

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



INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE TECHNOLOGIE
Spécialité : Génie Mécanique
Option : Energétique
Mémoire de master Intitulé

**Effet du colmatage membranaire sur la consommation
énergétique en osmose inverse**

Présenté par :

REGGAS Latifa.
Haddad Khadidja.

Soutenu publiquement le :06 /06/2018, devant le jury :

M.TAIBI Bouziane	CU Naâma	Président
M.CHAABANE Mustapha	CU Naâma	Encadreur
M.BENDAHOU Djeloul	CU Naâma	Examineur

Année universitaire 2017-2018

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

Mes parents :

Mon père (رحمه الله), qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mes frères Mohammed, Abd El Kader et Miloud et mes sœurs, particulièrement Fatima et Ikram qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.

Au plus proche de mon cœur Mohammed amine hechlafi

A mon oncle maternel Djilali.

Mon binôme Khadija

Mes professeurs qui doivent voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien acquis,

A mes chères amies Asma, Radia, Khawla, Wassila, Houda, Abir, Souad, Amina Malika et Maryam.

Latifa

Dédicace

Je rends mes profondes gratitude a ALLAH, qui ma aidé a réalisé ce modeste travail.

Je dédié ce mémoire :

A mes parents aucun hommage ne pourrait être a la hauteur de l'amour dont il ne cessent de me combler que dieu leur procure bonne santé et long vie.

A mes grandes mères

A toute la famille

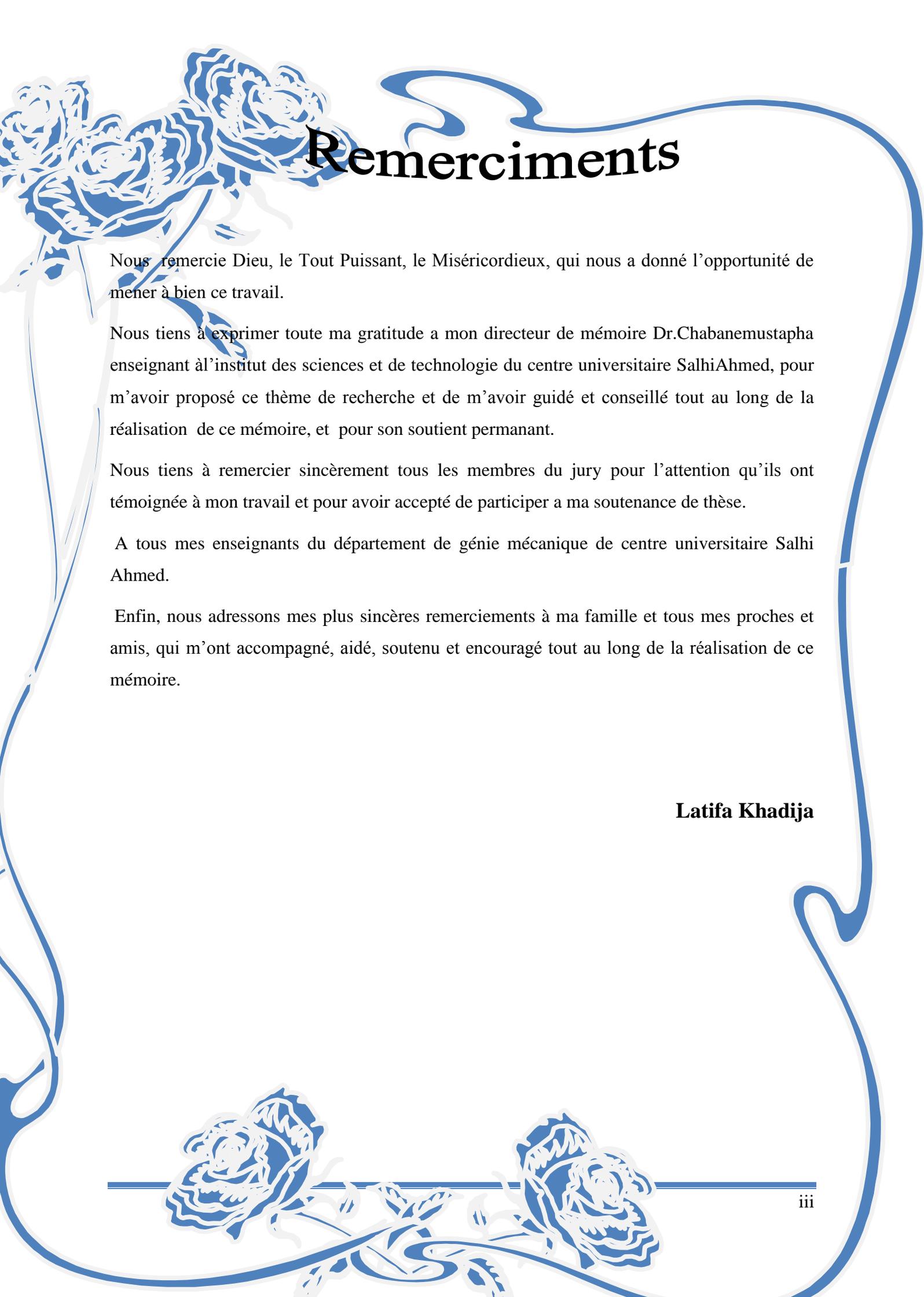
A mes frères et ma sœur chaima

Mon binôme Latifa

A mes chères amies :Latifa, hadjer , khawla , wassila ,abir houda ,ikram

Et a tous ceux qui ont contribué de prés ou de loin pour que ce mémoire sont possible, je vous dis merci.

Khadija



Remerciements

Nous remercions Dieu, le Tout Puissant, le Miséricordieux, qui nous a donné l'opportunité de mener à bien ce travail.

Nous tiens à exprimer toute ma gratitude à mon directeur de mémoire Dr. Chaban Mustapha enseignant à l'institut des sciences et de technologie du centre universitaire Salhi Ahmed, pour m'avoir proposé ce thème de recherche et de m'avoir guidé et conseillé tout au long de la réalisation de ce mémoire, et pour son soutien permanent.

Nous tiens à remercier sincèrement tous les membres du jury pour l'attention qu'ils ont témoignée à mon travail et pour avoir accepté de participer à ma soutenance de thèse.

À tous mes enseignants du département de génie mécanique de centre universitaire Salhi Ahmed.

Enfin, nous adressons mes plus sincères remerciements à ma famille et tous mes proches et amis, qui m'ont accompagné, aidé, soutenu et encouragé tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Latifa Khadija

Tables des Matières

Didicaces

Remerciements

Tables des Matières iv

Liste des Figures vii

Liste des tableaux viii

Résumé xi

Introduction général 2

I. Chapitre I. Synthèse bibliographique 4

I.1 Introduction : 4

I.2 Les différents types de ressources hydriques 5

I.2.1 Les eaux naturelles 5

I.2.1.1 Les eaux souterraines 5

I.2.1.2 Les eaux de surface 5

I.2.2 Les eaux polluées 5

I.3 La composition chimique d'une eau 6

I.4 Principe de l'osmose inverse 7

I.5 Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse 9

I.5.1 Paramètres de fonctionnement d'un système membranaire d'osmose inverse 9

I.5.2 Théorie de transfert en osmose inverse 10

I.6 La consommation énergétique en osmose inverse 10

II. Chapitre II. Colmatage des membranes d'osmose inverse 13

II.1 Définition du colmatage 13

II.2 Entartage ou colmatage inorganique 14

II.3 Principaux dépôts de tartre rencontrés 14

II.3.1 Prévision du colmatage inorganique 15

II.3.2	Evaluation des sels insolubles en solution	16
II.4	Les modèles mathématiques exprimant le colmatage	16
II.5	Développement mathématique	17
II.6	Stratégie à suivre pour l'étude de la validité du modèle mathématique	18
II.6.1	Les étapes à suivre.....	18
III.	Chapitre III.Evaluation de la validité du modèle mathématique par rapport à la simulation.....	20
III.1	Introduction :	20
III.2	Les différentes étapes de dimensionnement d'un système membranaire par logiciels	20
	Etape2 : Calcul de la concentration du perméat en fonction des paramètres de fonctionnement tel que le Taux de conversion $Y\% = QpQa. 100$	20
III.3	Etapes de simulation.....	22
III.3.1	Logiciels IMS	22
III.3.1.1	.Etape 1 :	22
III.3.1.2	Etape 2 :	23
III.3.2	Etape 3 :.....	24
III.3.3	Etape3.....	25
III.4	Logiciels Toray.....	26
IV.	Chapitre IV. Résultats et discussions	31
IV.1	Résultats de la simulation de la déminéralisation de l'eau de mer par logiciel IMS31	
IV.1.1	Résultats de la simulation de la déminéralisation de l'eau de l'eau saumâtre par logiciel IMS	34
IV.2	Résultats de la simulation de la déminéralisation de l'eau de mer par logiciel Toray	35
IV.2.1	Effet du pH	35
IV.2.2	Effet de la variation de la concentration en sulfate	38

IV.3	Résultats de la simulation de la déminéralisation de l'eau saumâtre par logiciel IMS	39
IV.4	Résultats de la simulation de la déminéralisation de l'eau saumâtre par logiciel Toray	40
IV.5	Courbes de comparaison avec le modèle mathématique	42
IV.6	Discussion des résultats obtenus.....	44
IV.6.1	Discussion des résultats de la simulation de la déminéralisation l'eau de mer..	44
IV.6.2	Discussion des résultats de la simulation de la déminéralisation l'eau de l'eau saumâtre	45
IV.6.3	Interprétation des résultats	45
IV.6.4	Comparaison avec le modèle mathématique	45
	Conclusion générale	48
	Références bibliographiques	50
	Annexes	54

Liste des Figures

Figure 1.Répartition de l'eau sur terre [1].....	4
Figure 2.Principe de l'osmose et de l'osmose inverse [1,5]	8
Figure 3.Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse	9
Figure 4.Schéma d'un système d'osmose inverse simplifiée [6]	10
Figure 5.Les différents types de colmatage.....	13
Figure 6.Effet d'obstruction des pores d'une membrane	13
Figure 7.les mécanismes de formations d'un cristal en solution aqueuse.....	14
Figure 8.Photo d'un module colmaté par des substances inorganiques.....	15
Figure 9.Schéma Simplifié du phénomène de dépôt de tartre[6].....	17
Figure 10.Dimensionnement des éléments dans un tube de pression	20
Figure 11.image capture écran de l'étape analyse par IMS-Design.....	22
Figure 12.image capture écran de l'étape de dimensionnement avant le calcul	23
Figure 13.image capture écran de l'étape de calcul des résultats.....	24
Figure 14.image capture écran de l'étape calcul	25
Figure 15.Perte de charge en fonction du pH pour les différents types de membranes IMS ...	31
Figure 16.Consommation énergétique en fonction du pH pour les différents types de membranes IMS	32
Figure 17.Consommation énergétique en fonction de la concentration en sulfate pour les différents types de membranes IMS	33
Figure 18.Consommation énergétique en fonction du pH dans lors de la déminéralisation de l'eau de mer pour les différents types de membranes Toray.....	35
Figure 19.Perte de charge en fonction du pH dans lors de la déminéralisation de l'eau de mer pour les différents types de membranes Toray.....	36
Figure 20.Variation de l'indice de langelier en fonction du pH dans lors de la déminéralisation de l'eau de mer pour les différents types de membranes Toray	37

Figure 21.Consommation énergétique en fonction de la concentration en sulfate pour les différents types de membranes Toray (deminéralisation de l'eau de mer)	38
Figure 22.Consommation énergétique en fonction de la concentration en sulfate pour les différents types de membranes IMS (deminéralisation de l'eau de saumâtre)	39
Figure 23.Consommation énergétique en fonction du pH pour les différents types de membranes Toray.....	40
Figure 24.Consommation énergétique en fonction de la concentration en sulfate pour les différents types de membranes Toray (deminéralisation de l'eau de saumâtre).....	41
Figure 25.Comparaison de la Consommation énergétique en fonction du pH pour les différents types de membranes Toray (deminéralisation de l'eau de l'eau de mer)	42
Figure 26.Comparaison de la Consommation énergétique en fonction du pH pour les différents types de membranes Toray (deminéralisation de l'eau de l'eau de mer)	43
Figure 27.Comparaison de la Consommation énergétique en fonction du pH pour les différents types de membranes Toray (deminéralisation de l'eau de l'eau de mer)	44

Liste des tableaux

Tableau 1.Composition chimique d'une eau de mers	6
Tableau 2.Composition moyenne en eau saumatre	7

NOMENCLATURE

Symboles	désignations	Unités
i	nombre d'ions dissociés dans le cas d'un électrolyte	mol
C	concentration en sels	mol.m ⁻³
R	constante des gaz parfaits R = 8,314	J.mol ⁻¹ .K ⁻¹
T	température absolue de la solution	Kelvin.
η	le rendement	
EC	Consommation spécifique en énergie	KWh/m ³
W _{pompe}	Puissance de la pompe	KWh
Q	Débit d'alimentation	m ³ /h
ΔP	Perte de charge	Bar
J	Flux	L/m ² hbar
Δπ	Différence de pression osmotique	Bar
ERI	Système de conversion d'énergie	Sans Unités

SER	Système d'énergie renouvelable.	Sans Unités
PX	Echangeur de pression	Sans Unités

Résumé

Le colmatage des membranes d'osmose inverse est un problème très rencontré dans les stations de déminéralisation des eaux de mers et eaux saumâtres ce qui influe considérablement sur la production en eau déminéralisé destiné pour la consommation pour les différentes activités, une mauvaise qualité d'eau et une consommation excessive en énergie ce qui représente un facture énergétique très élevé.

Dans ce contexte, il serait indispensable de mettre une stratégie visant à limiter l'encrassement des membranes d'une part et de minimiser la consommation énergétique d'autre part par la maîtrise de tous les facteurs contournant en relation avec le fonctionnement du procédé.

Dans ce cas, nous devons répondre à la question suivante ; Quelle est la relation qui existe entre le colmatage et la consommation énergétique ?

Dans ce mémoire, nous allons faire une modélisation mathématique en tenons compte des différentes recherches bibliographiques sur le colmatage, de la consommation énergétique puis valider et comparer le modèle trouvé par rapport aux résultats de simulation par des logiciels de dessalement tel que IMS design ou Toray.

Mots clés : Eau, osmose, inverse, colmatage, consommation, énergétique, station, modèle.

Abstract

Clogging of reverse osmosis membranes is a problem that is very common in demineralization plants in sea and brackish waters, which has a significant impact on the production of demineralized water for consumption for different activities, poor water quality. and excessive energy consumption which represents a very high energy bill.

In this context, it would be essential to implement a strategy to limit membrane fouling on the one hand and to minimize energy consumption on the other hand by controlling all the circumventing factors in relation to the operation of the process.

In this case, we must answer the following question: What is the relationship between clogging and energy consumption?

In this thesis, we will make a mathematical modeling taking into account the different bibliographic researches on the clogging, of the energetic consumption then validate and compare the model found with the results of simulation by desalination software's such as IMS design or Toray.

Key words: Water, osmosis, reverse, clogging, consumption, energy, station, model.

ملخص

يشكل انسداد أغشية التناضح العكسي مشكلة شائعة جدا في محطات التنقيب عن المعادن في المياه البحرية والريية ، والتي لها تأثير كبير على إنتاج الماء المنزوع المعادن للاستهلاك للأنشطة المختلفة ، وسوء نوعية المياه. والاستهلاك المفرط للطاقة والذي يمثل فاتورة طاقة عالية جدًا.

في هذا السياق ، سيكون من الضروري تنفيذ استراتيجية للحد من غشاء الحشو من جهة والتقليل من استهلاك الطاقة من ناحية أخرى من خلال التحكم في جميع عوامل التحايل فيما يتعلق بتشغيل العملية.

في هذه الحالة، يجب علينا الإجابة على السؤال التالي: ما هي العلاقة بين انسداد واستهلاك الطاقة؟

في هذه الأطروحة ، سنقوم بعمل نمذجة رياضية مع الأخذ بعين الاعتبار الأبحاث الببليوغرافية المختلفة حول الانسداد والاستهلاك النشط ثم التحقق من صحة ومقارنة النموذج الموجود مع نتائج المحاكاة بواسطة برامج التحلية مثل تصميم IMS أو توراي.

الكلمات المفتاحية: ماء ، تناضح ، عكس ، انسداد ، استهلاك ، طاقة ، محطة ، نموذج.

Introduction générale

Introduction général

L'approvisionnement en ressource hydrique de bonne qualité et la consommation énergétique font partie des défis majeurs pour les prochaines générations dans les pays en voie de développement, cela est lié à la forte consommation en eau dans le monde et plus particulièrement en Algérie .

Devant cette situation, les pouvoirs publics dans plusieurs pays dans le monde ont décidé de recourir à des techniques alternatives tel que la déminéralisation des eaux naturelles non conventionnelle pour produire une eau déminéralisée de qualité acceptable destinée pour les différentes activités liées à la vie quotidienne des citoyens avec un coût de revient minimal

Dans ce contexte, l'osmose inverse est une technique assez prometteuse apportant de réelles économies d'énergie par rapport aux procédés thermique ou électrochimiques.

Cependant, avec l'augmentation des nombres de stations de dessalement utilisant la technique d'osmose inverse, il a été constaté une consommation énergétique importante et un coût d'investissement assez élevé

A titre d'exemple, notre pays possède 13 stations de dessalement utilisant l'osmose inverse avec une consommation énergétique totale de **9627520 KWh/jour**, et d'ici 2019, 43 stations vont être installées dans le littoral et par conséquent il serait logique de minimiser cette consommation par une très bonne gestion des différents problèmes qui conduisent à une augmentation de la consommation énergétique et qui sont liés aux interactions entre les solutés et les membranes d'osmose inverse.

Plusieurs recherches montrent que le dépôt de différentes substances se trouvant dans les eaux des surfaces des membranes provoque une diminution du flux de production en eau déminéralisée et une augmentation de la perte de charge ce qui conduit à une perte énergétique supplémentaire.

