

REPUBLIC ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID – TLEMCEM



FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE CHIMIE

Laboratoire de recherche spectrochimie et pharmacologie structurale



Présentation

En vue de l'obtention du

Diplôme de Master

Filière : Chimie

Option : Chimie physique et analytique

Présentée par :

Mademoiselle **DAHMANI Fatima Zohra**

Thème

**Etude computationnelle de la déminéralisation
des eaux par osmose inverse**

Soutenu le 21/06/2017 devant les membres de jury :

Président : S.M.MEKELLECHE	Professeur	UAB de Tlemcen
Examineur : I.E.CHARIF	MCB	UAB de Tlemcen
Encadreur : M.CHABANE	MCB	CU Salhi Ahmed de Naama

2016-2017

DEDICACES

A tous ceux qui me sont chers :

*A mes chers, père et mère, qui sans eux rien n'aurait pu être
fait,*

A ma chère grand-mère

A mes chers frères et ma chère sœur

A toute ma famille

A tous mes amis.

REMERCIEMENTS

Je remercie tout d'abord Dieu, le tout puissant pour la volonté et le courage qu'il m'a donné pour mener à terme ce travail.

*Le présent travail a été réalisé au laboratoire de recherche de spectrochimie et pharmacologie structurale de la Faculté des Sciences de Tlemcen. Je souhaite à remercier le **Pr. DAHMANI Benamar** le directeur de ce laboratoire pour son accueil.*

*Je tiens à exprimer ma sincère reconnaissance à mon directeur de mémoire **Dr.CHABANE Mustapha** enseignant à l'institut des sciences et de technologie au centre universitaire Salhi Ahmed de Naama, pour m'avoir proposé ce thème de recherche et de m'avoir guidé et conseillé tout au long de la préparation de ce mémoire, ainsi que pour son soutien permanent qu'il m'a manifesté.*

*Mes remerciements s'adressent également au **Pr.MEKELLECHE Sidi Mohamed** pour l'intérêt qu'il a accordé à ce travail en acceptant de le juger et de présider le jury.*

*Il m'est agréable de remercier **Dr.CHARIF Imad Eddine** pour l'intérêt qu'il a manifesté à ce travail et pour sa présence en tant qu'examineur.*

Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à tous mes professeurs et les enseignants du département de Chimie de l'Université Abbou Bakr Belkaid.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	
I.1.Introduction	3
I.2.Différents types d'eau salées	3
I.2.1.Les eaux saumâtre	3
I.2.2.Eaux de mer	4
I.3.PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES	4
I.3.1.Température	4
I.3.2.pH	4
I.3.3.Conductivité électrique	4
I.3.4.Dureté(TH)	5
I.3.5.Alcalinité	5
I.3.6.Les Matières en suspension.....	5
I.4.Les normes de potabilités d'une eau (OMS)	6
I.5.Les procédés de dessalement des eaux	7
I.5.1.La distillation.....	8
I.5.2.L'osmose inverse	8
I.6.Avantages et inconvénients de chaque procédé.....	9
I.7.Définition d'une membrane	10
I.8.Description du phénomène osmose inverse.....	11
I.8.1.Principe de l'Osmose inverse.....	11
I.8.2.Force motrice.....	12
I.9.Element constitutif d'une station d'osmose inverse.....	13
I.9.1.Les modules	14
I.9.1.a.Les modules tubulaires.....	14
I.9.1.b.Les modules fibres creuses.....	14
I.9.1.c.Les modules plans.....	15
I.9.1.d.Les modules spirales	15
I.9.2.Différents types de systèmes membranaires (Design, Configuration, Montage).....	16
I.9.2.1.Système mono- étage.....	16
I.9.2.2.Système di- étages en série rejet	17
I.9.2.3Système di- étages en série production	17
I.10.Les paramètres de fonctionnement d'une station de déminéralisation des eaux par osmose inverse.....	18
I.10.1.Flux du perméat.....	18
I.10.2.Taux de conversion	19
I.10.3.Définition de la sélectivité	19

I.11. PROBLEMES RENCONTRES EN OSMOSE INVERSE	20
I.11.1. Polarisation de concentration	20
I.11.2. Colmatage (Pouvoir encrassant)	20
I.11.3. SDI (Silt Density Index)	21
I.12. Estimation de la réserve en eau brute	21
I.13. Qualité de l'eau brute (Analyse physicochimique)	22
 <i>CHAPITRE II : DIMENSIONNEMENT D'UNE STATION DE DEMINERALISATION DES EAUX PAR OSMOSE INVERSE</i>	
II.1. Présentation de la société <i>Hydranautics</i> :	25
II.2. Simulation par logiciel de simulation :	25
II.2.1. Présentation du logiciel <i>IMSDesign</i> :	25
II. 3. Paramètre de fonctionnement de logiciel <i>IMS-Design</i>	28
II.4. Utilisation de simulation de logiciel pour dimensionnement et le contrôle du fonctionnement :	29
Résultats obtenues par logiciel	
 <i>CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION</i>	
III.1. Discussion des résultats	32
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	60
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	62

LISTE DES FIGURES

Fig.1 : Répartition de l'eau sur la planète

Fig.2 : Les différents procédés existants pour le dessalement

Fig.3 : capacité de séparation des techniques membranaires

Fig.4 : Mise en évidence de l'osmose inverse

Fig.5 : Avantages de l'Osmose inverse

Fig.6 : Membrane sélective

Fig.7 : Osmose et osmose inverse

Fig.8 : Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse

Fig.9 : module tubulaire

Fig.10 : Modules à fibres creuses

Fig.11 : module plan

Fig.12 : Structure interne d'une membrane à spirale

Fig.13 : Types de systèmes membranaires

Fig.14 : Phénomène de polarisation de concentration

Fig.15 : Image capture écran de l'étape analyse par IMS-Design

Fig.16 : image capture écran de l'étape de dimensionnement avant le calcul

Fig.17 : image capture écran de l'étape de dimensionnement après le calcul

Fig.18 : Taux de sels dissous et pH du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{\text{perméat}}=30000\text{m}^3/\text{jour}$, Taux de conversion=60%)

Fig.19 : Concentrations des chlorure $[\text{Cl}^-]$ et sodium $[\text{Na}^+]$ du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{\text{perméat}}=30000\text{m}^3/\text{jour}$, Taux de conversion=60%)

Fig.20 : Taux de rejet (%) du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{\text{perméat}}=30000\text{m}^3/\text{jour}$, Taux de conversion=60%)

Fig.21 : Energie par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{\text{perméat}}=30000\text{m}^3/\text{jour}$, Taux de conversion=60%)

Fig.22 : Taux de sels dissous et pH du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{\text{perméat}}=30000\text{m}^3/\text{jour}$, Taux de conversion=60%)

Fig.23 : Concentrations des chlorure $[\text{Cl}^-]$ et sodium $[\text{Na}^+]$ du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{\text{perméat}}=30000\text{m}^3/\text{jour}$, Taux de conversion=60%)

Fig.24 : Taux de rejet (%) du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{\text{perméat}}=30000\text{m}^3/\text{jour}$, Taux de conversion=60%)

Fig.25 : Energie par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{\text{perméat}}=30000\text{m}^3/\text{jour}$, Taux de conversion=60%)

Fig.26 : Taux de sels dissous et pH du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{\text{perméat}}=100000\text{m}^3/\text{jour}$, Taux de conversion=50%)

Fig.27 : Concentrations de chlorure $[\text{Cl}^-]$ et sodium $[\text{Na}^+]$ du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{\text{perméat}}=100000\text{m}^3/\text{jour}$, Taux de conversion=50%)

Fig.28 : Taux de rejet (%) du perméat produit par différents types de membrane sous les

Fig.29 : Energie produite par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{\text{perméat}}=100000\text{m}^3/\text{jour}$, Taux de conversion=60%)

Fig.30 : Taux de sels dissous et pH du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{\text{perméat}}=100000\text{m}^3/\text{jour}$, Taux de conversion=50%)

Fig.31 : Concentrations des chlorure $[\text{Cl}^-]$ et sodium $[\text{Na}^+]$ du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{\text{perméat}}=100000\text{m}^3/\text{jour}$, Taux de conversion=50%)

Fig.32 : Taux de rejet (%) du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{\text{perméat}}=100000\text{m}^3/\text{jour}$, Taux de conversion=50%)

Fig.33 : Energie produite par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{\text{perméat}}=100000\text{m}^3/\text{jour}$, Taux de conversion=60%) conditions ($Q_{\text{perméat}}=100000\text{m}^3/\text{jour}$, Taux de conversion=50%)

Fig.34 : Taux de sels dissous et pH du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{\text{perméat}}=100000\text{m}^3/\text{jour}$, Taux de conversion=50%)

Fig.35 : Concentrations des chlorure $[\text{Cl}^-]$ et sodium $[\text{Na}^+]$ du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{\text{perméat}}=100000\text{m}^3/\text{jour}$, Taux de conversion=50%)

Fig.36 : Taux de rejet (%) du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{\text{perméat}}=100000\text{m}^3/\text{jour}$, Taux de conversion=50%)

Fig.37 : Energie produite par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{\text{perméat}}=100000\text{m}^3/\text{jour}$, Taux de conversion=60%)

Fig.38 : Taux de sels dissous et pH du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{\text{perméat}}=100000\text{m}^3/\text{jour}$, Taux de conversion=50%)

Fig.39 : Concentrations des chlorure $[\text{Cl}^-]$ et sodium $[\text{Na}^+]$ du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{\text{perméat}}=100000\text{m}^3/\text{jour}$, Taux de conversion=50%)

Fig.40 : Taux de rejet (%) du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{\text{perméat}}=100000\text{m}^3/\text{jour}$, Taux de conversion=50%)

Fig.41 : Energie produite par différents types de membrane sous les conditions (Qperméat=100000m³/jour, Taux de conversion=60%

Fig.42 : Comparaison entre la composition chimique des eaux déminéralisées par membrane à partir des eaux de mers et des eaux saumâtres avec les normes OMS.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 : Normes algériennes

Tableau.I.2 : Avantages et inconvénients des procédés

Tableau I.3 : Composition ionique majeure de l'eau de mer (mg / litre)

Tableau.I.4 : Composition ionique majeure d'une eau saumâtre brute (mg/litre)

Tableau.III.5 : Comparaison ente les compositions des eaux déminéralisées et les normes OMS de potabilité

Introduction générale

Introduction générale

L'eau déminéralisée est très utilisée dans les différentes activités liées à la vie quotidienne des citoyens telle que les eaux destinées pour l'alimentation des réseaux en eau déminéralisée post traitée (eau potable) dont la concentration des sels dissous varie de 200 à 500 ppm ou les eaux des chaudières ayant une valeur en sels dissous inférieure à 200 ppm et qui sont utilisées dans l'industrie chimique, pharmaceutique et agroalimentaire.

Il existe plusieurs méthodes physiques permettant l'obtention de l'eau déminéralisée à partir de l'eau de mer et de l'eau saumâtre. Parmi les techniques utilisées à l'échelle industrielle, il y a l'osmose inverse qui est basée sur la séparation par membrane des ions dont le principe de base est fondé sur le phénomène de solubilisation et diffusion.

L'avantage majeur de cette technologie est le coût énergétique le moins élevé par rapport aux autres procédés tels que la distillation.

Les stations de déminéralisation des eaux se composent essentiellement d'un prétraitement visant à éliminer les colloïdes, les bactéries, les macromolécules et les sels bivalents ; un système de membrane d'osmose inverse pour éliminer les sels monovalents de chlorure de sodium et un post traitement pour améliorer la qualité de l'eau destinée à la consommation.

Dans notre sujet, on s'intéresse à une étude computationnelle du procédé de déminéralisation des eaux de mers et eaux saumâtres par la technique osmose inverse,

Les différentes simulations du phénomène de séparation des ions par osmose inverse vont être réalisées par le logiciel IMS design conçu par l'un des leaders mondiaux dans la déminéralisation des eaux qui est la société Hydranautics.

Lors des simulations, nous allons prendre en considération les différentes compositions chimiques d'eaux de mers et eaux saumâtres, les données sont recueillies à partir de la bibliographie.

Le logiciel IMS design permet de donner un dimensionnement qui répond aux exigences des professionnels et des experts du dessalement.

L'objectif de ce mémoire est l'étude comparative de l'efficacité de séparation par membranes des différents ions se trouvant dans les différents types d'eaux de mers et eaux saumâtres.

Les éléments de comparaison sont les suivants :

- Le taux en sels dissous du perméat (TDS).
- Le pH du perméat.
- La concentration des ions chlorures et sodium dans le perméat.
- Le taux de rejets par membranes en sels.
- La composition chimique de l'eau déminéralisée en comparaison avec les normes OMS.

➤ L'énergétique des systèmes membranaires

Ce mémoire se compose principalement de deux parties :

La première partie : qui est relatif à l'étude bibliographique, contient deux chapitres :

Dans le premier chapitre nous allons tout d'abord défini les différents types d'eaux salées (eau saumâtre et eau de mer), les propriétés physico-chimiques d'une eau, Puis présenté les procédés de déminéralisation des eaux de mer et eaux saumâtre en décrivant le phénomène d'osmose inverse.

Dans le deuxième chapitre nous allons présentés la société Hydranautics et le logiciel de simulation IMS design.

La deuxième partie :

Application de la simulation pour la déminéralisation des eaux de mers et des eaux saumâtres..

Les résultats obtenus vont servir comme une base de donnée pour les consultants ,experts et scientifiques impliqué dans le domaine de traitement des eaux par techniques membranaires.

A la fin nous termineront par une conclusion.

*Chapitre I : Synthèse
bibliographique*

I.1.Introduction

L'eau est indispensable à tous les êtres vivants, il est possible de jeuner un mois sans danger considérable, mais nous ne pouvons pas être privé d'eau plus de 48 heures sans risque .L'eau nous permet d'éliminer nos déchets par les urines, de lutter contre la chaleur par sudation et la ventilation pulmonaire, de transporter des vitamines hydrosolubles qui seront grâce à l'eau mieux absorbée par les muqueuses intestinales. En revanche une perte d'eau de 12% peut provoquer la mort.

En cas de manque total d'eau, de graves troubles apparaissent dès le 3^{ème} jour et la mort suivra entre le 5^{ème} et le 6^{ème} jour. Comme toutes les cellules vivantes, les cellules microbiennes ne vivent que dans un milieu répondant à certaines caractéristiques. L'eau compose la plus grande partie de nos aliments [1].

Selon les Nations Unies, 97,5% du stock d'eau de la planète est salée et seulement une fraction correspondant à 2,5 % se compose d'eau douce. Environ 70% de cette eau douce est fixée dans les calottes glaciaires des pôles et une partie importante des 30% restants est constituée par des nappes aquifères souterraines (**Fig. 1**). Seule une fraction minuscule de l'eau douce (moins de 1% de l'eau douce totale, soit 0,007 % du stock d'eau mondial) est alors disponible dans les cours d'eau, les lacs et les réservoirs et est facilement accessible à l'homme pour son utilisation directe [2].

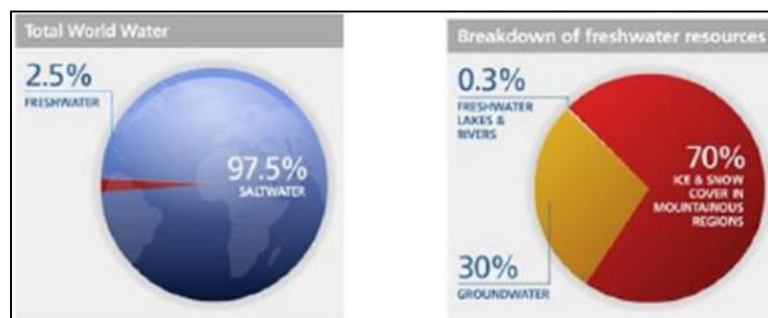


Fig.1 : Répartition de l'eau sur la planète [2]

I.2.Différents types d'eau salées

I.2.1.Les eaux saumâtre

On appelle eau saumâtre une eau salée non potable de salinité inférieure à celle de l'eau de mer. La majorité des eaux saumâtres contiennent entre 1 et 10g de sels par litre. Ce sont parfois des eaux de surface mais le plus souvent des eaux souterraines qui se sont chargées en sels en dissolvant certains sels présents dans les sols qu'elles ont traversés. Leur composition dépend

donc de la nature des sols traversés et de la vitesse de circulation dans ces sols. Les principaux sels dissous sont le CaCO_3 , le CaSO_4 , le MgCO_3 et le NaCl .

I.2.2.Eaux de mer

L'eau de mer est une source d'eau inépuisable qu'on peut l'utilisée pour s'approvisionner en eau douce après dessalement. Les eaux de mer sont caractérisées par leurs concentrations en sel dissous ou salinité. La salinité des mers ouvertes sur les masses océaniques (Atlantique, Manche, Mer du Nord, Pacifique) est de l'ordre de 35g/l et cette valeur qui est considérée comme salinité standard de l'eau de mer. Des variations plus ou moins importantes autour de cette valeur moyenne existent en fonction du bilan précipitations- évaporation. Toutefois, dans le cas des mers ouvertes, la composition des différents sels en présence est relativement constante. En particulier, la somme des ions chlorures et sodium représente environ 85% du poids total des sels. En revanche, dans les mers fermées ou les grands lacs salés, la concentration par évaporation à partir d'apports d'eaux de surface faiblement salées mais relativement différentes de celle de l'eau de mer, conduit quelquefois à des compositions ioniques très particulières [3].

I.3.PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES

I.3.1.Température

Pour l'eau potable la température maximale acceptable est de 15°C, car on admet que l'eau doit être rafraîchissante. Dans les eaux naturelles et au-dessus de 15°C, car il y a risque de croissance accélérée de micro-organismes, d'algues, entraînant des goûts et des odeurs désagréables ainsi qu'une augmentation de couleur et de turbidité [4].

I.3.2.pH

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau en d'autre terme de la concentration en ions d'hydrogène (H^+). $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$.

Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des Terrains traversés [5].

I.3.3.Conductivité électrique

La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution, il n'existe pas de procédé de modification de la conductivité. Par contre, en production d'eau industrielle ou en dessalement des eaux de mers ou des eaux saumâtres,

l'élimination des ions ne se fera pas des traitements d'échange ionique ou de séparation membranaire [6].

I.3.4.Dureté(TH)

Elle indique la teneur globale de l'eau en sels de calcium et magnésium. Les eaux algériennes sont mi-dures avoisinant les 30F° en dureté dans le nord [7] et sont considérées comme dures (TH supérieurs à 40 et 50F°) au sud du pays [8].

I.3.5.Alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à sa capacité de réagir avec les ions H^+ qui est due à la présence des constituants alcalins HCO_3^- , CO_3^{2-} , OH^- . On distingue deux types d'alcalinité :

-Alcalinité totale (ou titre alcalimétrique totale complet) :

$$TAC = [OH^-] + [CO_3^{2-}] + [HCO_3^-]$$

-Alcalinité composite (ou titre alcalimétrique) :

$$TA = [OH^-] + (1/2) [CO_3^{2-}]$$

Le TA est déterminé par neutralisation avec un acide fort (H_2SO_4) en présence d'un indicateur coloré (phénophtaléine, coloration rose après titrage devient incolore).

$pH < 8,3$ alors le $TA = 0$; $TAC = [HCO_3^-]$

$pH > 8,3$ alors le $TA \neq 0$

De la même façon que TA, le TAC est déterminé par neutralisation de tout l'alcalinité avec un acide fort en présence d'hélianthine coloration rouge [6].

I.3.6.Les Matières en suspension

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui sont insolubles dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau. La quantité de matières en suspension varie notamment selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux [9].

