

UNIVERSITE SAAD DAHLAB-BLIDA 1  
Faculté de technologie  
Département des Sciences de l'Eau et environnement



# MEMOIRE DE MASTER

Thème

**CONTRIBUTION A L'AMELIORATION DES PROCEDES DE  
PRETRAITEMENT DANS UNE STATION DE DESSALEMENT**

**Présenté par :**

MERROUCHE samir

**Encadré par :**

Pr. BESSENASSE

Promoteur

**Devant le juré composé de :**

Pr. GUENDOZ

Examineur

Mme. BOUZOUIDJA

Présidente

Mr. FILLALI

Examineur

2014/2015

# REMERCIEMENTS

*JE remercie DIEU de m'avoir donné le courage, la santé et la volonté d'accomplir ce travail.*

*Mes remerciements vont particulièrement à mes parents pour leur soutien et leurs encouragements.*

*Je tiens à remercier mon promoteur Mr. MOHAMED BESSENASSE pour avoir encadrer mon travail et m'avoir beaucoup aidé par ses orientations et ses précieux conseils pour l'élaboration de cette étude.*

*Tous les membres de jury qui me feront l'honneur d'examiner et de juger mon travail*

*Je remercie également Mr KHATEBE MOHAMED le directeur de la station de dessalement de foukapor leurs conseils et leurs consultations qui m'ont tout aidé à la réalisation de mon projet.*

*J'adresse mes remerciements à tous mes enseignants de département de science de l'eau et l'environnement qui on contribué à ma formation.*

*Enfin, je remercie toutes les personnes qui m'ont conseillé, qui sont simplement intéressées à ce travail, et aussi celles qui, je l'espère me pardonneront de les avoir oubliées.*

MERROUCHE samir

## ملخص:

الندرة في المياه شيء مقلق بالنسبة للبشرية. معظم البلدان في وضع جد مقلق لان الطلب على الماء يزداد أكثر فأكثر و لمواجهة هذه الوضعية أوجدت العديد من التقنيات منها تحلية المياه هذه التقنية في تطور مستمر إذ أن تكلفة هذه التقنية في انخفاض مستمر. تعتبر تقنية تحلية مياه البحر المصدر الرئيسي لتوفير مياه الشرب عند الكثير من الدول ( الجافة, و الشبه جافة.... الخ ).

الشيء الأهم من هذا العمل و التواجد في محطة تحلية المياه فوكة هو فهم الطرق الجديدة لتحسين المعالجة

## Résumé

La pénurie en eau semble devenir une perspective inquiétante pour l'humanité. Aujourd'hui les pays en situation de stress hydrique sont de plus en plus nombreux tandis que les besoins ne cessent de grandir. Face à ce constat, nombre de solutions techniques ont été apportées dont celle du dessalement de l'eau de mer. Cette activité est en pleine expansion du fait d'une amélioration constante des techniques et d'un coût de plus en plus réduit. Déjà le dessalement représente la principale source d'eau potable pour un grand nombre de pays (îles, pays à climat désertique ou subdésertique, etc.).

L'essentiel de nos travaux et séjours à la station de fouka sera la compréhension des méthodes nouvelles pour l'amélioration du prétraitement .

## Abstract

The shortage of water seems to be a prospective that is increasingly worrying for humanity. The number of countries in situations of hydrological stress is increasing while at the same time the needs are also growing. To combat this constant, numerous technical solutions have been actioned including the desalination of sea water. This activity is expanding rapidly due to constant technical improvements and decreasing operational costs. Already desalination represents the principle source of drinking water for numerous countries (island states, countries with desert or semi-desert climates, etc.).

The bulk of our work and stays to the fouka station will comprehension of new metode for inrovement of pretratment

Notre site d'étude est la station de Fouka située dans la wilaya de Tipaza .qui a été mise en service en 2011.La société est composée d'un groupement Algeria Water Investissement répartie entre la SNC Lavalin à hauteur de 51% et la société Algerian EnergyCompany à hauteur de 49% Une entreprise publique économique algérienne.

La station de dessalement de l'eau de mer de Fouka a une capacité de production journalière de 120 000 m<sup>3</sup>

L'essentiel de nos travaux et séjours à la station sera la compréhension des méthodes nouvelles pour l'amélioration du prétraitement .



# SOMMAIRE

Introduction

## Partie 1 :Généralités sur le dessalement

I. 1-Définition du dessalement .....	1
I. 2-Historique du dessalement .....	1
I. 3. Caractéristiques des eaux marines et saumâtres .....	1
I. 3.1. Les eaux marines .....	1
I. 3.2. Les eaux saumâtres.....	2
I.4. Classification des différents procédés de dessalement.....	2
I. 5.Les procédés utilisant la séparation membranaire.....	3
I.5.1. L'osmose inverse.....	3
I.5.2.Qu'est-ce qu'une membrane.....	3
I.5.3. Mécanisme de fonctionnement.....	4
I.5.4. Description d'une filière de traitement des eaux par osmose inverse .....	5
I.5.5. Choix d'un module d'osmose inverse.....	6
I.5.6. Poste de prétraitement.....	10
I.5.9. Système de récupération d'énergie.....	11
I.5.10. Avantages et les inconvénients de l'osmose inverse.....	12
I.5.11. Domaines d'utilisation de l'osmose inverse.....	12
I.6. L'électrodialyse.....	13
I.6.1. Description du procédé.....	14
I.6.2. Principe de fonctionnement.....	15

## Prtie 2 :Le dessalement en algérie

II- Les potentialités et ressources hydriques en Algérie .....	17
II.1 La problématique de l'eau en Algérie .....	17
II.2 Les Ressources et leur mobilisation .....	17
II.3 Etat des potentialités en eau .....	17
II.4 Diversification des ressources en eau face à la montée des besoins.....	18