Ce problème est connu sous le nom de colmatage ou encrassement .

Dans ce cas , il serait important de trouver le lien qui existe entre ce phénomène et l'énergie consommée d'un système membranaire d'osmose inverse et cela par une analyse théorique des différentes variantes liées à la qualité des eaux , les différents types de constituants , la membrane utilisée , la configuration des systèmes membranaires

La modélisation mathématique de ces différentes variantes est une solution fiable que allons essayer de traiter et de proposer dans ce manuscrit et de faire une comparaison avec les modèles simulés par les différents logiciels conçu par les fournisseurs du déminéralisation des eaux

Ce manuscrit est réparti comme suit

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Chapitre II : Colmatage des membranes d'osmose inverse

Chapitre III : Evaluation du modèle mathématique par rapport à la simulation par IMS et Toray

Chapitre IV : Résultats et discussions

Conclusion et perspectives

Chapitre 01 :

Synthèse bibliographique

I. Chapitre I. Synthèse bibliographique

I.1 Introduction :

La pénurie d'eau est devenue un problème qui menace nos activités quotidiennes et les développements durables. Les principaux facteurs qui contribuent à ce problème est la réduction des ressources en eau suite aux phénomènes de sécheresse, répartition hétérogène de l'eau sur terre, le réchauffement climatique et la pollution. Provenant de l'industrie et de l'agriculture (toxines, des pesticides, des herbicides, des métaux lourds et des produits chimiques / résidus délétères). Les usines de traitement de l'eau conventionnelles qui utilisent des procédés chimiques et physiques ne sont pas capables d'éliminer ces contaminants et sont incapables de produire de l'eau destiné à la consommation.

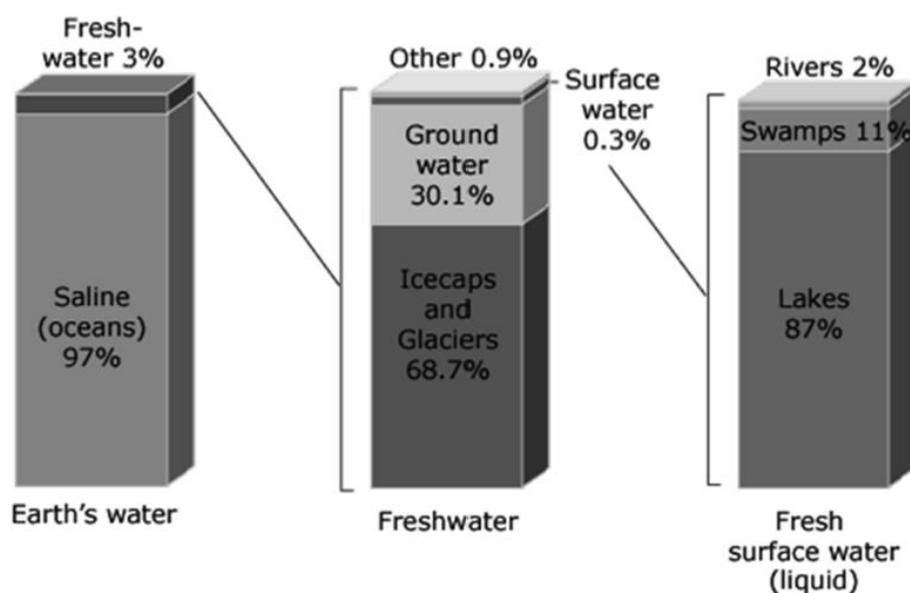


Figure 1. Répartition de l'eau sur terre [1]

Devant cette situation, l'une des alternatives la plus courante est la déminéralisation des eaux par membranes pour produire une eau destinée à la consommation (Eau potable, Eau d'irrigation, Eau distillée....etc) et qui va servir à alimenter les différentes activités liées à la vie quotidienne des citoyens (Industrie chimique, agroalimentaire, pharmaceutique ...etc)

Cette polyvalence d'utilisation des procédés membranaires est liée à la réserve en ressource hydrique non conventionnelle mais aussi à la qualité de ces ressources (les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques).

I.2 Les différents types de ressources hydriques

Les ressources en eau se divisent en deux catégories les eaux naturelles et les eaux polluées suite aux différentes activités domestiques ou industrielles, dans ce qui suit, nous allons présenter quelque définition sur ces différentes catégories d'eau.

I.2.1 Les eaux naturelles

I.2.1.1 Les eaux souterraines

Les eaux souterraines sont toutes les eaux se trouvant sous la surface du sol, dans la zone de saturation et en contact direct avec le sol ou le sous-sol. Les aquifères souterrains sont la réserve majeure (96 %) de l'eau douce exploitable sur les terres émergées. Leur pompage est réparti dans les usages suivants :

- 65 % pour l'irrigation.
- 25 % pour l'eau potable
- 10 % pour l'industrie.

I.2.1.2 Les eaux de surface

Les eaux de surface, également appelées eaux superficielles, sont constituées, par opposition aux eaux souterraines, de l'ensemble des masses d'eau courantes ou stagnantes, douces, saumâtres ou salées. Il s'agit pour l'essentiel des cours d'eau, des océans, des mers, des lacs et des eaux de ruissellement².

Tôt ou tard, éventuellement après avoir contribué à la vie physiologique de la flore ou de la faune, l'eau de surface s'évapore ou rejoint le cours lent des eaux souterraines.

Les zones humides comportent de manière relativement constante une quantité d'eau de surface, celle-ci contribuant pour sa part à l'intérêt de la zone pour la biodiversité, sous forme d'eau libre, d'humidité du sol ou d'eau imbibant la base des formations végétales qui s'y reproduisent.

I.2.2 Les eaux polluées

La pollution de l'eau est sans doute aussi ancienne que la sédentarisation de l'humanité et sa première industrie, contamination des mares, puits, étangs par les excréments animaux ou humains...).elle peut être d'origine chimique (Nitrate ,phosphate ,composés organique ou bactériologique tel que la présence de coliforme fécaux provenant d'effluent d'élevage

I.3 La composition chimique d'une eau*Tableau 2.1 Composition chimique d'une eau de mers*

Eléments	Concentration (mg/L)
Calcium	410
Magnésium	1.310
Sodium	10.900
Potassium	390
Barium	0.05
Strontium	13
Le fer	0.02
Manganèse	0.01
Silice	0.04-8
Chlorure	19.700
Sulfate	2.740
Fluorure	1.4
Bromure	65
Nitrate	0.7
Bicarbonate	152
Bore	4-5
Autre	/
TDS	35.000mg/L
pH	8.1

Tableau 2.2 Composition moyenne en eau saumâtre

Eléments	Concentration (ppm)
Calcium	105
Magnésium	16
Sodium	42
Potassium	5
Barium	0.1
Strontium	1
Bicarbonate	253
Chlorure	49
Sulfate	72
Nitrate	6
Phosphate	1
pH	7,6

Il est utile de rappeler qu'une eau déminéralisée par le procédé d'osmose inverse fera l'usage dans plusieurs domaines de la vie quotidienne des citoyens selon les valeurs du TDS et pH, et cela 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 présentation de la technique de déminéralisation des eaux par osmose inverse.

I.4 Principe de l'osmose inverse

L'osmose inverse est une technique de déminéralisation des eaux brutes pour produire une eau pure de faible conductivité, les membranes utilisées sont soumises à une forte pression.

Le principe fondamental de l'osmose consiste à faire transférer un solvant à travers une membrane semi-perméable sous l'action d'une différence de concentration suite à un écoulement dirigé de la solution diluée vers la solution concentrée. Si l'on exerce une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Il arrivera un moment où la pression appliquée sera telle que le flux d'eau s'annulera. Si, pour simplifier, nous supposons que la solution diluée est de l'eau pure, cette pression d'équilibre est appelée pression osmotique.

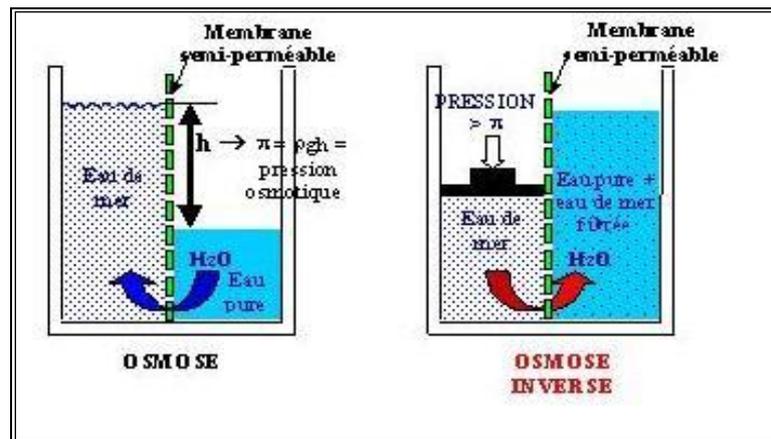


Figure 2. Principe de l'osmose et de l'osmose inverse

La formule de la pression osmotique notée π est :

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

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

C : est la concentration en sels en 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_1 (débit massique par m^2 de membrane) d'eau osmose produite est proportionnel à la différence entre la pression appliquée P et la pression osmotique π 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.5 Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse

Les éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse sont schématisés sur la figure 5.

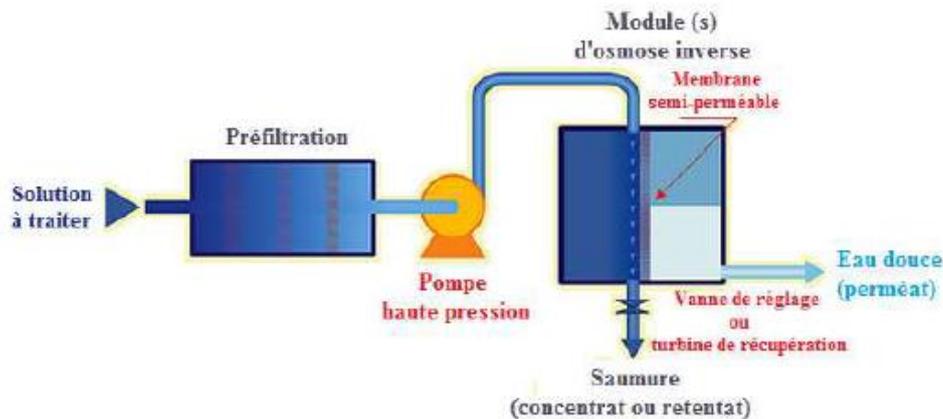


Figure 3.Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse

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

- les membranes proprement dite
- les modules
- la pompe HP
- éventuellement un DRE
- un système de prétraitement
- un système de post-traitement.

I.5.1 Paramètres de fonctionnement d'un système membranaire d'osmose inverse

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 :

$$R = \left(\frac{C_0 - C_p}{C_0} \right) \times 100$$

Taux de conversion (%Y), est représenté par la formule (2). C'est le quotient du débit d'eau produit par le débit d'eau d'alimentation :

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

I.5.2 Théorie de transfert en osmose inverse

Le processus de transfert du soluté et des molécules des solvants sont généralement traité comme un système homogène avec une vitesse d'écoulement transversal tout le canal de filtration. La vitesse du perméat de l'ensemble du processus RO est simplement déterminé par la pression d'entraînement nette divisée par la résistance de la membrane.

A l'échelle industrielle, les membranes sont incorporées dans un tube de pression sous forme de système spiral.

I.6 La consommation énergétique en osmose inverse

La consommation énergétique dans un système d'osmose inverse.

Ces modèles sont généralement répartis selon le type de système choisi telle que :

- Les systèmes d'osmose inverse simple

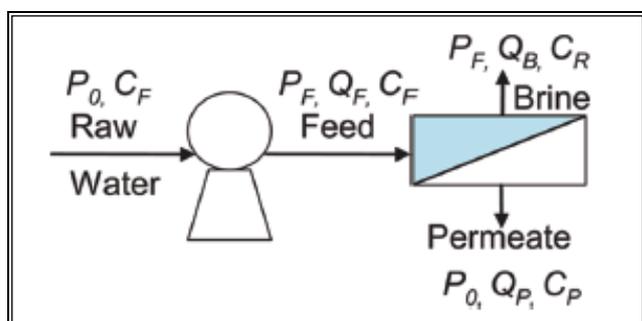


Figure 4. Schéma d'un système d'osmose inverse simplifié [6]

L'énergie consommée est déterminé par le rapport entre la puissance de la pompe sur le débit du perméat :

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

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

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

Chapitre II:

Chapitre II:

Colmatage des membranes d'osmose inverse

II. Chapitre II. Colmatage des membranes d'osmose inverse

II.1 Définition du colmatage

Le phénomène d'encrassement ou colmatage se produit lorsqu'il ya obstruction des pores d'une membrane par différents espèces de nature différentes se trouvant dans la solution d'alimentation (colloïdes comme la silice ou l'hydroxyde de fer, les composés organiques, les sels inorganiques insoluble en solution et les bactéries)

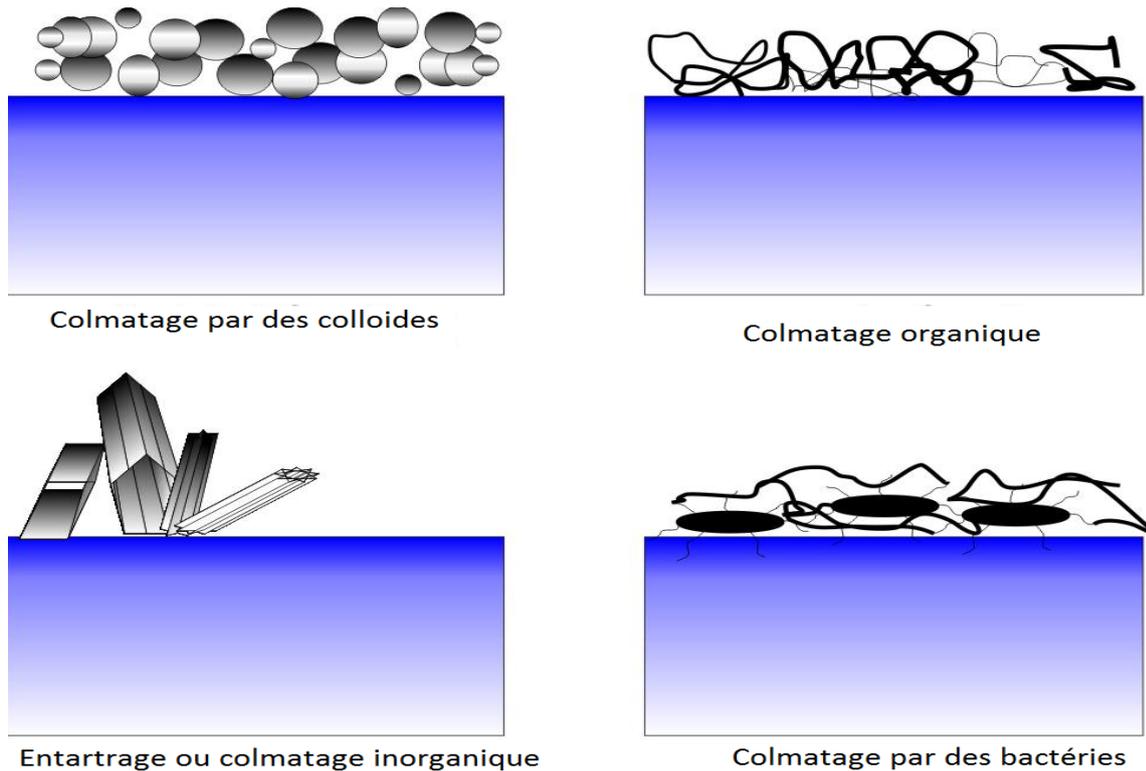


Figure 5. Les différents types de colmatage.

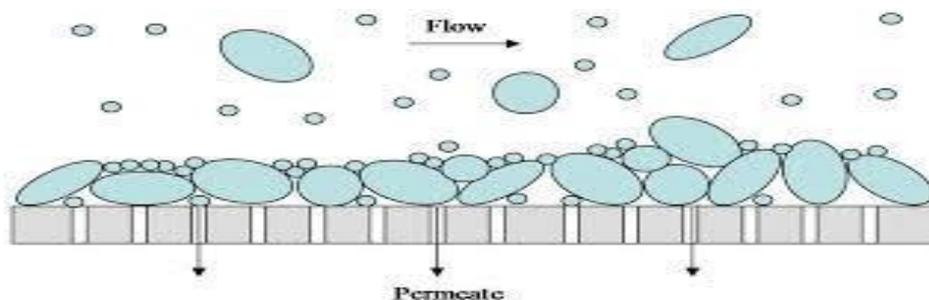


Figure 6. Effet d'obstruction des pores d'une membrane

II.2 Entartage ou colmatage inorganique

L'entartrage est un problème de sels minéraux qui ont tendance à se déposer sur les surfaces membranaires. Les dépôts sont constitués principalement par des sels insolubles en solution tel que du carbonate de calcium (CaCO_3), et le sulfate de calcium. Pour qu'il y ait dépôts de tartre, deux conditions principales doivent être réunies :

- Une condition thermodynamique : il faut que la limite de solubilité soit dépassée, c'est-à-dire qu'il y ait sursaturation.. Dans ce cas, la sursaturation est atteinte soit par concentration de la solution à température constante, soit par une augmentation de la température à concentration. (La combinaison des deux est aussi possible).
- Aspect cinétique nucléation et croissance cristalline

Le phénomène de nucléation, première étape de formation d'une phase cristallisée, est la croissance des premiers germes solides appelés nucléé dans une solution saturée. Deux types de nucléation existent: la nucléation homogène, lorsqu'il y a formation de nucléé exclusivement entre ions libres en solution - la nucléation hétérogène lorsqu'il y a formation de nucléé au contact d'un interface : parois, cristaux formés... Lorsque les embryons ont atteint la taille du nucleus critique, la croissance a lieu puisque la solution sursaturée tend vers l'état d'équilibre par précipitation.