I.4. Les normes de potabilités d'une eau (OMS)

Tableau I.1 : Normes algériennes [10]

Paramètres	Unité	Valeur	Les normes algériennes
Température	°C	34.3	25
pH	-	6.91	≥ 6.5 and ≤ 9
Turbidité	NTU	0.15	5
Alcalinité CaCO ₃	mg/L	-	500
Conductivité	mS/cm à 20°C	2.94/3.14	2.8
Cl	mg/L	495.00	500
Na	mg/L	298.50	200
K	mg/L	22	12
Ca	mg/L	172.33	200
SO ₄	mg/L	567.33	400
NH ₄	mg/L	0.06	0.5
Ba	mg/L	-	0.7
B	mg/L	-	1
Fe	mg/L	0.044	0.3
F	mg/L	0.56-0.63	1.5
Mn	µg/L	0.014	50
NO ₃	mg/L	27.73	50
P	mg/L	25.97	5
As	µg/L	0.0009	10
Mg	mg/L	63/88	150

I.5. Les procédés de dessalement des eaux

Les technologies actuelles de dessalement des eaux sont classées en deux catégories, selon le principe appliqué voir (Fig.2) :

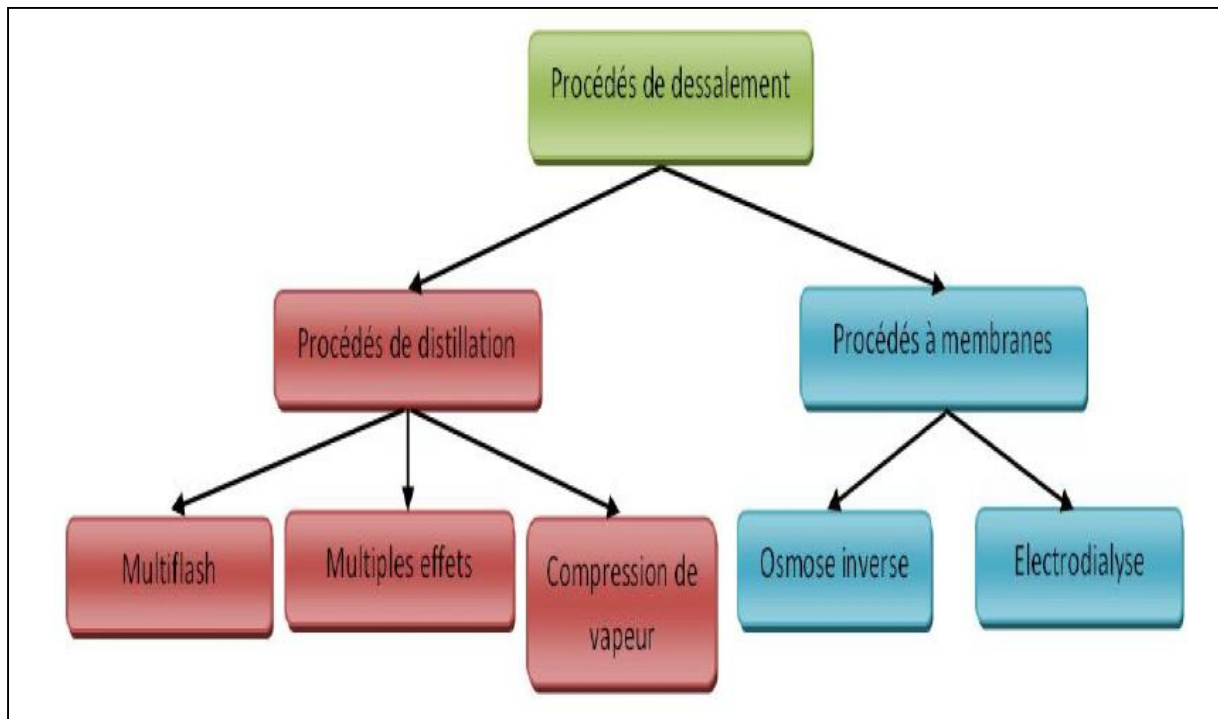


Fig.2 : Les différents procédés existants pour le dessalement

I.5.a. Les procédés utilisant des membranes

-L'osmose inverse et l'électrodialyse.

I.5.b. Les procédés thermiques faisant intervenir un changement de phases

-La congélation et la distillation.

Parmi les procédés précités, la distillation et l'osmose inverse sont des technologies dont les performances ont été prouvées pour le dessalement d'eau de mer. En effet, ces deux procédés sont les plus commercialisés dans le marché mondial du dessalement.

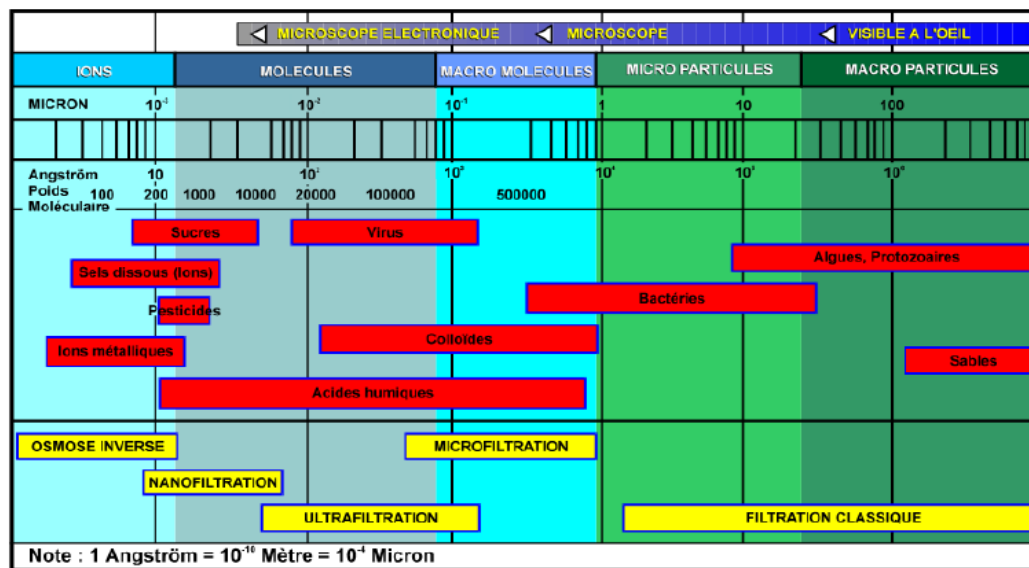


Fig.3 : Capacité de séparation des techniques membranaires [11].

I.5.1.La distillation

La distillation est un procédé de séparation selon lequel un composé volatil d'une solution est évaporé et ensuite condensé. Cette technologie est la plus ancienne utilisée pour dessaler l'eau de mer commercialement. On distingue deux principaux procédés utilisant la distillation : la distillation à multiple effet et la distillation à détente étagées et la distillation à multi flash [11].

I.5.2.L'osmose inverse

L'Osmose inverse est réalisée en appliquant à la solution à dessaler, une pression supérieure à la pression osmotique de cette solution sous l'effet de laquelle l'eau s'écoule à travers une membrane semi-perméable dans la direction inverse (du compartiment contenant l'eau salée vers le compartiment d'eau douce) (Fig.4). Ce procédé est simple, mais pose un vrai problème au niveau de l'encrassement des membranes, qui nécessite un prétraitement poussé de l'eau de mer [11].

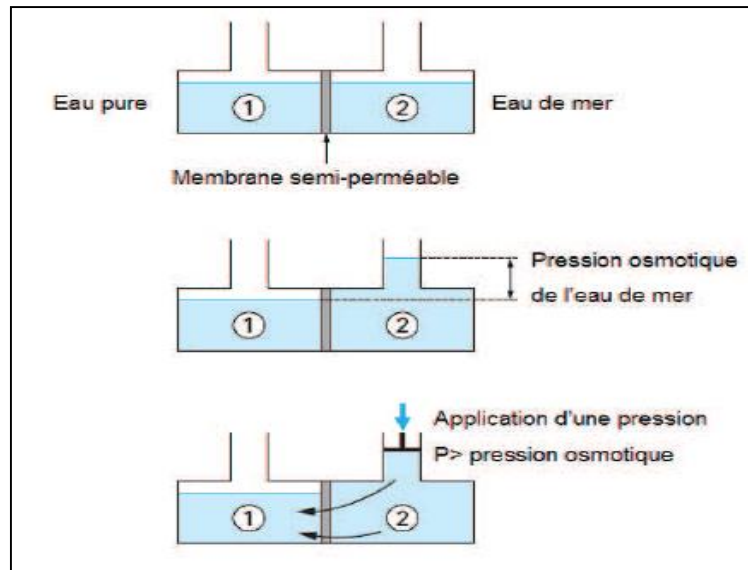


Fig.4 : Mise en évidence de l’osmose inverse [12]

I.6. Avantages et inconvénients de chaque procédé

Tableau.I.2 : Avantages et inconvénients des procédés [13]

	Avantages	Inconvénients
Distillation	<ul style="list-style-type: none"> - Indépendance à la variation de la qualité d’eau brute ; - Utilisation pour des grandes capacités de production d’eau ; - Exploitation relativement aisée ; - Une eau produite présentant un TDS faible requis particulièrement pour les besoins industriels. 	<ul style="list-style-type: none"> - Un taux de conversion bas (inférieur à 35%) - Une consommation spécifique d’énergie relativement élevée (8 à 25 KWh/m³ selon le procédé) ; - Une non flexibilité par rapport à la variation de la demande en eau ; - Un coût d’investissement élevé.
Osмосe inverse	<ul style="list-style-type: none"> - Un taux de conversion élevé (supérieur à 55%) ; - Une consommation spécifique d’énergie basse (3 à 5Kwh/m³) ; - Une flexibilité par rapport à la variation de la demande en eau ; - Un coût d’investissement relativement bas ; - Une durée de mise en œuvre réduite. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sensibilité à la variation de la qualité d’eau brute et surtout aux pollutions ; - Nécessité d’un personnel qualifié ; - Exploitation relativement difficile surtout au niveau du prétraitement ; - Un coût de maintenance élevé dû aux frais de renouvellement des membranes d’une durée de vie ne dépassant pas 7 ans à présent.

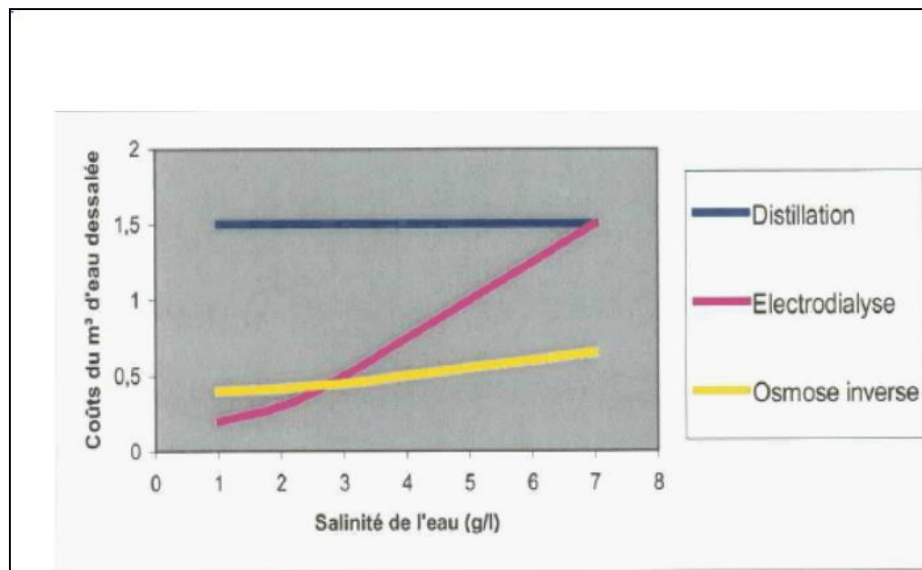


Fig.5 : Avantages de l'Osmose inverse [13].

I.7.Définition d'une membrane

Une membrane est définie comme étant une couche mince de matière, qui permet l'arrêt ou le passage sélectif de substances dissoutes ou non, sous l'action d'une force motrice de transfert [14]. Une membranes semi- sélectives est une membrane permettant certains transferts de matière entre deux milieux qu'elle sépare, en interdisant d'autres, ou plus généralement, en favorisant certains par rapport à d'autres (Fig.4) [15].

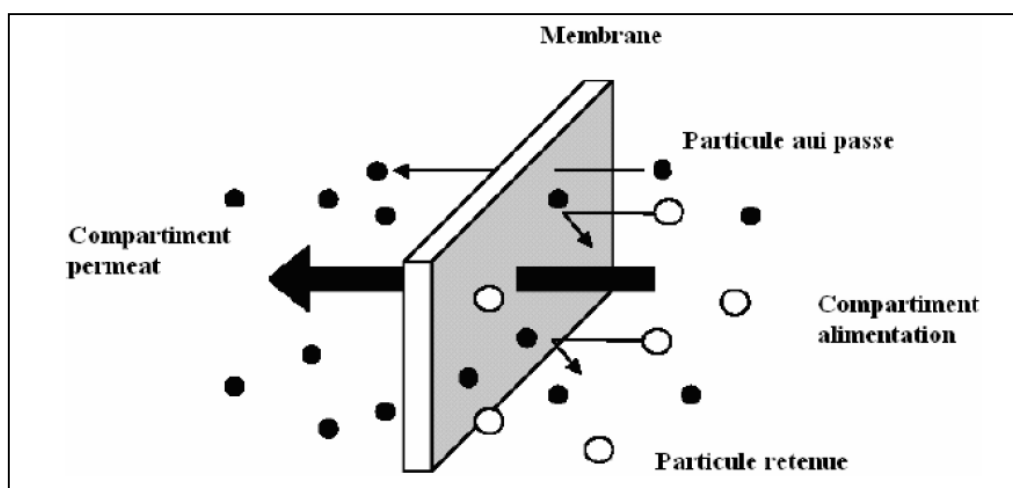


Fig.6 : Membrane sélective [15].

Les membranes d'OI sont composées d'une couche mince (couche active : peau) de faible épaisseur comprise entre 0,1 μm et 1,5 μm , composant des micropores. Cette couche active est supportée par une ou plusieurs couches, plus poreuses et mécaniquement plus résistantes à la fois [16].

I.8.Description du phénomène osmose inverse

I.8.1.Principe de l'Osmose inverse

L'osmose est le transfert de solvant à travers une membrane sous l'effet d'un gradient de concentration. Soit un système à deux compartiments séparés par une membrane semi-sélective et contenant deux solutions de concentrations différentes, l'osmose se traduit par un flux d'eau dirigé de la solution diluée vers la solution concentrée. Si on applique une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Avec une pression suffisamment forte le flux d'eau va même s'annuler : cette pression est nommée la pression osmotique Π . Si on dépasse la valeur de la pression osmotique, on observe un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique : c'est le phénomène de l'osmose inverse [17].

La pression osmotique des électrolytes est donnée par la relation suivante :

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

i : est le nombre d'espèces d'ions constituant le soluté.

C : la concentration molaire du soluté ($\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$).

T : la température en kelvin(k).

R : la constante des gaz parfaits ($8,31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{k}^{-1}$).

Π : est exprimée en pascal.

Cette relation est valable pour des solutions diluées.

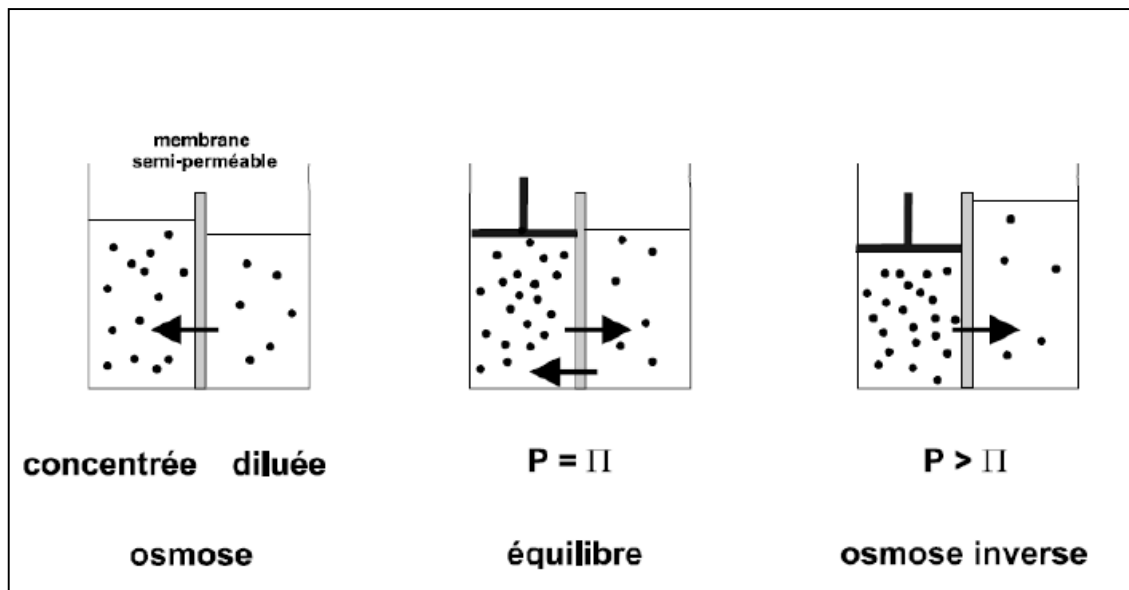


Fig.7 : Osmose et osmose inverse [17].

I.8.2. Force motrice

La force ionique, notée I (ou FI de manière à la distinguer de l'intensité), est un des principaux facteurs influençant l'activité des ions en solution aqueuse. Elle s'exprime en $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ et est calculée de la manière suivante :

$$I = \frac{1}{2} \sum_i C_i z_i^2 \text{ (Equation I.2)}$$

Où C_i représente la concentration de l'ion i et z_i sa valence.

I.9.Élement constitutif d'une station d'osmose inverse

Les éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse sont schématisés sur la figure (fig.8).

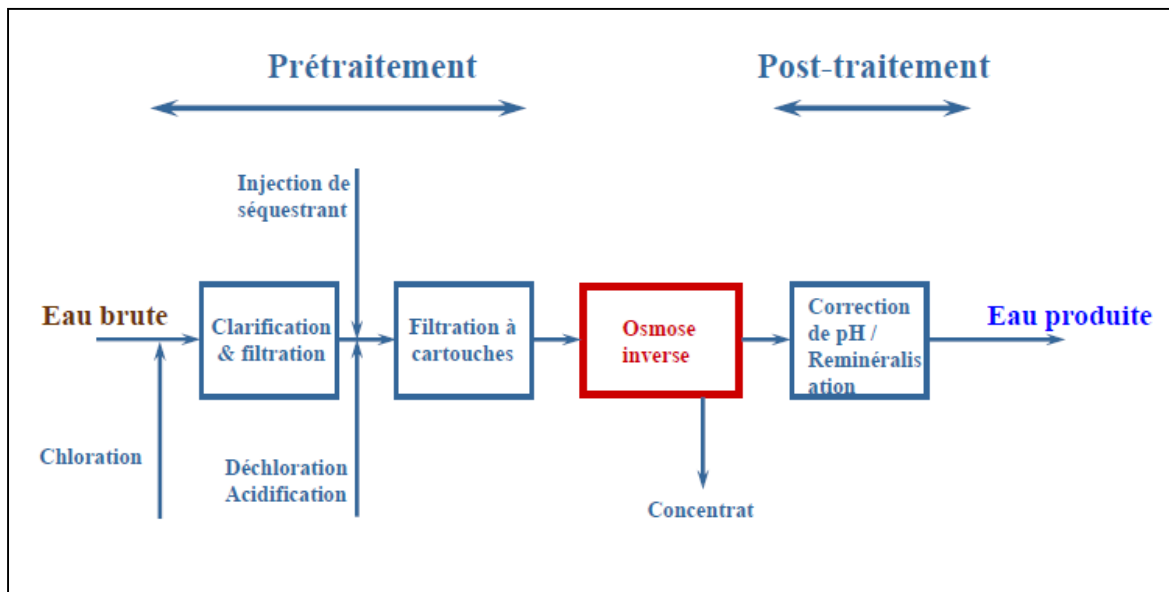


Fig.8 : Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse

Le dessalement par osmose inverse exige avant tout un prétraitement très poussé de l'eau de mer pour éviter le dépôt de matière en suspension sur les membranes qui conduirait très rapidement à une réduction des produits d'écoulement. Il est nécessaire de retenir tous les particules de dimension supérieure à 10 à 50 μm 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 le contenu en suspension le plus grand. Ensuite, un traitement biocide et une acidification sont nécessaires pour éviter le développement de microorganismes sur la membrane et éviter la précipitation des carbonates. Enfin, une filtration sur cartouches qui permet de retenir des particules de l'ordre de quelques dizaines de μm qui n'ont pas été retenues par le filtre à sable. La pompe à haute pression permet ensuite d'injecter de l'eau de mer dans le module d'osmose inverse dans lequel sont situées les membranes.

En outre, un deuxième phénomène se produit pendant l'osmose inverse, c'est la polarisation de la concentration de la membrane. En effet, au fil 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 à proximité de la couche limite, avec des risques de précipitation de composés avec un produit de faible solubilité.

Pour un même rendement, la pression à appliquer est donc plus élevée. Pour éviter ce phénomène, on balaye la membrane sur le côté de la solution salée par un flux d'eau continu. Toute l'eau n'est pas filtrée, une partie est utilisée pour nettoyer la membrane. Ce processus est donc similaire à une filtration tangentielle. L'eau non filtrée s'appelle retentât alors que l'eau qui a traversé la membrane s'appelle perméat.

Afin de limiter la consommation d'énergie du processus, on peut placer sur le circuit du retentât une turbine qui nous permet de récupérer une partie de l'énergie contenue dans ce fluide sous haute pression.

