



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPEREUR ET  
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم  
Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem  
كلية العلوم والتكنولوجيا  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCÉDES



N° d'ordre : M2...../GPE/2019

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE MASTER ACADEMIQUE

**Filière : Génie des procédés**

**Option : Génie des procédés de l'environnement**

### Thème

**L'EVALUATION DES PERFORMANCES D'OSMOSE INVERSE  
MEMBRANAIRE**

**Présenté par :**

BENDAHMANE Imane

ZEBBAR Mohamed

Soutenu le 26/06/2019 devant le jury composé de :

<b>Présidente :</b>	M <sup>me</sup> ZERHOUNI Anissa	MAA	Université de Mostaganem
<b>Examineur :</b>	Mr BESTANI Benaouda	Pr	Université de Mostaganem
<b>Encadreur :</b>	M <sup>me</sup> BESBES Anissa	MCB	Université de Mostaganem

**Année universitaire : 2018/2019**

## **Remerciements**

*Nous remercions tout d'abord Dieu, le tout puissant de nous avoir donné la volonté, la patience et le courage pour mener à terme ce travail.*

*Le présent travail a été réalisé au niveau de **la station de dessalement de l'eau de mer de MOSTAGANEM**. Par l'occasion nous remercions tous les responsables et les agents de cette station : le directeur **M<sup>r</sup> PEDRO**, le chef de production **M<sup>r</sup> ABDRAZAK**, la responsable de laboratoire **M<sup>me</sup> HASSIBA** et le chef de quart d'avoir bien voulu nous accueillir au sein de leur station.*

*Au terme de ce travail, nous tenons à remercier **M<sup>me</sup> BESBES Anissa** enseignante à l'Université MOSTAGANEM pour son encadrement, son soutien et le suivi de ce travail.*

*Nous voulons ensuite remercier tous les membres du jury qui vont juger ce modeste travail et nous faire profiter de leurs connaissances et remarques constructive à savoir comme président de jury **M<sup>me</sup> Zerhouni Anissa** et comme examinateur **Mr Bestani Benaouda**.*

*Nos remerciements vont également à **M<sup>me</sup> L.BENSSAAD** pour son aide tout au long de ce mémoire.*

*Tous nos remerciements et nos estimations vont à tous les enseignants du département de Génie des procédés de la faculté des sciences et de la technologie de l'université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem.*

*Nos remerciements vont aussi à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.*

## ***Dédicace***

*On dédie ce modeste travail à :*

➤ *La famille **Bendahmane** :*

*Les chers parents : Bensabeur et Chérifa*

*Les sœurs et les frères : Aouicha ,Djamila , Amina et Mustapha*

*Les nièces et les neveux : Touaiba ,Meriem , Abdelillah , Yahya , Anouar , Maria et Yacine*

➤ *La famille **Zebbar** :*

*Les chers parents : Bachir et Naziha*

*Les sœurs et les frères : Fatima ,Abdallah*

*Tous les oncles et les tantes ainsi que leurs enfants*

➤ *Tous nos chers amis, spécialement Khitem et Mounira*

# Table des matières

<b>Remerciements</b> .....	<b>i</b>
<b>Dédicace</b> .....	<b>ii</b>
<b>Sommaire</b> .....	<b>iii</b>
<b>Liste des figures</b> .....	<b>v</b>
<b>Liste des tableaux</b> .....	<b>vi</b>
<b>Introduction générale</b> .....	<b>1</b>
 <b>CHAPITRE I DESCRIPTION DE LA STATION DE DESSALEMENT DE L'EAU DE MER DE MOSTAGANEM</b>	
<b>I.1 Introduction</b> .....	<b>3</b>
<b>I.2 Définition du dessalement de l'eau de mer</b> .....	<b>3</b>
<b>I.3 Station de dessalement de l'eau de mer de Mostaganem</b> .....	<b>3</b>
<b>I.4 Fonctionnement de la station</b> .....	<b>4</b>
I.4.1 Captage et pompage de l'eau de mer.....	<b>4</b>
I.4.1.1 Tours de captage et tuyauterie de captage.....	<b>5</b>
I.4.1.2 Système anti-méduses.....	<b>5</b>
I.4.1.3 Système d'amorçage des pompes de l'eau de mer.....	<b>5</b>
I.4.1.4 Système de pompage de l'eau de mer.....	<b>5</b>
I.4.2 Système de prétraitement.....	<b>6</b>
I.4.2.1 La coagulation.....	<b>6</b>
I.4.2.2 La floculation.....	<b>7</b>
I.4.2.3 La décantation.....	<b>7</b>
I.4.2.4 Conditionnement chimique.....	<b>7</b>
I.4.2.5 Système de filtration.....	<b>9</b>
I.4.2.6 Système de nettoyage des filtres.....	<b>12</b>
I.4.2.7 Système de microfiltration.....	<b>13</b>
I.4.3 Système d'osmose inverse.....	<b>14</b>
I.4.3.1 Système de pompage haute pression, pompes boosters et récupérateurs	<b>14</b>
I.4.3.2 Châssis d'osmose inverse.....	<b>14</b>
I.4.3.3 Le nettoyage chimique.....	<b>14</b>
I.4.4 Système de reminéralisations.....	<b>16</b>
I.4.4.1 Dosage de CO <sub>2</sub> .....	<b>16</b>
I.4.4.2 Lits de calcite.....	<b>16</b>

I.4.4.3 Dosage de chlore résiduel.....	
I.4.5 Stockage et impulsion de l'eau produite.....	18

## **CHAPITRE II GENERALITES SUR LE DESSALEMENT PAR OSMOSE INVERSE**

<b>II.1 Introduction</b> .....	<b>19</b>
<b>II.2 Historique de dessalement</b> .....	<b>20</b>
<b>II.3 Dessalement de l'eau par osmose inverse</b> .....	<b>20</b>
II.3.1 Principe.....	20
II.3.2 Mécanisme de transfert.....	21
II.3.3 Pression osmotique .....	21
<b>II.4 Membranes et modules</b> .....	<b>21</b>
II.4.1 Membranes.....	21
II.4.2 Modules.....	23
<b>II.5 Limitation de l'osmose inverse</b> .....	<b>24</b>
II.5.1 Colmatage .....	24
II.5.2 Entartrage.....	24
II.5.3 Compactage.....	25
II.5.4 Dégradation.....	25
II.5.5 Corrosion.....	25

## **CHAPITRE III RESULTATS ET DISCUSSIONS**

<b>III.1 Introduction</b> .....	<b>26</b>
<b>III.2 Les paramètres de fonctionnement</b> .....	<b>26</b>
III.2.1 Les pertes de charge.....	26
III.2.2 Flux du perméat .....	27
<b>III.3 L'autopsie sur les membranes</b> .....	<b>28</b>
<b>III.4 Les analyses physico-chimiques</b> .....	<b>29</b>
III.4.1 pH (potentiel chimique d'hydrogène) .....	30
III.4.2 Température.....	31
III.4.3 Conductivité.....	32
III.4.4 Efficacité de nettoyage.....	32
<b>Conclusion générale</b> .....	<b>35</b>
<b>Références bibliographiques</b> .....	<b>36</b>

# **LISTE DES FIGURES**

<b>Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>I.1</b>	Station de dessalement de Sonachther	<b>4</b>
<b>I.2</b>	Description de procédé de captage	<b>6</b>
<b>I.3</b>	Système de dosage d'hypochlorite de sodium	<b>9</b>
<b>I.4</b>	Filtration 1 <sup>ère</sup> étape	<b>11</b>
<b>I.5</b>	Filtration 2 <sup>ème</sup> étape	<b>12</b>
<b>I.6</b>	Micro filtration	<b>13</b>
<b>I.7</b>	Procédé de l'osmose inverse	<b>15</b>
<b>I.8</b>	Système de reminéralisations	<b>17</b>
<b>I.9</b>	Système de pompage de l'eau produite	<b>18</b>
<b>II.1</b>	Les divers procédés de dessalement	<b>19</b>
<b>II.2</b>	Principe de l'osmose et de l'osmose inverse	<b>20</b>
<b>II.3</b>	Structure des membranes d'osmose inverse en polyamide	<b>22</b>
<b>II.4</b>	Module spiralé	<b>23</b>
<b>II.5</b>	Colmatage de membrane	<b>24</b>
<b>III.1</b>	Variation des pertes de charge au cours du temps	<b>26</b>
<b>III.2</b>	Evolution du flux du perméat en fonction du temps	<b>28</b>
<b>III.3</b>	Variations du potentiel chimique d'hydrogène	<b>30</b>
<b>III.4</b>	Evolution de température au cours du temps	<b>31</b>
<b>III.5</b>	Variation de conductivité au cours du temps	<b>32</b>
<b>III.6</b>	Evolution de la perte de charge en fonction du temps après le lavage chimique	<b>33</b>
<b>III.7</b>	Evolution du flux du perméat en fonction du temps après le lavage chimique	<b>34</b>

# **LISTE DES TABLEAUX**

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>I.1</b>	Caractéristiques de la couche de filtration de première étape	<b>10</b>
<b>I.2</b>	Caractéristiques de la couche de filtration de deuxième étape.	<b>11</b>
<b>I.3</b>	Caractéristiques de carbonates de chaux	<b>17</b>
<b>III.1</b>	Les paramètres de fonctionnement avant et après le lavage chimique	<b>33</b>

## Introduction générale

---

L'eau est indispensable pour la vie mais sa disponibilité n'est pas assurée partout. La pénurie d'eau se pose et se posera dans de nombreux pays et le monde fait face à une crise de l'eau potable majeure annoncée pour les années 2000-2020. Ce problème s'aggrave à mesure que les villes grandissent, que la population augmente et que l'agriculture, l'industrie et les ménages ont besoin d'eau en quantités toujours plus grandes. Cela risque de mettre gravement en péril le ravitaillement en eau douce d'une grande partie de l'humanité et par voie de conséquence d'aggraver les conflits entre pays voisins ayant des ressources communes [1].

La terre est recouverte de 72% d'eau, dont seulement 3% d'eau douce. Cette eau est inégalement répartie sur la planète : 10 pays se partagent 60% des réserves d'eau douce alors que 29 pays subissent de nombreuses sécheresses.

L'eau douce, facilement disponible (lacs, fleuves, certaines eaux souterraines), ne représente que 0,07 % de la ressource totale soit environ 1 million de km<sup>3</sup>, elle se trouve en quantité limitée, et la répartition de cette eau est très inégale [2] et sa qualité est constamment menacée. Aujourd'hui, selon l'OMS, une personne sur trois dans le monde n'a pas assez d'eau pour répondre à ses besoins quotidiens.

L'homme s'est ingénie à rendre l'inutilisable utilisable en ayant recours à l'eau de mer représentant une richesse quasiment inépuisable, mais uniquement si on peut la dessaler, car elle contient 1000 fois plus de sel que la limite fixée par l'OMS pour pouvoir être consommée, c'est-à-dire une teneur maximale de 500 mg/L. Face à cette situation, le dessalement des eaux de mer ou des eaux saumâtres constitue ainsi une des réponses possibles pour s'adapter à la pénurie croissante des ressources en eau.

Parmi les pays qui souffrent du manque d'eau notre pays l'Algérie et particulièrement notre ville Mostaganem. Ce manque d'eau est lié à la situation géographique de notre pays, mais aussi le gaspillage (estimé à 40%) lié à la vétusté des canalisations et au manque de civisme des gens et l'effet de serre. C'est donc dans cette optique que les chercheurs de nombreux pays développent des techniques de dessalement de plus en plus performantes, afin de produire une plus grande quantité d'eau potable à un coût plus faible. Parmi ces techniques, trois sont les plus utilisées : ce sont l'osmose inverse, la distillation et l'électrodialyse.

En dessalement, le principal procédé membranaire est l'osmose inverse (OI) qui représente à l'heure actuelle 53 % des capacités mondiales d'eau produites par dessalement et a ainsi

## **Introduction générale**

---

dépassé les procédés de distillation depuis 2001 [3]. Cette méthode est la plus rentable, la moins chère et de ce fait la plus envisageable pour subvenir aux besoins en eau potable futurs. L'objectif de ce travail consiste à évaluer les performances d'osmose inverse, en faisant l'étude de l'influence de certains paramètres qui nous donne une indication sur la qualité de notre procédé. Le travail présenté dans ce mémoire s'articule sur deux parties principales : une partie théorique et une partie expérimentale.

La première partie est consacrée à l'étude bibliographique, elle contient deux chapitres. Dans le premier nous décrivons la station de dessalement de l'eau de mer de Mostaganem, et dans le second nous présentons de façon générale le procédé de dessalement par osmose inverse. La deuxième partie est présentée dans le chapitre III, elle est relative à l'étude expérimentale qui porte sur l'exploitation et l'interprétation des résultats des analyses physico-chimique de l'eau de mer et cela pour montrer qu'il y a un problème de colmatage des membranes, et à l'étude des paramètres de fonctionnement pour confirmer notre hypothèse.

### **I.1 Introduction**

L'expérience algérienne en matière de dessalement des eaux est étroitement liée au développement de l'industrie et tout particulièrement de l'industrie pétrolière et sidérurgique.

En 1964, trois petits blocs de 8 m<sup>3</sup>/h chacun, ont été installés au complexe gaz fondu d'Arzew (ville côtière à l'Ouest du pays), et en 1969, une autre station a vu le jour à Arzew avec une capacité de production de 4560 m<sup>3</sup>/J, ainsi de nombreuses installations de dessalement et de déminéralisation ont été mises en place en parallèle avec les nouveaux complexes [4].