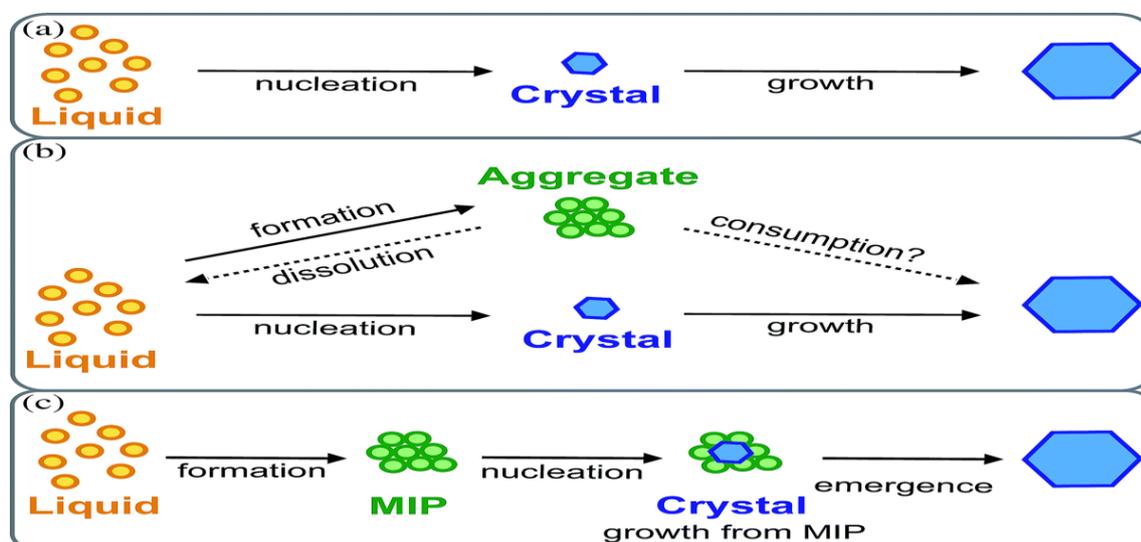


Figure 7. les mécanismes de formations d'un cristal en solution aqueuse

II.3 Principaux dépôts de tartre rencontrés

En général, les dépôts de tartre le plus rencontrés dans les installations de dessalement sont:

- le carbonate de calcium CaCO_3 (calcite, aragonite)

- le sulfate de calcium CaSO_4 (anhydrite, gypse)
- le sulfate de baryum (BaSO_4)
- le sulfate de strontium (SrSO_4)



Figure 8. Photo d'un module colmaté par des substances inorganiques

Cela ce traduit par les concentrations les plus élevées des sels insolubles de sulfate et de carbonates dans les eaux de mers et les eaux saumâtres

Relation entre

II.3.1 Prévision du colmatage inorganique

- Il a été prouvé que certains paramètres liés à la composition de l'eau prétraité contribue sur le dépôt de sels insolubles sur les membranes d'osmose inverse, de ce fait il serait logique de tenir compte de certains indices comme :
- Les indices de saturations en sels insolubles qui sont exprimé par le ratio du produit de solubilité par rapport à la constante de solubilité du sel, cette indice dépend considérablement de la concentration des ions qui se trouve dans la solu
- L'indice de langelier qui exprime la formation des sels de carbonate en calcium et qui exprimé en fonction du pH par l'équation suivante :

$$I_{\text{langelier}} = \text{pH} - \text{pH}_{\text{saturation}}$$

Lorsque $I_{\text{langelier}} \geq 0$ il ya un risque d'entartrage

$I_{\text{langelier}} \leq 0$ pas de risque d'entartrage

II.3.2 Evaluation des sels insolubles en solution

Il a été constaté que les principaux éléments qui provoquent le colmatage sont les ions carbonates (CO_3^{2-}) et les ions sulfates (SO_4^{2-}) et dans ce cas toute variation de concentration en ions sulfates et le pH de la solution pourrait provoquer le dépôt

II.4 Les modèles mathématiques exprimant le colmatage

Plusieurs modèles mathématiques exprimant la variation du flux du perméat en fonction de la résistance de la membrane ont été développés durant ces dernières années

L'équation générale qui exprime cette variation est :

$$J_{\text{perméat}} = \frac{\Delta P - \Delta \pi}{\mu R_{\text{Total}}}$$

$J_{\text{perméat}}$ flux du perméat en ($\text{L}/\text{m}^2\text{h}$)

ΔP : La différence de pression entre l'entrée et la sortie du module

$\Delta \pi$: La différence de pression osmotique entre l'eau de mer prétraitée et la pression osmotique du perméat

$R_{\text{total}} = R_{\text{membrane}} + R_{\text{couche colmatante}}$

R_{membrane} = résistance de la membrane

$R_{\text{couche colmatante}}$ = Résistance due à la présence de la couche colmatante

μ = Viscosité dynamique de l'eau

En ce qui concerne la résistance de la couche colmatante, elle est souvent calculée en tenant compte des variations des flux de perméat lors du processus de filtration (Voir figure)

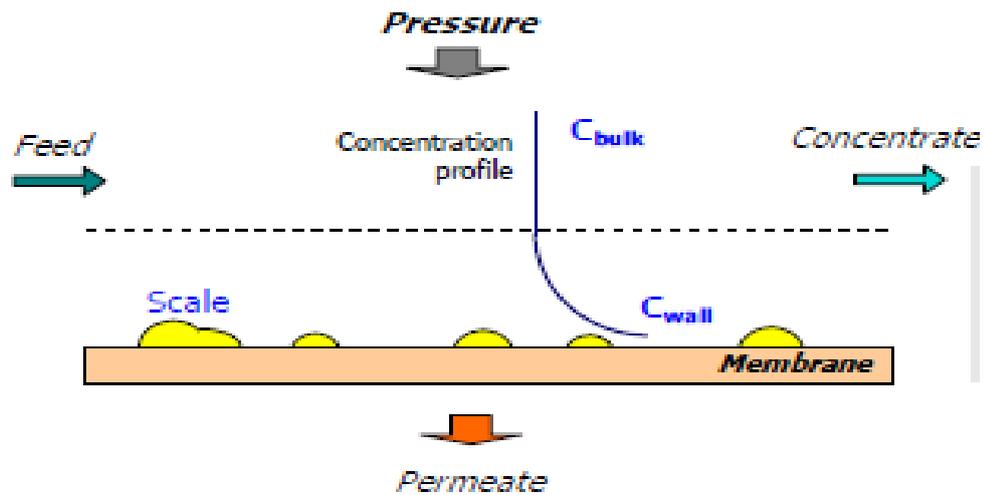


Figure 9. Schéma Simplifié du phénomène de dépôt de tartre[6]

II.5 Développement mathématique

En utilisant l'équation générale empirique exprimant la variation de la pression osmotique en fonction de la concentration des sels dans l'eau de mer prétraité et le perméat [Kagashi et al,2010] et par conséquent ,on pourra exprimer le flux du perméat par l'équation suivante

$$J = \frac{\Delta P - (0.9524(TDS_A^2 - TDS_p^2) + 81633(TDS_A - TDS_p) - 23614)}{\mu(R_m + R_f)}$$

Avec

TDS_A : taux de sels dissous dans l'alimentation (ppm)

TDS_p : Taux de sels dissous dans le perméat (ppm)

R_f : Résistance de la couche colmatant (m^{-1})

Sachant que le débit du perméat est le produit du flux du perméat par la surface de la membrane et en utilisant l'équation (I.7) et l'équation (II.7), l'énergie consommé sera exprimé par la relation suivante :

$$EC = \frac{\Delta P \cdot Q_f \mu R_{tot}}{(\Delta P - (0.9524(TDS_A^2 - TDS_p^2) + 81633(TDS_A - TDS_p) - 23614)S_{membrane}}$$

Q_f : Débit d'alimentation (m^3/h)

$S_{membrane}$: Surface de la membrane (m^2)

EC :Energie consommé par le systémemembranaire en (KWh/m^3)

II.6 Stratégie à suivre pour l'étude de la validité du modèle mathématique

Afin de vérifier la validité du modèle mathématique trouvé ,nous allons comparer les résultats de la consommation énergétique sous différentes conditions d'entartrage avec les calculs des modèles simulés par des logiciels de dimensionnement des membranes d'osmose inverse (Toray et IMS design),ce qui nous permettra de faire une identification réel de tous les facteurs

Pou raboutir à ces résultats ,nous allons adopter une stratégie similaire lors de déminéralisation des eaux de mers et des eaux saumâtres par le procédé d'osmose inverse

II.6.1 Les étapes à suivre

- On va considérer un débit de production moyen de l'ordre $Q_p=200000\text{m}^3/\text{jour}$ pour le dessalement de l'eau de mer et de $Q_p=34000\text{m}^3/\text{jour}$ pour le dessalement de l'eau de mer
- Nous allons faire varier le pH des l'eau d'alimentation prétraité de l'ordre 6,8 et 9 pour chaque essai
- Nous allons maintenir une température ambiante de 25°C
- Nous allons faire varier la concentration des ions sulfate (SO_4^{2-}) avec des facteurs d'ordres de 1,5, 2 et 2,5

Chapitre III:

**Evaluation de la validité du modèle mathématique
par rapport à la simulation**

III. Chapitre III.Evaluation de la validité du modèle mathématique par rapport à la simulation

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 concentrât, la température

III.2 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

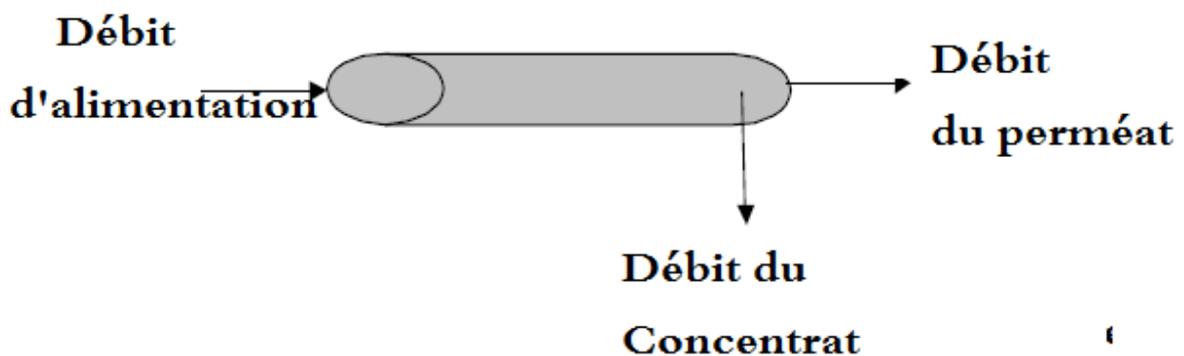


Figure 10. Dimensionnement des éléments dans un tube de pression

Etape2 : Calcul de la concentration du perméat en fonction des paramètres de fonctionnement tel que le Taux de conversion

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

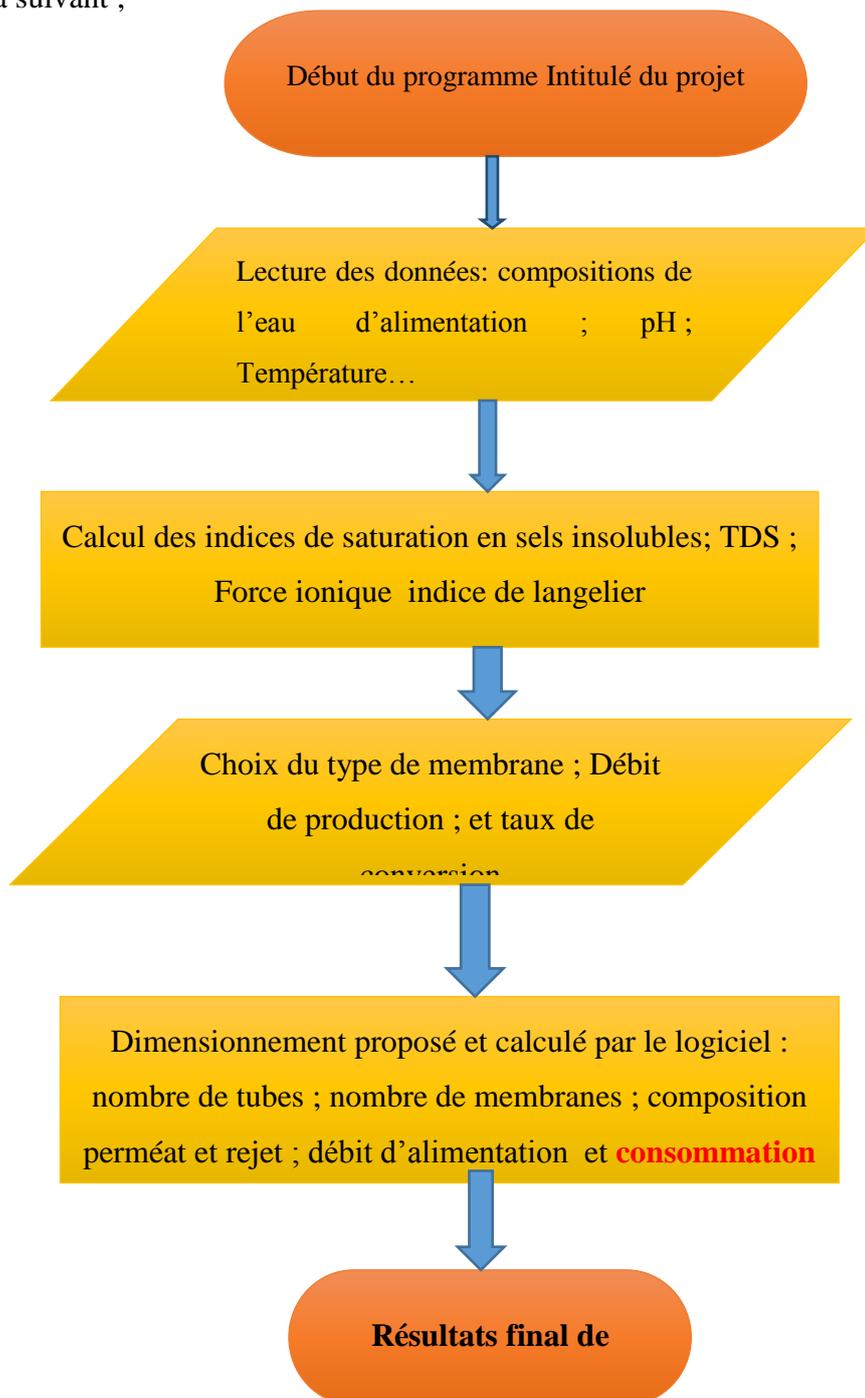
Le débit du concentrât Q_c

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

III.3.1 Logiciels IMS

III.3.1.1 .Etape 1 :

Composition de l'eau d'alimentation

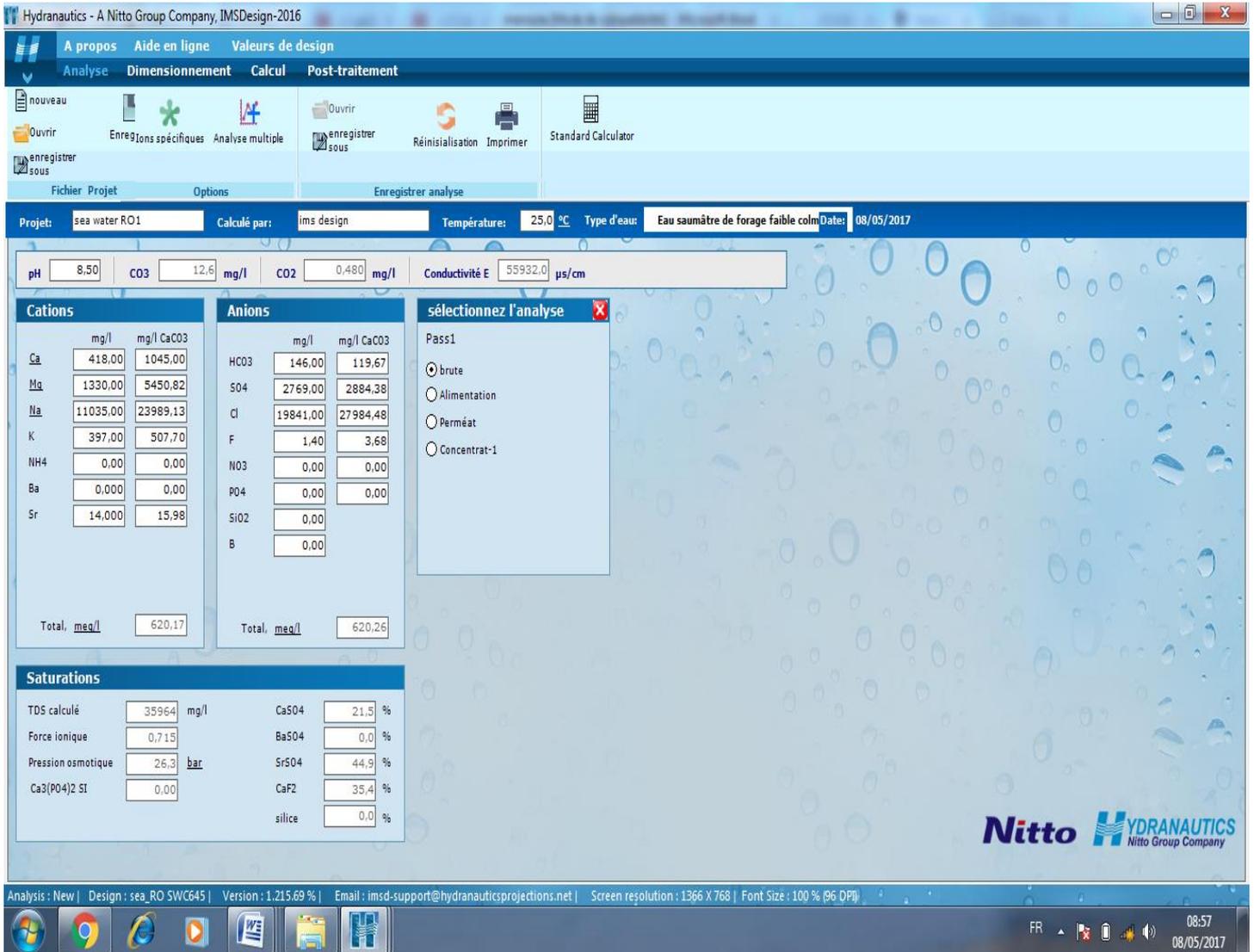


Figure 11. image capture écran de l'étape analyse par IMS-Design

III.3.1.2 Etape 2 :