II.4.1 Barrages et transferts régionaux.....	18
II.4.2 Transfert des eaux des nappes profondes du Sahara .....	18
II.4.3 Préservation de la qualité de l'eau et de l'environnement .....	18
II.4.4 Dessalement de l'eau de mer .....	19
II-5-Les ressources hydriques en Algérie .....	20
II-5-1-Les ressources en eau de surface.....	20
II-5-2-Les ressources en eaux souterraines.....	21
II.6.Historique et constat de l'expérience algérienne.....	22
II-6-1-L'expérience Algérienne dans le dessalement.....	26
II-6-2-Les stations existantes.....	26
II-6-2-1-Stations exploitées par le Ministère des ressources en eau .....	27
II-6-2-2-Stations installées par la Compagnie «SONELGAZ».....	27
II-6-2-3-Stations installées par la Compagnie «SONATRACH».....	28
II-6-2-4-Stations installées par d'autres Compagnies.....	29
II-6-2-5-Station expérimentale du Centre de Développement de Energies Renouvelables.....	29
II-7-Le programme d'urgence(2002-2003) .....	30
II-7-1-Les Stations Monoblocs réalisées.....	30
II-7-2-Programme de réalisation des usines de dessalement.....	31
II.8. Choix d'un procédé de dessalement.....	32
II.9.Techniques et coûts .....	32
II-9-1-Le coût de quelque stations en Algérie.....	34
II-9-2-Les grandes stations de dessalement d'eau de mer en Algérie .....	35
II-10-Les impacts environnementaux du dessalement .....	35
II.10.1 .Evaluation de l'impact de dessalement sur le milieu aquatique exemple de la station de Tenes .....	36
II.10. 2 .Discussion de l'impact sur le milieu aquatique.....	37
II-10-3- Effets potentiels des rejets de saumures sur le milieu marin.....	37
II-11- Origine et type des émissions et rejets.....	38
II-11-1-La saumure concentrée.....	38
II-11-2-Les rejets chimiques.....	38

II-12- Rejet des eaux de lavage à contre-courant des membranes.....	40
II-11-3- Les émissions atmosphériques.....	42
II-12- Pollution sonore.....	42
II-13-Les enjeux techniques.....	43
II -14- L'aspect économique.....	43

### Partie 3 :présentation de l'usine de dessalement de fouka

III. Présentation de l'unité de dessalement de l'eau de mer.....	45
III.1.Myah Tipaza .....	45
III.1.1. Caractéristiques géographiques et climatiques.....	46
III.1.2. Station de dessalement de fouka.....	49
III.1.2.1.Fonctionnement hydrolique/profil hydraulique.....	49
III.2.1. Généralités sur le fonctionnement des équipements.....	50
III.2.1.1. Prises d'eau de mer.....	50
III-3-pompage d'eau brute et injection des réactifs .....	52
III.3.1.Trop plein.....	53
III.3.2.Filtration et pompage d'eau filtrée.....	53
III.3.3. Filtres à cartouche.....	57
III.3.4.Osmose inverse.....	58
III.3.4.1.Confiuration du système d'osmose inverse et taux de récupération.....	59
III.3.4.2.Pompes haute pression.....	60
III.3.4.3.Filières d 'osmose inverse.....	60
III.3.4.4.Confiuratjon du système d'osmose inverse.....	60
III.4. La Reminéralisassions.....	60
III.4.1. Stockage et pompage d'eau traitée.....	63
III.5. Traitement des effluents.....	64
III.6.Analyse de l'eau de mer et de l'eau traitée.....	64

### Partie 4 :Le Prétraitement

IV.1/Alimentation en eau brute de l'usine .....	69
IV.1.1/Descriptiongénérale des techniques existants.....	69
IV.1.2.a/Prise d'eau en mer direct .....	69

IV.1.2.b/ Prise d'eau en mer indirect.....	70
IV.1.2.c/ Prise d'e au en nappe.....	70
IV.2/ Choix de la filièrede traitement.....	71
IV.2.1/ Le Prétraitement .....	72
IV.2.1.a/ Les prétraitements physico-chimiques.....	72
IV-3/les filtre sous pression.....	74
IV-4. Filtre ouvert.....	75
IV.4.1.Lavage de filtres à sable .....	76
IV.5.Le faux fond ou ( modèle à branches latérales à deux passages) .....	77
IV.6.La microfiltration (filtration à cartouche) .....	78
IV.6.Déchloration .....	80

#### Conclusion générale

# Introduction

Sur le plan mondial, la demande en eau potable de bonne qualité est de plus en plus forte.

En effet, la population augmente rapidement et les besoins en eau de l'industrie et de l'agriculture sont de plus en plus élevés.

Il y a actuellement, pour l'ensemble de la planète, suffisamment d'eau pour satisfaire à toutes les utilisations. Toute fois, cette eau n'est pas répartie selon les besoins de chaque région ; ainsi, certaines régions sont affectées de pénuries chroniques, alors que d'autres affichent des surplus. Seul 0,03% de l'eau totale mondiale est de l'eau douce disponible. Actuellement, Plusqu'un milliard de personnes vivent dans des zones où l'eau est rare. La pénurie en eau semble devenir une perspective inquiétante pour l'humanité.

Aujourd'hui, les pays en situation de stress hydrique sont de plus en plus nombreux tandis que les besoins ne cessent de grandir. Face à ce constat, nombre de solutions techniques ont été apportées dont celle du dessalement de l'eau de mer. Cette activité est en pleine expansion du fait d'une amélioration constante des techniques et d'un coût de plus en plus réduit. Déjà le dessalement représente la principale source d'eau potable pour un grand nombre de pays (îles, pays à climat désertique ou subdésertique, etc.). Son coût restant encore bien supérieur à celui des autres modes d'alimentation, cette technique reste réservée à des États ayant des ressources financières et énergétiques consistantes (Moyen Orient, pays développés), ce qui limite les possibilités. L'avenir du dessalement doit également prendre en compte ses effets sur l'environnement car de plus en plus d'études en montrent les effets coûteux.