I.9.1. Les modules

Il existe 4 grands types de modules supportant les membranes et qui sont commercialisés :

I.9.1.a. Les modules tubulaires

Un module tubulaire contient plusieurs tubes qui peuvent être en série ou en parallèle. L'eau à traiter circule à l'intérieur des tubes et le perméat est recueilli à l'extérieur des tubes. Les tubes constituent des canaux d'écoulement tangential [18].

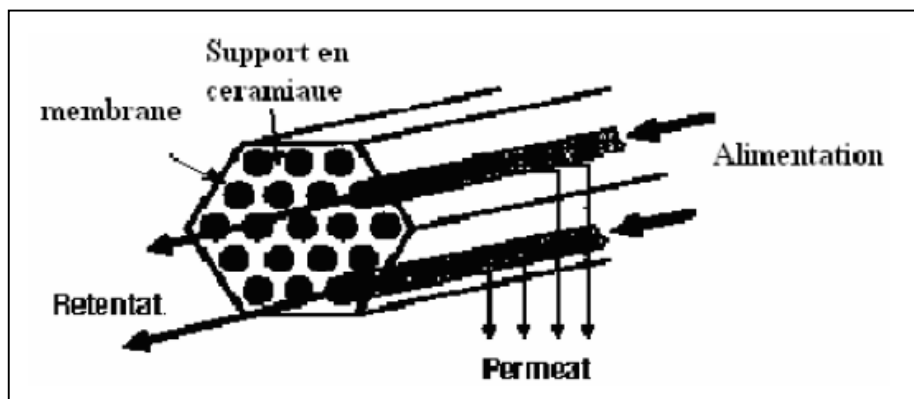


Fig.9 : module tubulaire [18].

I.9.1.b. Les modules fibres creuses

Un module tubulaire contient plusieurs tubes qui peuvent être en série ou en parallèle. L'eau à traiter circule à l'intérieur des tubes et le perméat est recueilli à l'extérieur des tubes. Les tubes constituent des canaux d'écoulement tangential [19].

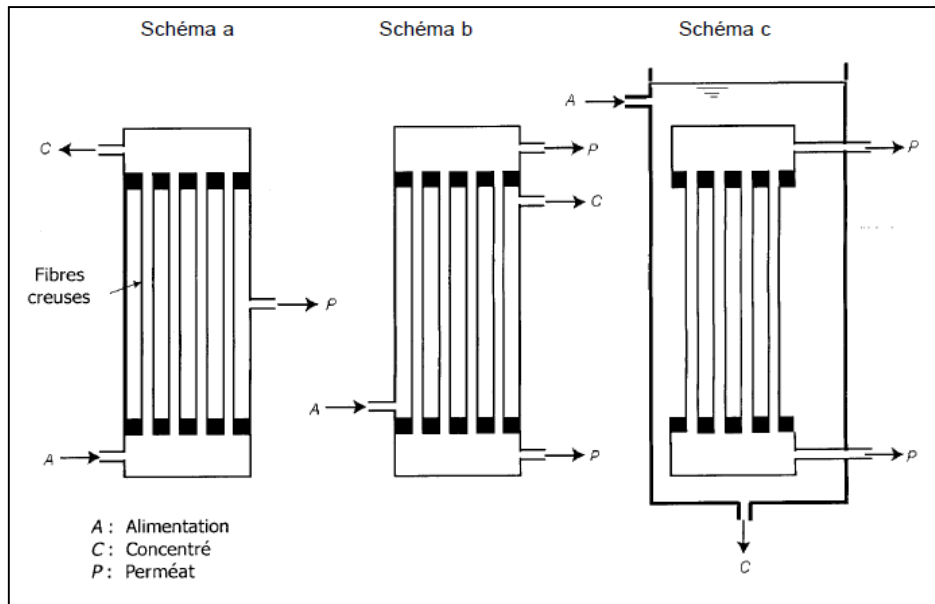


Fig.10 : Modules à fibres creuses [18].

I.9.1.c. Les modules plans

Les modules plans sont les plus anciens et les plus simples : les membranes sont empilées en mille-feuilles séparées par des cadres intermédiaires qui assurent la circulation des fluides [18].

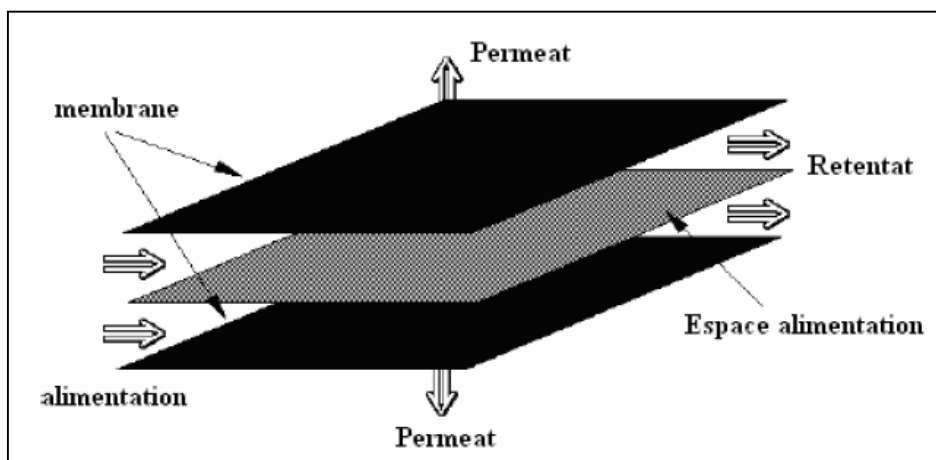


Fig.11 : module plan [18].

I.9.1.d. Les modules spirales

Dans les modules spirales, une membrane plane est enroulée sur elle-même autour d'un tube poreux qui recueille le filtrat. On obtient ainsi un cylindre multicouche dans lequel le perméat s'écoule selon un chemin en spirale vers le tube poreux tandis que la puissance s'écoule axialement dans les canaux selon un chemin en spirale vers le tube poreux tandis que la puissance s'écoule axialement dans les canaux [18].

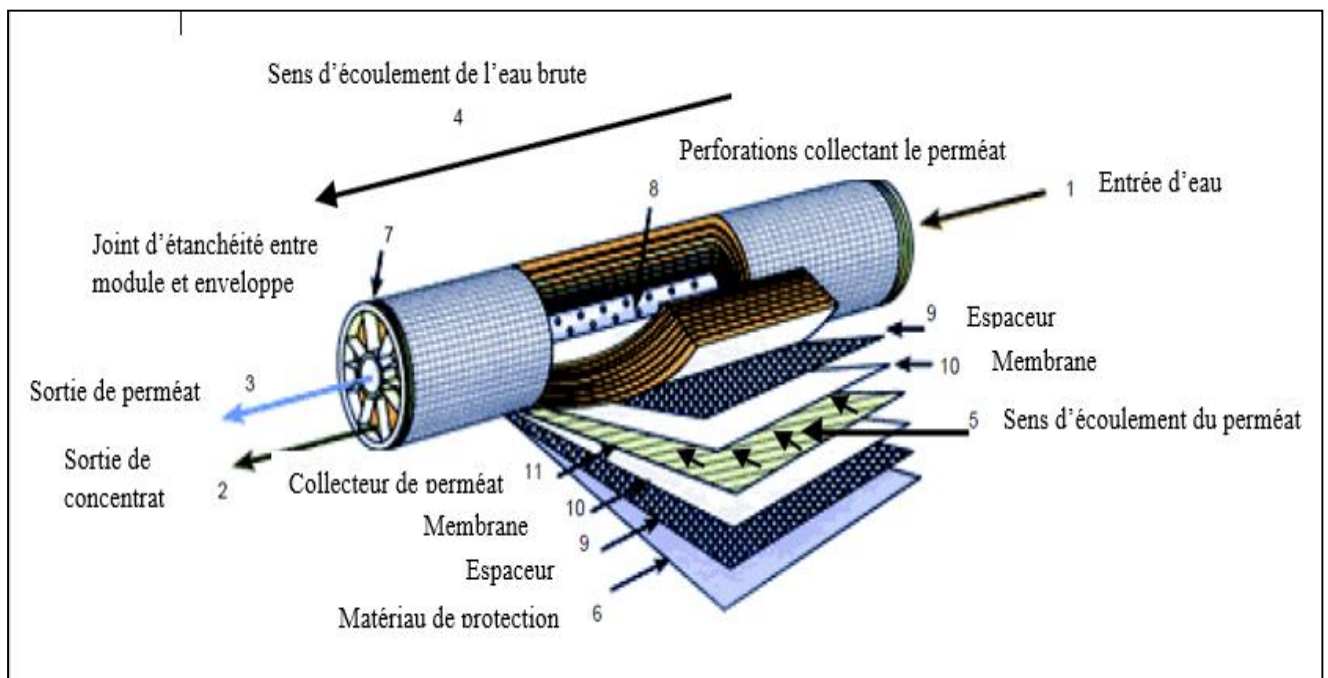


Fig.12 : Structure interne d'une membrane à spirale [18].

Avantages du module spirale

- résistance au colmatage
- maintenance facile
- variété de matériaux et fabricants

I.9.2. Différents types de systèmes membranaires (Design, Configuration, Montage)

I.9.2.1. Système mono- étage

Un système membranaire est un système composé d'une amenée de flux à traiter (solvant contenant des solutés : solution) en passant par un système de pompage pour la mise en pression, qui refoule le flux sous une pression élevée vers les modules à membranes. Les modules sont montés tous en parallèle. Chaque module comporte deux sorties : une sortie de solution moins concentrée (perméat) sous une pression très réduite, et une sortie de solution plus concentrée (retentât : concentrât) sous une pression élevée. A la sortie concentrât ; l'eau sorte à une pression importante dont l'installation des équipements énergétiques (turbines, échangeur de pression) pour récupérer de l'énergie est toujours utile [20].

I.9.2.2. Système di- étages en série rejet

Un système di- étagé en série rejet, est composé principalement par un ensemble de trains dont le concentrât de chaque train alimente le train suivant et ainsi de suite, c'est-à-dire que l'alimentation de chaque train a des caractéristiques identiques aux celles du concentrât du train précédent (chaque train dans ce cas est appelé étage). Les perméats de l'ensemble des étages sont collectés pour donner à la fin, le perméat total du système. Le concentrât du système c'est celui du dernier étage, qui sera relié à une turbine ou à un échangeur de pression (pour le cas de récupération de l'énergie) pour réaliser la détente de la pression du concentrât [20].

I.9.2.3 Système di- étages en série production

Un système membranaire di- étagé en série production, est formé par un ensemble de trains dont la production de chaque étage alimente le train suivant et ainsi de suite, de sorte que l'alimentation de chaque train a des caractéristiques identiques aux celles du perméat du train précédent (le train dans ce cas est appelé pass). Les concentrâts de l'ensemble de trains sont collectés pour donner à la fin, le concentrât total du système, qui sera relié à un système de récupération de l'énergie. Le perméat du système est celui du dernier train [20].

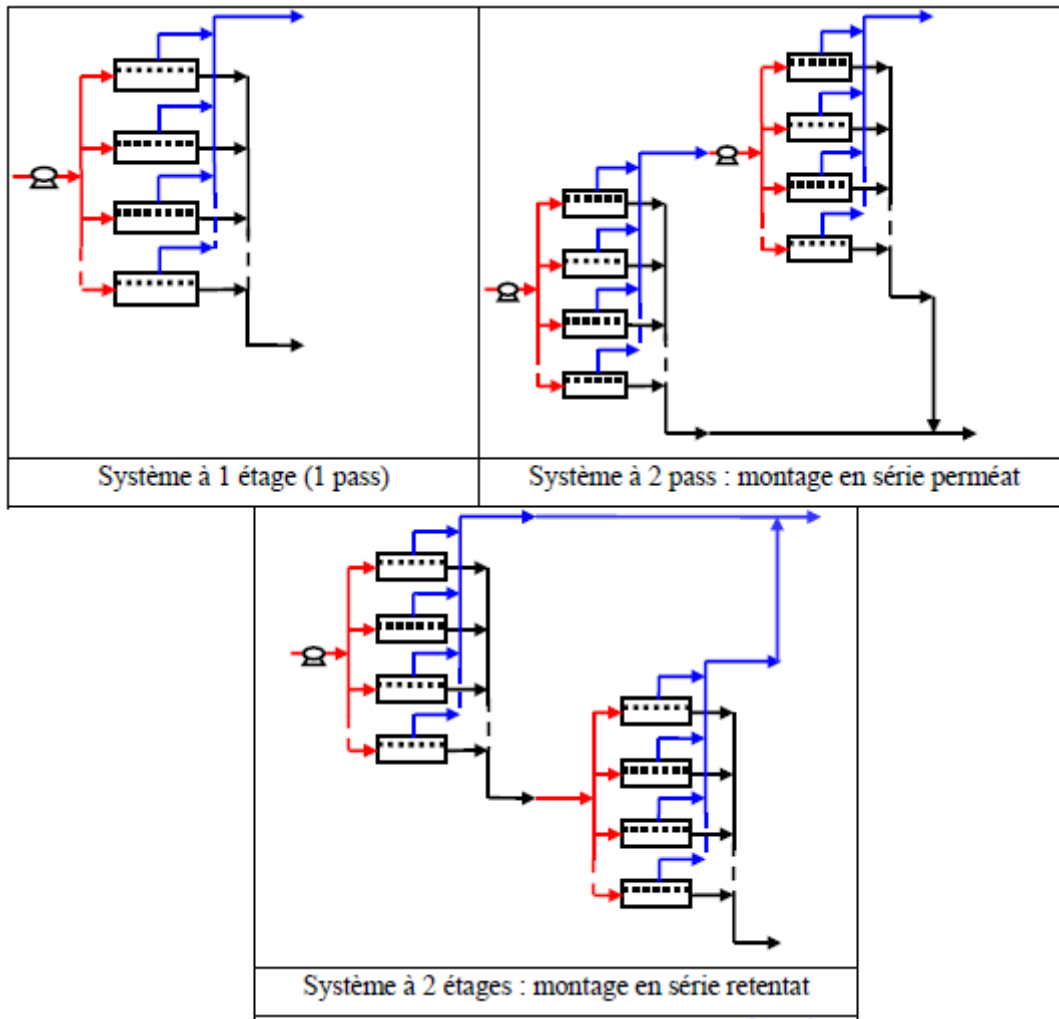


Fig.13 : Types de systèmes membranaires [20].

I.10. Les paramètres de fonctionnement d'une station de déminéralisation des eaux par osmose inverse

I.10.1. Flux du perméat

Le flux de perméation ou la densité de flux volumique est le rapport du débit de perméat par la surface membranaire :

$$J_e = \frac{Q_p}{S} \quad (\text{Equation I.3})$$

Pour une sélectivité donnée le flux de perméation doit être le plus élevé possible de manière à minimiser la surface de filtration à mettre en œuvre et, par là même, l'investissement. La densité de flux en cours d'opération est la plupart du temps bien inférieure à celle que l'on peut mesurer avec du solvant pur, ou calculer par le biais de la perméabilité. Cette densité de flux dépend de

la perméabilité de la membrane, de la différence de pression appliquée, de la quantité et du type d'espèces retenues par la membrane [21].

I.10.2. Taux de conversion

La solution à traiter (débit Q_f) se divise au niveau de la membrane en deux parties de concentrations différentes :

- une partie qui passe à travers la membrane ou perméat (débit Q_p) ;
- une partie qui ne passe pas à travers la membrane, appelée concentrât ou retentât (débit Q_c), et qui contient les molécules ou particules retenues par la membrane.

La fraction de débit du liquide qui traverse la membrane est appelée taux de conversion de l'opération de séparation [21] :

$$Y(\%) = \frac{Q_p}{Q_f} * 100 \quad \text{(Equation I.4)}$$

I.10.3. Définition de la sélectivité

La sélectivité d'une membrane est, en général, définie par le taux de rejet (appelé aussi taux de rétention) de l'espèce (sel, macromolécule, particule) que la membrane est censée retenir :

$$TR = 1 - \frac{C_p}{C_0} \quad \text{(Equation I.5)}$$

C_0 = concentration de l'espèce à retenir dans la solution.

C_p = concentration de la même espèce dans le perméat.

Dans le cas de l'osmose inverse, le soluté de référence est souvent le chlorure de sodium (NaCl), la déminéralisation des eaux étant l'application la plus importante. Certaines membranes développées pour le dessalement de l'eau de mer ont un taux de rejet au chlorure de sodium de 99 % environ. D'autres, développées pour le dessalement des eaux saumâtres, présentent un taux de rejet au NaCl de 96 % [21].

I.11.Problèmes rencontrés en Osmose inverse

I.11.1.Polarisation de concentration

Un phénomène limitant intervient lors de l'osmose inverse, il s'agit de la polarisation de concentration au voisinage de la membrane. Comme montré dans la (**Fig.14**), la polarisation de concentration est caractérisée par une accumulation à la surface de la membrane des espèces retenues. La concentration d'une espèce au voisinage de la membrane (C_m) va augmenter jusqu'à ce qu'un équilibre s'établisse entre le flux transféré à travers la membrane sous l'action du gradient de pression ($J.C_0$) et le flux qui diffuse en sens inverse sous l'action du gradient de concentration, de la couche limite vers la solution ($D \frac{dx}{dc}$). La polarisation de concentration est un phénomène réversible qui disparaît si la force motrice de transfert est annulée. Le facteur de polarisation est défini par [22] :

$$\gamma = \frac{C_m}{C_0} \quad \text{(Equation I.6)}$$

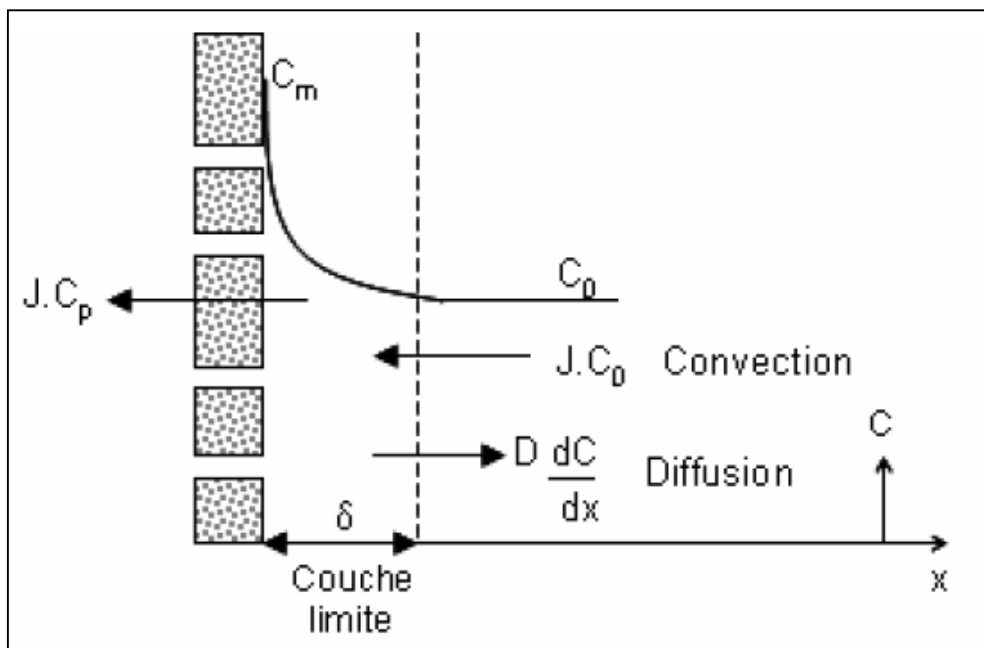


Fig.14 : Phénomène de polarisation de concentration [22].

I.11.2.Colmatage (Pouvoir encrassant)

On peut considérer l'OI comme procédé de filtration à l'échelle moléculaire, toute particule de dimension supérieure à une molécule, sera retenue à fortiori. C'est évidemment le cas des

matières en suspension et colloïdales. Leur accumulation à la surface de membrane provoque une baisse continue des performances (débit, salinité).

Les différents types de colmatage sont :

- entartrage (Scaling) (CaCO₃, CaSO₄, BaSO₄, SrSO₄, CaF₂).
- colmatage organique.
- Bio-encrassement (Biofouling) [23]

I.11.3.SDI (Silt Density Index)

Le SDI est considéré comme un paramètre représentatif du potentiel de colmatage d'une eau saline d'alimentation dans un procédé d'osmose inverse. Il dépend de la quantité de particules mais également des autres composants colloïdaux. Un essai de SDI consiste en la filtration d'un échantillon d'eau à travers une membrane de 0,45 µm (microfiltration) de surface filtrante 1,73X10⁻⁴ m² à une pression transmembranaire constante de 2,07 bar.