Dimensionnement

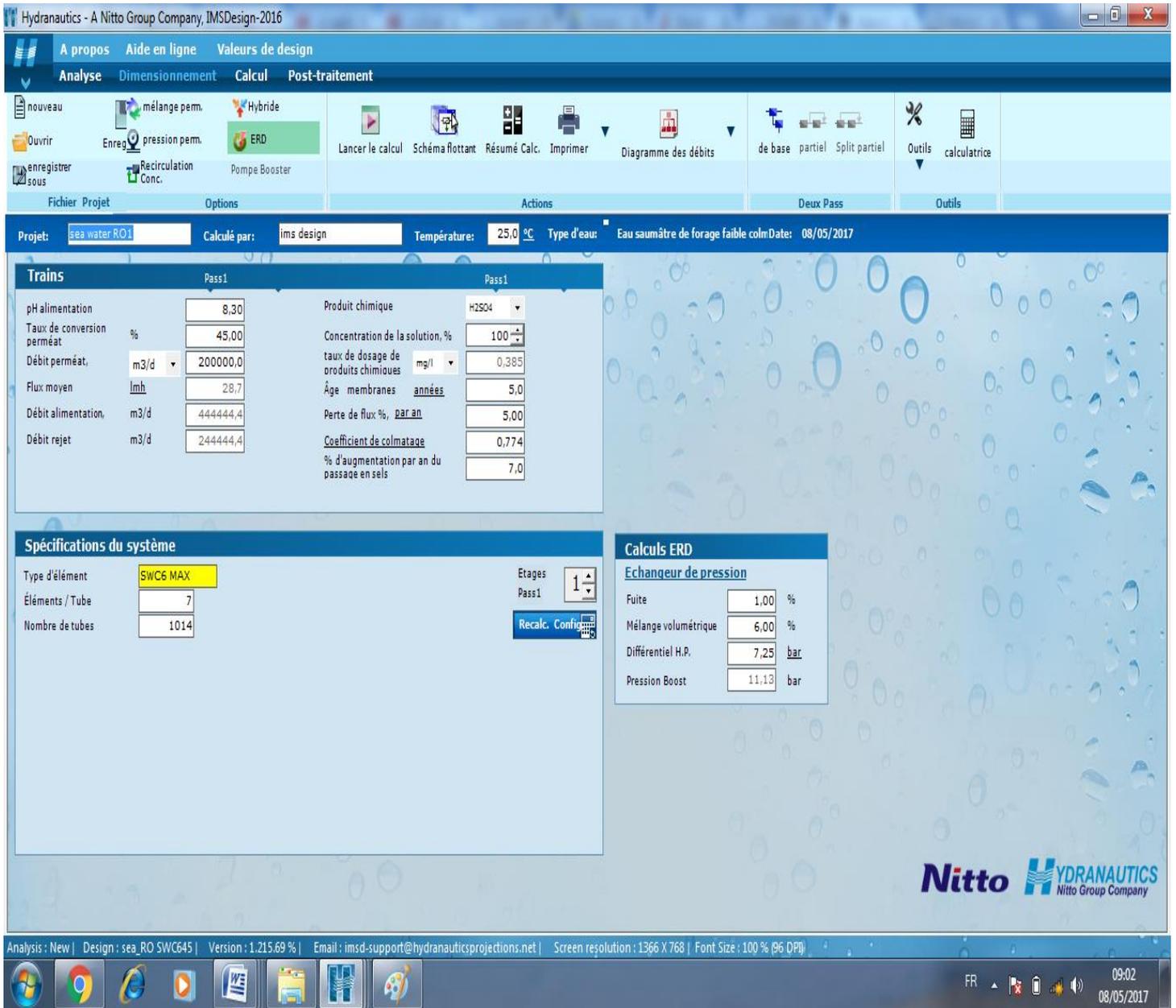


Figure 12. image capture écran de l'étape de dimensionnement avant le calcul

III.3.2 Etape 3 :

Résultats de la simulation

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 colm Date: 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

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, %	343	Langelier	2,05		

avertissement:

- Séquestrant nécessaire.

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

Figure 13. image capture écran de l'étape de calcul des résultats

III.3.3 Etape3

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

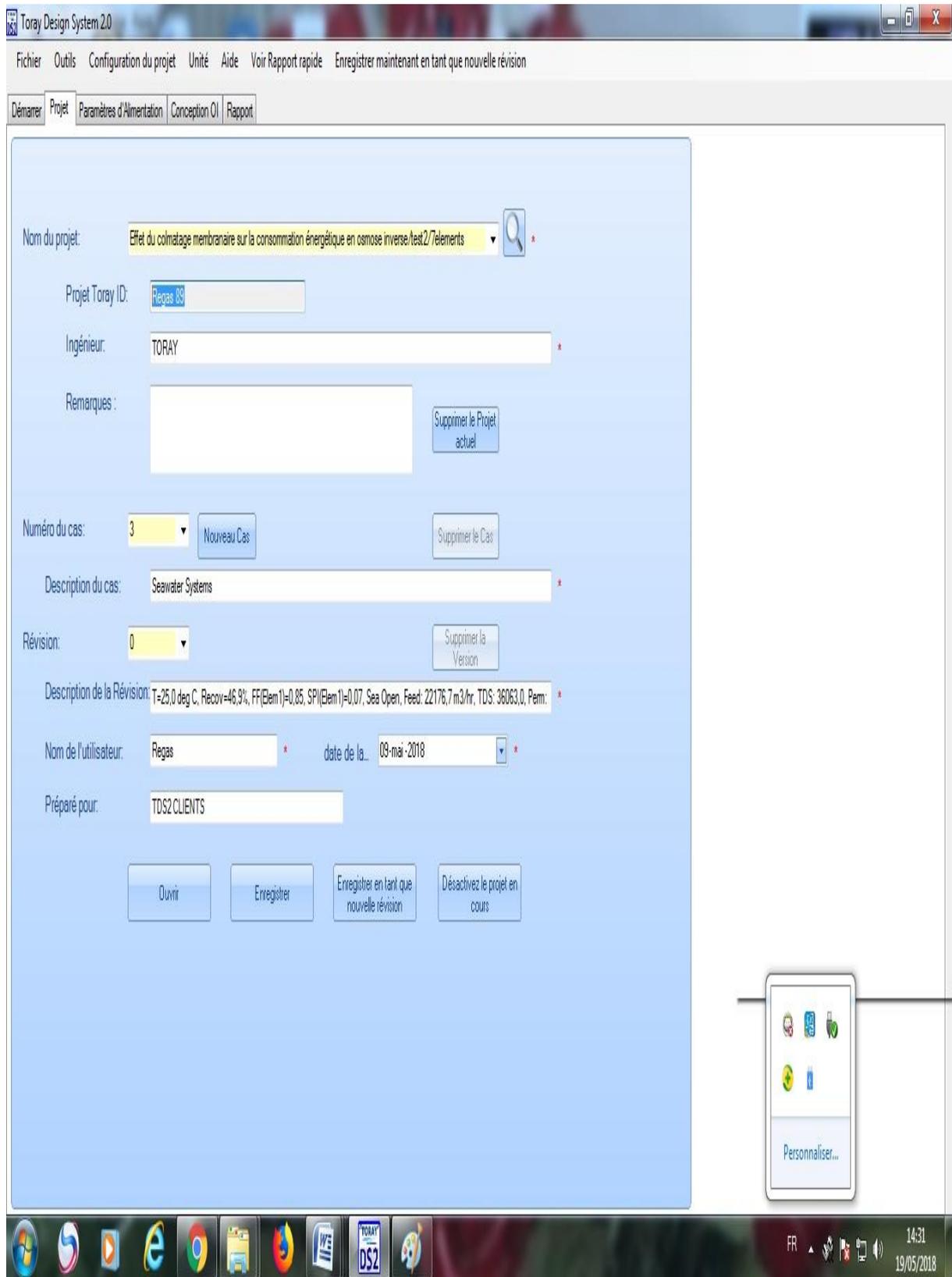
The screenshot shows the 'Calcul de la puissance' (Power Calculation) window in the Hydranautics software. The window displays a table of parameters for two stages: 'Pass1' and 'ERD boost'. The parameters include pressure, production flow rate, pump flow rate, pump efficiency, motor efficiency, variable frequency efficiency, power per stage/pass, total pumping power, and specific energy consumption.

	Pass1	ERD boost
Pression pompe / boost	64,7	11,1
Débit production	200000,0	
Débit de la pompe	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	19858,7	4080,9
BHP	26620,3	5470,4
Puissance totale de pompage	23939,6	
Energie spécifique de pompage	2,87	

The software interface also shows the project name 'sea water RO1', the designer 'ims design', and the temperature '25,0 °C'. The status bar at the bottom indicates 'calculé avec succès' (calculated successfully).

Figure 14. image capture écran de l'étape calcul

III.4 Logiciels Toray



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: 22176,74m3/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.	
SrSO4	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	483,4799	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			
Totaux	13238,1551	622,0081	31128,3946

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
Totaux	22841,0174	622,0081	31128,3954

Réinitialiser Ion

Personnaliser...

FR 14:31 19/05/2018

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

Configuration Options

Un Passe

Mélange d'alimentation

Recirculation

Prise divisée

Deux Passes

Boost

Mélange d'alimentation

Recirculation Passe1

Recirculation Passe2

Perméat partiel

Diviser le perméat

20 m³/hr Unités de débit

bar Unités de pression

deg C Unités de température

25.00 Température

Température minimale

Température maximale

Calculer maintenant

Produit 10400,00

Alimentation Net 22176,74

46,90 %

Alimentation 22176,74

Eau de Mer à prise ouverte

Concentrat 11778,74

30

%Taux de conversion 46,90

Passer 1 Etages Totaux 1 Étage actuel: 1 Total des éléments de L'28000

Tubes par Etages 4000 Éléments dans le Tut 7 Tous les éléments identiques

Âge de l'éléme 3,00 Même âge ? Tous les mêmes étages

Limites d'Encrassem 0,850 Âge définit l'encrassement Augmentation Passage 7,00

TM820C-400, SWRO

9.96 Overall Pass Flux Effective SP Increase = 22,50%

Standard SWRO element, high area 34mil feed spacer

TM820C-400, SWRO Type d'élément: Element Selection Criteria

Type	Diamètre, Pou.	Tester Taux de...	Surface	% de Rejet	Pression	Débit
TM820C-400, SWRO	8,000	8,000	37,30	99,75	bar	m ³ /hr
Pression Max	Pression d'essai	Tester la TDS	Épaisseur de l'espaceur	Débit de Perméat		
83,00	55,20	32000	34 mil	1,025		

Passer 1 Passe 2

Paramètre	Etage 1	Etage 2

Chem Dosing

- Alimentation pré-tr
- Alimentation post-tr
- Alimentation Final
- Interpasse
- Produit
- Traitement Perméat

Dégazage

- Alimentation
- Interpasse
- Produit

Personnaliser...

Erreurs Résultat

Item	4	5	10
Pression	0	0	55,21
Débit	22176,74	22176,74	22176,74
pH	8	8	8
TDS	36071,07	36071,07	36071,07
Cl	19908,44	19908,44	19908,44
HCO3	152	152	152

Configuration Options

Chapitre III Evaluation de la validité du modèle mathématique par rapport à la simulation

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		
Cas	3 Seawater Systems		
Révision	0 T=25,0 deg C, Recov=46,9%, FF(Elem1)=0,85, SP(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 (V.20148) :		

		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 ³	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

Chapitre IV:

Résultats et discussions

IV. Chapitre IV. Résultats et discussions

IV.1 Résultats de la simulation de la déminéralisation de l'eau de mer par logiciel IMS

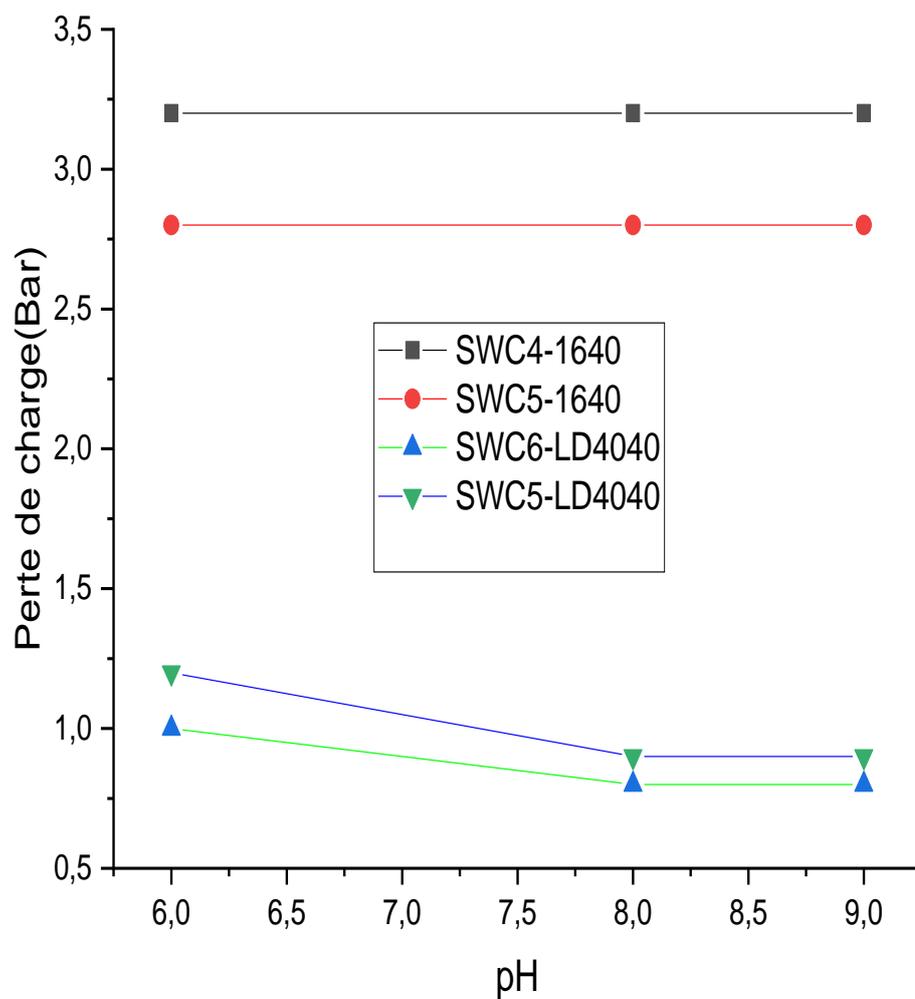


Figure 15. Perte de charge en fonction du pH pour les différents types de membranes IMS

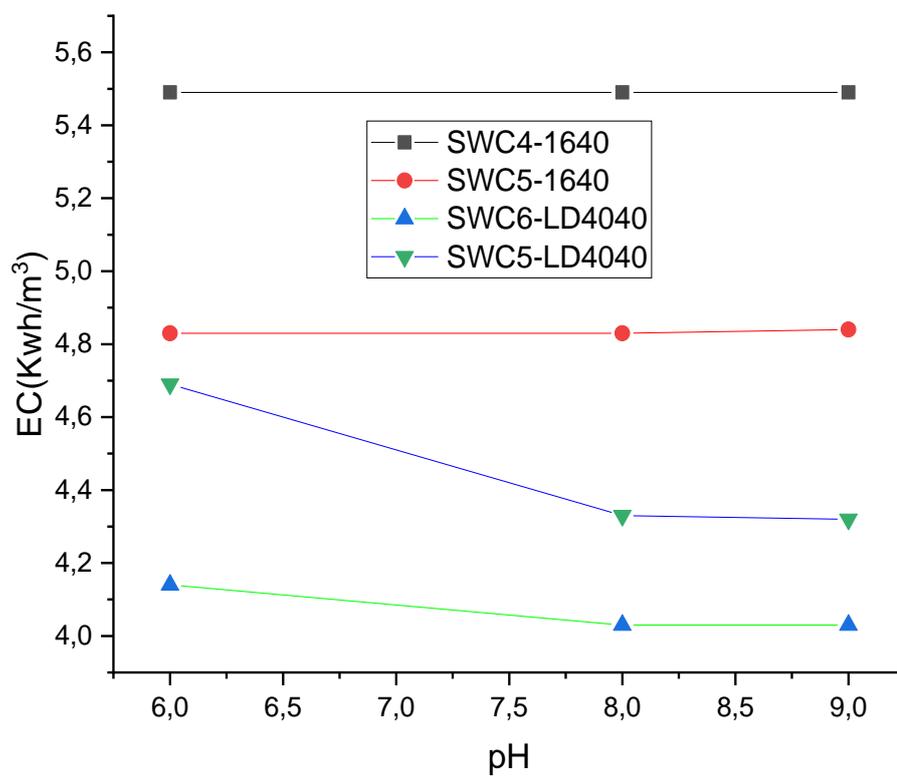


Figure 16. Consommation énergétique en fonction du pH pour les différents types de membranes IMS

