

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



INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE TECHNOLOGIE

MEMOIRE DE MASTER

Spécialité : Génie Mécanique

Option : Energétique

Intitulé de Mémoire

**Etude par simulation de l'optimisation de la consommation
énergétique en déminéralisation des eaux par systèmes
membranaires**

Présenté par :

- Benameur Radhwane
- Bouchetta Chikh Med Abdou

Soutenu publiquement le : 22 .05.2017, devant le jury :

M. Bendaho Abdelkrim	MAA	CU Naama	Président
M. Chabane Mustapha	MCB	CU Naama	Encadreur
M. Ziani Zakaria	MCB	CU Naama	Examineur
M. Gourari Djamel	MAB	CU Naama	Examineur

2016/2017

Remerciement

Nous tenons à exprimer toute nos gratitude a nos directeur de mémoire Dr.Chaabane mostafa enseignants a institut de science et technologie centre universitaire Salhi Ahmed, pour nous avoir proposé ce thème de recherche et de nous avoir guidé et conseillé tout au long de la préparation de ce mémoire, ainsi que pour son soutient permanant qu'il nous a manifesté.

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

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

A tous l'équipe de station de dessalement de Mostaganem et Spécialement a M.Goulmane Abderrazek et M.Belabes Younes qui nous a permis d'identifier l'usine et nous a aidés avec des informations

Enfin, j'adresse nos plus sincères remerciement à nos famille et tous nos proches et amis, qui nous ont accompagné, aidé, soutenu et encouragé tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Dédicace

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

Je dédié ce mémoire :

A mes grandes mères

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

A mon binôme Abdo et toute la famille Bouchetta

A mes frères et mes sœur : Ahmed , Abdellah ,Ahlem Zeyneb ,Lamia ,Chaima,Ikram

A mes chères amis Zakaria,Abdelillah,Ismail,Abderahmen,Amine,Habib...ects

A mon oncle et sa femme et ses enfants,

A mes chère parents .

A mon binôme Redouane et toute la famillen Benameur.

A toute mes amis(e) :Abdelhamid , Nadir, Youcef,Abdelkader,Abdessmed,Ismail

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

Sommaire

Titre	pages
Introduction générale	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique	3
I.1.L'apport énergétique en dessalement des eaux salines	4
I.2.Dessalement des eaux par osmose inverse	5
I.2.1.Définition de l'osmose inverse	9
I.2.1.1.Principe de l'osmose inverse	9
I.3.Eléments constitutif d'une unité d'osmose inverse	10
I.4.Conception d'une station d'osmose inverse	12
I.4.1.Paramètres de fonctionnement d'une station de dessalement par osmose inverse	13
I.4.2.Utilisation de l'eau produite par les systèmes membranaires	14
I.5.Salinité des eaux	14
I.5.1.Propriétés chimiques	14
I.5.2.Concentration massique	
I.5.3.Salinité des eaux de mers	15
I.5.4.Les eaux potables	15
I.6..Notions théoriques sur la consommation énergétique en osmose inverse	16
I.6.1.Principe de récupération de l'énergie du concentrât	17

I.6.2.Les turbines	18
I.7.Couplage osmose inverse/énergies renouvelables	19
Chapitre II : Présentation de la station de dessalement de Mostaganem	21
II.1.Présentation de la station :	22
II.2.Description du système traitement	23
II.2.1.Système de Captage	22
II.2.2.Système de prétraitement	23
II.2.3Système de pompage de haute pression	23
II.2.4.Système d'osmose inverse	23
II.2.5.Système de déminéralisation	24
II.2.6.Système de pompage de l'eau produite	24
II.2.7.Essais de fiabilité	26
II.2.8.Essais de performance	26
II.2.9.Détermination de la Capacité Disponible Initiale.	26
II.2.10.Vérification des paramètres de qualité	26
II.2.11. Moyenne de la Consommation Electrique	27
Chapitre III : Simulation des données par le logiciel IMS design	29
III.1.Présentation du logiciel	30

III.2. Paramètre de fonctionnement de logiciel (IMS-Design)	32
III.3.Etapes de simulation	33
III.4.Résultat obtenue par logiciel	37
Chapitre VI :Résultat et discussions	52
IV.1.Discussion des résultats	53
IV.2.Evaluation de la qualité d'eau filtré par les différents type de membranes	53
IV.3.Efficacité de séparation des ions sodium et chlorure	54
IV.4.Etude de la possibilité de couplage des systèmes membranaires avec les panneaux photovoltaïques	54
Conclusion et perspectives	56
Références bibliographiques	57

Liste des figures

Fig.1 : Distribution du cout d'investissement dans une station de dessalement par osmose inverse

Fig.2. : Evolution de la consommation énergétique en fonction de la production en eau douce

Fig.3 : Répartition de la consommation énergétique dans une station de dessalement par osmose inverse

Fig.4 : Les stations de dessalement d'osmose inverse en Algérie

Fig.5 . : Evolution de la capacité de production en eau douce de 2006 à 2014[7]

Fig.6. : Production annuelle et cumulée d'eau dessalée[7].

Fig.7. : Principe de l'osmose et de l'osmose inverse [1,5]

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

Fig.9. : Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse

Fig.10.: Schéma d'un système d'osmose inverse simplifiée [6]

Fig.11. : système d'osmose inverse simplifié avec un dispositif de récupération d'énergie (ERD) [6]

Fig.12. :Système OI avec ERI[5]

Fig.13. :Système de récupération d'énergie ERI[15]

Fig. 14.: Turbine Pelton pour récupération d'énergie[12]

Fig.15. : Combinaison osmose inverse /énergies renouvelables [22]

Fig.16. :Les différents compartiments d'osmose inverse dans la station de dessalement de Mostaganem

Fig.17. schéma de la station de dessalement de Mostaganem ,de l'étape de captage jusqu'à la distribution a ADE

Fig.18. Logiciel SCADA de fonctionnement de la station de dessalement de Mostaganem

Fig.19. Réseau d'alimentation en électricité de la station de dessalement de Mostaganem

Fig 20. image capture écran de l'étape analyse par IMS-Design

Fig.21. image capture écran de l'étape de dimensionnement avant le calcul

Fig.22. image capture écran de l'étape de dimensionnement après le calcul

Fig.23. image capture écran de l'étape calcul

Fig.24. image capture écran de l'étape de post-traitement

Fig.25. : Comparaison entre les résultats de simulation par IMS pour différents type de membranes et les données réelles de la station de Mostaganem

Fig.26 :Taux de sels dissous et pH du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions

Fig.27.Taux de rejet par différents types de membranesdes ions chlorure et sodium sous les conditions

Liste des tableaux

Tableau 1 : Production des stations de dessalement en eau douce

Tableau2: Principaux sels dissous pour une eau de mer de salinité 35 g/kg [21]

Tableau3 : Résultats de calcul par IMS-Design

Tableau 4: Energie spécifique consommé par les différents types de membranes et gains énergétiques par rapport à la consommation énergétique minimale de la station de dessalement de Mostaganem

Tableau 5. Nombre de Panneaux solaires pour alimenté la station par chaque type de membranes et la surface occupé par les panneaux

Liste des abréviations

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

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

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

T : température absolue de la solution en Kelvin.

η : est le rendement

EC : Consommation spécifique en énergie (KWh/m^3)

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

Q : Débit d'alimentation (m^3/h)

ΔP : Perte de charge (Bar)

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

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

ERI : Système de conversion d'énergie

SER : Système d'énergie renouvelable .

PX : Echangeur de pression

Résumé

La production d'eau déminéralisée à partir des eaux salines fut l'une des priorités importantes prise par plusieurs pays dans le monde afin de répondre aux besoins nécessaires en ressources hydriques dans différents secteurs lié à la vie quotidienne des citoyens.

Actuellement, l'utilisation des procédés membranaires telle que l'osmose inverse pour la déminéralisation des eaux brutes connaît un large étendu par rapport aux procédés thermiques, cela est relativement lié à la consommation énergétique qui représente un défi majeur pour les pays en voie de développements.

Cependant, il est a souligné que le cout énergétique des procédés membranaires dépend aussi du nombre de stations et de la capacité de production en eau déminéralisé (Soit eau douce destiné pour la potabilisation ou l'irrigation ou eau destiné pour alimenter les chaudières dans les installations pétrochimiques) .

Actuellement, l'Algérie possède plus de 13 stations de dessalement utilisant l'osmose inverse avec une capacité de production de 2.406.880 m³/jour équivalent a une facture énergétique assez élevé.

Avec la nouvelle politique de promotion des énergies renouvelables pris par notre pays, il serait utile de faire une optimisation de la consommation énergétique dans les stations de dessalement pour une lutte contre les pertes énergétiques par la mise en place des systèmes de conversion d'énergie ou les échangeurs de pression PX.

Dans ce contexte, il serait intéressant d'étudier l'efficacité des échangeurs de pression PX en tenons compte des données réelles de la station de dessalement de Mostaganem et de les comparer avec les résultats de simulation par le logiciel de dessalement IMS design, ce qui permettra de proposer la meilleure configuration membranaire ayant la consommation énergétique la plus faible avec la meilleure qualité d'eau déminéralisé

Dans la dernière partie de ce travail ,nous allons opposer le nombre de panneaux photovoltaïques nécessaire pour alimenter les systèmes membranaires en énergie en énergie électrique

Mots clés : Eau, Energie, osmose, inverse , dessalement ,IMS, optimisation, qualité

summary

The production of demineralised water from saline waters was one of the important priorities taken by several countries in the world to meet the necessary water resources needs in different sectors linked to the daily life of citizens.

Currently, the use of membrane processes such as reverse osmosis for the demineralization of raw water is widely extended compared to thermal processes, this is relatively related to energy consumption, which represents a major challenge for the developing countries .

However, it was pointed out that the energy cost of membrane processes also depends on the number of stations and the production capacity of demineralised water (ie fresh water intended for drinking water or irrigation or water intended for supplying boilers to installations Petrochemicals).

Currently, Algeria has more than 13 desalination plants using reverse osmosis with a production capacity of 2,406,880 m³ / day equivalent to a fairly high energy bill.

With the new policy of promoting renewable energies taken by our country, it would be useful to optimize energy consumption in desalination plants to combat energy losses by installing energy conversion systems or The pressure exchangers PX.

In this context it would be interesting to study the efficiency of PX pressure exchangers by taking into account the actual data of the Mostaganem desalination station and comparing them with the simulation results by the IMS design desalination software, Will allow to propose the best membrane configuration with the lowest energy consumption with the best quality of demineralised water

In the last part of this work, we will contrast the number of photovoltaic panels needed to feed the membrane systems into energy into electrical energy

Key words: Water, Energy, osmosis, reverse, desalination, IMS, optimization, quality

ملخص

إنتاج المياه من تحلية مياه البحر واحدة من الأولويات المهمة من عدة بلدان في العالم لتلبية المتطلبات الضرورية في الموارد المائية في المناطق المختلفة المتعلقة بالحياة اليومية للمواطنين.

حاليا، واستخدام العمليات الغشائية مثل التناضح العكسي لالتنقية من المياه الخام يعرف انتشار واسع بالمقارنة مع العمليات الحرارية، أنها مرتبطة نسبيا في استهلاك الطاقة والذي يشكل تحديا كبيرا للدولة في عملية التنمية.

ومع ذلك، يتم التأكيد على أن تكلفة الطاقة في العمليات غشاء يعتمد أيضا على عدد من المحطات والقدرة على إنتاج المياه منزوعة المعادن (إما المياه العذبة المخصصة لمياه الشرب أو الري أو المقصود لإطلاق النار المراحل في مرافق البتروكيماويات)

حاليا، الجزائر لديها أكثر من 13 محطة تحلية المياه باستخدام التناضح العكسي بسعة إنتاج 2406880 متر في يوم ومشروع قانون الطاقة العالية جدا.

مع السياسة الجديدة لتعزيز الطاقات المتجددة بحلول بلدنا المتخذة، سيكون من المفيد تقليل استهلاك الطاقة في محطات تحلية المياه لمكافحة خسائر الطاقة عن طريق تنفيذ نظم تحويل الطاقة أو المبادلات الضغط (PX).

وفي هذا السياق، سيكون من المثير للاهتمام أن دراسة فعالية المبادلات الضغط (PX) تأخذ بعين الاعتبار البيانات الفعلية من محطة تحلية المياه بمستغانم ومقارنتها مع نتائج المحاكاة من قبل برنامج IMS Design ، التي سوف نقدم أفضل تكوين الغشاء مع استهلاك أقل للطاقة مع أفضل نوعية من المياه منزوعة الملوحة .

في الجزء الأخير من هذا العمل، ونحن سوف نعرض عدد من الألواح الشمسية اللازمة لتشغيل نظم الطاقة الغشاء إلى طاقة كهربائية ، والتحسين، والجودةIMSكلمات البحث: المياه والطاقة والتناضح العكسي، وتحلية المياه،

I Introduction générale

L'eau fut une des premières sources d'énergie utilisées par l'Homme puisque les premiers moulins à eau remontent à l'Antiquité (ils seraient même antérieurs aux moulins à vent).

Ils servaient principalement à l'époque à moudre les céréales pour les transformer en farine (la roue à eau entraînant un pilon).

Il faut attendre le XIXème siècle pour que s'opère une véritable révolution avec l'apparition de la turbine électrique. L'hydroélectricité, production d'électricité grâce à la force de l'eau [1]

Les bases de la gouvernance de l'eau ont été initialement pratiquées, durant des milliers d'années, par les anciennes civilisations mésopotamiennes, perse, Égyptienne, chinoise et aztèque. Cette gouvernance s'est matérialisée par la réalisation d'ouvrages hydrauliques divers, comme les canaux, les barrages et les foggaras. Des machines telles le chadouf, la noria et le moulin à eau ont été inventées, permettant le relevage et la répartition des eaux fluviales aux surfaces irriguées, assurant la pérennité de la production céréalière. L'alimentation humaine a ainsi été assurée durant longtemps. Cependant, ces civilisations ont subi le sort de la disparition sans que l'on sache clairement les causes, d'autres les ont relayés bénéficiant de tout le capital expérimental et du savoir-faire acquis. C'est le cas de la civilisation gréco-romaine succédant à la civilisation Égyptienne, mais jouissant d'une religion nouvelle, d'un espace géographique sous des conditions climatiques relativement clémentes et favorables à la culture pluviale. L'irrigation des terres n'est plus prioritaire, les souverains doivent répondre à de nouveaux besoins, ceux d'alimenter en eau une population croissante et qui s'urbanise de plus en plus. L'hydraulique urbaine devient une priorité. C'est aussi le cas de la civilisation arabo-musulmane qui a émergé en plein désert arabe, sur les restes de la civilisation mésopotamienne. Dans cette analyse, on se propose de souligner les principaux progrès hydrauliques réalisés et appliqués à l'irrigation afin d'améliorer son efficacité.

La progression continue de l'irrigation par les nouvelles civilisations. Sa synergie avec la sécurité alimentaire et son impact tant sur le plan socioéconomique et écologique que sur les aspects quantitatifs et qualitatifs des ressources en eau sont à redéfinir. [2]

L'énergie est la quantité de travail qu'un système peut effectuer, ou la quantité de chaleur qu'il peut transférer. Il y a travail lorsqu'un objet ou une substance est déplacé. On a besoin d'énergie pour chauffer de l'eau ou pour brûler des bougies. La chaleur transférée d'un objet ou d'une substance chaude à une substance froide lorsqu'ils sont en contact est aussi de l'énergie.

L'eau, comme beaucoup de substances, contient de l'énergie cinétique et potentielle, du fait de l'énergie cinétique il peut s'écouler et les vagues se former.

Et il stocke aussi de l'énergie potentielle, cette énergie peut devenir utile l'osque l'eau commence à s'écouler, elle est alors transformée en énergie cinétique.

Il est aussi une source d'énergie mécanique. Quand elle dévale les pentes, elle développe en effet une très grande puissance et il peut également être une source d'énergie thermique. En effet, grâce à la chaleur permanente de la croûte terrestre, l'eau des aquifères situés à de très grandes profondeurs est chaude.[1-2].,l'énergie requise par l'OI est uniquement celle électrique consommée principalement par les pompes haute pression (HP). Quoi qu'il en soit, le coût de cette énergie représente environ 40% du coût total de production de chaque mètre cube d'eau dessalée comme le montre la figure 1

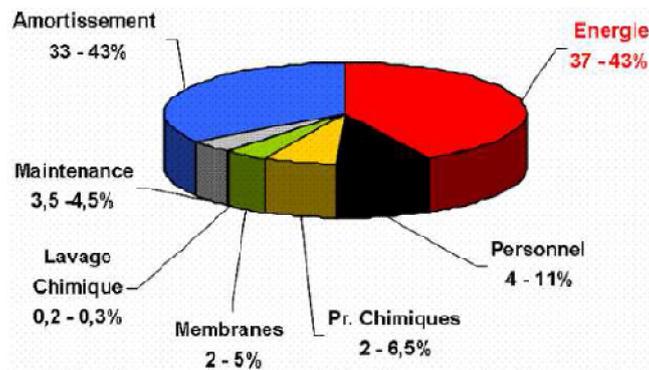


Fig.1 : Distribution du cout d'investissement dans une station de dessalement par osmose inverse[4]

Compte tenu l'impact important de la consommation énergétique sur le cout d'investissement dans une station de dessalement, il serait utile de faire une étude technique de dimensionnement de toute station de dessalement pour aboutir à une consommation énergétique le plus faible .

Dans ce contexte, l'utilisation du logiciel de dimensionnement IMS design permet d'établir la meilleure configuration et cela dans le but de servir comme base de données et de contrôle de la consommation énergétique des stations de déminéralisation des eaux.

Ce mémoire est réparti en Cinq chapitres :

Chapitre I. Synthèse bibliographique

Chapitre II :Présentation de la station de dessalement de Mostaganem

Chapitre III :Simulation des données de fonctionnement par IMS design

Chapitre IV :Résultats et discussions

Conclusion et perspectives

Chapitre I :

Synthèse bibliographique

I.1.L'apport énergétique en dessalement des eaux salines

Il existe principalement deux procédés de dessalement qui sont très utilisés à l'échelle industrielle pour produire de l'eau douce à partir d'eau de mer ou d'eau saumâtre : les procédés thermiques et les procédés membranaires.

Les procédés de distillation consomment une énergie importante (de 8 à 25 kWh/m³ équivalent électrique), qui se décompose en énergie thermique nécessaire à la distillation proprement dite, et en énergie électrique afin d'assurer la fonction de transport (pompage d'eau brute, de concentrât, d'eau de refroidissement, de distillat). Le développement de ces procédés était généralement rendu possible par leur couplage avec d'autres applications productrices de chaleur, tel que la production d'électricité à partir d'énergie fossile (gaz, pétrole). Ce couplage nécessite une localisation physique à proximité des installations produisant vapeur ou eau chaude, traditionnellement alimentées à partir d'énergie fossile (gaz ou fioul). Le coût de l'énergie doit alors intégrer le coût de l'électricité, généralement faible de part la proximité des installations de production, et le coût de l'énergie thermique calculé en fonction de la non production de l'énergie électrique qu'elle représente. [4].

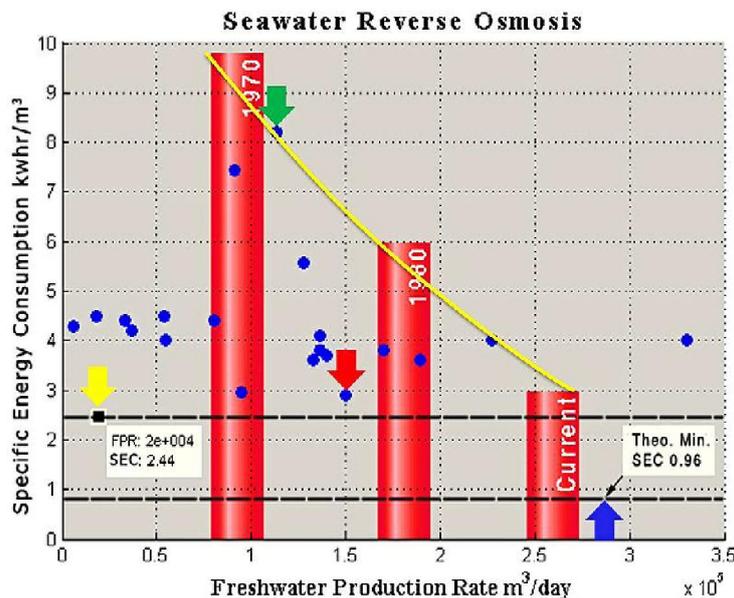


Fig.2. Evolution de la consommation énergétique en fonction de la production en eau douce

[3]

L'énergie nécessaire au procédé d'osmose inverse peut quant à elle se décomposer selon le schéma suivant :

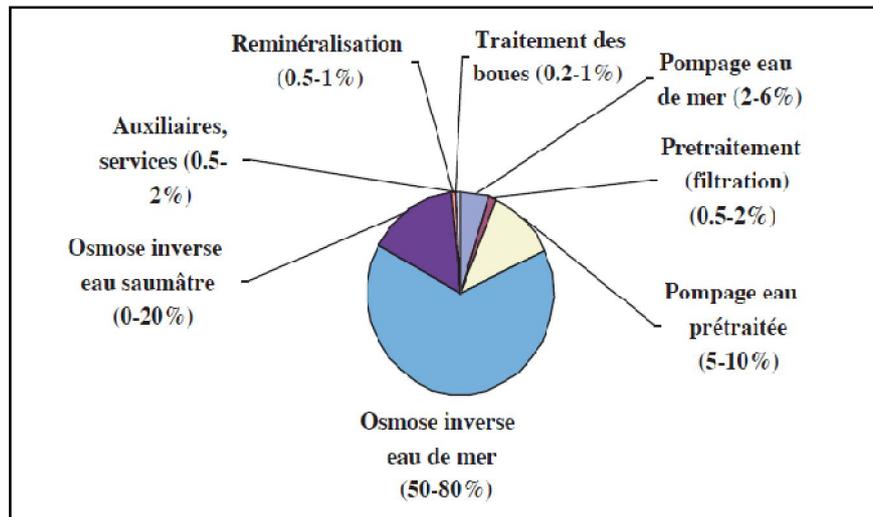


Fig.3 :

Répartition de la consommation énergétique dans une station de dessalement par osmose inverse [4]

I.2.Aperçu sur le dessalement par osmose inverse en Algérie

L'Algérie se situe, à l'instar des 17 pays Africains touchés par le stress hydrique, dans la catégorie des pays les plus pauvres en matière de potentialités hydriques, soit en dessous du seuil théorique de rareté fixé par la Banque Mondiale à 1000 m³ par habitant et par an. Si en 1962, la disponibilité en eau théorique par habitant et par an était de 1500 m³, elle n'était plus que de 720 m³ en 1990, 680 m³ en 1995, 630 m³ en 1998, 500 m³ elle ne sera que de 430 m³ en 2020 La disponibilité en eau potable en Algérie en m³/Habitant/An dépassera légèrement le seuil des 400 m³/ha (norme OMS)

Pour faire à cette situation L'Algérie s'est engagée dans un important programme d'investissement pour le Dessalement d'Eau de Mer.