Le SDI est déterminé par une comparaison des temps de filtration, t₁ et t₂, nécessaires pour obtenir un volume de filtration fixe respectivement au temps 0 et après un temps t.

$$SDI = \frac{\left(1 - \frac{t_1}{t_2}\right) * 100}{t} \frac{C_m}{C_0} \quad \text{(Equation I.7)}$$

Avec :

SDI Silt Density Index (% min⁻¹)

t₁ Temps initial pour filtrer un échantillon de 500mL (sec)

t Temps après le départ de la mesure (min)

t₂ Temps pour filtrer un échantillon de 500mL après le temps T (sec)[22].

I.12.Estimation de la réserve en eau brute

Le désert du Sahara, couvrant la plus grande partie (~80 %) de l'immense territoire, qui est une région aride du sud caractérisée par manque d'eau potable. Par conséquent, plus de 80 % de la population vit dans la partie nord, qui ne couvre qu'environ 20 % de la terre. De plus, ce déséquilibre est aggravé par les migrations à partir de la partie sud des régions éloignées en raison de pénuries d'eau douce et d'énergie. Pour remédier à cette situation, le gouvernement algérien a lancé un ambitieux programme pour le transfert et la déminéralisation de l'eau saumâtre au sud, en profitant de la Continental Intercalaire (C.I.) [10].

I.13. Qualité de l'eau brute (Analyse physicochimique)

Une source d'eau douce pour la production d'eau potable pourrait être une rivière, lac, retenue ou l'eau souterraine peu profonde ou profonde. L'eau pourrait être pratiquement vierge, touchées par des contaminants, ou touchés par les rejets de déchets agricoles et anthropiques. Même une source vierge peut ne pas être entièrement souhaitable car elle pourrait contenir des minéraux et des particules en suspension qui ont des effets néfastes sur le goût et la qualité esthétique ou de sécurité, et des matières organiques naturelles (carbone organique total et l'azote organique total) qui peut compromettre la qualité de l'eau prête et lieu demandes aux procédés de traitement. La gamme de minéralisation de l'eau douce le plus considéré comme souhaitable pourrait être de moins de 100 mg/litre d'environ 1 000 mg/litre. La contamination microbienne peut se produire dans une même source vierge de l'eau, mais surtout dans les eaux de surface. De nombreuses eaux de surface sont fortement touchées par les rejets contrôlés ou non d'eaux usées, les déchets industriels ou agricoles, et le ruissellement de surface, de sorte que pratiquement toutes les eaux de surface nécessitent une filtration et une désinfection avant de devenir eau potable acceptable. Les eaux souterraines bénéficient souvent de filtration naturelle à partir du passage à travers le sol et le stockage souterrain, mais ils peuvent aussi être contaminés naturellement (par ex. TDS, l'arsenic ou l'excès de fluorure). S'ils sont "sous l'influence des eaux de surface", ils peuvent aussi être contaminés par les rejets de déchets de surface d'eaux usées, déchets agricoles et industriels ou les déversements accidentels en particulier si l'aquifère est peu profond, ou la superposition de sol est poreux et ne pas retarder la migration de certains contaminants, ou d'élimination dans les étangs non doublée est pratiqué. Cependant, beaucoup d'eaux souterraines sont suffisamment protégés qu'ils peuvent être consommés sans autre traitement, ou peut-être seulement la désinfection [24].

Tableau I.3 : Composition ionique majeure de l'eau de mer (mg / litre)

Constituants	Eau de mer normale	Méditerranée orientale	Golfe arabe au Koweït	Mer Rouge À Djeddah
Chlorure (Cl ⁻)	18980	21200	23000	22219
Sodium (Na ⁺)	10556	11800	15850	14255
Sulfate (So ₄ ⁻²)	2 649	2 950	3 200	3 078
Magnésium (Mg ⁺²)	1 262	1 403	1 765	742
Calcium (Ca ⁺²)	400	423	500	225
Potassium (K ⁺)	380	463	460	210
Bicarbonate (HCO ₃ ⁻)	140	--	142	146
Strontium (Sr ⁺²)	13	--	--	--
Bromure (Br ⁻)	65	155	80	72
Fluorure (F ⁻)	1	--	--	--
Silicate (SiO ₃ ⁻²)	1			
Iodure (I ⁻)	<1	2	--	--

Tableau I.4 : Composition ionique majeure d'une eau saumâtre brute (mg/litre)

Constituants	Eau saumâtre 1	Eau saumâtre 2
Calcium (Ca ⁺²)	258	230-272
Magnésium (Mg ⁺²)	90	86-108
Sodium (Na ⁺)	739	552-739
Potassium (K ⁺)	9	--
Strontium (Sr ⁺²)	3	--
Fer (Fe ⁺²)	< 1	0 - < 1
Manganèse (Mn ⁺²)	1	0-1
Bicarbonate (HCO ₃ ⁻)	385	353-385
Chlorure (Cl ⁻)	870	605-888
Sulfate (So ₄ ⁻²)	1 011	943-1 208
Nitrate (NO ₃ ⁻)	1	--
Phosphate (PO ₄ ⁻³)	< 1	--
Silice (SiO ₂)	25	--
pH	8	7.8-8.5
Température	23.8°C	18.3°C-29.4°C

Cependant, l'eau de mer et des eaux saumâtres, sont définies par l'importance de la minéralisation qu'ils contiennent. Ainsi, leur composition comprend d'importantes quantités de minerais qui sont en fonction de leur situation géographique, et ils contiennent aussi le carbone organique et les contaminants microbiens, et ils peuvent également être affectés par les rejets de déchets. Tableaux I.2 et I.3 ci-dessus, USBR fournissent des informations sur la composition minérale typique de plusieurs d'eau de mer. De toute évidence, les technologies spéciales seront nécessaires pour convertir ces eaux dans l'eau potable qui serait sûr et souhaitable de consommer.

Dans ce qui suit, nous allons essayer de proposer une meilleure configuration des systèmes membranaires afin d'obtenir une eau potable avec un logiciel simulation IMSdesign.

Le logiciel de simulation et les différents résultats de simulation seront présentés dans le chapitre II.

Chapitre II :
Dimensionnement
d'une station de
déminéralisation des
eaux par osmose
inverse

II.1. La société *Hydranautics*¹ :

Hydranautics est un des leaders mondiaux dans la technologie des membranes. Ils appliquent les dernières technologies de fabrication les plus avancées de l'industrie, produits membrane haute performance.

Depuis sa création en 1963, ils se sont engagés à respecter les plus hautes normes de la recherche technologique, l'excellence de ses produits et la satisfaction du client. Ils sont entrés dans l'osmose inverse (OI) domaine de la membrane en 1970 et sont aujourd'hui l'un des plus respectés et expérimentés dans l'industrie.

Hydranautics a été acquis par Nitto Denko Corporation, au Japon en 1987 et ils sont devenus une partie de la Division de la Membrane Nitto (GMD).

La Division de la Membrane Global Nitto se compose de trois sites de production : Hydranautics, dont le siège social est situé à Océanide, Californie, USA ; une usine de fabrication de la membrane dans la préfecture de Shiga, au Japon et un élément de l'assemblage à Shanghai, Chine. Ces trois installations, en plus d'un réseau de bureaux et entrepôts couvrant dans le monde, fournir le support commercial et technique 24 heures sur 24, avec une réponse rapide aux demandes des clients. Ils ont un engagement continu à la recherche et à la technologie résultats dans la poursuite du développement des produits de la membrane spécialisés.

Depuis sa fondation en 1975, la société Hydranautics s'est engagée dans les normes les plus élevées de recherche technologique, excellence du produit, satisfaction du client. Le logiciel Hydranautics est Continuellement impliqué dans la recherche et la technologie, Les produits Hydranautics sont actuellement utilisés pour Diverses applications comme eau potable, alimentation de chaudière Eau, procédé industriel

Hydranautics' produits sont actuellement en cours d'utilisation sur tous les sept continents.

II.2.Simulation par logiciel de simulation :**II.2.1.Le logiciel *IMSDesign*²:**

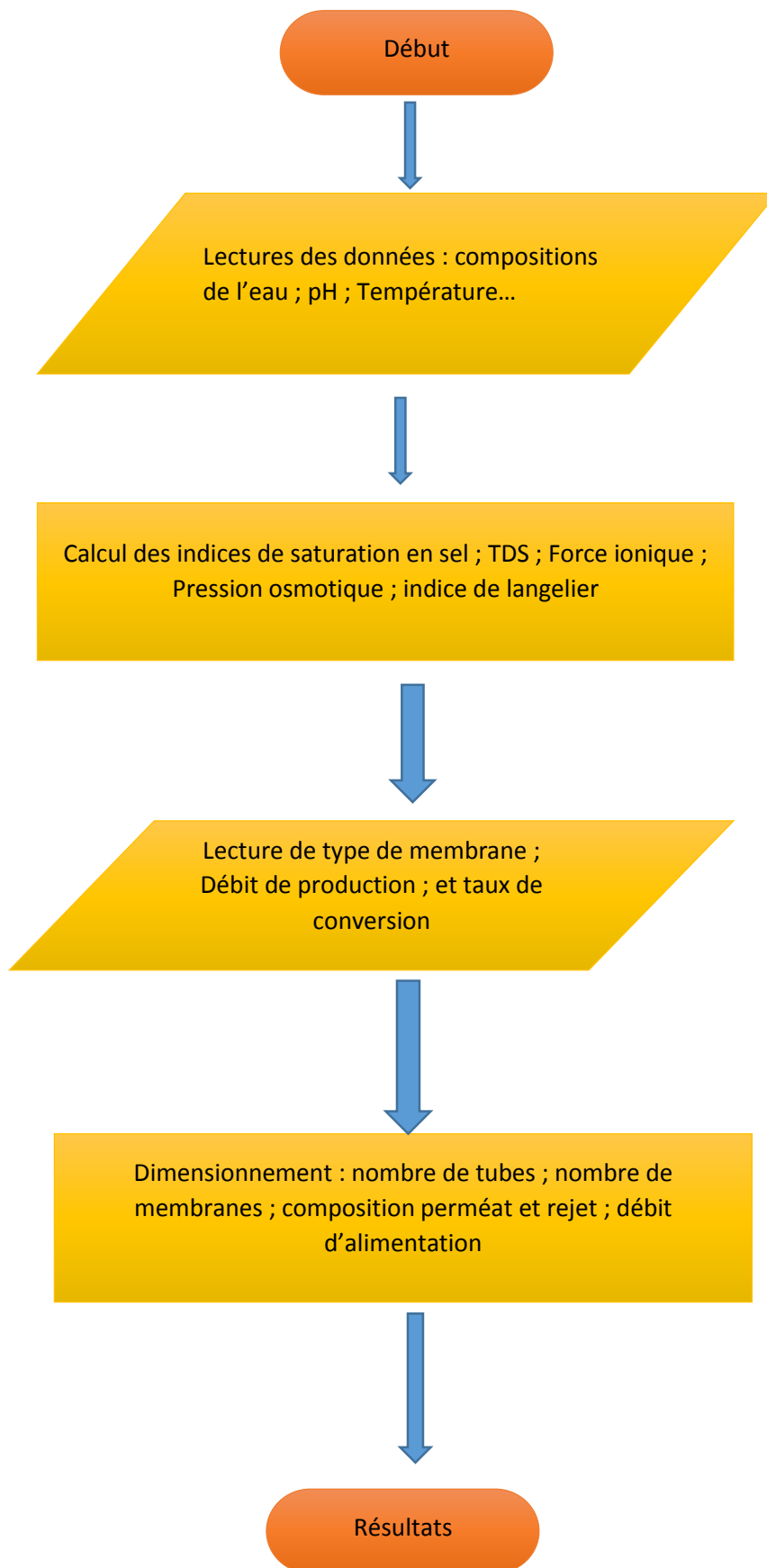
IMS-Design est un logiciel de dimensionnement répondant aux exigences des professionnels et des experts du dessalement. Il offre des fonctionnalités de programme améliorées, des

¹<http://membranes.com/about-us/company-overview/>

²<http://www.hydranauticsprojections.net/imsd/downloads/>

graphiques améliorés et comprend de nouvelles fonctionnalités, e qui améliore la capacité de l'utilisateur à concevoir et à analyser rapidement et précisément des systèmes à base de membranes et de contrôler les données et les résultats obtenus lors de la séparation par osmose inverse et cela dans le but de sélectionner la membrane et la configuration la plus performante selon la qualité et la quantité d'eau déminéralisée, destiné pour les différentes activités lié principalement au traitement des eaux destiné pour alimenter l'industrie chimique(Chaudière), mais aussi pour alimenter les citoyens en eau potable.

Le mode de fonctionnement du logiciel est décrit dans l'organigramme suivant :



II. 3. Paramètre de fonctionnement de logiciel IMS-Design

- **Débit de production** : c'est la quantité d'eau produite par jour (**m³/jrs**)

- **Taux de conversion** : Le taux de conversion est le rapport du débit de Perméat au débit d'alimentation. Le taux de conversion est très variable en fonction de la qualité désirée, de la qualité de la ressource disponible, et en particulier du risque lié à la précipitation des sels minéraux en surface de membrane :

$$Y(\%) = \frac{Q_p}{Q_f} * 100 \quad \text{(Equation I.4)}$$

Q_f : Débit d'alimentation (m³/jrs)

Q_p : Débit de perméat (m³/jrs)

$Y(\%)$: Taux de conversion

- **Qualité d'eau produit (TDS, pH....)** : c'est les analyses de salinité de perméat (TDS) et le pH

- **Consommation énergétique** : c'est le calcul de consommation d'énergie en kilo Watt par mètre cube (**KWh/m³**)

II.4.Utilisation de simulation de logiciel pour dimensionnement et le contrôle du fonctionnement :

Etape 1 :

Analyse : C'est la première étape où on compte comment traiter l'échantillon d'eau brute (eau de mer, eau saumâtre ...) on peut saisir les valeurs du rapport d'analyse de l'eau.

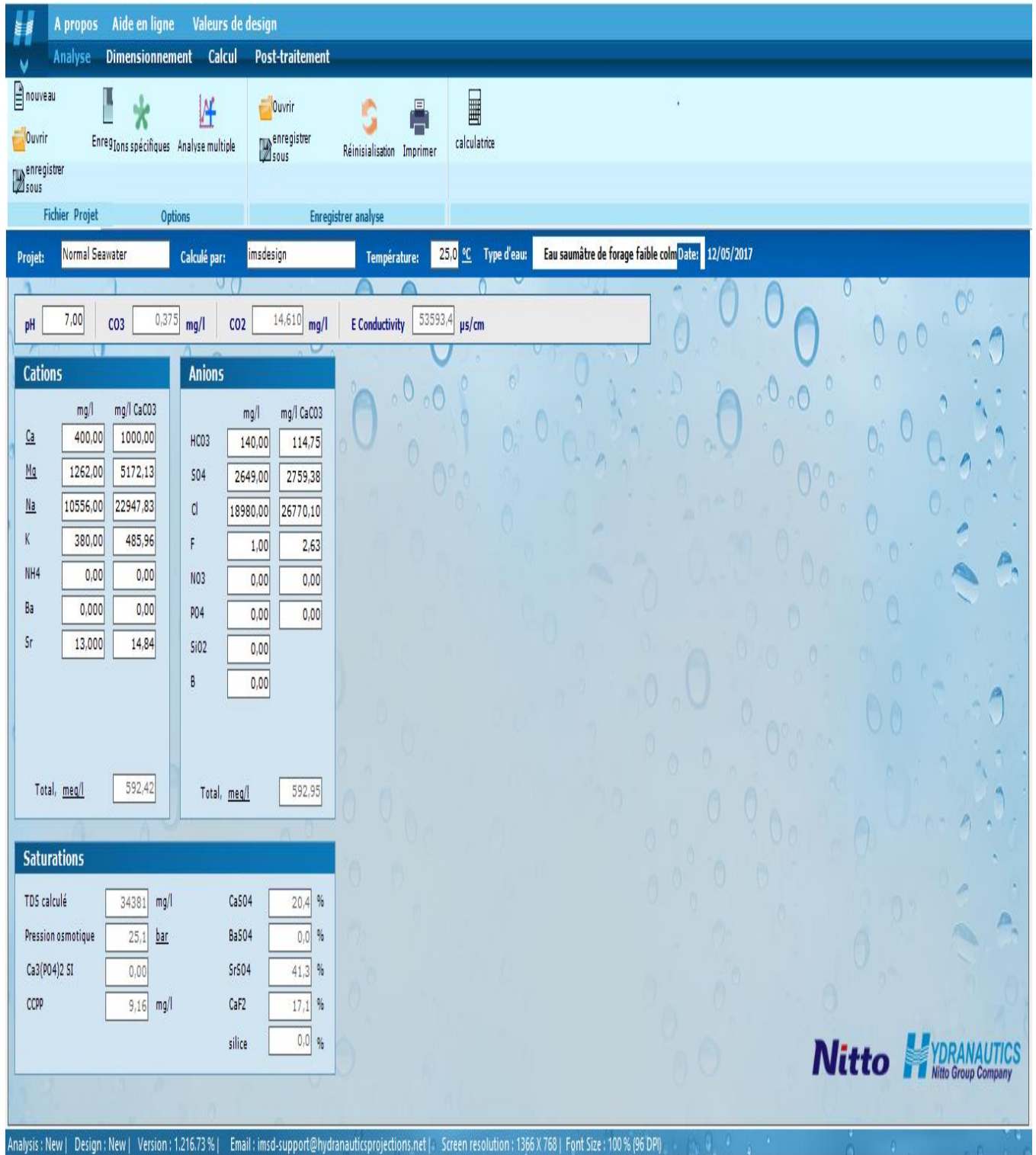


Fig.15 m :: Image capture écran de l'étape analyse par IMS-Design

Étape 2 :

Dimensionnement : Il s'agit de la deuxième étape du système, Pour effectuer cette étape de haut niveau, vous pouvez spécifier des paramètres tels que le flux de perméat, le taux de rejet, le type de membrane et le nombre d'étages.



Fig.16 : image capture écran de l'étape de dimensionnement avant le calcul

Etape 3 :

Calcul : C'est la troisième étape du processus de conception de RO. L'application calcule et affiche les valeurs des besoins en énergie, des exigences chimiques et du coût, calcule la qualité du produit.

Menu: A propos, Aide en ligne, Valeurs de design
Navigation: Analyse, Dimensionnement, Calcul, Post-traitement

Barre d'outils: nouveau, mélange perm., Hybride, retour, Schéma flottant, Résumé Calc., Imprimer, Diagramme des débits, de base, partiel, Split partiel, Outils, calculatrice, enregistrer sous, Recirculation Conc., Pompe Booster

Projet: Normal Seawater | **Calculé par:** imsdesign | **Température:** 25,0 °C | **Type d'eau:** Eau saumâtre de forage faible colm | **Date:** 12/05/2017

Trains

Paramètre	Pass1	Pass1
pH alimentation	7,00	
Taux de conversion perméat %	50,00	
Permeate flow/train, m3/d	100000,0	
Flux moyen, lmh	17,0	
Débit alimentation, m3/d	200000,0	
Débit rejet, m3/d	100000,0	
Produit chimique	None	
Concentration de la solution, %	100	
taux de dosage de produits chimiques, mg/l	0,000	
Âge membranes, années	0,0	
Perte de flux %, par an	5,00	
Coefficient de colmatage	1,00	
% d'augmentation par an du passage en sels	7,0	

Système

Débit de production total de l'usine, m3/d: 100000,00

Nombre de trains: 1

Résultats de calcul (Tous les débits sont par tub)

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	999	59,5	58,5	8,34	4,17	17	31,2	1,06

Concentration perméat

Ca	0,356	K	2,028	Sr	0,012	Cl	72,768	PO4	0,000	CO2	14,610
Mg	1,124	NH4	0,000	HCO3	0,965	NO3	0,000	SiO2	0,000	CO3	0,000
Na	45,076	Ba	0,000	SO4	2,541	F	0,008	B	0,000	pH	5,0
TDS											124,89 mg/l

Saturations et paramètres concentrat

CaSO4, %	48	SrSO4, %	98	Pression osmotique	50,1 bar	pH	7,3
BaSO4, %	0	SiO2, %	0	CCPP	102,87 mg/l	TDS	68585,2 mg/l
Ca3(PO4)2	0,00	CaF2, %	215				

avertissement:

- Séquestrant nécessaire.