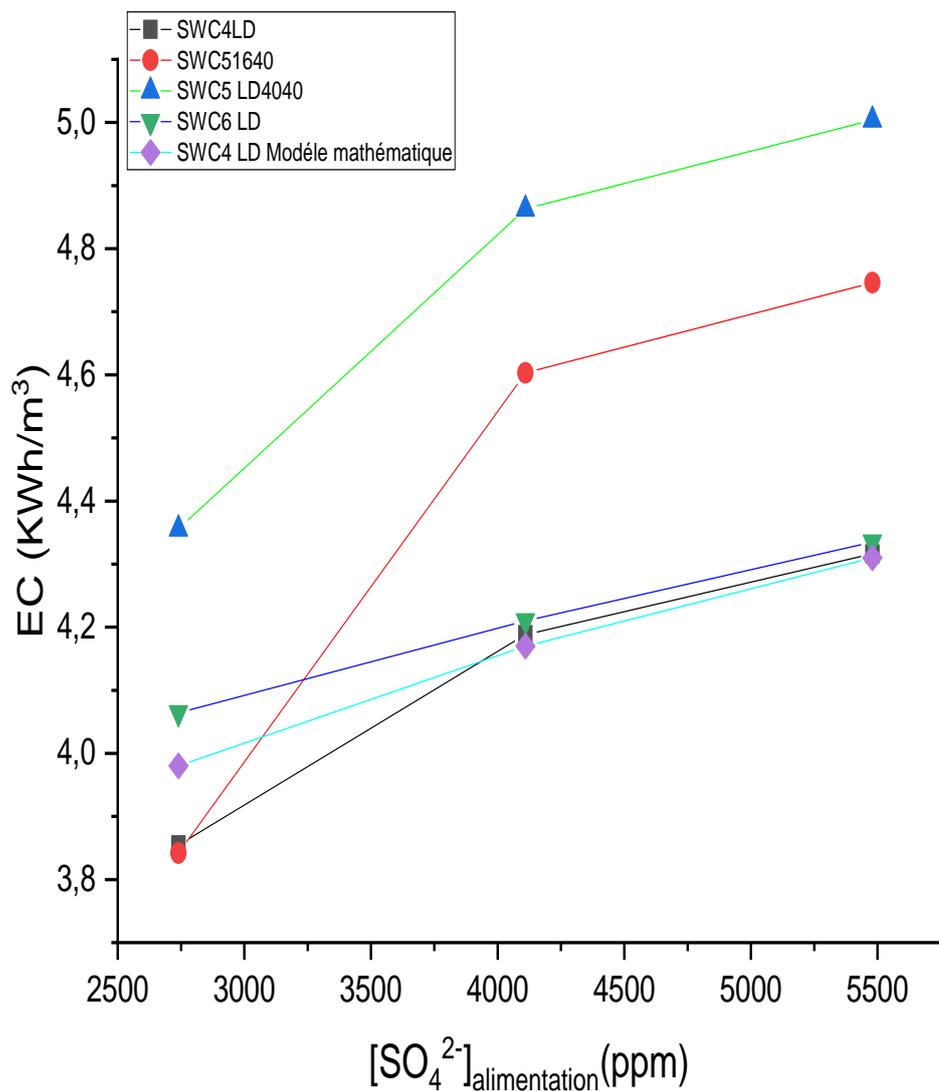


Figure 17. Consommation énergétique en fonction de la concentration en sulfate pour les différents types de membranes IMS

IV.1.1 Résultats de la simulation de la déminéralisation de l'eau de l'eau saumâtre par logiciel IMS

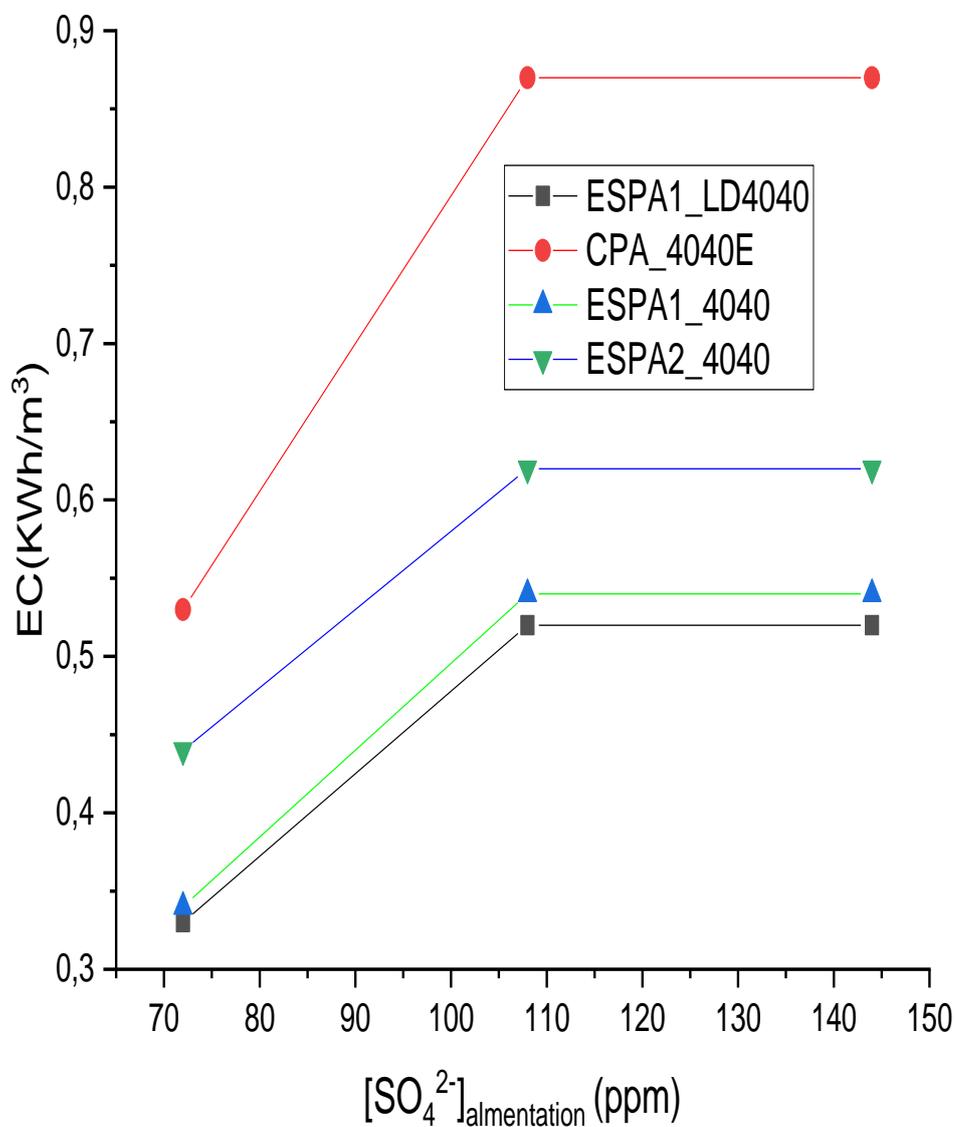


Figure 14: Consommation énergétique en fonction de la concentration en sulfate dans l'eau saumâtre pour les différents types de membranes IMS

IV.2 Résultats de la simulation de la déminéralisation de l'eau de mer par logiciel Toray

IV.2.1 Effet du pH

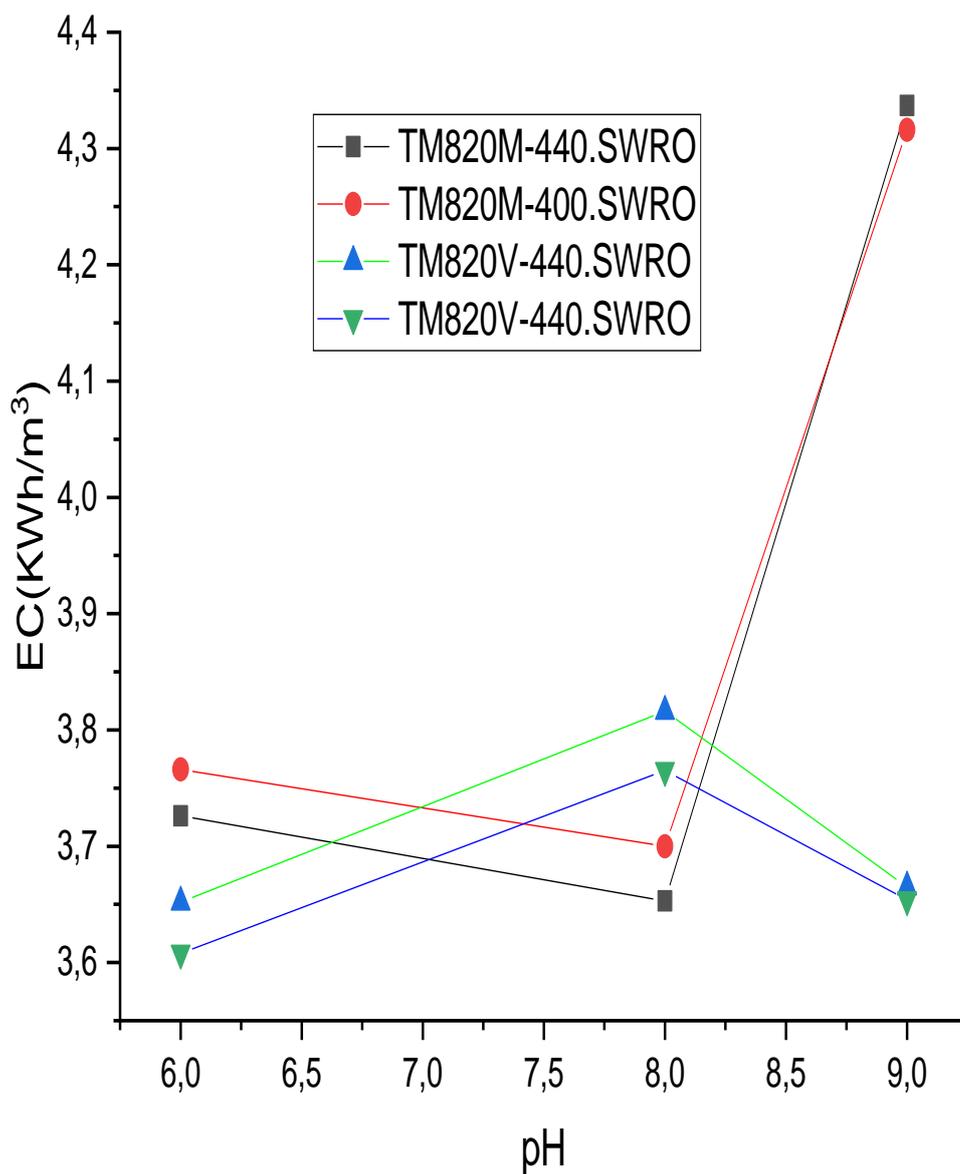


Figure 18. Consommation énergétique en fonction du pH dans lors de la déminéralisation de l'eau de mer pour les différents types de membranes Toray

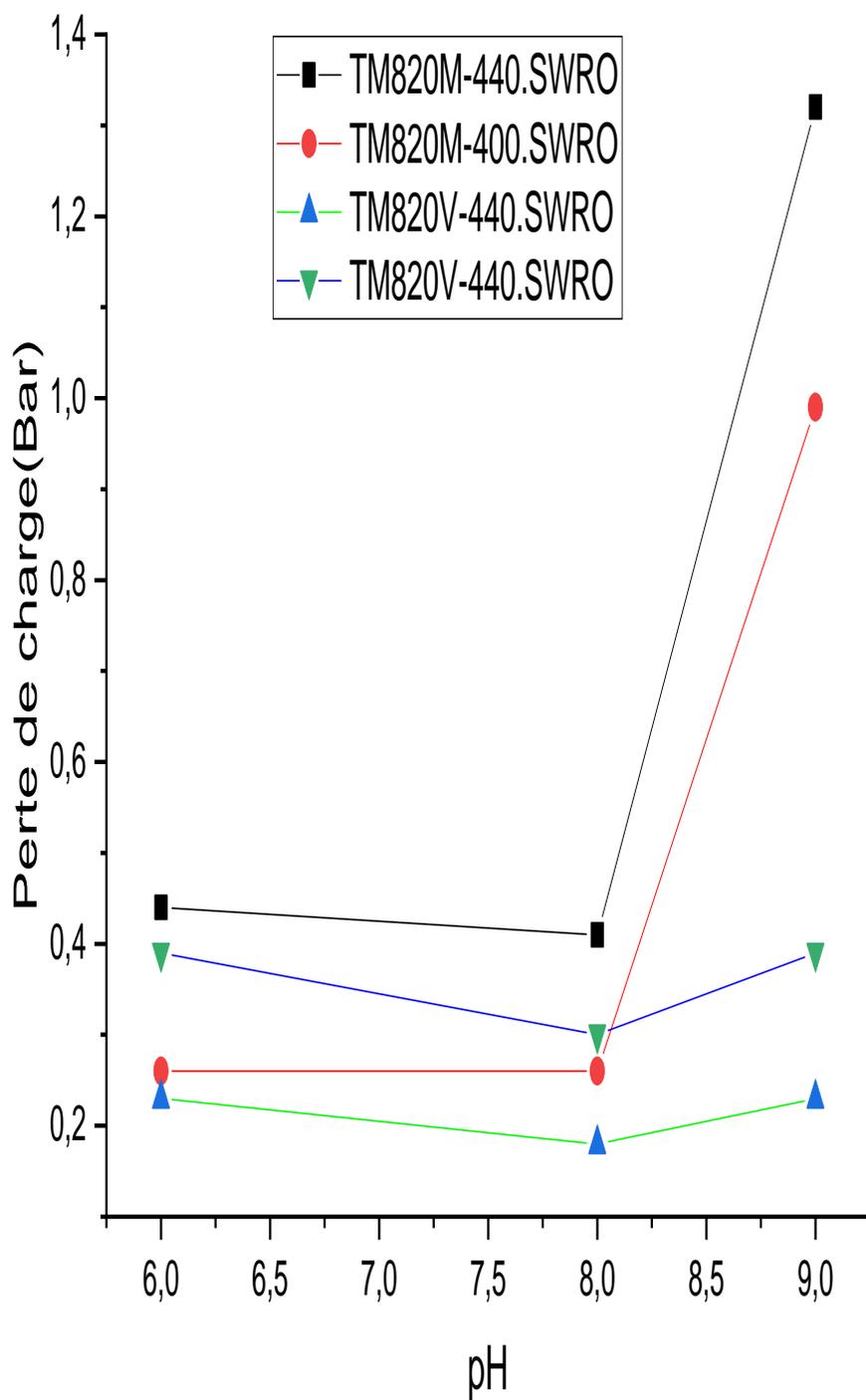


Figure 19. Perte de charge en fonction du pH dans lors de la déminéralisation de l'eau de mer pour les différents types de membranes Toray

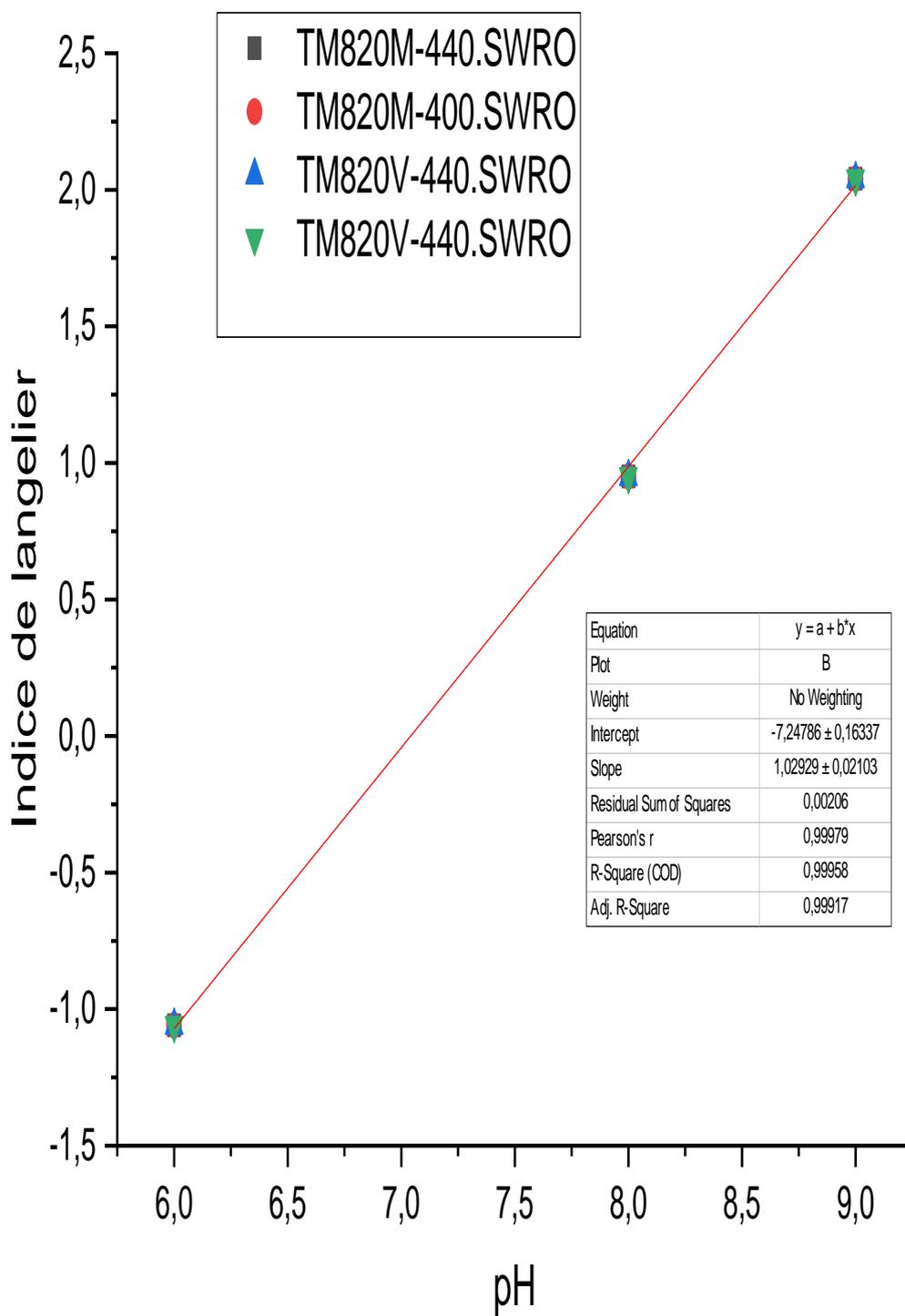


Figure 20. Variation de l'indice de langelier en fonction du pH dans lors de la déminéralisation de l'eau de mer pour les différents types de membranes Toray

