

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
CENTRE UNIVERSITAIRE « SALHI AHMED » DE NAAMA



INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE

**MEMOIRE DE MASTER**

Spécialité : Génie Mécanique

Option : Energétique

Intitulé de Mémoire

**Effet des paramètres opératoires sur l'efficacité énergétique  
des systèmes (PX) en osmose inverse (station de MEKTAA)**

**Présenté par :**

- Bendebiche Abdelghani
- Rahmani Ahmed

**Soutenu publiquement le : 06.06.2018, devant le jury :**

M. Khatir Toufik	MCA	CU Naama	Président
M. Chabane Mustapha	MCB	CU Naama	Encadreur
Mme. Boukhadia Karima	MCB	CU Naama	Examineur

2017/2018

## **Remerciement**

Nous tenons à exprimer toute notre gratitude a notre directeur de mémoire Dr.Chabane mustapha enseignant à l'institut des science et de technologie du centre universitaire Salhi Ahmed, pour nous avoir proposé ce thème de recherche et de nous avoir guidé et conseillé tout au long de la réalisation de ce mémoire, et pour son soutient permanant.

Nous tenons à remercier sincèrement tous les membres du jury pour l'attention qu'ils ont témoigné à notre travail et pour avoir accepté de participer a notre soutenance de thèse.

A tous nos enseignants du département de génie mécanique de centre universitaire Salhi Ahmed.

A toute l'équipe de station de dessalement de Mektaa qui nous a permis d'identifier l'usine et nous a aidé avec des informations.

Enfin, nous adressons notre plus sincère remerciement à nos familles et tous nos proches et amis, qui nous ont accompagnés, aidé, soutenu et encouragé tout au long de la réalisation de ce mémoire.

## **Dédicace**

**Nous dédions Ce travail à  
nos parents, nos amis, nos  
familles et à tous nos  
proches, camarades**

**Nous dédions également ce  
travail à la mémoire de notre  
très cher ami TIDJINI  
TAYEB décidé que dieu ait  
son âme.**

# Sommaire

Titre	pages
Liste des figures	6
Liste des tableaux	7
Liste des abréviations	8
Résumé	9
Introduction générale	10
<b>Chapitre I : Synthèse bibliographique</b>	14
I.1.Introduction	15
I.2. Osmose inverse	17
I.3. Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse	18
I.4. Paramètres de fonctionnement	20
I.5.. Notions théoriques sur la consommation énergétique en osmose inverse	21
<b>Chapitre II Efficacité énergétique des systèmes ERI</b>	24
II.1.Le principe de base de fonctionnement du système ERI	25
II.2.Les différents systèmes de récupération d'énergie ERI	25
II.3.1.Les paramètres de fonctionnement d'un système PX	27

<b>Chapitre III: Présentation</b> de la station de dessalement de Mektaa	30
III.1.Principe de fonctionnement de la station de Mektaa	31
III.2. Présentation des systèmes turbo chargeur	32
III.3.Rendement énergétique des systèmes turbochargeurs	37
<b>Chapitre IV:</b> Simulation par logiciel de dimensionnement toray hydranautics	39
IV.1.Introduction	40
IV.2.Principe de fonctionnement des logiciels	42
IV.3.Calcul de la Consommation énergétique	44
IV.4.Détermination de l'efficacité énergétique	46
<b>Chapitre V :</b> Résultats et discussions	59
V.1.Résultats obtenus	60
V.2.Discussion des résultats	68
V. Conclusion et perspectives	69

## Liste des figures

N° de figure	Nom de figure	Page de figure
<b>1</b>	Energie consommée en dessalement des eaux	<b>11</b>
<b>2</b>	Distribution du coût d'investissement dans une station de dessalement par osmose inverse	<b>12</b>
<b>3</b>	Répartition de la consommation énergétique dans une station de déminéralisation des eaux	<b>16</b>
<b>4</b>	Débits de production en eau déminéralisée par les stations de dessalement en Algérie	<b>17</b>
<b>5</b>	Principe de l'osmose et de l'osmose inverse	<b>18</b>
<b>6</b>	Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse	<b>19</b>
<b>7</b>	Schéma d'un système d'osmose inverse simplifiée	<b>24</b>
<b>8</b>	Schéma simplifié d'un système de récupération	<b>26</b>
<b>9</b>	Principe de récupération d'énergie par turbine	<b>27</b>
<b>10</b>	Principe de fonctionnement de la turbine pelton	<b>27</b>
<b>11</b>	Turbine Francis	<b>28</b>
<b>12</b>	Turbochargeur	<b>29</b>
<b>13</b>	Echangeur de pression	<b>29</b>
<b>14</b>	Echangeur de pression dans une installation de système membranaire	<b>30</b>
<b>15</b>	Les différents compartiments d'osmose inverse dans la station de dessalement de Mektaa	<b>36</b>
<b>16</b>	schéma de la station de dessalement de Mektaa, de l'étape de captage jusqu'à la distribution a ADE	<b>37</b>
<b>17</b>	Logiciel SCADA de fonctionnement de la station de dessalement de Mektaa	<b>37</b>
<b>18</b>	Réseau d'alimentation en électricité de la station de dessalement de Mektaa	<b>39</b>

<b>19</b>	Dimensionnement des éléments dans un tube de pression	<b>41</b>
<b>20</b>	image capture écran de l'étape analyse par IMS -Design	<b>44</b>
<b>21</b>	image capture écran de l'étape de dimensionnement avant le calcul	<b>45</b>
<b>22</b>	image capture écran de l'étape de dimensionnement après le calcul	<b>46</b>
<b>23</b>	image capture écran de l'étape calcul	<b>47</b>
<b>24</b>	image capture écran de l'étape calcul TORAY (A ; B ; C ; D ; E ; F ; G)	<b>52</b>
<b>25</b>	Energie consommée en fonction du pH sans système ERI	<b>61</b>
<b>26</b>	Energie consommée en fonction de la température sans système ERI	<b>62</b>
<b>27</b>	Energie consommée en fonction du pH avec système ERI	<b>63</b>
<b>28</b>	Energie consommée en fonction de la température avec système ERI	<b>64</b>
<b>29</b>	Energie consommé en fonction de la pression de recirculation du concentrât avec système ERI	<b>65</b>
<b>30</b>	Energie consommé en fonction de la pression de recirculation du concentrât avec système ERI (IMS)	<b>66</b>
<b>31</b>	Comparaison entre les résultats de simulation par TORAY pour différents type de membranes et les données réelles de la station de Mektaa ( $Q_{\text{Perméat}}=500000 \text{ m}^3/\text{jour}$ , taux conversion=44.86%)	<b>67</b>
<b>32</b>	Comparaison entre les résultats de simulation par IMS pour différents type de membranes et les données réelles de la station de Mektaa ( $Q_{\text{Perméat}}=500000 \text{ m}^3/\text{jour}$ , taux conversion=44.86%).	<b>68</b>

# Liste des tableaux

**Tableau 1 :** Energie consommé en dessalement des eaux

**Tableau2:** Energie consommé avant et après installation des systèmes de récupération d'énergie dans quelque stations en Algérie

**Tableau3 :** Composition chimique standard d'une eau de mer

## Liste des abréviations

$i$  : nombre d'ions dissociés dans le cas d'un électrolyte,

$C$  : concentration en sels en  $\text{mol.m}^{-3}$

$R$  : constante des gaz parfaits  $R = 8,314 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

$T$  : température absolue de la solution en  $^{\circ}\text{C}$ .

$\eta$  : est le rendement

$EC$  : Consommation spécifique en énergie ( $\text{KWh/m}^3$ )

$W_{\text{pompe}}$  : Puissance de la pompe ( $\text{KWh}$ )

$Q$  : Débit d'alimentation ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

$\Delta P$  : Perte de charge ( $\text{Bar}$ )

$J$  : Flux ( $\text{L/m}^2\text{hbar}$ )

$\Delta\pi$  : Différence de pression osmotique ( $\text{Bar}$ )

$ERI$  : Système de conversion d'énergie

$SER$  : Système d'énergie renouvelable .

$PX$  : Echangeur de pression

$UF$  : ultrafiltration

$CIP$  : clean in place

$RO$  : osmose inverse

$MED$  : le procédé à multi effet (multi effect distillation)

$MSF$  : procédé de vaporation à instantané (multi stage flash)

$MVC$  : compresseur mécanique (mechanical vapor compression)

$TVC$ : thermocompressure ( thermal vapor compression)

$SWRO$ : eau de mer osmose inverse (seawater reverse osmosis )

$BWRO$  : osmose inverse d'eau saumâtre ( brackish water reverse osmosis)

## Résumé

La déminéralisation des eaux naturelles représente un intérêt majeur et cela pour satisfaire les fortes consommation en eaux dans différentes activités tel que l'industrie chimique ,la potabilisation des eaux ,l'industrie pharmaceutique ,l'industrie agroalimentaire et les différentes activités lié à la vie quotidienne des citoyens tel que l'irrigation .

l'osmose inverse est une technologie très utilisés dans le domaine de dessalement des eaux cependant il est a souligné que le rapport qualité d'eau produite par rapport à la consommation énergétique fourni reste un vrai challenge pour plusieurs pays dans le monde Depuis 1999, l'Algérie s'est lancé dans un vaste programme de réalisation de plusieurs stations de dessalement utilisant l'osmose inverse avec une capacité de production totale de **2.406.880 m<sup>3</sup>/jour** et une consommation énergétique moyenne de **4 kWh/m<sup>3</sup>** pour chaque station ce représente une facture énergétique très élevé de l'ordre de **9627520 KWh/jour**.

Afin de réduire cette consommation énergétique certaines stations ont procédé à la mise en place des systèmes de récupération et de conversion d'énergie connu sous le nom d'échangeurs de pression **PX**.

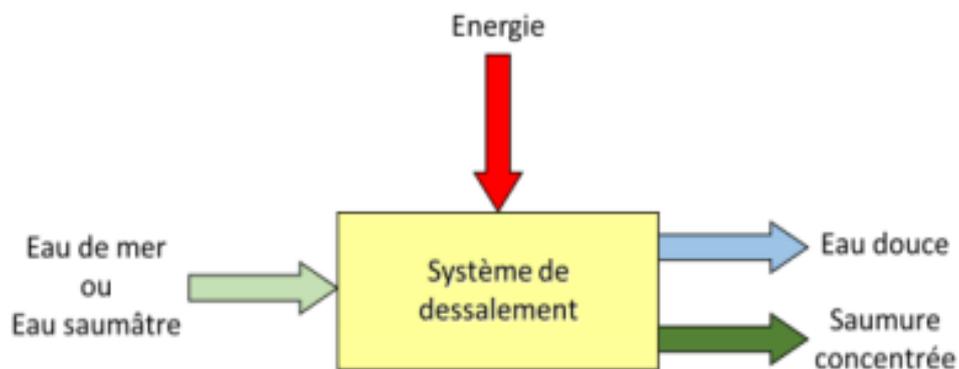
## I Introduction générale

Pour faire face à la pénurie d'eau et aux forte consommation en eau dans le monde et plus particulièrement en Algérie ,la production d'une eau déminéralisé de qualité acceptable avec un coût minimal est devenu un vrai challenge pour les futurs générations

Dans notre pays . Le recours aux techniques membranaires tel que l'osmose inverse est de plus en plus important pour résoudre le problème d'approvisionnement en eau destinée à la consommation dans différentes activités .

Les procédés de dessalement de l'eau peuvent être classés en deux grandes familles: les procédés thermiques faisons intervenir un changement de phase et les procédés membranaires tel que l'osmose inverse .

Cependant, L'osmose inverse devient le procédé le plus courant et le plus rentable et le moins énergivore par rapport au procédé de distillation, mais avec l'augmentation des nombres de stations utilisant la technique d'osmose inverse ,il a été constaté que une consommation énergétique importante et un cout d'investissement assez élevé (**voir Tableau1**).



**Fig.1** :Energie consommé en dessalement des eaux [1 ]

**Tableau1** :Energie consommé en dessalement des eaux [2 ]

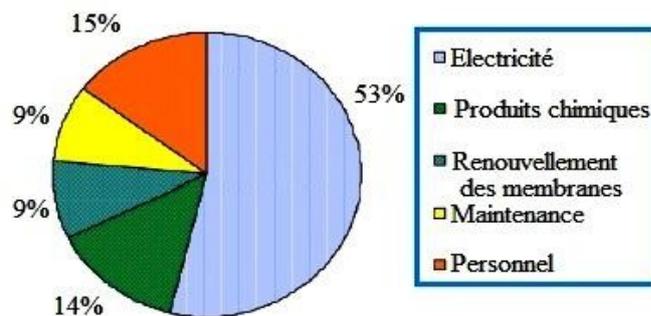
Procédé	Energie électrique KWh/m <sup>3</sup>	Qualité de L'eau Mg/l	Investissement Dessalement US\$/ (m <sup>3</sup> /j)	Prix de l'eau US\$/m <sup>3</sup>
MSF	2.5-5	10	1200-2500	0.6-2
MED	2-2.5	10	900-2000	0.5-1.5
MVC	7-12	10	1100-3500	2-2.6
MED-TVC	1-2	10	1000-2000	0.5-1
SWRO	4-6	400-500	900-2500	0.5-2
SWBO	1.5-2.5	200-500	300-1200	0.3-1.5

A titre d'exemple ,notre pays possède 13 stations de dessalement utilisant l'osmose inverse avec une consommation énergétique totale de **9627520 KWh/jour**.

Les études ont montrés que le cout d'investissement énergétique d'une station de dessalement par osmose inverse représente 53% cout d'investissement globale (**Voir figure2**) .

Celle énergie électrique consommée est du principalement aux pompes haute pression (HP).

En amont des systèmes membranaires



**Fig.2** : Distribution du cout d'investissement dans une station de dessalement par osmose inverse [3]

Suite à ce diagnostic ,les experts en dessalement des eaux par osmose inverse ont mis des systèmes de récupération d'énergie pour minimiser l'énergie consommé ,c'est le cas de certaines stations dans notre pays (**Tableau2**)

**Tableau2** :Energie consommé avant et après installation des systèmes de récupération d'énergie dans quelque stations en Algérie [4]

Stations de dessalements		Sans récupération D'énergie (SRE)	Avec récupération D'énergie
Station de Frouka	Valeur théorique (KWH/m <sup>3</sup> )	4.9	2.3
	Valeur d'exécution(KWH/m <sup>3</sup> )	4.7	2.23
Station de skikda	Valeur théorique (KWH/m <sup>3</sup> )	4.87	2.34
	Valeur d'exécution(KWH/m <sup>3</sup> )	4.56	2.17
Station de béni saf	Valeur théorique (KWH/m <sup>3</sup> )	5.08	2.53
	Valeur d'exécution(KWH/m <sup>3</sup> )	4.77	2.27
Station de magtaa	Valeur théorique (KWH/m <sup>3</sup> )	6.33	4.5
	Valeur d'exécution(KWH/m <sup>3</sup> )	6.33	4.077

Dans la plupart des stations de dessalement ,Il a été constaté que le rendement des systèmes de conversion d'énergie PX est inférieur par rapport aux normes exigés ce qui représente une perte énergétique et plusieurs questions reste posé sur les effets contournants qui réduit la conversion d'énergie .

Dans cette perspective ,nous allons étudier l'influence des paramètres opératoires sur l'efficacité des systèmes de conversion PX en se basant sur un développement mathématique du rendement énergétique du système PX en se basant sur les différentes recherches qui sera suivi et validé par deux méthodes ;

Etude du fonctionnement d'un cas pratique de la station de dessalement d'eau de mer de la région de MEKTAA (W.Oran)

Utilisation des résultats de simulation des données par le logiciel IMS design

Ce mémoire est réparti en Cinq chapitres :

**Chapitre I.** Synthèse bibliographique

**Chapitre II** : Les systèmes de récupération d'énergie ERI

**Chapitre III** : Présentation de la station de dessalement de MEKTAA

**Chapitre IV** : Modes de fonctionnement des logiciels IMS et TORAY

**Chapitre V** : Résultats et discussions

**Conclusion et perspectives**

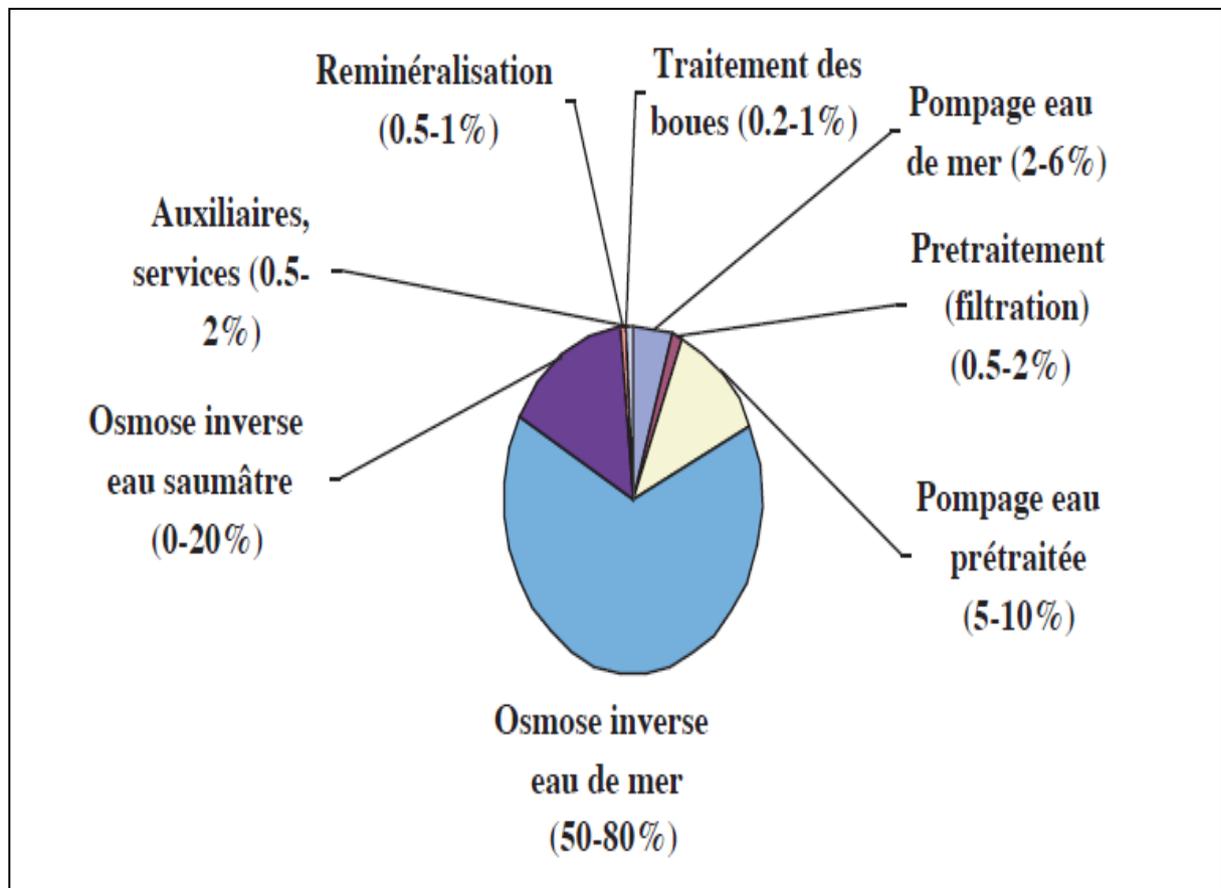
# **Chapitre I :**

## **Synthèse bibliographique**

## I.1.Introduction

L'énergie consommée est très importante dans la déminéralisation des eaux par le procédé d'osmose inverse.

L'énergie nécessaire pour produire une eau déminéralisée dans une station se décompose selon

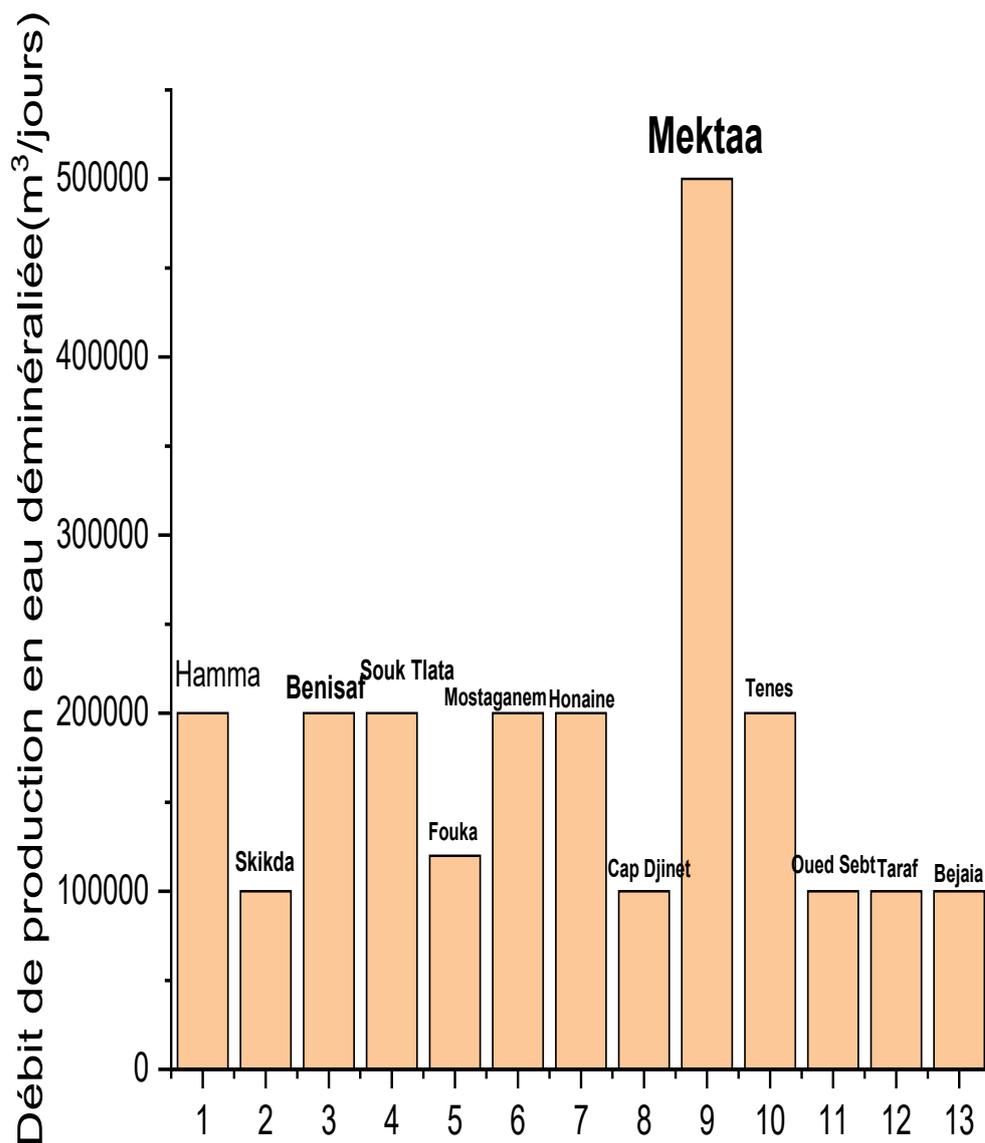


**Fig3 :** Répartition de la consommation énergétique dans une station de déminéralisation des eaux

La consommation énergétique dans la déminéralisation des eaux de mers représente 50 à 80 % par rapport à la consommation globale du procédé de dessalement utilisant la technique d'osmose inverse.

Avec l'augmentation des nombres de stations utilisant l'osmose inverse dans le monde, et en particulier dans les pays en voie de développement, le coût énergétique devient très élevés.