Actuellement il existe 13 stations de dessalement par le procédé d'osmose inverse installé au niveau du littoral avec une capacité de production 2406.880 m³/jour [7]

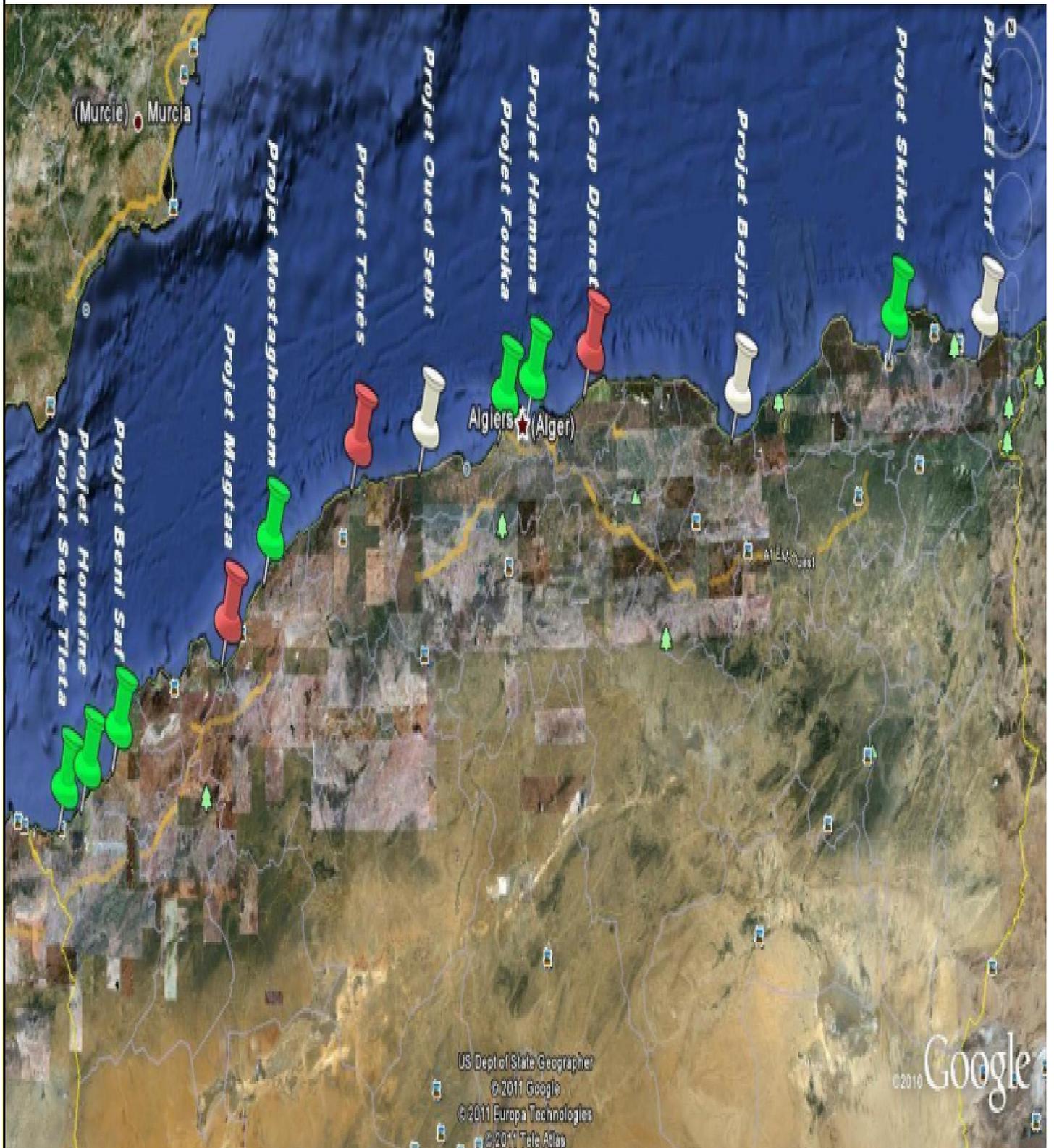


Fig.4 : Les stations de dessalement d’osmose inverse en Algérie

Selon leurs capacités de production, ces stations sont classé dans le tableau 1 suivant ;

Tableau 1 : Production des stations de dessalement en eau douce [7]

Type de stations	Capacité de production en eau douce en m ³ /jour
Hamma	200000
Skikda	100000
Benisaf	200000
Souk Tlata	200000
Fouka	120000
Mostaganem	200000
Honaine	200000
Cap Djinet	100000
Magtaa	500000
Tenes	200000
Oued Sebt	100000
Taraf	100000
Bejaia	100000

La quantité d'eau douce produit par les stations de dessalement augmente progressivement au cours des années (Voir Figure et)

Depuis 2006 à 2011 la capacité de dessalement d'eau de mer en Algérie est passés de 152500 à 1,2 MM³/j .

A la fin 2012 , la capacité de production était 1,3 MM³/j .

Au 3^{ème} trimestre de 2014 , la capacité totale atteint 2,1 MM³/j

Cette production représente une facture énergétique assez élevé .

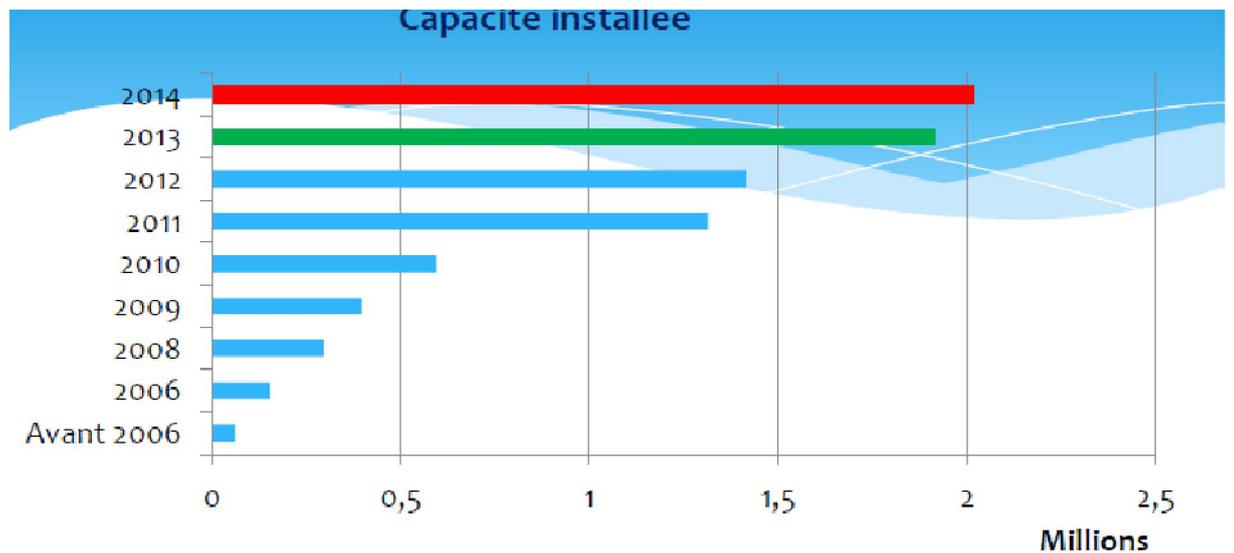


Fig.5 . : Evolution de la capacité de production en eau douce de 2006 à 2014[7]

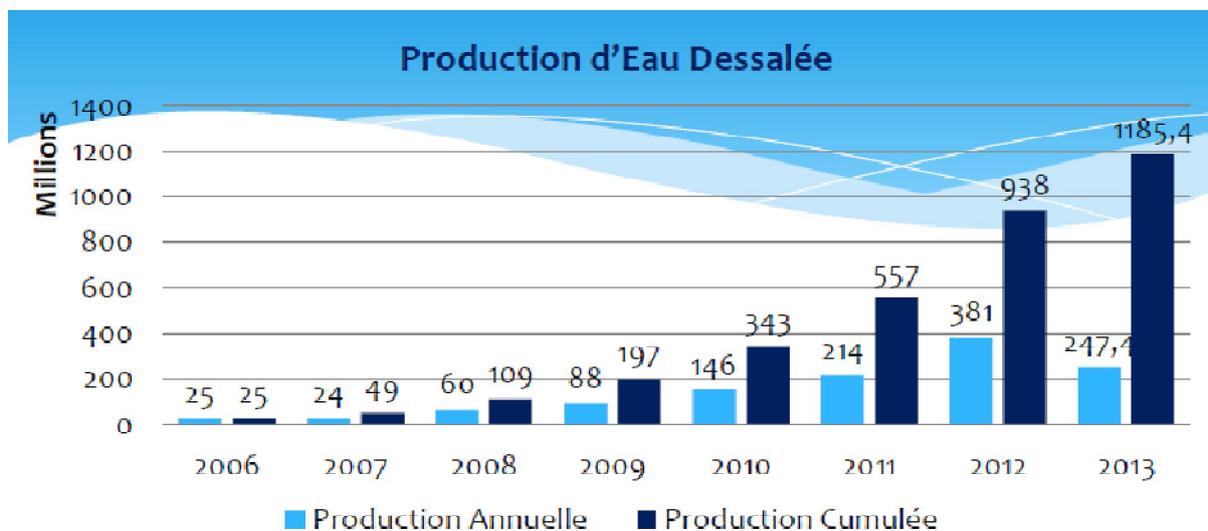


Fig.6 . : Production annuelle et cumulée d'eau dessalée[7].

Actuellement les systèmes de récupération d'énergies sont très utilisés dans les stations de dessalement des eaux de mers par la technologie d'osmose inverse dans plusieurs stations de Algérie.

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

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

I.2.1.Définition de l'osmose inverse

L'osmose inverse est un procédé de séparation de l'eau et des sels dissous au moyen de membranes semi-perméables sous l'action de la pression (54 à 80 bars pour le traitement de l'eau de mer). Ce procédé fonctionne à température ambiante et n'implique pas de changement de phase. Les membranes polymères utilisées laissent passer les molécules d'eau et ne laissent pas passer les particules, les sels dissous, les molécules organiques de 10^{-7} mm de taille.

Principalement par les pompes haute pression.

I.2.1.1.Principe de l'osmose inverse

On appelle osmose le transfert de solvant (eau dans la plupart des cas) à travers une membrane semi-perméable sous l'action d'un gradient de concentration. Soit un système à deux compartiments séparés par une membrane semi-perméable et contenant deux solutions de concentrations différentes (figure 4). Le phénomène d'osmose va se traduire par un écoulement d'eau dirigé de la solution diluée vers la solution concentrée. Si l'on essaie d'empêcher ce flux d'eau en appliquant une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Il arrivera un moment où la pression appliquée sera telle que le flux d'eau s'annulera. Si, pour simplifier, nous supposons que la solution diluée est de l'eau pure, cette pression d'équilibre est appelée pression osmotique.

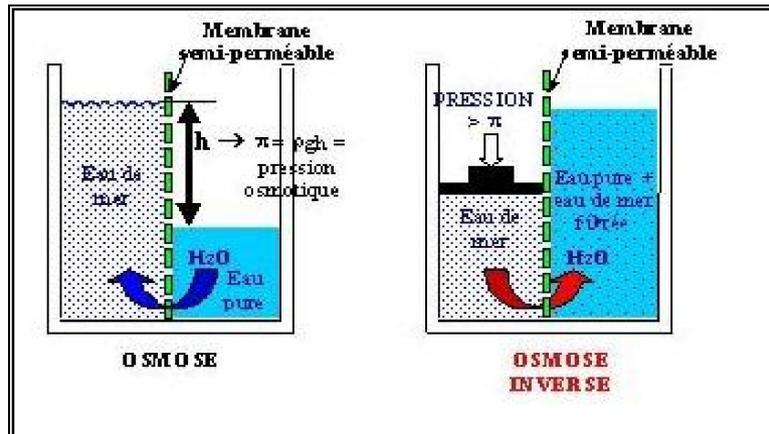


Fig.7. : Principe de l'osmose et de l'osmose inverse [1,5]

Site web(<http://culturesciences.chimie.ens.fr/content/le-dessalement-de-leau-de-mer-et-des-eaux-saumates-840>)

Une augmentation de la pression au delà de la pression osmotique va se traduire par un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique (voir fig.2), c'est-à-dire de la solution concentrée vers la solution diluée : c'est le phénomène d'osmose inverse.

Pour les solutions suffisamment diluées, la pression osmotique notée π peut être calculée

d'après la loi de van't Hoff :

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

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

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

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

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

Le débit spécifique J_1 (débit massique par m^2 de membrane) d'eau osmose produite est proportionnel à la différence entre la pression appliquée P et la pression osmotique π de la solution concentrée.

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

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

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

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

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

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

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

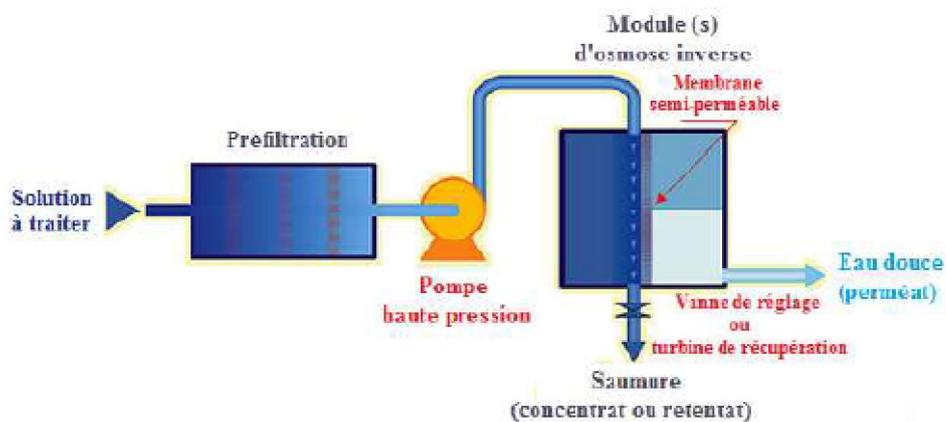


Fig.8. : Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse

Site web(<http://culturesciences.chimie.ens.fr/content/le-dessalement-de-leau-de-mer-et-des-eaux-saumatres-840>)

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

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

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

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

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

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

1.4. Conception d'une usine de dessalement d'eau de mer par osmose inverse

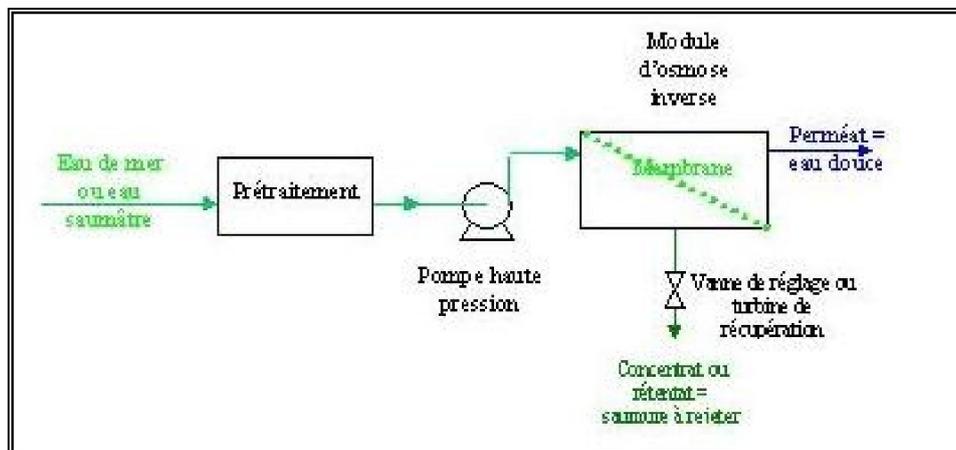


Fig.9. : Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse

Site web (<http://culturesciences.chimie.ens.fr/content/le-dessalement-de-leau-de-mer-et-des-eaux-saumates-840>)

Le dessalement par osmose inverse nécessite d'abord un prétraitement très poussé de l'eau de mer pour éviter le dépôt de matières en suspension sur les membranes qui conduirait très rapidement à une diminution des débits produits.

Il est nécessaire de retenir toutes les particules de dimension supérieure à 10 à 50 μm selon le type de module d'osmose inverse. Ceci est réalisé à l'aide d'un pré-filtration grossière puis d'une filtration sur sable pour éliminer les matières en suspension les plus grosses. Puis un traitement biocide et une acidification sont nécessaires pour éviter le développement de microorganismes sur la membrane et éviter la précipitation de carbonates. Enfin une filtration sur cartouches permet de retenir les particules de taille de l'ordre de quelques dizaines de μm qui n'ont pas été retenues par le filtre à sable. La pompe haute pression permet ensuite d'injecter l'eau de mer dans le module d'osmose inverse dans lequel se trouvent les membranes.

De plus, un deuxième phénomène intervient lors de l'osmose inverse, il s'agit de la polarisation de concentration de la membrane. En effet, au cours du temps, la concentration de

la solution salée augmente puisque la majorité des molécules sont retenues d'un seul côté de la membrane. De ce fait, la pression osmotique augmente également près de la couche limite, avec des risques de précipitation des composés à faible produit de solubilité. Pour un même rendement, la pression à appliquer est donc plus élevée. Pour éviter ce phénomène on balaye la membrane du côté de la solution salée par un flux d'eau continu. Toute l'eau n'est pas filtrée, une partie sert à nettoyer la membrane. Ce procédé est donc semblable à une filtration tangentielle. L'eau non filtrée est appelée retentât tandis que l'eau qui a traversé la membrane est appelée perméat. Afin de limiter la consommation d'énergie du procédé, on peut placer sur le circuit du retentât une turbine qui permet de récupérer une partie de l'énergie contenue dans ce fluide sous haute pression.

Une usine de dessalement par osmose inverse comprend essentiellement

- Un système d'alimentation en eau de mer ;
- Un ensemble de prétraitement physicochimique de l'eau de mer ;
- Un dispositif de mise en pression de l'eau prétraitée.
- Un osmoseur proprement.
- Un système de récupération de l'énergie du concentrât.
- Un ensemble de post-traitements du perméat.
- Un poste de nettoyage chimique des membranes.

I.4.1. Paramètres de fonctionnement d'une station de dessalement par osmose inverse

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

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

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

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

(Eq I.5)

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

L'énergie de consommation est proportionnelle à la pression, elle est donnée par la relation (5) :

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

(Eq1.6)

Avec E en kWh/m^3

ΔP : Pression transmembranaire en bar,

η : Efficacité globale de la pompe est égale à 80%,

Y : Taux de conversion.

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

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

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

I.5.Salinité des eaux

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

I.5.1.Propriétés chimiques

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

I.5.2.Concentration massique

À une température donnée, la salinité ne peut dépasser un seuil de concentration massique,

au-delà duquel le liquide ne peut plus dissoudre du sel et des cristaux se forment, au fond du récipient ou en périphérie de la surface

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

I.5.3.Salinité des eaux de mers

L'eau de mer est une solution qui contient en moyenne 35 g/kg de sels divers (chlorure de sodium essentiellement), avec un pH très stable de 8,2 (légèrement alcalin), mais qui tend à s'acidifier en dissolvant le CO₂ d'origine anthropique en excès dans l'air. La Mer Morte contient beaucoup plus de sels, ce qui explique qu'on y flotte sans effort, alors que la Mer Baltique en contient beaucoup moins, ce qui explique qu'elle gèle plus vite. Néanmoins, hormis dans les mers fermées, on a montré au début du XXe siècle que la proportion des composants les plus importants reste quasi constante, ce qui laisse penser que depuis des millions d'années et plus sans doute, les océans ont été parfaitement mélangés par la circulation thermo haline, avec l'aide de certaines espèces de plancton qui par leurs mouvements quotidiens et saisonniers contribuent à homogénéiser les couches thermiques et salines. Ceci indiquait, qu'en plus des circulations particulières à chaque océan, l'eau circulait entre les différents océans, ce qui a été confirmé par la courantologie.