IV.2.2 Effet de la variation de la concentration en sulfate

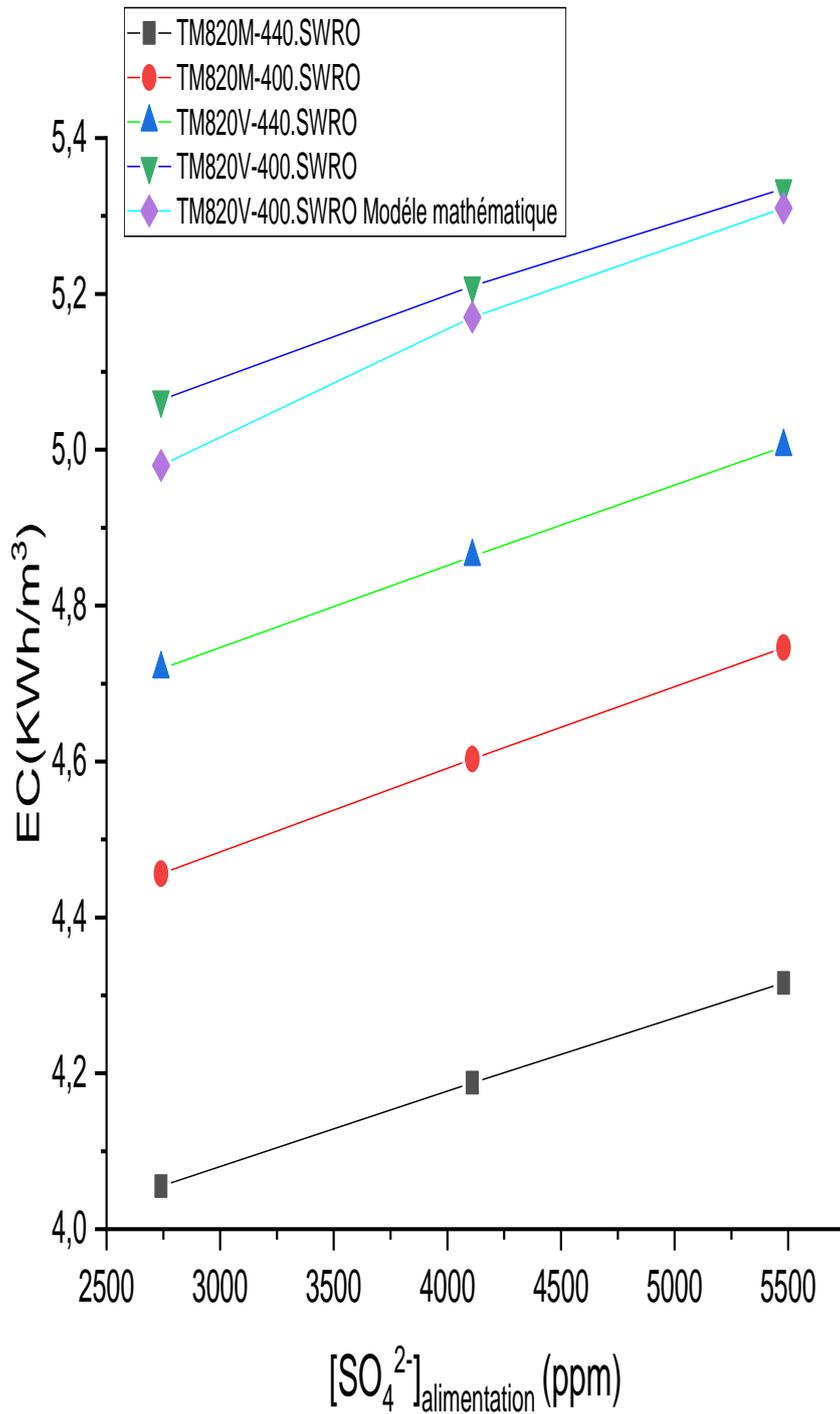


Figure 21. Consommation énergétique en fonction de la concentration en sulfate pour les différents types de membranes Toray (deminéralisation de l'eau de mer)

IV.3 Résultats de la simulation de la déminéralisation de l'eau saumâtre par logiciel IMS

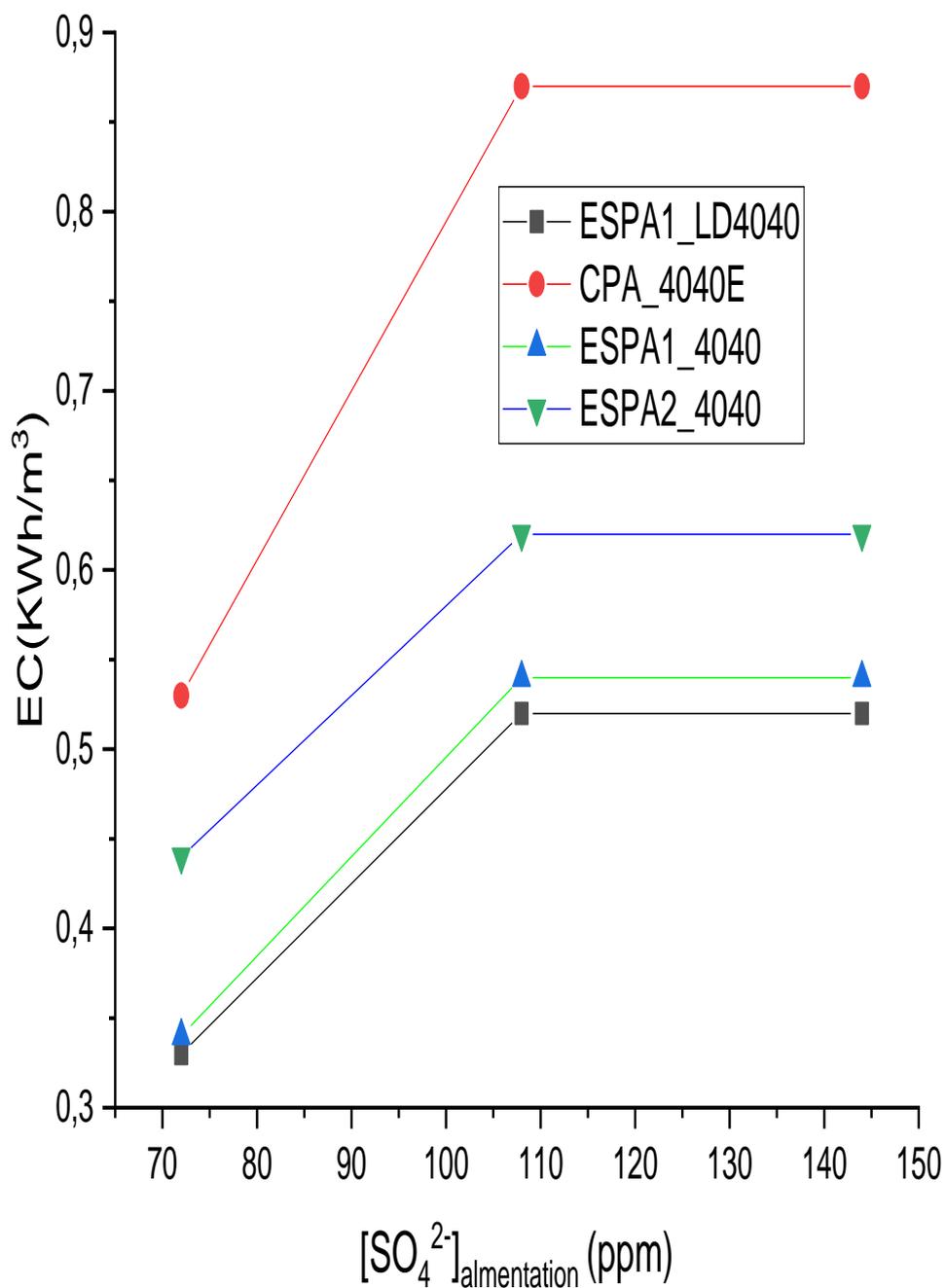


Figure 22. Consommation énergétique en fonction de la concentration en sulfate pour les différents types de membranes IMS (déminéralisation de l'eau de saumâtre)

IV.4 Résultats de la simulation de la déminéralisation de l'eau saumâtre par logiciel Toray

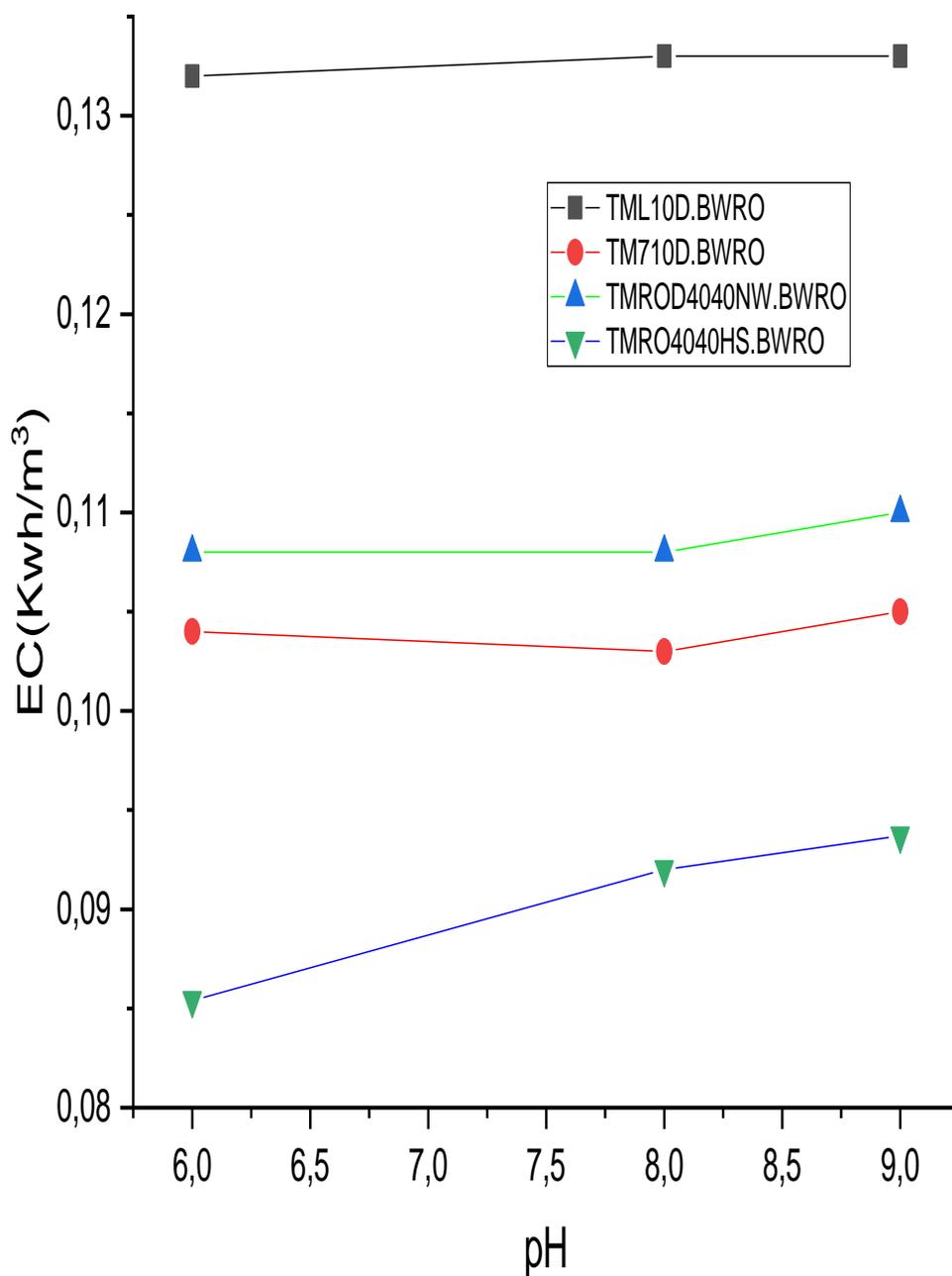


Figure 23. Consommation énergétique en fonction du pH pour les différents types de membranes Toray

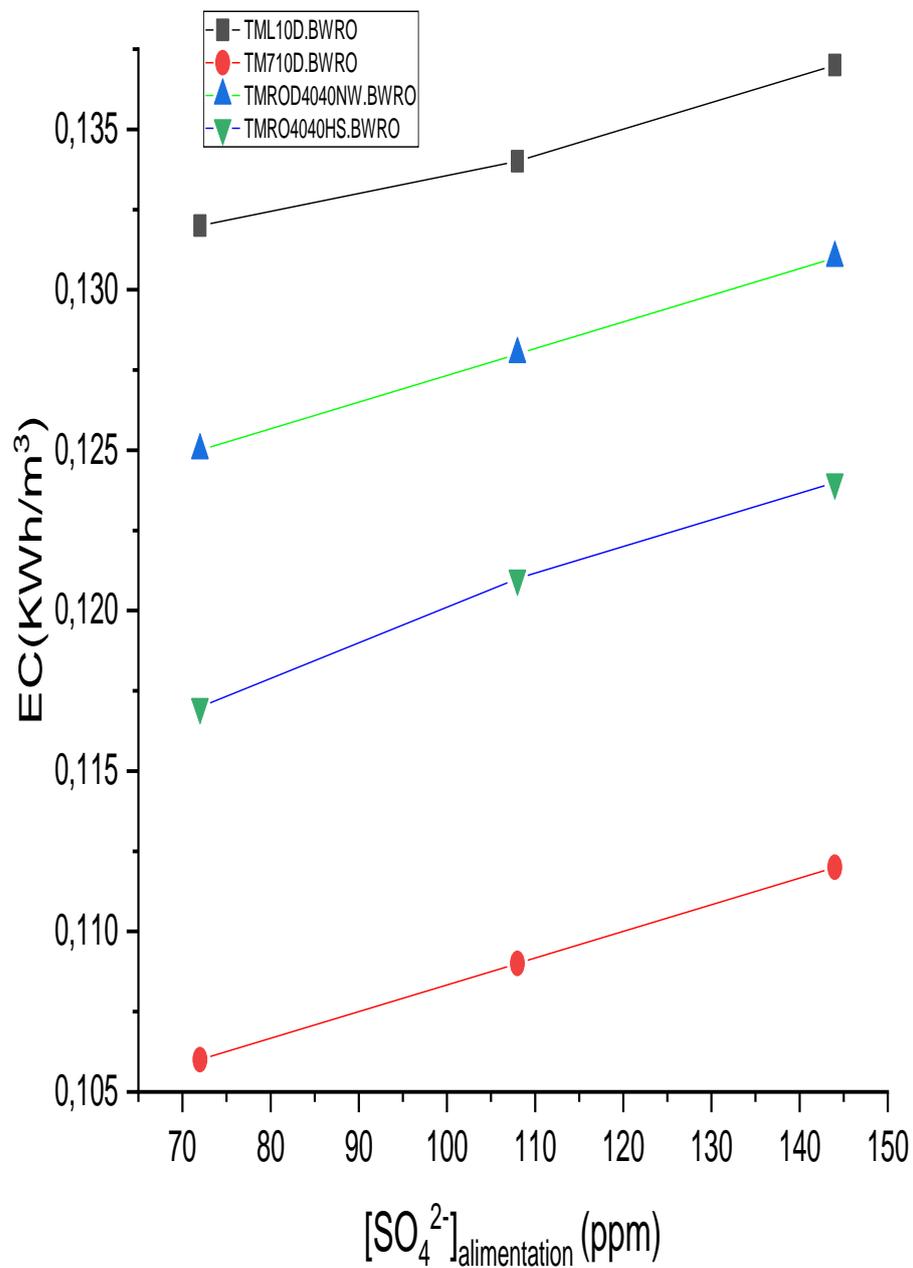


Figure 24. Consommation énergétique en fonction de la concentration en sulfate pour les différents types de membranes Toray (deminéralisation de l'eau de saumâtre)