L'une des stations à grande capacité est celle d'El-Hamma (fonctionnelle en 2007) à Alger, elle produit 200 000 m<sup>3</sup> par jour (plus grande usine de dessalement d'Afrique). Elle permettra de couvrir le tiers des besoins en eau de la capitale d'Alger. L'autre grand projet de dessalement celui d'Oran (ouest du pays), le projet de Mactaa près de Mers El Hadjadj, d'une capacité estimée à 500 000 m<sup>3</sup> par jour est considéré comme l'un des plus grands projets dans le monde. A Tlemcen, deux projets d'une capacité respective de 200.000 m<sup>3</sup> par jour à la commune de Souk Tlata et à Honein, alors que Beni Saf abritera une station de 200.000 m<sup>3</sup> et Mostaganem deux projets de dessalement de l'eau de mer de 200 000 m<sup>3</sup>

### **I.2 Définition du dessalement de l'eau de mer**

Le dessalement s'appelle aussi désalinisation ou plus rarement dessalage. Il consiste à séparer l'eau et les sels à partir d'une eau brute, qui peut être de l'eau de mer ou une eau saumâtre d'origine continentale [5].

L'eau de mer contient en moyenne 35g/l de sels qui sont essentiellement des chlorures de sodium (76%) et de magnésium (11%), des sulfates de magnésium (5%), de calcium (3,5%) et de potassium (2,4%). Dans l'eau, Les sels sont sous forme d'anions : chlorures et sulfates parallèlement aux cations : sodium, magnésium, calcium et potassium. La salinité de l'eau de mer n'est pas constante. Dans les zones maritimes chaudes et partiellement fermées elle est plus élevée : en méditerranée elle varie de 36 à 39g/l, dans Le Golfe Persique elle peut monter au delà de 60g/l. C'est l'inverse dans les mers froides recevant de forts apports fluviaux : 7g/l dans la Baltique

### **I.3 Station de dessalement de l'eau de mer de Mostaganem**

La station de dessalement de l'eau de mer est située à une dizaine de kilomètres à l'est de la Wilaya de Mostaganem et implantée dans la zone de Sonachther , elle a une capacité de production de 200.000 m<sup>3</sup>/jour pour satisfaire les besoins en eau potable d'une population de 1 333 320 habitants, elle est entrée définitivement en production en Octobre 2011 en application d'un programme de production et de livraison de l'eau potable.

Le processus du dessalement appliqué dans cette station est basé sur l'osmose inverse, ce type d'installation se compose de sections à procédés industriels suivant :

- ✓ Une prise d'eau de mer.
- ✓ Un poste de prétraitement.
- ✓ Les unités d'osmose inverse.
- ✓ Un poste de conditionnement de l'eau potable.



**Figure I.1** : Station de dessalement de Sonachther

### **I.4 Fonctionnement de la station**

#### **I.4.1 Captage et pompage de l'eau de mer**

Il a pour but d'impulser vers le prétraitement de l'eau de mer en quantité et à la pression nécessaire pour produire la quantité d'eau potable désirée. Il comprend les sous-systèmes suivants :

### **I.4.1.1 Tours de captage et tuyauterie de captage**

Le captage se fait à travers deux tours de prise connectées au réservoir de pompage d'eau de mer par deux tuyauteries en PEHD de 1.8m de diamètre où l'eau doit circuler à une vitesse de 1m/s. Les tours de prise sont submergées à une distance de la côte d'environ 2 500 m et 16.5 m de profondeur. L'eau de mer passe à l'intérieur de chaque tour de prise à travers quatre grilles en PRFV rectangulaires de 3.89×1.42 m et de trous de 3.54×1.3cm installées pour éviter le passage de poissons, méduses, cailloux, Ces grilles peuvent être extraites par plongeurs pour éliminer des éventuelles incrustations (figure I.2).

Chacune des tuyauteries de prise peut être isolée pour réaliser des activités d'entretien à l'intérieur sans arrêter la station à l'aide des vannes murales installées dans le réservoir de captage.

### **I.4.1.2 Système anti-méduses**

Une des raisons pour laquelle le niveau dans le réservoir de captage d'eau de mer peut être éventuellement trop bas est l'obturation des grilles des tours de captage, occasionnée par des méduses, algues et poissons. Le système anti-méduses a été conçu pour générer un rideau d'air autour des grilles que fasse flotter ces éléments vers la surface.

### **I.4.1.3 Système d'amorçage des pompes de l'eau de mer**

L'aspiration des pompes d'eau de mer sera normalement plus haute que le niveau d'eau du réservoir du captage. Le système d'amorçage des pompes d'eau de mer a pour objet d'extraire l'air des conductions d'aspiration des pompes d'eau de mer. Le système ne peut pas amorcer qu'une pompe à la fois.

### **I. 4.1.4 Système de pompage de l'eau de mer**

Ce système a pour objet de fournir à l'eau de mer prétraitée la quantité et la pression nécessaire pour avoir la quantité d'eau produite désirée. Ces systèmes ont été conçus pour pomper un débit de 2380 m<sup>3</sup>/h à une pression de 67 m.c.e.

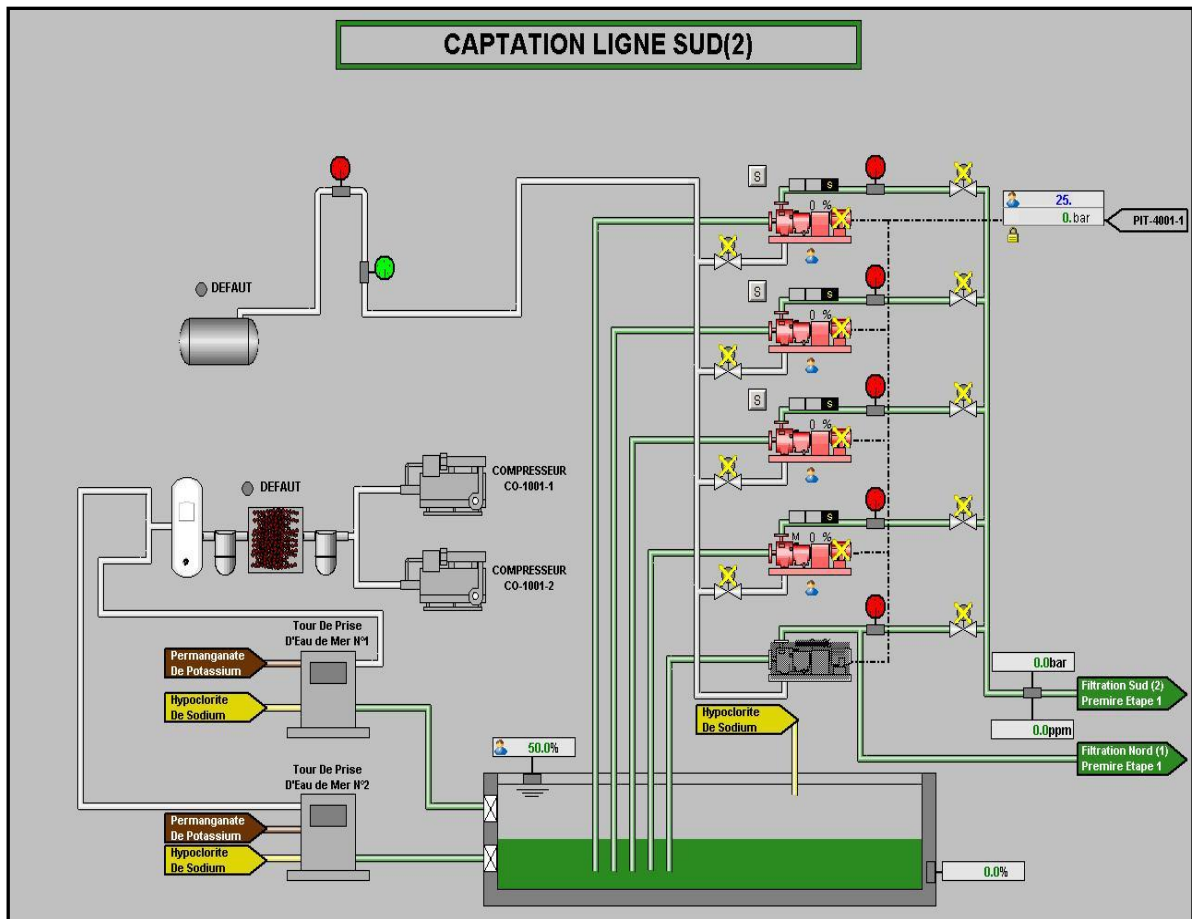


Figure I.2 : Description du procédé de captage.

## I.4.2 Système de prétraitement

L'objet du système de prétraitement est de conditionner l'eau de mer du point de vue physico-chimique pour protéger et maximiser la performance du système d'osmose inverse, de même augmenter la durée de vie des membranes. Les principaux modes du prétraitement sont les suivants

### I.4.2. 1 La coagulation

La coagulation est l'élimination des substances indésirables présentes dans les eaux naturelles, qui possèdent une très petite taille (particules colloïdales causant la turbidité) et celles qui sont dissoutes (matières organiques causant la coloration de l'eau) par l'introduction des réactifs chimiques appelés coagulants [6 ,7]. Donc, le but de la coagulation c'est la neutralisation des charges primaires qui permet d'annuler les forces de répulsion suivie par le piégeage dans les précipités. Cette neutralisation se déroule par l'intermédiaire des composés de deux métaux lourds  $Al^{3+}$  et  $Fe^{3+}$

### I.4.2. 2 La floculation

La floculation consiste à agglomérer sous forme de floes les particules colloïdales neutralisées au paravent par coagulation. Les membranes d'osmose inverse étant chargées négativement, il est recommandé d'utiliser des floculants anioniques ou non ioniques [8], les floculants sont des composés agissant par pontage, par les quelles des éléments solubilisés sont mécaniquement transportés sous une forme séparable. On distingue des floculants naturels et synthétiques. Parmi les floculants synthétiques : les polymères chargés ou poly-électrolytes, qui définissent également par leur densité de charge .D'après [9], les poly-électrolytes jouent un rôle important dans l'adhésion des bactéries sur les surfaces et la floculation biologique.

### I.4.2. 3 La décantation

Après l'étape de coagulation floculation, si la densité de ces floes est supérieure à celle de l'eau, il y'a décantation. Toute particule présente dans l'eau est soumise à deux forces : la force de pesanteur qui est l'élément moteur, permet la chute de cette particule et les forces de frottement dues à la traînée du fluide s'opposent à ce mouvement [10].

### I.4.2.4 Conditionnement chimique

Après filtration à sable, des équipements de dosage font partie de prétraitement chimique appliqué à l'eau de mer avant l'entrée dans les membranes.

#### *1. Dosage d'hypochlorite de sodium*

Il s'agit d'un système de dosage (figure I.3) pour la désinfection de l'eau de mer qui se compose de 3 réservoirs (60 000 l). La détermination de la dose de NaClO nécessaire doit être faite à l'eau de mer au laboratoire pour assurer sa désinfection ainsi que celles des filtres permettant ainsi la réduction de la croissance biologique dans l'eau.

#### *2. Dosage de permanganates de potassium*

Pour l'oxydation et la désinfection l'emploi d'hypochlorite est efficace, mais l'emploi de permanganates de potassium est plus utile pour les micros incrustations qui pouvant apparaître dans les tours de captage et/ou tuyauteries de prise.

### *3. Dosage d'acide sulfurique*

L'efficacité du procès de coagulation-floculation est normalement plus élevée pour valeurs du pH bas, le rôle du dosage d'acide sulfurique est réduire le pH de l'eau de mer pour optimiser le rendement de ces procès. La dose nécessaire sera déterminée après l'analyse du pH.

### *4. Dosage de coagulant (chlorure ferrique)*

Il s'agit d'un système de dosage composé de deux réservoirs(40 000 l) qui vise la coagulation de l'eau brute préalablement à l'étape de filtration qui est appliquée dans le cas où l'eau de mer a une turbidité élevée .

### *5. Dosage de poly électrolyte*

Il s'agit d'un système de dosage de floculant dans l'eau brute. Il est composé de deux réservoirs (2 500 l).Sa dose nécessaire sera déterminée en laboratoire.

### *6. Dosage de la soude caustique*

L'élimination de certains ions par le système d'osmose inverse, comme le bore, est plus efficace pour des valeurs de pH élevées, la fonction du système de dosage de soude caustique est d'augmenter le pH de l'eau micro-filtrée. Il est composé d'un réservoir de 40 000 l.

### *7. Dosage de Meta bisulfite de sodium*

L'efficacité de ce procès est la réduction et l'élimination des résidus de chlore dans l'eau d'entrée aux membranes. Il est composé de deux réservoirs (2 500 l).

### *8. Dosage du dispersant*

Il s'agit d'un système de dosage pour inhiber le tartre dans le procès de l'osmose inverse qui s'applique à l'eau d'entrée aux membranes.