Tableau2: Principaux sels dissous pour une eau de mer de salinité 35 g/kg [21]

Anions (en g/kg)		Cations (en g/kg)	
Chlorure (Cl ⁻)	18,9799	Sodium (Na ⁺)	10,5561
Sulfate (SO ₄ ²⁻)	2,6486	Magnesium (Mg ²⁺)	1,2720
Hydrogénocarbonate (HCO ₃ ⁻)	0,1397	Calcium (Ca ²⁺)	0,4001
Bromure (Br ⁻)	0,0646	Potassium (K ⁺)	0,3800
Fluorure (F ⁻)	0,0013	Strontium (Sr ²⁺)	0,0135

I.5.4.Les eaux potables

Une eau liquide est dite potable lorsqu'elle présente certaines caractéristiques concentration

en chlorures, pH, température... la rendant propre à la consommation humaine. Les standards de référence dans ce domaine diffèrent selon les époques, les pays et, dans certains pays, selon l'autorité responsable de la définition¹. Le concept de « potabilité » varie à travers le monde, fruit d'un contexte historique, scientifique et culturel local. Il détermine la question de l'accès à l'eau, puisqu'une eau de bonne qualité est essentielle au développement économique et humain.

Par exemple, les paramètres fréquemment réglementés sont :

- la qualité organoleptique (couleur, turbidité, odeur, saveur) ;
- certains paramètres physico-chimiques naturels (température, pH, chlorures : 200 mg/l, sulfates : 250 mg/l, etc.) ;
- la présence de substances dites indésirables (nitrates : 50 mg/l, nitrites, pesticides, etc.)
- la présence de substances toxiques (arsenic, cadmium, plomb, hydrocarbures, etc.) ;
- certains paramètres microbiologiques ; l'eau ne doit pas contenir d'organismes pathogènes, notamment de coliformes fécaux).

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

I.6. Notions théoriques sur la consommation énergétique en osmose inverse

Il existe plusieurs approches mathématiques pour calculer la consommation énergétique dans un système d'osmose inverse.

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

- Les systèmes d'osmose inverse simple

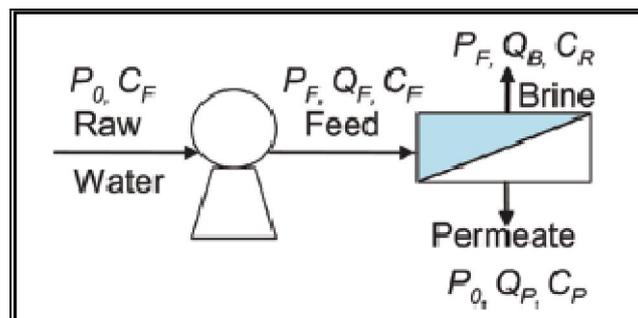


Fig.10.: Schéma d'un système d'osmose inverse simplifiée [6]

((cite web : L'eau son usage historique par l'homme: <http://www.mtaterre.fr/dossier-mois/chap/955/L-energie-hydraulique-l-Homme-utilise-l-eau-douce-comme-energie>))

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

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

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

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

- Les systèmes d'osmose inverse avec boucle

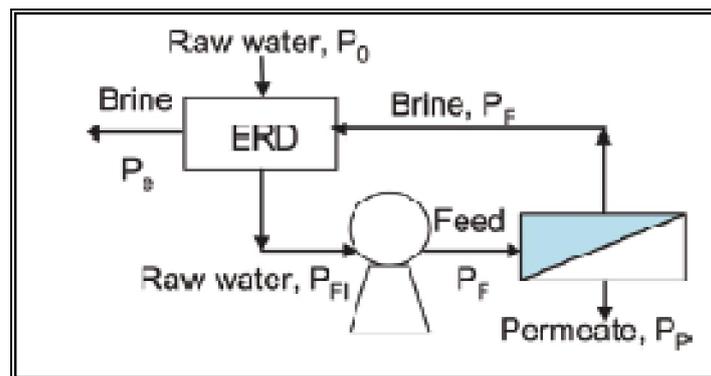


Fig.11. : système d'osmose inverse simplifié avec un dispositif de récupération d'énergie (ERD) [6] ((cite web : L'eau son usage historique par l'homme:/http://www.mtaterre.fr/dossier-mois/chap/955/L-energie-hydraulique-l-Homme-utilise-l-eau-douce-comme-energie))

Ces systèmes sont munis d'un convertisseur d'énergie ERD.

La puissance consommée est calculé comme suit : [6]

$$W_{pompe} = \Delta P(Q_f - \eta Q_b) \quad (\text{EqI.10})$$

I.6.1.Principe de récupération de l'énergie du concentrât

Dès que l'osmose inverse a été appliquée au dessalement de quantités importantes d'eau de mer, on a tout naturellement pensé à récupérer l'énergie hydraulique du concentrât, qui est de l'ordre de 55% de celle nécessaire à la mise en pression des modules de RO [56]. La décision d'adopter un DRE doit être prise en comparant le coût des annuités financières dues à cet investissement

Supplémentaire et le coût de l'énergie récupérée. Elle dépend de :

- de la taille de l'unité.

- du coût de l'énergie.
- de la pression de fonctionnement.
- du taux de conversion.

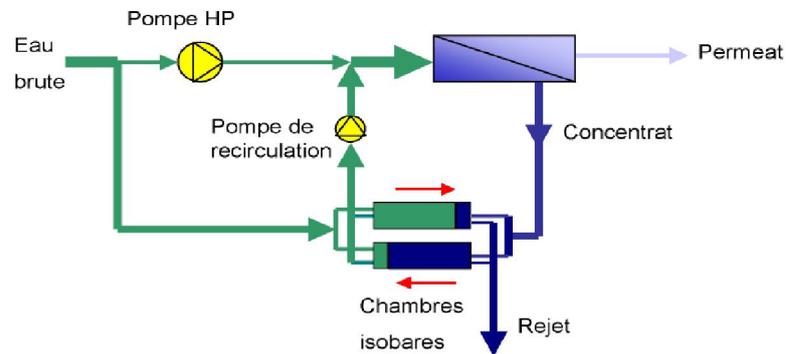


Fig.12. :Système OI avec ERI[5]

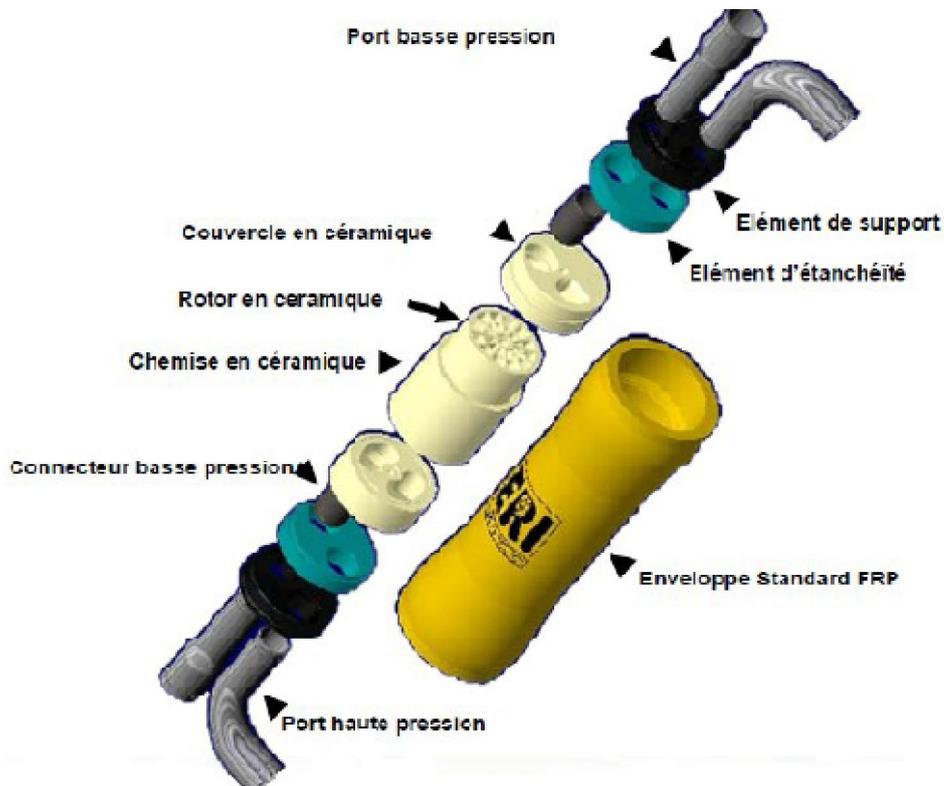


Fig.13. :Système de récupération d'énergie ERI[15]

I.6.2.Les turbines

Dès que l'eau passe à travers les modules d'osmose inverse, il y a intérêt de récupérer l'énergie hydraulique du concentrât (rejet) qui est de l'ordre de 55% de celle nécessaire à la mise en pression

Les premiers systèmes de récupération de l'énergie ont utilisé des pompes centrifuges multi étagées, fonctionnant en turbine.

Les turbines les plus adaptées aux usines de dessalement –vu la pression élevée sont de type Pelton (roue Pelton: figure 12), ayant un rendement d'environ 90% [Migliorini G. et Al. 2004].



Fig. 14.: Turbine Pelton pour récupération d'énergie[12]

I.7.Couplage osmose inverse/énergies renouvelables

Une combinaison des énergies renouvelables et de la technologie du dessalement par osmose inverse pourrait offrir une source durable d'eau déminéralisée. Il y a plusieurs possibilités de combinaisons des procédés de dessalement avec les différentes sources d'énergie renouvelables (SER), cependant la correspondance d'un procédé de dessalement à une SER n'est pas très simple, du fait que principalement le processus de dessalement est plus adapté à un fonctionnement continu. En effet, la majorité des SER sont non continues et elles sont intermittentes, et souvent sont diurnes. Un approvisionnement en énergie qui n'est pas prédictible et qui n'est pas continu entraîne un fonctionnement non optimal de l'unité de dessalement et par conséquent des problèmes sur le plan opérationnel.

Le meilleur couplage de SER avec les systèmes de dessalement est déterminé à partir de différents critères, tels que le rendement du système, les coûts, la disponibilité du personnel opérationnel, l'adéquation du système au site, la possibilité d'une augmentation ultérieure de la production du système, etc. Le choix approprié de la technologie de dessalement par énergie renouvelable dépend d'un certain nombre de facteurs, à savoir [].

Cependant, il est à souligner que ce couplage est fortement lié à l'optimisation de la consommation énergétique dans les systèmes d'osmose inverse.

Le choix approprié de dessalement par énergie renouvelable la quantité requise d'eau potable (capacité de production).

- la salinité de l'eau d'alimentation.
- l'éloignement.

➤ la disponibilité du réseau électrique

La figure montre les principales combinaisons de l'OI avec les SER. Les capteurs solaires PV sont particulièrement adaptés pour des applications de petite échelle, alors que l'énergie éolienne est mieux indiquée pour des systèmes plus larges ou dans le cas de petites unités en combinaison avec les capteurs solaires, comme les PV

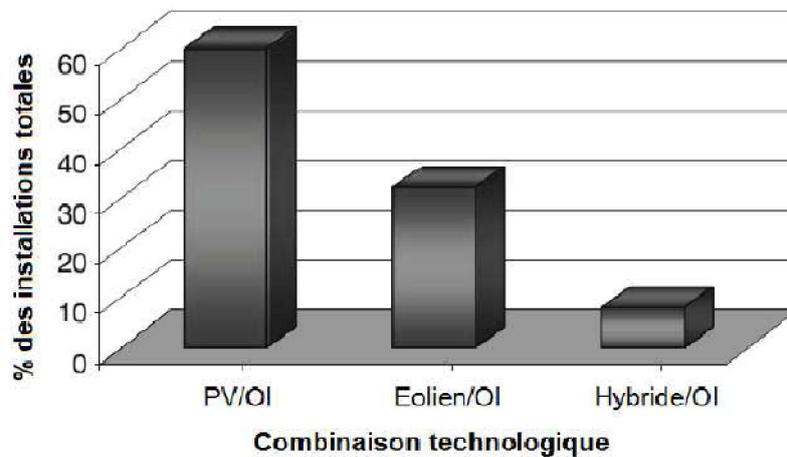


Fig.15. : Combinaison osmose inverse /énergies renouvelables [22]

Il est utile de rappeler que la production en énergie d'un panneau photovoltaïque nécessaire pour alimenter une station de dessalement est lié à plusieurs facteurs

Chapitre II

Présentation de la station de dessalement de Mostaganem

II.1.Présentation de la station :

L'Usine de Dessalement de Mostaganem, sise à Plage de Cheliff (Mostaganem), a une capacité de production d'eau potable de 200.000 m³/jour, elle est composée de 8 Unités de dessalement de capacité Unitaire 25 000 m³/J. Les huit Unités de dessalement sont réparties sur deux lignes et ce comme suit :

- Ligne N°1 : Unité 1, Unité 2, Unité 3, Unité 4
- Ligne N°2 : Unité 5, Unité 6, Unité 7, Unité 8

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

- Une pompe d'eau de mer
- 3 filtres à sables de première étape
- 2 filtres à sable de deuxième étape
- 2 filtres à cartouches
- D'un système d'osmose inverse composé de :
 - D'une pompe HP
 - De deux pompes d'osmose booster
 - D'un bloc de récupération d'énergie composé de deux châssis de 15 ERIs chacun.
 - D'un bloc d'osmose inverse composé de deux châssis d'osmose inverse. chacun des blocs étant alimenté par une pompe booster
- De 8 cellules de reminéralisation sachant l'Usine compte 60 cellules de reminéralisation
- D'une pompe d'eau traitée.

II.2.Description du système traitement

Un diagramme en bloc résumant chacune des étapes du procédé de traitement de l'eau de l'Usine de dessalement de Mostaganem est présenté à l'annexe I du présent document.

II.2.1.Système de Captage

Le système de captage est commun pour toutes les Unités de Dessalement.

L'eau de mer est captée à la côte à -13 m de profondeur, environ, au moyen de deux tours de prise immergées et raccordées au réservoir de captage, par le biais de deux tuyaux en polyéthylène d'une longueur approximative de 2500 m et de mm de diamètre.

II.2.2.Système de prétraitement

Le système de prétraitement se compose de deux lignes. Chaque ligne a la capacité de prétraiter le 50% de l'eau de mer nécessaire pour produire le 50% de l'Eau Commercialisable produite par l'Usine dessalement.

Chacune de ces lignes est composée de:

- Un (1) groupe d'amorçage pour les pompes d'eau de mer (pompes de captage) ;
- Quatre (4) pompes d'eau de mer fonctionnant en parallèle ;
- Une (1) pompe de réserve (qui est commune aux deux lignes)
- Douze (12) filtres à pression de première étape, à sable et à anthracite, fonctionnant en parallèle;
- Huit (8) filtres à pression de deuxième étape, à sable fonctionnant en parallèle ;¹
- Huit (8) microfiltres fonctionnant en parallèle et un (1) de réserve.

II.2.3Système de pompage de haute pression

Le système de pompage haute pression est composé de:

- Huit (8) pompes de haute pression (une par Unité de dessalement), permettant de refouler environ la moitié du débit d'eau de mer microfiltrée nécessaire pour l'alimentation des châssis d'osmose inverse. L'autre moitié de ce débit est véhiculée à travers des systèmes de récupération d'énergie (échangeurs de pression ERI) puis les pompes booster avant qu'elle n'atteigne les châssis d'osmose inverse.
- Une (1) pompe de haute pression de réserve.
- Seize (16) pompes Booster à raison de deux pompes pour chaque unité de dessalement. Ces pompes permettent de compenser les pertes de charge au niveau des ERIs de manière à ce que la pression nécessaire pour le procédé d'osmose inverse, égale d'ailleurs à celle livrée par les pompes booster, soit égale à celle livrée par les pompes de haute pression.

Chacune des deux lignes de prétraitement alimente quatre (4) pompes de haute pression et huit (8) pompes booster.

II.2.4.Système d'osmose inverse

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

Chaque ligne est composée de quatre (4) Unités de Dessalement avec une capacité de production de 25.000 m³/jour.

- Ces Unités sont à leur tour, composées par :
- 304 tubes de pression chargés avec 7 membranes chacun.
- Un groupe de 30 échangeurs de pression repartis sur deux châssis. Chacun des châssis permet d'alimenter la pompe booster associée.



Fig.16. :Les différents compartiments d'osmose inverse dans la station de dessalement de Mostaganem

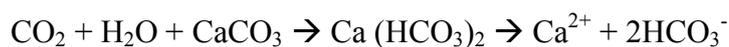
II.2.5.Système de déminéralisation

Le système de reminéralisation est divisé en deux lignes. Toutes les deux alimentées par une ligne du système d'osmose inverse.

Chacune de ces lignes est composée de:

- Un équipement d'injection de CO₂
- 30 lits à calcite. Chacun d'eux a une surface de 14 m² et 1,6 mètre de hauteur.

L'eau osmosée réagit avec la calcite en présence du CO₂ dosé et ce selon la réaction chimique suivante :



II.2.6.Système de pompage de l'eau produite.

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

- Deux (2) réservoirs d'eau produite de 2000;
- Huit (8) pompes de l'eau produite à travers le Réseau Extérieur de Transport de l'Eau ;
- Une (1) pompe de réserve de l'eau produite

- Un débitmètre
- Un système d'échantillonnage

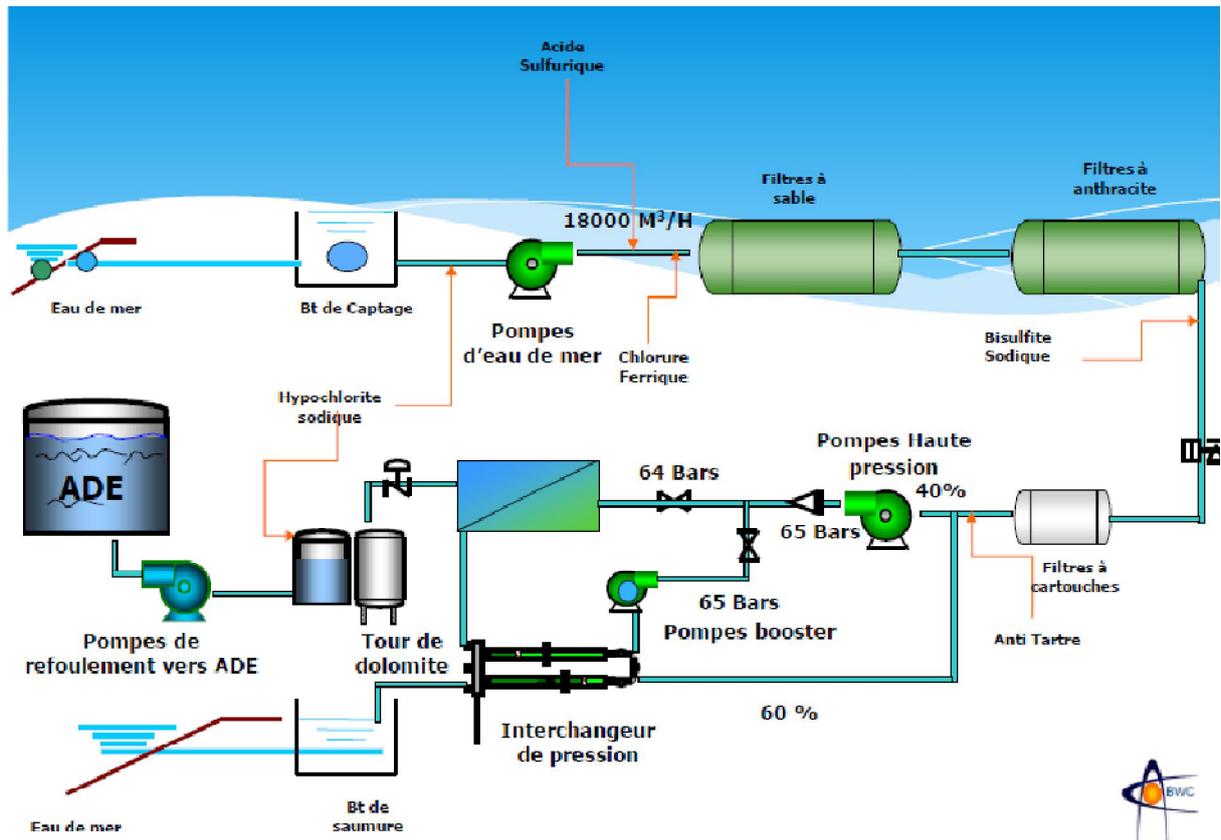


Fig.17. schéma de la station de dessalement de Mostaganem ,de l'étape de captage jusqu'à la distribution a ADE

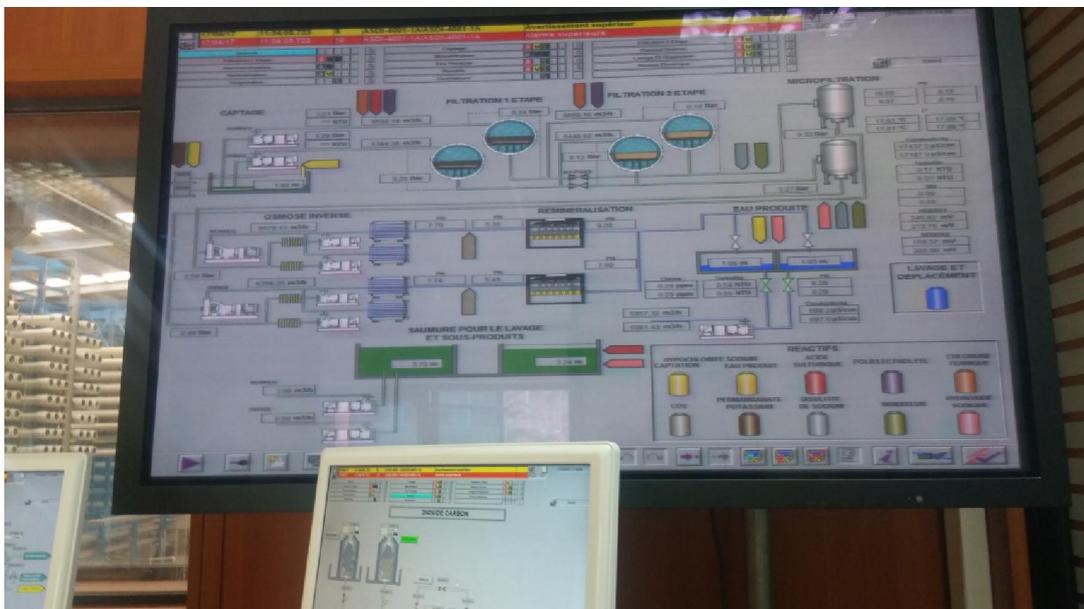


Fig.18. Logiciel SCADA de fonctionnement de la station de dessalement de Mostaganem

II.2.7.Essais de fiabilité

L'objectif des essais de fiabilité consiste à démontrer que l'Unité de dessalement concernée peut être exploitée en continu, en toute sécurité et de manière satisfaisante pendant un délai de dix jours consécutifs. Le débit produit par chacune des Unités de Dessalement sera mesuré à l'aide des débitmètres installés dans les tuyaux de sortie de perméat du châssis concerné (par exemple, le débitmètre FIT 5004-1 et 2 pour l'Unité numéro 1). Chaque ligne est composée d'Unités de dessalement isolées qui peuvent être opérationnelles de manière indépendante. L'arrêt d'un de ces Unités n'entrave pas le fonctionnement, et le développement normal des essais des autres Unités.