Statut: calculé avec succès

Fig.17 : image capture écran de l'étape de dimensionnement après le calcul

Chapitre III :
Résultats et
discussions

Eau saumâtre1

Integrated Membranes Solutions Design Software, 2016

Créé le : 04/04/2017 10:25:35



Conception de base

Nom du projet	eau saumatre1			page : 1/3
Calculé par	ims design		Permeate flow/train	30000,0 m3/d
Débit Pompe HP	2083,11 m3/h		écoulement de l'eau brute / train	50000,0 m3/d
Pression alimentation	6,6 bar		Taux de conversion perméat	60,00 %
Température alimentation	23,8 °C(74,8°F)		Age élément	0,0 années
pH eau alimentation	8,00		Déclin du flux %, par an	5,0
Dosage produit chimique,mg/l, -	None		Coefficient de colmatage	1,00 %
Energie spécifique	0,40 kwh/m3		Perte de flux par an,%	7,0 %
NDP pass	3,2 bar		Perte de charge canalisation inter-étage	0,2 bar
Flux moyen	14,0 lmh		Type alimentation	Eau saumâtre de forage faible colmatage

Pass - Etage	Perm. Débit	Perm. Débit	Debit / Tube Aliment	Flux	DP	Flux	Bêta	pression par étage			Perm.	Elément	Elément	PV# x
	m3/h	m3/h	m3/h	lmh	bar	lmh	max	bar	Boost	Conc	TDS	Type	Quantité	Elem #
1-1	896,9	2,1	1,2	20,2	0,9	26,6	1,1	0	0	5,7	130,3	ESPA1-LD4040	5994	999 x 6M
1-2	353,6	1,2	0,8	8	0,5	11,7	1,07	0	0	5	688,2	ESPA1-LD4040	5994	999 x 6M

Ion (mg/l)	Eau brute	Eau alimentation	imprégner l'eau	Concentrat-1	Concentrat-2
Dureté, CaCO3	1013,85	1013,85	23,546	1772,6	2501,2
Ca	258,00	258,00	5,992	451,1	636,5
Mg	90,00	90,00	2,090	157,4	222,0
Na	739,00	739,00	81,296	1270,2	1726,8
K	9,00	9,00	1,214	15,4	20,7
NH4	0,00	0,00	0,000	0,0	0,0
Ba	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0
Sr	3,000	3,000	0,070	5,2	7,4
H	0,00	0,00	0,000	0,0	0,0
CO3	4,26	4,26	0,401	13,2	22,6
HCO3	385,00	385,00	108,839	631,5	788,0
SO4	1011,00	1011,00	25,106	1767,0	2491,8
Cl	870,00	870,00	60,935	1507,3	2085,2
F	0,00	0,00	0,000	0,0	0,0
NO3	1,00	1,00	0,803	1,4	1,3
PO4	1,00	1,00	0,025	1,7	2,5
OH	0,00	0,00	0,005	0,0	0,0
SiO2	25,00	25,00	1,506	43,4	60,3
B	0,00	0,00	0,000	0,0	0,0
CO2	5,06	5,06	5,06	5,06	5,06
TDS	3396,26	3396,26	288,28	5864,93	8065,08
pH	8,00	8,00	7,52	8,19	8,28

Saturations	Eau brute	Eau alimentation	Concentrat	Limites
CaSO4 / ksp * 100, %	27	27	84	400
SrSO4 / ksp * 100, %	20	20	62	1200
BaSO4 / ksp * 100, %	0	0	0	10000
SiO2 saturation,%	18	18	40	140
CaF2 / ksp * 100, %	0	0	0	50000
Ca3 (PO4) 2 indice de saturation	1,1	1,1	1,8	2,4
CCPP, mg/l	109,28	109,28	394,62	100000
Langelier indice de saturation	1,33	1,33	2,27	2,5
Force ionique	0,07	0,07	0,18	
Pression osmotique, bar	1,9	1,9	4,5	

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 : 1.216.73 %
 Email : imsd-support@hydranauticsprojections.net www.membranes.com +760-901-2500

Integrated Membranes Solutions Design Software, 2016

Créé le : 04/04/2017 10:43:49



Conception de base

Nom du projet	eau saumatre1			page : 1/3
Calculé par	ims design		Permeate flow/train	30000,0 m3/d
Débit Pompe HP		2083,11 m3/h	écoulement de l'eau brute / train	
Pression alimentation		8,1 bar		50000,0 m3/d
Température alimentation		23,8 °C(74,8°F)	Taux de conversion perméat	60,00 %
pH eau alimentation		8,00	Age élément	0,0 années
Dosage produit chimique,mg/l, -		None	Déclin du flux %, par an	5,0
Energie spécifique		0,49 kwh/m3	Coefficient de colmatage	1,00 %
NDP pass		4,1 bar	Perte de flux par an,%	7,0 %
Flux moyen		13,2 lmh	Perte de charge canalisation inter-étage	0,2 bar

Type alimentation Eau saumâtre de forage faible colmatage

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				
1-1	890,2	2,1	1,2	18,8	1,5	24,1	1,1	0	0	6,5	44,8	ESPA2-4040	5994	999 x 6M
1-2	360,5	1,2	0,8	7,6	0,8	11,4	1,07	0	0	5,6	207,2	ESPA2-4040	5994	999 x 6M

Ion (mg/l)	Eau brute	Eau alimentation	imprégner l'eau	Concentrat-1	Concentrat-2
Dureté, CaCO3	1013,85	1013,85	7,926	1767,5	2525,1
Ca	258,00	258,00	2,017	449,8	642,6
Mg	90,00	90,00	0,704	156,9	224,2
Na	739,00	739,00	27,499	1280,4	1807,9
K	9,00	9,00	0,418	15,6	21,9
NH4	0,00	0,00	0,000	0,0	0,0
Ba	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0
Sr	3,000	3,000	0,023	5,2	7,5
H	0,00	0,00	0,000	0,0	0,0
CO3	4,26	4,26	0,015	14,5	30,4
HCO3	385,00	385,00	22,769	659,9	910,8
SO4	1011,00	1011,00	8,423	1762,3	2517,2
Cl	870,00	870,00	28,791	1508,7	2133,8
F	0,00	0,00	0,000	0,0	0,0
NO3	1,00	1,00	0,234	1,7	2,2
PO4	1,00	1,00	0,008	1,7	2,5
OH	0,00	0,00	0,001	0,0	0,0
SiO2	25,00	25,00	0,712	43,4	61,5
B	0,00	0,00	0,000	0,0	0,0
CO2	5,06	5,06	5,06	5,06	5,06
TDS	3396,26	3396,26	91,61	5900,08	8362,33
pH	8,00	8,00	6,85	8,21	8,34

Saturations	Eau brute	Eau alimentation	Concentrat	Limites
CaSO4 / ksp * 100, %	27	27	84	400
SrSO4 / ksp * 100, %	20	20	62	1200
BaSO4 / ksp * 100, %	0	0	0	10000
SiO2 saturation,%	18	18	40	140
CaF2 / ksp * 100, %	0	0	0	50000
Ca3 (PO4) 2 indice de saturation	1,1	1,1	1,9	2,4
CCPP, mg/l	109,28	109,28	467,60	100000
Langelier indice de saturation	1,33	1,33	2,40	2,5
Force ionique	0,07	0,07	0,18	
Pression osmotique, bar	1,9	1,9	4,7	

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 : 1.216.73 %
 Email : imsd-support@hydranauticsprojections.net

www.membranes.com +760-901-2500

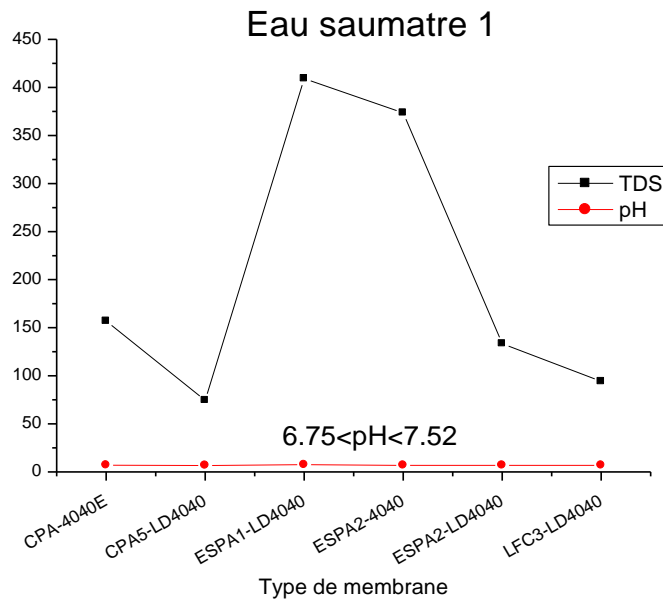


Fig.18 : Taux de sels dissous et pH du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{perméat}=30000m^3/jour$, Taux de conversion=60%)

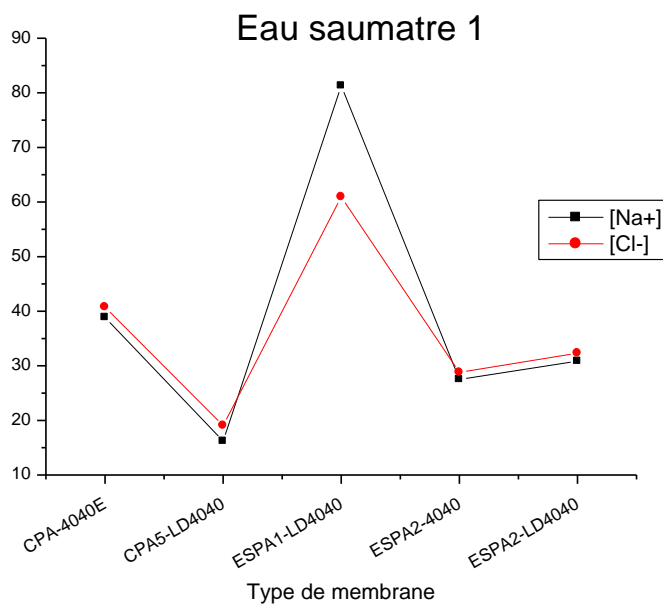


Fig.19 : Concentrations des chlorure [Cl-] et sodium [Na+] du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{perméat}=30000m^3/jour$, Taux de conversion=60%)

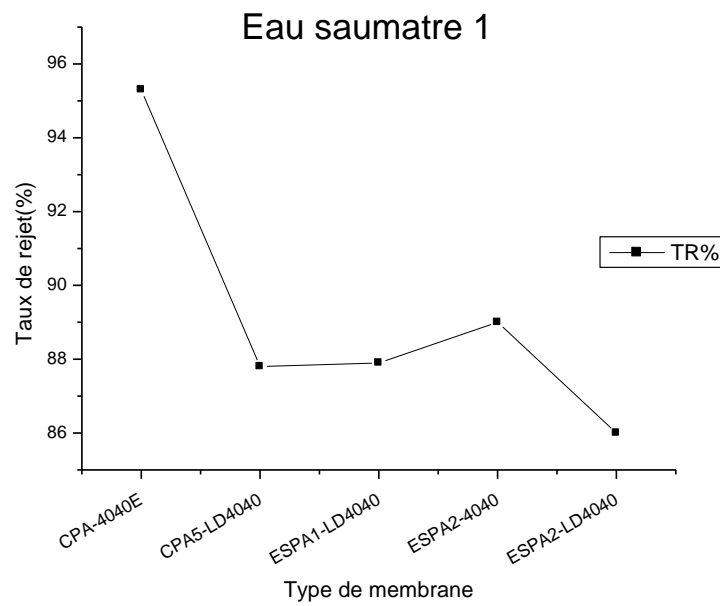


Fig.20 : Taux de rejet (%) du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{\text{perméat}}=30000\text{m}^3/\text{jour}$, Taux de conversion=60%)

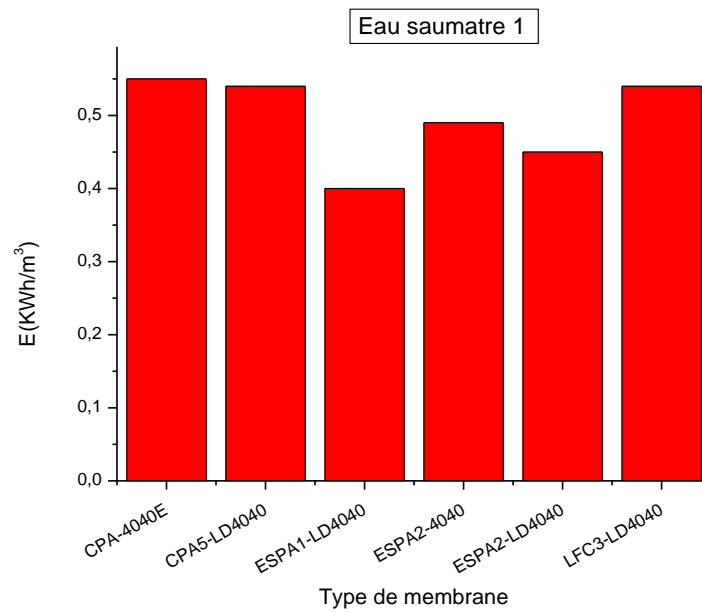


Fig.21 : Energie par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{\text{perméat}}=30000\text{m}^3/\text{jour}$, Taux de conversion=60%)

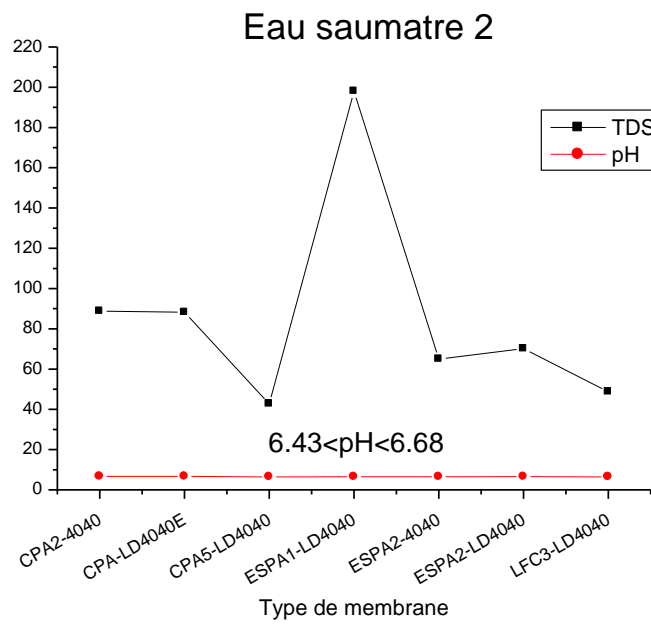


Fig.22 : Taux de sels dissous et pH du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{perméat}=30000m^3/jour$, Taux de conversion=60%)

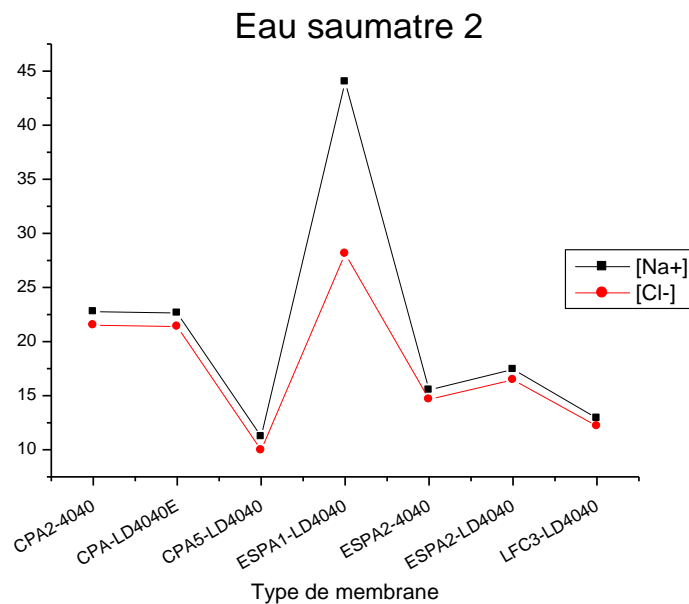


Fig.23 : Concentrations des chlorure [Cl⁻] et sodium [Na⁺] du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{perméat}=30000m^3/jour$, Taux de conversion=60%)

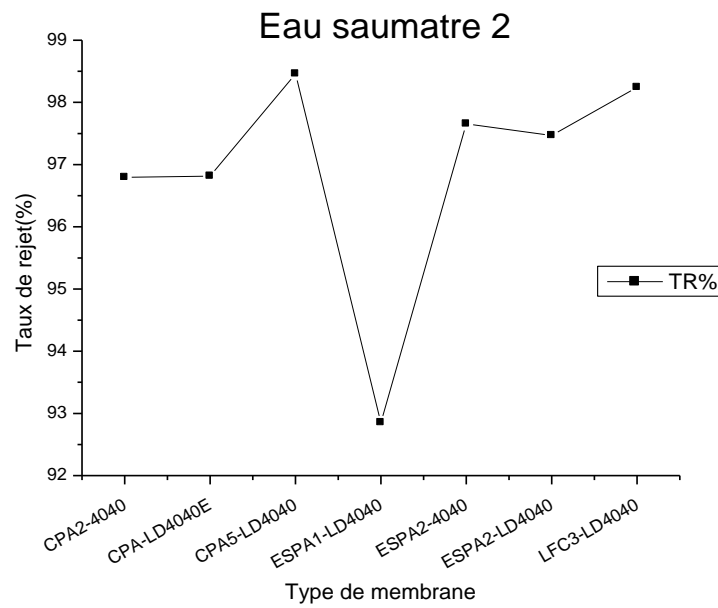


Fig.24 : Taux de rejet (%) du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{perméat}=30000m^3/jour$, Taux de conversion=60%)

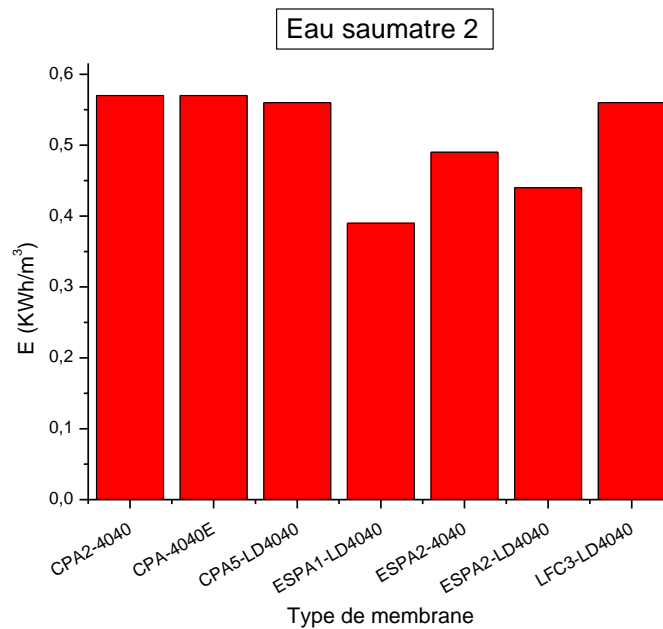


Fig.25 : Energie par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{perméat}=30000m^3/jour$, Taux de conversion=60%)

III.1. Discussion des résultats

Les résultats des simulations par le logiciel IMS de la déminéralisation des eaux de mers et des eaux saumâtres par les membranes d'osmose inverse montre l'effet des propriétés physico chimiques des membranes sur la qualité d'eau produite (TDS et pH) et sur la consommation énergétique.

Il a été constaté aussi que les valeurs des taux de rejets des membranes en ions chlorure et sodium présente des valeurs élevés au-delà de 90%.

Dans ce qui suit, nous allons discuter les différents résultats obtenus pour chaque type d'eau :

III.1.1. Les eaux saumâtres

a. Eau saumâtre 1

Dans la (**Fig.18**), sous les conditions opératoires ($Q_{\text{perméat}}=30000\text{m}^3/\text{jour}$, Taux de conversion=60%) nous avons constaté que les concentrations les plus élevés en sels dissous ayant des valeurs de 475 ppm et 375 ppm dans le perméat filtré respectivement par les membranes de type **ESPA1-LD4040** et **ESPA2-4040**

Nous avons constaté aussi que le perméat filtré par les autres membranes donne des valeurs de TDS inférieur à 150ppm, c'est le cas pour la membrane **CPA-4040E** ; la valeur de TDS la plus faible de 75ppm du perméat filtré par les membranes **CPA5-LD4040** et **LFC3-LD4040**

Les valeurs de pH pour les différentes solutions de perméat se situent dans la zone de neutralité située entre 6.75 à 7.52.