De plus en plus de pays sont confrontés à une pénurie d'eau, en raison d'une aridité climatique, d'une pression démographique importante (notamment sur les littoraux où 40% de la population mondiale vit à moins de 100 km d'un littoral), de techniques agricoles gourmandes en eau, mais aussi de l'élévation du niveau de vie qui se traduit par une consommation par habitant en hausse.

Ainsi le réchauffement climatique conduit à une situation de stress hydrique jusque-là inhabituelle pour de nombreux pays qui se tournent vers le dessalement de l'eau de mer car les solutions ne sont pas légion : soit il conviendra de limiter la consommation, ce qui paraît difficile pour beaucoup alors que de nombreux besoins minimaux ne sont pas couverts, soit il faudra trouver de nouvelles ressources (barrages, aquifères, etc.), ou encore mieux utiliser celles qui existent (recyclage). Pourtant, l'eau est abondante sur la planète ; mais la plupart du temps elle est salée (océans, mers). Cependant, si le dessalement ouvre de très belles perspectives, certains freins peuvent compromettre cette solution : d'abord son coût économique, puis son coût environnemental.

## **I. 1-Définition du dessalement :**

Le dessalement de l'eau (également appelé dessalage ou désalinisation) est un processus qui permet d'obtenir de l'eau douce, (potable ou, plus rarement en raison du coût, utilisable pour l'irrigation), à partir d'une eau saumâtre ou salée (eau de mer, notamment).

En dépit du nom, il s'agit rarement de retirer le sel de l'eau, mais plutôt, à l'inverse, d'extraire de l'eau douce.

## **I. 2-Historique du dessalement:**

Les premiers procédés de dessalement Dès le IV<sup>o</sup> siècle avant JC, Aristote observe le principe de la distillation.

Au XII<sup>o</sup> siècle, Adalard de Bath décrit deux expériences dans les questionnes naturelles :

« ausoleil, après l'évaporation sur un rocher, l'eau de mer se transforme en sel lorsque le soleil fait défaut, on chauffe de l'eau de mer et sous l'effet de la cuisson on la voit également se transformer en sel.

Cette métamorphose explique que la mer soit plus salée l'été que l'hiver, que les mers méridionales le soient davantage que les mers septentrionales ».

Depuis les temps les plus anciens, les marins ont dessalé l'eau de mer à partir de simples bouilleurs sur leurs bateaux, mais l'utilisation à des fins industrielles est récente.

Dans les années 60, les procédés thermiques sont mis au point et utilisés pour dessaler l'eau de mer.

Par ailleurs, des recherches sont développées sur le procédé de dessalement par osmose inverse.

1978 : mise en service de la première unité de dessalement de l'eau de mer par osmose inverse, à Djeddah en Arabie Saoudite.[1]

## **I. 3. Caractéristiques des eaux marines et saumâtres :**

### **I. 3.1. Les eaux marines :**

La caractéristique la plus importante des eaux de mer est leur salinité, c'est-à-dire leur teneur globale en sels (chlorures de sodium et de magnésium, sulfates, carbonates). La salinité moyenne des eaux des mers et océans est de 35 g.L<sup>-1</sup> (27,2 g.L<sup>-1</sup> de NaCl, 3,8 g.L<sup>-1</sup> de MgCl<sub>2</sub>, 1,7 g.L<sup>-1</sup> MgSO<sub>4</sub>, 1,26 g.L<sup>-1</sup> CaSO<sub>4</sub>, 0,86 g.L<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Cette salinité peut être différente dans le cas de mers fermées :

- -Mer Méditerranée : 36 à 39 g.L<sup>-1</sup>,
- -Mer Rouge : environ 40 g.L<sup>-1</sup>,
- -Mer Caspienne : 13 g.L<sup>-1</sup>,

- -Mer Morte : 270 g.L-1,
- -Golfe Arabo-Persique : 36 à 39 g.L-1.

Le pH moyen des eaux de mer varie entre 7,5 et 8,4 : l'eau de mer est un milieu légèrement basique.

## I. 3.2. Les eaux saumâtres :

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

Leur composition dépend donc de la nature des sols traversés et de la vitesse de circulation dans ces sols. Les principaux sels dissous sont le  $\text{CaCO}_3$ , le  $\text{CaSO}_4$ , le  $\text{MgCO}_3$  et le  $\text{NaCl}$ .

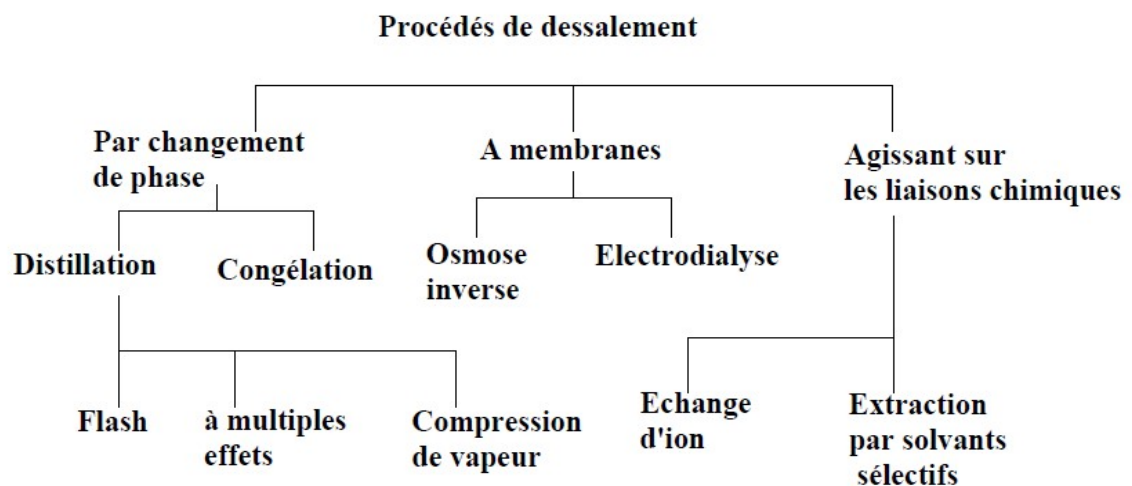
## I.4. Classification des différents procédés de dessalement :