L'Algérie est considéré comme l'un des pays qui a investit dans le dessalement des eaux de mers depuis 1999, Actuellement il existe 13 stations de dessalement par le procédé d'osmose inverse installé au niveau du littoral avec une capacité de production 2.406.880 m<sup>3</sup>/jour.



### Les Stations de dessalement en Algérie

**Fig 4** : Débits de production en eau déminéralisée par les stations de dessalement en Algérie[5]

Devant cette énorme capacité de production en eau douce par le procédé d’osmose inverse dans notre pays, la consommation énergétique ne cesse d’augmenter ce qui influe sur le prix de revient en eau

Actuellement les systèmes de récupération d’énergies sont très utilisés dans diverses stations de dessalement des eaux de mers par la technologie d’osmose inverse

Dans ce contexte, il serait indispensable de mieux maîtriser la consommation énergétique en osmose inverse par une bonne gouvernance des différents paramètres en relation avec le système d'osmose inverse qui représente 50 à 80 % de la consommation énergétique globale de la station.

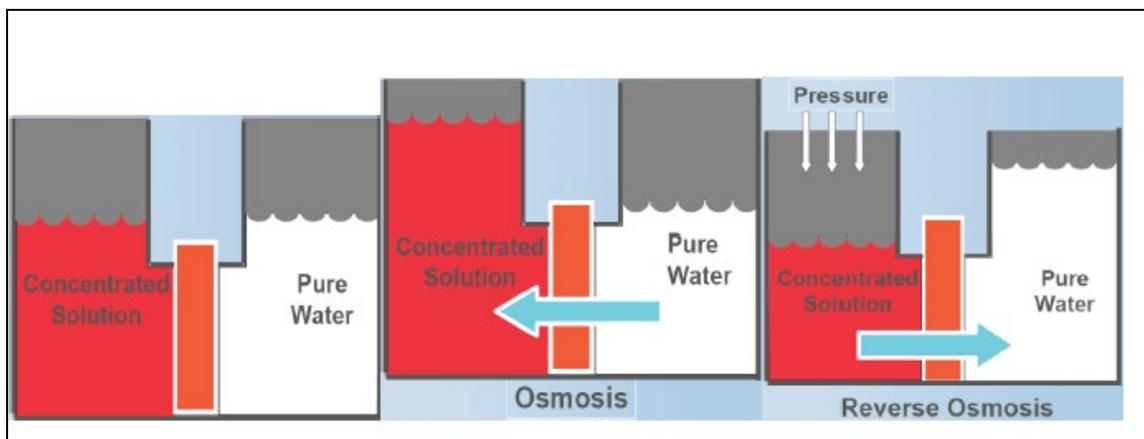
Mais tous d'abord, il serait utile de faire une description du procédé d'osmose inverse et les concepts théoriques sur la consommation énergétique en osmose inverse.

### **I.2.1.1.Osmose inverse**

L'osmose inverse est une technique de séparation de l'eau et des sels dissous au moyen de membranes semi-perméables sous l'action de haute pression. [6], Ce procédé n'implique pas de changement de phase. Les membranes polymères utilisées laissent passer les molécules d'eau et ne laissent pas passer les particules, les sels dissous, les molécules organiques de  $10^7$  mm de taille.

### **I.2.2.2.Principe de l'osmose inverse**

Le principe de base de l'osmose a été découvert par le savant français Jean Abet ;nollet en 1798 .il consiste a un transfert de solvant (eau dans la plupart des cas) à travers une membrane semi-perméable sous l'effet d'un gradient de concentration. Soit un système à deux compartiments séparés par une membrane semi-perméable et contenant deux solutions de concentrations différentes (figure). [7]



**Fig5** : Principe de l'osmose et de l'osmose inverse [8]

Avec l'augmentation de la pression au delà de la pression osmotique va se traduire par un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique (voir fig), c'est-à-dire de la solution concentrée vers la solution diluée : c'est le phénomène d'osmose inverse.

Pour les solutions suffisamment diluées, la pression osmotique notée  $\pi$  peut être calculée

d'après la loi de van't Hoff :

$$\pi = i.C.R.T \quad \text{(Equation I.1)}$$

$i$  : est le nombre d'ions dissociés dans le cas d'un électrolyte,

$C$  : est la concentration en sels en  $\text{mol.m}^{-3}$

$R$  : est la constante des gaz parfaits  $R = 8,314 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

$T$  : est la température absolue de la solution en Kelvin.

Le débit spécifique  $J_A$  (débit massique par  $\text{m}^2$  de membrane) d'eau osmose produite est proportionnel à la différence entre la pression appliquée  $P$  et la pression osmotique  $\pi$  de la solution concentrée.

$$J_A = A (\Delta P - \Delta \pi) \quad \text{(Equation I.2)}$$

$A$  : est le coefficient de perméabilité vis-à-vis de l'eau pure.

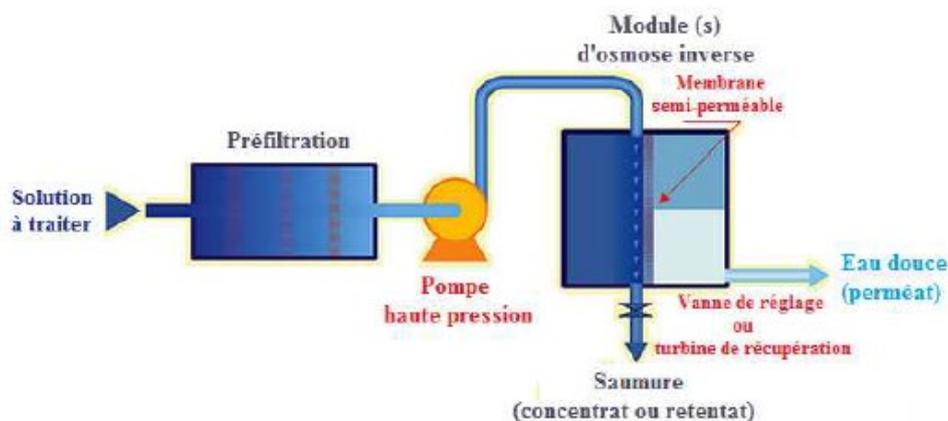
Le flux spécifique de sel traversant la membrane est quant à lui proportionnel à la différence de concentration de part et d'autre de la membrane.

$$J_s = B \Delta C \quad \text{(Equation I.3)}$$

$B$  : est le coefficient de perméabilité vis-à-vis du sel.

### I.3.Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse

Les éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse sont schématisés sur la figure5.



**Fig6** : Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse [9]

Les principaux constituants d'un système de l'osmose inverse sont les suivants

- les membranes proprement dite

- les modules
- la pompe HP
- un système de prétraitement
- un système de post-traitement.

Le dessalement par osmose inverse nécessite d'abord un prétraitement très poussé de l'eau de mer pour éviter le dépôt de matières en suspension sur les membranes qui conduirait très rapidement à une diminution des débits produits. Il est nécessaire de retenir toutes les particules de dimension supérieure à 10 à 50  $\mu\text{m}$  selon le type de module d'osmose inverse. Ceci est réalisé à l'aide d'une préfiltration grossière puis d'une filtration sur sable pour éliminer les matières en suspension les plus grosses. Puis un traitement biocide et une acidification sont nécessaires pour éviter le développement de microorganismes sur la membrane et éviter la précipitation de carbonates. Enfin une filtration sur cartouches permet de retenir les particules de taille de l'ordre de quelques dizaines de  $\mu\text{m}$  qui n'ont pas été retenues par le filtre à sable.

La pompe haute pression permet ensuite d'injecter l'eau de mer dans le module d'osmose inverse dans lequel se trouvent les membranes.

De plus, un deuxième phénomène intervient lors de l'osmose inverse, il s'agit de la polarisation de concentration de la membrane. En effet, au cours du temps, la concentration de la solution salée augmente puisque la majorité des molécules sont retenues d'un seul côté de la membrane. De ce fait, la pression osmotique augmente également près de la couche limite, avec des risques de précipitation des composés à faible produit de solubilité. Pour un même rendement, la pression à appliquer est donc plus élevée. Pour éviter ce phénomène on balaye la membrane du côté de la solution salée par un flux d'eau continu. Toute l'eau n'est pas filtrée, une partie sert à nettoyer la membrane. Ce procédé est donc semblable à une filtration tangentielle. L'eau non filtrée est appelée retentât tandis que l'eau qui a traversé la membrane est appelée perméat.

Afin de limiter la consommation d'énergie du procédé, on peut placer sur le circuit du rétentat une turbine qui permet de récupérer une partie de l'énergie contenue dans ce fluide sous haute pression. [10]

Une usine de dessalement par osmose inverse comprend essentiellement

- Un système d'alimentation en eau de mer ;
- Un ensemble de prétraitement physicochimique de l'eau de mer ;
- Un dispositif de mise en pression de l'eau prétraitée.
- Un osmoseur proprement.

- Un système de récupération de l'énergie du concentrât.
- Un ensemble de post-traitements du perméat.
- Un poste de nettoyage chimique des membranes.

#### **I.4.1. Paramètres de fonctionnement**

L'analyse théorique des caractéristiques des membranes testées, est réalisée selon les méthodes standards du transfert membranaire préalablement décrites [17-18-19]. Le taux de rejet des ions est déterminé par le rapport de la concentration du perméat  $C_p$  sur celle initiale  $C_0$ , exprimé par la relation

$$R = \left( \frac{C_0 - C_p}{C_0} \right) \times 100 \quad \text{(EqI.4)}$$

Taux de conversion (%Y), est représenté par la formule (I.5). C'est le quotient du débit d'eau produit par le débit d'eau d'alimentation :

$$Y(\%) = \frac{Q_p}{Q_0} \times 100$$

**(Eq I.5)**

Flux du perméat  $J_p$ , est, l'expression du débit du perméat  $Q_{\text{perméat}}$  par rapport à la surface active de la membrane :

L'énergie de consommation est proportionnelle à la pression, elle est donnée par la relation:

$$E = \frac{\Delta P \times 100}{\eta \times Y \times 36}$$

**(EqI.6)**

Avec E en kWh/m<sup>3</sup>

$\Delta P$  : Pression transmembranaire en bar,

$\eta$  : Efficacité globale de la pompe est égale à 80%,

Y : Taux de conversion. [11]

#### **I.4.2. Utilisation de l'eau produite par les systèmes membranaires**

Une eau déminéralisée filtrée par le procédé d'osmose inverse pourra servir selon les valeurs de TDS et pH pour les usages dans la vie quotidienne des citoyens, c'est à dire eau potable ou d'irrigation, mais aussi une eau déminéralisée qui pourra alimenter les systèmes chaudière dont la valeur du TDS ne doit pas dépasser 200 mg/l (RODIER et al.) 2005).

Dans ce qui suit nous allons faire une bref présentation sur les différents types d'eau en l'occurrence les eaux salines, les eaux douces et les eaux déminéralisé et leurs propriétés physico chimiques

### **I.5.Salinité des eaux**

La salinité désigne la quantité de sels dissous dans un liquide, notamment l'eau qui est un puissant solvant pour de nombreux minéraux. Il ne faut pas confondre la salinité avec la dureté de l'eau qui est relative à son dosage en calcium et magnésium.

#### **I.5.1.Propriétés chimiques**

Le sel dissous modifie les propriétés de l'eau, en premier lieu sa capacité de dissolution, sa densité, mais aussi sa compressibilité, son point de congélation et d'ébullition, sa conductivité électrique, sa dureté ainsi que sa viscosité ou sa corrosivité, et très légèrement sa capacité à transporter les sons et la lumière. La quantité de sels dissous dans un liquide modifie la pression osmotique de celui-ci.

#### **I.5.2.Concentration massique**

À une température donnée, la salinité ne peut dépasser un seuil de concentration massique, au-delà duquel le liquide ne peut plus dissoudre du sel et des cristaux se forment, au fond du récipient ou en périphérie de la surface

Le seuil de concentration massique augmente avec la température, ce qui fait que l'eau très chaude peut contenir beaucoup plus de sel dissous que l'eau froide. Il augmente aussi avec la pression. La salinité approche par exemple 300 g/litre dans le forage pétrolier-gazier profond d'Elgin-Franklin en mer du Nord, ce qui pose des problèmes de formation rapide de tartre dans les installations. [12]

#### **I.5.3.Salinité des eaux de mers**

L'eau de mer est une solution qui contient en moyenne 35 g/kg de sels divers (chlorure de sodium essentiellement), avec un pH très stable de 8,2 (légèrement alcalin), mais qui tend à s'acidifier en dissolvant le CO<sub>2</sub> d'origine anthropique en excès dans l'air. La Mer Morte contient beaucoup plus de sels, ce qui explique qu'on y flotte sans effort, alors que la Mer Baltique en contient beaucoup moins, ce qui explique qu'elle gèle plus vite. Néanmoins, hormis dans les mers fermées, on a montré au début du XXe siècle que la proportion des composants les plus importants reste quasi constante, ce qui laisse penser que depuis des millions d'années et plus sans doute, les océans ont été parfaitement mélangés par la circulation thermo haline, avec l'aide de certaines espèces de plancton qui par leurs mouvements quotidiens et saisonniers contribuent à homogénéiser les couches thermiques et salines.Ceci indiquait, qu'en plus des circulations particulières à chaque océan, l'eau circulait

entre les différents océans, ce qui a été confirmé par la courantologie.

**Tableau 3** : Composition chimique standard d'une eau de mer

<b>Ion</b>	<b>Concentration(mg/L)</b>
<b>Calcium</b>	410
Magnesium	1310
Sodium	17602,76
Potassium	390
Barium	0,05
Strontium	13
Fer	<0.02
Manganese	<0.01
Silice	0,04-8
Chloride	29923
Sulfate	2740
fluorure	1,4
Bromure	65
Nitrate	0.5
Bicarbonate	152
Bore	4 - 5
Autre	
TDS	35,000
pH	8.1

#### **I.5.4. Les eaux potables**

Une eau liquide est dite potable lorsqu'elle présente certaines caractéristiques : concentration en chlorures, pH, température... la rendant propre à la consommation humaine. Les standards de référence dans ce domaine diffèrent selon les époques, les pays et, dans certains pays, selon l'autorité responsable de la définition<sup>1</sup>. Le concept de « potabilité » varie à travers le monde, fruit d'un contexte historique, scientifique et culturel local. Il détermine la question de l'accès à l'eau, puisqu'une eau de bonne qualité est essentielle au développement économique et humain.

Par exemple, les paramètres fréquemment réglementés sont :

- la qualité organoleptique (couleur, turbidité, odeur, saveur) ;
- certains paramètres physico-chimiques naturels (température, pH, chlorures : 200 mg/l, sulfates : 250 mg/l, etc.) ;
- la présence de substances dites indésirables (nitrates : 50 mg/l, nitrites, pesticides, etc.)

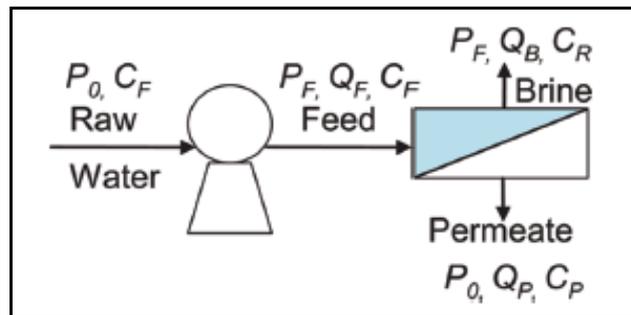
- la présence de substances toxiques (arsenic, cadmium, plomb, hydrocarbures, etc.) ;
- certains paramètres microbiologiques ; l'eau ne doit pas contenir d'organismes pathogènes, notamment de coliformes fécaux).

Ces paramètres peuvent être assurés par un traitement spécifique de l'eau ; dans certains cas il pourra s'agir d'un simple stockage en milieu hermétique (Citerne souple) ou autre, permettant la stabilisation biologique [13]

### I.6. Consommation énergétique en osmose inverse

Diverses approches mathématiques ont été élaborées pour calculer la consommation énergétique dans un système d'osmose inverse.

Le modèle le plus simple est basé sur un système d'osmose inverse standard comme c'est montré dans la figure suivante



**Fig7.:** Schéma d'un système d'osmose inverse simplifiée

L'énergie consommée est déterminée par le rapport entre la puissance de la pompe sur le débit du perméat : [14]

$$EC = \frac{W_{pompe}}{Q_{perméat}} \quad (\text{EqI.7})$$

$$W_{pompe} = Q_f \Delta P \quad (\text{EqI.8})$$

$$\Delta P = P_0 - P_f \quad (\text{EqI.9})$$

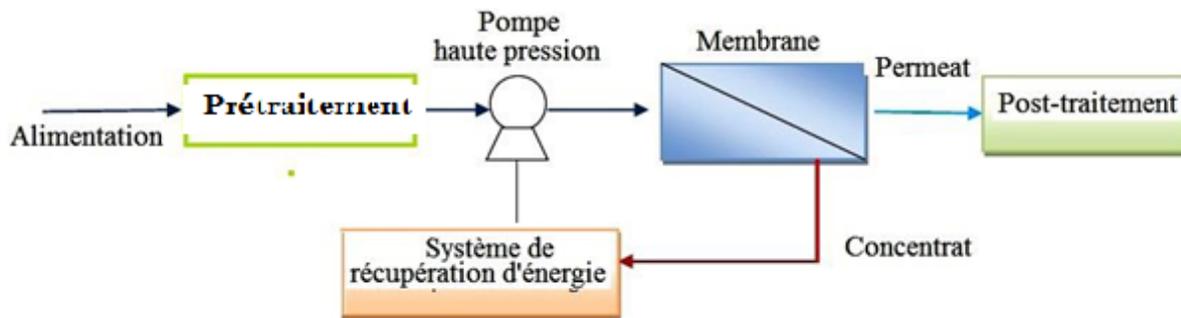
# Chapitre II

## L'efficacité énergétique des systèmes ERI

## II.1.Principe de base de fonctionnement d'un système ERI

Lors de l'opération de déminéralisation des eaux par osmose inverse en amont du système membranaire, il existe une opération préliminaire appelé prétraitement ou il ya refoulement de l'eau vers les membranes d'osmose inverse sous pression à travers des pompes à haute pression, ce qui représente une consommation d'énergie de tous les équipements de la station Et par conséquent L'eau d'alimentation ou prétraité sera divisé au niveau de la membrane en deux parties avec une différence de concentration. [15]

Le principe de base des systèmes de récupération d'énergie ERI est fondé sur la réutilisation de l'énergie dissipé du concentrât par un recyclage de cet énergie à l'eau d'alimentation en amont du système membranaire comme c'est décrit dans le schéma suivant :



**Fig8:** Schéma simplifié d'un système de récupération

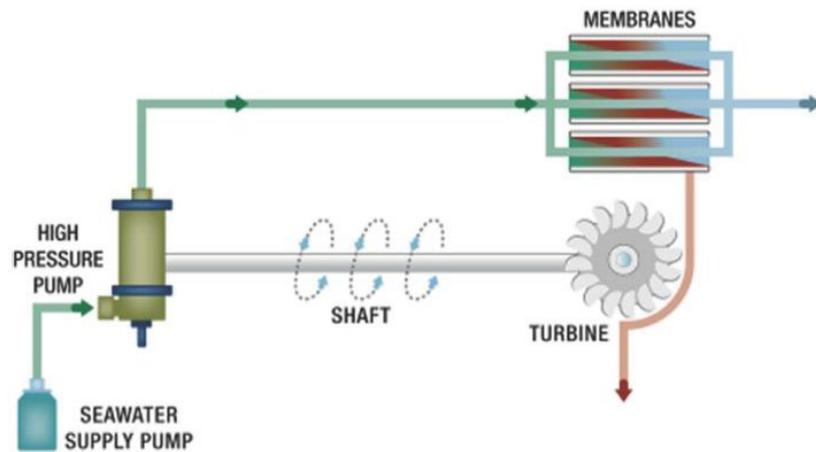
Le système de récupération d'énergie est alimenté par une partie du concentrât, où il transmet directement son énergie à une partie de l'eau d'alimentation.

## II.2.Les différents systèmes de récupération d'énergie ERI

Il existe plusieurs types de systèmes de récupération d'énergie avec des mécanismes de fonctionnement différents ,ces systèmes sont répartis comme suit :

### II.2.1Les systèmes de récupération d'énergie par turbines

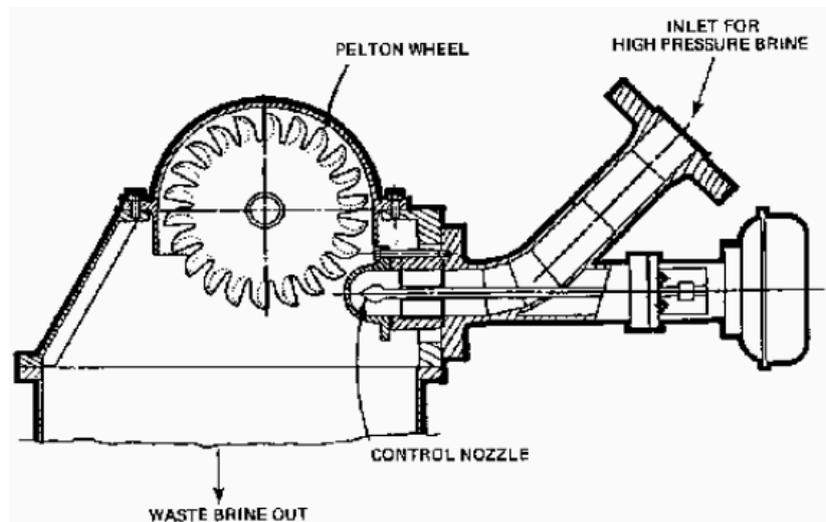
Dans ce genre de systèmes l'énergie hydraulique est converti en énergie mécanique suite à un écoulement du concentrât sur la turbine et par conséquent une rotation d'un rotor qui permet de produire une énergie cinétique nécessaire pour alimenter la pompe (Voir Figure).