IV.5 Courbes de comparaison avec le modèle mathématique

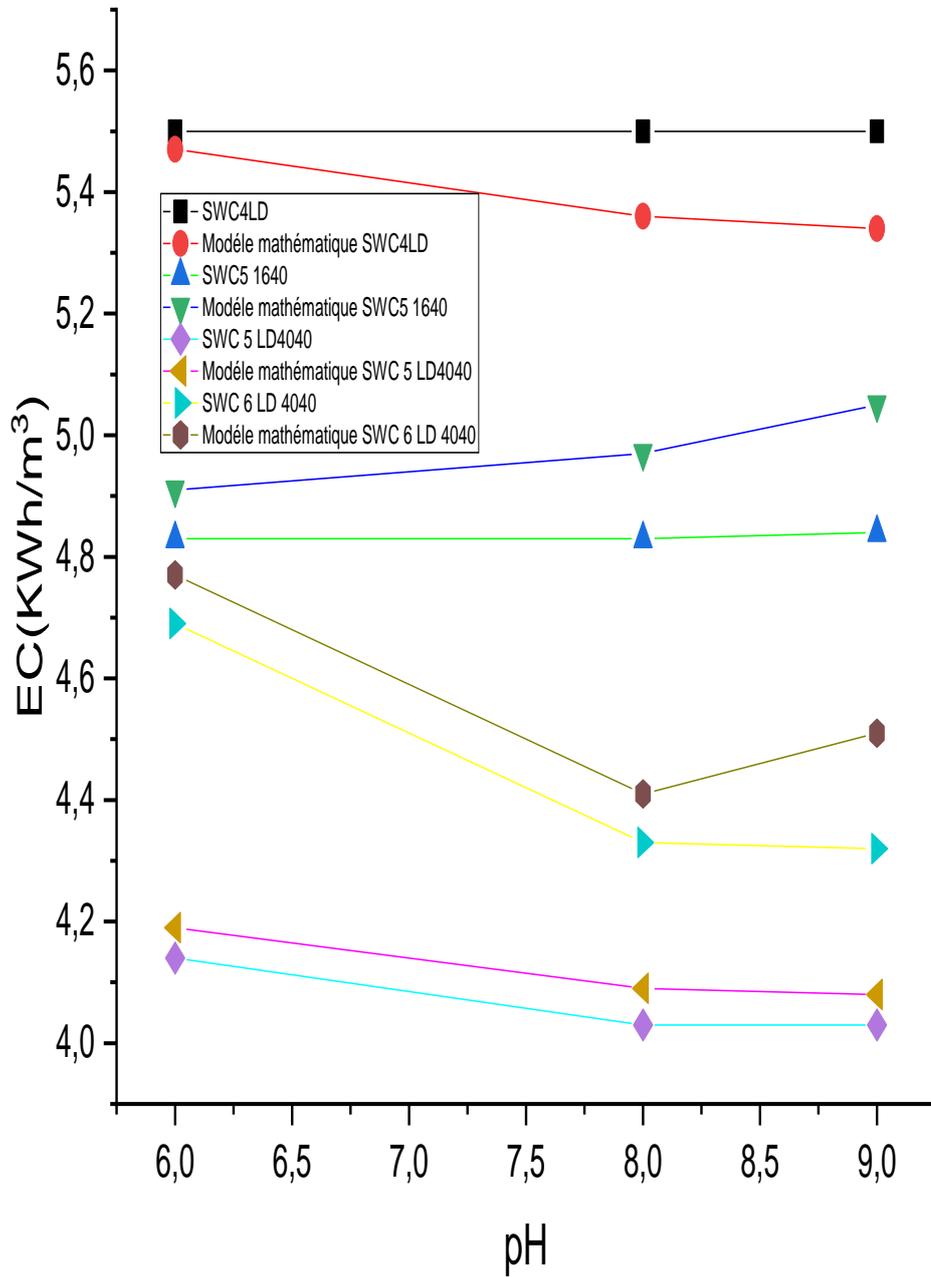


Figure 25. Comparaison de la Consommation énergétique en fonction du pH pour les différents types de membranes Toray (déméralisation de l'eau de l'eau de mer)

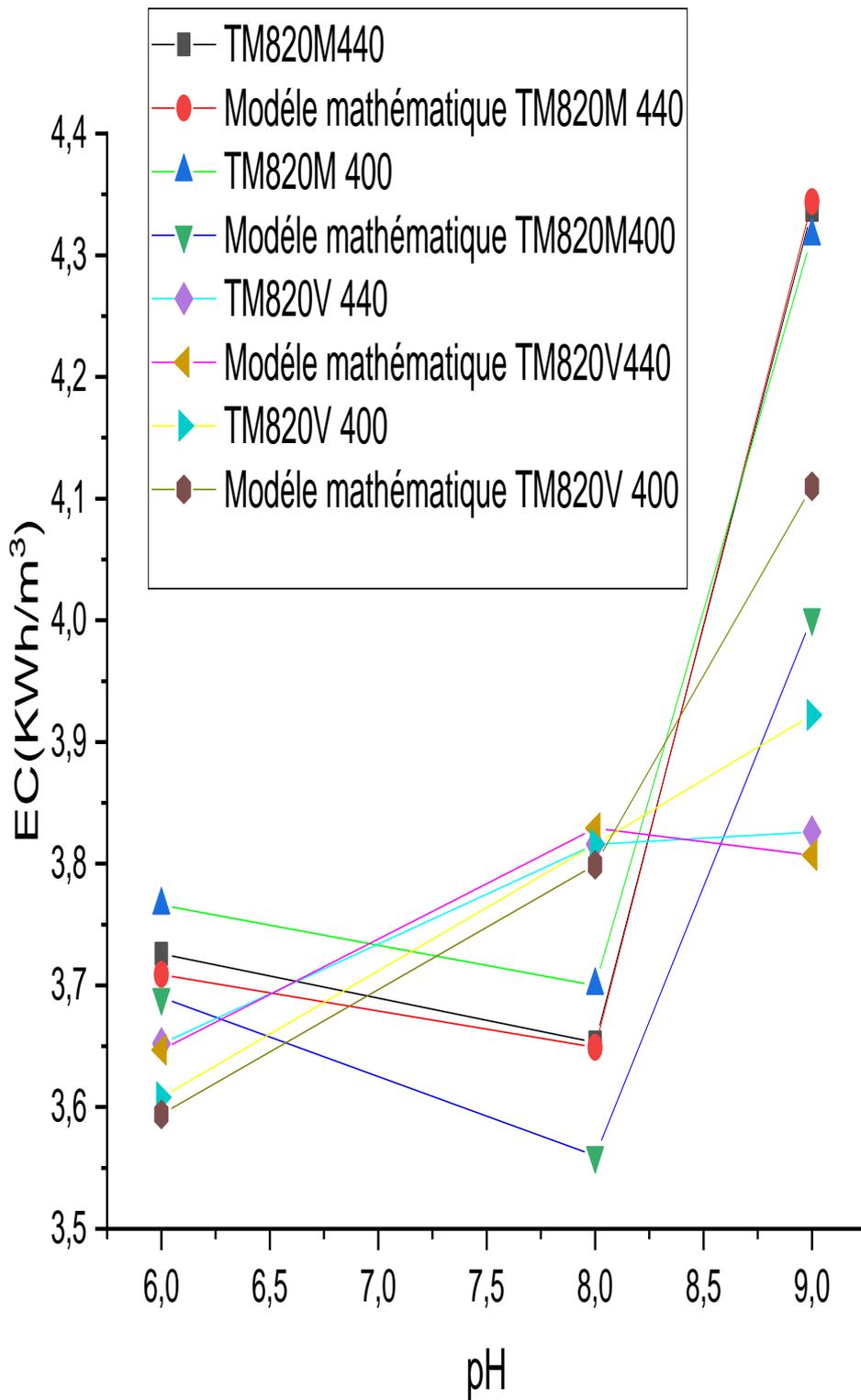


Figure 26. Comparaison de la Consommation énergétique en fonction du pH pour les différents types de membranes Toray (deminéralisation de l'eau de l'eau de mer)

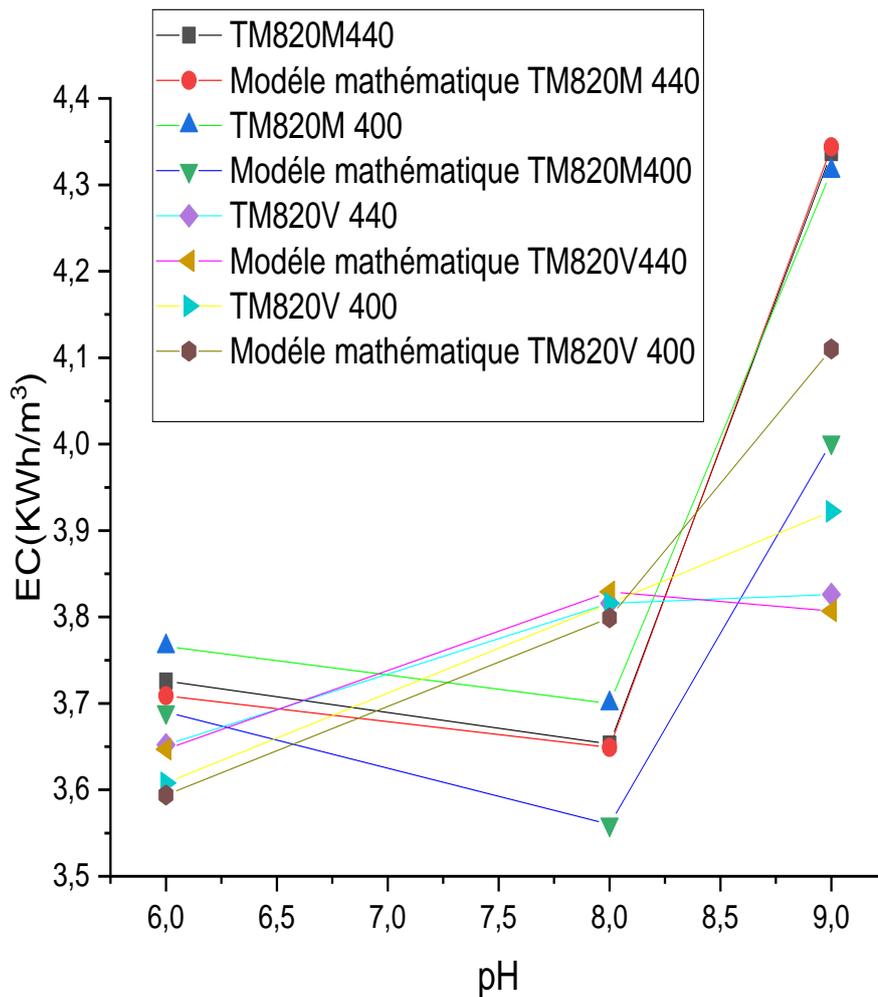


Figure 27. Comparaison de la Consommation énergétique en fonction du pH pour les différents types de membranes Toray (déméralisation de l'eau de l'eau de mer)

IV.6 Discussion des résultats obtenus

IV.6.1 Discussion des résultats de la simulation de la déminéralisation l'eau de mer

Suite aux résultats de simulation par les logiciels IMS et Toray dans différentes conditions en relation avec les variations de pH et de la concentration en sulfate dans les eaux de mers et les eaux saumâtres,

Dans les figures 15 et 16 ; nous avons observé que le pH n'influe pas beaucoup sur la consommation énergétique en déminéralisation des eaux de mers, avec des valeurs différentes avec une faible valeur de la consommation énergétique moyenne de l'ordre de 4.1 KWh/m³ lors de l'utilisation de la membrane SWC6

Cependant, il a été constaté dans la figure 23 que les valeurs des consommations énergétiques augmentent avec l'augmentation de la concentration en sulfate avec pratiquement le même ordre de classement des membranes similaire que celui observé dans la figure 22

Avec l'utilisation des membranes Toray, les résultats de simulations de la déminéralisation de l'eau de mers montre en effet que la consommation énergétique dépend de la variation de pH avec une augmentation considérable de cette consommation pour un pH=9 pour les deux membranes TM820M 400 et TM 820M440 (Figure 24).

IV.6.2 Discussion des résultats de la simulation de la déminéralisation l'eau de l'eau saumâtre

Il a été constaté que le pH n'a aucun effet sur la consommation énergétique lors de l'opération par les membranes Toray, des valeurs faibles de consommation lors de l'utilisation de la membrane TMROD4040

Par ailleurs l'effet de l'augmentation de la concentration en sulfate dans l'eau saumâtre conduit à une régression linéaire de la consommation pour les différents types de membranes avec des valeurs assez faibles lors de la filtration par la membrane TMROD4040

Les résultats de simulation par le logiciel IMS montre aussi une augmentation de la consommation énergétique en fonction de la concentration en sulfate mais avec une allure de courbe qui tend vers des valeurs constantes

Avec l'utilisation de la membrane ESPA24040, nous obtenons les valeurs les plus faibles en consommation énergétique

IV.6.3 Interprétation des résultats

La consommation énergétique des systèmes membranaires, fortement liée au colmatage qui est représenté par les variations de la nature des membranes, le pH et la concentration en sulfate, ceci a été prouvé par une comparaison considérable entre les valeurs des consommations énergétiques réelles de la station et les résultats de simulation par les logiciels IMS et Toray.

IV.6.4 Comparaison avec le modèle mathématique

Les résultats des figures 25, 26 et 27 montrent que le modèle mathématique établi est en nette conformité avec les données de simulations, de déminéralisation des eaux de mers par la technologie d'osmose inverse cela va servir sans doute à aider les experts pour faire un diagnostic rapide de l'effet du colmatage sur la consommation énergétique

Cependant, il a été prouvé que ce modèle ne peut pas être utilisé dans les études de simulation de la déminéralisation des eaux saumâtres

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce mémoire est contribution dans les études de l'effet du colmatage dans les stations dessalement des eaux de mers et des eaux saumâtres utilisant la technologie d'osmose inverse, cela se traduit par la différence de consommation énergétique suite à l'effet des trois facteurs qui sont la nature de la membrane ,le pH et la concentration en sulfate dans l'eau brute

Es résultats obtenus nous ont permis aussi de faire une sélection des membranes qui utilise moins d'énergies dans différentes conditions

Pour les futurs projets, en voir de réalisation, il serait important de mettre en évidence ce genre d'étude est cela afin de minimiser les pertes en énergies mais surtout de promouvoir les énergies renouvelables comme source d'alimentation en électricité des différentes stations utilisant la technologie d'osmose inverse pour dessaler les eaux de mers et les eaux saumâtres.

Références
Références

bibliographique
bibliographique

Références bibliographiques

- [1] cite web : L'eau son usage historique par l'homme: <http://www.mtaterre.fr/dossier-mois/chap/955/L-energie-hydraulique-l-Homme-utilise-l-eau-douce-comme-energie>
- [2] W.L. Ang, A.W. Mohammad (2015), Mathematical modeling of membrane operations for water treatment, Elsevier, <http://dx.doi.org/10.1016/B978-1-78242-121-4.00012-5>
- [3] A Water Handbook, Water, Environment and Sanitation Technical Guidelines Series - No. 2, United Nations Children's Fund United Nations Plaza, TA-26A New York, N.Y. 10017
- [4] Jamie Bartram and Richard Ballance Water Quality Monitoring - A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes, ISBN 0 419 22320 7
- [5] Gamal Khedr M., "Progressive Development of Fouling In Water Desalination By Reverse Osmosis, Forms And Mechanism", Third International Water Technology Conference, Alexandria, Egypt, pp. 111-123, March 1998.
- [6] A. M. Tolba, R. A. Mohamed (1999), Performance and characteristics of reverse osmosis membrane, *Fourth International Water Technology Conference IWTC 99, Alexandria, Egypt*
- [7] Erika Mancha Don DeMichele W. Shane Walker, Ph.D., P.E. Thomas F. Seacord, P.E. Justin Sutherland, Ph.D., P.E. Aaron Cano (2014) Part II. Performance Evaluation of Reverse Osmosis Membrane Computer Models ; Final Report 1148321310, Texas Water Development Board
- [8] Manuel d'entretien et de maintenance de la station de dessalement de Mostaganem
- [9] Field, R. (2010). Fundamentals of fouling. In *Membranes for water treatment*. Great Britain: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- [10] Site web : HYDRANAUTICS la société : <http://membranes.com/imsdesign/>
- [11] Filmtec membrane, Water quality and pretreatment feed water type and analysis, technical manual expert
- [12] Benefield, L., Judkins, J. & Weand, B. 1982. Process Chemistry for Water and Wastewater Treatment. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.
- [13] Anne-Marie Codur, Jonathan M. Harris, et Brian Roach L'Économie et la Politique de l'Eau

Teaching Module on Social and Environmental Issues in Economics, Global Development And Environment Institute

[14] Dhananjaya P. Niriella ; Investigating the Fouling Behavior of Reverse Osmosis Membranes Under Different Operating Conditions, Graduate Theses and Dissertations, University of South Florida Scholar Commons, 2015

[15] Komal P. Mehta and A.S. Patel, Critical Evaluation of critical treatment plant and development of analytical models for reuse of waste water in Central Gujarat region, *Ph.D. Thesis*, The M.S. University of Baroda, Vadodara, 26-30, **2013**

[16] WHO (2005) Environmental Health Impact Assessment of Development Projects: A Practical Guide for the WHO Eastern Mediterranean Region. World Health Organization, Regional Office for the Eastern Mediterranean (EMWO), Regional Centre for Environmental Health Activities (CEHA), http://www.who.int/water_sanitation_health/resources/emroehiabook/en/index.html

[17] Al Kharabsheh S., An innovative reverse osmosis desalination system using hydrostatic pressure. *Desalination*, 2006, 196:210–4.

[18] Charcosset C., A review of membrane processes and renewable energies for desalination, Elsevier, 2009.

[19] A. Faye, O. Sow, T. Maré, M. Sene, M. Adj. Détermination du rendement exergetique des procédés de dessalement à multiples effets. In : IX^{ème} Colloque Interuniversitaire Franco-Québécois sur la Thermique des Systèmes, CIFQ 2009, 18-20 mai 2009, Lille

[20] Paul Byrne, Ahmadou Tidiane Diaby^a, Yemna Sarray, Redouane Ghoubalia^a, Patrick Loulergue, Béatrice Balannec, Thierry Maré, Ousmane Sow. Comparaison Energétique et exergetique de système de dessalement, First International Refrigeration Energy and Environment Colloquium, Mar 2016, Hammamet, Tunisie

[21] Asghar Husain, Ali El Nashar, Adil Al Radif and Bushara M, Properties of natural waters, *Encyclopedia of Desalination and Water Resources (DESWARE)*

[22] Triki Zakaria, Études, Analyses et Optimisation de la Consommation Énergétique des Unités de Dessalement pour les Sites Isolés, Thèse de doctorat, université constantine 1, 2014

[23] N. EL Harrak*, F. Elazhar, S. Belhamidi, M. Elazhar, J. Tourir, A. Elmidaoui, ‘‘ Comparaison des performances des deux procédés membranaires : la Nanofiltration et de l’Osmose inverse dans le Dessalement des eaux saumâtres (Performances comparison of two

membranes processes : Nanofiltration and Reverse Osmosis in brackish water Desalination)''

J. Mater. Environ. Sci. 6 (2) (2015) 383-390,2014.

[24] Reza Dashtpour and Sarim N. Al-Zubaidy, '' Energy Efficient Reverse Osmosis Desalination Process '' .International Journal of Environnemental Science and Development, Vol. 3, No. 4, August 2012.

[25] Chabane Mustapha, '' Encrassement des membranes dans les systèmes de traitement des effluents liquides''. Laboratoire de recherche en spectrchimie et pharmacologie structurale, département de chimie faculté des sciences université de Tlemcen ,13000Tlemcen.