On peut classer les méthodes de dessalement en fonction des procédés utilisés pour se faire, un auteur a recensé 27 procédés différents de dessalement, soient :

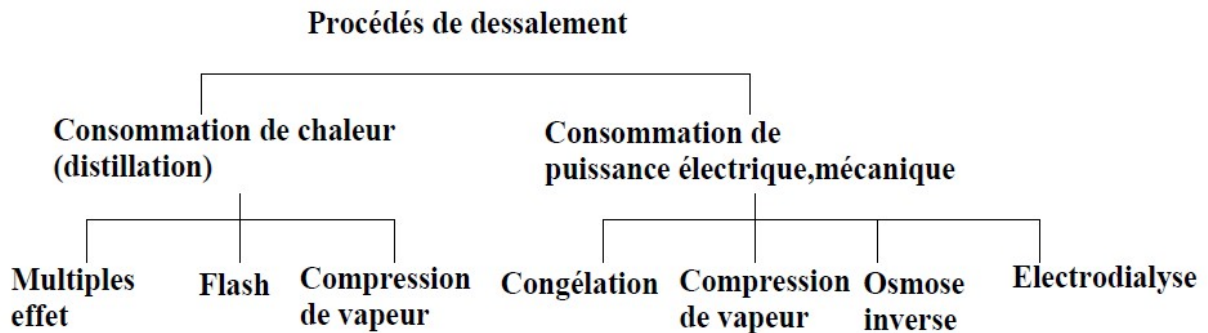
- Les procédés qui font intervenir un changement de phase (distillation et congélation) ;
- Les procédés qui utilisent des membranes (électrodialyse et osmose inverse) ;
- Les procédés qui agissent sur les liaisons chimiques (échange d'ions et extraction par solvant sélectif).

Ces procédés peuvent être classés plus précisément, soit :

### A) Selon le principe sur lequel ils se basent :



## B) Selon le type d'énergie consommée :



## I. 5. Les procédés utilisant la séparation membranaire :

### I.5.1. L'osmose inverse :

L'osmose est une diffusion sélective se produisant lorsque deux solutions de concentrations différentes sont séparées par une membrane semi-perméable, qui laisse alors passer le solvant de la solution la plus diluée vers la solution la plus concentrée.

La différence de potentiel chimique entre les deux solutions tend à faire passer l'eau du potentiel le moins élevé au potentiel le plus élevé.

Le phénomène d'osmose est important chez les êtres vivants, il permet le passage des liquides et des sels solubles sous forme d'ions à travers les membranes cellulaires.

### I.5.2. Qu'est-ce qu'une membrane ?

La membrane est constituée d'une surface plane dont la perméabilité est sélective. Son objectif principal est d'éliminer le sel. Elle assure également la rétention des composants indésirables dans l'eau (micro algues, bactéries, certains virus, microorganismes, micropolluants), supprime la turbidité (eaux troubles), limite les sous-produits de désinfection et permet la production d'une eau épurée.

Dans le cas de l'osmose inverse, l'élimination des éléments physico-chimiques et biologiques indésirables est quasiment totale.





Poto1-1 : membrane d' OI

### **I.5.3. Mécanisme de fonctionnement :**

L'osmose inverse est une technique révolutionnaire de purification appliquée par les scientifiques de la N.A.S.A. pour recycler et purifier l'eau consommée par les cosmonautes lors des vols spatiaux. Dans ce procédé, on sépare un réservoir en deux compartiments à l'aide d'une membrane semi perméable dont chaque compartiment étant ouvert à l'air libre.

On remplit avec de l'eau douce le premier compartiment, cette eau traverse la membrane vers la solution salée et la pression augmente au niveau de cette dernière.

Le passage de l'eau à travers la membrane cesse lorsque la différence de pression entre les deux solutions est égale à la pression osmotique.

Si on exerce sur la solution salée une pression supérieure à la pression osmotique (250kPa pour l'eau de mer), de l'eau passe à travers la membrane de la solution la plus concentrée vers la solution la moins concentrée, l'osmose inverse est donc une sorte d'hyper-filtration.