**Fig9** :Principe de récupération d'énergie par turbine

A l'échelle industrielle, la première génération de ces systèmes de récupération d'énergie à base de turbines sont les turbine pelton inventé en 1850 [16]

Ce type de turbines est très utilisé dans les stations de dessalement des eaux , la turbine pelton est composé d'une roue qui tourne suite au passage du concentrât (**Voir Figure** )



**Fig10** :Principe de fonctionnement de la turbine pelton [17]

La deuxième génération de turbines sont les turbines de Francis (**Voir Figure11** )

Ce système sont couplé à un générateur et moteur électrique avec certains inconvénients du point de vue efficacité énergétique ,cela est du à des limitations dans la gamme de pression et débit du concentrât reçu par ces systèmes ,mais aussi à l'effet de colmatage des membranes sur les turbines Francis [18]



**Fig11** :Turbine Francis

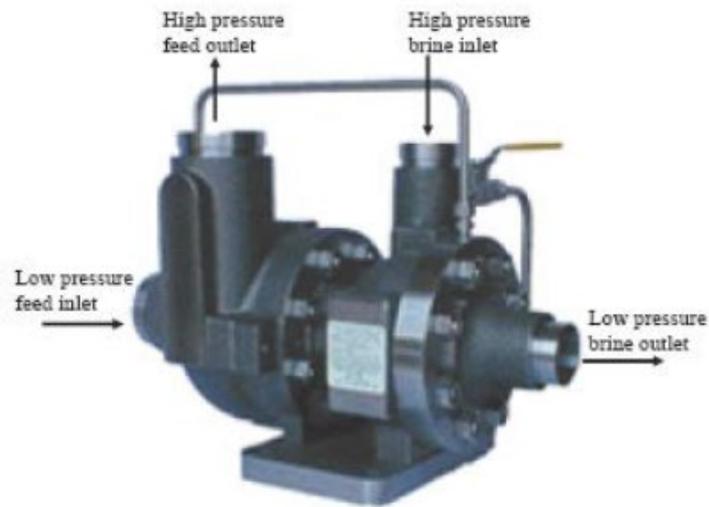
Cependant,il a été constater que ce genre de turbines représente certaines inconvénients du point de vue efficacité énergétique ,cela est du à la gamme de débits et de pressions limités ,mais aussi à l'effet du colmatage membranaire sur l'efficacité de ce genre de turbine

### **II.2.2.Les systèmes de récupération d'énergie par échange de pression**

Le principe de base de ces systèmes est basé sur une recirculation du concentrât et de l'alimentation à contre courant

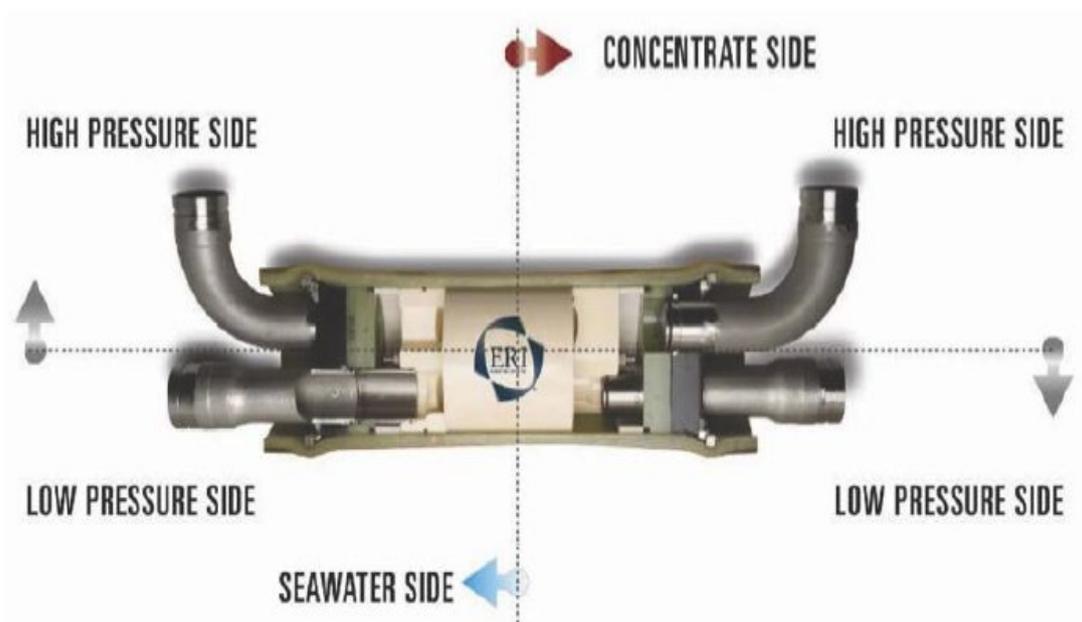
Les premières modèles qui utilise ce genre de mécanisme sont les turbochargeur (inventé en 1990) .

Les turbochargeurs fonctionne par principe de centrifugation et cela suite à un recyclage d'une part du concentrât et un passage de l'eau d'alimentation dans un sens inverse ce qui permettra de générer une pression nécessaire pour alimenter la pompe en amont du système membranaire. [19]



**Fig12:** Turbochargeur

La deuxième génération sont les systèmes à base d'échange de pression qui sont basé sur une rotation d'un rotor suite à un écoulement à contre courant de deux fluides dans canal cylindrique dans lequel la saumure sous pression chasse l'eau de mer vers l'osmoseur alternativement avec l'eau de mer qui chasse la saumure vers le rejet. A cause de l'absence de piston, les fluides se mélangent partiellement mais seulement de quelques pour cent. [20]



**Fig13:** Echangeur de pression



**Fig14:** Echangeur de pression dans une installation de système membranaire

Dans ce type de système, la puissance consommée est calculée par la formule suivante :

$$W_{pompe} = \Delta P(Q_f - \eta Q_b)$$

Avec

$W_{pompe}$  : Puissance de la pompe (KWh)

$\Delta P$  :Perte de charge (bar)

$Q_f$ :Débit d'alimentation (m<sup>3</sup>/h)

$Q_b$  :Débit du concentrat (m<sup>3</sup>/h)

$\eta$ : rendement de la pompe

Cette équation montre le lien qui existe entre les paramètres opératoires du fonctionnement du système membranaire d'osmose inverse avec la puissance de la pompe ,ce qui prouve la relation avec la quantité et la qualité d'eau en amont et en aval du bloc de séparation par membranes [21]

Avec l'utilisation des systèmes de conversion d'énergie dans les stations de dessalement ,il serait important de faire des études sur des cas pratique de station utilisant ce genre de technologie .

Dans ce cadre,nous allons entamer notre projet par une présentation d'un cas pratique de la station de dessalement des eaux de mers de la région de Mektaa(W.Mostaganem)

# **Chapitre III**

## **Présentation de la station de dessalement de MEKTAA**

### III.1.Présentation de la station :

L'Usine de Dessalement de Maktaa, sise à Plage de marssa elhadjaj (oran), a une capacité de production d'eau potable de 500.000 m<sup>3</sup>/jour,elle est composée de 4 Unités de Dessalement de capacité Unitaire 125 000 m<sup>3</sup>/J. Les huit Unités de Dessalement sont réparties sur deux lignes et ce comme suit :

- Ligne N°1 : Unité 1, Unité 2.
- Ligne N°2 : Unité 3, Unité 4.

Il sera associé à chacune des Unités ses équipements et ce, de la phase de prétraitement jusqu'à la phase de post-traitement. Pour chacune des Unités il sera associé les équipements suivants :

- Une pompe d'eau de mer
- 3 tour de et 3 canalisations de prise d'eau de mer en béton armé
- 4 ensembles de dégrillage/tamisage chaque ensemble correspondant à un tamiseur et dégrilleur fin pouvant assurer 33.33% de la capacité
- 4 pompes verticales à turbine en service et une (1) en stand by
- 10 unités d'UF chaque unité comprend 9 trains (une en stand by) chaque train d'UF contient 160 membranes
- 2 réservoir d'eau filtrée un pour chaque ligne
- 8 pompes d'eau filtrées en service et deux en stand by pour chaque ligne il y a aura 4+1 en stand by +1 de réserve stockée.
- 10 pompes de rétro lavage en service 2 en stand by et 2 de réserve stockée dans le magazine de stockage
- 4 pompes en service et 4 en stand by , pour le nettoyage d'UF
- D'un système d'osmose inverse composé de :
  - 24 trains en services et 1 en stand by
  - 12 trains sont consacrés pour chaque ligne + 1 train en commun
  - 24 pompes HP
  - 24 ERI ( turbocharger)
  - Chaque train équipé de 215+1 en stand by tubes à pression et 25 étages et 37800 membranes RO
  - 4 réservoirs d'eau traitée

- Station de pompages eau traitée
- Système de rejet

### **III.2.Système de prétraitement**

L'étape de prétraitement a pour objectif de traiter l'eau de mer afin de réduire au maximum l'encrassement des membranes RO, par conséquent le processus de nettoyage chimique des membranes (CIP) sera la moins fréquent possible. La qualité d'eau de mer mobiliser à travers le système de prise sera caractérisé par une faible turbidité toutes fois la possibilité d'encrassement des membranes RO reste élevé, ainsi le prétraitement est nécessaire pour abaisser le potentiel d'encrassement colloïdal à un niveau acceptable.

L'eau de mer contient également beaucoup de micro-organismes qui doivent être stoppés avant leur entrée dans les installateurs de traitement.

Pour atteindre les objectifs ci-dessus le processus de prétraitement de l'usine inclut :

- Les dégrilleurs auto nettoyants
- Les tamis fins rotatifs
- Les pompes d'eau de mer
- Le système d'UF par membrane
- Les réservoirs d'eau filtrée
- Les pompes de rétro-lavage d'UF
- Le système de nettoyage chimique
- Le dosage de l'Hypochlorite de sodium

#### **2.1. Dégrilleurs/tamiseurs :**

- Espacement de 20 millimètre pour stopper les organismes de grand de tailles
- Tamiseurs fins de 200microns pour les organismes de petit de tailles

#### **2.2. Pompes d'eau de mer :**

- Ces pompes fournissent le débit et la pression d'alimentation nécessaire pour les trains d'UF

#### **2.3. Système d'ultra filtration (UF)**

- Le système UF est prévu pour filtrer l'eau de mer après les différent tamis. l'UF enlèvera les particules colloïdales restantes en solution et produira une eau filtrée de bade turbidité aine que de faible SDI

#### **2.4. Réservoir d'eau filtrée**

#### **2.5. Système de nettoyage d'UF (CIP : cleaning in place)**

- Un système CIP est prévu pour l'installation d'UF.

- Ceci peut être employé pour entreprendre l'entretien ou le nettoyage des membranes d'UF de maintenir les performances de l'usine.

## **2.6. Dosage de choc de l'Hypochlorite de sodium**

### **III.3. Système de pompage de haute pression :**

Chaque train RO est équipé d'une pompe d'alimentation dite pompe de haute pression en conséquence 25 pompes sont prévus dans la conception de l'usine de Mektaa. Ces pompes sont de type centrifuge à un seul étage, fabriquées en acier inoxydable super-duplex et fonctionnant à une vitesse fixe. Quand un train RO est mis en service la pompe démarrera selon les exigences du début de procédure et pressurisera comme requis par la procédure d'arrêt

Le système de pompage haute pression est composé de:

- 24 pompes de haute pression (une en stand by) ;(6 par Unité de dessalement), permettant de refouler environ la moitié du débit d'eau de mer microfiltrée nécessaire pour l'alimentation des châssis d'osmose inverse. L'autre moitié de ce débit est véhiculée à travers des systèmes de récupération d'énergie (Turbocharger ERI) puis les pompes booster avant qu'elle n'atteigne les châssis d'osmose inverse.
- L'eau en provenance des pompes d'eau filtrée est pressurisée grâce aux pompes de haute pression en première étape puis grâce au ERI à base de turbocharger en deuxième étape avant que l'eau soit envoyée vers les trains d'osmose inverse

### **II.4. Système d'osmose inverse**

Le système d'osmose inverse est divisé en deux lignes:

Chaque ligne est composée de quatre (4) Unités de Dessalement avec une capacité de production de 125.000 m<sup>3</sup>/jour.

- Ces Unités sont à leur tour, composées par :
  - 215 tubes de pression chargés (1 en stand by) avec 7 membranes chacun.
  - Un groupe de 24 Turbocharger (ERI)
  - Type de membranes TORAY TM820R440
  - Les pompes d'eau filtrée.
  - Les réservoirs de rinçage.
  - Le système de nettoyage chimique RO.
  - Le système de dosage de l'hydroxyde de sodium.
  - Le système de dosage de l'antitartre.
  - Pompes haute pression

#### **4.1. Système de récupération d'énergie (ERI) :**

- Basé sur l'utilisation d'un système de turbochargeurs hydraulique dans lesquels l'énergie du rejet est utilisée pour augmenter la pression d'alimentation des trains RO au niveau requis.

#### **4.2. Réservoir de rinçage**

- Ces réservoirs servent de réservoir tampon pour le perméat des trains RO utilisé pour le rinçage des pompes HP des turbochargeurs et membranes en cas d'arrêt. Le perméat des trains RO s'écoule par gravité vers les réservoirs de l'eau traitée. De plus ce réservoir est la source de l'eau de service pour le site.

#### **4.3. Système de nettoyage chimique RO (CIP : cleaning in place)**

- Un système de nettoyage est prévu pour traiter les membranes RO elles s'encrassent

#### **4.4. Dosage de hydroxyde de sodium.**

Afin de maximiser l'enlèvement du bore il sera procédé en amont des trains RO au dosage de hydroxyde de sodium pour élever le pH.

#### **4.5. Dosage d'antitartre :**

dans le système RO la cause principale du souci pour l'entartrage est la précipitation du carbone de calcium dans le rejet de saumure. Afin d'éviter l'entartrage des membranes il est prévu le dosage de l'acide sulfurique ou d'un antitartre pour contrôler cet entartrage pour les membranes RO

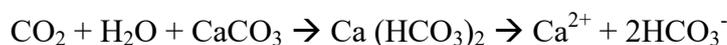


**Fig15 :** Les différents compartiments d'osmose inverse dans la station de dessalement de Mektaa

### III. 5. Dosage de dioxyde de carbone et de la chaux

Ce dosage aura pour conséquence d'avoir une eau traitée de 60mg/l (comme CaCO<sub>3</sub>) au minimum selon les exigences des les spécifications de la qualité de l'eau traitée.

La réaction suivante :



Dans la pratique le dioxyde de carbone sera injecté à une dose fixe prédéterminé et le dosage de la chaux sera commandé par le pH à un point désiré prévu pour être autour de pH 8 et 8.2

### III.6. Système de pompage de l'eau produite.

Le système de pompage de l'eau produite est composé d'une seule ligne composée de :

- Deux (4) réservoirs d'eau produite de 43.750 m<sup>3</sup>

Les pompes de l'eau produite à travers le Réseau Extérieur de Transport de l'Eau :

- Line1 : 2+2 en stand by
- Line2 : 4+2 en stand by
- Line3 : 6+1 en stand by
- Une (1) pompe de réserve de l'eau produite
- Un débitmètre
- Un système d'échantillonnage

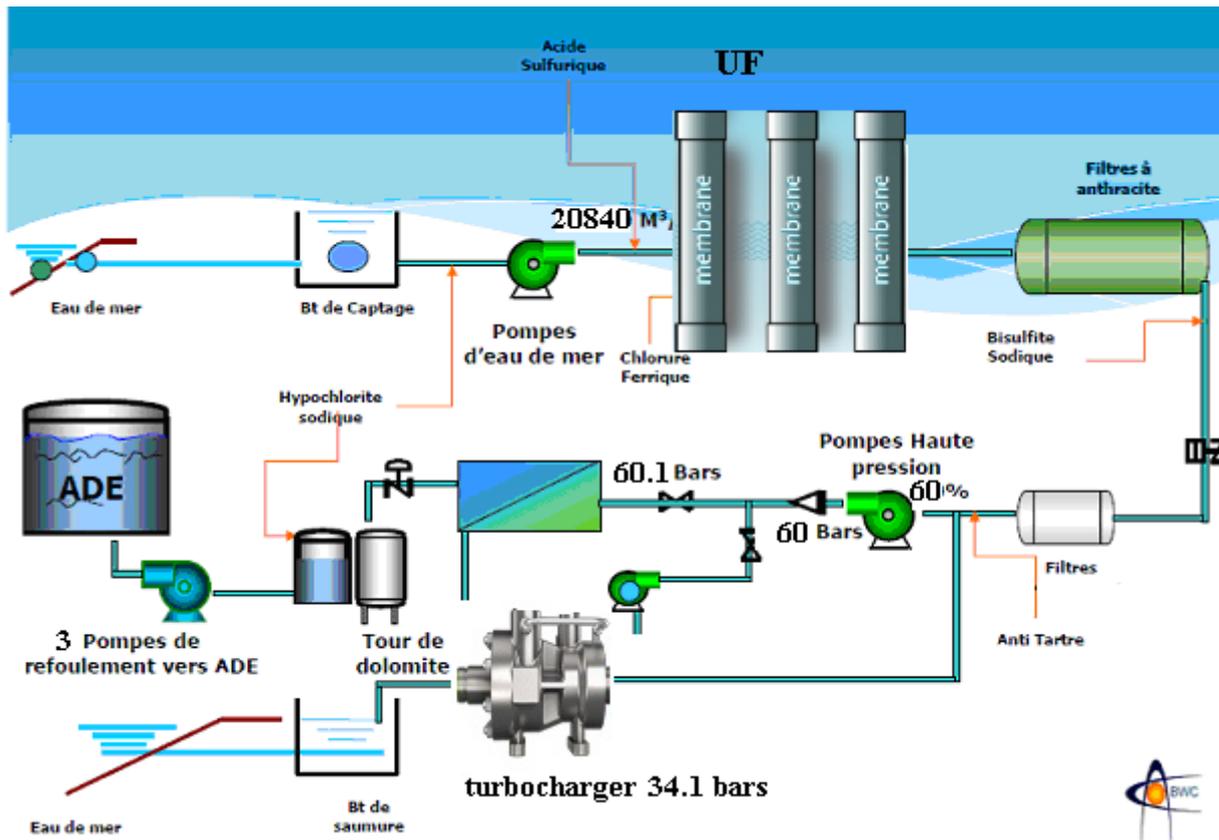


Fig16 : schéma de la station de dessalement de Mektaa, de l'étape de captage jusqu'à la distribution a ADE

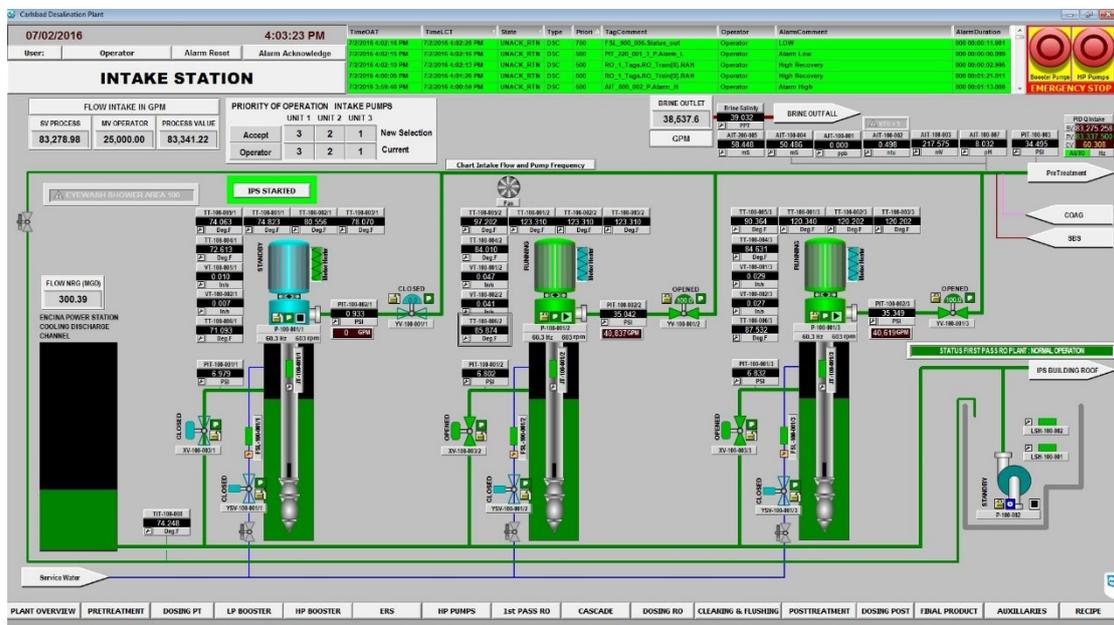


Fig17 : Logiciel SCADA de fonctionnement de la station de dessalement de Mektaa

### III.2.10. Vérification des paramètres de qualité

Les valeurs garanties de la qualité de l'Eau Commercialisable pour chaque Unité de Dessalement et pour l'Usine seront conformes aux valeurs de la directive de l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.) pour la qualité de l'eau potable en vigueur en 2003. Pour les paramètres suivants, les valeurs qui seront à respecter aussi bien pour chaque Unité que l'Usine, sont comme suit:

- Matière Totale Dissoute    150 < MTD < 500 ppm
- Dureté totale CaCO<sub>3</sub>                    80 < DT < 150ppm
- Alcalinité                                    pas moins de 60 ppm CaCO<sub>3</sub>
- pH    7.5-8.5
- Indice Langelier                            0-0.4
- Chlore résiduel                            1.0 ppm au minimum
- Chlorures :                                    comprise entre 30 et 25 ppm
- Sodium :                                      comprise entre 30 et 200 ppm

En vue du contrôle des la conformité avec les directives de l'OMS (version 2003), pour chaque échantillon prélevé, il sera procédé, seulement, aux analyses physicochimiques suivantes :

- Le calcium
- Le magnésium
- Les bicarbonates
- Les carbonates
- Les sulfates
- Le chlore libre
- La turbidité

Les différentes analyses chimiques seront réalisées selon les normes ISO en vigueur.

Pour le calcul du LSI il sera opté pour la norme .

Pour chaque Unité ainsi que pour l'Usine, l'élément de référence pour la comparaison des Valeurs de Performance Technique Garanties fixés contractuellement, est la moyenne des résultats d'analyse des huit échantillons.

### III.2.10. Moyenne de la Consommation Electrique

Consommation Spécifique Garantie d'Energie Electrique : Le taux d'efficacité énergétique garanti de l'Usine exprimé en kilowattheure (s) par mètre cube d'Eau.

Selon les données recueillies au niveau de système ERI au niveau des blocs de séparations membranaires par osmose inverse, il a été constaté que la moyenne de la consommation énergétique consommée est de l'ordre de  $4.077\text{KWh/m}^3$



**Fig18 :** Réseau d'alimentation en électricité de la station de dessalement de Mektaa

Suite à cette présentation, nous avons constaté l'apport énergétique important dans le fonctionnement de la station de dessalement des eaux de mers de la région de Mektaa.

Dans ce qui suit, nous allons faire une comparaison entre les valeurs de la consommation énergétique réelle avec turbochargeurs de la station et les résultats de simulation par les logiciels IMS et TORAY.

Mais avant de passer à la comparaison, nous allons faire une présentation de ces logiciels

# Chapitre IV

Mode de fonctionnement des  
logiciels Toray et IMS Design

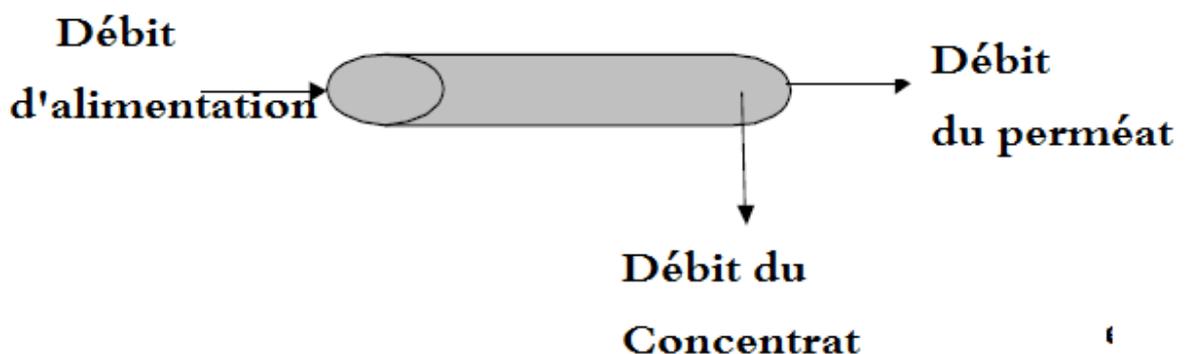
### III.1.Introduction

Les logiciels de simulation sont utilisés dans les études de dimensionnement des stations de déminéralisation des eaux et cela pour aboutir aux différents modèles de configurations membranaires, et cela dans le but de satisfaire les exigences du client en matière de qualité et quantité d'eau produite avec un coût énergétique le moins élevé.