En ce qui concerne les concentrations des ions chlorures et sodium dans les solutions filtré par la membrane **ESPA1-LD4040**, il a été constaté que les valeurs les plus élevés se situe à 65 ppm pour Cl^- et 85 ppm pour l'ion Na^+

Pour les autres types de membranes, les valeurs des concentrations en ions Cl^- et Na^+ les plus faible dans les solutions filtrés se situe au-dessous de 40 ppm avec la valeur la plus faible de 15 ppm de l'échantillon filtré par la membrane **CPA5-LD4040**

Avec l'utilisation de la membrane **ESPA1-LD4040**, nous avons constaté que La consommation énergétique est la plus faible de l'ordre de $0.4 \text{ KWh}/\text{m}^3$ par rapport aux autres types de membranes voir (**Fig.21**).

a. Eau saumâtre 2

Les mêmes observations ont été constaté pour l'eau saumâtre 2 avec des valeurs de pH pour les différents solutions de perméat se situe dans la zone de neutralité situé entre 6.43 à 6,68.

Integrated Membranes Solutions Design Software, 2016

Créé le : 11/05/2017 08:06:48



Conception de base

page : 1/3

Nom du projet	eau de mer mediteranean1		
Calculé par	ims design	Permeate flow/train	100000,0 m3/d
Débit Pompe HP	8332,45 m3/h	écoulement de l'eau brute / train	200000,0 m3/d
Pression alimentation	58,6 bar	Taux de conversion perméat	50,00 %
Température alimentation	25,0 °C(77,0°F)	Age élément	0,0 années
pH eau alimentation	7,00	Déclin du flux %, par an	5,0
Dosage produit chimique,mg/l, -	None	Coefficient de colmatage	1,00 %
Energie spécifique	4,26 kwh/m3	Perte de flux par an,%	7,0 %
NDP pass	17,2 bar		
Flux moyen	17,0 lmh		

Type alimentation Eau saumâtre de forage faible colmatage

Pass - Etage	Perm.	Débit / Tube Aliment	Flux	DP	Flux max	Bêta	pression par étage	Perm.	Elément	Elément	PV# x Elem #			
		Conc	lmh	bar	lmh				Type	Quantité				
	m3/h	m3/h					bar	bar						
1-1	4164,2	8,3	4,2	17	0,9	43,8	1,09	0	0	57,6	331,4	SWC6 MAX	5994	999 x 6M

Ion (mg/l)	Eau brute	Eau alimentation	imprégner l'eau	Concentrat-1
Dureté, CaCO3	6807,50	6807,50	14,436	13594,1
Ca	423,00	423,00	0,897	844,7
Mg	1403,00	1403,00	2,975	2801,7
Na	11800,00	11800,00	119,815	23469,0
K	463,00	463,00	5,872	919,7
NH4	0,00	0,00	0,000	0,0
Ba	0,000	0,000	0,000	0,0
Sr	0,000	0,000	0,000	0,0
H	0,00	0,00	0,004	0,0
CO3	0,00	0,00	0,000	0,0
HCO3	0,10	0,10	0,002	0,2
SO4	2649,00	2649,00	6,126	5289,3
Cl	21200,00	21200,00	195,704	42184,2
F	0,00	0,00	0,000	0,0
NO3	0,00	0,00	0,000	0,0
PO4	0,00	0,00	0,000	0,0
OH	0,00	0,00	0,000	0,0
SiO2	0,00	0,00	0,000	0,0
B	0,00	0,00	0,000	0,0
CO2	0,01	0,01	0,01	0,01
TDS	37938,10	37938,10	331,39	75508,80
pH	7,00	7,00	5,38	7,27

Saturations	Eau brute	Eau alimentation	Concentrat	Limites
CaSO4 / ksp * 100, %	20	20	48	400
SrSO4 / ksp * 100, %	0	0	0	1200
BaSO4 / ksp * 100, %	0	0	0	10000
SiO2 saturation,%	0	0	0	140
CaF2 / ksp * 100, %	0	0	0	50000
Ca3 (PO4) 2 indice de saturation	0,0	0,0	0,0	2,4
CCPP, mg/l	-0,11	-0,11	-0,10	100000
Force ionique	0,75	0,75	1,50	
Pression osmotique, bar	27,9	27,9	55,6	

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 : 1.216.73 %
 Email : imsd-support@hydranauticsprojections.net

www.membranes.com +760-901-2500

Integrated Membranes Solutions Design Software, 2016

Créé le : 11/05/2017 08:15:07



Conception de base

Nom du projet	eau de mer mediteranean1			page : 1/3
Calculé par	ims design		Permeate flow/train	100000,0 m3/d
Débit Pompe HP		8332,45 m3/h	écoulement de l'eau brute / train	200000,0 m3/d
Pression alimentation		58,8 bar	Taux de conversion perméat	50,00 %
Température alimentation		25,0 °C(77,0°F)	Age élément	0,0 années
pH eau alimentation		7,00	Déclin du flux %, par an	5,0
Dosage produit chimique,mg/l, -		None	Coefficient de colmatage	1,00 %
Energie spécifique		4,28 kwh/m3	Perte de flux par an,%	7,0 %
NDP pass		17,8 bar		
Flux moyen		18,7 l/mh		

Type alimentation Eau saumâtre de forage faible colmatage

Pass - Etage	Perm. Débit m3/h	Alimentation Conc m3/h	Tube Conc m3/h	Flux l/mh	DP bar	Flux max l/mh	Bêta	pression par étage Perm. bar	Boost bar	Conc bar	Perm. TDS mg/l	Elément Type	Elément Quantité	PV# x Elem #
1-1	4162,4	8,3	4,2	18,7	0,5	45,3	1,08	0	0	58,3	300,4	SWC6-LD	5994	999 x 6M

Ion (mg/l)	Eau brute	Eau alimentation	imprégner l'eau	Concentrat-1
Dureté, CaCO3	6807,50	6807,50	13,081	13589,4
Ca	423,00	423,00	0,813	844,4
Mg	1403,00	1403,00	2,696	2800,7
Na	11800,00	11800,00	108,594	23469,9
K	463,00	463,00	5,322	919,8
NH4	0,00	0,00	0,000	0,0
Ba	0,000	0,000	0,000	0,0
Sr	0,000	0,000	0,000	0,0
H	0,00	0,00	0,005	0,0
CO3	0,00	0,00	0,000	0,0
HCO3	0,10	0,10	0,002	0,2
SO4	2649,00	2649,00	5,552	5287,6
Cl	21200,00	21200,00	177,375	42184,0
F	0,00	0,00	0,000	0,0
NO3	0,00	0,00	0,000	0,0
PO4	0,00	0,00	0,000	0,0
OH	0,00	0,00	0,000	0,0
SiO2	0,00	0,00	0,000	0,0
B	0,00	0,00	0,000	0,0
CO2	0,01	0,01	0,01	0,01
TDS	37938,10	37938,10	300,36	75506,61
pH	7,00	7,00	5,34	7,27

Saturations	Eau brute	Eau alimentation	Concentrat	Limites
CaSO4 / ksp * 100, %	20	20	48	400
SrSO4 / ksp * 100, %	0	0	0	1200
BaSO4 / ksp * 100, %	0	0	0	10000
SiO2 saturation,%	0	0	0	140
CaF2 / ksp * 100, %	0	0	0	50000
Ca3 (PO4) 2 indice de saturation	0,0	0,0	0,0	2,4
CCPP, mg/l	-0,11	-0,11	-0,10	100000
Force ionique	0,75	0,75	1,50	
Pression osmotique, bar	27,9	27,9	55,6	

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 : 1.216.73 %
 Email : imsd-support@hydranauticsprojections.net

www.membranes.com +760-901-2500

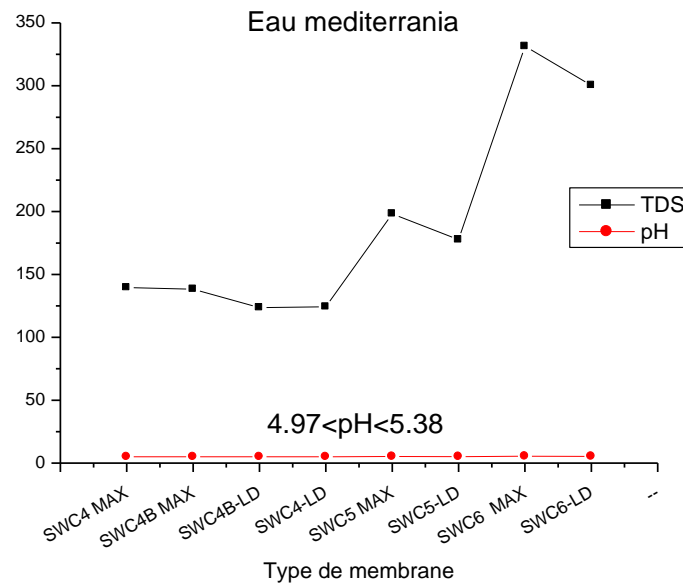


Fig.26 : Taux de sels dissous et pH du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{perméat}=100000m^3/jour$, Taux de conversion=50%)

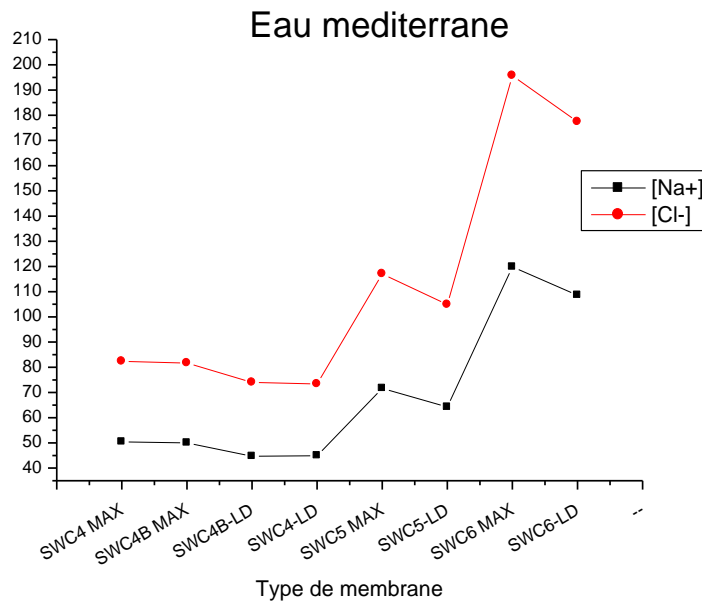


Fig.27 : Concentrations de chlorure [Cl-] et sodium [Na+] du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{perméat}=100000m^3/jour$, Taux de conversion=50%)

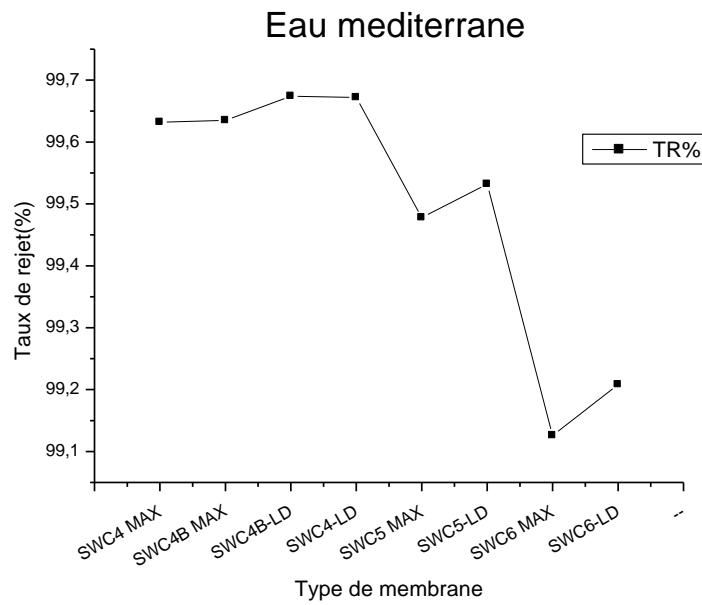


Fig.28 : Taux de rejet (%) du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{perméat}=100000m^3/jour$, Taux de conversion=50%)

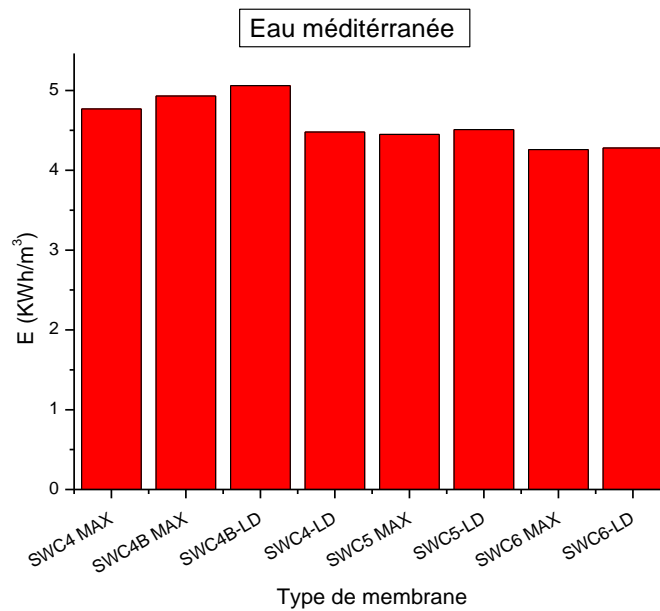


Fig.29 : Energie produite par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{perméat}=100000m^3/jour$, Taux de conversion=60%)

III.1.2. Les eaux de mer

a. Méditerranée orientale

Dans la (**Fig.26**), sous les conditions ($Q_{\text{perméat}}=100000 \text{ m}^3/\text{jour}$, Taux de conversion=50%) nous avons constaté que les concentrations les plus élevés en sels dissous ayant des valeurs de 325 ppm et 275 ppm dans le perméat filtré respectivement par les membranes de type **SWC6 Max** et **SWC6 LD**.

Les valeurs de TDS le plus faible est de 150 ppm pour les eaux filtrés (perméat) membranes de types **SWC4 Max**, **SWC4B Max**, **SWC4B-LD** et **SWC4-LD**

Les valeurs de pH pour les différentes solutions de perméat présentent une légère acidité située entre 4,97 à 5,38.

En ce qui concerne les concentrations des ions chlorures et sodium dans les solutions filtrées par la membrane **SWC6 max**, il a été constaté que les valeurs les plus élevés se situent à 200 ppm pour les ions Cl^- et 120 ppm pour les ions Na^+ .

Pour les membranes de types **SWC4 Max**, **SWC4B Max**, **SWC4B-LD** et **SWC4-LD**, les valeurs des concentrations en ions Cl^- et Na^+ les plus faibles dans les solutions filtrées se situent aux environs de 50 ppm.

Avec l'utilisation des membranes **SWC6 Max** et **SWC6-LD**, nous avons constaté que la consommation énergétique est la plus faible de l'ordre de 4 KWh/m³ par rapport aux autres types de membranes voir (**Fig.29**).

Les mêmes résultats ont été obtenus avec les autres types d'eau de mers (Mer normale, Golfe arabe et Mer rouge)

Eau de mer normale

Integrated Membranes Solutions Design Software, 2016

Créé le : 12/05/2017 07:21:15



Conception de base

Nom du projet	Normal Seawater			page : 1/3
Calculé par	imsdesign	Permeate flow/train		100000,0 m3/d
Débit Pompe HP	8332,45 m3/h	écoulement de l'eau brute / train		200000,0 m3/d
Pression alimentation	52,9 bar	Taux de conversion perméat		50,00 %
Température alimentation	25,0 °C(77,0°F)	Age élément		0,0 années
pH eau alimentation	7,00	Déclin du flux %, par an		5,0
Dosage produit chimique,mg/l, -	None	Coefficient de colmatage		1,00 %
Energie spécifique	3,85 kwh/m3	Perte de flux par an,%		7,0 %
NDP pass	15,7 bar			
Flux moyen	17,0 lmh			

Type alimentation Eau saumâtre de forage faible colmatage

Pass - Etage	Perm. Débit	Tube Aliment	Flux	DP	Flux max	Bêta	pression par étage	Perm.	Elément	Elément	PV# x Elem #			
	m3/h	m3/h	lmh	bar	lmh		Perm. Boost Conc	TDS	Type	Quantité				
							bar bar bar	mg/l						
1-1	4164,3	8,3	4,2	17	0,9	41,9	1,08	0	0	51,9	296,9	SWC6 MAX	5994	999 x 6M

Ion (mg/l)	Eau brute	Eau alimentation	imprégner l'eau	Concentrat-1
Dureté, CaCO3	6172,13	6172,13	13,085	12325,5
Ca	400,00	400,00	0,848	798,8
Mg	1262,00	1262,00	2,675	2520,2
Na	10556,00	10556,00	107,150	20995,2
K	380,00	380,00	4,818	754,8
NH4	0,00	0,00	0,000	0,0
Ba	0,000	0,000	0,000	0,0
Sr	13,000	13,000	0,028	26,0
H	0,00	0,00	0,004	0,0
CO3	0,38	0,38	0,000	1,8
HCO3	140,00	140,00	2,292	276,6
SO4	2649,00	2649,00	6,048	5289,5
Cl	18980,00	18980,00	172,985	37769,7
F	1,00	1,00	0,018	2,0
NO3	0,00	0,00	0,000	0,0
PO4	0,00	0,00	0,000	0,0
OH	0,00	0,00	0,000	0,0
SiO2	0,00	0,00	0,000	0,0
B	0,00	0,00	0,000	0,0
CO2	14,61	14,61	14,61	14,61
TDS	34381,38	34381,38	296,87	68434,56
pH	7,00	7,00	5,37	7,27

Saturations	Eau brute	Eau alimentation	Concentrat	Limites
CaSO4 / ksp * 100, %	20	20	48	400
SrSO4 / ksp * 100, %	41	41	98	1200
BaSO4 / ksp * 100, %	0	0	0	10000
SiO2 saturation,%	0	0	0	140
CaF2 / ksp * 100, %	17	17	212	50000
Ca3 (PO4) 2 indice de saturation	0,0	0,0	0,0	2,4
CCPP, mg/l	9,16	9,16	102,11	100000
Force ionique	0,68	0,68	1,36	
Pression osmotique, bar	25,1	25,1	50,0	

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 : 1.216.73 %
 Email : imsd-support@hydranauticsprojections.net

www.membranes.com +760-901-2500

Integrated Membranes Solutions Design Software, 2016

Créé le : 12/05/2017 07:41:36



Conception de base

page : 1/3

Nom du projet	Normal Seawater		
Calculé par	imsdesign	Permeate flow/train	100000,0 m3/d
Débit Pompe HP	8332,45 m3/h	écoulement de l'eau brute / train	200000,0 m3/d
Pression alimentation	53,1 bar	Taux de conversion perméat	50,00 %
Température alimentation	25,0 °C(77,0°F)	Age élément	0,0 années
pH eau alimentation	7,00	Déclin du flux %, par an	5,0
Dosage produit chimique,mg/l, -	None	Coefficient de colmatage	1,00 %
Energie spécifique	3,86 kwh/m3	Perte de flux par an,%	7,0 %
NDP pass	16,3 bar		
Flux moyen	18,7 lmh		

Type alimentation Eau saumâtre de forage faible colmatage

Pass -	Perm.	Débit / Tube	Flux	DP	Flux	Bêta	pression par étage	Perm.	Elément	Elément	PV# x			
Etage	Débit	Alimentation	Conc		max		Perm.	Boost	Conc	TDS	Type	Quantité		
	m3/h	m3/h	m3/h	lmh	bar	lmh	bar	bar	bar	mg/l		Elem #		
1-1	4162,4	8,3	4,2	18,7	0,5	43,5	1,08	0	0	52,6	269	SWC6-LD	5994	999 x 6M

Ion (mg/l)	Eau brute	Eau alimentation	imprégner l'eau	Concentrat-1
Dureté, CaCO3	6172,13	6172,13	11,856	12321,2
Ca	400,00	400,00	0,768	798,5
Mg	1262,00	1262,00	2,424	2519,3
Na	10556,00	10556,00	97,108	20995,9
K	380,00	380,00	4,367	755,0
NH4	0,00	0,00	0,000	0,0
Ba	0,000	0,000	0,000	0,0
Sr	13,000	13,000	0,025	26,0
H	0,00	0,00	0,005	0,0
CO3	0,38	0,38	0,000	1,8
HCO3	140,00	140,00	2,077	276,9
SO4	2649,00	2649,00	5,481	5287,7
Cl	18980,00	18980,00	156,773	37769,0
F	1,00	1,00	0,016	2,0
NO3	0,00	0,00	0,000	0,0
PO4	0,00	0,00	0,000	0,0
OH	0,00	0,00	0,000	0,0
SiO2	0,00	0,00	0,000	0,0
B	0,00	0,00	0,000	0,0
CO2	14,61	14,61	14,61	14,61
TDS	34381,38	34381,38	269,04	68431,91
pH	7,00	7,00	5,33	7,27