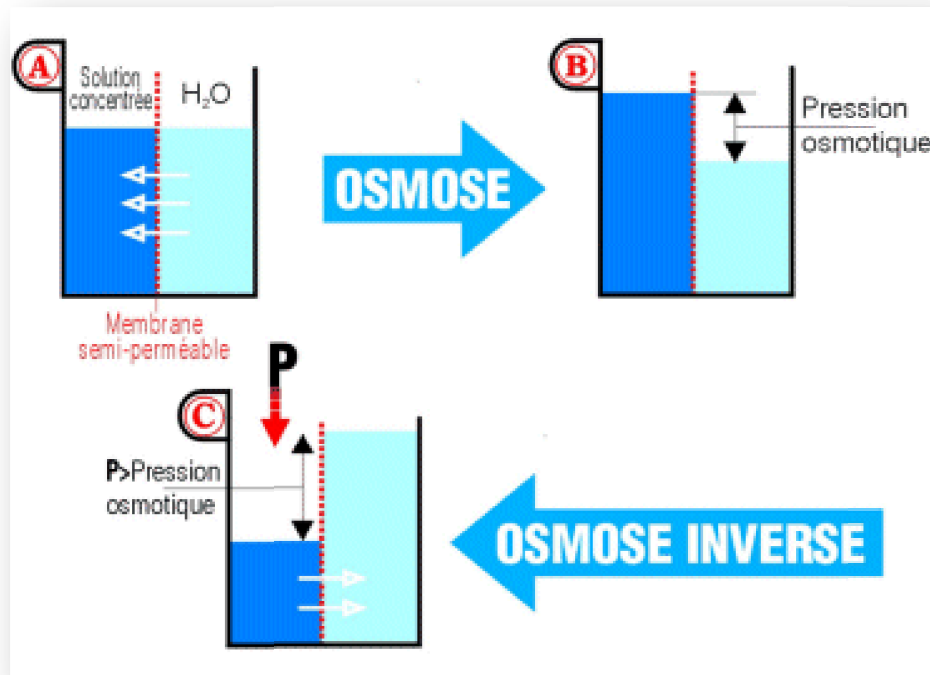


Figure 1 : Schéma d'un système de dessalement par osmose inverse

## I.5.4. Description d'une filière de traitement des eaux par osmose inverse :

- Les principaux constituants d'une installation d'osmose inverse sont les suivants :
- La membrane proprement dite.
- Le module.
- La pompe haute pression.
- Le système de récupération d'énergie.
- Le poste de prétraitement.

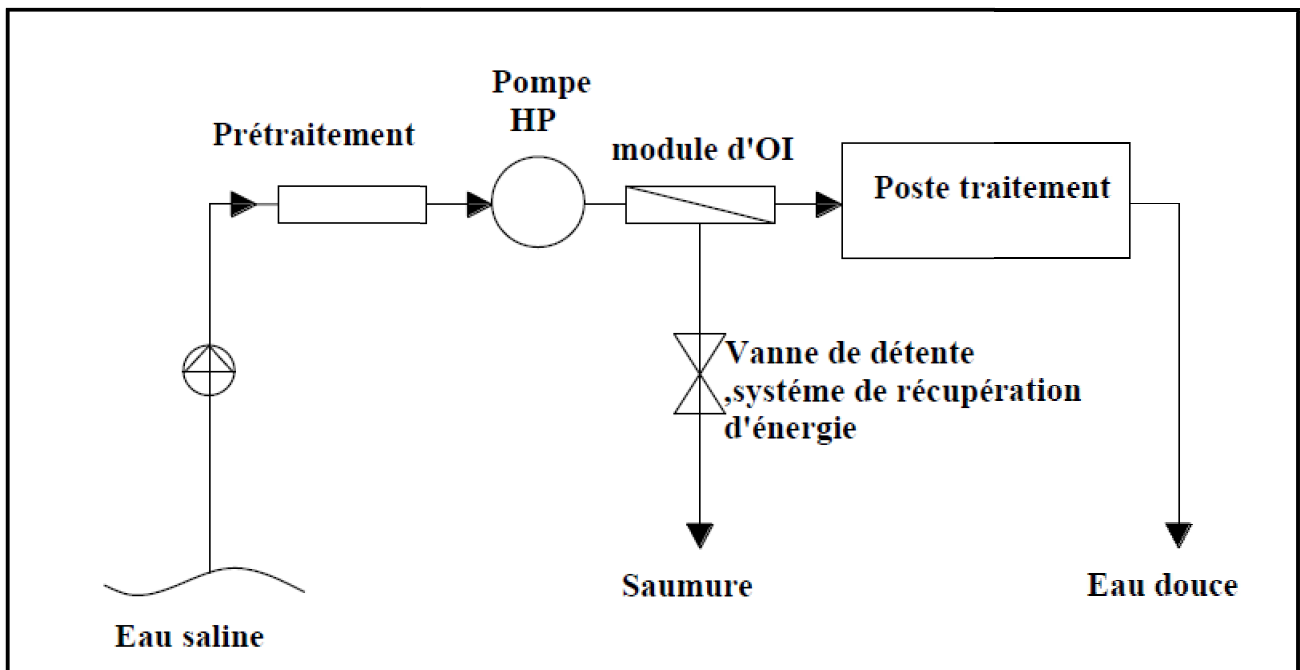


Figure1-2 : Schéma d'une filière de traitement par osmose inverse

## I.5.5. Choix d'un module d'osmose inverse :

Toute technologie membranaire requiert une membrane et un module qui lui tient lieu de support. Les modules supportent les membranes, quatre grands types de modules sont commercialisés :

- Modules tubulaires.
- Modules à fibres creuses.
- Modules plans.
- Modules spiraux.

Pour le choix d'un tel type de module, plusieurs critères sont à envisager :

- Régime d'écoulement permettant de minimiser les phénomènes de polarisation (écoulement laminaire ou turbulent).
- Compacité qui est exprimée par le rapport de la surface filtrante au volume de l'appareil.
- Facilité de démontage et de remplacement des membranes défectueuses.
- Volume mort de l'appareil (exprimé en l/m<sup>2</sup>).
- Adaptation au produit à traiter (nécessité ou non de pré filtration).

### a. Module tubulaire :

Le module tubulaire est basé sur une technologie simple, constitué de tubes métalliques ou plastiques poreux sur lesquels est fixée la membrane semi perméable, le diamètre du tube résulte

d'un compromis entre la consommation énergétique (qui augmente avec le diamètre) et le coût de fabrication (qui diminue avec le diamètre).