En particulier dans ce travail, nous allons utiliser les logiciels IMS design conçu par la société Hydranautics et Toray DS2 conçu par la société Toray membrane, cela se traduit par une différence de la nature des membranes utilisées, ce qui va nous permettre de connaître aussi l'efficacité énergétique des systèmes de conversion d'énergie pour chaque type de membranes dans les conditions opératoires bien précises. comme le pH, La pression du concentrat, la température

#### Les différentes étapes de dimensionnement d'un système membranaire par logiciels

**Etape1** Calcul du nombre d'éléments dans chaque tube de pression et la pression du tube de pression



**Fig19** : Dimensionnement des éléments dans un tube de pression

#### Etape2

Calcul de la concentration du perméat en fonction des paramètres de fonctionnement tel que le Taux de conversion

$$Y(\%) = \frac{Q_p}{Q_a} \cdot 100$$

Le débit du concentrat  $Q_c$

#### Etape3

Calcul de la pression d'alimentation

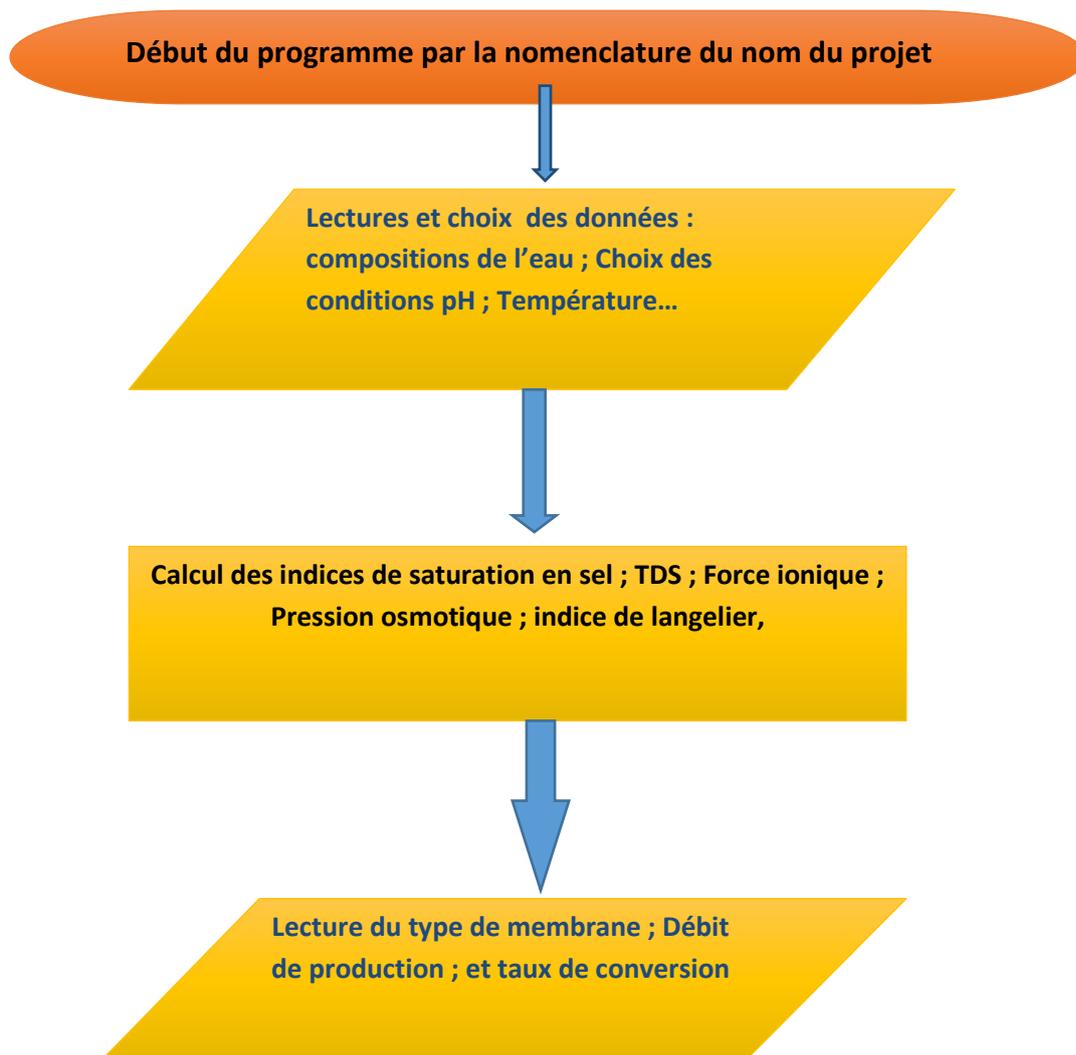
#### Etape4

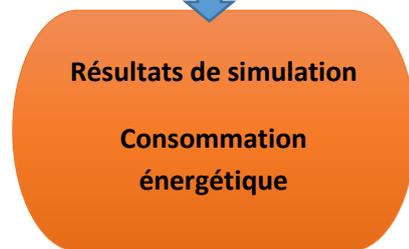
Calcul du débit d'alimentation pour chaque élément contenu dans le tube de pression

#### Etape5

Calcul de la consommation énergétique selon le système choisi

En générale, l'organigramme de fonctionnement de ces deux logiciels est décrit dans le schéma suivant ;





### **III.3. Etapes de simulation**

#### **IMS**

##### **III.3. 1. Etape 1 :**

**Analyse :** C'est l'étape où on ajoute les analyses des eaux ( eau de mer – eau traitée – perméat... )

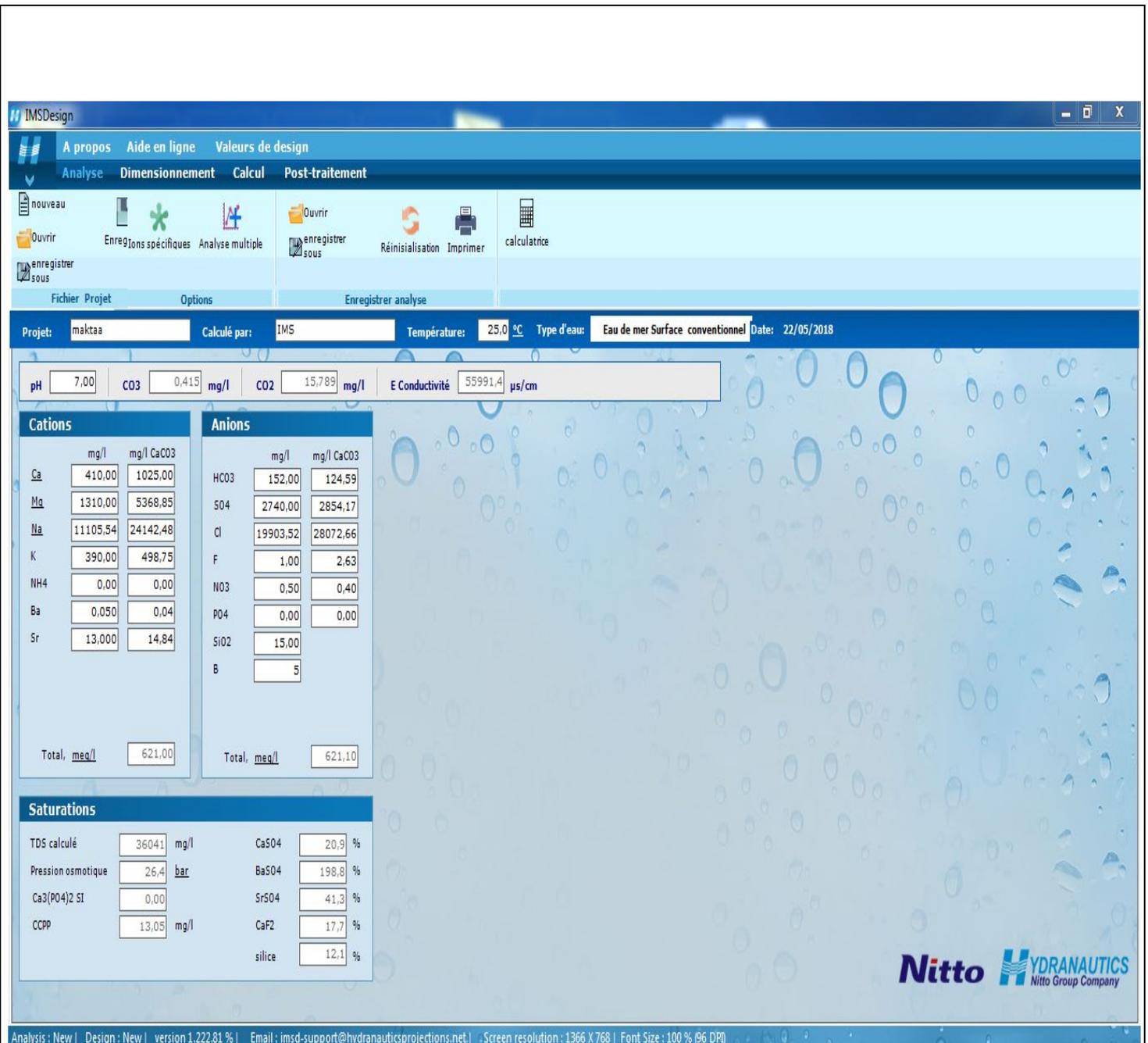
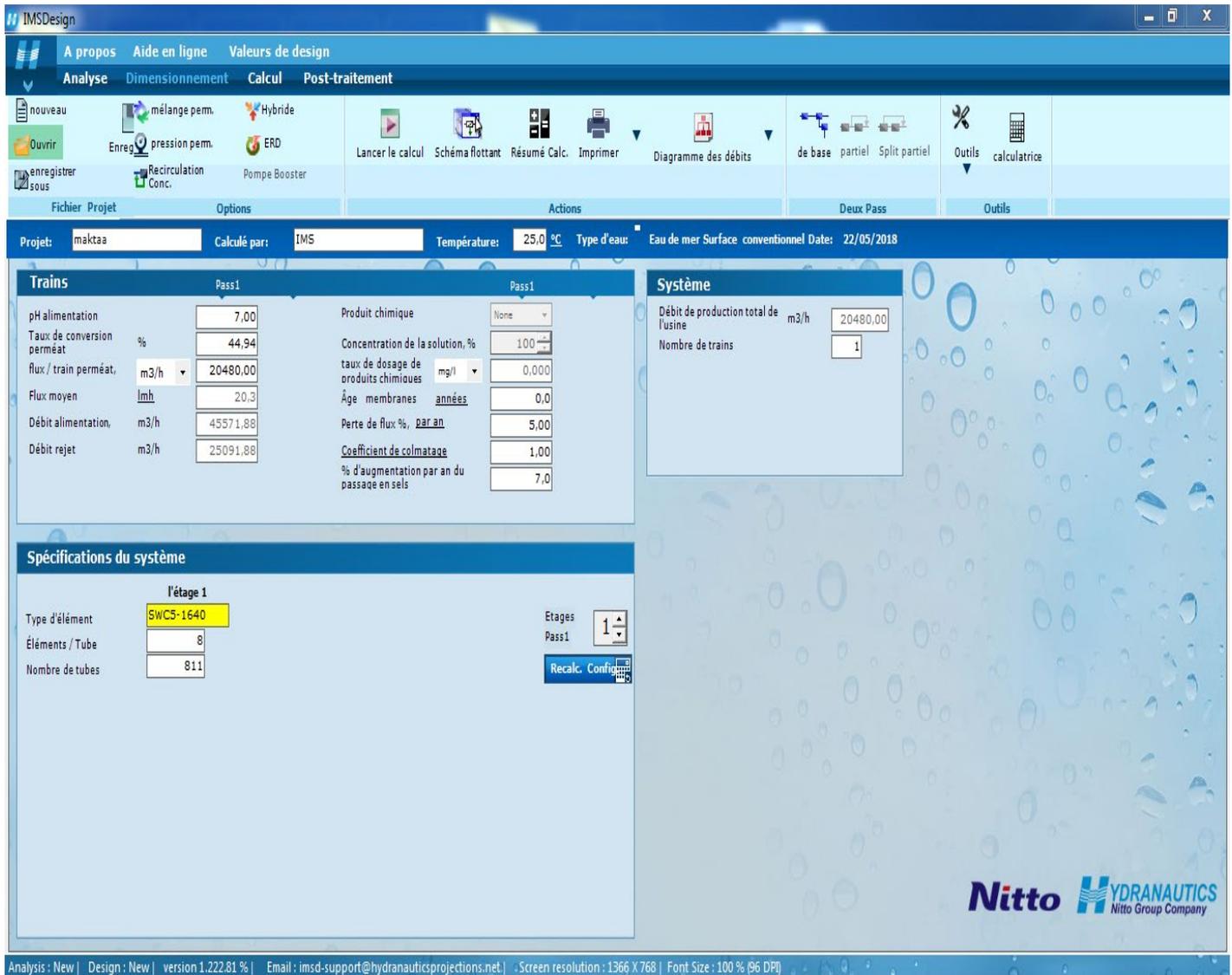


Fig20 : image capture écran de l'étape analyse par IMS-Design

### III.3.2.Etape 2 :

**Dimensionnement** : c'est la partie d'ajoute les condition et de choisi le type de membrane et même dans cette étape le calcul de consommation énergétique



**Fig21** : image capture écran de l'étape de dimensionnement avant le calcul

Hydranautics - A Nitto Group Company, IMSDesign-2016

A propos Aide en ligne Valeurs de design

Analyse Dimensionnement Calcul Post-traitement

nouveau mélange pem. Hybride

Ouvrir Enreg. pression pem. ERD retour Schéma flottant Résumé Calc. Imprimer Diagramme des débits de base partiel Split partiel Outils calculatrice

enregistrer sous Recirculation Conc. Pompe Booster

Fichier Projet Options Actions Deux Pass Outils

Projet: sea water RO1 Calculé par: ims design Température: 25,0 °C Type d'eau: Eau saumâtre de forage faible colmDate: 08/05/2017

### Trains

Pass1		Pass1	
pH alimentation	8,30	Produit chimique	H2SO4
Taux de conversion perméat %	45,00	Concentration de la solution, %	100
Débit perméat, m3/d	100000,0	taux de dosage de produits chimiques mg/l	0,385
Flux moyen lmh	14,4	Âge membranes années	5,0
Débit alimentation, m3/d	222222,2	Perte de flux %, par an	5,00
Débit rejet, m3/d	122222,2	Coefficient de colmatage	0,774
		% d'augmentation par an du passage en sels	7,0

### Résultats de calcul

(Tous les débits sont par tube)

Arrangement	Tubes	Alimentation (bar)	Conc (bar)	Alimentation (m3/h)	Conc (m3/h)	Flux (lmh)	flux le plus élevé (lmh)	bêta le plus élevée
1-1	1014	53,2	51,9	9,13	5,02	14,4	32,1	1,06

### Calculs ERD

#### Echangeur de pression

Fuite: 1,00 %  
Mélange volumétrique: 6,00 %  
Différentiel H.P.: 7,25 bar  
Pression Boost: 8,63 bar

**avertissement:**

- Séquestrant nécessaire.

### Concentration perméat

Ca	1,325	K	7,515	Sr	0,044	Cl	270,095	PO4	0,000	CO2	0,781
Mg	4,215	NH4	0,000	HCO3	3,654	NO3	0,000	SiO2	0,000	CO3	0,002
Na	167,291	Ba	0,000	SO4	9,452	F	0,038	B	0,000	pH	6,8
TDS: 463,63 mg/l											

### Saturations et paramètres concentrat

CaSO4, %	47	SrSO4, %	98	Force ionique	1,33	pH	8,5
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	Pression osmotique	48,8 bar	TDS	66876,5 mg/l
Ca3(PO4)2 SI	0,00	CaF2, %	345	Langelier	2,05		

Analysis: New | Design: sea\_RO SWC645 | Version: 1.215.69 % | Email: imsd-support@hydranauticsprojections.net | Screen resolution: 1366 X 768 | Font Size: 100 % (96 DPI) | calculé avec succès

FR 10:40 08/05/2017

Fig22 : image capture écran de l'étape de dimensionnement après le calcul

### III.3.3.Etape3

**Calcul** : c'est l'étape de l'affichage des résultats de calcul de consommation énergétique

Hydranautics - A Nitto Group Company, IMSDesign-2016

A propos Aide en ligne Valeurs de design

Analyse Dimensionnement Calcul Post-traitement

nouveau

Ouvrir

enregistrer sous

Enregistrer

Puissance requise

Produits chimiques nécessaires

Coût

Imprimer

valeurs par défaut

USD - USA

Choisissez la monnaie

Fichier Projet calculs Options

Projet: sea water RO1 Calculé par: ims design Température: 25.0 °C Type d'eau: Eau saumâtre de forage faible colm Date: 08/05/2017

#### Calcul de la puissance

	Pass1	ERD boost
Pression pompe / boost	bar	
	64,7	11,1
Débit production	m3/d	
	200000,0	
Débit de la pompe	m3/d	
	202417,1	242027,8
Rendement de la pompe	%	
	83,0	83,0
Rendement du moteur	%	
	93,0	93,0
Rendement variateur de fréquence	%	
	97,0	97,0
Puissance / Etage / Pass	kw	
	19858,7	4080,9
	BHP	
	26620,3	5470,4
Puissance totale de pompage	kw	
	23939,6	
Energie spécifique de pompage	kwh/m3	
	2,87	

Nitto HYDRANAUTICS Nitto Group Company

Analysis : New | Design : sea\_RO SWC645 | Version : 1.215.69 % | Email : imsd-support@hydranauticsprojections.net | Screen resolution : 1366 X 768 | Font Size : 100 % (96 DPI) | calculé avec succès

FR 09:05 08/05/2017

**Fig23** : image capture écran de l'étape calcul

**Echangeur de pression**

page : 1/3

Nom du projet			
Calculé par	IMS	flux / train perméat	20840,00 m3/h
Débit Pompe HP	21086,14 m3/h	écoulement de l'eau brute / train	46476,36 m3/h
Pression alimentation	66,7 bar	Taux de conversion perméat	44,84 %
Température alimentation	25,0 °C(77,0°F)	Age élément	0,0 années
pH eau alimentation	8,00	Déclin du flux %, par an	5,0
Dosage produit chimique,mg/l, -	H2SO4	Coefficient de coïmatage	1,00 %
Fuite	1 %	Perte de flux par an,%	7,0 %
Mélange volumétrique	6 %		
Différentiel H.P.	1,00 bar		
Pression Boost	4,91 bar		
Energie spécifique	2,54 kwh/m3		
NDP pass	28,6 bar		
Flux moyen	22,7 lmh		

										Type	Eau de mer Surface conventionnel			
										alimentation				
Pass - Perm.	Débit / Tube	Flux	DP	Flux	Bêta	pression par étage			Perm.	Elément	Elément	PV# x		
Etage	Allment ation	Conc		max		Perm.	Boost	Conc	TDS	Type	Quantité	Elem #		
	m3/h	m3/h	lmh	bar	lmh	bar	bar	bar	mg/l					
20829,												2800 x		
1-1	8	16,6	9,2	22,7	3,9	37,5	1,03	0	0	62,8	90,8	SWC4 MAX	22400	8M

Ion (mg/l)	Eau brute	eau mélangée	Eau alimentation	Imprégner l'eau	Concentrat	Rejet ERD
Dureté, CaCO3	6393,85	6574,71	6574,71	3,939	11911,4	11580,33
Alkalinity, as CaCO3	129,96	134,88	134,88	0,541	251,7	0,00
Ca	410,00	421,60	421,60	0,253	763,8	742,58
Mg	1310,00	1347,05	1347,05	0,807	2440,5	2372,63
Na	11105,54	11418,93	11418,93	32,812	20666,6	20092,83
K	390,00	401,00	401,00	1,440	725,5	705,38
NH4	0,00	0,00	0,00	0,000	0,0	0,00
Ba	0,050	0,051	0,051	0,000	0,1	0,09
Sr	13,000	13,368	13,368	0,008	24,2	23,55
H	0,00	0,00	0,00	0,001	0,0	0,00
CO3	3,19	4,40	4,40	0,000	15,8	15,10
HCO3	152,00	156,03	156,03	0,744	274,8	267,43
SO4	0,00	0,00	0,00	0,000	0,0	0,00
Cl	19903,52	20465,32	20465,32	54,229	37042,9	36014,65
F	1,00	1,03	1,03	0,005	1,9	1,81
NO3	0,50	0,51	0,51	0,010	0,9	0,90
PO4	0,00	0,00	0,00	0,000	0,0	0,00
OH	0,00	0,02	0,02	0,000	0,0	0,03
SiO2	15,00	15,42	15,42	0,031	27,9	27,15
B	5,00	5,13	5,13	0,405	9,0	8,73
CO2	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59
<b>TDS</b>	<b>33308,80</b>	<b>34249,84</b>	<b>34249,84</b>	<b>90,74</b>	<b>61993,82</b>	<b>60272,81</b>
<b>pH</b>	<b>8,00</b>	<b>8,00</b>	<b>8,00</b>	<b>5,86</b>	<b>8,23</b>	<b>8,23</b>

Saturations	Eau brute	Eau alimentation	Concentrat	Limites
CaSO4 / ksp * 100, %	0	0	0	400
SrSO4 / ksp * 100, %	0	0	0	1200
BaSO4 / ksp * 100, %	0	0	0	10000
SiO2 saturation,%	11	11	18	140
CaF2 / ksp * 100, %	17	19	159	50000
Ca3 (PO4) 2 Indice de saturation	0,0	0,0	0,0	2,4
CCPP, mg/l	36,36	38,47	114,33	
Force Ionique	0,66	0,68	1,22	
Pression osmotique, bar	25,9	26,6	48,2	

Les calculs de performance du produit sont basés sur la performance nominale de l'élément lorsqu'il est utilisé avec une eau d'alimentation de qualité acceptable. Les résultats présentés sur les impressions produites par ce programme sont des estimations de la performance du produit. Aucune garantie de produit ou performance de système n'est exprimée ou suggérée à moins qu'elle ne soit fournie dans une déclaration distincte de garantie signée par un représentant autorisé d'Hydranautics. Les calculs de consommation de produits chimiques sont fournis pour commodité et sont basés sur diverses hypothèses concernant la qualité et la composition de l'eau. Etant donné que la quantité réelle de produit chimique nécessaire pour l'ajustement du pH dépend de l'eau d'alimentation et pas de la membrane, Hydranautics ne garantit pas la consommation de produits chimiques. Si une garantie de produit ou système est requise, merci de contacter votre représentant Hydranautics. Les garanties non-standard ou étendues peuvent entraîner un prix différent des devis précédemment fournis. Version : 1.222.81 %  
 Email : [imad-support@hydranauticsprojections.net](mailto:imad-support@hydranauticsprojections.net) [www.membranes.com](http://www.membranes.com) +1 760 901 2800

**Echangeur de pression**

page : 2/3

Nom du projet			
Calculé par	IMS	flux / train perméat	20840,00 m3/h
Débit Pompe HP	21086,14 m3/h	écoulement de l'eau brute / train	46476,36 m3/h
Pression alimentation	66,7 bar	Taux de conversion perméat	44,84 %
Température alimentation	25,0 °C(77,0°F)	Age élément	0,0 années
pH eau alimentation	8,00	Déclin du flux %, par an	5,0
Dosage produit chimique,mg/l, -	H2SO4	Coefficient de colmatage	1,00 %
Fuite	1 %	Perte de flux par an,%	7,0 %
Mélange volumétrique	6 %		
Différentiel H.P.	1,00 bar		
Pression Boost	4,91 bar		
Energie spécifique	2,54 kwh/m3		
NDP pass	28,6 bar		
Flux moyen	22,7 lmh		

											Eau de mer Surface conventionnel			
											Type alimentation			
Pass - Perm.	Débit / Tube		Flux	DP	Flux	Bêta	pression par étage			Perm.	Elément	Elément	PV# x Elem #	
Etage	Débit	Aliment	Conc				max	Perm.	Boost	Conc	TDS	Type	Quantité	
	m3/h	m3/h	m3/h	lmh	bar	lmh		bar	bar	bar	mg/l			
1-1	8	16,6	9,2	22,7	3,9	37,5	1,03	0	0	62,8	90,8	SWC4 MAX	22400	
													2800 x 8M	