II.2.8.Essais de performance

Le but des Essais de Performance est d'établir le rendement et la qualité de l'eau produite par chaque Unité de Dessalement et les comparer aux Valeurs Techniques Garanties, fixées contractuellement.

II.2.9.Détermination de la Capacité Disponible Initiale.

L'élément de référence pour la comparaison avec la Capacité Garantie de l'Unité ou de l'Usine est issue du débit d'Eau Commercialisable produit par l'Unité concernée ou l'Usine et mesuré en continu pendant les 24 h de durée des essais, le débitmètre étant placé au Point de Livraison.

II.2.10.Vérification des paramètres de qualité

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

- Matière Totale Dissoute $150 < \text{MTD} < 500$ ppm
- Dureté totale 65 ppm comme CaCO_3
- Alcalinité 50 à 65 ppm comme CaCO_3
- pH 7,5 à 8,5
- Indice Langelier 0 à 0,4

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

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

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

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

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

II.2.11. Moyenne de la Consommation Electrique

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

Selon les données recueillit au niveau dy système ERI au niveau des blocs de séparations membranaires par osmose inverse ,il a était constaté que la moyenne de la consommation énergétique consommé est de l'ordre de 3.77KWh/m³



Fig.19. Réseau d'alimentation en électricité de la station de dessalement de Mostaganem

Dans ce qui suit, nous allons essayer de proposer une meilleure configuration des systèmes membranaires afin d'optimiser cette consommation et un couplage aux sources des énergies renouvelables tel que l'utilisation des panneaux photovoltaïques.

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

Chapitre III

Simulation par logiciel IMS

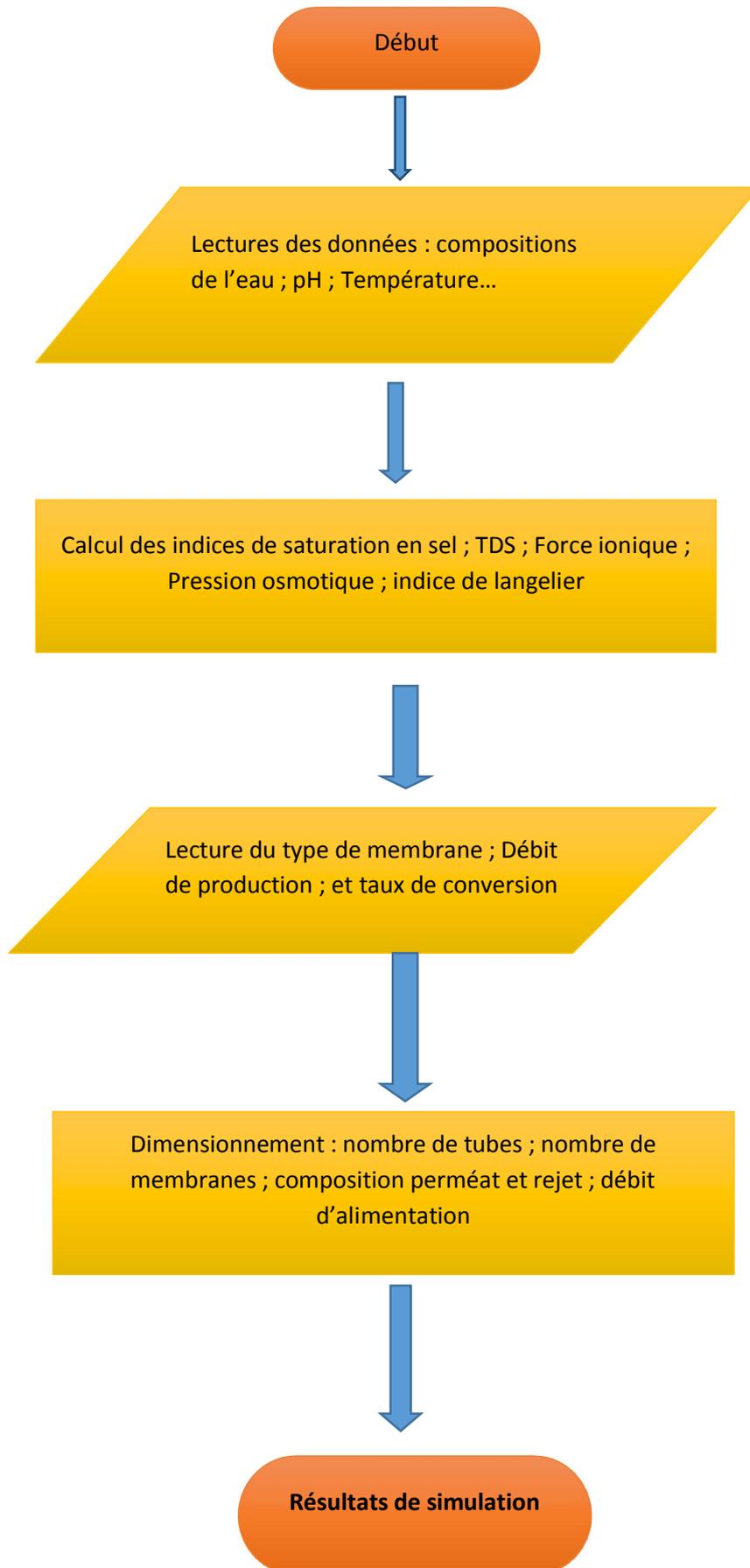
Design

III.1.Présentation de logiciel :

Depuis sa fondation en 1975, la société Hydranautics s'est engagé 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

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 graphiques améliorés et comprend de nouvelles fonctionnalités, ce 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 pricipalement au traitement des eaux destiné pour alimenter l'industrie chimique (Chaudière) ,mais aussi pour alimenter les citoens en eau potable

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



III.2. Paramètre de fonctionnement de logiciel (IMS-Design)

- **Débit de production** : c'est la quantité d'eau produite par jour (m^3/jrs)
- **Taux de conversion** : Le taux ou facteur de conversion est le rapport du débit de perméat au débit d'alimentation $Y = \frac{Q_p}{Q_a}$. 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

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

Avec Q_a : débit d'alimentation (m^3/jrs)

Q_p : débit de perméat (m^3/jrs)

Y : taux de conversion

- **Qualité d'eau produit (TDS, pH....)** : c'est les analyse 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/m^3)

III.3. Etapes de simulation

➤ Etape 1 :

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

Hydranautics - A Nitto Group Company IMSDesign-2016

A propos Aide en ligne Valeurs de design

Analyse Dimensionnement Calcul Post-traitement

nouveau Ouvrir Enregistrer sous Enregistrer Réinitialisation Imprimer Standard Calculator

Fichier Projet Options Enregistrer analyse

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

pH: 8,50 CO3: 12,6 mg/l CO2: 0,480 mg/l Conductivité E: 55932,0 µs/cm

Cations		
	mg/l	mg/l CaCO3
Ca	418,00	1045,00
Mg	1330,00	5450,82
Na	11035,00	23989,13
K	397,00	507,70
NH4	0,00	0,00
Ba	0,00	0,00
Sr	14,00	15,98
Total, meq/l	620,17	

Anions		
	mg/l	mg/l CaCO3
HC03	146,00	119,67
SO4	2769,00	2884,38
Cl	19841,00	27984,48
F	1,40	3,68
NO3	0,00	0,00
PO4	0,00	0,00
SiO2	0,00	
B	0,00	
Total, meq/l	620,26	

Saturations			
TDS calculé	35964 mg/l	Ca504	21,5 %
Force ionique	0,715	Ba504	0,0 %
Pression osmotique	26,3 bar	Sr504	44,9 %
Ca3(P04)2 SI	0,00	CaF2	35,4 %
		silice	0,0 %

sélectionnez l'analyse

Pass1

brute

Alimentation

Perméat

Concentrat-1

Nitto HYDRANAUTICS Nitto Group Company

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

FR 08:57 08/05/2017

Fig 20. image capture écran de l'étape analyse par IMS-Design

➤ **Etape 2 :**

Dimensionnement : c'est la partie où on ajoute les conditions et on choisit le type de membrane et même dans cette étape le calcul de consommation énergétique

The screenshot displays the Hydranautics software interface for the design stage of a sea water RO1 project. The main window is titled "Hydranautics - A Nitto Group Company, IMSDesign-2016". The interface is organized into several sections:

- Menu Bar:** A propos, Aide en ligne, Valeurs de design, Analyse, Dimensionnement, Calcul, Post-traitement.
- Toolbar:** Includes icons for "nouveau", "Ouvrir", "enregistrer sous", "mélange pem.", "pression pem.", "Recirculation Conc.", "Hybride", "ERD", "Lancer le calcul", "Schéma flottant", "Résumé Calc.", "Imprimer", "Diagramme des débits", "de base", "partiel", "Split partiel", "Outils", and "calculatrice".
- Project Information:** Projet: sea water RO1, Calculé par: ims design, Température: 25,0 °C, Type d'eau: Eau saumâtre de forage faible colm, Date: 08/05/2017.
- Trains:** A table for Pass 1 with parameters such as pH alimentation (8,30), Taux de conversion perméat (% 45,00), Débit perméat (200000,0 m3/d), Flux moyen (28,7 lmh), Débit alimentation (444444,4 m3/d), Débit rejet (244444,4 m3/d), and various chemical and membrane parameters.
- Spécifications du système:** Type d'élément: SWCS MAX, Éléments / Tube: 7, Nombre de tubes: 1014, Etages: 1.
- Calculs ERD:** Echangeur de pression with parameters: Fuite (1,00 %), Mélange volumétrique (6,00 %), Différentiel H.P. (7,25 bar), Pression Boost (11,13 bar).

The bottom status bar shows: Analysis : New | Design : sea_RO SWC645 | Version : 1.215.69 % | Email : imsd-support@hydranauticsprojections.net | Screen resolution : 1366 X 768 | Font Size : 100 % (96 DPI). The system tray includes the date and time: 08/05/2017 09:02.

Fig.21. image capture écran de l'étape de dimensionnement avant le calcul

Hydranautics - A Nitto Group Company, IMSDesign-2016

A propos Aide en ligne Valeurs de design

Analyse Dimensionnement Calcul Post-traitement

nouveau mélange perm. Hybride

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

enregistrer sous Recirculation Conc. Pompe Booster

Fichier Projet Options Actions Deux Pass Outils

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

Trains

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

Résultats de calcul

(Tous les débits sont par tube)

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

Calculs ERD

Echangeur de pression

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

Concentration perméat

Ca	1,325	K	7,515	Sr	0,044	Cl	270,095	P04	0,000	CO2	0,781
Mg	4,215	NH4	0,000	HC03	3,654	NO3	0,000	SiO2	0,000	CO3	0,002
Na	167,291	Ba	0,000	S04	9,452	F	0,038	B	0,000	pH	6,8
										TDS	463,63 mg/l

Saturations et paramètres concentrat

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

avertissement:

- Séquestrant nécessaire.

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

FR 10:40 08/05/2017

Fig.22. image capture écran de l'étape de dimensionnement après le calcul

➤ Etape3

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

Hydranautics - A Nitto Group Company, IMSDesign-2016

A propos Aide en ligne Valeurs de design

Analyse Dimensionnement Calcul Post-traitement

nouveau

Ouvrir Enregistrer sous

Enregistrer puissance requise

Produits chimiques nécessaires Coût

Imprimer valeurs par défaut

USD - USA

Choisissez la monnaie

Fichier Projet calculs Options

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

Calcul de la puissance

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

Nitto HYDRANAUTICS Nitto Group Company

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

FR 09:05 08/05/2017

Fig.23. image capture écran de l'étape calcul

➤ Etape 4

Post-traitement : C'est la partie de traitement chimique de perméat

The screenshot shows the Hydranautics software interface for the post-treatment stage. The main window displays the following data:

Project: sea water RO1 | Calculé par: imsd design | Température: 25,0 °C | Type d'eau: Perméat OI | Date: 08/05/2017

Water Quality Parameters:

- pH: 6,53
- CO3: 0,0 mg/l
- CO2: 0,8 mg/l
- Conductivité E: 481,6 µs/cm

Cations

	mg/l	mg/l CaCO3
Ca	0,64	1,59
Mg	2,03	8,30
Na	80,49	174,97
K	3,62	4,63
NH4	0,00	0,00
Ba	0,000	0,00
Sr	0,021	0,02
Total, meq/l		3,79

Anions

	mg/l	mg/l CaCO3
HCO3	1,76	1,44
SO4	4,54	4,73
Cl	129,94	183,28
F	0,02	0,05
NO3	0,00	0,00
PO4	0,00	0,00
SiO2	0,00	
B	0,00	
total, meq/l		3,79

Taux de dosage des produits chimiques, mg/l (concentration 100%)

NaOH	NaHCO3	Na2CO3	Ca(OH)2	H2SO4	HCl	CO2	NaOCl
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Saturations

TDS calculé	223,1 mg/l	CaSO4	0,00 %
Force ionique	0,0039	BaSO4	0,00 %
Pression osmotique	0,17 bar	SrSO4	0,01 %
Ca3(PO4)2 SI	0,00	CaF2	0,00 %
indice de saturation	-4,94 Langelier	silice	0,00 %

The interface also includes a menu bar (A propos, Aide en ligne, Valeurs de design), a toolbar (nouveau, Ouvrir, enregistrer sous, Enreg, Decasser, Restaurer dosage, Imprimer, Enregistrer), and a status bar at the bottom with system information and a taskbar.

Fig.24. image capture écran de l'étape de post-traitement

III.4. Résultats obtenu par logiciel

Echangeur de pression

page : 1/3

Nom du projet	sea water RO1		
Calculé par	ims design	Débit perméat	200000,0 m3/d
Débit Pompe HP	8426,98 m3/h	Débit eau brute	444444,4 m3/d
Pression alimentation	74,8 bar	Taux de conversion perméat	45,00 %
Température alimentation	25,0 °C(77,0°F)	Age élément	5,0 années
pH eau alimentation	8,10	Déclin du flux %, par an	5,0
Dosage produit chimique,mg/l, -	None	Coefficient de colmatage	0,77 %
Fuite	1 %	Perte de flux par an,%	7,0 %
Mélange volumétrique	6 %		
Différentiel H.P.	7,25 bar		
Pression Boost	10,28 bar		
Energie spécifique	3,20 kwh/m3		
NDP pass	36,8 bar		
Flux moyen	23,6 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	8325,1	15	8,3	23,6	3	35,1	1,04	0	0	71,8	119,3	SWC4 MAX	8624	1232 x 7

Ion (mg/l)	Eau brute	eau mélangée	Eau alimentation	imprégner l'eau	Concentrat	Rejet ERD
Dureté, CaCO3	6413,85	6595,80	6595,80	5,177	11979,5	11645,16
Ca	418,00	429,86	429,86	0,337	780,7	758,93
Mg	1310,00	1347,16	1347,16	1,057	2446,8	2378,47
Na	10900,00	11208,26	11208,26	42,188	20329,5	19763,02
K	390,00	401,02	401,02	1,886	727,1	706,81
NH4	0,00	0,00	0,00	0,000	0,0	0,00
Ba	0,090	0,093	0,093	0,000	0,2	0,16
Sr	13,000	13,369	13,369	0,010	24,3	23,60
CO3	5,21	5,70	5,70	0,000	20,2	19,26
HCO3	152,00	155,93	155,93	0,943	272,3	265,09
SO4	2740,00	2817,72	2817,72	2,370	5117,5	4974,69
Cl	19700,00	20257,37	20257,37	68,085	36749,5	35725,37
F	1,40	1,44	1,44	0,010	2,6	2,53
NO3	0,70	0,72	0,72	0,018	1,3	1,26
PO4	0,00	0,00	0,00	0,000	0,0	0,00
SiO2	8,00	8,23	8,23	0,021	14,9	14,51
B	26,00	26,67	26,67	2,373	46,5	45,29
CO2	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26
TDS	35664,40	36673,54	36673,54	119,30	66533,38	64679,03
pH	8,10	8,10	8,10	6,06	8,33	8,33

Saturations	Eau brute	Eau alimentation	Concentrat	Limites
CaSO4 / ksp * 100, %	21	22	47	400
SrSO4 / ksp * 100, %	42	43	90	1200
BaSO4 / ksp * 100, %	360	372	734	10000
SiO2 saturation,%	6	6	10	140
CaF2 / ksp * 100, %	35	39	349	50000
Ca3 (PO4) 2 indice de saturation	0,0	0,0	0,0	2,4
Force ionique	0,71	0,73	1,32	
Pression osmotique, bar	26,0	26,8	48,5	

Echangeur de pression

page : 2/3

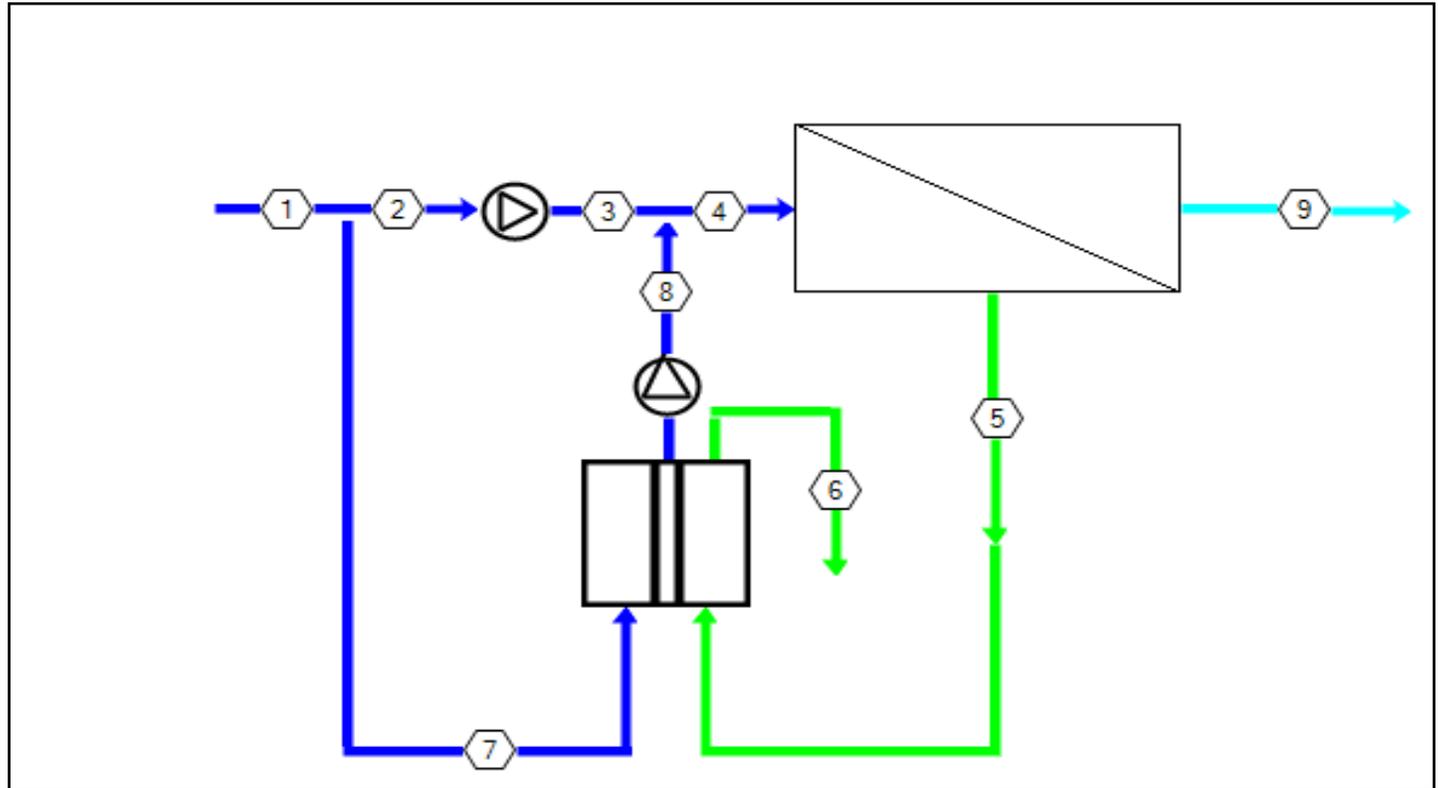
Nom du projet	sea water RO1		
Calculé par	ims design	Débit perméat	200000,0 m3/d
Débit Pompe HP	8426,98 m3/h	Débit eau brute	444444,4 m3/d
Pression alimentation	74,8 bar	Taux de conversion perméat	45,00 %
Température alimentation	25,0 °C(77,0°F)	Age élément	5,0 années
pH eau alimentation	8,10	Déclin du flux %, par an	5,0
Dosage produit chimique,mg/l, -	None	Coefficient de colmatage	0,77 %
Fuite	1 %	Perte de flux par an,%	7,0 %
Mélange volumétrique	6 %		
Différentiel H.P.	7,25 bar		
Pression Boost	10,28 bar		
Energie spécifique	3,20 kwh/m3		
NDP pass	36,8 bar		
Flux moyen	23,6 lmh		