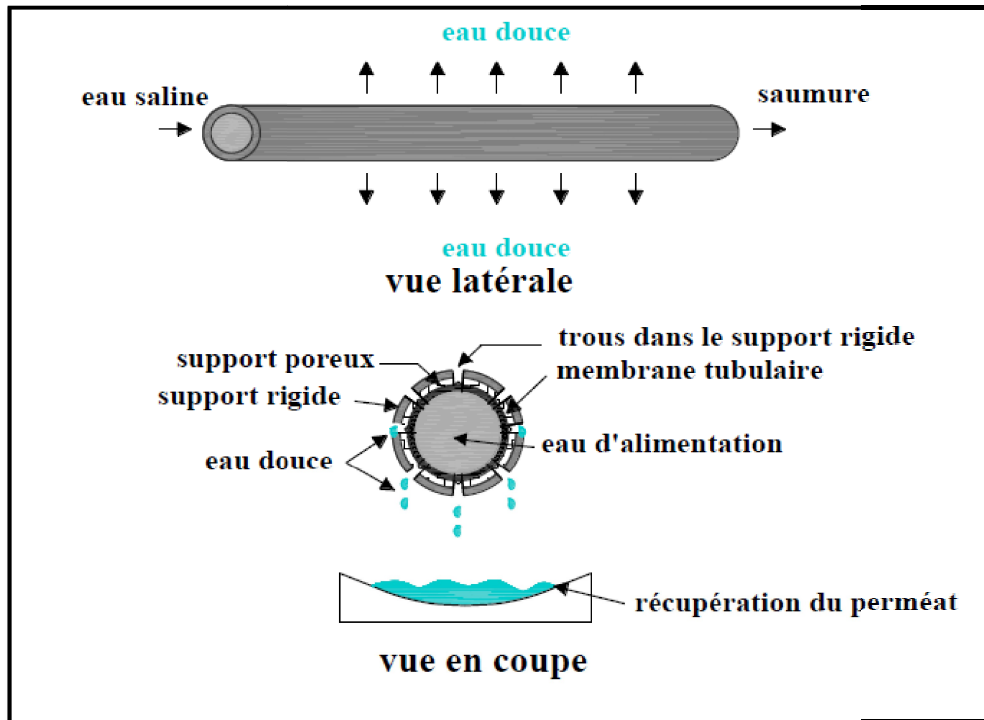


Figure1-3 : Schéma de principe d'un module tubulaire

## b. Module à fibres creuses :

Ce module rassemble un ensemble de fibres creuses de diamètre inférieur au micromètre en un faisceau, mais à la différence des modules tubulaires qui sont constitués d'une membrane et d'un support inerte, les fibres creuses jouent à la fois le rôle de membrane et de support.

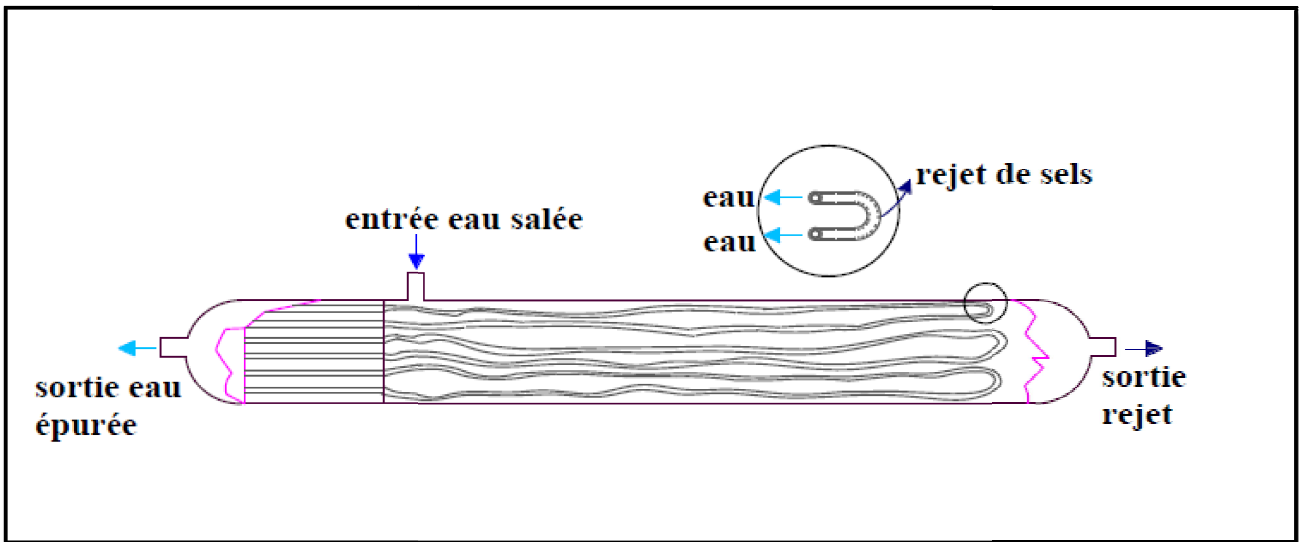
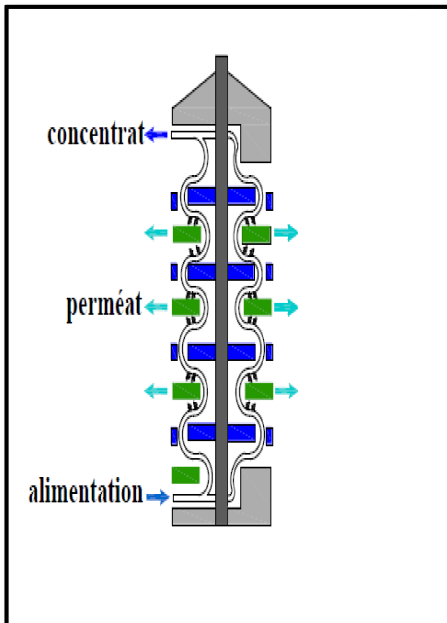


Figure 1-4 : Schéma de principe d'un module à fibres creuses

### c. Module plan:

Ce type de module est le plus simple :



Les membranes sont empilées en mille feuilles séparées par des cadres intermédiaires qui assurent la circulation des fluides, et les plus anciens de technologie calquée directement sur celle des filtres presses.

