g/L seuil de potabilité selon l'OMS.

Deux types de procédés sont généralement employés afin de séparer les sels dissous de l'eau : un procédé thermique faisant intervenir un changement de phase (la congélation et la distillation) et un procédé membranaire (l'osmose inverse)[1].

Le principe de la congélation repose sur la solidification de l'eau salée. Le procédé de congélation sépare l'eau pure glacée du liquide contenant les ions. La phase solide est récupérée par fusion de la glace alors purifiée[2].

La distillation consiste à faire chauffer de l'eau de mer pour vaporiser l'eau. La vapeur ainsi produite ne contient pas de sel, il suffit alors de condenser cette vapeur pour obtenir de l'eau douce. Cette technique a l'avantage de produire une eau très pure mais elle n'a aujourd'hui que peu d'intérêt si elle n'est pas associée pas à une cogénération. Le procédé de distillation à détente étagées est le plus utilisé. Cependant, ces techniques ainsi que la congélation restent onéreuses et énergivores en raison de la valeur relativement élevée de la chaleur latente de vaporisation ou de solidification de l'eau et c'est pourquoi elles ont été progressivement délaissées au profit de l'osmose inverse trois fois moins énergivore (5 kWh/m³). Les usines de dessalement par osmose représentent aujourd'hui 70% du marché [3].

L'osmose est le phénomène naturel de transfert de solvant à travers une membrane semi-perméable sous l'action d'un gradient de concentration. En exerçant une pression sur la solution concentrée de l'ordre de la pression osmotique (54 à 80 bars pour le traitement de l'eau de mer) ce flux d'eau s'annule puis en augmentant cette pression, celui-ci se dirige en sens inverse du flux osmotique, c'est le phénomène d'osmose inverse. A l'échelle industrielle, une unité osmotique effectue des étapes de pré-traitement indispensables pour éviter le dépôt de matière en suspension sur les membranes qui conduirait très rapidement à une diminution des débits produits. Des filtrations sur sable, puis sur cartouches sont effectuées pour retenir les particules de diamètres supérieures à 10 µm ; un traitement biocide et une acidification sont aussi nécessaires pour éviter le développement de microorganismes sur la membrane.

De plus, au cours du processus, la membrane se polarise du côté de la solution d'eau de mer, celle-ci devenant encore plus salinisée. La pression à appliquer est donc plus élevée. Pour éviter ce phénomène, la saumure (eau ultra-salée) est évacuée de la membrane grâce au flux du rétentat, eau filtrée mais utilisée pour éviter la polarisation de la membrane [4]. Le rétentat rejeté dans la mer atteint un taux en sel 30% supérieur à l'eau prélevée et met alors en danger la biodiversité sous-marine, comme par exemple le phénomène d'anoxie au niveau des fonds marins [5].

Les scientifiques cherchent à limiter ces rejets et à baisser les coûts énergétiques. Alors que l'utilisation de membranes en polyamide est un incontournable dans l'industrie de l'osmose inverse depuis des décennies, celle-ci a atteint ses limites d'optimisation. La communauté scientifique s'intéresse aujourd'hui aux aquaporines, des protéines membranaires qui permettent la formation de canaux perméables à l'eau et rejetant les ions. Ces recherches sont d'autant plus intéressantes que les canaux peuvent être combinés aux membranes en polyamide ce qui permettrait aux industriels de construire des membranes aux diamètres plus petits, mais aussi de réduire la pression nécessaire avec un gain énergétique de 12% à la clé [6].

Problématique retenue

Le dessalement de l'eau de mer par osmose inverse est-il un procédé efficace en comparaison à la congélation?

Objectifs du TIPE

- Réaliser un osmoseur inverse par nos propres moyens à l'aide d'une membrane brackish water reliée à un tube en PVC par une jonction étanche.
- Traiter une eau salée par notre méthode osmoseur inverse en exerçant une pression de 4,5 bars.
- Déterminer par titrage argentimétrique les différentes concentrations des solutions traitées.
- Objectif personnel : Effectuer une congélation directionnelle d'eau salée.

Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] J.SALOMON : Le dessalement de l'eau de mer est-il une voie d'avenir ? : *Centre d'études en géographie et aménagement du territoire*
- [2] ANOUAR RICH : Dessalement de l'eau de mer par congélation sur parois froides : aspect thermodynamique et influence des conditions opératoires : <https://theses.hal.science/tel-00958034/document>
- [3] BANDELIER PHILIPPE : Le Dessalement d'eau de mer et des eaux saumâtres : <https://www.encyclopedie-energie.org/le-dessalement-deau-de-mer-et-des-eaux-saumatres>
- [4] CAMILLE SAGNE : Etude des mécanismes de transfert de molécules organiques en osmose inverse : <https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-00292725>
- [5] VIVIEN LECOMTE : Le Dessalement de l'eau de mer : Quels impacts sur l'Environnement ? : <https://ecotoxicologie.fr/impacts-dessalement-eau-mer/>
- [6] NICOLAS LOUIS : Une membrane biomimétique plus performante pour dessaler l'eau de mer : <https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/une-membrane-biomimetique-plus-performante-pour-dessaler-leau-de-mer-85777/>