Saturations	Eau brute	Eau alimentation	Concentrat	Limites
CaSO4 / ksp * 100, %	20	20	48	400
SrSO4 / ksp * 100, %	41	41	98	1200
BaSO4 / ksp * 100, %	0	0	0	10000
SiO2 saturation,%	0	0	0	140
CaF2 / ksp * 100, %	17	17	212	50000
Ca3 (PO4) 2 indice de saturation	0,0	0,0	0,0	2,4
CCPP, mg/l	9,16	9,16	102,21	100000
Force ionique	0,68	0,68	1,36	
Pression osmotique, bar	25,1	25,1	50,0	

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 : 1.216.73 %
 Email : imsd-support@hydranauticsprojections.net www.membranes.com +760-901-2500

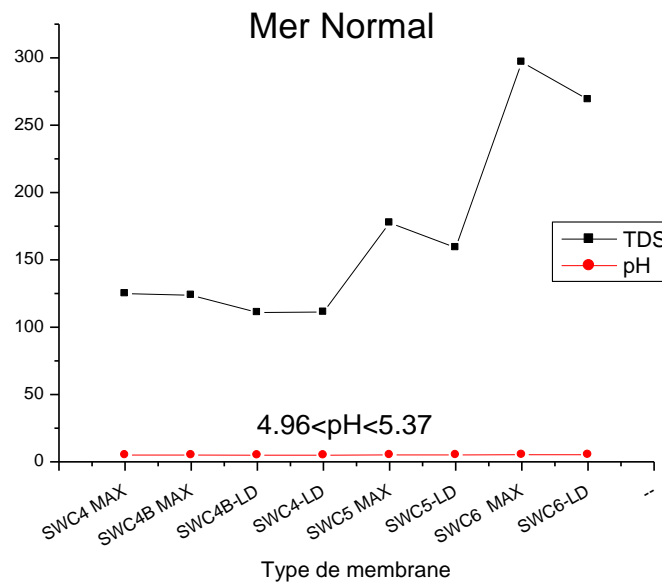


Fig.30 : Taux de sels dissous et pH du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{perméat}=100000m^3/jour$, Taux de conversion=50%)

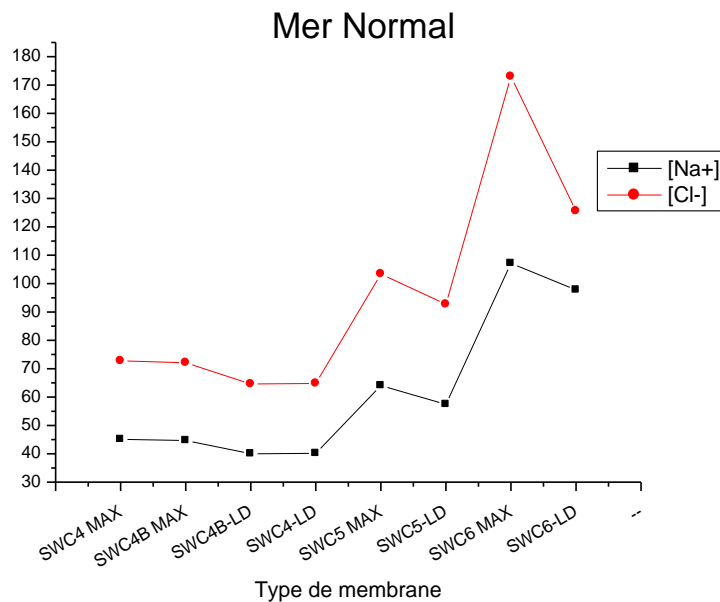


Fig.31 : Concentrations des chlorure [Cl-] et sodium [Na+] du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{perméat}=100000m^3/jour$, Taux de conversion=50%)

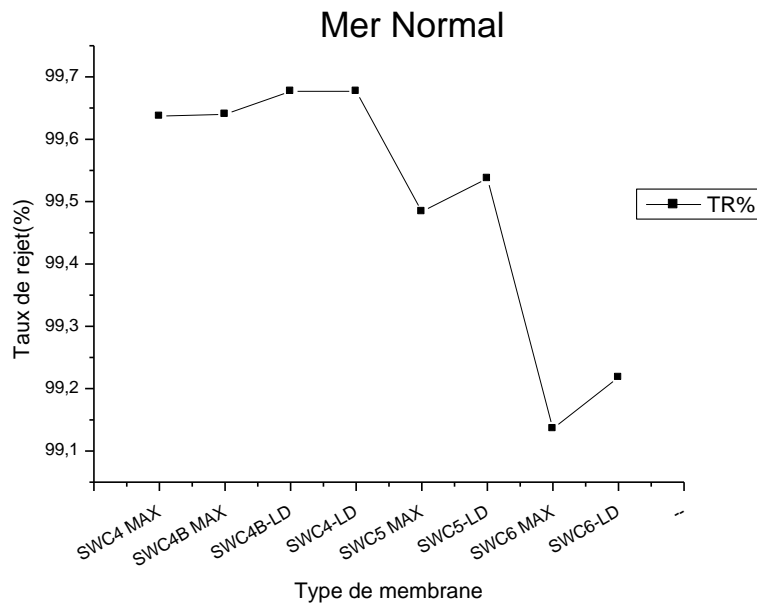


Fig.32 : Taux de rejet (%) du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{perméat}=100000m^3/jour$, Taux de conversion=50%)

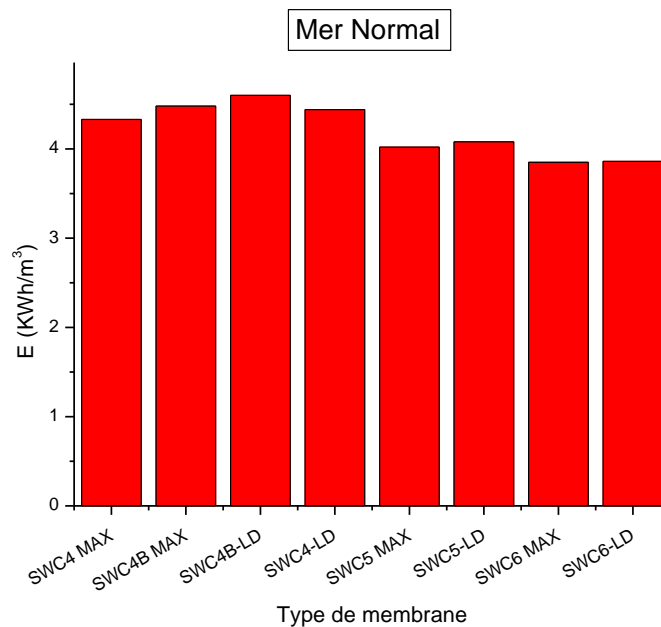


Fig.33 : Energie produite par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{perméat}=100000m^3/jour$, Taux de conversion=60%)

Integrated Membranes Solutions Design Software, 2016

Créé le : 13/05/2017 12:09:40



Conception de base

page : 1/3

Nom du projet	Arabin Gulf			
Calculé par	imsdesign			
Débit Pompe HP	8332,45 m3/h	Permeate flow/train	100000,0 m3/d	
Pression alimentation	58,9 bar	écoulement de l'eau brute / train	200000,0 m3/d	
Température alimentation	25,0 °C(77,0°F)	Taux de conversion perméat	50,00 %	
pH eau alimentation	7,00	Age élément	0,0 années	
Dosage produit chimique,mg/l, -	None	Déclin du flux %, par an	5,0	
Energie spécifique	4,29 kwh/m3	Coefficient de colmatage	1,00 %	
NDP pass	17,9 bar	Perte de flux par an,%	7,0 %	
Flux moyen	18,7 lmh			

Type alimentation Eau saumâtre de forage faible colmatage

Pass -	Perm.	Débit / Tube	Flux	DP	Flux	Bêta	pression par étage			Perm.	Elément	Elément	PV# x
Etage	Débit	Alimentation	Conc		max		Perm.	Boost	Conc	TDS	Type	Quantité	Elem #
	m3/h	m3/h	m3/h	lmh	bar	lmh	bar	bar	bar	mg/l			
1-1	4162,4	8,3	4,2	18,7	0,5	45,5	1,08	0	0	58,4	300,9	SWC6-LD	5994 999 x 6M

Ion (mg/l)	Eau brute	Eau alimentation	imprégner l'eau	Concentrat-1
Dureté, CaCO3	6807,50	6807,50	13,099	13589,4
Ca	423,00	423,00	0,814	844,4
Mg	1403,00	1403,00	2,700	2800,7
Na	11800,00	11800,00	108,739	23469,7
K	463,00	463,00	5,329	919,8
NH4	0,00	0,00	0,000	0,0
Ba	0,000	0,000	0,000	0,0
Sr	0,000	0,000	0,000	0,0
H	0,00	0,00	0,005	0,0
CO3	0,00	0,00	0,000	0,0
HCO3	0,10	0,10	0,002	0,2
SO4	2950,00	2950,00	6,175	5888,4
Cl	21200,00	21200,00	177,157	42184,2
F	0,00	0,00	0,000	0,0
NO3	0,00	0,00	0,000	0,0
PO4	0,00	0,00	0,000	0,0
OH	0,00	0,00	0,000	0,0
SiO2	0,00	0,00	0,000	0,0
B	0,00	0,00	0,000	0,0
CO2	0,01	0,01	0,01	0,01
TDS	38239,10	38239,10	300,92	76107,47
pH	7,00	7,00	5,34	7,27

Saturations	Eau brute	Eau alimentation	Concentrat	Limites
CaSO4 / ksp * 100, %	22	22	53	400
SrSO4 / ksp * 100, %	0	0	0	1200
BaSO4 / ksp * 100, %	0	0	0	10000
SiO2 saturation,%	0	0	0	140
CaF2 / ksp * 100, %	0	0	0	50000
Ca3 (PO4) 2 indice de saturation	0,0	0,0	0,0	2,4
CCPP, mg/l	-0,11	-0,11	-0,10	100000
Force ionique	0,76	0,76	1,51	
Pression osmotique, bar	28,0	28,0	55,7	

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 : 1.216.73 %
 Email : imsd-support@hydranauticsprojections.net

www.membranes.com +760-901-2500

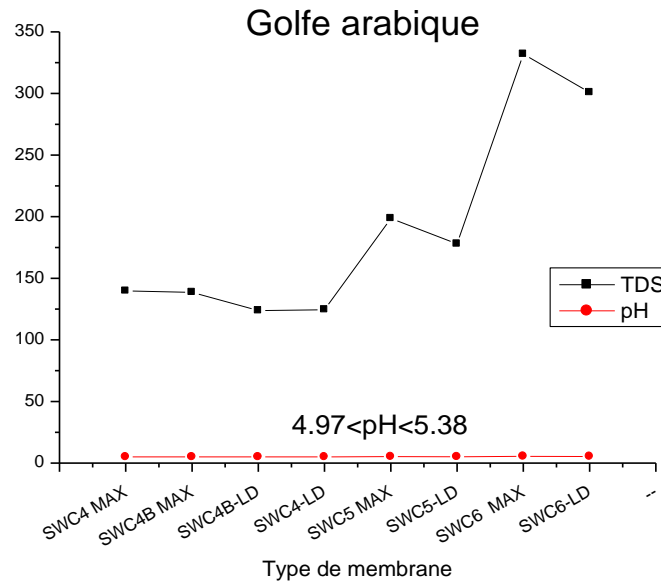


Fig.34 : Taux de sels dissous et pH du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{perméat}=100000m^3/jour$, Taux de conversion=50%)

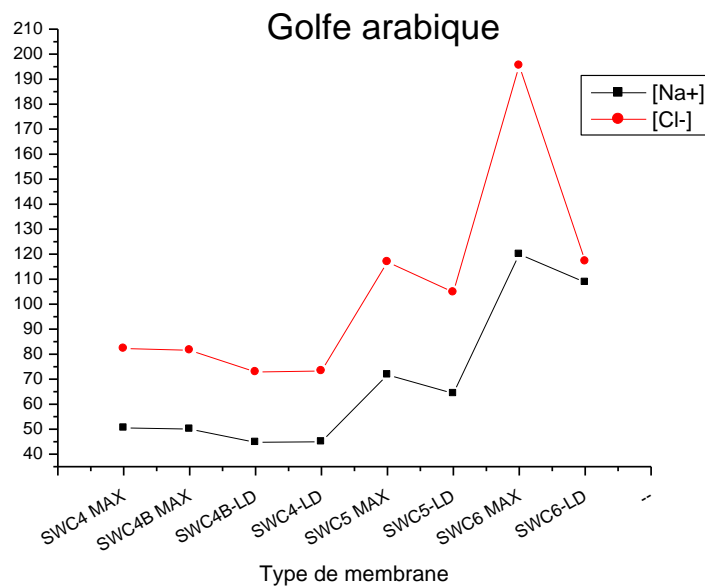


Fig.35 : Concentrations des chlorure [Cl⁻] et sodium [Na⁺] du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{perméat}=100000m^3/jour$, Taux de conversion=50%)

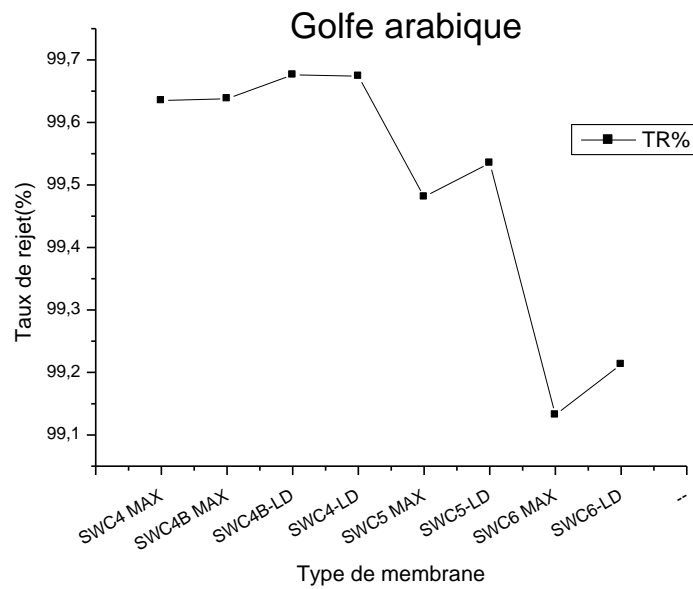


Fig.36 : Taux de rejet (%) du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{perméat}=100000m^3/jour$, Taux de conversion=50%)

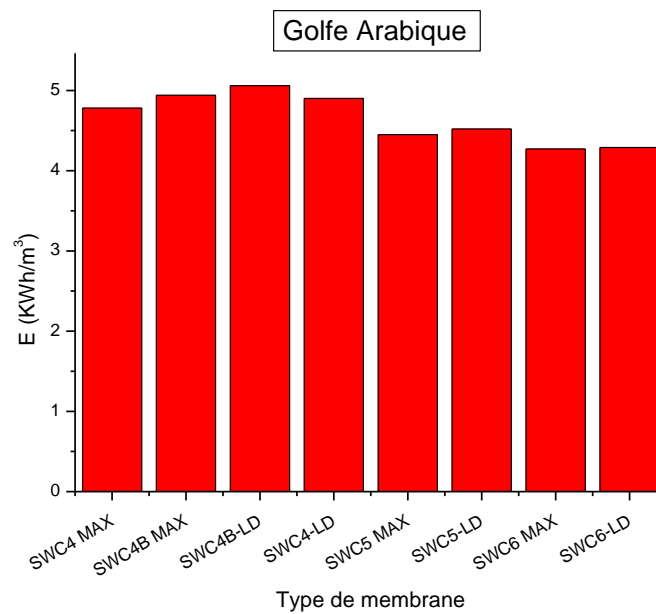


Fig.37 : Energie produite par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{perméat}=100000m^3/jour$, Taux de conversion=60%)

Mer Rouge À Djeddah

Integrated Membranes Solutions Design Software, 2016

Créé le : 11/05/2017 04:44:41



Conception de base

Nom du projet	Red sea Jeddah			page : 1/3
Calculé par	imsdesign		Permeate flow/train	100000,0 m3/d
Débit Pompe HP		8332,45 m3/h	écoulement de l'eau brute / train	200000,0 m3/d
Pression alimentation		66,3 bar	Taux de conversion perméat	50,00 %
Température alimentation		25,0 °C(77,0°F)	Age élément	0,0 années
pH eau alimentation		7,00	Déclin du flux %, par an	5,0
Dosage produit chimique,mg/l, -		None	Coefficient de colmatage	1,00 %
Energie spécifique		4,82 kwh/m3	Perte de flux par an,%	7,0 %
NDP pass		21,6 bar		
Flux moyen		17,0 l/mh		

Type alimentation Eau saumâtre de forage faible colmatage

Pass - Etage	Perm. Débit	Aliment / Tube	Flux	DP	Flux	Bêta	pression par étage	Perm.	Elément	Elément	PV# x			
	Débit	ation			max		Boost	Boost	Type	Quantité	Elem #			
	m3/h	m3/h	lmh	bar	lmh		bar	bar						
1-1	4163,9	8,3	4,2	17	1	39	1,08	0	0	65,3	221,4	SWC5 MAX	5994	999 x 6M

Ion (mg/l)	Eau brute	Eau alimentation	imprégner l'eau	Concentrat-1
Dureté, CaCO3	3603,48	3603,48	4,406	7198,5
Ca	225,00	225,00	0,275	449,5
Mg	742,00	742,00	0,907	1482,3
Na	14255,00	14255,00	83,550	28410,7
K	210,00	210,00	1,538	418,2
NH4	0,00	0,00	0,000	0,0
Ba	0,000	0,000	0,000	0,0
Sr	0,000	0,000	0,000	0,0
H	0,00	0,00	0,007	0,0
CO3	0,41	0,41	0,000	2,0
HCO3	146,00	146,00	1,525	289,3
SO4	3078,00	3078,00	4,477	6148,1
Cl	22219,00	22219,00	129,101	44284,3
F	0,00	0,00	0,000	0,0
NO3	0,00	0,00	0,000	0,0
PO4	0,00	0,00	0,000	0,0
OH	0,00	0,00	0,000	0,0
SiO2	0,00	0,00	0,000	0,0
B	0,00	0,00	0,000	0,0
CO2	15,06	15,06	15,06	15,06
TDS	40875,41	40875,41	221,38	81484,27
pH	7,00	7,00	5,19	7,27

Saturations	Eau brute	Eau alimentation	Concentrat	Limites
CaSO4 / ksp * 100, %	12	12	29	400
SrSO4 / ksp * 100, %	0	0	0	1200
BaSO4 / ksp * 100, %	0	0	0	10000
SiO2 saturation,%	0	0	0	140
CaF2 / ksp * 100, %	0	0	0	50000
Ca3 (PO4) 2 indice de saturation	0,0	0,0	0,0	2,4
CCPP, mg/l	-4,80	-4,80	80,25	100000
Force ionique	0,76	0,76	1,52	
Pression osmotique, bar	30,4	30,4	60,5	

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 : 1.216.73 %
 Email : imsd-support@hydranauticsprojections.net

www.membranes.com +760-901-2500

Conception de base

page : 1/3

Nom du projet	Red sea Jeddah												
Calculé par	imsdesign												
Débit Pompe HP		8332,45	m3/h										100000,0
Pression alimentation		63,6	bar										200000,0
Température alimentation		25,0	°C(77,0°F)										50,00
pH eau alimentation		7,00											0,0
Dosage produit chimique,mg/l, -		None											5,0
Energie spécifique		4,63	kwh/m3										1,00
NDP pass		18,6	bar										7,0
Flux moyen		17,0	lmh										

Type alimentation Eau saumâtre de forage faible colmatage

Pass - Etage	Perm.	Débit / Tube Aliment	Flux	DP	Flux max	Bêta	pression par étage	Perm.	Boost	Conc	Perm.	Elément	Elément	PV# x Elem #
		m3/h	lmh	bar	lmh		bar	bar	bar	bar	TDS mg/l	Type	Quantité	
1-1	4164,2	8,3	4,2	17	0,9	45,2	1,09	0	0	62,7	370	SWC6 MAX	5994	999 x 6M

Ion (mg/l)	Eau brute	Eau alimentation	imprégner l'eau	Concentrat-1
Dureté, CaCO3	3603,48	3603,48	7,371	7196,1
Ca	225,00	225,00	0,460	449,3
Mg	742,00	742,00	1,518	1481,8
Na	14255,00	14255,00	139,627	28356,7
K	210,00	210,00	2,569	417,2
NH4	0,00	0,00	0,000	0,0
Ba	0,000	0,000	0,000	0,0
Sr	0,000	0,000	0,000	0,0
H	0,00	0,00	0,004	0,0
CO3	0,41	0,41	0,000	2,0
HCO3	146,00	146,00	2,546	288,3
SO4	3078,00	3078,00	7,489	6145,5
Cl	22219,00	22219,00	215,752	44200,9
F	0,00	0,00	0,000	0,0
NO3	0,00	0,00	0,000	0,0
PO4	0,00	0,00	0,000	0,0
OH	0,00	0,00	0,000	0,0
SiO2	0,00	0,00	0,000	0,0
B	0,00	0,00	0,000	0,0
CO2	15,06	15,06	15,06	15,06
TDS	40875,41	40875,41	369,96	81341,76
pH	7,00	7,00	5,40	7,27