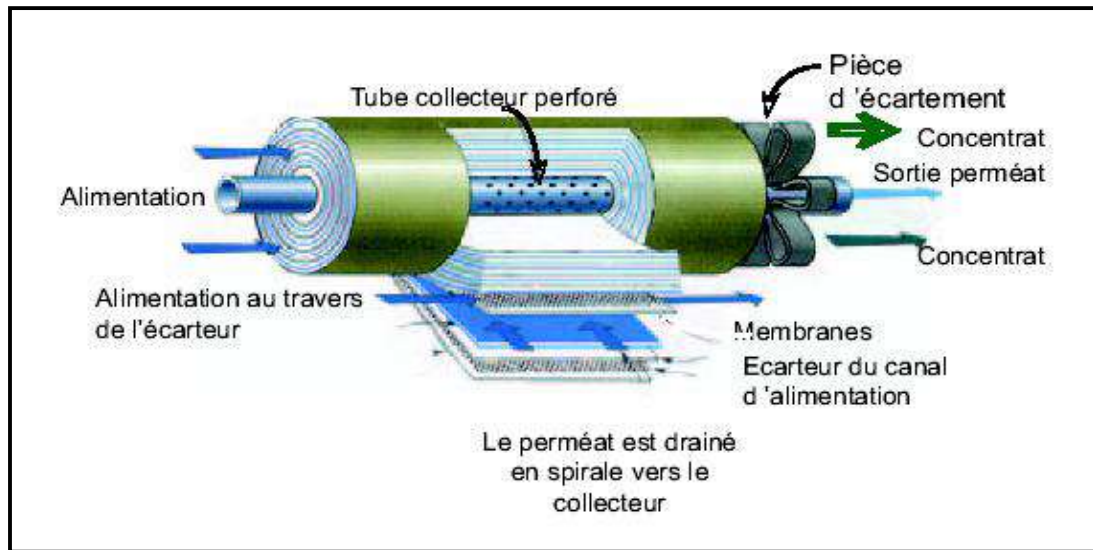
Il peut se présenter soit sous forme de plaques unitaires soit sous forme de cartouches.

Un des paramètres le plus importants est la distance entre les membranes.

Figure 1-5 : Schéma de principe d'un module plan

## d. Module spiralé :

Une membrane plane est enroulée sur elle-même autour d'un tube poreux qui recueille le filtrat. On obtient ainsi un cylindre multi couches où le perméat s'écoule selon un cheminspiralé vers le tube poreux tandis que l'alimentation circule axialement dans les canaux. On retrouve souvent dans les installations d'osmose inverse des modules spiralés.



**Figure 1-6 : Schéma d'un module spiralé**

**Tableau I-2: Avantages et inconvénients des modules d'osmose inverse [3]**

Type de module	Avantages	Inconvénients
<b>Tubulaire</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prétraitement facile : tolérer des fluides chargés de MES ayant une dimension inférieure à 1/10 le diamètre du tube ;</li> <li>- Facilité de nettoyage ;</li> <li>- La technologie est simple : changement facile de membrane défectueuse.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consommation excessive d'énergie afin de diminuer les risques de dépôts par phénomènes de polarisation de concentration ;</li> <li>- Faible compacité : la surface d'échange par unité de volume est la plus faible des systèmes existants &lt; à 300 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> ;</li> <li>- Volume mort élevé.</li> </ul>

## Généralités sur le dessalement

<b>Fibres creuses</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compacité élevée : ont la surface d'échange la plus élevée de tous les systèmes existants ;</li> <li>- Faible consommation énergétique résultant d'une faible vitesse et d'un régime laminaire ;</li> <li>- Possibilité de nettoyage à contre courant.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensibilité au colmatage à cause du faible diamètre des fibres ;</li> <li>- Seulement en parallèle contrairement aux autres types de modules ;</li> <li>- Basse pression obligatoire.</li> </ul>
<b>Plan</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Système modulaire aisément modifié par l'utilisateur (augmentation ou diminution du nombre d'élément) ;</li> <li>- Visualisation du perméat produit par chaque élément : permettant de détecter la détérioration d'une membrane ;</li> <li>- Prétraitement simplifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faible ratio surface membrane /volume d'encombrement (100-400 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>) ;</li> <li>- Coût d'immobilisation important ;</li> <li>- Difficultés de remplacer les membranes.</li> </ul>
<b>Spiralé</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ratio surface membrane/volume d'encombrement important (300-1000 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>)</li> <li>- Coût d'investissement faible ;</li> <li>- Prétraitement simplifié par rapport aux fibres creuses.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Risque élevé de colmatage à cause de la faible distance entre membrane ;</li> <li>-Difficulté de nettoyage.</li> </ul>

### I.5.6. Poste de prétraitement :

Un des aspects essentiels de la technologie d'osmose inverse, est d'offrir le moins d'obstacles possible au passage de l'eau et d'éviter que les salissures ne s'agglomèrent sur la surface des membranes et réduisent leur efficacité. Celles-ci sont très sensibles au colmatage par matières colloïdales et les micro-organismes, raison pour laquelle le prétraitement de l'eau brute est primordial. Il peut être réalisé par acidification, décantation, flottation, décarbonatation et ajout de séquestrant pour empêcher la précipitation des carbonates et sulfates.

## I.5.7. Système de récupération d'énergie :

Dans le système d'osmose inverse le concentrât est rejeté sous haute pression arrivant jusqu'à 65 bars, c'est pourquoi il est important de récupérer de l'énergie du débit de concentrât. Il existe actuellement deux systèmes de récupération de l'énergie hydraulique :[5]

### ➤ Récupération indirecte

La puissance hydraulique du concentrât sert à soulager le moteur de la pompe haute pression et ceci par l'intermédiaire d'une turbine.