										Eau saumâtre de forage faible colmatage							
Pass -	Perm.	Débit / Tube		Flux	DP	Flux	Bêta	Type alimentation			Perm.	Elément	Elément	PV# x			
										pression par étage							Elem #
Etage	Débit	Aliment						Perm.	Boost	Conc	TDS	Type	Quantité				
	m3/h	m3/h	Conc	lmh	bar	lmh		bar	bar	bar	mg/l						
1-1	8325,1	15	8,3	23,6	3	35,1	1,04	0	0	71,8	119,3	SWC4 MAX	8624	1232 x 7			
Pass -	Elément	Alimentati		Conc	NDP	l'eau	l'eau	Bêta	Perméat (Cumul des pass)								
Etage	No.	Pression	Perte	Osmo.		Débit	Flux		TDS	Ca	Mg	Na	Cl				
		bar	bar	bar	bar	m3/h	lmh										
1-1	1	74,8	0,62	29,6	45,5	1,4	35,1	1,04	60,6	0,171	0,536	21,399	34,533				
1-1	2	74,2	0,54	32,6	41,8	1,3	30,9	1,03	67,7	0,191	0,599	23,919	38,599				
1-1	3	73,7	0,47	35,8	38,2	1,1	27	1,03	75,8	0,214	0,671	26,784	43,224				
1-1	4	73,2	0,41	39,1	34,5	0,9	23,1	1,03	85	0,24	0,753	30,033	48,467				
1-1	5	72,8	0,37	42,3	30,9	0,8	19,5	1,03	95,3	0,269	0,844	33,682	54,357				
1-1	6	72,4	0,33	45,5	27,3	0,7	16,3	1,03	106,7	0,302	0,946	37,737	60,901				
1-1	7	72,1	0,3	48,5	24	0,5	13,4	1,02	119,3	0,337	1,057	42,188	68,085				

Echangeur de pression

Nom du projet : sea water RO1
 Température : 25,0   C

page : 3/3
 Age   l  ment, P1 : 5,0 années



Stream No.	Débit (m3/h)	Pression (bar)	TDS	pH
1	18517	0	35664	
2	8427	0	35664	
3	8427	74,8	35664	
4	18517	74,8	36674	
5	10191	71,8	66533	
6	10191	0	64679	
7	10090	0	35664	
8	10090	74,8	37516	
9	8325	0	119	

Echangeur de pression

Nom du projet	sea water RO1		
Calculé par	ims design	Débit perméat	200000,0 m3/d
Débit Pompe HP	8426,98 m3/h	Débit eau brute	444444,4 m3/d
Pression alimentation	74,8 bar	Taux de conversion perméat	45,00 %
Température alimentation	25,0 °C(77,0°F)	Age élément	5,0 années
pH eau alimentation	8,10	Déclin du flux %, par an	5,0
Dosage produit chimique,mg/l, -	None	Coefficient de colmatage	0,77 %
Fuite	1 %	Perte de flux par an,%	7,0 %
Mélange volumétrique	6 %		
Différentiel H.P.	7,25 bar		
Pression Boost	10,28 bar		
Energie spécifique	3,20 kwh/m3		
NDP pass	36,8 bar		
Flux moyen	23,6 lmh		

										Eau saumâtre de forage faible colmatage				
										Type alimentation				
Pass - Perm.	Débit / Tube		Flux	DP	Flux	Bêta	pression par étage			Perm.	Elément	Elément	PV# x	
Etage	Débit	ation	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	8325,1	15	8,3	23,6	3	35,1	1,04	0	0	71,8	118,8	SWC4B MAX	8624 1232 x 7	

Ion (mg/l)	Eau brute	eau mélangée	Eau alimentation	imprégner l'eau	Concentrat	Rejet ERD
Dureté, CaCO3	6413,85	6595,80	6595,80	5,177	11979,5	11645,16
Ca	418,00	429,86	429,86	0,337	780,7	758,93
Mg	1310,00	1347,16	1347,16	1,057	2446,8	2378,47
Na	10900,00	11208,26	11208,26	42,188	20329,5	19763,02
K	390,00	401,02	401,02	1,886	727,1	706,81
NH4	0,00	0,00	0,00	0,000	0,0	0,00
Ba	0,090	0,093	0,093	0,000	0,2	0,16
Sr	13,000	13,369	13,369	0,010	24,3	23,60
CO3	5,21	5,70	5,70	0,000	20,2	19,26
HCO3	152,00	155,93	155,93	0,943	272,3	265,09
SO4	2740,00	2817,72	2817,72	2,370	5117,5	4974,69
Cl	19700,00	20257,37	20257,37	68,085	36749,5	35725,37
F	1,40	1,44	1,44	0,010	2,6	2,53
NO3	0,70	0,72	0,72	0,018	1,3	1,26
PO4	0,00	0,00	0,00	0,000	0,0	0,00
SiO2	8,00	8,23	8,23	0,021	14,9	14,51
B	26,00	26,69	26,69	1,830	47,0	45,73
CO2	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26
TDS	35664,40	36673,56	36673,56	118,76	66533,85	64679,48
pH	8,10	8,10	8,10	6,06	8,33	8,33

Saturations	Eau brute	Eau alimentation	Concentrat	Limites
CaSO4 / ksp * 100, %	21	22	47	400
SrSO4 / ksp * 100, %	42	43	90	1200
BaSO4 / ksp * 100, %	360	372	734	10000
SiO2 saturation,%	6	6	10	140
CaF2 / ksp * 100, %	35	39	349	50000
Ca3 (PO4) 2 indice de saturation	0,0	0,0	0,0	2,4
Force ionique	0,71	0,73	1,32	
Pression osmotique, bar	26,0	26,8	48,5	

Echangeur de pression

page : 2/3

Nom du projet	sea water RO1		
Calculé par	ims design	Débit perméat	200000,0 m3/d
Débit Pompe HP	8426,98 m3/h	Débit eau brute	444444,4 m3/d
Pression alimentation	74,8 bar	Taux de conversion perméat	45,00 %
Température alimentation	25,0 °C(77,0°F)	Age élément	5,0 années
pH eau alimentation	8,10	Déclin du flux %, par an	5,0
Dosage produit chimique,mg/l, -	None	Coefficient de colmatage	0,77 %
Fuite	1 %	Perte de flux par an,%	7,0 %
Mélange volumétrique	6 %		
Différentiel H.P.	7,25 bar		
Pression Boost	10,28 bar		
Energie spécifique	3,20 kwh/m3		
NDP pass	36,8 bar		
Flux moyen	23,6 lmh		

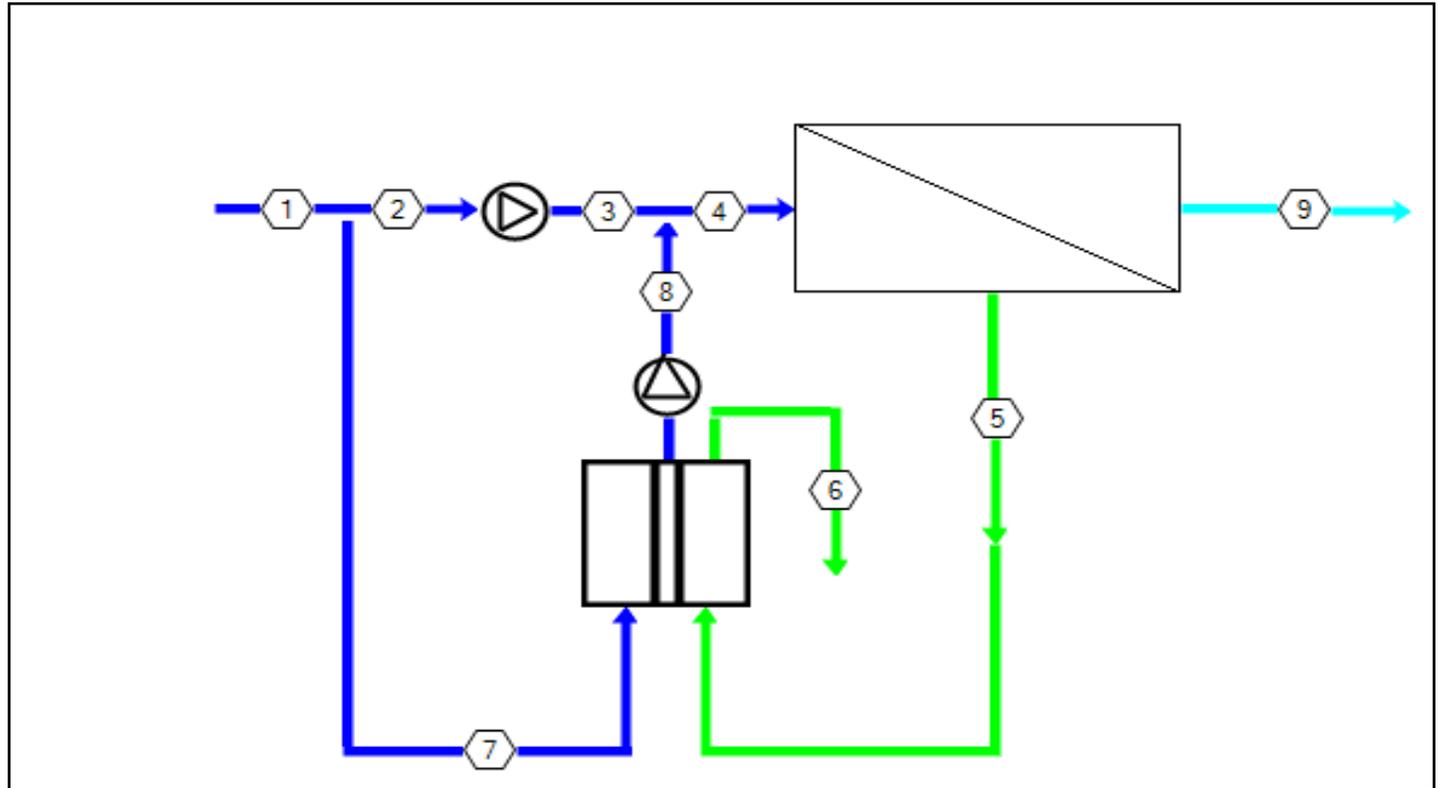
Pass -	Perm.	Débit / Tube		Flux	DP	Flux	Bêta	Type alimentation			Eau saumâtre de forage faible colmatage			
		Aliment	Conc					pression par étage			Perm.	Elément	Elément	PV# x
Etage	Débit	m3/h	m3/h	lmh	bar	lmh		bar	bar	bar	TDS	Type	Quantité	Elem #
1-1	8325,1	15	8,3	23,6	3	35,1	1,04	0	0	71,8	118,8	SWC4B MAX	8624	1232 x 7
Pass -	Elément	Alimentation		Conc Osmo.	NDP	imprégner		Bêta	TDS	Perméat (Cumul des pass)				
Etage	No.	Pression	Perte			l'eau	r l'eau			Débit	Flux	Ca	Mg	Na
		bar	bar	bar	bar	m3/h	lmh							
1-1	1	74,8	0,62	29,6	45,5	1,4	35,1	1,04	60,3	0,171	0,536	21,399	34,533	
1-1	2	74,2	0,54	32,6	41,8	1,3	30,9	1,03	67,4	0,191	0,599	23,919	38,599	
1-1	3	73,7	0,47	35,8	38,2	1,1	27	1,03	75,5	0,214	0,671	26,784	43,224	
1-1	4	73,2	0,41	39,1	34,5	0,9	23,1	1,03	84,6	0,24	0,753	30,033	48,467	
1-1	5	72,8	0,37	42,3	30,9	0,8	19,5	1,03	94,9	0,269	0,844	33,682	54,357	
1-1	6	72,4	0,33	45,5	27,3	0,7	16,3	1,03	106,3	0,302	0,946	37,737	60,901	
1-1	7	72,1	0,3	48,5	24	0,5	13,4	1,02	118,8	0,337	1,057	42,188	68,085	

Echangeur de pression

Nom du projet : sea water RO1
 Température : 25,0 °C

page : 3/3

Age élément, P1 : 5,0 années



Stream No.	Débit (m3/h)	Pression (bar)	TDS	pH
1	18517	0	35664	
2	8427	0	35664	
3	8427	74,8	35664	
4	18517	74,8	36674	
5	10191	71,8	66534	
6	10191	0	64679	
7	10090	0	35664	
8	10090	74,8	37516	
9	8325	0	119	

Echangeur de pression

Nom du projet	sea water RO1		
Calculé par	ims design	Débit perméat	200000,0 m3/d
Débit Pompe HP	8430,20 m3/h	Débit eau brute	444444,4 m3/d
Pression alimentation	77,6 bar	Taux de conversion perméat	45,00 %
Température alimentation	25,0 °C(77,0°F)	Age élément	5,0 années
pH eau alimentation	8,10	Déclin du flux %, par an	5,0
Dosage produit chimique,mg/l, -	None	Coefficient de colmatage	0,77 %
Fuite	1 %	Perte de flux par an,%	7,0 %
Mélange volumétrique	6 %		
Différentiel H.P.	7,25 bar		
Pression Boost	8,61 bar		
Energie spécifique	3,23 kwh/m3		
NDP pass	40,4 bar		
Flux moyen	26,0 lmh		

										Eau saumâtre de forage faible colmatage				
										Type alimentation				
Pass - Perm.	Débit / Tube		Flux	DP	Flux	Bêta	pression par étage			Perm.	Elément	Elément	PV# x	
Etage	Débit	ation	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	8328,3	15	8,3	26	1,4	37	1,03	0	0	76,3	106,1	SWC4B-LD	8624 1232 x 7	

Ion (mg/l)	Eau brute	eau mélangée	Eau alimentation	imprégner l'eau	Concentrat	Rejet ERD
Dureté, CaCO3	6413,85	6595,89	6595,89	4,626	11983,9	11649,29
Ca	418,00	429,86	429,86	0,301	781,0	759,20
Mg	1310,00	1347,18	1347,18	0,945	2447,7	2379,31
Na	10900,00	11208,51	11208,51	37,700	20340,1	19772,93
K	390,00	401,03	401,03	1,686	727,5	707,20
NH4	0,00	0,00	0,00	0,000	0,0	0,00
Ba	0,090	0,093	0,093	0,000	0,2	0,16
Sr	13,000	13,369	13,369	0,009	24,3	23,61
CO3	5,21	5,70	5,70	0,000	20,2	19,27
HCO3	152,00	155,94	155,94	0,842	272,4	265,16
SO4	2740,00	2817,76	2817,76	2,117	5119,4	4976,47
Cl	19700,00	20257,79	20257,79	60,841	36767,8	35742,56
F	1,40	1,44	1,44	0,009	2,6	2,54
NO3	0,70	0,72	0,72	0,016	1,3	1,26
PO4	0,00	0,00	0,00	0,000	0,0	0,00
SiO2	8,00	8,23	8,23	0,019	14,9	14,52
B	26,00	26,69	26,69	1,641	47,2	45,90
CO2	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26
TDS	35664,40	36674,30	36674,30	106,13	66566,45	64710,12
pH	8,10	8,10	8,10	6,02	8,33	8,33

Saturations	Eau brute	Eau alimentation	Concentrat	Limites
CaSO4 / ksp * 100, %	21	22	47	400
SrSO4 / ksp * 100, %	42	43	90	1200
BaSO4 / ksp * 100, %	360	372	734	10000
SiO2 saturation,%	6	6	10	140
CaF2 / ksp * 100, %	35	39	349	50000
Ca3 (PO4) 2 indice de saturation	0,0	0,0	0,0	2,4
Force ionique	0,71	0,73	1,32	
Pression osmotique, bar	26,0	26,8	48,6	

Echangeur de pression

page : 2/3

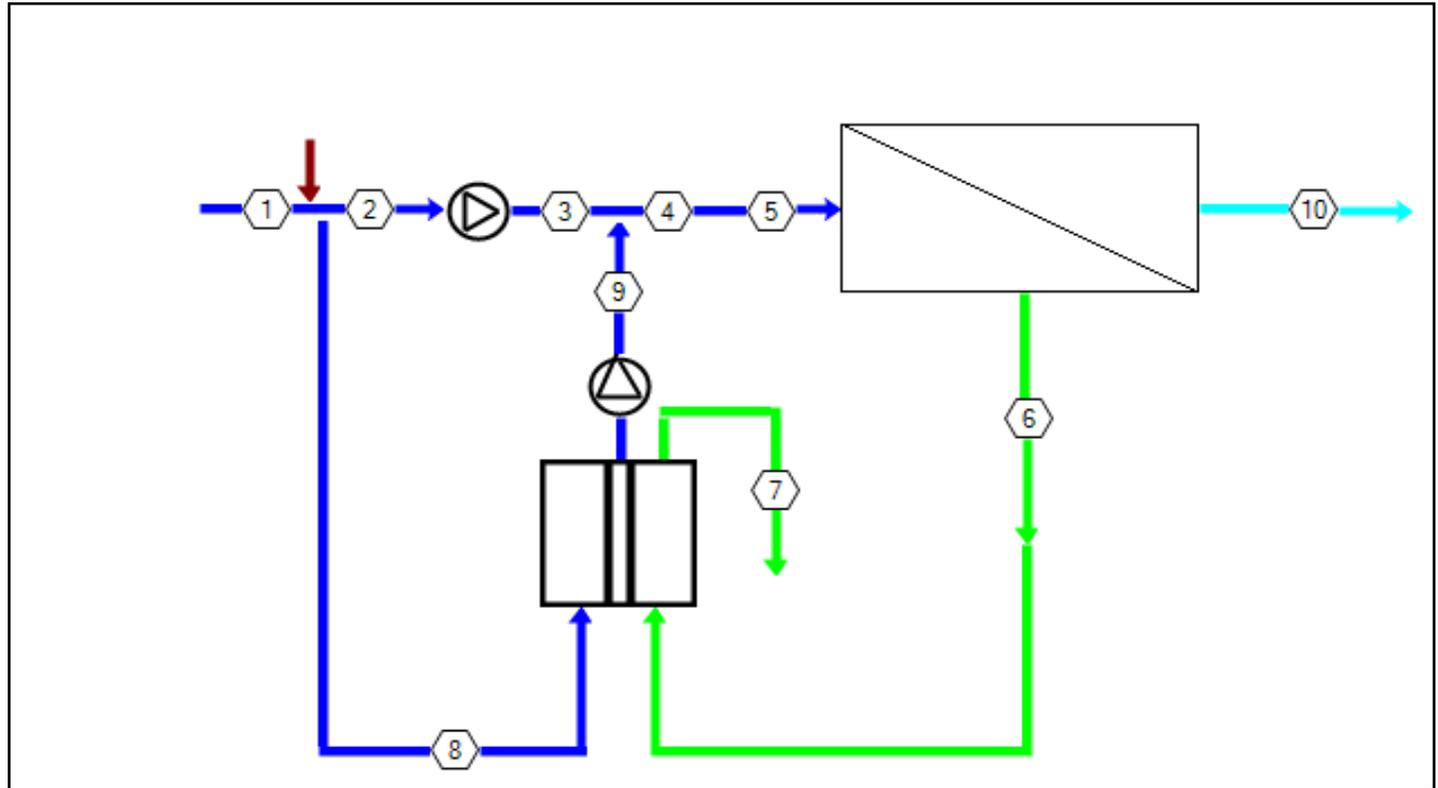
Nom du projet	sea water RO1		
Calculé par	ims design	Débit perméat	200000,0 m3/d
Débit Pompe HP	8430,20 m3/h	Débit eau brute	444444,4 m3/d
Pression alimentation	77,6 bar	Taux de conversion perméat	45,00 %
Température alimentation	25,0 °C(77,0°F)	Age élément	5,0 années
pH eau alimentation	8,10	Déclin du flux %, par an	5,0
Dosage produit chimique,mg/l, -	None	Coefficient de colmatage	0,77 %
Fuite	1 %	Perte de flux par an,%	7,0 %
Mélange volumétrique	6 %		
Différentiel H.P.	7,25 bar		
Pression Boost	8,61 bar		
Energie spécifique	3,23 kwh/m3		
NDP pass	40,4 bar		
Flux moyen	26,0 lmh		