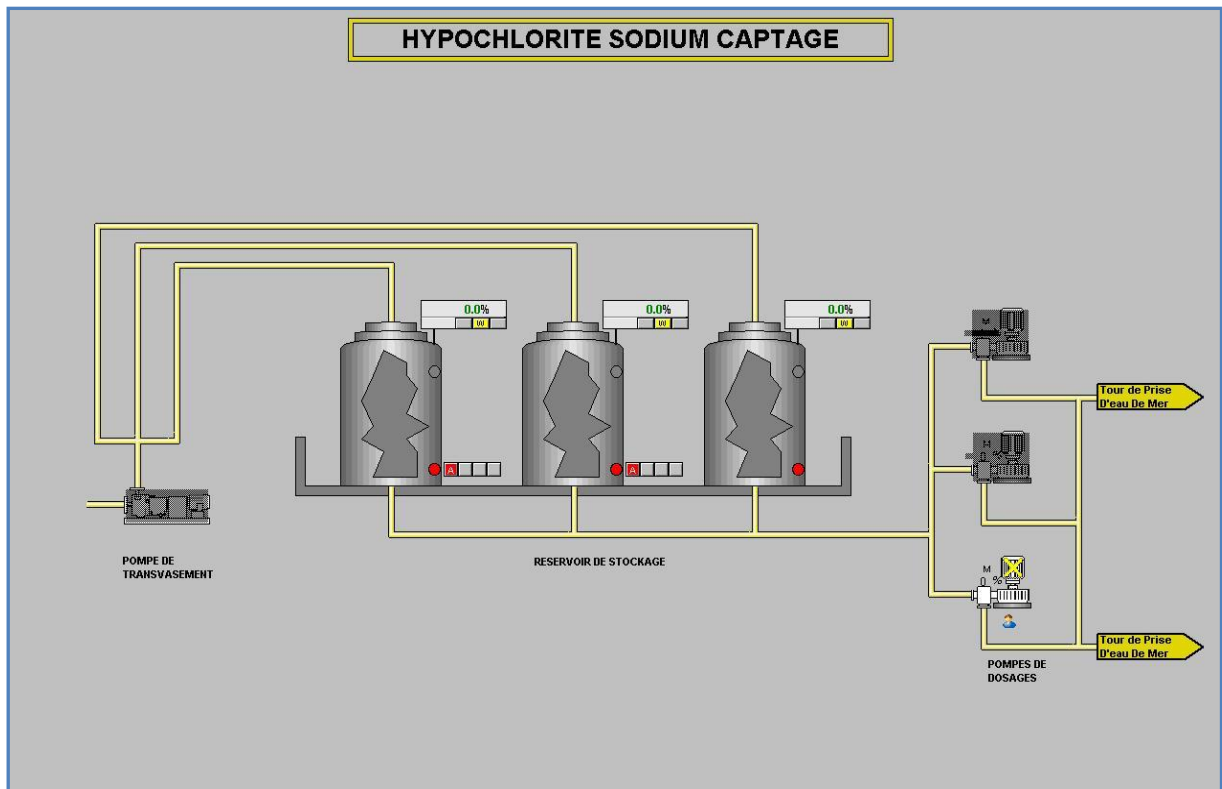


Figure I.3 : Système de dosage d'hypochlorite de sodium

#### I.4.2.5 Système de filtration

Ce système élimine les flocons formés par les systèmes de coagulation-floculation et les particules en suspension de l'eau de mer pour protéger et améliorer la performance du système de l'osmose inverse [11]. L'usine est équipée avec deux étapes de filtration, une première étape avec des filtres mixtes à sable-anthracite et une seconde étape avec des filtres à sable.

Pour optimiser la durabilité des membranes d'osmose et des cartouches des micro-filtres, il est recommandé de maintenir la SDI en aval du système de filtration et en amont du système de microfiltration au-dessous de 3. Si la valeur de SDI recommandée est atteinte à la sortie de la première étape de filtration, la deuxième pourra être bypassée.

##### *\*Filtration de première étape*

L'usine est équipée avec deux lignes de filtration de première étape avec douze (12) filtres horizontaux à pression (figure I.4), chacune, travaillant à une vitesse de  $8.45\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$  et chaque filtre est construit en acier au carbone recouvert à l'intérieur de caoutchouc naturel de

3mm d'épaisseur et il a une surface moyenne de filtration de 91.39 m<sup>2</sup> et un diamètre de 4.00 m d'une longueur totale de 24.04 m.

Le nettoyage des filtres se fasse avec de l'air et de la saumure provenant du procès d'osmose inverse. Afin d'améliorer une distribution homogène de l'eau et de l'air de nettoyage des crépines en polypropylène par 1m<sup>2</sup> s'installent sur les faux fonds des filtres.

**Tableau I.1** Caractéristiques de la couche de filtration de première étape

<b>Couche supérieure</b>	
Nature	Anthracite
Granulométrie	0,8-1,6 mm
Coefficient d'uniformité	<1,4
Densité apparente	0,71 t/m <sup>3</sup>
Densité réelle	1,4 t/m <sup>3</sup>
Haut de couche	0,8 m
Volume par filtre	73,7 m <sup>3</sup>
<b>Couche inférieure</b>	
Nature	Sable siliceux
Granulométrie	0,4-0,8 mm
Coefficient d'uniformité	<1,4
Densité apparente	1,5 t/m <sup>3</sup>
Densité réelle	2,6 t/m <sup>3</sup>
Haut de couche	0,4 m
Volume par filtre	36,67 m <sup>3</sup>

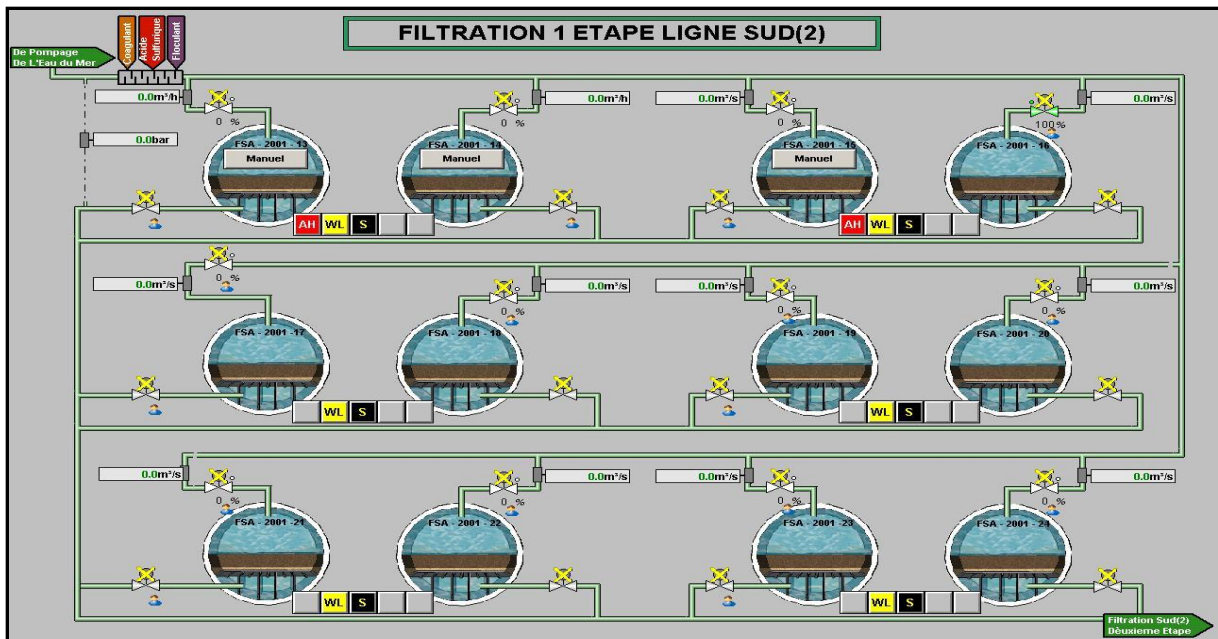


Figure I.4 : Filtration 1<sup>ère</sup> étape.

*\* Filtration de la deuxième étape*

Ils existent deux batteries munies de huit filtres de pression horizontale (figure I.5) chacun travaillant à une vitesse de  $12.87\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ , chaque filtre a une surface filtrante moyenne  $90.04\text{m}^2$  et leurs dimension sont les mêmes que celles des filtres à sable de la première étape. Le sable se compose par des grains propres et libres d'argile, de poussière et des matières organiques. Il est libre de fer et de manganèse dans des quantités ou des morphologies qui risqueraient de nuire la qualité de l'eau filtrée.

Tableau I.2 Caractéristiques de la couche de filtration de deuxième étape.

Nature	Sable siliceux
Granulométrie	1-2 $\mu\text{m}$
Coefficient d'uniformité	1,4
Contenu de $\text{SiO}_2$	96%
Densité apparente	1,5 $\text{t}/\text{m}^3$
Densité réelle	2,6 $\text{t}/\text{m}^3$
Haut de couches	0,45 m
Volume par filtre	94 $\text{m}^3$

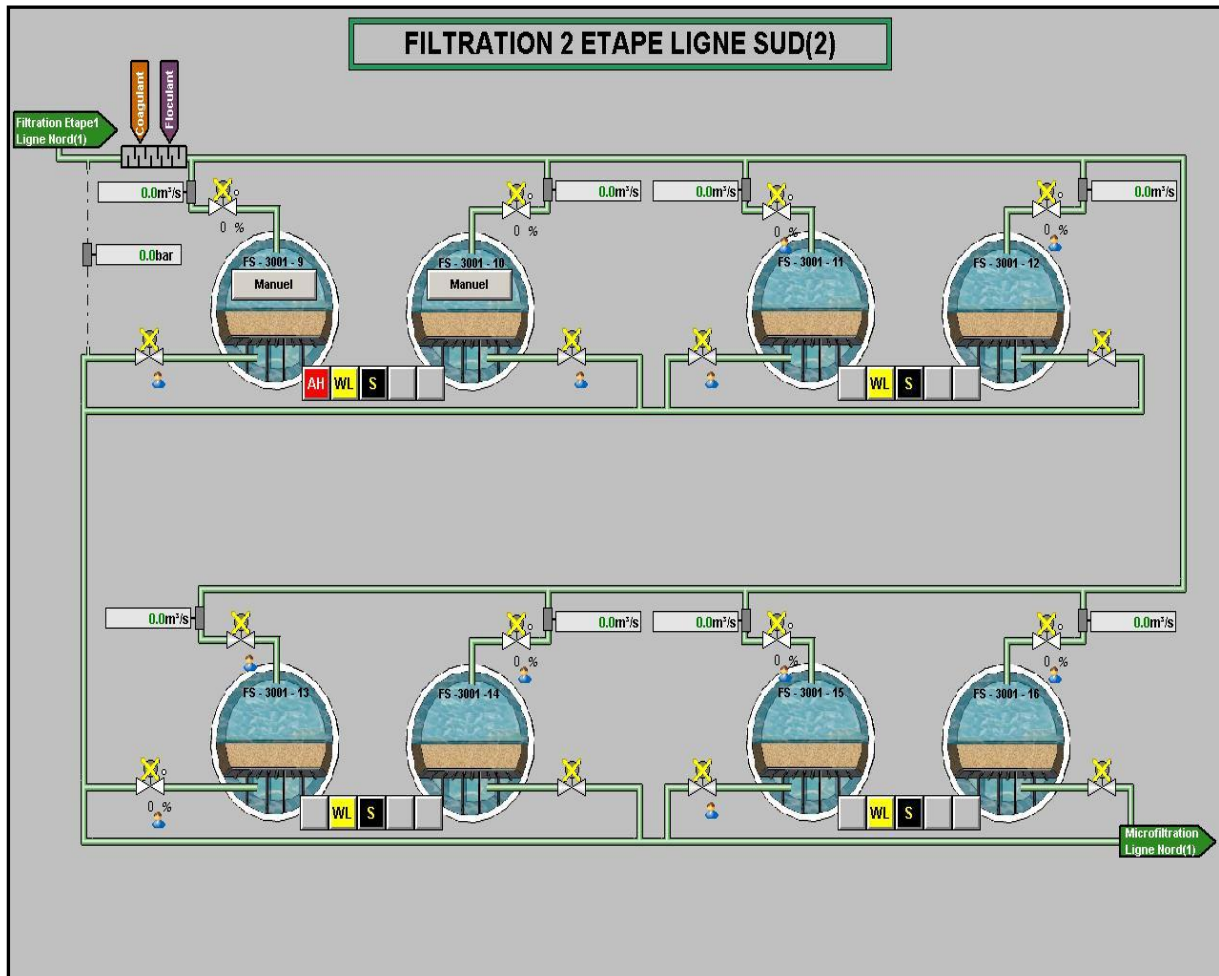


Figure I.5 : Filtration 2<sup>ème</sup> étape.

#### I.4.2.6 Système de nettoyage des filtres

Le procès de nettoyage est appliqué parce que la porosité de la masse filtrante des filtres sera réduite progressivement au fur et à mesure que les flocules et la matière suspendue soient déposées sur elle. Cette situation causera :

- ✓ Une augmentation des pertes de charge du système portant à une augmentation de la consommation électrique de l'usine.
- ✓ Une augmentation de la vitesse de l'eau de mer traversant le reste des filtres portant à une réduction d'efficacité du procès de filtration.

La vitesse maximale de nettoyage est 30 m/h.

### I.4.2.7 Système de microfiltration

La fonction du système de microfiltration est protéger le système d'osmose inverse empêchant le passage de particules suspendues dans l'eau filtrée non-retenues par les filtres au système de pompage d'haute pression. La microfiltration ne permet pas passer que des particules de tailles  $<5\mu\text{m}$ .