											Imprégner l'eau			
Pass - Elément	Alimentation	Pression	Conc	NDP	Imprégner l'eau	Imprégner l'eau	Bêta	Perméat (Cumul des pass)						
Etage	No.	Pression	Perte	Osmo.	Débit	Flux	TDS	Ca	Mg	Na	Cl			
		bar	bar	bar	m3/h	lmh								
1-1	1	66,7	0,71	29,3	37,5	1,5	37,5	1,03	41,1	0,114	0,366	14,87	24,575	
1-1	2	66	0,62	32,2	33,9	1,3	32,6	1,03	46,2	0,128	0,41	16,686	27,576	
1-1	3	65,4	0,55	35,1	30,5	1,1	28	1,03	51,8	0,144	0,461	18,738	30,966	
1-1	4	64,8	0,49	38	27	1	23,6	1,03	58,2	0,162	0,517	21,044	34,779	
1-1	5	64,3	0,44	40,8	23,8	0,8	19,7	1,03	65,3	0,182	0,581	23,612	39,023	
1-1	6	63,9	0,4	43,5	20,7	0,7	16,3	1,02	73,1	0,203	0,65	26,439	43,695	
1-1	7	63,5	0,37	46	17,8	0,5	13,4	1,02	81,6	0,227	0,726	29,516	48,781	
1-1	8	63,1	0,34	48,2	15,2	0,4	10,9	1,02	90,8	0,253	0,807	32,828	54,255	

Les calculs de performance du produit sont basés sur la performance nominale de l'élément lorsqu'il est utilisé avec une eau d'alimentation de qualité acceptable. Les résultats présentés sur les impressions produites par ce programme sont des estimations de la performance du produit. Aucune garantie de produit ou performance de système n'est exprimée ou suggérée à moins qu'elle ne soit fournie dans une déclaration distincte de garantie signée par un représentant autorisé d'Hydranautics. Les calculs de consommation de produits chimiques sont fournis pour commodité et sont basés sur diverses hypothèses concernant la qualité et la composition de l'eau. Etant donné que la quantité réelle de produit chimique nécessaire pour l'ajustement du pH dépend de l'eau d'alimentation et pas de la membrane, Hydranautics ne garantit pas la consommation de produits chimiques. Si une garantie de produit ou système est requise, merci de contacter votre représentant Hydranautics. Les garanties non standard ou étendues peuvent entraîner un prix différent des devis précédemment fournis. Version : 1.222.01 %  
 Email : imsd-support@hydranauticsprojections.net

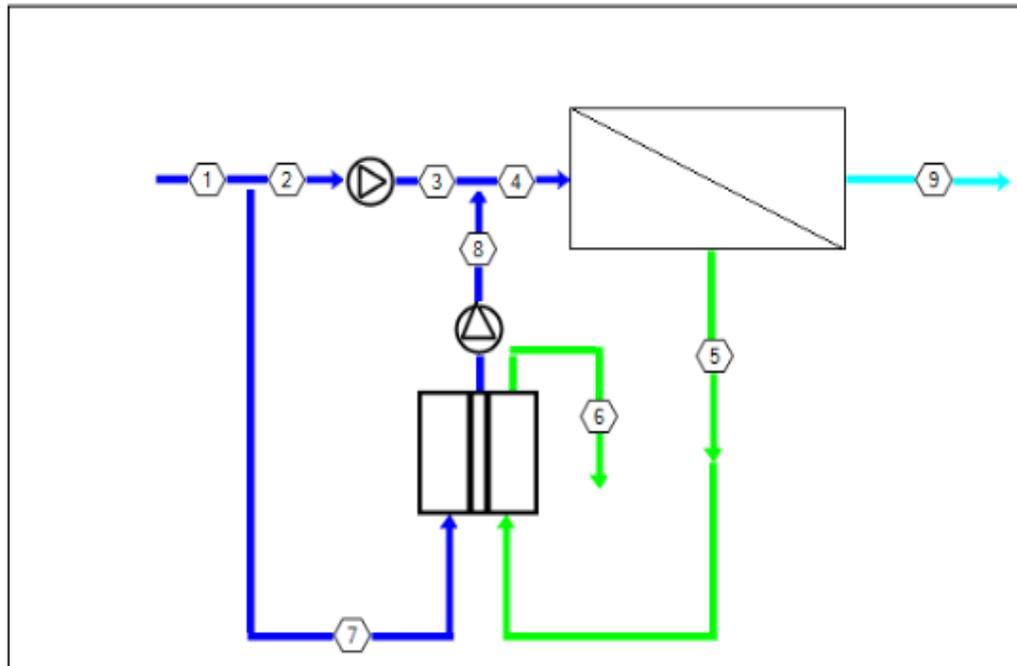
Echangeur de pression

Nom du projet

page : 3/3

Température : 25,0 °C

Age élément, P1 : 0,0 années



Stream No.	Débit (m3/h)	Pression (bar)	TDS (mg/l)	pH	Econd (µs/cm)
1	46476	0	33309		52955
2	21082	0	33310		52960
3	21082	67,3	33310		52960
4	46476	67,3	34250		54368
5	25651	65,2	61990		95243
6	25651	0	60269		92737
7	25394	0	33310		52960
8	25394	67,3	35030		55535
9	20840	0	83,9		182

Les calculs de performance du produit sont basés sur la performance nominale de l'élément lorsqu'il est utilisé avec une eau d'alimentation de qualité acceptable. Les résultats présentés sur les impressions produites par ce programme sont des estimations de la performance du produit. Aucune garantie de produit ou performance de système n'est exprimée ou suggérée à moins qu'elle ne soit fournie dans une déclaration distincte de garantie signée par un représentant autorisé d'Hydranautics. Les calculs de consommation de produits chimiques sont fournis pour commodité et sont basés sur diverses hypothèses concernant la qualité et la composition de l'eau. Etant donné que la quantité réelle de produit chimique nécessaire pour l'ajustement du pH dépend de l'eau d'alimentation et pas de la membrane, Hydranautics ne garantit pas la consommation de produits chimiques. Si une garantie de produit ou système est requise, merci de contacter votre représentant Hydranautics. Les garanties non-standard ou étendues peuvent entraîner un prix différent des devis précédemment fournis. Version : 1.222.81 %  
 Email : [imad-support@hydranauticsprojections.net](mailto:imad-support@hydranauticsprojections.net)

**Echangeur de pression**

page : 1/3

Nom du projet			
Calculé par	IMS	flux / train perméat	20840,00 m3/h
Débit Pompe HP	21077,86 m3/h	écoulement de l'eau brute / train	46476,36 m3/h
Pression alimentation	60,1 bar	Taux de conversion perméat	44,84 %
Température alimentation	25,0 °C(77,0°F)	Age élément	0,0 années
pH eau alimentation	8,00	Déclin du flux %, par an	5,0
Dosage produit chimique,mg/l, -	H2SO4	Coefficient de coïmatage	1,00 %
Fuite	1 %	Perte de flux par an,%	7,0 %
Mélange volumétrique	6 %		
Différentiel H.P.	1,00 bar		
Pression Boost	4,82 bar		
Energie spécifique	2,30 kwh/m3		
NDP pass	22,2 bar		
Flux moyen	22,7 lmh		

		Type alimentation		Eau de mer Surface		conventionnel								
Pass -	Perm.	Débit / Tube	Flux	DP	Flux	Bêta	pression par étage	Perm.	Elément	Elément	PV# x			
Etage	Débit	Aliment	Conc		max		Perm.	Boost	Conc	TDS	Type	Quantité	Elem #	
	m3/h	m3/h	m3/h	lmh	bar	lmh	bar	bar	bar	mg/l				
	20821,												2800 x	
1-1	5	16,6	9,2	22,7	3,8	42,3	1,04	0	0	56,3	127,9	SWC5 MAX	22400	8M

Ion (mg/l)	Eau brute	eau mélangée	Eau alimentation	Imprégner l'eau	Concentrat	Rejet ERD
Dureté, CaCO3	6393,85	6574,59	6574,59	5,545	11906,0	11575,28
Alkalinity, as CaCO3	129,96	134,87	134,87	0,809	251,4	0,00
Ca	410,00	421,59	421,59	0,356	763,5	742,25
Mg	1310,00	1347,03	1347,03	1,136	2439,4	2371,59
Na	11105,54	11418,43	11418,43	46,180	20648,1	20075,45
K	390,00	400,98	400,98	2,026	724,8	704,67
NH4	0,00	0,00	0,00	0,000	0,0	0,00
Ba	0,050	0,051	0,051	0,000	0,1	0,09
Sr	13,000	13,367	13,367	0,011	24,2	23,53
H	0,00	0,00	0,00	0,001	0,0	0,00
CO3	3,19	4,40	4,40	0,000	15,8	15,08
HCO3	152,00	156,02	156,02	1,046	274,6	267,21
SO4	0,00	0,00	0,00	0,000	0,0	0,00
Cl	19903,52	20464,48	20464,48	76,321	37011,5	35985,14
F	1,00	1,03	1,03	0,008	1,9	1,80
NO3	0,50	0,51	0,51	0,014	0,9	0,89
PO4	0,00	0,00	0,00	0,000	0,0	0,00
OH	0,00	0,02	0,02	0,000	0,0	0,03
SiO2	15,00	15,42	15,42	0,043	27,9	27,13
B	5,00	5,12	5,12	0,692	8,7	8,49
CO2	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59
TDS	33308,80	34248,42	34248,42	127,83	61941,19	60223,34
pH	8,00	8,00	8,00	6,01	8,23	8,23

Saturations	Eau brute	Eau alimentation	Concentrat	Limites
CaSO4 / ksp * 100, %	0	0	0	400
SrSO4 / ksp * 100, %	0	0	0	1200
BaSO4 / ksp * 100, %	0	0	0	10000
SiO2 saturation,%	11	11	18	140
CaF2 / ksp * 100, %	17	19	159	50000
Ca3 (PO4) 2 indice de saturation	0,0	0,0	0,0	2,4
CCPP, mg/l	36,36	38,47	114,19	
Force Ionique	0,66	0,68	1,22	
Pression osmotique, bar	25,9	26,6	48,2	

Les calculs de performance du produit sont basés sur la performance nominale de l'élément lorsqu'il est utilisé avec une eau d'alimentation de qualité acceptable. Les résultats présentés sur les impressions produites par ce programme sont des estimations de la performance du produit. Aucune garantie de produit ou performance de système n'est exprimée ou suggérée à moins qu'elle ne soit fournie dans une déclaration distincte de garantie agréée par un représentant autorisé d'Hydranautics. Les calculs de consommation de produits chimiques sont fournis pour commodité et sont basés sur diverses hypothèses concernant la qualité et la composition de l'eau. Etant donné que la quantité réelle de produit chimique nécessaire pour l'équilibre du pH dépend de l'eau d'alimentation et pas de la membrane, Hydranautics ne garantit pas la consommation de produits chimiques. Si une garantie de produit ou système est requise, merci de contacter votre représentant Hydranautics. Les garanties non-standard ou étendues peuvent entraîner un prix différent des devis précédemment fournis. Version : 1.222.81 %  
 Email : imsd-support@hydranauticsprojections.net [www.membranes.com](http://www.membranes.com) +1 760 901 2800

Pour le logiciel Toray les étapes d'exécution sont les suivantes :

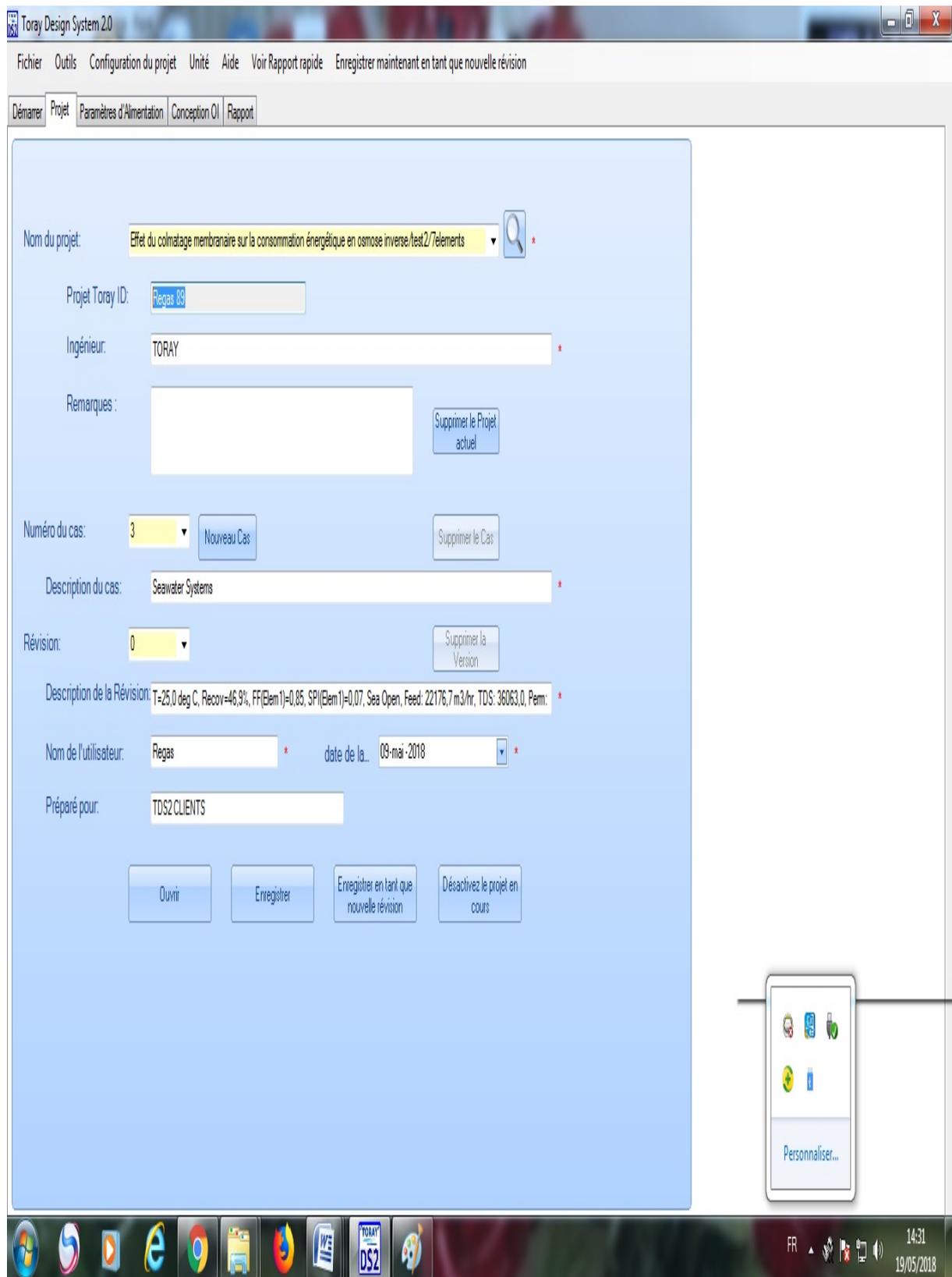


Fig24 : image capture écran de l'étape calcul TORAY (A ; B ; C ; D ; E ; F ; G )

Toray Design System 2.0

Fichier Outils Configuration du projet Unité Aide Voir Rapport rapide Enregistrer maintenant en tant que nouvelle révision

Démarrer | **Projet** | Paramètres d'Alimentation | Conception OI | Rapport

### Solides Dissous Totaux

**Informations sur le Courant**

Type d'Eau: Eau de Mer à prise ouverte

Nombre de Courants d'Alime...: 1

Courant d'Alimentation actuel: 1 Montrer la Combinaison

Pourcentage actuel Courant d...: 100 %

**Paramètres de l'Alimentation**

Température: 25 deg C Débit: 22176,74 m3/hr

pH: 8,00 TDS: 36079,173

Est uS: 52 689 Attribuer la TDS sous forme

**Équilibrer**

% Excess Anion: 0,000 %

Charger/Examiner l'Analyse Équilibrer avec NaCl

Équilibrage automatique Équilibrer avec MgSO4

**données de solubilité**

Espèces Ioniques	% Saturation à l'Alimentation	Conc.
CaSO4	21,47 % de la Solubilité Max.	
BaSO4	191,99 % de la Solubilité Max.	
SiSO4	23 % de la Solubilité Max.	
PO4	0 % de la Solubilité Max.	
SiO2	10,2 % de la Solubilité Max.	
CaF2	0,9 % de la Solubilité Max.	
LSI	0,96	

**ions**

**Cations** Courant actuel: 1

ions	mg/l	mEq / L	ppm CaCO3
Ca	410,00	20,4591	1023,87
Mg	1310,00	107,7967	5394,69
Na	11115,11	483,4789	24195,75
K	390,00	9,9749	499,20
Ba	0,0500	0,0007	0,04
Sr	13,0000	0,2967	14,85
NH4			
Fe			
<b>Totaux</b>	<b>13238,1551</b>	<b>622,0081</b>	<b>31128,3946</b>

**Anions**

ions	mg/l	mEq / L	ppm CaCO3
HCO3	152,00	2,4911	124,67
Cl	19913,36	561,6832	28109,44
SO4	2740,00	57,0467	2854,90
NO3	0,50	0,0081	0,40
F	1,00	0,0526	2,63
Br	10,00	0,1252	6,26
B	5,00	0,4625	23,15
SiO2	15,00	0,2497	12,49
PO4			
CO3	4,16	0,1387	6,94
CO2	1,63	0,0370	1,85
<b>Totaux</b>	<b>22841,0174</b>	<b>622,0081</b>	<b>31128,3954</b>

Réinitialiser Ion

Personnaliser...

Image A



Toray Design System 2.0

Fichier Outils Configuration du projet Unité Aide Voir Rapport rapide Enregistrer maintenant en tant que nouvelle révision

Démarrer | Projet | Paramètres d'Alimentation | Conception OI | Rapport

Projet	89-Effet du colmatage membranaire sur la consommation énergétique nose inverse/les2/7elements		
Cas	3 Seawater Systems		
Révision	0 T=25.0 deg C, Recov=46.9%, FF(Elem1)=0.85, SPI(Elem1)=0.07, Sea Open, Feed: 22176.7 m3/hr, TDS: 36063.0, Perm: 10399.7, TDS: 310, Tot Elem: 24000, 1st Elem: TM820C-400		
Type d'Eau Alimentation	Eau de Mer à prise ouverte, Note: Auto Balance is ON		
Avertissements et Erreurs	Avertissements:6, Erreurs:0. Voir les remarques importantes à la fin /E		
Info Base de données:	Base de Données du projet C:\Users\ Poste-10\Documents\TorayDS2\App_Data\DS2.sdf(Ver:2.6) Base de Données Membrane (V20148).		

		Dans l'ensemble	Passer 1
TDS eau brute	mg/L	36 079,2	36 079,2
Alimentation EC @25C / @25,00C	uS	52 688,8 / 52 688,8	52 688,8 / 52 688,8
Pression d'Alimentation	bar	0,0	53,11
Température	deg C	25,00	
DP Totale	bar	0,273	0,273
Pression du Concentrat	bar	52,84	52,84
Fouling Max	3,00 ans		0,850
PS % Augmentation (Max)	3,00 ans		22,50%
Taux de Conversion	%	46,90%	46,9%
Débit d'Alimentation	m3/hr	22 177	22 177
Débit Produit	m3/hr	10 400	10 400
Flux moyen	l/m2/hr	9,958	9,958
Débit Concentrat	m3/hr	11 777	11 777
TDS Produit	mg/L	355,8	355,8
TDS Concentrat	mg/L	67 625	67 625
KW Pompe HP primaire	kilowatt	41 952,75	41 952,75
Consommation Energétique	kWh/m <sup>3</sup>	4,034	4,034

Ions		Alimentation	Alimentation Net	Conc.
Ca	mg/L	410,0	410,0	771,0
Mg	mg/L	1 310	1 310	2 463
Na	mg/L	11 115	11 115	20 819

Personnaliser...

FR 14:42 19/05/2018

Image C

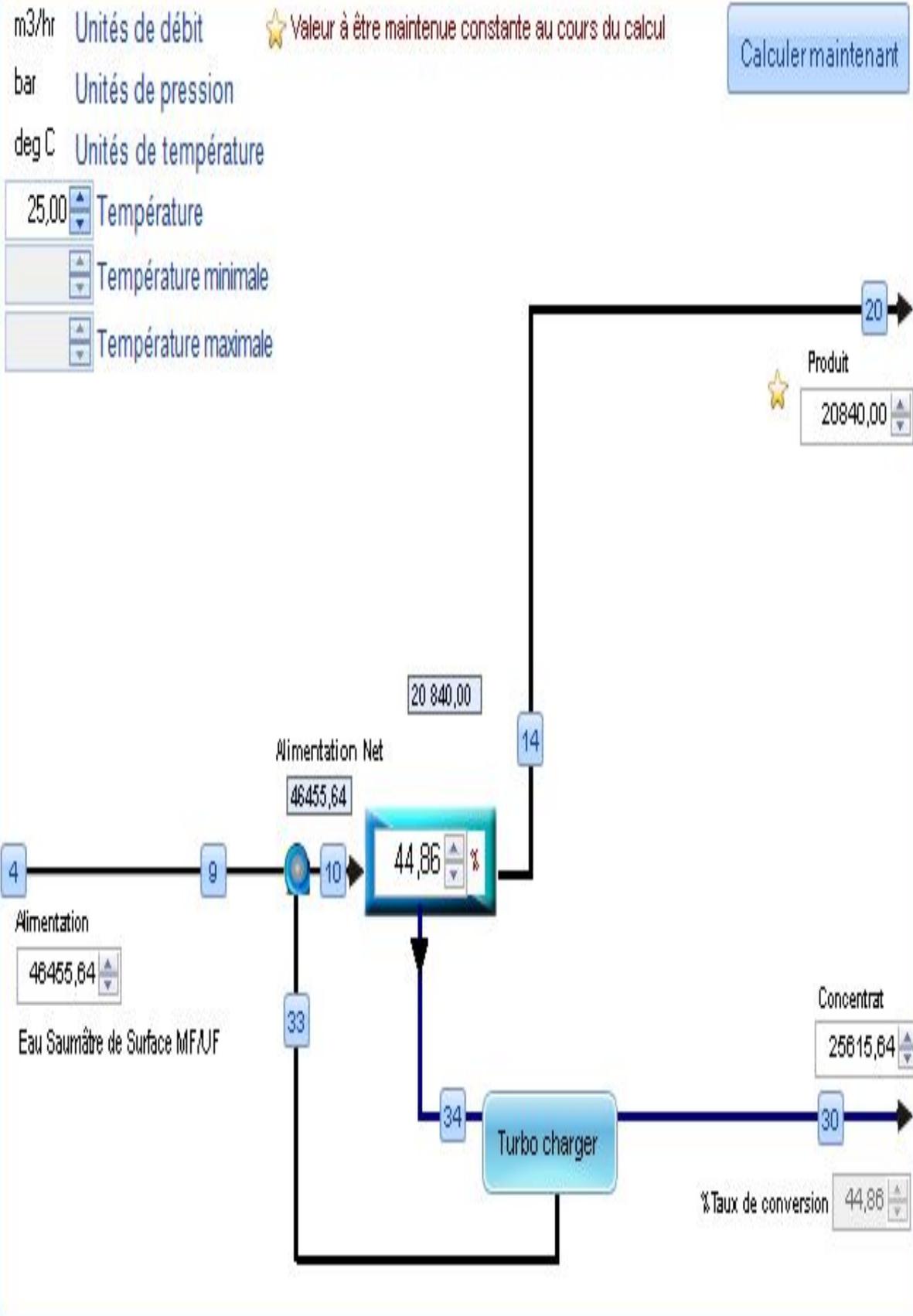


Image D

Rapport d'Ensemble du Système

Projet	TDS2 USER 98:MEKTAA TM820M400 PH8 T25 Avec ERI 34 bar
Cas	4 Seawater Open
Révision	0 50% Recov, 1 Pass, RO Permeate, Feed: 16.0 m3/hr, TDS: 40926.1, Perm: 8.0, TDS: 370, Tot Elem: 16, 1st Elem: TM820-400
Type d'Eau Alimentation	Eau Saumâtre de Surface MF/UF, Note: Auto Balance is ON
Avertissements et Erreurs	Avertissements: 1, Erreurs: 0. Voir les remarques importantes à la fin /E
Info Base de données:	Base de Données du projet: C:\Users\Administrateur\Documents\TorayDS2App_Data\DS2.sdf(Ver:2.6) Base de Données Membrane (V.20148) :