										Eau saumâtre de forage faible colmatage							
Pass -	Perm.	Débit / Tube		Flux	DP	Flux	Bêta	Type alimentation			Perm.	Elément	Elément	PV# x			
										pression par étage							Elem #
Etage	Débit	Aliment						Perm.	Boost	Conc	TDS	Type	Quantité				
	m3/h	m3/h	Conc	lmh	bar	lmh		bar	bar	bar	mg/l						
1-1	8328,3	15	8,3	26	1,4	37	1,03	0	0	76,3	106,1	SWC4B-LD	8624	1232	x 7		
Pass -	Elément	Alimentati		Conc	NDP	l'eau	l'eau	Bêta	Perméat (Cumul des pass)								
Etage	No.	Pression	Perte	Osmo.		Débit	Flux		TDS	Ca	Mg	Na	Cl				
		bar	bar	bar	bar	m3/h	lmh										
1-1	1	77,6	0,27	29,4	48,6	1,4	37	1,03	56,3	0,16	0,501	19,989	32,257				
1-1	2	77,3	0,24	32,4	45,3	1,2	33,3	1,03	62,4	0,177	0,554	22,123	35,702				
1-1	3	77,1	0,21	35,5	42	1,1	29,4	1,03	69,2	0,196	0,615	24,552	39,621				
1-1	4	76,9	0,19	38,7	38,6	1	25,6	1,03	76,9	0,218	0,684	27,309	44,07				
1-1	5	76,7	0,16	42,1	35,1	0,8	22,1	1,03	85,7	0,243	0,762	30,414	49,082				
1-1	6	76,5	0,15	45,4	31,7	0,7	18,7	1,03	95,4	0,271	0,849	33,878	54,673				
1-1	7	76,4	0,13	48,5	28,4	0,6	15,6	1,02	106,1	0,301	0,945	37,7	60,841				

Echangeur de pression

Nom du projet : sea water RO1
 Température : 25,0 °C

page : 3/3
 Age élément, P1 : 5,0 années



Stream No.	Débit (m3/h)	Pression (bar)	TDS	pH
1	18517	0	35664	
2	8430	0	35664	
3	8430	77,6	35664	
4	18517	77,6	36674	
5	10188	76,3	66566	
6	10188	0	64710	
7	10086	0	35664	
8	10086	77,6	37518	
9	8328	0	106	

Echangeur de pression

Nom du projet	sea water RO1		page : 1/3
Calculé par	ims design	Débit perméat	200000,0 m3/d
Débit Pompe HP	8430,01 m3/h	Débit eau brute	444444,4 m3/d
Pression alimentation	65,7 bar	Taux de conversion perméat	45,00 %
Température alimentation	25,0 °C(77,0°F)	Age élément	5,0 années
pH eau alimentation	8,10	Déclin du flux %, par an	5,0
Dosage produit chimique,mg/l, -	None	Coefficient de colmatage	0,77 %
Fuite	1 %	Perte de flux par an,%	7,0 %
Mélange volumétrique	6 %		
Différentiel H.P.	7,25 bar		
Pression Boost	10,23 bar		
Energie spécifique	2,87 kwh/m3		
NDP pass	27,8 bar		
Flux moyen	23,6 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	ation	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	8328,2	15	8,3	23,6	3	38,5	1,04	0	0	62,7	167,7	SWC5 MAX	8624	1232 x 7

Ion (mg/l)	Eau brute	eau mélangée	Eau alimentation	imprégner l'eau	Concentrat	Rejet ERD
Dureté, CaCO3	6413,85	6595,81	6595,81	7,252	11981,4	11646,93
Ca	418,00	429,86	429,86	0,473	780,8	759,05
Mg	1310,00	1347,16	1347,16	1,481	2447,1	2378,83
Na	10900,00	11207,89	11207,89	59,071	20321,1	19755,09
K	390,00	401,00	401,00	2,641	726,6	706,40
NH4	0,00	0,00	0,00	0,000	0,0	0,00
Ba	0,090	0,093	0,093	0,000	0,2	0,16
Sr	13,000	13,369	13,369	0,015	24,3	23,61
CO3	5,21	5,69	5,69	0,000	20,1	19,22
HCO3	152,00	155,92	155,92	1,319	272,0	264,83
SO4	2740,00	2817,73	2817,73	3,319	5118,3	4975,40
Cl	19700,00	20256,80	20256,80	95,332	36737,1	35713,80
F	1,40	1,44	1,44	0,014	2,6	2,53
NO3	0,70	0,72	0,72	0,025	1,3	1,25
PO4	0,00	0,00	0,00	0,000	0,0	0,00
SiO2	8,00	8,23	8,23	0,030	14,9	14,51
B	26,00	26,62	26,62	4,012	45,1	43,96
CO2	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26
TDS	35664,40	36672,53	36672,53	167,73	66511,70	64658,68
pH	8,10	8,10	8,10	6,21	8,33	8,33

Saturations	Eau brute	Eau alimentation	Concentrat	Limites
CaSO4 / ksp * 100, %	21	22	47	400
SrSO4 / ksp * 100, %	42	43	90	1200
BaSO4 / ksp * 100, %	360	372	735	10000
SiO2 saturation,%	6	6	10	140
CaF2 / ksp * 100, %	35	39	348	50000
Ca3 (PO4) 2 indice de saturation	0,0	0,0	0,0	2,4
Force ionique	0,71	0,73	1,32	
Pression osmotique, bar	26,0	26,8	48,5	

Echangeur de pression

page : 2/3

Nom du projet	sea water RO1		
Calculé par	ims design	Débit perméat	200000,0 m3/d
Débit Pompe HP	8430,01 m3/h	Débit eau brute	444444,4 m3/d
Pression alimentation	65,7 bar	Taux de conversion perméat	45,00 %
Température alimentation	25,0 °C(77,0°F)	Age élément	5,0 années
pH eau alimentation	8,10	Déclin du flux %, par an	5,0
Dosage produit chimique,mg/l, -	None	Coefficient de colmatage	0,77 %
Fuite	1 %	Perte de flux par an,%	7,0 %
Mélange volumétrique	6 %		
Différentiel H.P.	7,25 bar		
Pression Boost	10,23 bar		
Energie spécifique	2,87 kwh/m3		
NDP pass	27,8 bar		
Flux moyen	23,6 lmh		

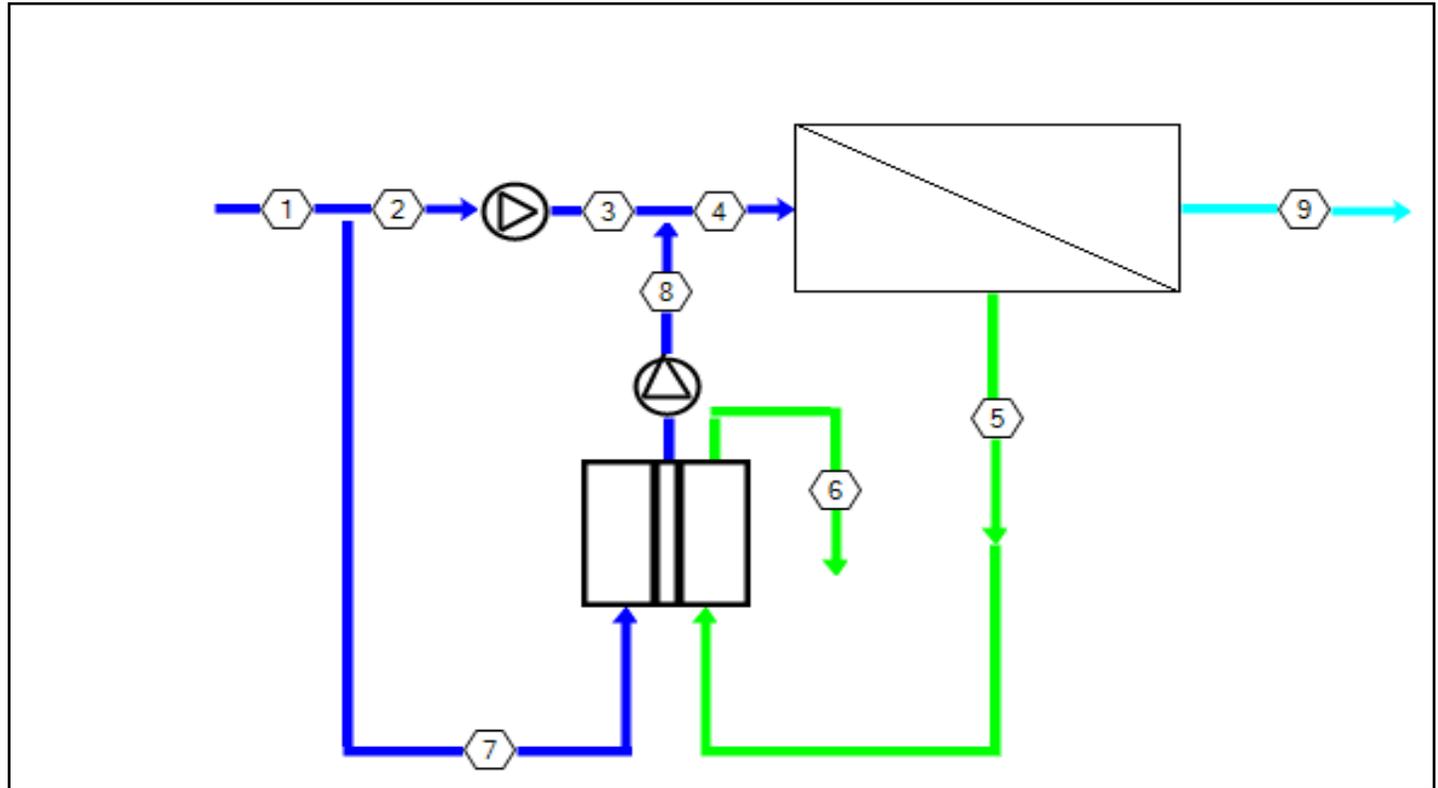
										Eau saumâtre de forage faible colmatage							
Pass -	Perm.	Débit / Tube		Flux	DP	Flux	Bêta	Type alimentation			Perm.	Elément	Elément	PV# x			
										pression par étage							Elem #
Etage	Débit	Aliment						Perm.	Boost	Conc	TDS	Type	Quantité				
	m3/h	m3/h	Conc	lmh	bar	lmh		bar	bar	bar	mg/l						
1-1	8328,2	15	8,3	23,6	3	38,5	1,04	0	0	62,7	167,7	SWC5 MAX	8624	1232	x 7		
Pass -	Elément	Alimentati		Conc	NDP	l'eau	l'eau	Bêta	Perméat (Cumul des pass)								
Etage	No.	Pression	Perte	Osmo.		Débit	Flux		TDS	Ca	Mg	Na	Cl				
		bar	bar	bar	bar	m3/h	lmh										
1-1	1	65,7	0,61	29,9	36,1	1,6	38,5	1,04	77,5	0,218	0,682	27,211	43,911				
1-1	2	65	0,53	33,2	32,2	1,3	32,8	1,04	88,2	0,248	0,777	30,999	50,025				
1-1	3	64,5	0,46	36,6	28,4	1,1	27,5	1,03	100,6	0,283	0,886	35,366	57,073				
1-1	4	64,1	0,4	39,9	24,7	0,9	22,6	1,03	114,7	0,323	1,011	40,339	65,098				
1-1	5	63,7	0,36	43,1	21	0,7	18,2	1,03	130,8	0,368	1,153	46,014	74,258				
1-1	6	63,3	0,32	45,9	17,8	0,6	14,4	1,02	148,5	0,418	1,31	52,269	84,354				
1-1	7	63	0,3	48,5	14,9	0,5	11,4	1,02	167,7	0,473	1,481	59,071	95,332				

Echangeur de pression

Nom du projet : sea water RO1
 Température : 25,0 °C

page : 3/3

Age élément, P1 : 5,0 années



Stream No.	Débit (m3/h)	Pression (bar)	TDS	pH
1	18517	0	35664	
2	8430	0	35664	
3	8430	65,7	35664	
4	18517	65,7	36673	
5	10188	62,7	66512	
6	10188	0	64659	
7	10087	0	35664	
8	10087	65,7	37515	
9	8328	0	168	

Echangeur de pression

page : 1/3

Nom du projet	sea water RO1		
Calculé par	ims design	Débit perméat	200000,0 m3/d
Débit Pompe HP	8428,38 m3/h	Débit eau brute	444444,4 m3/d
Pression alimentation	67,3 bar	Taux de conversion perméat	45,00 %
Température alimentation	25,0 °C(77,0°F)	Age élément	5,0 années
pH eau alimentation	8,10	Déclin du flux %, par an	5,0
Dosage produit chimique,mg/l, -	None	Coefficient de colmatage	0,77 %
Fuite	1 %	Perte de flux par an,%	7,0 %
Mélange volumétrique	6 %		
Différentiel H.P.	7,25 bar		
Pression Boost	8,92 bar		
Energie spécifique	2,87 kwh/m3		
NDP pass	30,0 bar		
Flux moyen	26,0 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	8326,5	15	8,3	26	1,7	40,4	1,04	0	0	65,7	150,8	SWC5-LD	8624	1232 x 7

Ion (mg/l)	Eau brute	eau mélangée	Eau alimentation	imprégner l'eau	Concentrat	Rejet ERD
Dureté, CaCO3	6413,85	6595,79	6595,79	6,519	11980,1	11645,66
Ca	418,00	429,86	429,86	0,425	780,8	758,96
Mg	1310,00	1347,16	1347,16	1,332	2446,9	2378,57
Na	10900,00	11208,00	11208,00	53,111	20322,9	19756,79
K	390,00	401,01	401,01	2,374	726,7	706,51
NH4	0,00	0,00	0,00	0,000	0,0	0,00
Ba	0,090	0,093	0,093	0,000	0,2	0,16
Sr	13,000	13,369	13,369	0,013	24,3	23,60
CO3	5,21	5,70	5,70	0,000	20,1	19,23
HCO3	152,00	155,93	155,93	1,186	272,1	264,92
SO4	2740,00	2817,72	2817,72	2,984	5117,7	4974,88
Cl	19700,00	20256,97	20256,97	85,714	36739,4	35715,91
F	1,40	1,44	1,44	0,012	2,6	2,53
NO3	0,70	0,72	0,72	0,023	1,3	1,25
PO4	0,00	0,00	0,00	0,000	0,0	0,00
SiO2	8,00	8,23	8,23	0,027	14,9	14,51
B	26,00	26,64	26,64	3,633	45,4	44,26
CO2	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26
TDS	35664,40	36672,82	36672,82	150,83	66515,41	64662,14
pH	8,10	8,10	8,10	6,16	8,33	8,33

Saturations	Eau brute	Eau alimentation	Concentrat	Limites
CaSO4 / ksp * 100, %	21	22	47	400
SrSO4 / ksp * 100, %	42	43	90	1200
BaSO4 / ksp * 100, %	360	372	734	10000
SiO2 saturation,%	6	6	10	140
CaF2 / ksp * 100, %	35	39	348	50000
Ca3 (PO4) 2 indice de saturation	0,0	0,0	0,0	2,4
Force ionique	0,71	0,73	1,32	
Pression osmotique, bar	26,0	26,8	48,5	

Echangeur de pression

page : 2/3

Nom du projet	sea water RO1		
Calculé par	ims design	Débit perméat	200000,0 m3/d
Débit Pompe HP	8428,38 m3/h	Débit eau brute	444444,4 m3/d
Pression alimentation	67,3 bar	Taux de conversion perméat	45,00 %
Température alimentation	25,0 °C(77,0°F)	Age élément	5,0 années
pH eau alimentation	8,10	Déclin du flux %, par an	5,0
Dosage produit chimique,mg/l, -	None	Coefficient de colmatage	0,77 %
Fuite	1 %	Perte de flux par an,%	7,0 %
Mélange volumétrique	6 %		
Différentiel H.P.	7,25 bar		
Pression Boost	8,92 bar		
Energie spécifique	2,87 kwh/m3		
NDP pass	30,0 bar		
Flux moyen	26,0 lmh		

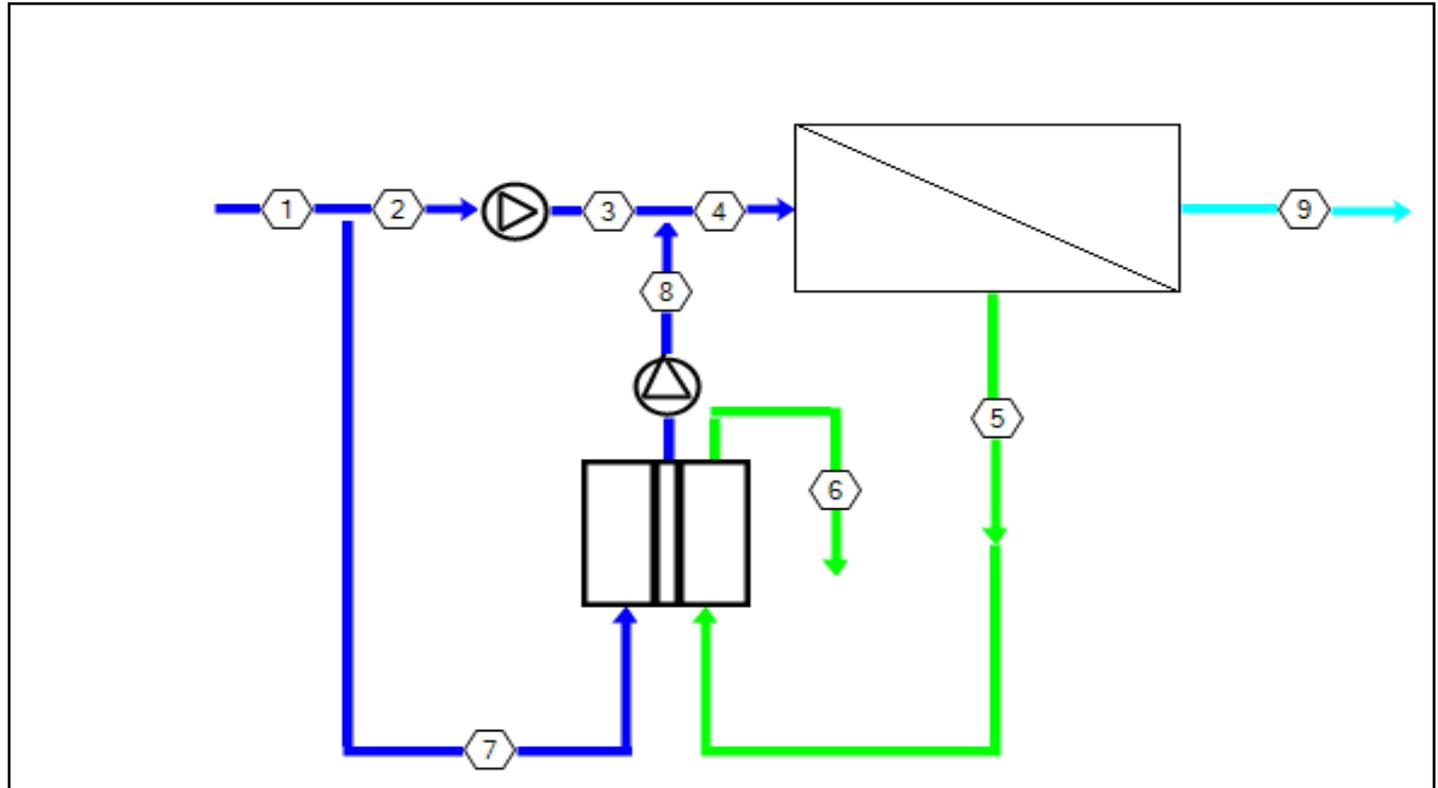
Pass -	Perm.	Débit / Tube		Flux	DP	Flux	Bêta	Type alimentation			Eau saumâtre de forage faible colmatage			
		Aliment	Conc					pression par étage			Perm.	Elément	Elément	PV# x Elem #
Etage	Débit	m3/h	m3/h	lmh	bar	lmh		Perm.	Boost	Conc	TDS	Type	Quantité	
1-1	8326,5	15	8,3	26	1,7	40,4	1,04	0	0	65,7	150,8	SWC5-LD	8624	1232 x 7
Pass -	Elément	Alimentation		Conc Osmo.	NDP	imprégner		Bêta	TDS	Perméat (Cumul des pass)				
Etage	No.	Pression	Perte			l'eau	r l'eau			Débit	Flux	Ca	Mg	Na
		bar	bar	bar	bar	m3/h	lmh							
1-1	1	67,3	0,34	29,7	38,1	1,5	40,4	1,04	73,1	0,205	0,644	25,689	41,456	
1-1	2	67	0,29	32,9	34,5	1,3	35,1	1,04	82,5	0,232	0,727	28,996	46,793	
1-1	3	66,7	0,26	36,2	31	1,1	29,9	1,03	93,2	0,262	0,821	32,772	52,886	
1-1	4	66,4	0,23	39,5	27,5	0,9	25,1	1,03	105,4	0,296	0,929	37,067	59,819	
1-1	5	66,2	0,2	42,7	24	0,8	20,7	1,03	119,1	0,335	1,05	41,897	67,614	
1-1	6	66	0,18	45,7	20,8	0,6	17	1,02	134,3	0,378	1,185	47,253	76,259	
1-1	7	65,8	0,17	48,5	17,8	0,5	13,6	1,02	150,8	0,425	1,332	53,111	85,714	

Echangeur de pression

Nom du projet : sea water RO1
 Température : 25,0 °C

page : 3/3

Age élément, P1 : 5,0 années



Stream No.	Débit (m3/h)	Pression (bar)	TDS	pH
1	18517	0	35664	
2	8428	0	35664	
3	8428	67,3	35664	
4	18517	67,3	36673	
5	10190	65,7	66515	
6	10190	0	64662	
7	10088	0	35664	
8	10088	67,3	37515	
9	8327	0	151	