Chaque filtre est muni de 360 cartouches logées dans une carcasse en PRFV et sont fabriqués en polypropylène de 1250 mm de longueur (figure I.6), le débit unitaire par cartouche est de  $2.85\text{m}^3/\text{h}$  lorsque les 9 seront en activité. Il atteindra celui de  $3.20\text{m}^3/\text{h}$  lorsque l'un d'entre eux est isolé pour le changement de ses cartouches

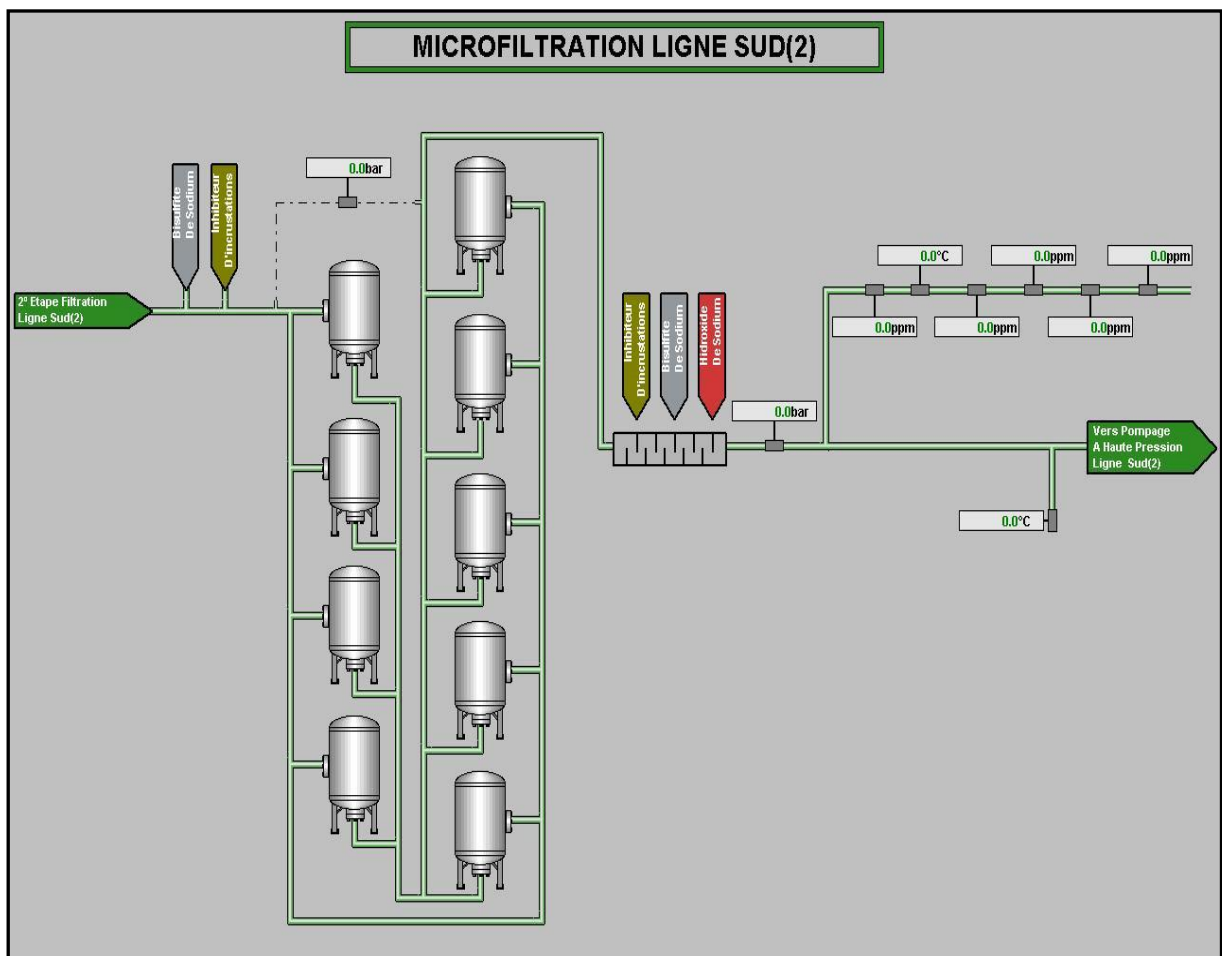


Figure I.6 : Microfiltration

### **I.4.3 Système d'osmose inverse**

Le système de l'osmose inverse est le cœur de l'usine et sa fonction est de réduire la teneur en sels de l'eau micro-filtrée (figure I.7). Il est composé des sous-systèmes suivants:

#### **I.4.3.1 Système de pompage haute pression, pompes boosters et récupérateurs d'énergie**

La fonction du système de pompage d'haute pression est d'impulser l'eau micro-filtrée vers les châssis d'osmose inverse avec la pression nécessaire pour vaincre la pression osmotique en assurant la production du débit d'eau déminéralisée désirée. Approximativement 65% du débit d'eau micro-filtrée requis sera impulsée vers les châssis et les pompes HP. Le reste du débit sera pressurisé jusqu'à atteindre la pression d'attaque aux membranes nécessaires avec les échangeurs de pression et de pompes booster.

Dans les chambres isobariques l'énergie hydraulique résiduelle de la saumure est transmise à l'eau micro-filtrée. Ensuite, les pompes boosters augmentent la pression d'alimentation aux châssis de membranes d'osmose inverse.

#### **I.4.3.2 Châssis d'osmose inverse**

Les membranes proposées sont de surface élevée de la marque FILMTEC. Elles sont fabriquées en polyamide aromatique et leurs configurations sont spirales.

#### **I.4.3.3 Le nettoyage chimique**

Par leurs usages les membranes d'osmose inverse sont obstruées lentement diminuant ainsi le débit produit par les mêmes. L'encrassement peut être dû aux matériaux colloïdes, aux petites précipitations...etc. Dans le but de maintenir sous contrôle ces encrassements et restituer aux membranes une partie des propriétés perdues, il est nécessaire de les laver périodiquement ; lorsque :

- ✓ La perte de pression des membranes accroît de plus de 20 % par rapport à la valeur initiale.
- ✓ Le passage des sels du module dépasse 30% des valeurs initiales.
- ✓ Le débit produit est inférieur à 15% du débit initial.

La fréquence des nettoyages dépend de la nature de l'eau, il est conseillé de laver les membranes une fois tous les 6 mois avec une solution pour le nettoyage qui traverse 2 filtres à cartouche jusqu'au différent châssis d'osmose inverse.

Le système de nettoyage se compose d'un réservoir de 80 m<sup>3</sup> de capacité où se prépare la solution pour le nettoyage, des résistances pour chauffer la solution si nécessaire, des interrupteurs de niveau, thermomètre et transmetteur de température. Il est équipé aussi d'un système d'agitation constitué à son tour par des éjecteurs et des pompes de refoulement avec un débit (flow) unitaire 31 m<sup>3</sup>/h.

Après la dilution des produit chimique dans l'eau osmotique à l'aide des pompes de refoulement, l'eau est pousser par les pompes centrifuge à débit unitaire 684 m<sup>3</sup>/h et le tube d'impulsion est équipé avec un débitmètre. Le circuit de nettoyage chimique travaille à basse pression et est isolé de tous les châssis par des robinets à boisseau à commande manuelle muni des fins de course.

En outre pendant les opérations de nettoyage chimique le contacte entre les échangeurs de pression et la solution chimique doit être évité. Pour y arriver, on installe dans le collecteur de rejet un robinet à boisseau à commande manuelle par châssis. La sortie de l'eau depuis les châssis d'osmose inverse en prévenance du rejet et du perméat est refoulée au réservoir de nettoyage chimique, donc il est conseillé de rejeter 10% du volume de la station refoulée car son taux d'encrassement peut avoir augmenté.

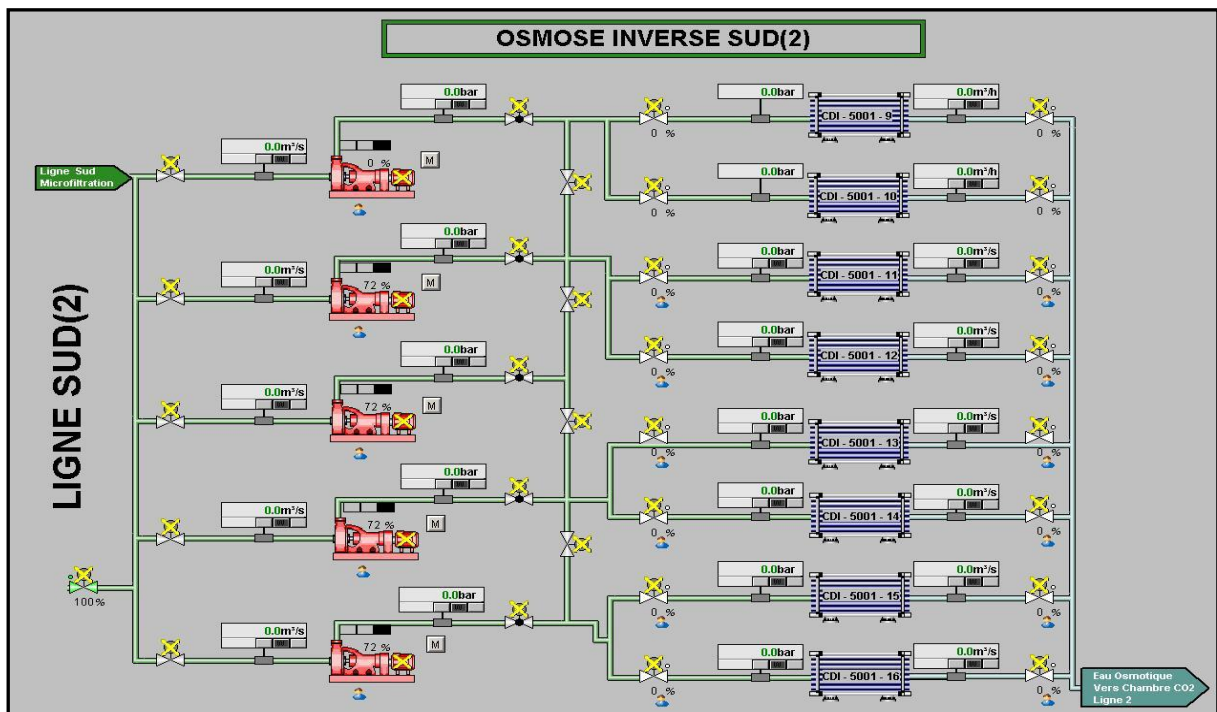


Figure I.7 : Procédé d'osmose inverse.

### **I.4.4 Système de reminéralisations**

A la fin du procès de l'osmose inverse, l'eau osmotique est reminéralisée pour diminuer l'agressivité de l'eau et atteindre les valeurs d'alcalinité, dureté, pH, Indice de Langelier et MTD garanties. L'eau est stockée dans un réservoir de 6m de hauteur, c.-à-d. à un quota suffisant pour permettre le passage de l'eau osmotique à travers les lits à calcite par l'effet de la gravite, et atteindre ainsi, le réservoir de stockage de l'eau produite. Ce réservoir est devisé en deux de telle sorte que les lignes de production restent indépendantes jusqu'à l'entrée du réservoir de l'eau potable (figure I.8).

Le système de reminéralisations est constitué de deux ensembles de lits de calcite (chacun est composé de 30 cellules de 14 m<sup>2</sup> de surface) et d'un procès de dosage de CO<sub>2</sub> fait dans la tuyauterie de raccordement du réservoir de l'eau osmotique avec les réservoirs des couches de calcite. L'eau rentre par le bas des cellules et est distribuée à travers des faux fonds des lits de calcite. L'anhydride carbonique dissous dans l'eau réagit avec le carbone calcique du lit formant le bicarbonate calcique soluble, avec lequel le pH augmente.

Une fois passée la réaction de reminéralisations, on aura amélioré la dureté et l'alcalinité de l'eau, et il existera un résiduel de CO<sub>2</sub> en équilibre avec le HCO<sub>3</sub> qui déterminera le pH de l'eau produite.

#### **I.4.4.1 Dosage de CO<sub>2</sub>**

Le CO<sub>2</sub> sera stockée sous forme liquide, à -20 °C et 20,5 Kg/cm<sup>2</sup>. Il sera ensuite évaporé jusqu'à sa forme gazeuse pour être enfin, introduit par des injecteurs dans la tuyauterie de sortie de la chambre d'eau osmotique. On dispose de deux réservoirs de stockage de 50 000 Kg chacun.

#### **I.4.4.2 Lits de calcite**

Le système de reminéralisations est équipé de deux lignes de lits de calcite, chacune d'elles comporte 30 cellules de 14 m<sup>2</sup> de surface unitaire. Ses caractéristiques sont regroupées dans le tableau I.3.

Tableau I.3 Caractéristiques de carbonates de chaux

Etat physique cristallin	>99%
Richesse	>99,2%
CaO	55,6
MgO	0,2
Résidus insolubles en HCl	<0,2%
Oxyde de fer	0,05 %
Norme applicable de qualité alimentaire	Calcite type 1 EN 1018
% en poids des particules de taille <1mm	<10
% en poids des particules de taille >4mm	<10
% en poids des particules de taille <0,5mm	<1

#### I.4.4.3 Dosage de chlore résiduel

Un système de chloration est prévu pour administrer une dose d'hypochlorite résiduel empêchant la décontamination de l'eau commercialisable dans le réseau de transport d'eau externe. La dose maximale prévue est 1,5 ppm. Ce réactif sera stocké dans un même réservoir cylindrique vertical fabriqué en polyester renforcé avec fibres de verre, avec une capacité de 20 000 l.

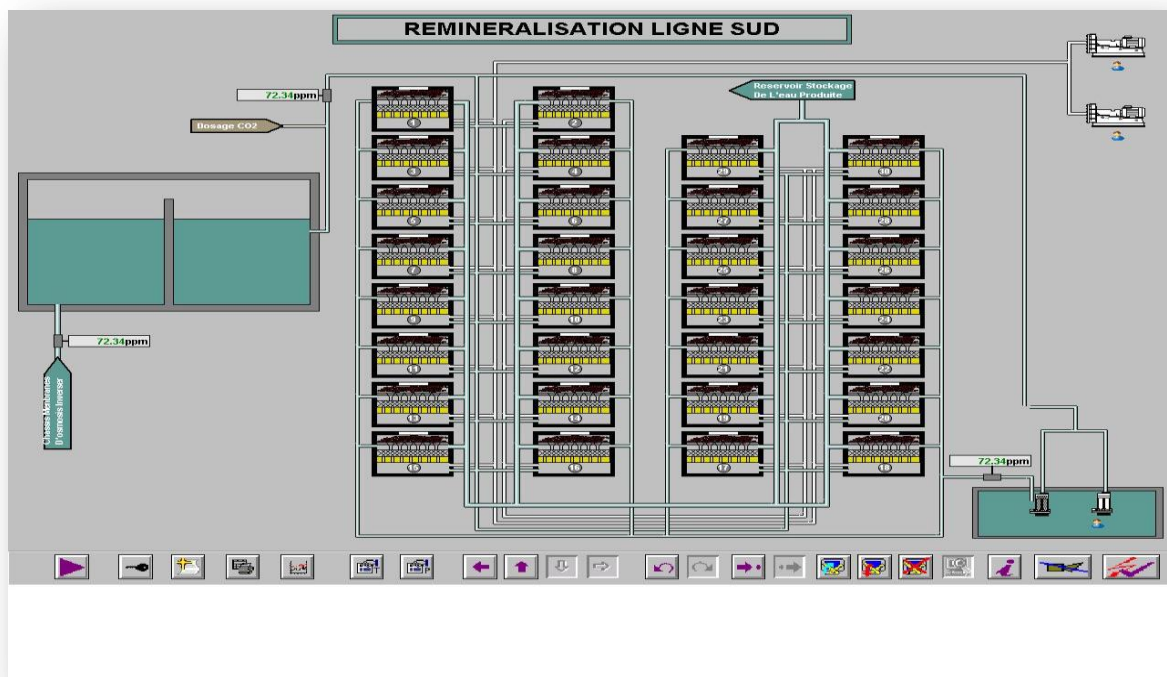


Figure I.8 : Système reminéralisations

### I.4.5 Stockage et impulsion de l'eau produite

Ce système (figure I.9) a pour objet de pomper l'eau produite vers le réseau de distribution à travers le réseau de transport d'eau externe géré par l'algérienne des eaux. Le système d'impulsion et de stockage d'eau produite est composé de :

- ✓ Réservoir d'eau reminéralisée.
- ✓ Système de pompage d'eau reminéralisée.
- ✓ Regard de livraison.