Saturations	Eau brute	Eau alimentation	Concentrat	Limites
CaSO4 / ksp * 100, %	12	12	29	400
SrSO4 / ksp * 100, %	0	0	0	1200
BaSO4 / ksp * 100, %	0	0	0	10000
SiO2 saturation,%	0	0	0	140
CaF2 / ksp * 100, %	0	0	0	50000
Ca3 (PO4) 2 indice de saturation	0,0	0,0	0,0	2,4
CCPP, mg/l	-4,80	-4,80	79,74	100000
Force ionique	0,76	0,76	1,52	
Pression osmotique, bar	30,4	30,4	60,4	

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 : 1.216.73 %
 Email : msd-support@hydranauticsprojections.net www.membranes.com +760-901-2500

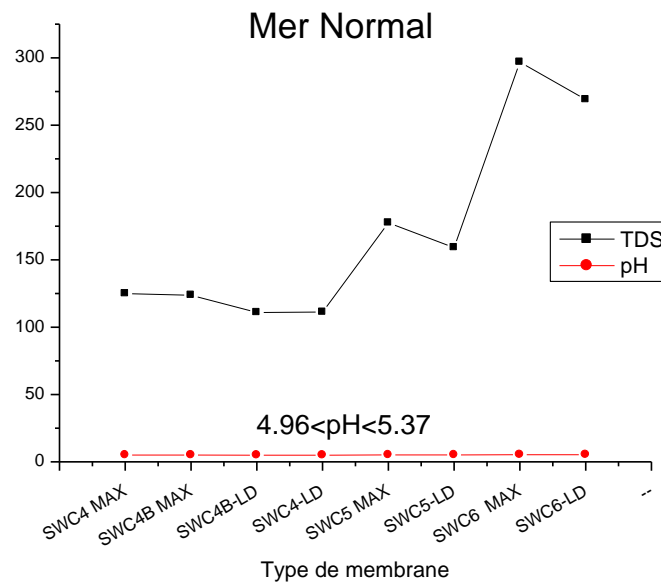


Fig.38 : Taux de sels dissous et pH du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{\text{perméat}}=100000\text{m}^3/\text{jour}$, Taux de conversion=50%)

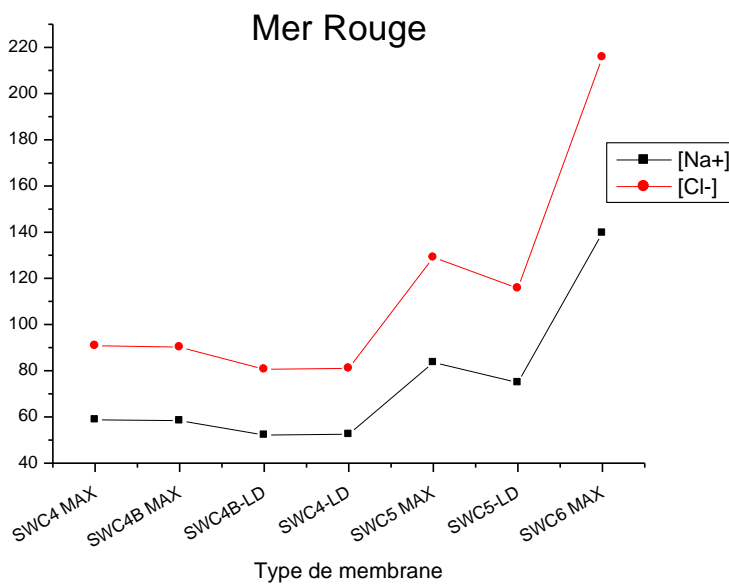


Fig.39 : Concentrations des chlorure [Cl⁻] et sodium [Na⁺] du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{\text{perméat}}=100000\text{m}^3/\text{jour}$, Taux de conversion=50%)

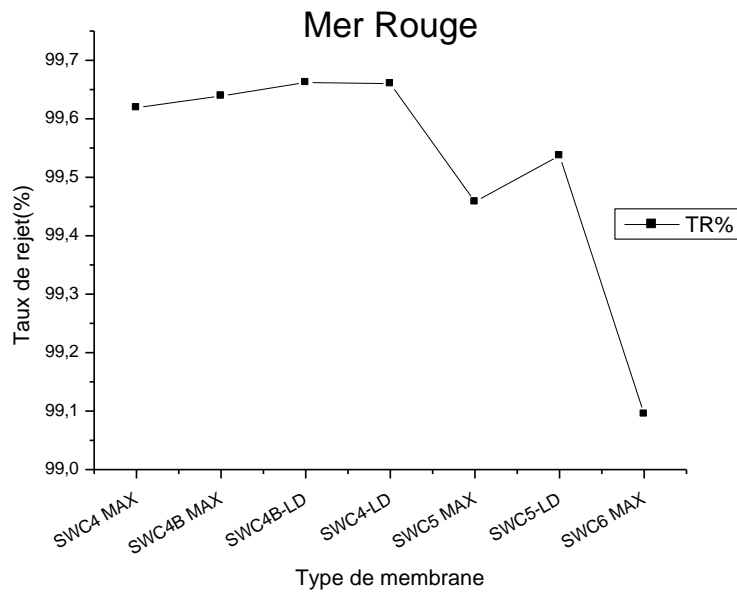


Fig.40 : Taux de rejet (%) du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{perméat}=100000m^3/jour$, Taux de conversion=50%)

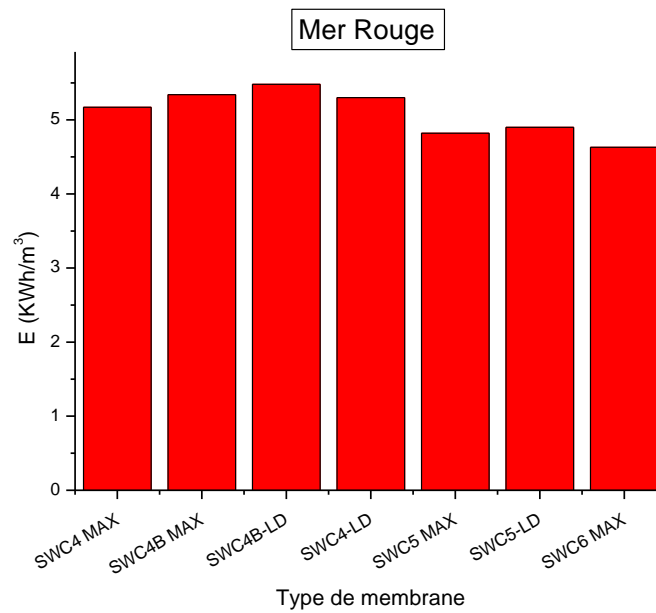


Fig.41 : Energie produite par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{perméat}=100000m^3/jour$, Taux de conversion=60%)

III.2. Interprétation des résultats

Afin d'évaluer la qualité d'eau déminéralisé obtenu pour chaque type de simulation, nous avons établi un tableau pour comparer la composition chimique des eaux filtrés avec les normes de l'organisation mondiale de la santé (OMS) et cela pour montrer les différences qui peuvent exister et le taux de post de traitement nécessaire pour l'adoucissement et la potabilisation de l'eau.

Selon les meilleures résultats obtenus, nous avons établi un tableau qui a nous permettre de comparer la composition chimiques des eaux déminéralisées avec les normes de potabilité. Ce tableau va nous permettre de faire une évaluation des qualités d'eau filtrés qui seront destiné soit pour l'alimentation des eaux des chaudières ou la possibilité de rendre les eaux déminéralisés comme eau potable.

Evaluation des qualités des eaux déminéralisées

Le tableau suivant présente les compositions chimiques du différent type d'eaux déminéralisées et leurs comparaisons avec les normes OMS de potabilité.

Tableau.III.5 : Comparaison entre les compositions des eaux déminéralisées et les normes OMS de potabilité

Paramètres	Les normes OMS	Perméat d'Eau saumâtre 1	Perméat d'Eau saumâtre 2	Perméat d'Eau méditerranéenne	Perméat de la Mer Normal	Perméat du Golfe arabe au Koweït	Perméat de la Mer Rouge
pH	6.91	7.52	7.15	5.38	5.37	5.38	5.40
Cl	495	60.935	28.121	195.704	172.985	195.463	215.752
Na	298.5	81.296	44.01	119.815	107.150	119.974	139.627
K	22	1.214	0	5.872	4.818	5.88	2.569
Ca	172.33	5.992	3.844	0.897	0.848	0.898	0.460
SO ₄	567.33	25.106	15.473	6.126	6.048	6.814	7.489
Mg	63	2.09	1.437	2.975	2.675	2.979	1.518

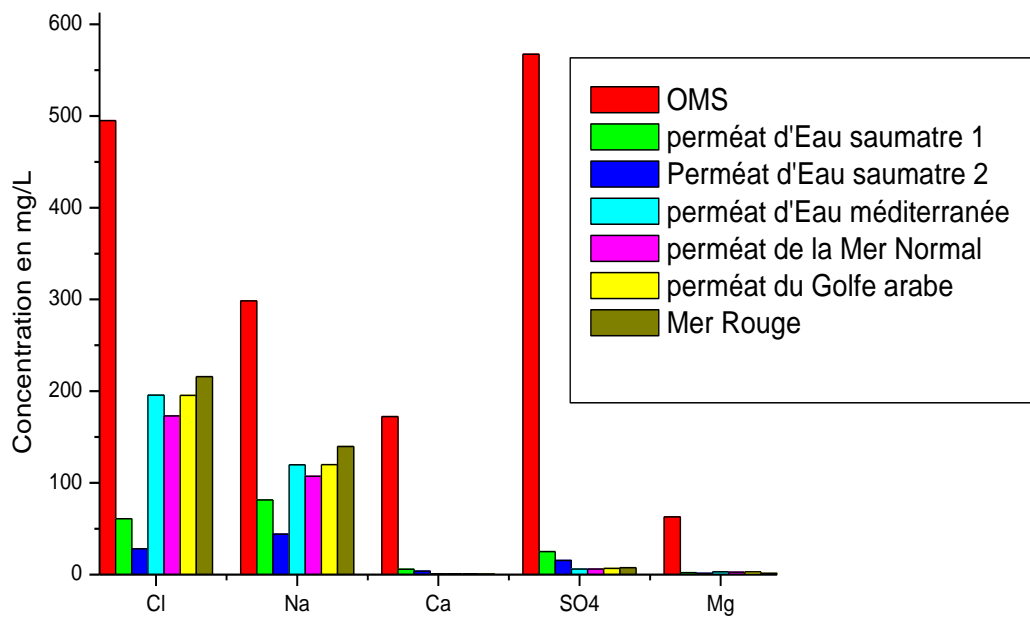


Fig.42 : Comparaison entre la composition chimique des eaux déminéralisées par membranes à partir des eaux de mers et des eaux saumâtres avec les normes OMS.

Les résultats obtenus dans la (fig.42) montrent les différences qui existent entre les eaux déminéralisées des eaux de mers et les eaux saumâtres avec les normes de potabilité des eaux de l’organisation mondiale de la santé.

En générale, les concentrations des ions sont inférieures aux normes OMS.

Il a été constaté que les concentrations des ions chlorures et sodium dans l’eau déminéralisée de la mer rouge représente la moitié des valeurs admissible selon l’OMS : pour les autres éléments les concentrations sont très faibles par rapport aux normes OMS ce qui nécessite un post traitement par l’ajout des sels de calcium et de magnésium

Pour les autres types d’eau de mers, nous avons constaté que l’ordre de grandeur de variation des concentrations en ions chlorure et sodium dépend du type d’eau déminéralisé selon l’ordre suivant :

Perméat golfe arabe, perméat méditerranée suivi de perméat mer normale.

En ce qui concerne ; la filtration des eaux saumâtre par membranes, la concentration des ions chlorure et sodium dans le perméat est de l’ordre 60ppm pour chlorure et 81 ppm pour le sodium supérieur par rapport aux concentrations des ions chlorures et sodium dans l’eau saumâtre 2.

Conclusion et perspectives

Ce travail de recherche représente une vraie contribution dans la comparaison des performances de membranes d'osmose inverse conçu par la société Hydranautics visant à produire de l'eau déminéralisée à partir d'eaux de mers et d'eau saumâtres.

Elle correspond à des enjeux économiques très important liés à la qualité d'eau dans certaines régions du monde, et de l'optimisation de la consommation énergétique dans les stations de dessalement utilisant la technologie d'osmose inverse.

Les résultats de simulation de dimensionnement par le logiciel IMS design, pour les différents types d'eau de mer et d'eaux saumâtres , montrent qu'il est possible de considérer l'eau produite modérément déminéralisée dont la valeur de TDS dépasse 200 ppm ou aussi une eau très déminéralisé qui pourra servir comme eau de chaudières dans les installations utilisant les vapeurs haute pression et basse pression et dont la valeur des concentrations en sels dissous est inférieur à 200 ppm avec un pH neutre.

Car en effet les résultats montrent que les membranes **ESPA1-LD4040**, **ESPA2-4040** peuvent servir comme membranes pour l'obtention d'eau déminéralisée à partir d'eau saumâtre et qui sera destiné pour un post traitement modéré en vue de l'utilisation comme eau potable.

Pour les membranes **SWC6 Max**,**SWC6LD**,ils peuvent servir pour déminéralisé les d'indifférents types d'eau de mer en vue d'obtenir une eau déminéralisées qui nécessite un post traitement modéré.

En ce qui concerne les eaux déminéralisée destiné pour alimenter les chaudières, il a été prouvé que les membranes **CPA4040E**, **CPA5LD-4040**, **LFC3-LD4040** peuvent servir pour obtenir une eau déminéralisée de faible conductivité avec un pH neutre et qui pourra servir comme source d'alimentation des chaudières.

Cependant, il a été constaté que les membranes **SWC4 Max**, **SWC4B Max** **SWC4B-LD**, **SWC4-LD**, **SWC5 Max**, **SWC5-LD** peuvent filtrer les eaux de mers pour obtenir une eau déminéralisée da faible conductivité mais avec pH légèrement acide qui nécessite un traitement basique pour éviter la corrosion des chaudières.

Les résultats de simulation prouvent que les qualités des eaux déminéralisées sont acceptables en comparaison avec les normes OMS de potabilité

Ce mémoire nous a permis de mieux connaitre le procédé de dessalement des eaux de mers et des eaux saumâtres par osmose inverse et surtout dans le dimensionnement des systèmes

membranaires en vue d'obtenir la meilleure configuration possible qui répond au besoin du client

Références bibliographiques

- [1] Michelle et Dominique. (1994). dictionnaire des constantes physique et biologique. Édition maloine, P99.
- [2] Célébration de la décennie internationale d'action : l'eau source de vie. Journée mondiale de l'eau. (2005). Guide de sensibilisation, Rapport de l'OMS.
- [3] Alain Maurel. (2006). Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres. 2^e édition.
- [4] Technique de l'eau, 1978, Mémento Ed. Degremont,
- [5] Rodier, J. 2005, L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 9eme édition, Ed. Dunod. Paris
- [6] Roland (2000), Environnement et santé publique
- [7] Achour S. Moussaoui K. (1993). La chloration des eaux de surface algériennes et son incidence sur la formation de composés organohalogénés. Environment Technology, 14, 885-890.
- [8] Seghairi, N. (1998). Possibilités de rétention des matières organiques par adsorption sur la bentonite. Thèse de Magister en Sciences Hydrauliques. Université de Biskra. 134 p.
- [9] Salah souabi. (2015, Dec). Suivi de la qualité physicochimique de l'eau du fleuve Sénégal : Cas du captage du Beni Nadji alimentant en eau potable les wilayas de Nouakchott. J. Mater. Environ. Sci. 7 (1) (2016) 148-160 Tfeila et al. ISSN : 2028-2508
- [10] Hacene Mahmoudi, Tania Tania, Dimitris Christos Sioutopoulos, Anastasios J. Karabelas, (2004). Brackish water desalination in the Algerian Sahara—Plant design considerations for optimal resource exploitation. Desalination and water treatment,
- [11] A.D. Khawajia, I.K. Kutubkhanaha, J-M. Wieb.(2008). Advances in seawater desalination technologies, Desalination, 221. 47–69
- [12] P. Danis. Dessalement de l'eau de mer. Techniques de l'Ingénieur, J 2700.Juin.
- [13] S. Jariri. (Mars - Juin 2009). Expérience de L'ONEP en matière de dessalement d'eau. Revue HTE N°142.p89.
- [14] A.P. Tamas. (2004). Étude comparée du colmatage en Nano-filtration et en ultrafiltration d'eau de surface. Mémoire de Maîtrise, Université Laval, Canada
- [15] J. Wagner. (2000).Membrane filtration Handbook : Practical Tips and Hints. Edition Osmonics
- [16] R. Audinos.(2000). Membranes semi-perméables : Membranes d'osmose inverse. Techniques de l'Ingénieur. Traité constantes physico-chimiques, p362
- [17] Jean-Pierre Camo. (2010). Buvez vos légumes. Biocontact journal. n°200.

- [18] Aptel, P., Buckley, C. A. (1996), Categories of membrane operations, chapitre 2 du livre Water Treatment Membrane Processes, AWWA-Research Foundation, Lyonnaise des Eaux, Water Research Commission of South Africa, McGraw-Hill, New York, NY
- [19] Buisson H., Lebeau T., Lelivre C., Herremans L. (1998), Les membranes : point sur les évolutions d'un outil incontournable en production d'eau potable, L'eau, l'industrie, les nuisances, p 42-47.
- [20] Dr Mehdi Metaiche., (2014). Technologie membranaire. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées, Université de Bouira.
- [21] Jean-Marc Berland, Catherine Jury. (2002). Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau. Rapport du Ministère de L'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et des affaires rurales.
- [22] Chatkaew Tansakul., (2009), Procédés hybrides à membranes pour le prétraitement d'eau de mer avant dessalement par osmose inverse. Thèse de doctorat. Université Toulouse.
- [23] Triki Zakaria. (2014). Études, Analyses et Optimisation de la Consommation Énergétique des Unités de Dessalement pour les Sites Isolés. Thèse de doctorat. Université Constantine.
- [24] Desalination for Safe Water Supply. (2007), Guidance for the Health and Environmental Aspects Applicable to Desalination. Public Health and the Environment World Health Organization, Geneva

المخلص

الهدف من هذه ال مذكرة هو القيام بدراسة مقارنة لكفاءة الفصل بالأغشية لمختلف الأيونات المتواجدة في انواع مختلفة من مياه البحر والمياه المالحة عن طريق المحاكاة ببرنامج

IMS design

العناصر المقارنة هي كلاتي

معدل الاملاح الدائبة في الماء المحلل.

الحمضية في الماء المحلل.

تركيز الكلور والصوديوم في الماء المحلل.

معدل تصفيتها من الاملاح عبر الأغشية.

التكوين الكيميائي للمياه الشاردة، بالمقارنة مع المعايير العالمية.

استهلاك الطاقة ونظم الاغشية.

الكلمات الدليلية: غشاء . مياه . ماء محلل. الاسموس العكسي

RÉSUMÉ

L'objectif de ce mémoire est l'étude comparative par simulation par le logiciel IMS design l'efficacité de séparation par membranes des différents ions se trouvant dans les différents types d'eaux de mers et eaux saumâtres

Les éléments de comparaison sont les suivants :

- Le taux en sels dissous du perméat (TDS)
- Le pH du perméat
- La concentration des ions chlorures et sodium dans le perméat
- Le taux de rejets en sels par les membranes
- La composition chimique de l'eau déminéralisée en comparaison avec les normes OMS.
- La consommation énergétique des systèmes membranaires

Mots clés : Membrane, eau, TDS, perméat, pH, osmose inverse, simulation, IMS

ABSTRACT

The objective of this memory is the comparative simulation using IMS software of the study the effectiveness of separation by membranes of different ions found in the different types of waters of the sea and brackish water by comparison are of the following elements:

- The total dissolved salts of permeate (TDS)
- the pH of the permeate
- The concentration of chloride ions and sodium in the permeate
- The rejection of the salts by membranes
- The Chemical composition of ions in the permeate
- The energy consumption of each RO membranes system

Keywords : Membrane, water, TDS, permeate, pH, Reverse osmosis, simulation, IMS