Echangeur de pression

Nom du projet	sea water RO1		
Calculé par	ims design	Débit perméat	200000,0 m3/d
Débit Pompe HP	8442,30 m3/h	Débit eau brute	444444,4 m3/d
Pression alimentation	60,5 bar	Taux de conversion perméat	45,00 %
Température alimentation	25,0 °C(77,0°F)	Age élément	5,0 années
pH eau alimentation	8,30	Déclin du flux %, par an	5,0
Dosage produit chimique,mg/l, 100 %	0,4 H2SO4	Coefficient de colmatage	0,77 %
Fuite	1 %	Perte de flux par an,%	7,0 %
Mélange volumétrique	6 %		
Différentiel H.P.	7,25 bar		
Pression Boost	10,16 bar		
Energie spécifique	2,68 kwh/m3		
NDP pass	22,4 bar		
Flux moyen	23,6 lmh		

								Eau saumâtre de forage faible colmatage						
								Type alimentation						
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	mg/l				
1-1	8340,5	15	8,3	23,6	2,9	43,1	1,04	0	0	57,6	273,3	SWC6 MAX 8624 1232 x 7		

Ion (mg/l)	Eau brute	eau mélangée	Eau alimentation	imprégner l'eau	Concentrat	Rejet ERD
Dureté, CaCO3	6495,82	6680,24	6680,24	12,124	12145,5	11806,18
Ca	418,00	429,87	429,87	0,780	781,6	759,72
Mg	1330,00	1367,76	1367,76	2,482	2486,8	2417,28
Na	11035,00	11346,06	11346,06	98,630	20564,6	19992,11
K	397,00	408,17	408,17	4,432	739,1	718,52
NH4	0,00	0,00	0,00	0,000	0,0	0,00
Ba	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,00
Sr	14,000	14,397	14,397	0,026	26,2	25,45
CO3	12,61	8,90	8,90	0,001	30,2	28,89
HCO3	146,00	153,76	153,76	2,156	262,8	256,03
SO4	2769,00	2847,99	2847,99	5,568	5177,7	5033,05
Cl	19841,00	20400,82	20400,82	159,237	36991,1	35961,36
F	1,40	1,44	1,44	0,022	2,6	2,53
NO3	0,00	0,00	0,00	0,000	0,0	0,00
PO4	0,00	0,00	0,00	0,000	0,0	0,00
SiO2	0,00	0,00	0,00	0,000	0,0	0,00
B	0,00	0,00	0,00	0,000	0,0	0,00
CO2	0,48	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
TDS	35964,00	36979,20	36979,20	273,34	67062,69	65194,98
pH	8,50	8,30	8,30	6,62	8,52	8,52

Saturations	Eau brute	Eau alimentation	Concentrat	Limites
CaSO4 / ksp * 100, %	21	22	47	400
SrSO4 / ksp * 100, %	45	47	98	1200
BaSO4 / ksp * 100, %	0	0	0	10000
SiO2 saturation,%	0	0	0	140
CaF2 / ksp * 100, %	35	39	350	50000
Ca3 (PO4) 2 indice de saturation	0,0	0,0	0,0	2,4
Force ionique	0,71	0,73	1,33	
Pression osmotique, bar	26,3	27,0	49,0	

Echangeur de pression

page : 2/3

Nom du projet	sea water RO1		
Calculé par	ims design	Débit perméat	200000,0 m3/d
Débit Pompe HP	8442,30 m3/h	Débit eau brute	444444,4 m3/d
Pression alimentation	60,5 bar	Taux de conversion perméat	45,00 %
Température alimentation	25,0 °C(77,0°F)	Age élément	5,0 années
pH eau alimentation	8,30	Déclin du flux %, par an	5,0
Dosage produit chimique,mg/l, 100 %	0,4 H2SO4	Coefficient de colmatage	0,77 %
Fuite	1 %	Perte de flux par an,%	7,0 %
Mélange volumétrique	6 %		
Différentiel H.P.	7,25 bar		
Pression Boost	10,16 bar		
Energie spécifique	2,68 kwh/m3		
NDP pass	22,4 bar		
Flux moyen	23,6 lmh		

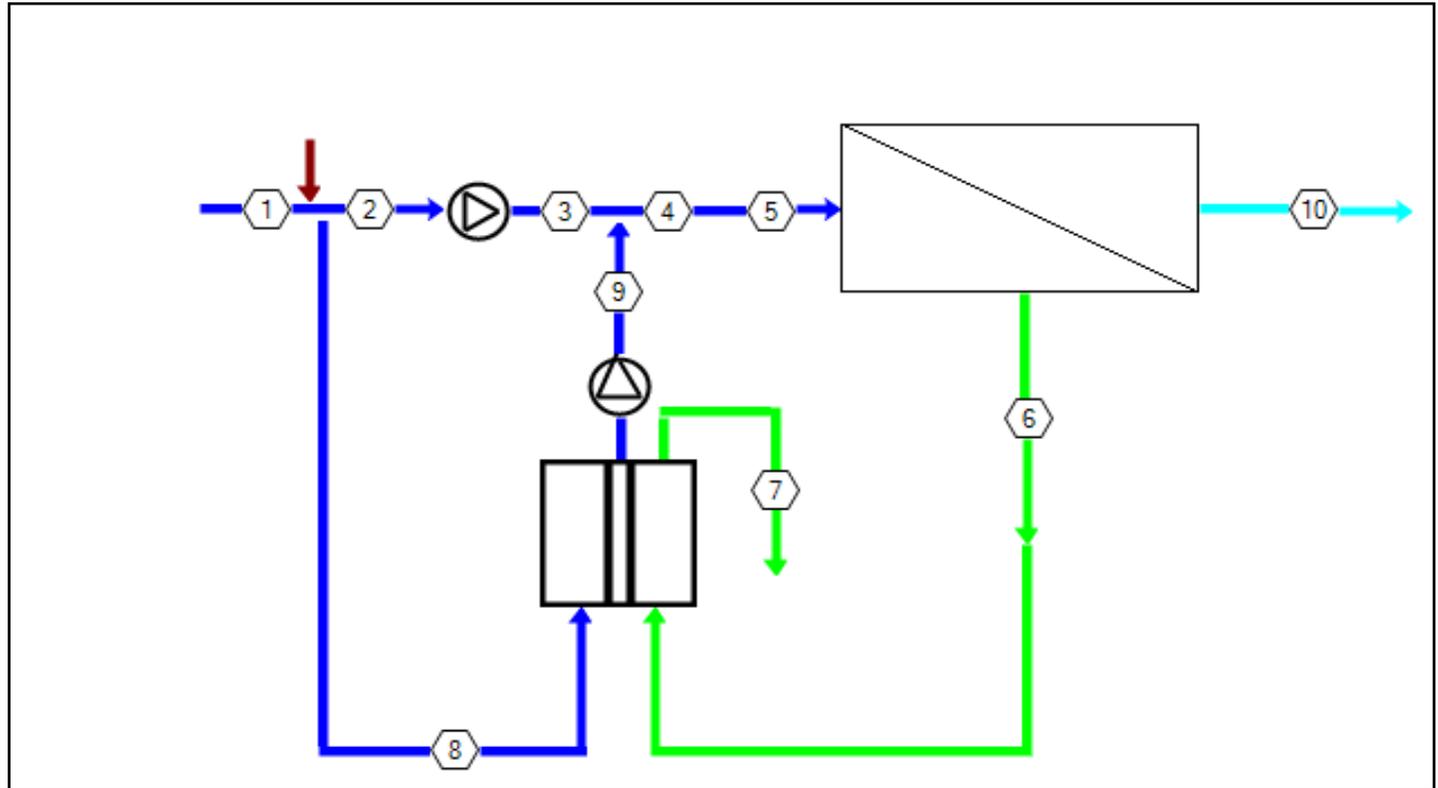
								Type alimentation	Eau saumâtre de forage faible colmatage					
Pass -	Perm.	Débit / Tube		Flux	DP	Flux	Bêta	pression par étage			Perm.	Elément	Elément	PV# x Elem #
Etage	Débit m3/h	Aliment ation m3/h	Conc m3/h	lmh	bar	lmh	max	Perm. bar	Boost bar	Conc bar	TDS mg/l	Type	Quantité	
1-1	8340,5	15	8,3	23,6	2,9	43,1	1,04	0	0	57,6	273,3	SWC6 MAX	8624	1232 x 7
Pass -	Elément	Alimentati on	Pression	Conc	NDP	imprégner l'eau	imprégne r l'eau	Bêta	Perméat (Cumul des pass)					
Etage	No.	Pression	Perte	Osmo. bar	bar	Débit m3/h	Flux lmh	TDS	Ca	Mg	Na	Cl		
1-1	1	60,5	0,61	30,6	30,4	1,8	43,1	1,04	112,4	0,321	1,02	40,574	65,498	
1-1	2	59,9	0,52	34,3	26,1	1,4	35	1,04	131,5	0,375	1,194	47,461	76,618	
1-1	3	59,4	0,44	37,9	22,1	1,1	27,8	1,03	153,5	0,438	1,394	55,408	89,448	
1-1	4	58,9	0,39	41,3	18,1	0,9	21,6	1,03	179,3	0,511	1,627	64,688	104,431	
1-1	5	58,5	0,35	44,3	14,7	0,7	16,5	1,03	208	0,593	1,888	75,039	121,145	
1-1	6	58,2	0,32	46,8	11,8	0,5	12,4	1,02	239,4	0,683	2,174	86,38	139,456	
1-1	7	57,9	0,29	49	9,3	0,4	9,3	1,02	273,3	0,78	2,482	98,63	159,237	

Echangeur de pression

Nom du projet : sea water RO1
 Température : 25,0 °C

page : 3/3

Age élément, P1 : 5,0 années



Stream No.	Débit (m3/h)	Pression (bar)	TDS	pH
1	18517	0	35964	
2	8442	0	35964	
3	8442	60,5	35964	
4	18517	60,5	36979	
5	18517	60,5	36979	
6	10176	57,6	67063	
7	10176	0	65195	
8	10074	0	35964	
9	10074	60,5	37830	
10	8340	0	273	

Tableau3 : Résultats de calcul par IMS-Design

Type de membrane	Nombre de tubes	Nombre d'élément	TDS mg/l	PH	Consommation énergétique
SWC4B-LD	1232	7	116,3	6,02	3,23 kwh/m3
SWC4Bmax	1232	7	118,8	6,06	3,20 kwh/m3
SWC4-LD	1232	7	106,6	6,02	3,23 kwh/m3
SWC4max	1232	7	119,3	6,06	3,20 kwh/m3
SWC5 MAX	1232	7	167,7	6,21	2,87 kwh/m3
SWC5-LD	1232	7	150,8	6,16	2,87 kwh/m3
SWC6	1232	7	273,3	6,62	2,68 kwh/m3

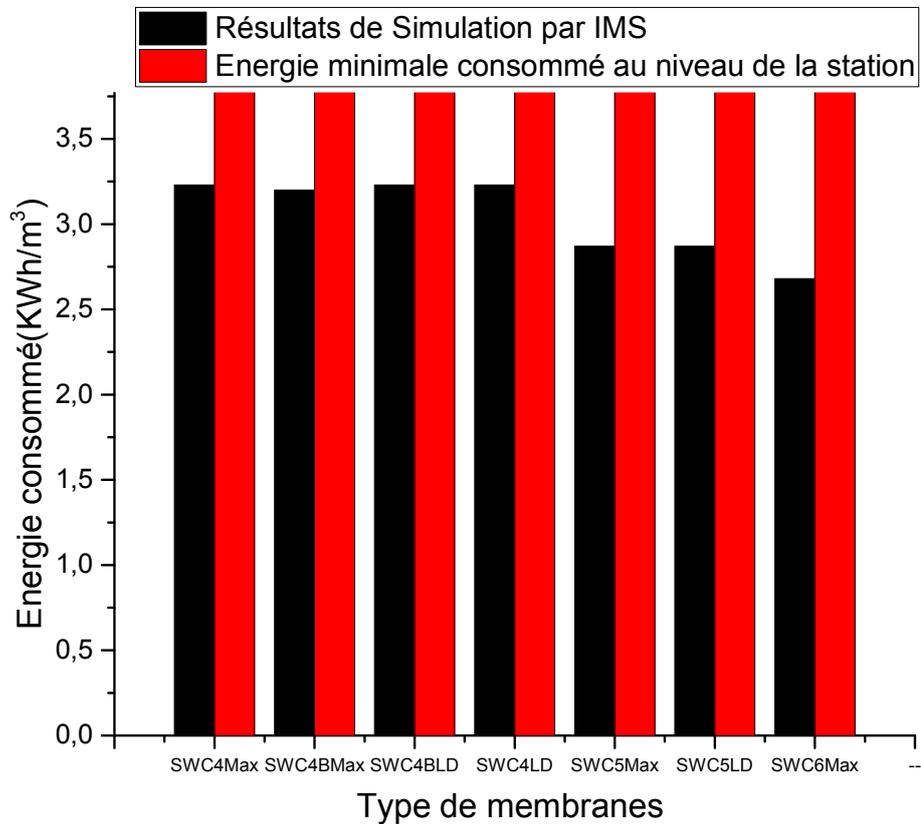


Fig.25. : Comparaison entre les résultats de simulation par IMS pour différents type de membranes et les données réelles de la station de Mostaganem ($Q_{\text{Perméat}}=200000 \text{ m}^3/\text{jour}$,taux conversion=45%)

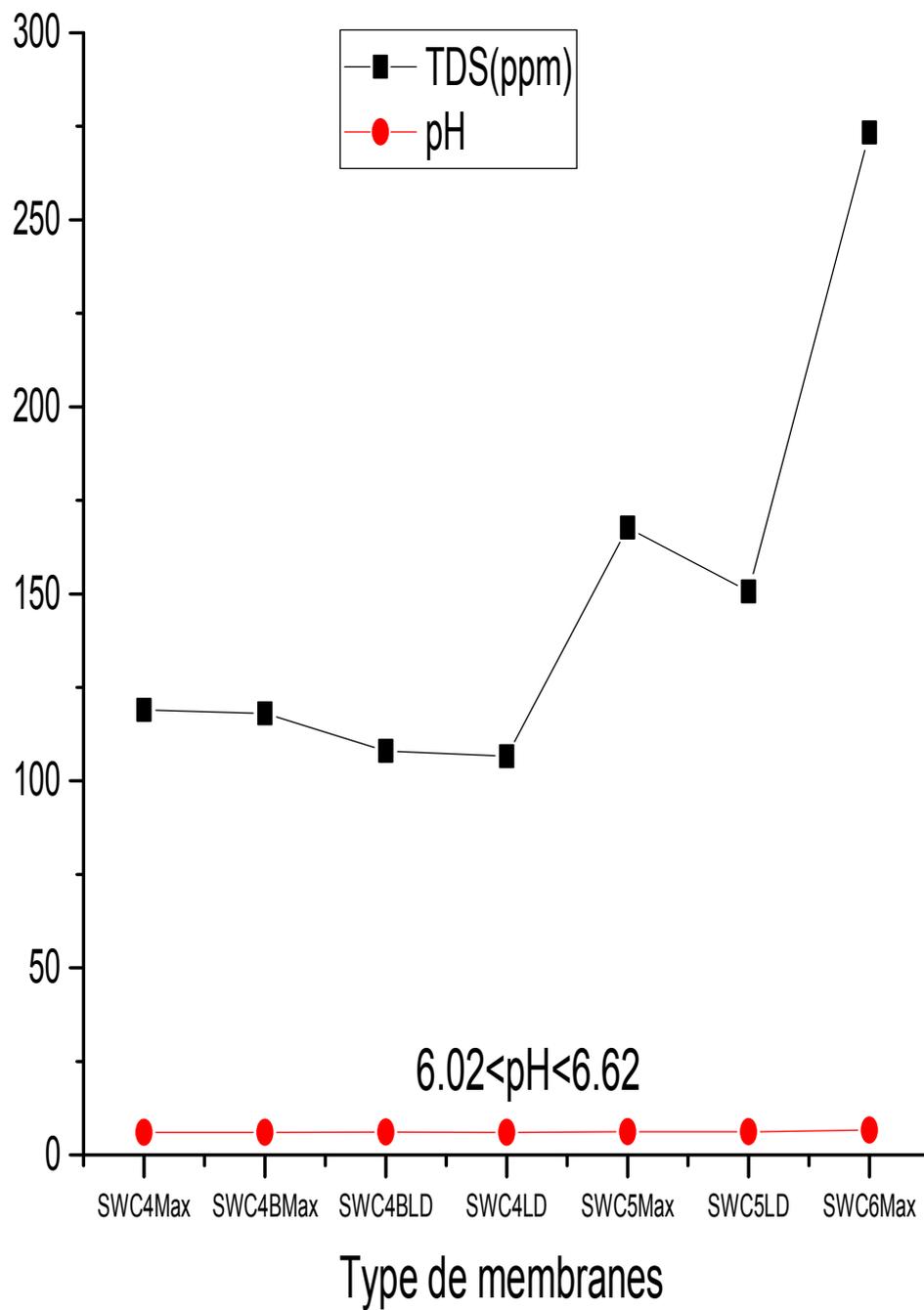


Fig.26 :Taux de sels dissous et pH du perméat produit par différents types de membrane sous les conditions ($Q_{\text{perméat}}=200000\text{m}^3/\text{jour}$,Taux de conversion=45%)

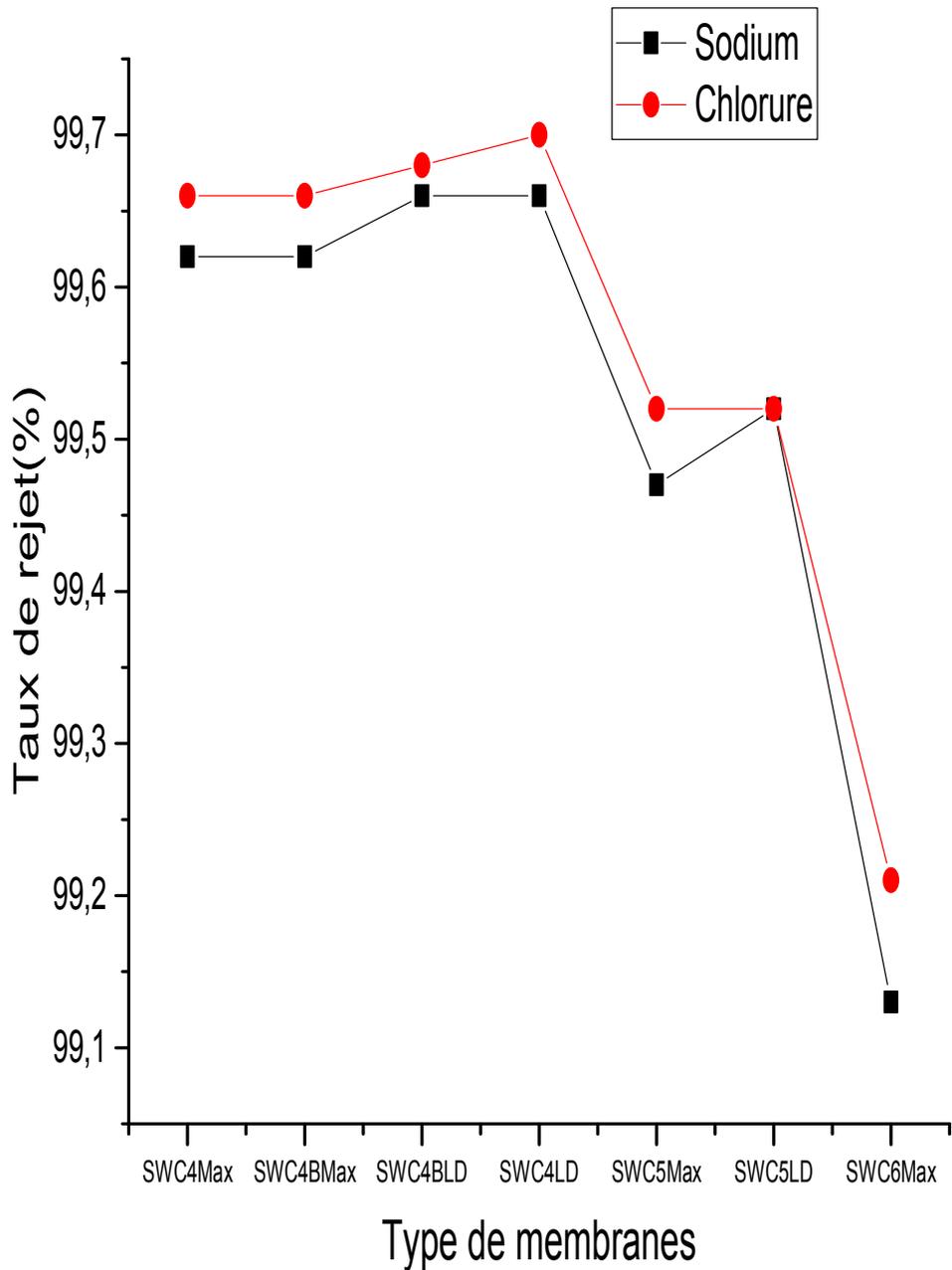


Fig 27: Taux de rejet par différents types de membranes des ions chlorure et sodium sous les conditions ($Q_{\text{perméat}}=200000\text{m}^3/\text{jour}$, Taux de conversion=45%)

Chapitre IV

Résultats et discussion

IV.1. Discussion des résultats

Suite aux différentes simulations testées par le logiciel IMS design et en tenons compte des données de l'eau à l'entrée des compartiments d'osmose inverse avec un débit de production en eau déminéralisé estimé à 200000 m³/jour avec un taux de conversion de 45%, Les résultats de la comparaison entre les consommations énergétiques des différents types de membranes simulé par IMS et la consommation énergétique minimale réel de la station estimé à 3.77 KWh/m³ (Voir figure) montrent que la qualité des membranes utilisé lors de la proposé dans IMS design avec des gains énergétiques importants. Pour bien exprimé ces différences et de mettre en évidence l'efficacité énergétique de chaque type de membranes, nous avons mis le tableau suivant

Tableau 4: Energie spécifique consommé par les différents types de membranes et gains énergétiques par rapport à la consommation énergétique minimale de la station de dessalement de Mostaganem

(Taux de conversion =45%, $Q_{\text{perméat}}=200000 \text{ m}^3/\text{j}$)

Type de membranes	Energies spécifiques (KWh/m ³)	Gains énergétiques (KWh/m ³)
SWC4Max	3,23	0.54
SWC4BMax	3,2	0.57
SWC4BLD	3,23	0.54
SWC4LD	3,23	0.54
SWC5Max	2,87	0.9
SWC5LD	2,87	0.9
SWC6Max	2.67	1.09

Nous constatons que la membrane SWC6Max filtre de l'eau sous système PX avec la plus faible consommation énergétique spécifique par rapport aux autres membranes

IV.2. Evaluation de la qualité d'eau filtré par les différents type de membranes

Afin de répondre aux exigences de qualité de l'eau filtré déminéralisé destiné soit pour d'irrigation. nous allons étudié les variations des principaux paramètres qui sont TDS et pH de l'eau déminéralisé pour chaque type de membranes en tenons compte des résultats de simulation.