Le réservoir d'eau reminéralisée a une capacité de 4000 m<sup>3</sup> et il est fabriqué en béton armé [12].

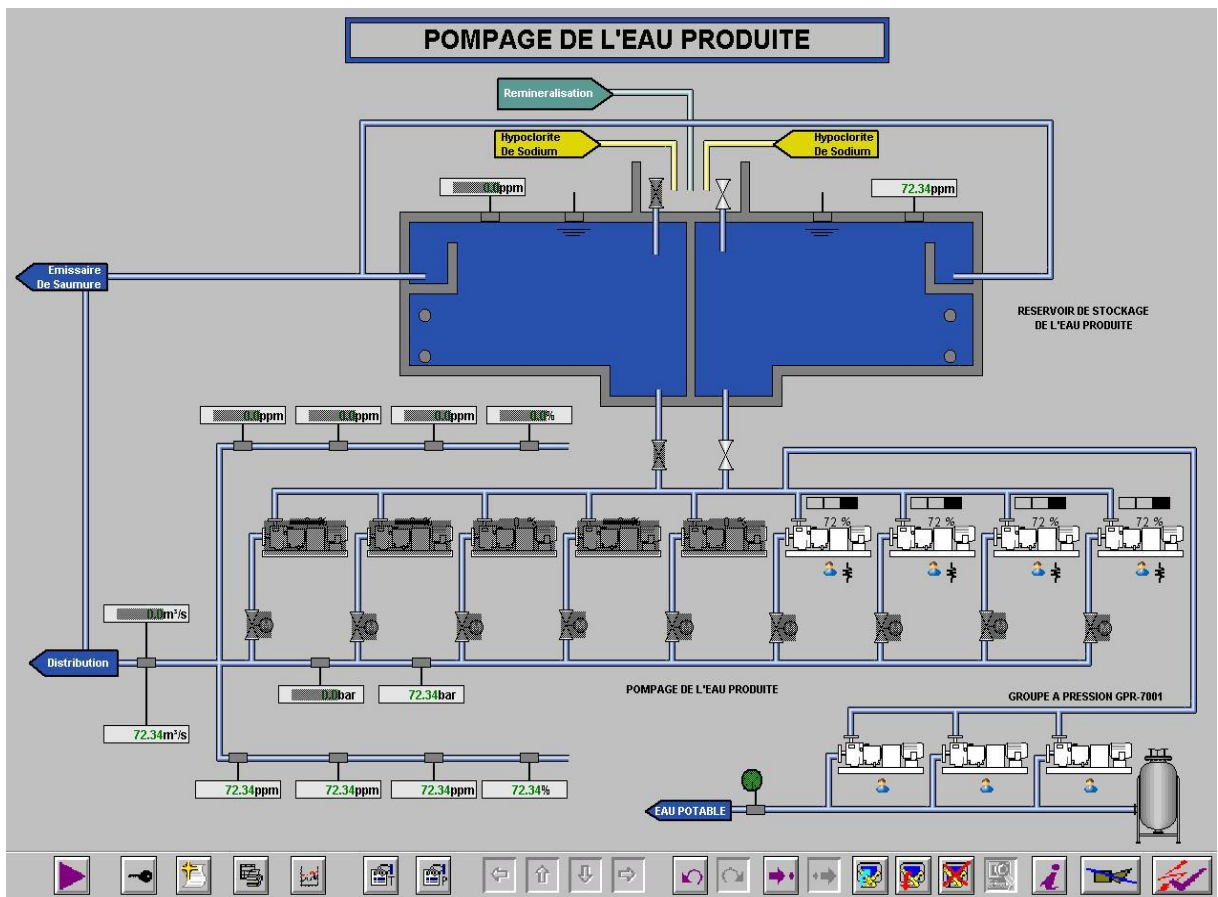


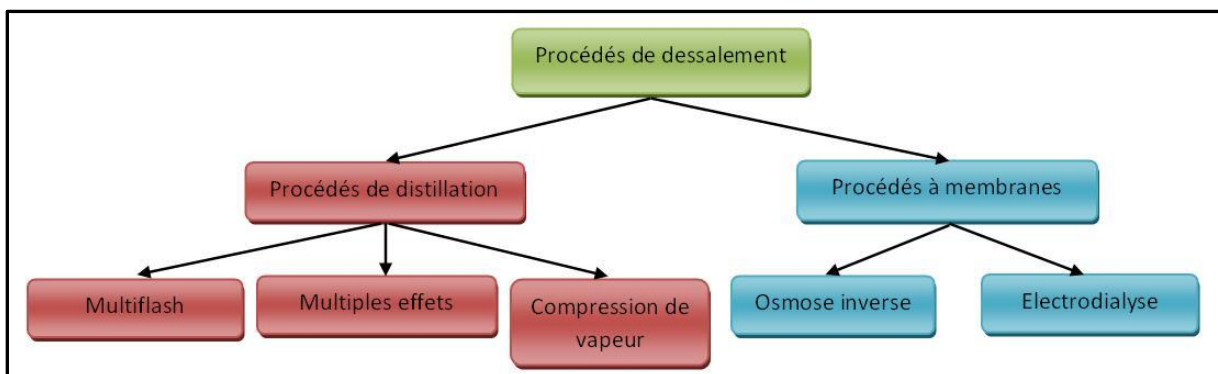
Figure I.9 : Système de pompage de l'eau produite

## II.1 Introduction

Le dessalement de l'eau est un processus qui permet de supprimer les sels de l'eau salée ou saumâtre. Cette technique n'est pas récente, depuis des temps très anciens, on avait pu constater que si l'on portait à ébullition de l'eau saline, on obtient de l'eau déminéralisée par condensation de la vapeur.

Plusieurs procédés de dessalement ont été mis au point sur le marché mondial ; le choix d'utilisation de chacun d'eux est relatif à la disponibilité de la source d'énergie qui fait fonctionner l'appareillage de dessalement, les principales techniques de dessalement mondialement connues sont le dessalement thermique et le dessalement par procédé membranaire : (figure I.1)

- **Les procédés thermiques** ou procédés de distillation sont basés sur le principe de distillation : l'eau de mer est chauffée et évaporée. Seules les molécules d'eau s'évaporent, laissant en solution les sels et les autres substances contenus dans l'eau de mer. Il suffit alors de condenser la vapeur d'eau pour obtenir une eau douce consommable.
- **Les procédés membranaires** qui utilisent les capacités de certaines membranes à retenir les particules dissoutes dans l'eau. à titre d'exemple l'osmose inverse se base sur le principe suivant : l'eau de mer est filtrée sous une pression élevée à travers une membrane dense. Seules les molécules d'eau traversent la membrane, les sels et les microorganismes sont retenus par cette membrane. Ce procédé nécessite cependant un prétraitement préliminaire [13].



**Figure II.1** Les divers procédés de dessalement

## II.2 Historique de dessalement :

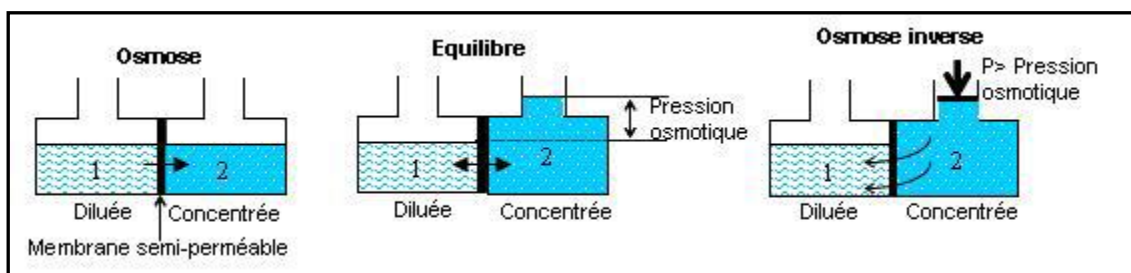
L'idée de fabriquer de l'eau pure à partir de l'eau de mer tourmente les populations assoiffées depuis des centaines, pour ne pas dire des milliers d'années. La prémisse originale reposait sur l'idée que, par ébullition ou évaporation, l'eau pouvait être séparée du sel. Cette théorie – évaporation ou distillation-constituait le fondement de la technologie des premières installations de dessalement à grande échelle qui apparurent dans les années 50 et 60 principalement au Moyen- Orient. Ces régions, pauvres en eau mais riches en combustible, convertissaient leurs ressources énergétiques en ce qui leur manquait le plus de l'eau. Cependant, les technologies qui emploient la chaleur requièrent de grandes quantités d'énergie.

## II.3 Dessalement de l'eau de mer par osmose inverse

L'osmose inverse est un procédé de séparation de l'eau et des sels dissous au moyen des membranes semi-perméables sous l'action de la pression. Ce procédé fonctionne à température ambiante et n'implique pas de changement de phase.

### II.3.1 Principe

L'osmose inverse consiste à séparer les substances dissoutes d'une solution salée pressurisée en la faisant diffuser à travers une membrane (figure II.2). A mesure qu'une quantité de l'eau diffuse à travers la membrane, la concentration en sels de la fraction restante augmente. Dans le même temps, une partie de l'eau d'alimentation est rejetée sans être diffusée à travers la membrane d'OI.



**Figure II.2** Principe de l'osmose et de l'osmose inverse

Lorsque l'eau pure et l'eau salée sont séparées par une membrane semi-perméable, une partie de l'eau pure pénètre dans l'eau salée à travers les membranes. Ce passage à travers la membrane se poursuit tant qu'existe une différence de concentration. Ce phénomène est appelé « **osmose** » et la force motrice est dite « pression osmotique ». Si l'on exerce une

pression suffisante pour surmonter la pression osmotique, le passage à travers la membrane s'effectue en sens inverse. Ce phénomène est appelé « **osmose inverse** ».

### II.3.2. Mécanisme de transfert

Dans le cas de l'osmose inverse, les transferts de solvant et de soluté à travers une membrane semi-perméable se font par solubilisation-diffusion : toutes les espèces moléculaires (soluté et solvant) se dissolvent dans la membrane et diffusent à l'intérieur de celle-ci comme à travers un solide ou un liquide sous l'action d'un gradient de concentration et de pression [14].

### II.3.3. Pression osmotique

La pression osmotique peut être calculée par la loi de Van't Hoff, équation thermodynamique qui exprime que la pression osmotique exercée par un soluté est égale à la pression que ce corps aurait exercé dans l'état gazeux parfait dans le même volume (V) et à la même température (T). Si le soluté est dissocié en  $i$  ions, la pression osmotique sera  $i$  fois supérieure. La pression osmotique d'une solution est proportionnelle à la concentration en soluté :

$$\pi = i \times C \times R \times T$$

Avec :

$\Pi$  : Pression osmotique (bar).

$i$  : Nombre d'ions dissociés dans le cas d'un électrolyte.

$C$  : Concentration molaire ( $\text{mol.L}^{-1}$ ).

$R$  : Constante des gaz parfaits ( $0,082 \text{ L.bar.mol}^{-1}\text{K}^{-1}$ ).

$T$  : Température absolue (K).

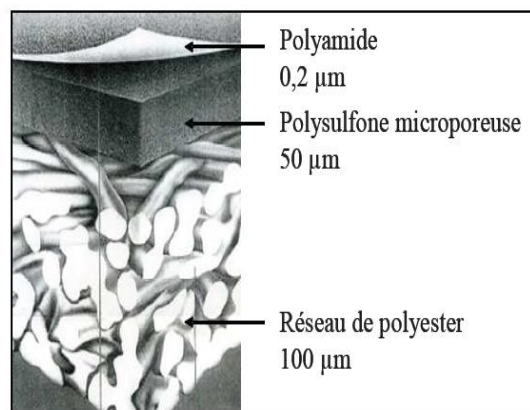
## II.4. Les membranes et modules

### II.4.1 Les membranes

L'osmose inverse n'a pu se développer que grâce à la mise au point de techniques permettant de préparer des films polymères d'épaisseur très faible, sans quoi les surfaces membranaires à mettre en œuvre pour avoir un rendement suffisant auraient été gigantesques. Les membranes utilisées sont donc asymétriques (plusieurs couches d'épaisseur différente) et composites (plusieurs matériaux différents). Les premières membranes d'osmose inverse étaient constituées d'acétate de cellulose asymétrique. Aujourd'hui, la majorité des membranes

d'osmose inverse ont une couche active constituée de polyamide aromatique déposé sur un support polysulfone sur polyester, présentant une meilleure tenue mécanique, chimique et thermique et générant des densités de flux plus élevées. Elles sont donc en général composées de 3 couches (Figure II.3) :

- ✓ La base ( $\sim 100 \mu\text{m}$ ), formée d'un matériau inerte type textile tissé ou non (ex : polyester téréphtalique), assure la résistance physique du film. Elle est trop grossière pour permettre le dépôt en couche mince de la partie active.
- ✓ Le support ( $\sim 50 \mu\text{m}$ ) est une membrane d'ultrafiltration aux pores plus fins, calibrés (ex : polysulfone). Il assure la résistance mécanique de l'ensemble.
- ✓ La couche active superficielle ( $\sim 0,1$  à  $0,2 \mu\text{m}$ ) permet la séparation des espèces. Elle est déposée sur le support. Le polymère le plus employé est le polyamide aromatique. Il est traité différemment selon les fabricants et les modèles employés [1].