		Dans l'ensemble	Passer 1		
TDS eau brute	mg/L	35 496,5	35 496,5		
Alimentation EC @25C / @25,00C	uS	53 754,3 / 53 754,3	53 754,3 / 53 754,3		
Pression d'Alimentation	bar	0,0	59,63		
Température	deg C	25,00			
DP Totale	bar	0,968	0,968		
Pression du Concentrat	bar	34,00	58,66		
Fouling Max	3,00 ans		0,850		
PS % Augmentation (Max)	3,00 ans		33,10%		
Taux de Conversion	%	44,86%	44,9%		
Débit d'Alimentation	m3/hr	46 456	46 456		
Débit Produit	m3/hr	20 839	20 839		
Flux moyen	lm2/hr	17,459	17,459		
Débit Concentrat	m3/hr	25 616	25 616		
TDS Produit	mg/L	199,5	199,5		
TDS Concentrat	mg/L	64 211	64 211		
kW Pompe HP primaire	kilowatt	82 660,24	82 660,24		
Turbocharger   GenericPuissance économisée	kilowatt	12 447,05			
Pression de refoulement SRE	bar	34,00			
Consommation Energétique	kWh/m*3	3,967	3,967		
Ions		Alimentation	Alimentation Net	Conc.	Produit
Ca	mg/L	410,0	410,0	743,0	0,664
Mg	mg/L	1 310	1 310	2 374	2,121
Na	mg/L	11 140	11 140	20 145	71,21
K	mg/L	390,0	390,0	704,4	3,491
Ba	mg/L	0,05	0,05	0,0906	8,06E-05
Sr	mg/L	13,000	13,000	23,56	0,021
NH4	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
Fe	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
HCO3	mg/L	152,0	152,0	274,2	1,291
Cl	mg/L	21 775	21 775	39 393	119,4
SO4	mg/L	270,0	270,0	489,3	0,471
NO3	mg/L	0,500	0,500	0,903	0,0047
F	mg/L	1,000	1,000	1,806	0,0094
Br	mg/L	10,000	10,000	18,091	0,0548
B (Bore)	mg/L	5,000	5,000	8,509	0,686
SiO2	mg/L	15,000	15,000	27,10	0,128
PO4	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0
CO3	mg/L	4,103	4,103	7,367	0,0001
CO2	mg/L	1,634	1,634	2,143	1,674
TDS	mg/L	35 496	35 496	64 211	199,5
Alimentation EC @25C / @25,00C	uS	53 754 / 53 754	53 754 / 53 754	87 633 / 87 633	416,1 / 416,1
pH	pH	8,000	8,000	8,110	6,070
Pression Osmotique (DS1 / Pitzer)	bar	27,278 / 27,06	27,278 / 27,06	48,759 / 50,74	0,166 / 0,16
ISL/ISSD		0,95 / 0,13	0,95 / 0,13	1,81 / 0,60	-5,38 / -5,39
CaSO4 / SrSO4 %	%	2,2% / 2,3%	2,2% / 2,3%	4,6% / 5,8%	0,0% / 0,0%
BaSO4 / SiO2 %	%	19,5% / 10,2%	19,5% / 10,2%	32,6% / 17,4%	

Image E

Pitzer % Solubilité	Calcite/Dolomite	236% / 13 906%	236% / 13 906%	808% / 171 212%	
Pitzer % Solubilité	CaSO4/SrSO4	2% / 4%	2% / 4%	5% / 8%	

Informations Etage/Banc	Passe1	Etage 1
Type de l'Élément de tête		TM820V-400
Type du dernier Élément		TM820V-400
Éléments au Total	32000	32000
Tube au Total	4000	4000
Éléments par Tube		8
Débit d'Alimentation	m3/hr	46 456
Débit Produit	m3/hr	20 840
Flux moyen	lm2/hr	17,459
Flux de Concentrat	m3/hr	25 616
Taux de Conversion %	%	44,86 %
Pression d'Alimentation	bar	55,23
dP Éléments	bar	0,942
Pression de Boost	bar	0,0
Perte de charge dans les canalisations:	bar	0,0
Net (Boost - dP canalisations)	bar	0,0
Pression du Concentrat	bar	54,29
Pression du Perméat	bar	0,0
TDS Alimentation	mg/L	35 496
TDS Perméat	mg/L	231,9
Élément de tête	Passe1	Etage 1
Débit d'Alimentation	m3/hr	11,614
Débit Produit	m3/hr	1,089
TDS Produit	mg/L	104,2
Flux	lm2/hr	29,20
Dernier Élément	Passe1	Etage 1
Débit Produit	m3/hr	0,252
TDS Produit	mg/L	734,6
Ratio Concentrat/Perméat	ratio	25,46
Flux de Concentrat	m3/hr	6,404
Force Motrice	bar	4,860
Bêta		1,049

Produits chimiques 100%. Disclaimer: These estimated dose rates are provided as a courtesy to Toray DS2 users and are not guaranteed.

Aucun Produit Chimique ajouté

#### Avertissements

1. Indice Stiff Davis Conc. =0,61 Attention - l'indice de Stiff Davis (ISSD) est supérieur à 0. Inhibiteur de tartre nécessaire.

#### Erreurs

Disclaimer : The program is intended to be used by persons having technical skill, at their own discretion and risk. The projections, obtained with the program, are the expected system performance, based on the average, nominal element-performance and are not automatically guaranteed. Toray shall not be liable for any error or miscalculation in the program. The obtained results cannot be used to raise any claim for liability or warranty. It is the users responsibility to make provisions against fouling, scaling and chemical attacks, to account for piping and valve pressure losses, feed pump suction pressure and permeate backpressure. For questions please contact us:

Toray Industries, Inc., Water Treatment Division, RO Membrane Products Dept.  
1-1, Nishinoshinomachi 2-chome, Chuo-ku, Tokyo 103-8655, Japan  
TEL +81-3-3245-4540 FAX +81-3-3245-4913

Toray Membrane USA, Inc.  
13435 Danielson St., Poway, CA, 92064, USA  
TEL +1-858-218-2390 FAX +1-858-486-3663

Toray Membrane Europe AG  
Guttenbachstrasse 8 P.O. Box 932 CH-4142 Münchenstein 1, Switzerland  
TEL +41-61-415-8710 FAX +41-61-415-8720

Toray Asia Pte. Ltd. / TEL +65-6226-0525 FAX +65-6226-0599  
111 Somerset Road, #14-01, Singapore 238164

Toray Bluestar Membrane Co., Ltd. /Tel +86-10-80485216 Fax +86-10-80485217  
Zone B, Tianzhu Airport Industrial Zone, Beijing 101318, China

<http://www.toraywater.com/>

Date / Heure :	21/05/2018 17:48:19
Projet :	TDS2 USER 98 MEKTAA TM820V400 PH8 T25 Avec ERI 35 bar
Cas :	4: Seawater Open
Révision :	0:50% Recov, 1 Pass, RO Permeate, Feed: 16.0 m3/hr, TDS: 40926.1, Perm: 8.0, TDS: 370, Tot Elem: 16, 1st Elem: TM820-400

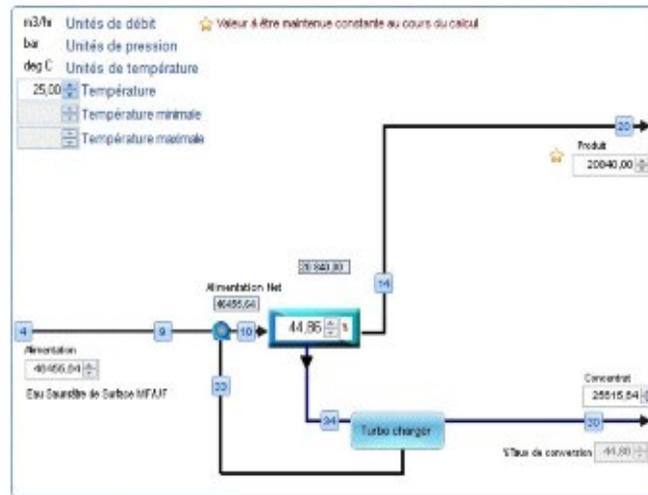
Toray TDS2: MEKTAA TM820V400 PH8 T25 , 50% Recov, 1 Pass, RO Permeate, Feed: 16.0 m3/hr, TDS: 40926.1, Perm: 8.0, TDS:

Page 2 / 5

Image F

Préparé pour :	
Remarques :	
Base de Données Membranes	
Numéro de la version:	20148
Date de publication:	19/03/2018
Mis à jour par:	YK
Version Toray DS2 :	2.1.1.145

**Diagramme:**



**Information Courant**

Numéro du Courant	Débit	Pression	TDS	Est uS	pH
20. Produit Final	20 839,39	0,0	223,1	474,1	4,470
4. Alimentation Net	46 455,64	0,0	35 579,56	53 859,4	6,000
10. Alimentation Passe 1	46 455,64	59,73	35 579,56	53 859,4	6,000
30. Concentrat vers saumure	25 616,25	34,00	64 349,66	87 793,7	6,245
34. Pression élevée à SRE	25 616,25	58,76	64 349,66	87 793,7	6,247
33. Boost vers Alimentation	46 455,64	9,693	35 579,56	53 859,4	6,000

**Détails des éléments dans le Passe1**

Passe 1 Etage 1	Élément 1	Élément 2	Élément 3	Élément 4	Élément 5
Modèle	TM820M-400	TM820M-400	TM820M-400	TM820M-400	TM820M-400
Surface m2 / diamètre pouce	37,30 / 8	37,30 / 8	37,30 / 8	37,30 / 8	37,30 / 8
Age	3	3	3	3	3
PS %/an	7	10	10	10	10
PSI appliqué	22,50	33,10	33,10	33,10	33,10
Fouling	0,850	0,955	0,955	0,955	0,955
Taux de Conversion %	8,145	8,774	8,424	7,931	7,249
Débit d'Alimentation(m3/hr)	11,614	10,668	9,732	8,912	8,205
Débit Perméat(m3/hr)	0,946	0,936	0,820	0,707	0,595
Débit Concentrat(m3/hr)	10,668	9,732	8,912	8,205	7,611
Flux(l/m2/hr)	25,36	25,09	21,98	18,950	15,945
Bêta	1,142	1,149	1,137	1,123	1,108
Pression d'Alimentation(bar)	59,73	59,55	59,39	59,26	59,14
DP(bar)	0,176	0,156	0,137	0,121	0,108
Pression Concentrat(bar)	59,55	59,39	59,26	59,14	59,03
Pression Perméat(bar)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PI_Feed(bar)	27,34	29,71	32,50	35,42	38,39
PI_Memb(bar)	32,48	35,61	38,48	41,33	44,04
PI_Conc(bar)	29,71	32,50	35,41	38,39	41,31
PI_Perm(bar)	0,0896	0,107	0,132	0,165	0,211
Pression Net(bar)	27,26	23,98	21,00	18,062	15,282

Toray TDS2: MEKTA TM820M400 PH6 T25 , 50% Recov, 1 Pass, RO Permeate, Feed: 16.0 m3/hr, TDS: 40926.1, Perm: 8.0, TDS:

Page 3 / 5

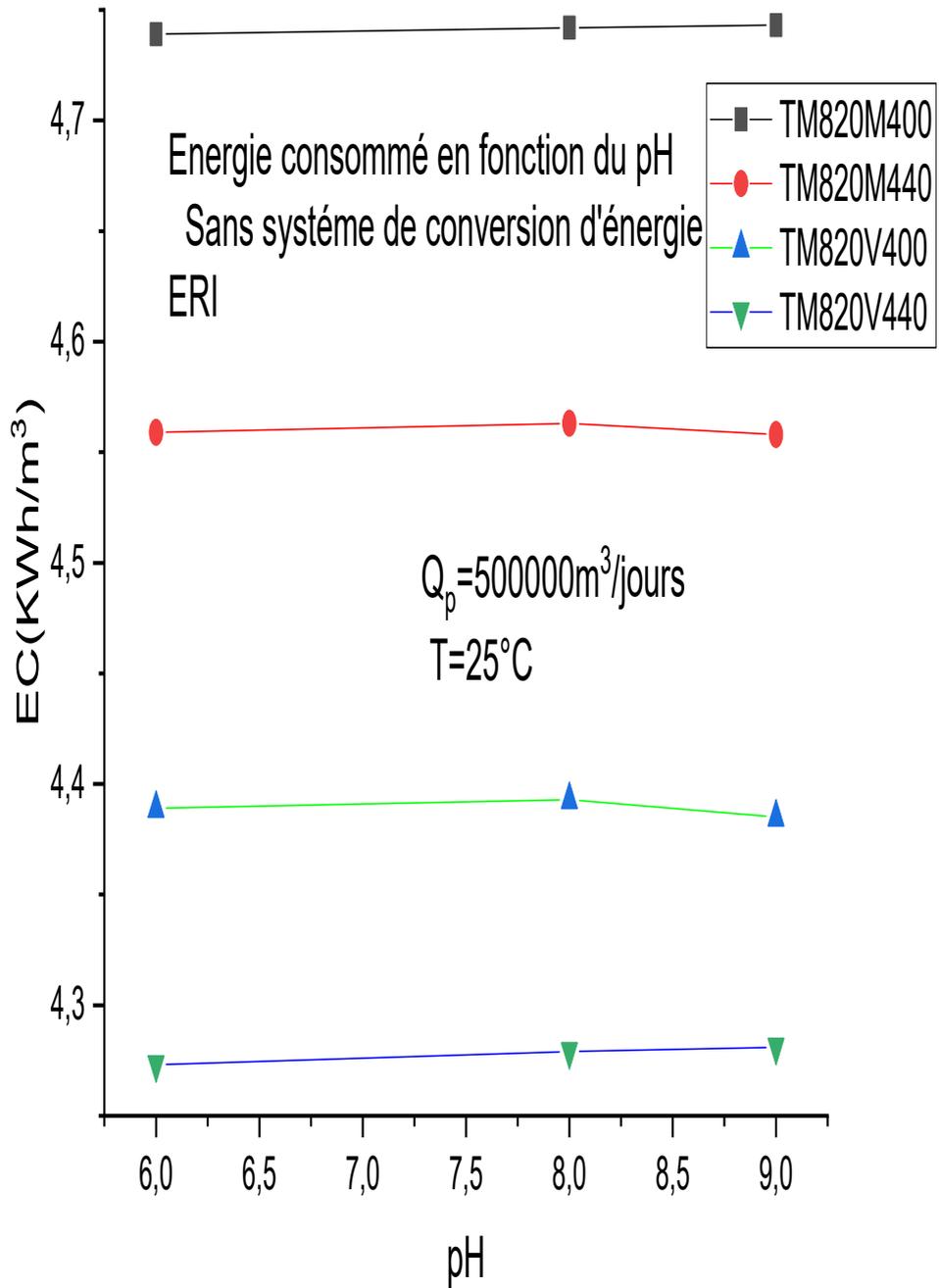
**Image G**

# **Chapitre V :**

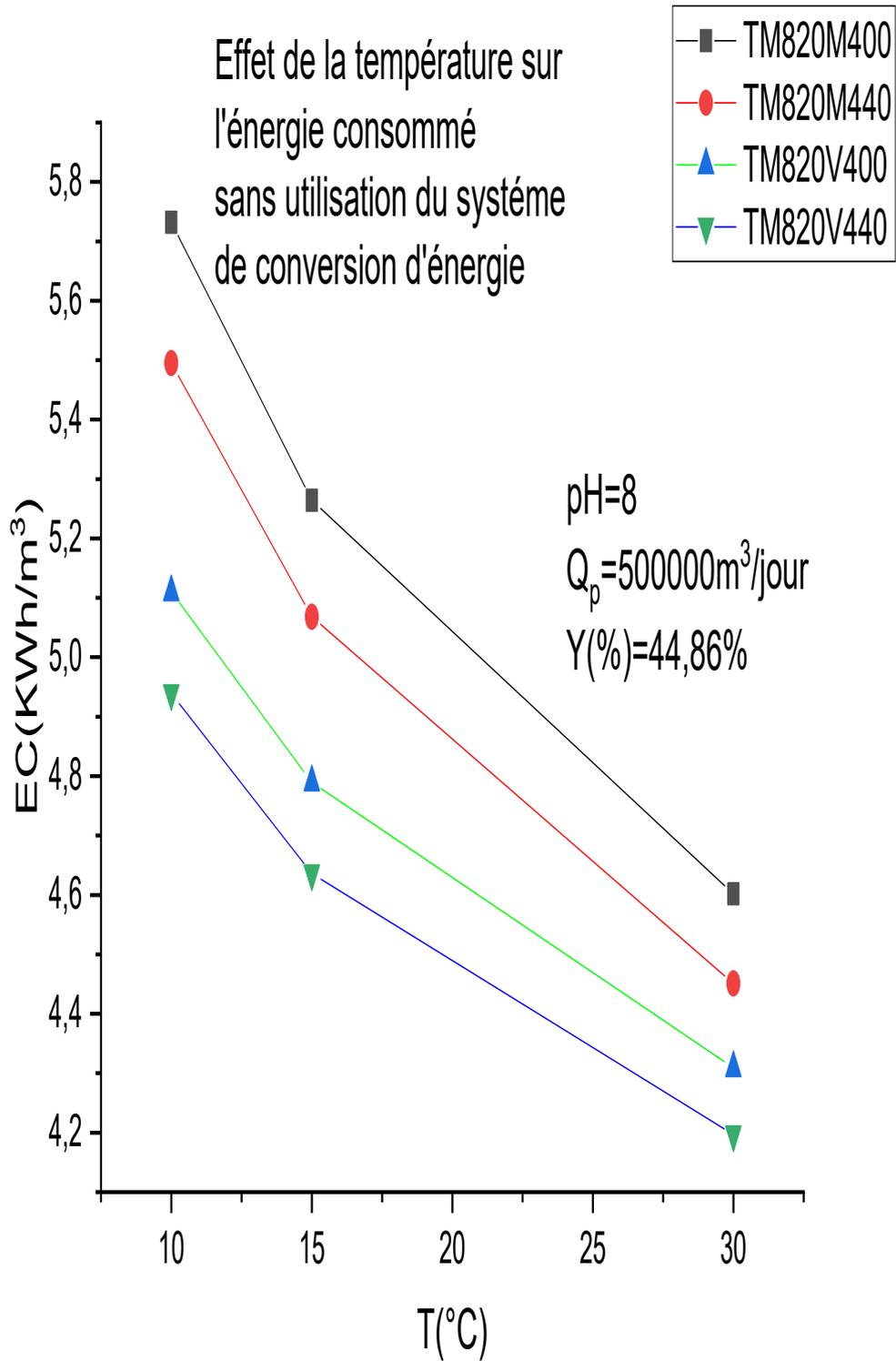
## **Résultats et discussions**

Résultats de la simulation de la déminéralisation de l'eau de mer par logiciel Toray

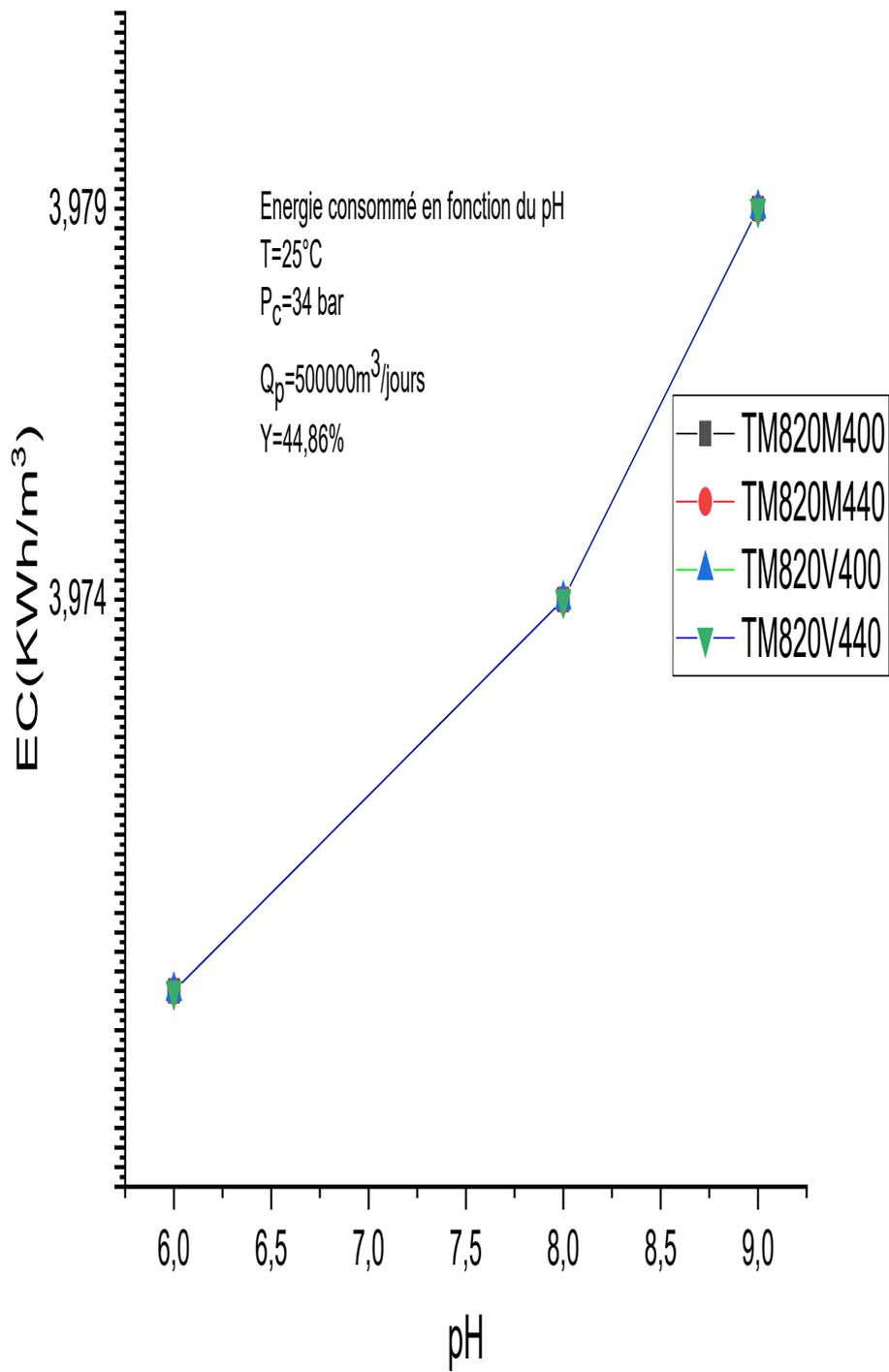
Sans système ERI



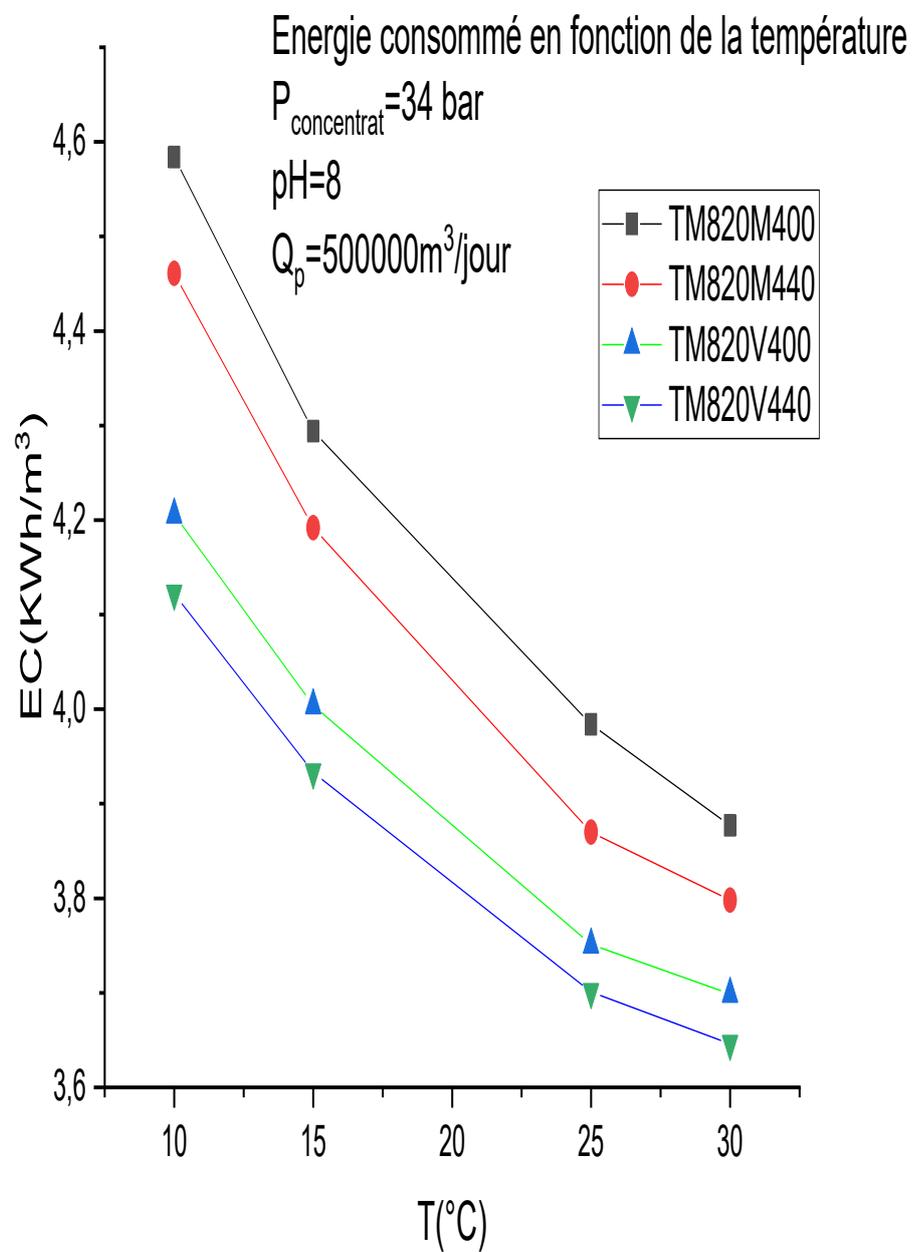
**Fig25** :Energie consommé en fonction du pH sans système ERI