La figure montre que les valeurs de TDS varie de 97 à 225 ppm , avec des valeurs de pH pratiquement constante au voisinage de la neutralité de l'ordre de 6.02 à 6.62, ces résultats montrent que les eaux déminéralisées filtrés par les membranes SWC4Max, SWC4BMax, SWC4BLD, SWC4LD, SWC5Max et SWC5LD peuvent être utilisé dans l'industrie et en particulier pour alimenter les chaudières..

Cependant, il a été constaté que l'eau filtré par la membrane SWC6Max ayant un TDS de l'ordre de 225ppm est beaucoup plus considéré comme une eau potable déminéralisé qui nécessite un post traitement modéré.

IV.3.Efficacité de séparation des ions sodium et chlorure

Puisque une membrane d'osmose inverse est destiné pour séparer les sels monovalents de chlorure de sodium , nous avons testé les taux de rejet de ions Na^+ et Cl^- en fonction des membranes utilisé lors de la simulation.

Les valeurs obtenus montrent que ces ions sont éliminés à 99% , ce qui représente un avantage majeur pour l'application de ces membranes en déminéralisation de l'eau de mer.

IV.4.Etude de la possibilité de couplage des systèmes membranaires avec les panneaux photovoltaïques

Suite aux résultats obtenus, il est possible de calculer la superficie des panneaux photovoltaïques pour produire 1m^3 d'eau déminéralisée qui est le rapport de l'énergie consommé par rapport à l'énergie moyenne produite par un panneau photovoltaïque [7,8]..

La formule utilisé pour calcul est la suivantes :

$$N = \frac{E}{E_{\text{panneau}}} \quad \text{(Eq IV.1)}$$

Avec N : Nombre de panneaux photovoltaïques

E : Energie spécifique consommé (Kwh/m^3)

E : energie consommé

- On a les dimensions d'un panneaux $1\text{m} \times 1.70$
- Et un panneau produit 200 W/h
- Et la moyen d'ensoleillement et 8h par jour
- L'énergie produite d'un panneaux par jour = $P \times T = 200 \times 8 = 1600 \text{ w/jr}$
- Le nombre des panneaux = la consommation énergétique / l'énergie produite

Tableau 5. Nombre de Panneaux solaires pour alimenté la station par chaque type de membranes et la surface occupé par les panneaux

Type de membranes	Energies spécifiques (KWh/m ³)	Nombre des panneaux
SWC4Max	3.23	49
SWC4BMax	3.2	49
SWC4BLD	3.23	49
SWC4LD	3.23	49
SWC5Max	2.87	44
SWC5LD	2.87	44
SWC6Max	2.67	41
Station de Mostaganem	3.77	58

D'après les résultats obtenus ,nous que la moyenne de nombre de panneaux solaires comprise en 41 à 49 avec une différence compris entre 9 à 17 panneaux par rapport à la consommation moyenne réelle de la station.

Conclusion générale et perspectives

Ce travail de recherche représente une vraie contribution dans les études technico économique lié au dessalement des eaux de mers par la technologie d'osmose inverse, et cela dans le but de satisfaire le besoins des différents secteurs utilisant l'eau comme matière première dans divers activités lié à la vie quotidienne du citoyen, avec le prix de vente le moins cher.

Dans ce contexte, la réduction de la consommation énergétique et la promotion des énergies renouvelables comme source d'alimentation des installations de séparation membranaires font partie des défis majeurs dans les prochaines années pour les pays en voie de développement.

Depuis 1999, l'Algérie a opté pour le dessalement de l'eau de mer comme choix stratégique avec une production considérable en eau déminéralisée, cependant il est a signalé que l'énergie fourni aux différentes stations est à 100% produite par le traitement d'une ressource naturelle épuisable qui est le gaz naturel, quelle avenir peut on imaginer pour les futurs générations avec l'épuisement de cette ressource ?

Pour faire face à cette situation, il serait indispensable d'aboutir à une meilleure configuration membranaire possible avec le cout énergétique le moins élevé afin de faire un couplage avec les sources d'énergie renouvelable.tel que l'énergie solaire.

Les résultats obtenus suite à la comparaison entre le station de dessalement de mostaganem et les modèles simulés par le logiciel IMS prouvent que ces derniers donnent de meilleures résultats de consommation énergétique, en tenons compte des nouvelles générations de membranes de types Hydranautics, en l'occurrence la membrane SWC6max présente la valeur de la consommation la plus faible de l'ordre 2.67KWh/m³.

Il a était constaté aussi que la membrane SWC6max donne une meilleure qualité d'eau déminéralisé qui peut être utilisé dans l'alimentation des chaudières au niveau des installations pétrochimiques et gazière.

Il est possible de faire un couplage avec les panneaux photovoltaïques avec une moyenne de panneaux solaire de l'orde 49 de ,occupant une surface de 84 m² , ce qui représente un vrai avantage pour utiliser ce genre de système pour l'alimentation des systèmes membranaires au niveau de la station de dessalement de Mostaganem.

Cette étude est une première étape pour proposer des projets de couplage des panneaux photovoltaïques avec les stations de déminéralisation des eaux de mers et qui va servir comme base de données et une vrai références pour les futurs projets en voie de réalisations.

Références bibliographiques

- [1] cite web : L'eau son usage historique par l'homme: <http://www.mtaterre.fr/dossier-mois/chap/955/L-energie-hydraulique-l-Homme-utilise-l-eau-douce-comme-energie>
- [2] <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/usages/sourceEner.html>
- [3] Reza Dashtpour and Sarim N. Al-Zubaidy, Energy Efficient Reverse Osmosis Desalination Process, International Journal of Environmental Science and Development, 2012
- [4] Impact environnemental du dessalement: contraintes ET E. Fievez1, V. Bonnelye2 page 104.
- [5] mémoire impact des stations de dessalement de l'Eau de mer sur le littoral cas de la Station Plage EL Hilel : chapitre 2.
- [6] Energy Consumption Optimization of Reverse Osmosis Membrane Water Desalination Subject to Feed Salinity Fluctuation,
- [7] Problématique du secteur de l'eau et impacts liés au climat en Algérie ,rapport des nations unies ,2009
- [8] Manuel d'entretien et de maintenance de la station de dessalement de mostaganem
- [9] Reza Dashtpour and Sarim N. Al-Zubaidy, Energy Efficient Reverse Osmosis Desalination, International Journal of Environmental Science and Development, Vol. 3, No. 4, August 2012
- [10] Site web : HYDRANAUTICS la société : <http://membranes.com/imsdesign/>
- [11] Mehta Komal P Patel A.S. Reverse Osmosis Design With Hydranautics Design Software for industrial waste water reuse, *J. Environ. Res. Develop*, **2014**
- [12] Ahmed M, Arakel A, Hoey D, Thumarukudy MR, Goosen MFA, Al-Haddabi M, Al-Belushi A. 2003. Feasibility of salt production from inland RO desalination plant reject brine: A case study. *Desalination* 158(1-3): 109-117
- [13] "Solar Photovoltaics", Anne Labouret and Michel Viloz, format Paperback, published on October 2010, Institution of Engineering and Technology, ISBN-10: 1849191549, ISBN-13: 9781849191548
- [14] "Energie solaire photovoltaïque", Anne Labouret et Michel Viloz, collection Technique et Ingénierie, publié en 2009, 4ème édition, EAN13 : 9782100522002
- [15] Komal P. Mehta and A.S. Patel, Critical Evaluation of critical treatment plant and development of analytical models for reuse of waste water in Central Gujarat region, *Ph.D. Thesis*, The M.S.University of Baroda,Vadodara, 26-30, **2013**

[16] WHO (2005) Environmental Health Impact Assessment of Development Projects: A Practical Guide for the WHO Eastern Mediterranean Region. World Health Organization, Regional Office for the Eastern Mediterranean (EMRO), Regional Centre for Environmental Health Activities (CEHA),

http://www.who.int/water_sanitation_health/resources/emroehiabook/en/index.html

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

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

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

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

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

[22] Triki Zakaria, Études, Analyses et Optimisation de la Consommation Énergétique des Unités de Dessalement pour les Sites Isolés, Thèse de doctorat, université constantine1, 2014

Annexe

Membrane Element

SWC4-LD (Low Fouling Technology)

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

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

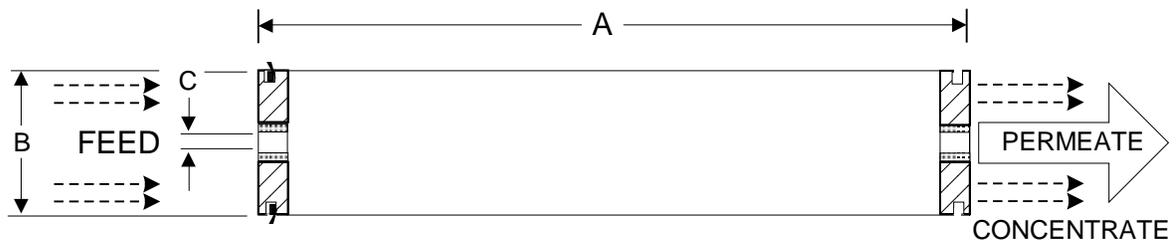
Application Data*	Maximum Applied Pressure:	1200 psig (8.27 MPa)
	Maximum Chlorine Concentration:	< 0.1 PPM
	Maximum Operating Temperature:	113 °F (45 °C)
	pH Range, Continuous (Cleaning):	2-11 (1-13)*
	Maximum Feedwater Turbidity:	1.0 NTU
	Maximum Feedwater SDI (15 mins):	5.0
	Maximum Feed Flow:	75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

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

Test Conditions

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

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



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

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

Hydranautics believes the information and data contained herein to be accurate and useful. The information and data are offered in good faith, but without guarantee, as conditions and methods of use of our products are beyond our control. Hydranautics assumes no liability for results obtained or damages incurred through the application of the presented information and data. It is the user's responsibility to determine the appropriateness of Hydranautics' products for the user's specific end uses. 4/29/16

Membrane Element

SWC4 MAX

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

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

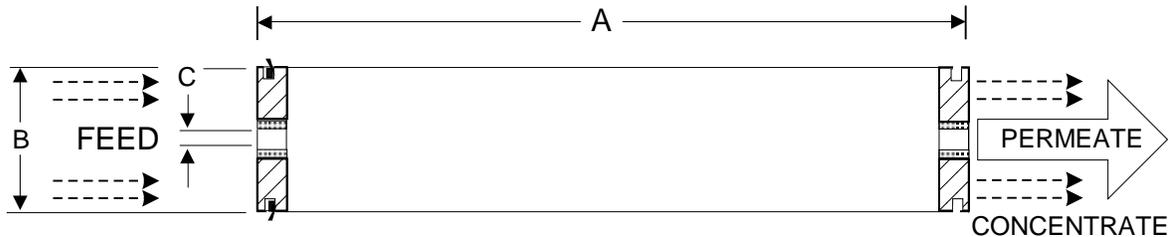
Application Data*	Maximum Applied Pressure:	1200 psig (8.27 MPa)
	Maximum Chlorine Concentration:	< 0.1 PPM
	Maximum Operating Temperature:	113 °F (45 °C)
	pH Range, Continuous (Cleaning):	2-11 (1-13)*
	Maximum Feedwater Turbidity:	1.0 NTU
	Maximum Feedwater SDI (15 mins):	5.0
	Maximum Feed Flow:	75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

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

Test Conditions

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

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



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

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

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

SWC5-LD

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

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

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

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

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

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

Applications:

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

Performance:

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

[†] When tested at standard test conditions with 5.0 ppm Boron in feed solution

Applications Data:

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

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

Test Conditions:

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

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

Key benefits:

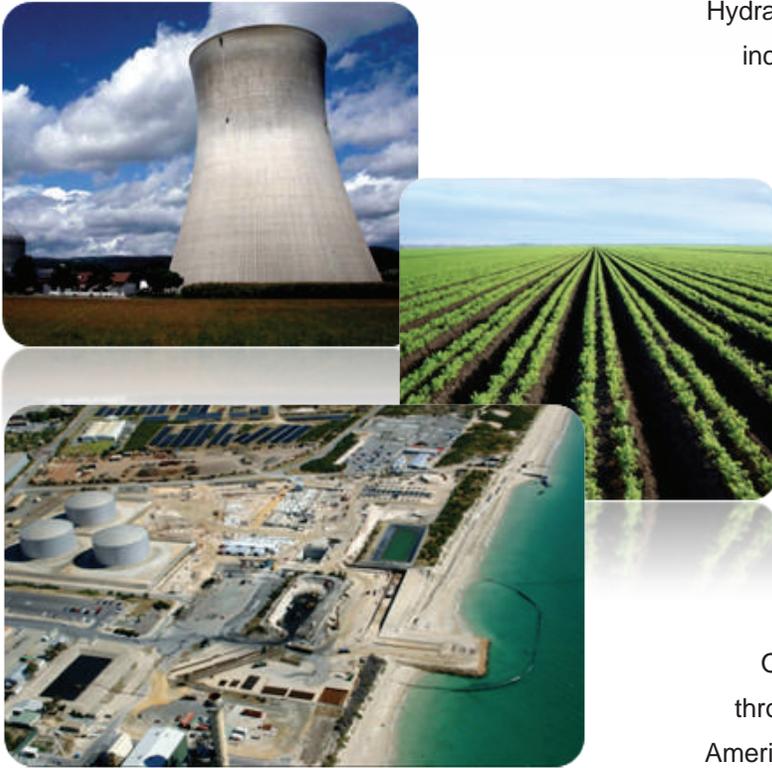
- High permeate flow - 9,000 gpd (34.1 m³/d)
- High salt rejection - 99.8% (99.7% minimum)
- 92% boron rejection
- Lowest biological and colloidal fouling
- Greater tolerance to high pH cleanings
- Lower energy consumption



Features:

- **Enhanced membrane chemistry** for increased chemical resistance
- **Innovative spacer design** to minimize trapping of small colloidal particles
- **HYDRAblock™ technology** providing biostatic properties to minimize proliferation of biological fouling
- **Proprietary vented seal carrier** to eliminate pressure-shock damage during system startup.

SWC5-LD, Sea Water Composite Polyamide RO Membranes, for Your Desalination Needs!



Hydranautics - A Nitto Group Company is a global leader in research, including reverse osmosis, nanofiltration, ultrafiltration, and microfiltration. Our membrane products (CPA, ESPA, LFC, SWC, ESNA, HYDRAcap and HYDRAsub) are used extensively in municipal & industrial water and wastewater treatment.

Hydranautics has over 40 years experience in the membrane technology arena and are committed to creating innovative membrane technologies which provide clean water to a thirsty world.

Our global membrane division is headquartered in Oceanside, CA, USA. With three state-of-the-art manufacturing sites located in Oceanside - CA - USA, Shiga - Japan and Shanghai – China, Hydranautics has a combined manufacturing area in excess of 131,000 m² (1,400,000 ft²).

Our world-wide sales and customer service offices are located throughout Europe, Asia, the Middle East, North America and South America.

Solutions You Need.

Technologies You Trust!

Hydranautics Corporate Office:

401 Jones Road, Oceanside, CA 92058, USA . Toll Free: 1-800-CPA-PURE Phone: +760-901-2500 Fax: +760-901-2578

Email: info@hydranautics.com Website: www.membranes.com

Americas
Hydranautics

401 Jones Road
Oceanside, CA
92058, USA
Tel: +760-901-2500
Tel: 1-800-CPAPURE
Fax: +760-901-2578

Europe/Africa
Hydranautics

Calle Constitucion 3,
3^o 5^a Sant Just Desvern,
08960 Barcelona
Spain
Tel: +34 934 731 722
Fax: +34 934 731 485

Middle East
Hydranautics

Office no 31
Bldg no . S10122 (A2)
South Zone,
Jebel Ali Free Zone
P.O.Box: 112839 Dubai
United Arab Emirates
Tel: +971 4 889 5806

Indian Subcontinent
Hydranautics

407, Palm Springs
Center, Link Road,
Malad (West),
Mumbai 400 064,
India
Tel:+91-22-40030500
Fax:+91-22-40030496

S.E. Asia/Australia
Nitto

438 Alexandra Road
#19-01/04,
Alexandra Point
Singapore 119958
Tel: +65-6879-3820
Fax: +65-6223-7690

Japan
Hydranautics / Nitto

East Tower, Gatecity
Osaki, 1-11-2 Osaki
Shinagawa, Tokyo
Japan, 1410032
Tel: +81-3-57402166
Fax: +81-3-57402265

Membrane Element

SWC5-8040

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

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

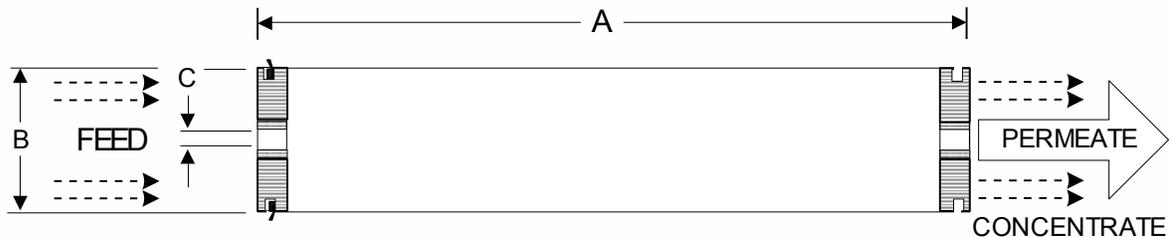
Application Data*	Maximum Applied Pressure:	1200 psig (8.27 MPa)
	Maximum Chlorine Concentration:	< 0.1 PPM
	Maximum Operating Temperature:	113 °F (45 °C)
	pH Range, Continuous (Cleaning):	2-11 (1-13)*
	Maximum Feedwater Turbidity:	1.0 NTU
	Maximum Feedwater SDI (15 mins):	5.0
	Maximum Feed Flow:	75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

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

Test Conditions

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

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



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

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

[†] When tested at standard test conditions with 5.0ppm Boron in feed solution.

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

Membrane Element

SWC6-LD (Low Fouling Technology)

Performance:

Permeate Flow:	Low Pressure: 6,000 gpd (22.7 m ³ /d)	High Flow: 12,000 gpd (45.5 m ³ /d)
Salt Rejection:	99.6% (99.4 % min)	99.8 % (99.7 % min)
Boron Rejection (Typical) [†] :	83.0%	91.0%
Applied Pressure:	600 psi (4.1 MPa)	800 psi (5.4 MPa)

Type

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

Application Data*

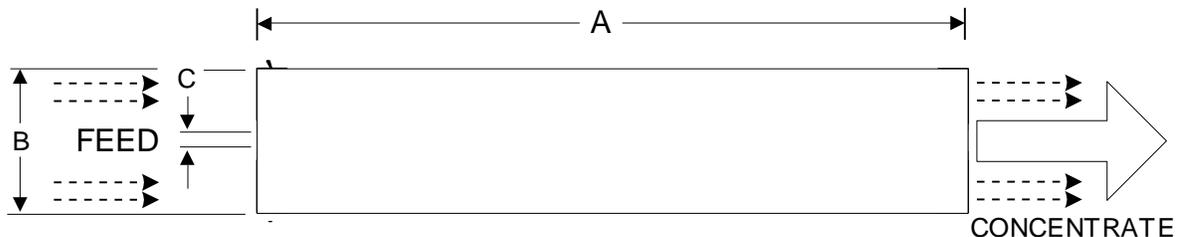
Maximum Applied Pressure:	1200 psig (8.27 MPa)
Maximum Chlorine Concentration:	< 0.1 PPM
Maximum Operating Temperature:	113 °F (45 °C)
pH Range, Continuous (Cleaning):	2-11 (1-13)*
Maximum Feedwater Turbidity:	1.0 NTU
Maximum Feedwater SDI (15 mins):	5.0
Maximum Feed Flow:	75 GPM (17.0 m ³ /h)
Minimum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

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

Test Conditions

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

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



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

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

[†] When tested at standard test conditions with 5.0 ppm Boron in feed solution.

Hydranautics believes the information and data contained herein to be accurate and useful. The information and data are offered in good faith, but without guarantee, as conditions and methods of use of our products are beyond our control. Hydranautics assumes no liability for results obtained or damages incurred through the application of the presented information and data. It is the user's responsibility to determine the appropriateness of Hydranautics' products for the user's specific end uses. 3/06/15

LENNTECH

info@lennotech.com Tel. +31-152-610-900

www.lennotech.com Fax. +31-152-616-289