**Figure II.3** Structure des membranes d'osmose inverse en polyamide.

Du fait de leurs natures organiques, les membranes doivent être utilisées dans des conditions assez restreintes. Leur résistance chimique est limitée en fonctionnement à une gamme de pH généralement comprise entre 2 et 11 sous peine d'hydrolyser les liaisons amides. De plus, les températures maximales de fonctionnement sont de l'ordre de  $50^{\circ}\text{C}$  [15]. Le chlore utilisé comme agent de désinfection doit être limité car il conduit à une halogénéation des noyaux aromatiques porteurs de fonctions amines. Cette réaction provoque une augmentation du flux et une diminution de la rétention en sels [15]. En revanche, le polyamide présente une bonne tenue bactérienne [16].

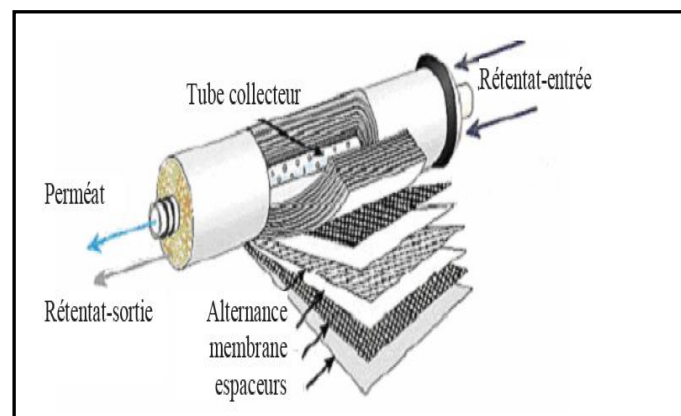
L'ajout dans la phase aqueuse d'un agent de polarité intermédiaire entre l'eau et le solvant permet d'obtenir des membranes dont la rugosité est plus importante. Ainsi, la densité de flux est plus élevée, tout en maintenant un bon taux de rétention [17,18].

### II.4.2 Les modules

Les membranes sont intégrées dans des modules qui leur tiennent lieu de support mécanique. Ils doivent tenir aux fortes pressions mises en jeu dans le procédé et être conçus de manière à minimiser la perte de charge, la polarisation de concentration et l'encrassement. Ils doivent de plus être compacts, faciles à installer et avoir un coût le moins élevé possible.

Les modules utilisés dans les procédés membranaires sont de type plans, tubulaires, spiralés ou à fibres creuses. Cependant en Osmose inverse ces deux derniers modules sont majoritairement employés. Ces deux types de modules ont l'avantage d'être compacts et peu chers, ils présentent de faibles volumes morts et nécessitent une faible consommation énergétique [19].

- ✓ *Les fibres creuses* sont rassemblées dans des carters de pression dans lesquels circule le liquide à traiter. La couche active est déposée à l'extérieur des fibres. En osmose inverse, le perméat circule à l'intérieur des fibres et est collecté aux extrémités, rassemblé d'un même côté et fixé sur un support époxy [20].
- ✓ *Les modules spiralés* sont des cylindres multicouches constitués d'une superposition de feuillets de membranes enroulés autour d'un tube percé qui collecte le perméat (Figure II.4). Ce dernier s'écoule selon un chemin spiralé vers le tube central tandis que le rétentat circule le long de l'axe dans les canaux formés par les feuillets de membranes [21].



**Figure II.4** Module spiralé

Ces modules sont de différents diamètres et longueurs, valeurs exprimées en pouces. Le diamètre est de 2,5, 4 ou 8 pouces et la longueur de 14 ou 40 pouces en général. La taille du module est alors exprimée de la manière suivante : le diamètre est multiplié par 10 et les 4

chiffres obtenus sont mis côte à côte en commençant par le diamètre. Par exemple, un module de diamètre 8 et de longueur 40 s'écrira 8040.

### II.5. Limitation de l'osmose inverse

Souvent, les procédés membranaires notamment l'osmose inverse rencontre des problèmes de fonctionnement parfois sévères. Les principaux problèmes sont le colmatage, l'entartrage, le compactage, la dégradation des membranes ou la corrosion.

Les symptômes de ces problèmes sont :

- Réduction du flux eau de perméat.
- Augmentation de la perte de pression.

#### II. 5.1 Colmatage

Le colmatage est défini comme l'accumulation de matière à la surface de la membrane, les eaux naturelles contiennent la plupart du temps des matières organiques en suspension qui vont avoir tendance à se déposer sur les surfaces d'échanges et à les colmater (Figure II.5). Cela provoque une augmentation de la résistance de transfert et une diminution de la capacité de production de l'installation.

Du fait de leur très faible seuil de rétention et de leur charge de surface, les membranes d'osmose inverse sont très sensibles au colmatage par une combinaison de matières colloïdales, organiques et biologiques.

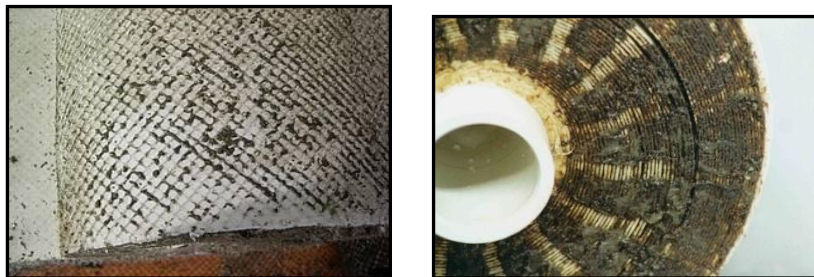


Figure II.5 Colmatage des membranes

#### II.5.2 Entartrage

L'entartrage des membranes est un dépôt de sels minéraux qui a tendance à se former sur les surfaces d'échange et il est causé par:

- ✓ Le dépassement de la limite de solubilité des composants inorganiques, c'est-à-dire qu'il y a une sursaturation.

- ✓ L'augmentation rapide de la vitesse de déposition ; les sels sursaturés vont précipiter sur la surface de la membrane et construire une couche fine qui bloque le transfert de matière à travers la membrane.
- ✓ La concentration élevée des sels à la surface de la membrane sous l'effet de la polarisation de concentration.

### **II.5.3 Compactage**

Même en l'absence de dépôt, le débit d'une unité d'osmose diminue progressivement au cours du temps. Cette diminution de la perméabilité des membranes est due à l'action de la pression sur le polymère membranaire comme le polysulfone et l'acétate de cellulose. Ce phénomène est appelé compactage.

### **II.5.4 Dégradation**

La dégradation de la structure membranaire peut être provoquée par la présence de résiduels d'oxydants ayant servis au prétraitement de l'eau d'alimentation. De ce qui précède, on peut déduire l'importance des prétraitements qui doivent être effectués avant tout bien conçus et bien dimensionnés, sans parler également d'un bon dimensionnement de l'osmose (surface membranaire-vitesse tangentielle).

### **II.5.5 Corrosion**

C'est la conséquence de l'agressivité marquée de l'eau de mer aux températures élevée, elle s'explique par la teneur élevée en ions de chlorures qui facilitent le développement d'effet galvaniques favorisé par la présence d'oxygène dissous, des bactéries, d'organismes marins divers et de sulfure d'hydrogène [22].

### III.1 Introduction

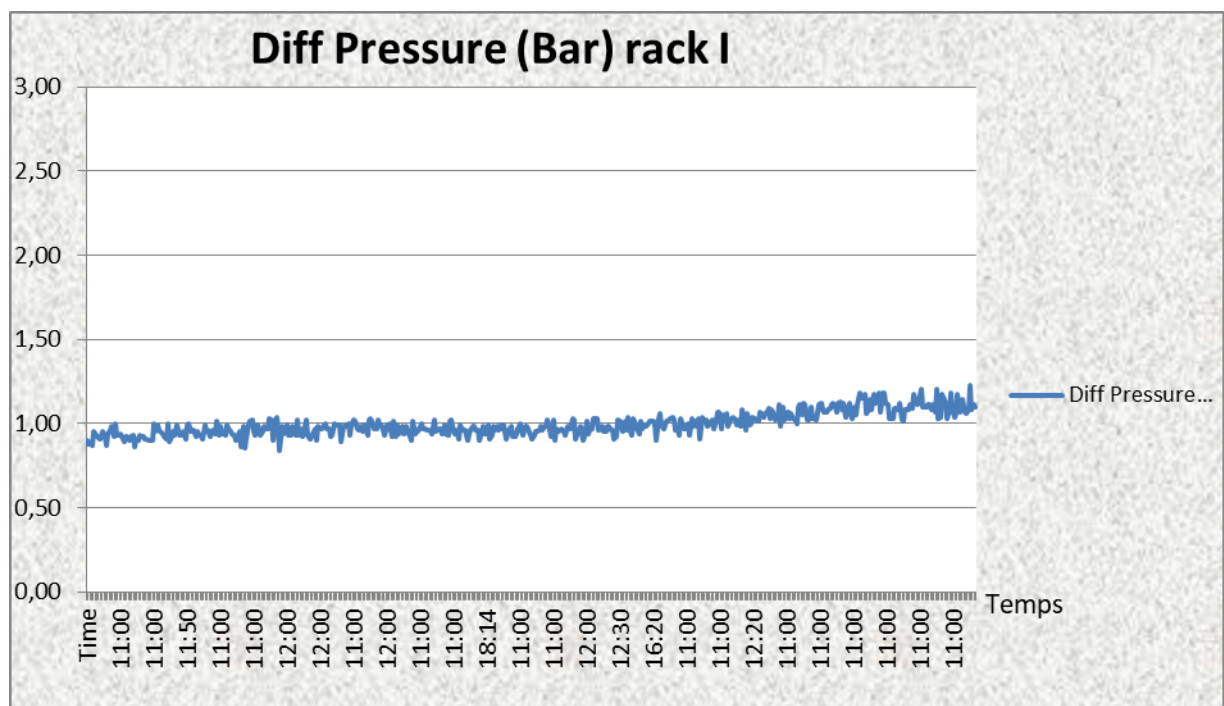
Durant notre stage nous avons remarqué qu'il y a un changement sur les paramètres de fonctionnement au niveau de l'unité de dessalement, on a fait un essai avec une autopsie donc on a su après qu'il y a un colmatage de membrane. Afin de trouver une solution à ce problème, on a remarqué qu'un lavage chimique avec le gensol 704 était nécessaire et essayer de suivre les paramètres physico chimiques pendant cette opération.

### III.2 Paramètres de fonctionnement

#### III.2.1 Les pertes de charge

Le dépôt de matière entraine la formation d'une couche à la surface de la membrane ce qui conduit par conséquent, l'augmentation de la différence de pression entre la pression d'alimentation et la pression du concentrât. Donc notre objectif consiste l'évolution de la différence de pression en fonction du temps.

Les résultats de la variation de différence de pression obtenus pendant la durée d'expérimentation sont mentionnés dans **la figure III.1**



**Figure III.1.** Variation des pertes de charge au cours du temps.

#### Interprétation des résultats :

Les pertes de charge sont un facteur qui permet de prédire le phénomène de colmatage [23]. Les travaux d'Elaguera *et al*[24]. On montré que le colmatage des membranes par formation

d'un biofilm et d'un précipité sur la surface membranaire conduit à l'augmentation de la différence de pression dans le système d'osmose inverse.

De ce fait, ils ont conclu que la différence de pression à travers la membrane doit être constante pour maintenir les performances du système. En ce qui concerne notre étude, nous avons remarqué que la variation de la différence de pression est variable, allant de 1 bar à 1.5 bar (**figure III.1**) alors que dans la station ou nous avons effectué notre stage, la station sera mise à l'arrêt une fois la valeur de  $\Delta p$  atteint 2 bar.

De ce fait, les variations des pertes de charge en fonction du temps enregistrées au niveau de la station permettent de prédire l'existence du phénomène de colmatage des membranes.