[26] Hanane Dach. (2008). Comparaison des opérations de nanofiltration et d'osmose inverse pour le dessalement sélectif des eaux saumâtres : de l'échelle du laboratoire au pilote industriel. Thèse de doctorat de l'université d'Angers. (Spécialité : sciences pour l'ingénieur et chimie analytique). Angers.

[27] Aihua Zhu, Panagiotis D. Christofides,* and Yoram Cohen, '' Energy Consumption Optimization of Reverse Osmosis Membrane Water Desalination Subject to Feed Salinity Fluctuation'' Ind. Eng. Chem. Res. **2009**, 48, 9581–9589

Annexes

Annexes

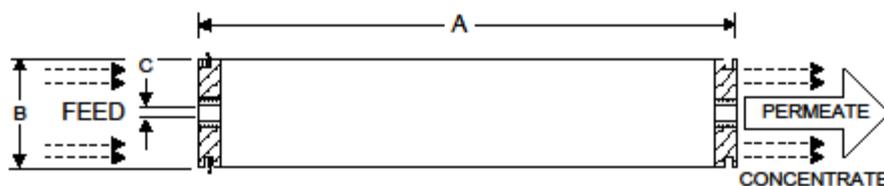
Membrane Element		SWC4-LD (Low Fouling Technology)
Performance:	Permeate Flow:	6,500 gpd (24.6 m ³ /d)
	Salt Rejection:	99.8 % (99.7 % minimum)
Type	Configuration:	Spiral Wound
	Membrane Polymer:	Composite Polyamide
	Membrane Active Area:	400 ft ² (37.1m ²)
	Feed Spacer:	34 mil (0.864 mm)
Application 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)*
	Maximum Feedwater Turbidity:	1.0 NTU
	Maximum Feedwater SDI (15 mins):	5.0
	Maximum Feed Flow:	75 GPM (17.0 m ³ /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 +/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. 4/29/16

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

Nitto

HYDRANAUTICS

Nitto Group Company

Membrane Element

SWC4 MAX

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

Type	Configuration:	Spiral Wound
	Membrane Polymer:	Composite Polyamide
	Membrane Active Area:	440 ft ² (40.8m ²)

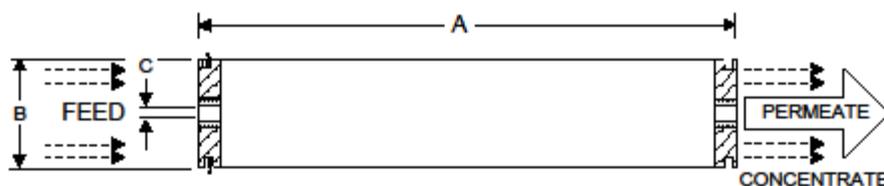
Application Data*	Maximum Applied Pressure:	1200 psig (8.27 MPa)
	Maximum Chlorine Concentration:	< 0.1 PPM
	Maximum Operating Temperature:	113 °F (45 °C)
	pH Range, Continuous (Cleaning):	2-11 (1-13)*
	Maximum Feedwater Turbidity:	1.0 NTU
	Maximum Feedwater SDI (15 mins):	5.0
	Maximum Feed Flow:	75 GPM (17.0 m ³ /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 +/-4%. Element weight may vary. All membrane elements are supplied with a bline 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 ³ /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 ³ /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 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	

Key benefits:

- High permeate flow - 9,000 gpd (34.1 m³/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**

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

Type	Configuration:	Spiral Wound
	Membrane Polymer:	Composite Polyamide
	Membrane Active Area:	400 ft ² (37.1m ²)

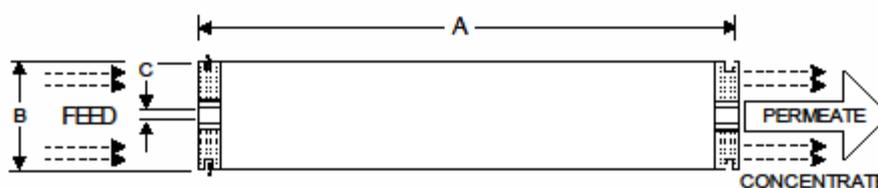
Application Data*	Maximum Applied Pressure:	1200 psig (8.27 MPa)
	Maximum Chlorine Concentration:	< 0.1 PPM
	Maximum Operating Temperature:	113 °F (45 °C)
	pH Range, Continuous (Cleaning):	2-11 (1-13)*
	Maximum Feedwater Turbidity:	1.0 NTU
	Maximum Feedwater SDI (15 mins):	5.0
	Maximum Feed Flow:	75 GPM (17.0 m ³ /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 +/-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.

[†]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. 7/28/10

For information contact:

info@jenntech.com
www.jenntech.com

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

Nitto**HYDRANAUTICS**
Nitro Group Company**Membrane Element****SWC6-LD**
(Low Fouling Technology)

Performance:	Low Pressure:	High Flow:
Permeate Flow:	6,000 gpd (22.7 m ³ /d)	12,000 gpd (45.5 m ³ /d)
Salt Rejection:	99.6% (99.4 % min)	99.8 % (99.7 % min)
Boron Rejection (Typical) ¹ :	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 ² (37.2m ²)
	Feed Spacer:	34 mil (0.864 mm) with biostatic agent

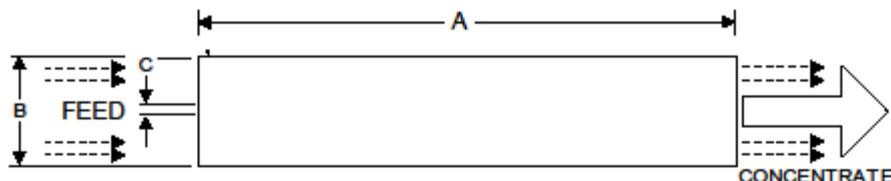
Application Data*	Maximum Applied Pressure:	1200 psig (8.27 MPa)
	Maximum Chlorine Concentration:	< 0.1 PPM
	Maximum Operating Temperature:	113 °F (45 °C)
	pH Range, Continuous (Cleaning):	2-11 (1-13) ²
	Maximum Feedwater Turbidity:	1.0 NTU
	Maximum Feedwater SDI (15 mins):	5.0
	Maximum Feed Flow:	75 GPM (17.0 m ³ /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 +4%. Element weight may vary. All membrane elements are supplied with a bitrite 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.

¹When 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

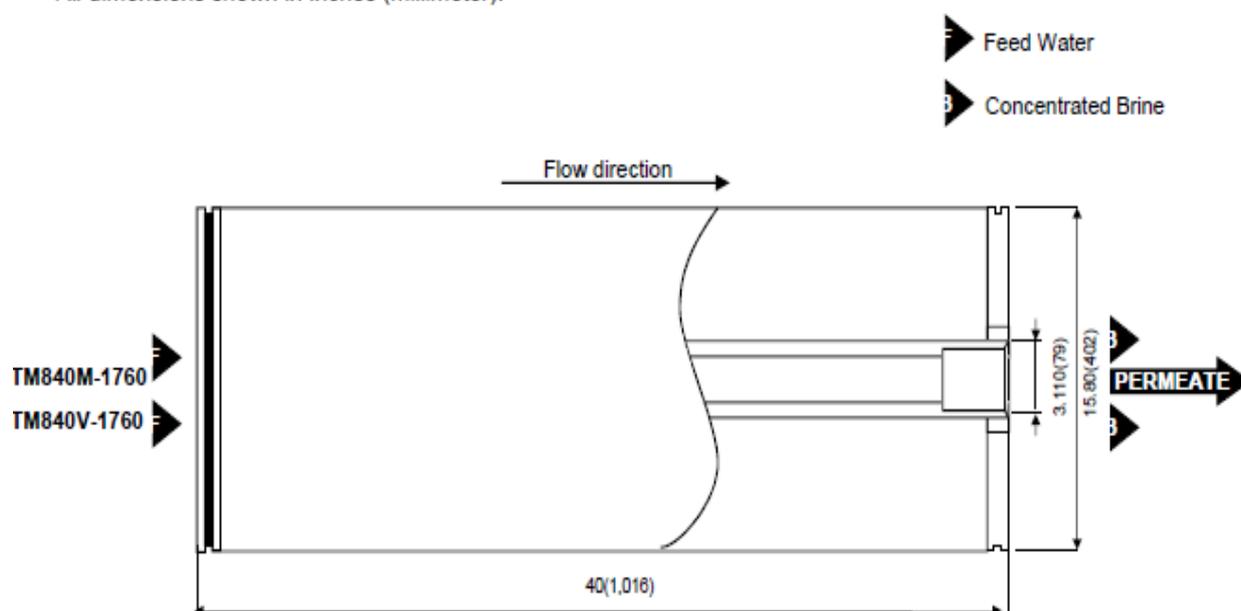
TM840 M/V

Type	Diameter Inch	Membrane Area ft ² (m ²)	Salt Rejection %	Product Flow Rate gpd(m ³ / 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 ³ /d) (TM840M-1760) 31,700gpd(120m ³ /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).



Operating Limits

Maximum Operating Pressure	1200psi (8.3 MPa)
Maximum Feed Water Temperature	113° F (45°C)
Maximum Feed Water SDI ₁₅	5
Feed Water Chlorine Concentration	Not detectable
Feed Water pH Range, Continuous Operation	2-11
Feed Water pH Range, Chemical Cleaning	1-12
Maximum Pressure Drop per Element	15 psi (0.10 MPa)
Maximum Pressure Drop per Vessel	50 psi (0.34 MPa)

Operating Information

1. For the recommended design range, please consult the latest Toray technical bulletin, design guidelines, computer design program, and/ or call an application specialist. If the operating limits given in this Product Information Bulletin are not strictly followed, the Limited Warranty will be null and void.
 2. All elements are wet tested, treated with tested feed water solution, and then vacuum packed in oxygen barrier bags with deoxidant inside. To prevent biological growth during system shutdown, it is recommended to perform 30-60 minutes flushing of Toray elements with seawater once in every two days.
 3. The presence of free chlorine and other oxidizing agents under certain conditions, such as heavy metals which acts as oxidation catalyst in the feed water will cause unexpected oxidation of the membrane. It is strongly recommended to remove these oxidizing agents contained in feed water before operating RO system.
 4. Permeate from the first hour of operation shall be discarded.
 5. The customer is fully responsible for the effects of chemicals that are incompatible with the elements. Their use will void the element Limited Warranty.
-

Notice

1. Toray accepts no responsibility for results obtained by the application of this information or the safety or suitability of Toray's products, either alone or in combination with other products. Users are advised to make their own tests to determine the safety and suitability of each product combination for their own purposes.
2. All data may change without prior notice, due to technical modifications or production changes.

Sea Water RO Elements

TM820V-400

Type	Diameter Inch	Membrane Area ft ² (m ²)	Salt Rejection %	Product Flow Rate gpd(m ³ / d)	Feed Spacer Thickness mil
TM820V-400	8"	400(37)	99.8	9,000(34.1)	28
TM820V-440	8"	440(41)	99.8	9,900(37.5)	28

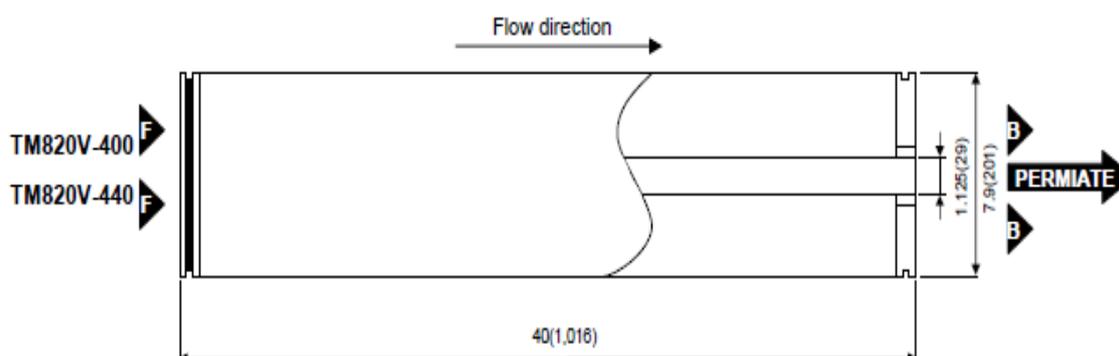
1. Membrane Type		Cross Linked Fully Aromatic Polyamide Composite
2. Test Conditions	Feed Water Pressure Feed Water Temperature Feed Water Concentration Recovery Rate Feed Water pH	800 psi(5.52MPa) 77° F(25°C) 32,000 mg/l NaCl 8% 8
3. Minimum Salt Rejection		99.5%
4. Minimum Product Flow Rate		7,500gpd(28.4m ³ /d)(TM820V-400) 8,250gpd(31.2m ³ /d)(TM820V-440)
5. Boron Rejection (typical value)		92% at pH 8 (5mg/l Boron added to Feed water)

Dimensions

All dimensions shown in Inches (millimeter).

F Feed Water

B Concentrated Brine



Operating Limits

Maximum Operating Pressure	1200 psi (8.3 MPa)
Maximum Feed Water Temperature	113 °F (45 °C)
Maximum Feed Water SDI ₁₅	5
Feed Water Chlorine Concentration	Not Detectable
Feed Water pH Range, Continuous Operation	2-11
Feed Water pH Range, Chemical Cleaning	1-12
Maximum Pressure Drop per Element	20 psi (0.14 MPa)
Maximum Pressure Drop per Vessel	60 psi (0.4 MPa)

Operating Information

1. For the recommended design range, please consult the latest Toray technical bulletin, design guidelines, computer design program, and/ or call an application specialist. If the operating limits given in this Product Information Bulletin are not strictly followed, the Limited Warranty will be null and void.
2. All elements are wet tested, treated with tested feed water solution, and then vacuum packed in oxygen barrier bags with deoxidant inside. To prevent biological growth during system shutdown, it is recommended to perform 30-60 minutes flushing of Toray elements with seawater once in every two days.
3. Permeate from the first hour of operation shall be discarded.
4. The customer is fully responsible for the effects of chemicals that are incompatible with the elements. Their use will void the element Limited Warranty.

Notice

1. Toray accepts no responsibility for results obtained by the application of this information or the safety or suitability of Toray's products, either alone or in combination with other products. Users are advised to make their own tests to determine the safety and suitability of each product combination for their own purposes.
2. All data may change without prior notice, due to technical modifications or production changes.

Sea Water RO Elements

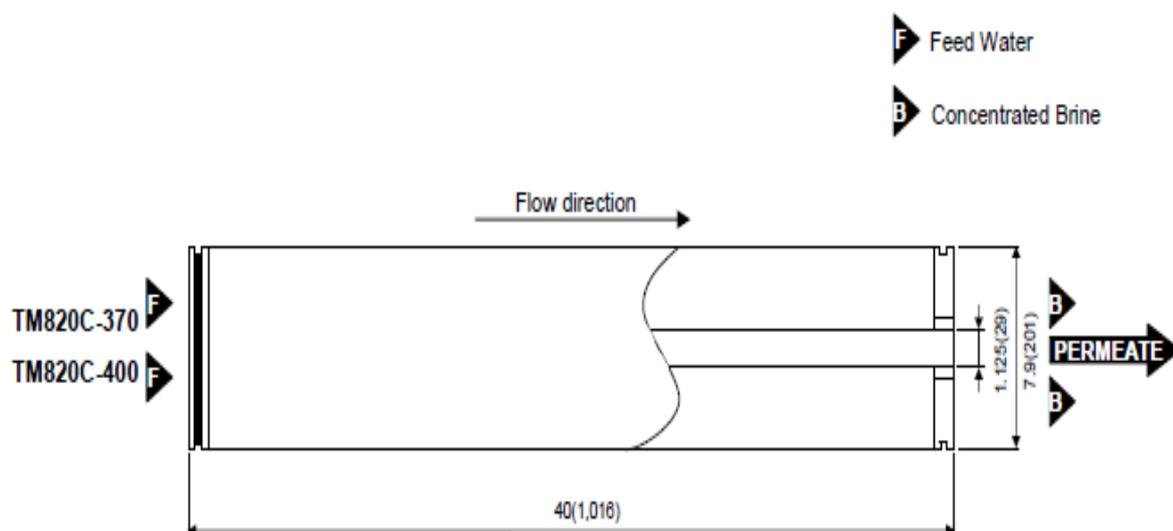
TM800C

Type	Diameter Inch	Membrane Area ft ² (m ²)	Salt Rejection %	Product Flow Rate gpd(m ³ / 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 ³ /d)(TM820C-370) 5,200gpd(19.7m ³ /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).



Operating Limits

Maximum Operating Pressure	1200psi (8.3 MPa)
Maximum Feed Water Temperature	113° F (45°C)
Maximum Feed Water SDI15	5
Feed Water Chlorine Concentration	Not detectable
Feed Water pH Range, Continuous Operation	2-11
Feed Water pH Range, Chemical Cleaning	1-12
Maximum Pressure Drop per Element	20psi (0.14 MPa)
Maximum Pressure Drop per Vessel	60psi (0.4 MPa)

Operating Information

1. For the recommended design range, please consult the latest Toray technical bulletin, design guidelines, computer design program, and/ or call an application specialist. If the operating limits given in this Product Information Bulletin are not strictly followed, the Limited Warranty will be null and void.
2. All elements are wet tested, treated with tested feed water solution, and then vacuum packed in oxygen barrier bags with deoxidant inside. To prevent biological growth during system shutdown, it is recommended to perform 30-60 minutes flushing of Toray elements with seawater once in every two days.
3. The presence of free chlorine and other oxidizing agents under certain conditions, such as heavy metals which acts as oxidation catalyst in the feed water will cause unexpected oxidation of the membrane. It is strongly recommended to remove these oxidizing agents contained in feed water before operating RO system.
4. Permeate from the first hour of operation shall be discarded.
5. The customer is fully responsible for the effects of chemicals that are incompatible with the elements. Their use will void the element Limited Warranty.

Notice

1. Toray accepts no responsibility for results obtained by the application of this information or the safety or suitability of Toray's products, either alone or in combination with other products. Users are advised to make their own tests to determine the safety and suitability of each product combination for their own purposes.