**Fig26:** Energie consommé en fonction de la température sans système ERI

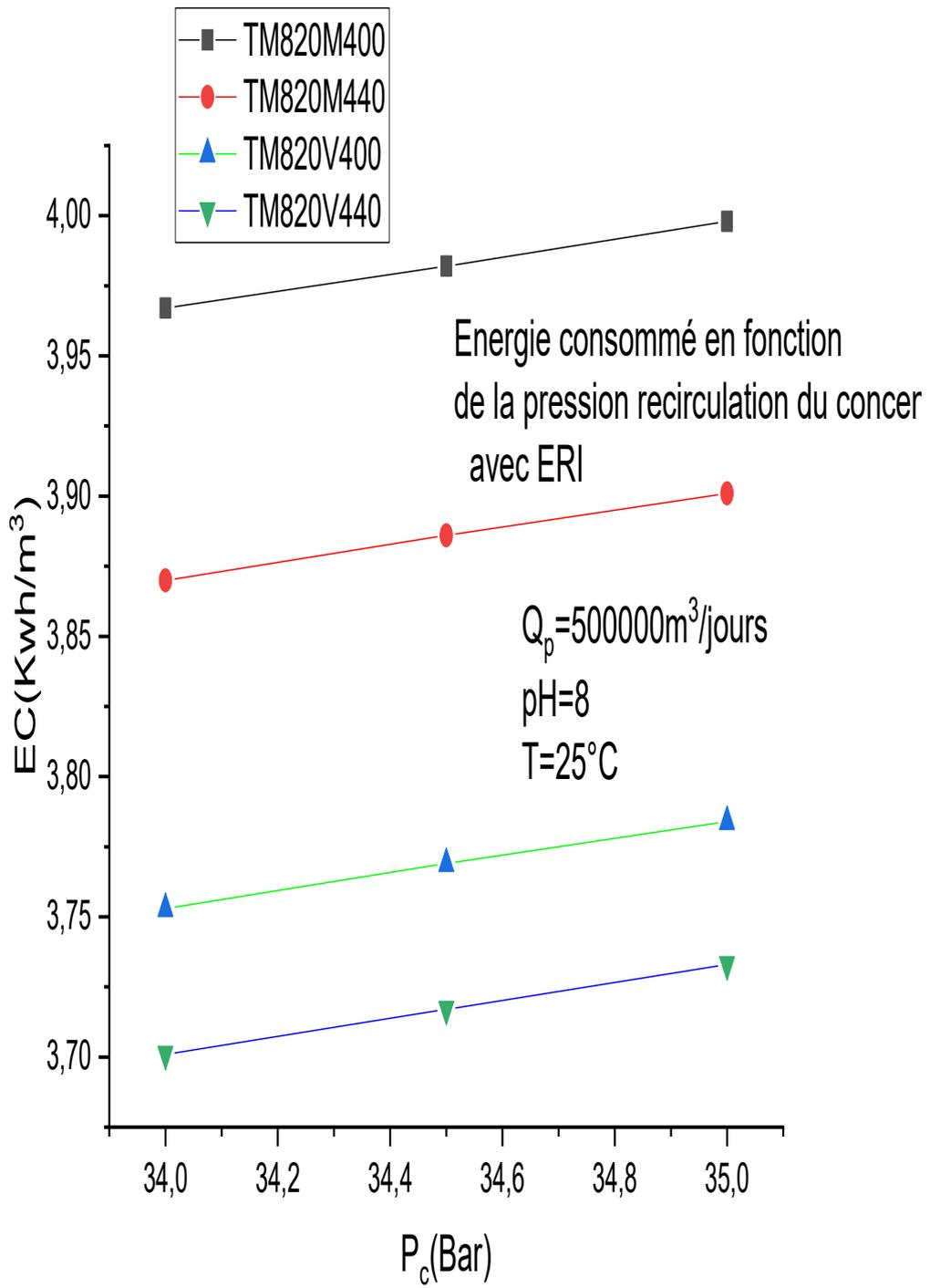


**Fig27** :Energie consommé en fonction du pH avec système ERI



**Fig28** :Energie consommé en fonction de la température avec système ERI

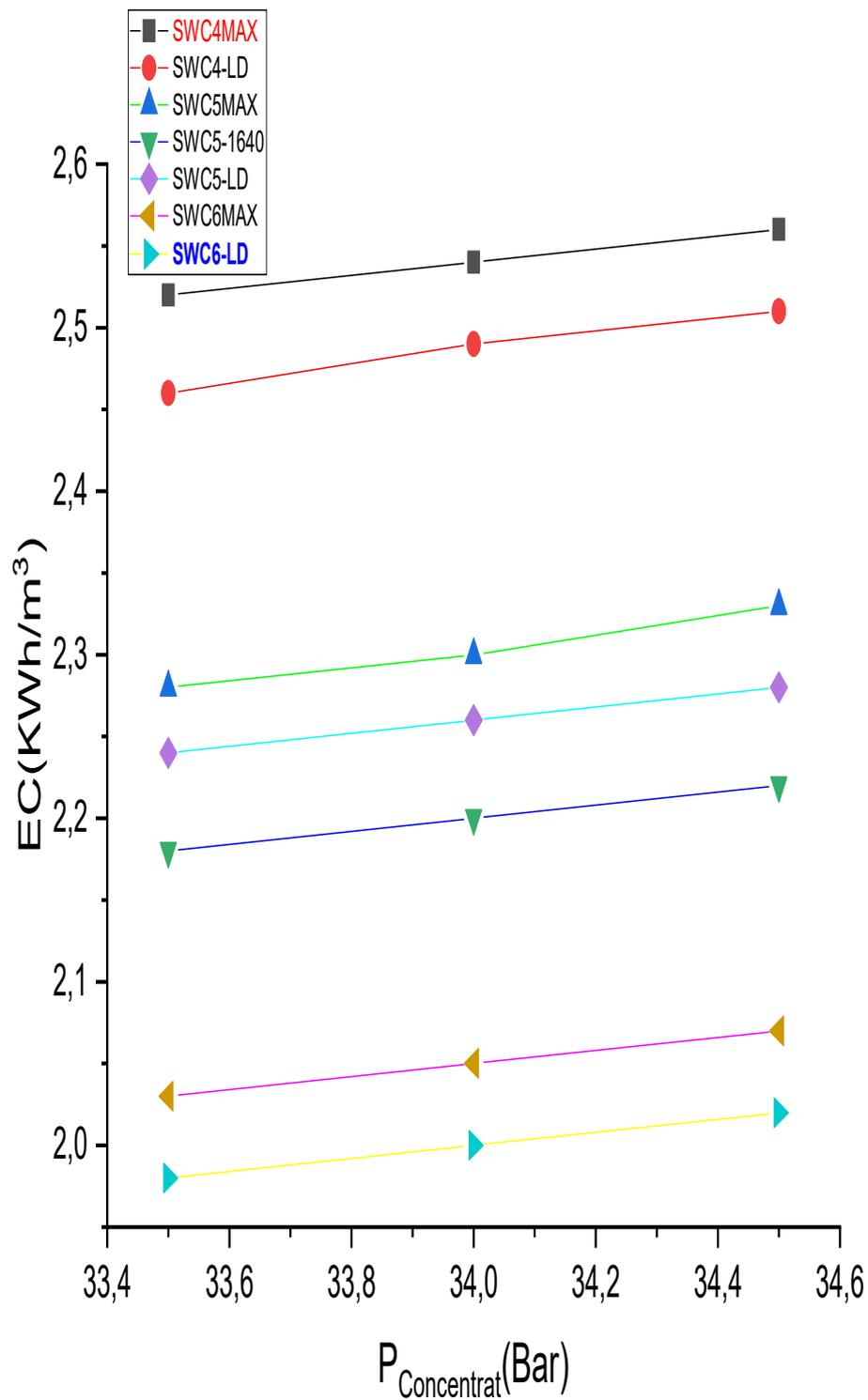
**Effet de la pression de la pression de recirculation du concentrât**



**Fig29:**Energie consommé en fonction de la pression de recirculation du concentrât avec système ERI

## Résultats de la simulation de la déminéralisation de l'eau de mer par logiciel IMS

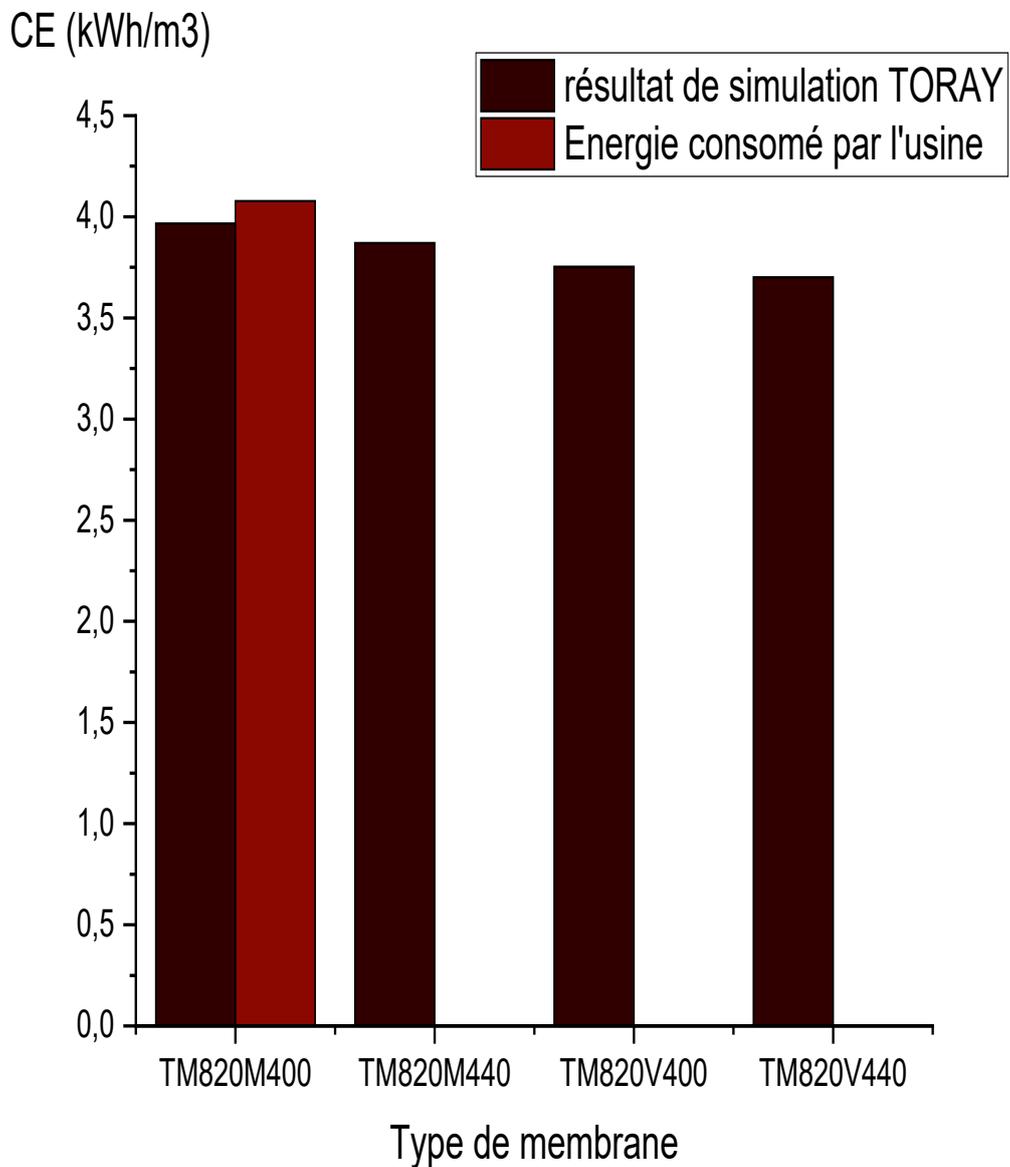
Avec ERI



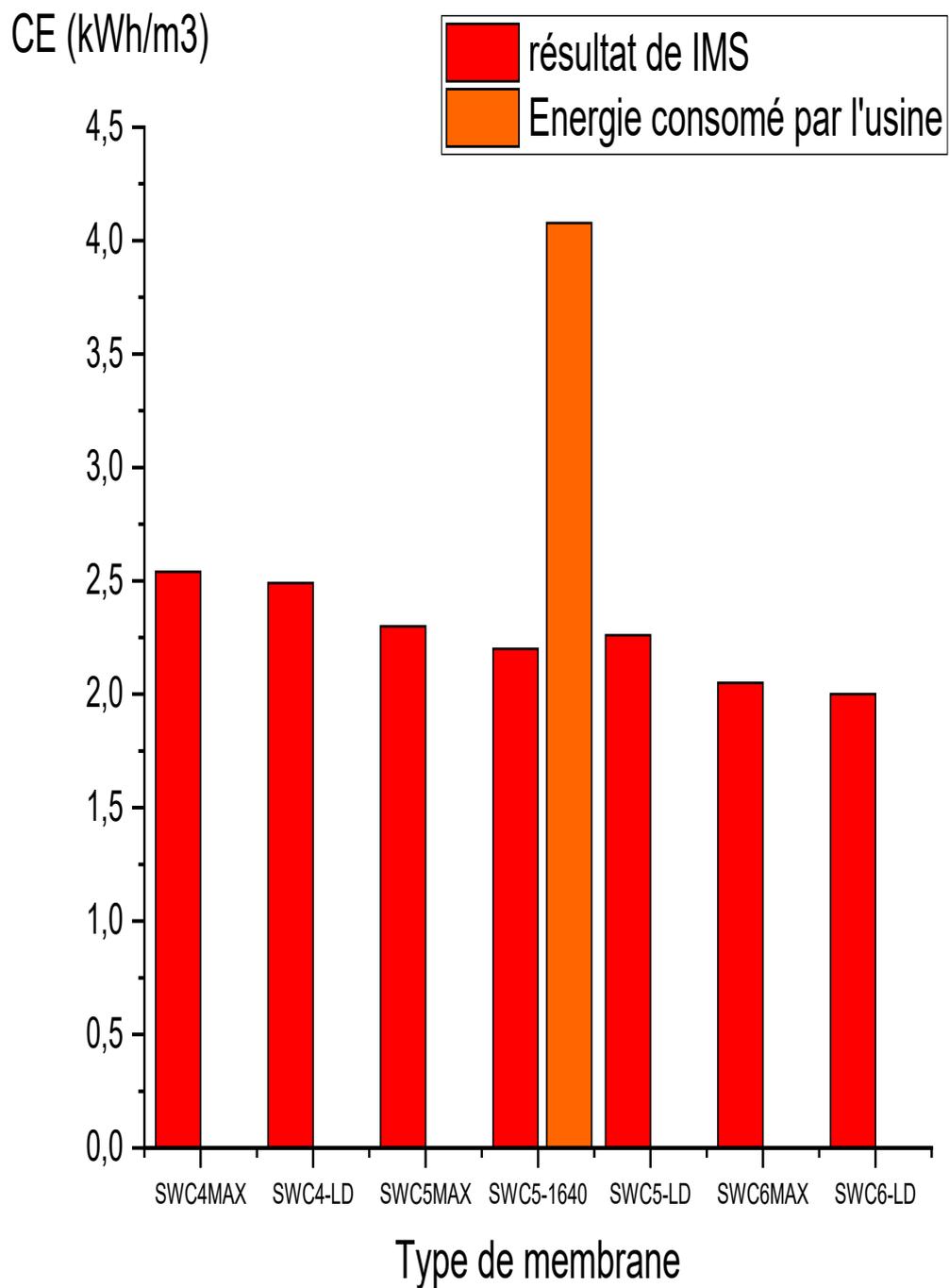
**Fig30** : Energie consommé en fonction de la pression de recirculation du concentrât avec système ERI (IMS)

## Courbe de comparaison entre l'énergie calculé par simulation et l'énergie réelle de la station de Magtaa

Les conditions de simulation (P=34bar, T=25 °C, pH=8)



**Fig31** :Comparaison entre les résultats de simulation par TORAY pour différents type de membranes et les données réelles de la station de Mektaa ( $Q_{\text{Perméat}}=500000 \text{ m}^3/\text{jour}$ ,taux conversion=44.86%)



**Fig32** : Comparaison entre les résultats de simulation par IMS pour différents type de membranes et les données réelles de la station de Mektaa ( $Q_{\text{perméat}}=500000 \text{ m}^3/\text{jour}$ , taux conversion=44.86%)

## **Discussion des résultats**

Suite aux résultats de simulation par les logiciels IMS et Toray dans différentes conditions, nous avons observé une diminution de la consommation énergétique avec l'augmentation de la température sans système de conversion d'énergie et avec l'utilisation des membranes Toray (Figure).

Il a été constaté aussi que les valeurs des consommations énergétiques avec l'utilisation de la membrane TM820M400, sont assez élevées dans la gamme comprise 5.7 Kwh/m<sup>3</sup> jusqu'à 4.6Kwh/m<sup>3</sup>

Cependant, nous avons observé que avec la membrane TM820V400 les valeurs de la consommation énergétique sont moins de l'ordre de 4.9KWh/m<sup>3</sup> jusqu'à 4.2 KWh/m<sup>3</sup> lors pour des températures

La figure montre que le pH n'a aucune influence sur les valeurs des consommations énergétiques avec des allures des courbes pratiquement constante avec un ordre décroissant des valeurs de consommation énergétique de la membrane TM820M 400 jusqu'à la membrane TM820V440

Les résultats de simulation par Toray lors couplage des membranes avec le système ERI donne des résultats de consommation énergétique inférieure par rapport à la configuration simple avec des valeurs comprises entre 4.6 KWh/m<sup>3</sup> et 3.7 KWh/m<sup>3</sup>, cependant nous avons constaté une légère augmentation de la consommation énergétique avec l'accroissement du pH de 6,8 jusqu'à 9

Avec l'augmentation de la pression de recirculation du concentrât, la consommation énergétique augmente de façon linéaire ce qui montre l'effet important de la pression du concentrât dans l'efficacité énergétique du système ERI.

La courbe de comparaison entre le modèle simulé par le logiciel Toray et la consommation réelle de la station montre une légère différence dans les consommations énergétiques, mais avec des valeurs réduites pour les modèles simulés par le logiciel Toray

Avec l'utilisation des membranes IMS, l'effet de la température et la pression de recirculation du concentrât sont toujours mis en cause avec une augmentation linéaire de la consommation énergétique, cependant les résultats restent plus meilleures avec des différences de valeurs des consommations énergétique de l'ordre de 1.7KWh/m<sup>3</sup> inférieure par rapport à la valeur de la consommation réelle de la station

Nous avons constaté qu'avec l'utilisation de la membrane SWC6LD, la consommation énergétique est la plus faible de l'ordre de 2.18KWh/m<sup>3</sup>.

### **Interprétation des résultats**

L'efficacité énergétique des système membranaire, en présence des systèmes de conversion d'énergie ERI est fortement lié à trois paramètres qui sont la nature de la membrane, la température et la pression de recirculation du concentrât ,ceci a été prouvé par une comparaison entre les valeurs des consommations énergétiques réelle de la station et les résultats de simulation par les logiciels IMS et Toray.

Les résultats obtenus avec l'utilisation des membranes IMS donne des résultats beaucoup plus meilleures avec des gains énergétiques importants

### **Conclusion et perspectives**

La station de déminéralisation des eaux de mers de la région de Megtaa possédant une capacité de production en eau douce de  $5000000\text{m}^3/\text{jours}$  consomme une énergie de l'ordre de 2 millions de  $\text{KWh}/\text{m}^3$ , ce qui représente une consommation très élevée .

Dans ce travail, nous avons pu montrer qu'il est possible de trouver des solutions pour réduire cette consommation en tenant compte des variations des paramètres hydrodynamiques et des propriétés liées à la nature des membranes utilisées.