### III.2.2 flux du perméat

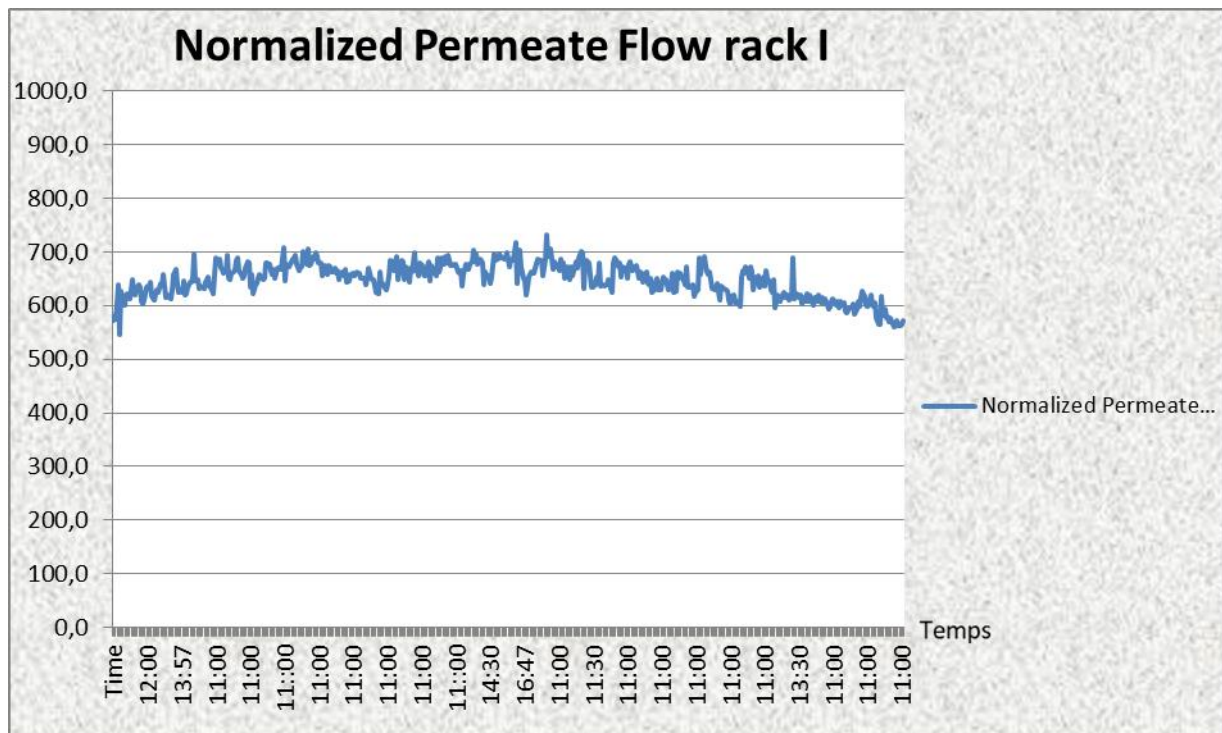
Le flux du perméat est le rapport de son débit sur la surface de la membrane d'osmose inverse.

$$J = Q_p / S$$

$Q_p$  : Débit du perméat ( $\text{m}^3/\text{h}$ ).

$S$  : Surface de la membrane d'osmose inverse ( $\text{m}^2$ ).

L'évolution du flux du perméat en fonction du temps est représentée dans le graphe suivant.



**Figure III.2.** Evolution du flux du perméat en fonction du temps.

### Interprétation des résultats

Les variations du flux du perméat en fonction du temps sont représentées sur **la figure III.2** pour une période de 12 mois de fonctionnement. En effet, la courbe de cette figure illustre une décroissance du flux du perméat, ce qui s'explique par le colmatage des membranes. De ce fait on peut conclure que les membranes d'osmose inverse de la station sont colmatées. Le colmatage des membranes est attribué aux substances colmatâtes non retenues par les filières de prétraitement utilisé et cela suite aux défaillances détectées à ce niveau.

### III.3 Autopsie sur les membranes position 1-7 :

Teste au bleu de méthylène détecté si la membrane est endommagée. Le test sera positif si la présence de colorant (couleur bleue) est détectée du coté perméat.

Le teste Fujiwara détecte des niveaux importants de composés poly halogènes. Il s'agit d'un test colorimétrique dans lequel une couleur rose dans la solution analytique indique la présence d'halogènes liés de manière organique.

Le test est toujours effectué sur des échantillons de membrane rincée à l'eau osmotique et sans dépôt (physiquement éliminés).

### Caractérisation de la membrane (test sur feuille plate. appareil)

Différents coupons membranaires ont été prélevés sur la membrane autopsiée et les paramètres de performances de flux de perméat et du rejet du sel ont été caractérisés sur un bac d'essai plat conformément aux conditions standard établies par le fabricant de la membrane.

<i>Flux de perméat</i>	<b>31,53 (L/m<sup>2</sup>h)</b>
<i>Rejet de sels</i>	<b>99,1 % ~ 99,65%</b>

Les résultats obtenus lors de ce test sont :

<i>Position</i>	<i>Position 1</i>	<i>Position 7</i>
<i>Flux de perméat</i>	<b>20,77 (L/m<sup>2</sup>h)</b>	<b>17,37 (L/m<sup>2</sup>h)</b>
<i>Rejet de sels</i>	<b>99%</b>	<b>98,9%</b>

### Interprétation des résultats

D'après les résultats obtenus et représentés ci-dessus, les caractéristiques montrent que la membrane est colmatée.

### III.4 Les analyses physico-chimiques

#### Déroulement de lavage

Le travail que nous avons effectué durant la période du mois Mars 2019, pour le suivi du fonctionnement de la station de dessalement de Mostaganem, nous a permis de découvrir leur système CIP (nettoyage sur site), qui contient un réservoir de 80 m<sup>3</sup> et 04 thermoplongeurs pour chauffage du système, 02 filtres à cartouches.

La valeur de conductivité de la solution de lavage doit être inférieure à 1000 µS/cm au moment de l'ajout du Genesol 704.

A ce titre nous avons effectué des analyses physico-chimiques d'eau prélevée au niveau de châssis1.

- **Au niveau de châssis 1**

#### **Le 10/03 à 13h00**

Mise en chauffe du bac CIP + recirculation à travers le châssis 1 avec une température de l'eau au démarrage de 16,5°C. Un nettoyage du bac de préparation avec la solution de lavage

concentrée suivi du remplissage avec du perméat à ~20 cm au-dessus du niveau des palettes de l'agitateur.

### Le 11/03 14h15

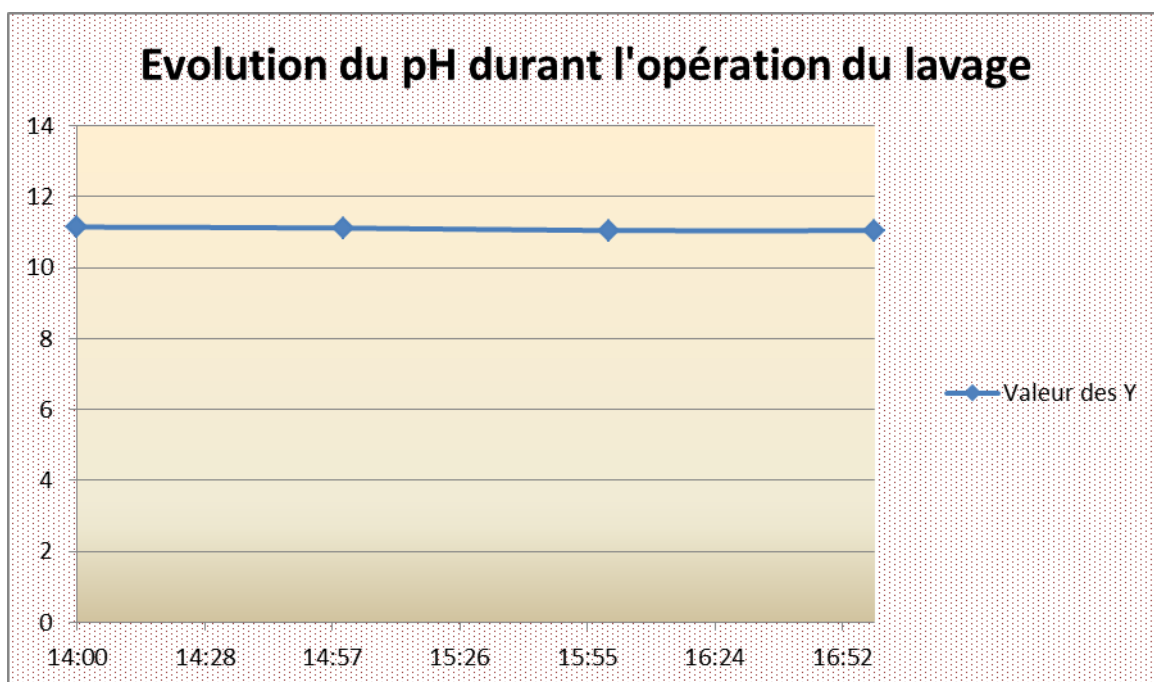
Eau CIP à 38,5°C. Ouverture de l'arrivée de perméat sur le bac de préparation, démarrage de l'agitateur puis de la pompe de transfert (équilibre entre débits entrant & sortant) Préparation / transfert de la solution concentrée avec 800 kg de Genesol 704 Chute de la température de la solution CIP à 36,5 - 37,0°C.

Le Démarrage du lavage [recirculation 15 mn / trempage 45 mn pendant 4h.

#### III.4.1 pH (potentiel chimique d'hydrogène)

Le pH donne une indication sur l'acidité d'une substance, il est déterminé à partir de la quantité d'ions dihydrogène libre  $H^+$  contenus dans la substance. Quand les quantités des ions  $H^+$  et  $OH^-$  sont égales, l'eau est considérée comme neutre et son pH avoisine la valeur de 7.

La mesure sur l'échantillon se réalise de façon classique avec un pH mètre permettant la lecture au 1 /100 d'unité et l'étalonnage au tampon 6,87[12].



La figure III.3 Variation de potentiel chimique d'hydrogène au cours du temps

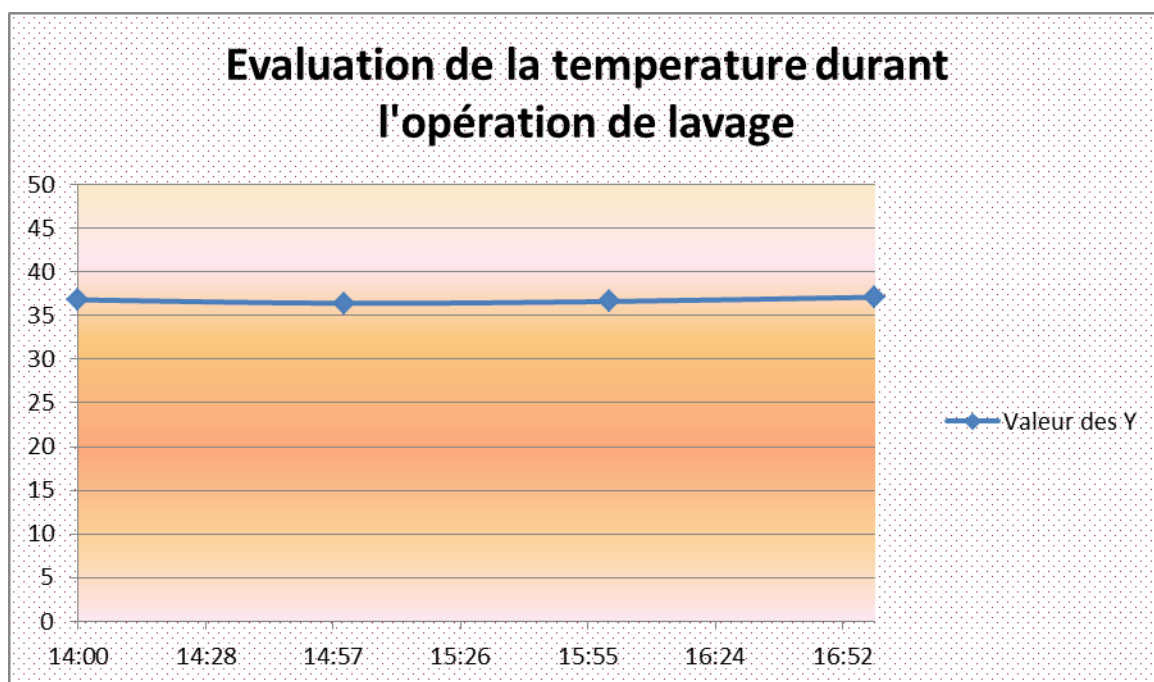
**Interprétation des résultats :**

La variation du pH en fonction du temps est représentée sur **la figure III.3**. La courbe de cette dernière illustre la variation du pH et entre 11,15 à 11,05. De ce fait on peut conclure qu'il n'y avait pas une consommation de produit actif d'EDTA contenu sur la formule qui compose le G704.

**III.4.2 Température**

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision, vu son importance et son influence sur les autres paramètres.

La température doit être mesurée à l'aide des appareils de mesure de la conductivité ou du pH possédant généralement un thermomètre intégré.



**La figure III.4** Variation de température au cours du temps

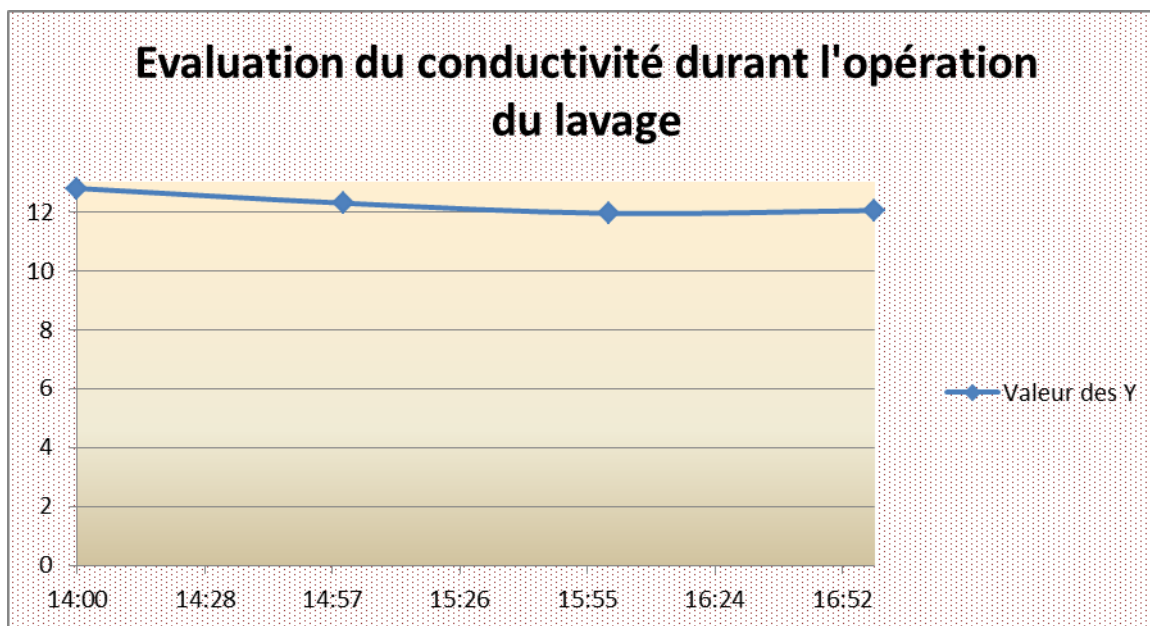
**Interprétation des résultats :**

**La figure III.4** représente la variation de la température au cours du temps. La courbe de cette figure illustre la valeur de la température et qui varie entre 36 °C à 38 °C. Cela s'explique généralement si la valeur au-dessous de 35°C alors nous devons arrêter l'opération et faire augmenter la température par chauffage de l'eau.

### III.4.3 Conductivité

La conductivité d'une dissolution est la mesure de sa capacité à conduire le courant électrique et elle s'exprime en mS/cm ou  $\mu\text{S/cm}$ .

L'eau pure ne conduit pratiquement pas le courant, mais l'eau contenant des sels dissous conduit le courant électrique. Les ions chargés positivement et négativement conduisent le courant et la quantité conduite dépendra du nombre d'ions présents et la mobilité des ions chargés positivement et négativement.



La figure III.5 Variation de conductivité en fonction du temps.

#### Interprétation des résultats :

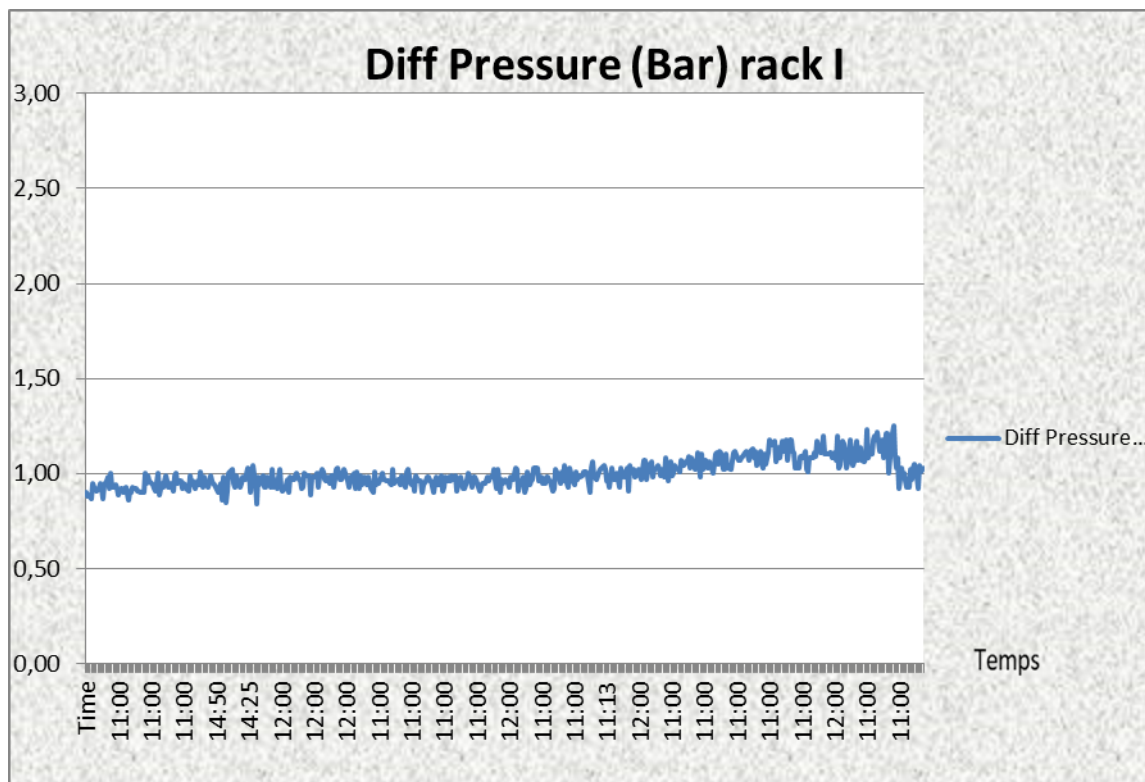
Le graphe de la figure III.5 montre la variation de la conductivité au cours du temps. La courbe de cette figure montre la valeur de la conductivité qui varie entre 12,8 à 12,05 mS/cm. Ceci est dû à une concentration suffisante de genesol 704 dont la valeur varie entre 1 à 2%.

### III.4.4 Efficacité du nettoyage

Après un (01) jour de fonctionnement, les paramètres et les figures de production de châssis 1 sont stables et satisfaisants.

**Tableau III.1** Les paramètres de fonctionnement avant et après le lavage chimique

<b>Châssis 1</b>			
<i>Paramètres</i>	<i>Avant lavage</i>	<i>Après lavage</i>	<i>GainPerte</i>
Q (m <sup>3</sup> /h)	~480 m <sup>3</sup> /h	~530 m <sup>3</sup> /h	50 m <sup>3</sup> /h (+10%)
Δp (bar)	~1,95 bar	~1,45 bar	-0, 50 bar (-25%)
Φ (μS/cm)	~435 μS/cm	~ 535 μS/cm	+ 100 μS

**Figure III.6.** Evolution de la perte de charge en fonction du temps après le lavage chimique.

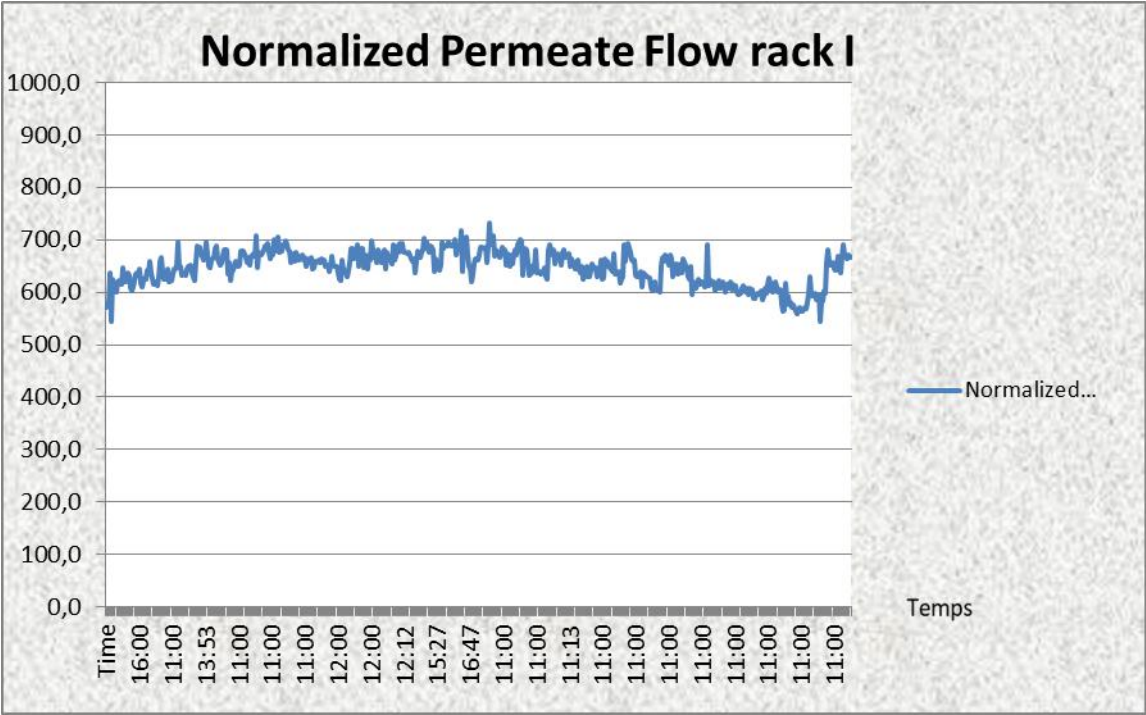


Figure III.7. Evolution du flux du perméat en fonction du temps après le lavage chimique

## Conclusion générale

---

Le dessalement va ainsi s'imposer comme une ressource alternative essentielle à la pérennité de grandes zones urbaines du littoral où le besoin se fait sentir. Pour illustrer son importance désormais stratégique, le dessalement est devenu une nécessité vitale pour les grands centres urbains algériens du littoral méditerranéen tels que Oran, Mostaganem, Alger et Arzew.

Durant notre étude pratique effectuée au niveau de la station de dessalement de Mostaganem nous avons constaté que l'osmose inverse est le moyen le plus efficace et le plus performant d'éliminer les résidus indésirables de l'eau, ainsi le prétraitement de l'eau de mer avant l'osmose inverse est absolument nécessaire, et indispensable à pour objectif d'augmenter la durée de vie des membranes, d'améliorer la qualité de l'eau produite, le maintien des performances de l'osmose inverse et la réduction du colmatage des membranes.

Néanmoins il reste un problème de colmatage (notamment détecté par le test au bleu méthylène) qui se traduit par la variation du flux de perméat et les pertes de charge résultant des bactéries ou des aluminaux silicates.

Le genesol 704 c'est un produit efficace pour le lavage chimique des membranes.

## Références bibliographiques

---

- [1] A. Maurel, Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce, 2<sup>e</sup> édition TEC&DOC ,286p, 2006.
- [2] A.Brahimi et H.Hamdi, Contrôle de qualité et évaluation du processus de dessalement de l'eau de mer par la technique d'osmose inverse (station de dessalement de Bou Ismail W. Tipaza). Mémoire d'ingénieur, Université de SAAD DAHLEB DE BLIDA. Algérie, 2009/2010.
- [3] M.Marchand et R.Kantin, Contaminants chimiques en milieux aquatique. 2<sup>ème</sup> partie oceanis 23(4), p 694, 1997.
- [4] S.Kehal, Rétrospective et perspective du dessalement en Algérie, Desalination (136),35-42,2001
- [5] I. Ahmouda et H.Biaa, Traitement des rejets de dessalement de l'eau de mer cas de « les dunes » Oran , mémoire de master, Université Larbi Tebssi, 2015-2016
- [6] F.Valiron, Mémento du gestionnaire de l'alimentation en eau et de l'assainissement (Tome 1) Edition : Tec et Doc. Paris. 435p, 1994
- [7] C.Cardot, Génie de l'environnement, Les traitements de l'eau. Edition : Ellipses. 247p, 1999
- [8] C.Bliefert et al, Chimie de l'environnement (air, eau, sols et déchets). Edition: Boeck & larciel, 2001
- [9] L .Sigg et al, Chimie des milieux aquatique, chimie des eaux naturelles et des interfaces dans l'environnement. Edition : Dunod. 567p, 2000
- [10] Bonnin.J, Hydraulique urbaine. Edition: Eyrolles. 228p, 1986
- [11] Berroudja.K, Contribution à l'étude de l'évolution des qualités physico-chimiques et microbiologique de l'eau de robinet du centre ville de Chlef. Mémoire d'ingénieur, 2003
- [12] Manuel de la station de dessalement de l'eau de mer de Mostaganem, Avril 2011
- [13] K.Gaid et Y.Treal, Le dessalement des eaux par osmose inverse : l'expérience de Véolia Water, Desalination,(203) ,1-14,2007.
- [14] A.Maurel, Technique séparatives à membranes : Considérations théoriques, Technique de l'Ingénieur, traité Génie des procédés, J2 790,p1-23, 1988.
- [15] B.Chaufer, M.Mereilles-Masbernart, P.Aimar, Présentation des membranes in: Les séparations par membrane dans les procédés de l'industrie alimentaire. G.Daouin , F.René , P.Aimar , Paris, Lavoisier - Tec & Doc: 41-56, 1998.

## Références bibliographiques

---

- [16] A. Maurel, Osmose inverse in: Les séparations par membrane dans les procédés de l'industrie alimentaire. G.Daouin , F. René , P.Aimar, Paris, Lavoisier - Tec & Doc: 68-85, 1998.
- [17] M. Hirose , H.Ito, Y.Kamiyama, Effect of skin layer surface structures on the flux behaviour of RO membranes. Journal of Membrane Science(121) 209-215,1996.8
- [18] S.-Y. Kwak, S. G. Jung, S. H. Kim, Structure-motion-performance relationship of flux enhanced reverse osmosis (RO) membranes composed of aromatic polyamide thin films. Environmental Science and Technology (3), 4334-4340,2001
- [19] J. K. Liou, Géométrie des modules in: Les séparations par membrane dans les procédés de l'industrie alimentaire. G.Daouin, F.René, P. Aimar ,3Paris, Lavoisier - Tec & Doc: 41-56, 1998.
- [20] M.Wilf Intensive course : RO, NF and membrane filtration technology for potable water applications. EDS, University of L'Aquila, 2005.
- [21] P.Danis, Dessalement de l'eau de mer. Techniques de l'Ingénieur J 2700, 2003.
- [22] A. Lassouani et H. Benlebna. Dessalement de l'eau de mer par osmose inverse, station de Bousfer-Oran. Mémoire de master en chimie. Université des sciences et la technologie Mohamed Boudiaf (Oran) 2001.
- [23] A.Maurel, Dessalement de l'eau de mer Technique de l'ingénieur J1, J2700 (Tome 1) 11-22, 2007
- [24] A.Munoz Elguera. S.O.Pérez Baez, Development of the most adequate pre-treatment for high capacity seawater desalination plants with open intake, Desalination (184), 1153-1163,2005

## Résumé

L'objectif de ce travail consiste à évaluer les performances d'osmose inverse membranaire dans la station de dessalement de l'eau de mer de Mostaganem(Sonather).

Les paramètres de fonctionnement de l'eau ont été déterminés, les analyses physico-chimiques de l'eau avant et après lavage avec génesol 704 ont été déterminées. Il a été constaté qu'il y a un dysfonctionnement dans la station dû au colmatage des membranes et il a été montré que le génesol 704 est un produit efficace pour le lavage chimique des membranes.

**Mots clé:** dessalement, membrane, colmatage, lavage chimique