Cette stratégie est basée sur l'amélioration des systèmes ERI par la mise en valeur de tous les facteurs qui influent sur le système

Durant les prochaines années, notre pays devra prendre en considération ce genre d'étude et cela dans le but de minimiser les pertes énergétiques et favoriser l'utilisation des ressources inépuisables telles que les énergies renouvelables

### Références bibliographiques

- [1] Val S.Frenkel, 'Seawater Desalination: Trends and Technologies, Desalination', Trends and Technologies, M. Schorr (Ed.), ISBN: 978-953-307-311-8, 2011.
- [2] S. Loeb (1981). The Loeb-Sourirajan Membrane: How It Came About, in Turbak A.F. Synthetic membranes. Washington, DC: American Chemical Society. 9p.(ACS Symposium Series). doi: 10.1021/bk-1981-0153.ch001.
- [3] B. Peñate, 'Energy Optimization of Existing SWRO (Seawater Reverse Osmosis) Plants with ERT (Energy Recovery Turbines): Technical and Thermo economic Assessment', Energy, Vol. 36, N°1, pp. 613 - 626, 2011.
- [4] wahib mohammed naceur : Modélisation et optimisation de la Consommation d'énergie d'une station de dessalement par procédé d'osmose inverse en Algérie article N19 pp 6-8 2016
- [5] A.M.K. El-Ghonemy, 'Waste Energy Recovery in Seawater Reverse Osmosis Desalination Plants, Part1: Review', Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 18, pp. 6 – 22, 2013.
- [6] H. Boyé, 'Eau, Energie, Dessalement et Changement Climatique en Méditerranée', Août 2008. H. Boyé, 'Eau, Energie, Dessalement et Changement Climatique en Méditerranée', Août 2008.
- [7] Ahmed M, Arakel A, Hoey D, Thumarukudy MR, Goosen MFA, Al-Haddabi M, Al-Belushi A. 2003. Feasibility of salt production from inland RO desalination plant reject brine: A case study. Desalination 158(1–3): 109-117
- [8] wahib mohammed naceur : Modélisation et optimisation de la Consommation d'énergie d'une station de dessalement par procédé d'osmose inverse en Algérie article N19 pp 10 2016
- [9] Mohammed abbas Modélisation et optimisation de la Consommation d'énergie d'une station de dessalement par procédé d'osmose inverse en Algérie article N19 pp 5-6 2016
- [10] CORSIN P., MASSON C. : "Les pompes haute pression adaptées aux usines de dessalement d'eau de mer par osmose inverse", L'Eau, L'Industrie, les Nuisances, Vol. 265 (2003).

- [11] Reza Dashtpour and Sarim N. Al-Zubaidy, Energy Efficient Reverse Osmosis Desalination Process, International Journal of Environmental Science and Development, 2012
- [12] H. Boyé, 'Eau, Energie, Dessalement et Changement Climatique en Méditerranée', Août 2008.
- [13] A. Arzate, 'Procédés de Séparation Membranaire et leur Application dans l'Industrie Alimentaire', Acer, 642-RVL-0508, Saint-Norbert d'Athabaska, 30 mai 2008.
- [14] Mahmoud Abdel-Jawad (2001). Energy sources for coupling with desalination plants in the GCC countries. (Consultancy report prepared for ESCWA)
- [15] H. Boyé, 'Eau, Energie, Dessalement et Changement Climatique en Méditerranée', Août 2008.
- [16] Erik D and Juan MP, 'A Case Study: Energy Use and Process Design Considerations for Four Desalination Projects in California', In: IDA World Congress –Perth Centre Convention et Exhibition (PCEC), Perth, Western Australia, Sep. 4 - 9, 2011.
- [17] [www. recoveryenergy.com](http://www.recoveryenergy.com) Advanced High Efficiency Energy Recovery," Irving Moch, Jr., Michael Oklejas, Kevin Terrasi, Robert A. Oklejas, International Desalination Association World Congress, 2005.
- [18] Bennet A.(2013). Desalination: 50 years of progress. Filtration + Separation, vol.50, n°3, May– June, pp.32-39.
- [19] World Health Organisation (2015) Progress on sanitation and drinking water, 2015 update and MDG assessment, 90p
- [20] SCHNEIDER B. : "Selection, operation and control of a work exchanger energy recovery system based on the Singapore project", Desalination, Vol. 184, p. 1177-1190 (2005).
- [21] IDE Technologies <http://www.ide-tech.com/> Additional information about ERI PX Pressure Exchanger energy recovery technology can be found

# Annexe

### Membrane Element

### SWC4-LD (Low Fouling Technology)

<b>Performance:</b>	Permeate Flow:	6,500 gpd (24.6 m <sup>3</sup> /d)
	Salt Rejection:	99.8 % (99.7 % minimum)

<b>Type</b>	Configuration:	Spiral Wound
	Membrane Polymer:	Composite Polyamide
	Membrane Active Area:	400 ft <sup>2</sup> (37.1m <sup>2</sup> )
	Feed Spacer:	34 mil (0.864 mm)

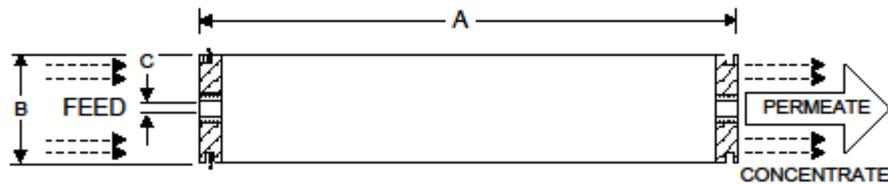
<b>Application Data*</b>	Maximum Applied Pressure:	1200 psig (8.27 MPa)
	Maximum Chlorine Concentration:	< 0.1 PPM
	Maximum Operating Temperature:	113 °F (45 °C)
	pH Range, Continuous (Cleaning):	2-11 (1-13)*
	Maximum Feedwater Turbidity:	1.0 NTU
	Maximum Feedwater SDI (15 mins):	5.0
	Maximum Feed Flow:	75 GPM (17.0 m <sup>3</sup> /h)
	Minimum Ratio of Concentrate to Permeate Flow for any Element:	5:1
	Maximum Pressure Drop for Each Element:	15 psi

\* The limitations shown here are for general use. For specific projects, operating at more conservative values may ensure the best performance and longest life of the membrane. See Hydranautics Technical Bulletins for more detail on operation limits, cleaning pH, and cleaning temperatures.

#### Test Conditions

The stated performance is initial (data taken after 30 minutes of operation), based on the following conditions:

32,000 ppm NaCl  
800 psi (5.5 MPa) Applied Pressure  
77 °F (25 °C) Operating Temperature  
10% Permeate Recovery  
6.5 - 7.0 pH Range



A, Inches (mm)	B, Inches (mm)	C, Inches (mm)	Weight, lbs. (kg)
40.0 (1016)	7.89 (200)	1.125 (28.6)	33 (15)

**Notice:** Permeate flow for individual elements may vary + or - 15 percent. Membrane active area may vary +1-4%. Element weight may vary. All membrane elements are supplied with a brine seal, interconnector, and o-rings. Elements are enclosed in a sealed polyethylene bag containing less than 1.0% sodium meta-bisulfite solution, and then packaged in a cardboard box.

Hydranautics believes the information and data contained herein to be accurate and useful. The information and data are offered in good faith, but without guarantee, as conditions and methods of use of our products are beyond our control. Hydranautics assumes no liability for results obtained or damages incurred through the application of the presented information and data. It is the user's responsibility to determine the appropriateness of Hydranautics' products for the user's specific end uses. 4/29/18

Hydranautics Corporate: 401 Jones Road, Oceanside, CA 92058  
1-800-CPA-PURE Phone: 760-901-2500 Fax: 760-901-2578 [info@Hydranautics.com](mailto:info@Hydranautics.com)

## Membrane Element

## SWC4 MAX

<b>Performance:</b>	Permeate Flow:	7,200 gpd (27.3 m <sup>3</sup> /d)
	Salt Rejection:	99.8 % (99.7 % minimum)

<b>Type</b>	Configuration:	Spiral Wound
	Membrane Polymer:	Composite Polyamide
	Membrane Active Area:	440 ft <sup>2</sup> (40.8m <sup>2</sup> )

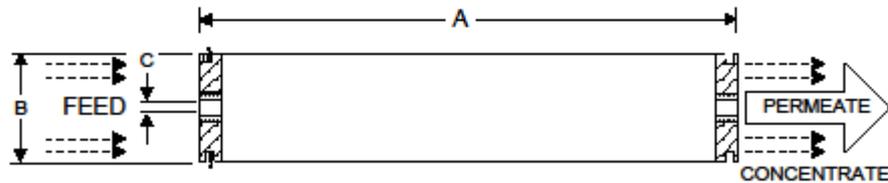
<b>Application Data*</b>	Maximum Applied Pressure:	1200 psig (8.27 MPa)
	Maximum Chlorine Concentration:	< 0.1 PPM
	Maximum Operating Temperature:	113 °F (45 °C)
	pH Range, Continuous (Cleaning):	2-11 (1-13)*
	Maximum Feedwater Turbidity:	1.0 NTU
	Maximum Feedwater SDI (15 mins):	5.0
	Maximum Feed Flow:	75 GPM (17.0 m <sup>3</sup> /h)
	Minimum Ratio of Concentrate to Permeate Flow for any Element:	5:1
	Maximum Pressure Drop for Each Element:	15 psi

\* The limitations shown here are for general use. For specific projects, operating at more conservative values may ensure the best performance and longest life of the membrane. See Hydranautics Technical Bulletins for more detail on operation limits, cleaning pH, and cleaning temperatures.

### Test Conditions

The stated performance is initial (data taken after 30 minutes of operation), based on the following conditions:

32,000 ppm NaCl  
 800 psi (5.5 MPa) Applied Pressure  
 77 °F (25 °C) Operating Temperature  
 10% Permeate Recovery  
 6.5 - 7.0 pH Range



A, Inches (mm)	B, Inches (mm)	C, Inches (mm)	Weight, lbs. (kg)
40.0 (1016)	7.89 (200)	1.125 (28.6)	36 (16.4)

**Notice:** Permeate flow for individual elements may vary + or - 15 percent. Membrane active area may vary +1-4%. Element weight may vary. All membrane elements are supplied with a brine seal, interconnector, and o-rings. Elements are enclosed in a sealed polyethylene bag containing less than 1.0% sodium meta-bisulfite solution, and then packaged in a cardboard box.

Hydranautics believes the information and data contained herein to be accurate and useful. The information and data are offered in good faith, but without guarantee, as conditions and methods of use of our products are beyond our control. Hydranautics assumes no liability for results obtained or damages incurred through the application of the presented information and data. It is the user's responsibility to determine the appropriateness of Hydranautics' products for the user's specific end uses. 11/03/15

Hydranautics Corporate: 401 Jones Road, Oceanside, CA 92058  
 1-800-CPA-PURE Phone: 760-901-2500 Fax: 760-901-2578 info@Hydranautics.com

## SWC5-LD

High Performance, Low Fouling Seawater RO membranes for Desalination and Power Industry

SWC5-LD from the LD Technology™ innovative low fouling membranes achieves superior salt and boron rejection to give a consistently pure end-product from a variety of feedwaters at low operating pressures

With the desalination industry poised to meet the world's fresh water demand, it has become critical to obtain fresh water in an environmentally friendly and economical manner.

At Hydranautics, we understand the needs of the desalination industry to maintain the highest purity of the produced water while optimizing flow and reducing the power consumption of the desalination system.

The SWC5-LD Seawater Reverse Osmosis membrane from Hydranautics combines the best of the seawater desalination technology with the cutting edge of the low fouling LD Technology™. The SWC5-LD gives you the highest flow rates, highest ion rejection and the lowest energy consumption combined with reduced biological and colloidal fouling.

The SWC5-LD is the most suitable membrane for desalination applications for conventional as well as hybrid plants. When desalination is used for applications such as boiler feedwater for power plants and agricultural application, you can trust the SWC5-LD to give you the performance you need!

### Applications:

- Boiler makeup water in power industry
- Conventional and hybrid desalination plants
- Boron reduction for agricultural application

### Performance:

Permeate Flow	9,000 gpd (34.1 m <sup>3</sup> /d)
Salt Rejection	99.8 % (99.7 % minimum)
Boron Rejection (Typical):	92.0%*

\* When tested at standard test conditions with 5.0 ppm Boron in feed solution

### Applications Data:

pH Range, Continuous (Cleaning)	2-11 (1-13)*
Maximum Feedwater SDI (15 min)	5.0
Maximum Feed Flow	75 GPM (17.0 m <sup>3</sup> /h)

\* The limitations shown here are for general use. For specific projects, operating at more conservative values may ensure the best performance and longest life of the membrane. See Hydranautics Technical Bulletin for more detail on operation limits, cleaning pH, and cleaning temperatures.

### Test Conditions:

The stated performance is initial (data taken after 30 minutes of operation), based on the following conditions	
32,000 ppm NaCl	
800 psi (5.5 MPa) Applied Pressure	
77 F (25 C) Operating Temperature	
10% Permeate Recovery	
6.5 - 7.0 pH Range	

### Key benefits:

- High permeate flow - 9,000 gpd (34.1 m<sup>3</sup>/d)
- High salt rejection - 99.8% (99.7% minimum)
- 92% boron rejection
- Lowest biological and colloidal fouling
- Greater tolerance to high pH cleanings
- Lower energy consumption



## Membrane Element

## SWC5-8040

<b>Performance:</b>	Permeate Flow:	9,000 gpd (34.1 m <sup>3</sup> /d)
	Salt Rejection:	99.8 % (99.7 % minimum)
	Boron Rejection (Typical):	92.0% <sup>†</sup>

<b>Type</b>	Configuration:	Spiral Wound
	Membrane Polymer:	Composite Polyamide
	Membrane Active Area:	400 ft <sup>2</sup> (37.1m <sup>2</sup> )

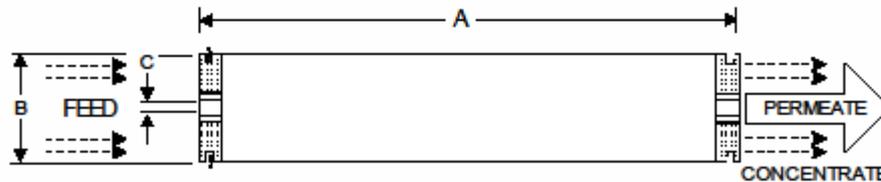
<b>Application Data*</b>	Maximum Applied Pressure:	1200 psig (8.27 MPa)
	Maximum Chlorine Concentration:	< 0.1 PPM
	Maximum Operating Temperature:	113 °F (45 °C)
	pH Range, Continuous (Cleaning):	2-11 (1-13)*
	Maximum Feedwater Turbidity:	1.0 NTU
	Maximum Feedwater SDI (15 mins):	5.0
	Maximum Feed Flow:	75 GPM (17.0 m <sup>3</sup> /h)
	Minimum Ratio of Concentrate to Permeate Flow for any Element:	5:1
	Maximum Pressure Drop for Each Element:	10 psi

\* The limitations shown here are for general use. For specific projects, operating at more conservative values may ensure the best performance and longest life of the membrane. See Hydranautics Technical Bulletins for more detail on operation limits, cleaning pH, and cleaning temperatures.

### Test Conditions

The stated performance is initial (data taken after 30 minutes of operation), based on the following conditions:

32,000 ppm NaCl  
 800 psi (5.5 MPa) Applied Pressure  
 77 °F (25 °C) Operating Temperature  
 10% Permeate Recovery  
 6.5 - 7.0 pH Range



A, Inches (mm)	B, Inches (mm)	C, Inches (mm)	Weight, lbs. (kg)
40.0 (1016)	7.89 (200)	1.125 (28.6)	36 (16.4)

Notice: Permeate flow for individual elements may vary + or - 15 percent. Membrane active area may vary +1-4%. All membrane elements are supplied with a brine seal, interconnector, and o-rings. Elements are vacuum sealed in a polyethylene bag containing less than 1.0% sodium meta-bisulfite solution, and then packaged in a cardboard box.

<sup>†</sup>When tested at standard test conditions with 5.0ppm Boron in feed solution.

Hydranautics believes the information and data contained herein to be accurate and useful. The information and data are offered in good faith, but without guarantee, as conditions and methods of use of our products are beyond our control. Hydranautics assumes no liability for results obtained or damages incurred through the application of the presented information and data. It is the user's responsibility to determine the appropriateness of Hydranautics' products for the user's specific end uses. 7/29/10

For information contact:

Info@lennotech.com  
 www.lennotech.com

Tel. +31-15-26.10.900  
 Fax. +31-15-26.16.289



### Membrane Element

### SWC6-LD (Low Fouling Technology)

#### Performance:

Permeate Flow:	<b>Low Pressure:</b> 8,000 gpd (22.7 m <sup>3</sup> /d)	<b>High Flow:</b> 12,000 gpd (45.5 m <sup>3</sup> /d)
Salt Rejection:	99.8% (99.4 % min)	99.8 % (99.7 % min)
Boron Rejection (Typical) <sup>†</sup> :	83.0%	91.0%
Applied Pressure:	600 psi (4.1 MPa)	800 psi (5.4 MPa)

#### Type

Configuration:	Spiral Wound
Membrane Polymer:	Composite Polyamide
Membrane Active Area:	400 ft <sup>2</sup> (37.2m <sup>2</sup> )
Feed Spacer:	34 mil (0.864 mm) with biostatic agent

#### Application Data\*

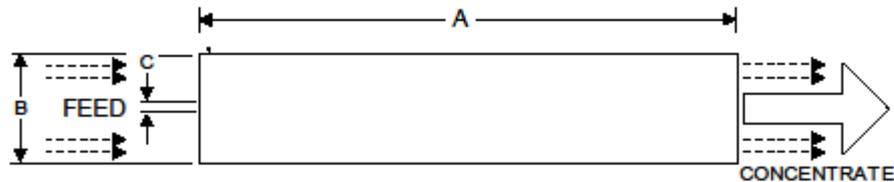
Maximum Applied Pressure:	1200 psig (8.27 MPa)
Maximum Chlorine Concentration:	< 0.1 PPM
Maximum Operating Temperature:	113 °F (45 °C)
pH Range, Continuous (Cleaning):	2-11 (1-13) <sup>*</sup>
Maximum Feedwater Turbidity:	1.0 NTU
Maximum Feedwater SDI (15 mins):	5.0
Maximum Feed Flow:	75 GPM (17.0 m <sup>3</sup> /h)
Minimum Ratio of Concentrate to Permeate Flow for any Element:	5:1
Maximum Pressure Drop for Each Element:	15 psi

\* The limitations shown here are for general use. For specific projects, operating at more conservative values may ensure the best performance and longest life of the membrane. See Hydranautics Technical Bulletins for more detail on operation limits, cleaning pH, and cleaning temperatures.

#### Test Conditions

The stated performance is initial (data taken after 30 minutes of operation), based on the following low pressure conditions:

32,000 ppm NaCl  
600 psi (4.1 Mpa) Applied Pressure  
77 °F (25 °C) Operating Temperature  
10% Permeate Recovery  
6.5 - 7.0 pH Range



A, Inches (mm)	B, Inches (mm)	C, Inches (mm)	Weight, lbs. (kg)
40.0 (1016)	7.89 (200)	1.125 (28.6)	33 (15)

**Notice:** Permeate flow for individual elements may vary +25% or -15%. Membrane active area may vary +1-4%. Element weight may vary. All membrane elements are supplied with a brine seal, interconnector, and o-rings. Elements are enclosed in a sealed polyethylene bag containing less than 1.0% sodium meta-bisulfite solution, and then packaged in a cardboard box.

<sup>†</sup>When tested at standard test conditions with 5.0 ppm Boron in feed solution.

Hydranautics believes the information and data contained herein to be accurate and useful. The information and data are offered in good faith, but without guarantee, as conditions and methods of use of our products are beyond our control. Hydranautics assumes no liability for results obtained or damages incurred through the application of the presented information and data. It is the user's responsibility to determine the appropriateness of Hydranautics' products for the user's specific end uses. 3/05/15

## LENNTECH

info@lennotech.com Tel. +31-152-610-900  
www.lennotech.com Fax. +31-152-616-289

## Seawater RO Elements

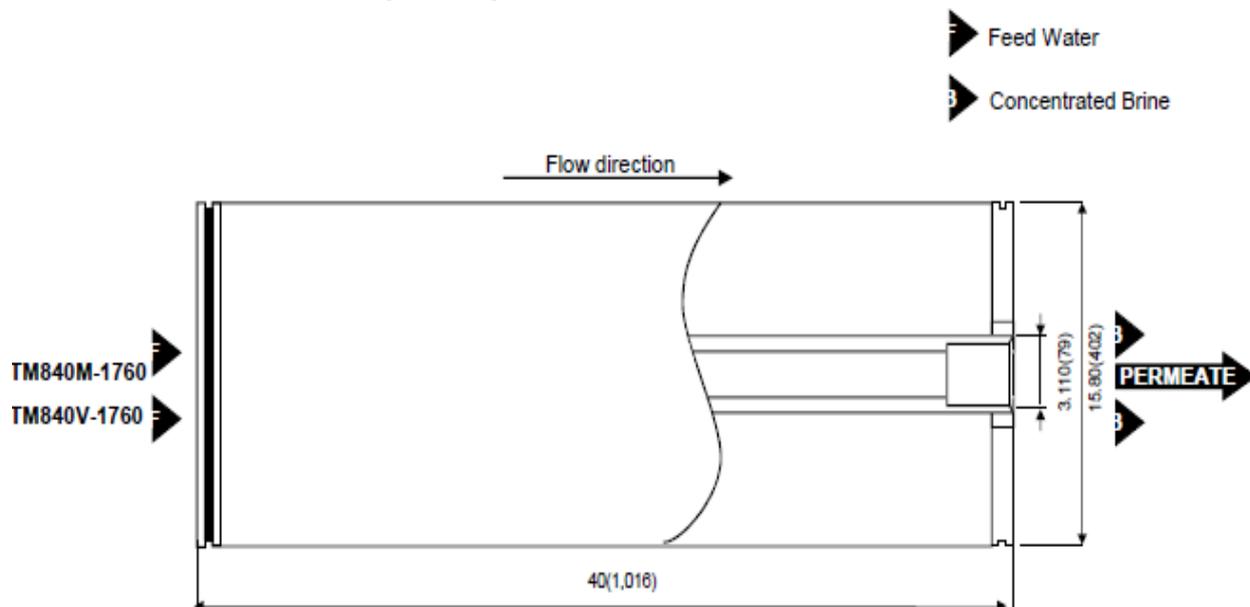
# TM840 M/V

Type	Diameter Inch	Membrane Area ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	Salt Rejection %	Product Flow Rate gpd(m <sup>3</sup> / d)	Feed Spacer Thickness mil
TM840M-1760	16"	1,760(164)	99.8	30,800(117)	28
TM840V-1760	16"	1,760(164)	99.8	39,600(150)	28

1. Membrane Type		Cross Linked Fully Aromatic Polyamide Composite
2. Test Conditions	Feed Water Pressure Feed Water Temperature Feed Water Concentration Recovery Rate Feed Water pH	800 psi(5.52MPa) 77° F(25°C) 32,000 mg/l NaCl 8% 7
3. Minimum Salt Rejection		99.5%
4. Minimum Product Flow Rate		24,600gpd(93m <sup>3</sup> /d) (TM840M-1760) 31,700gpd(120m <sup>3</sup> /d) (TM840V-1760)
5. Boron Rejection (typical value)		95% at pH8 (TM840M-1760) 92% at pH8 (TM840V-1760) (5mg/l Boron added to Feed water)

## Dimensions

All dimensions shown in Inches (millimeter).



## Sea Water RO Elements

# TM800C

Type	Diameter Inch	Membrane Area ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	Salt Rejection %	Product Flow Rate gpd(m <sup>3</sup> / d)	Feed Spacer Thickness mil
TM820C-370	8"	370(34)	99.75	6,000(22.7)	34/31
TM820C-400	8"	400(37)	99.75	6,500(24.6)	34/28

1. Membrane Type		Cross Linked Fully Aromatic Polyamide Composite
2. Test Conditions	Feed Water Pressure Feed Water Temperature Feed Water Concentration Recovery Rate Feed Water pH	800 psi(5.52MPa) 77° F(25°C) 32,000 mg/l NaCl 8% 8
3. Minimum Salt Rejection		99.5%
4. Minimum Product Flow Rate		4,800gpd(18.2m <sup>3</sup> /d)(TM820C-370) 5,200gpd(19.7m <sup>3</sup> /d)(TM820C-400)
5. Boron Rejection (typical value)		93% at pH 8 (5mg/l Boron added to Feed water)

### Dimensions

All dimensions shown in Inches (millimeter).