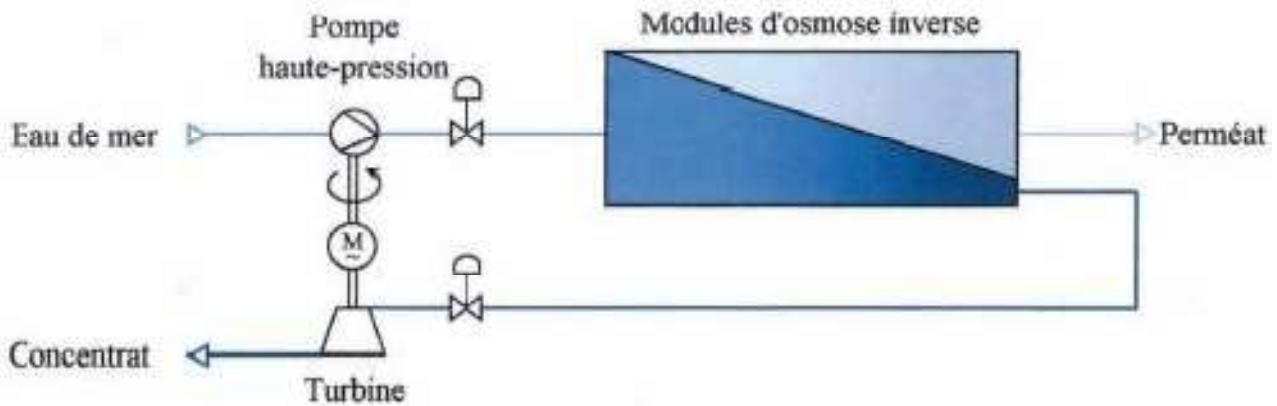


Figure 1-7 : Schéma de récupération indirecte de l'énergie

### ➤ Récupération directe

La puissance hydraulique est transférée directement dans le circuit d'alimentation, Le flux du concentrât provenant des membranes est dirigé à travers l'échangeur de pression, où il transfère directement de l'énergie à une partie du flux d'alimentation avec un maximum d'efficacité, pour cela il existe une pompe de surpression destinée à compenser les pertes de charge induites dans les échangeurs de pression comme le montre la figure suivante :

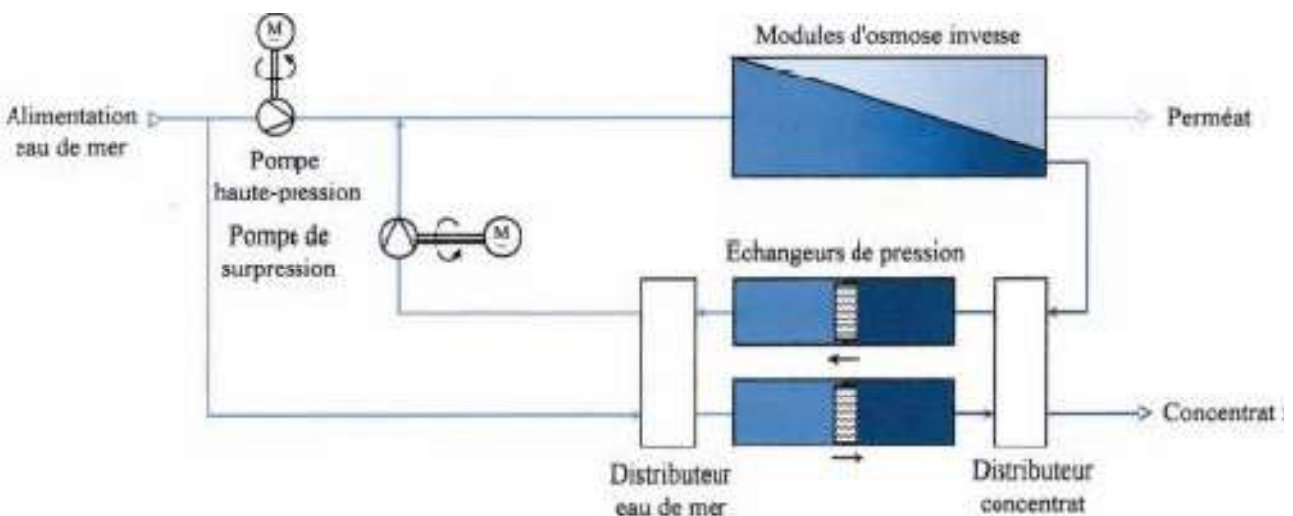


Figure 1-8 : Schéma de récupération directe de l'énergie



## I.5.8. Avantages et les inconvénients de l'osmose inverse : [7]

### *Avantages:*

- **Faible consommation d'énergie :**

- Pour une eau saumâtre : de salinité de 2,5 g/l, la consommation énergétique est de 3 kWh/m<sup>3</sup> et cela résulte des faibles pressions osmotiques de 2 à 4 MPa ;

- Pour une eau de mer : de salinité d'environ 35 g/l, la consommation énergétique est de 12 à 13 kWh/m<sup>3</sup> dans le cas où il n'y a pas de récupération d'énergie, dans le cas contraire la consommation énergétique est de 6 à 8 kWh/m<sup>3</sup>.

- **Simplicité du procédé :**

- L'osmose inverse peut être schématisée par une pompe à haute pression (3 à 6 MPa) et un ou plusieurs modules ;

- Ce procédé peut fonctionner à froid et ne demande pour sa mise en marche ou arrêt quelques secondes.

Après l'osmose inverse ; on obtient une eau très pure :

- pH légèrement acide de 6.6 (idéal pour la digestion, l'assimilation des aliments et l'équilibre de pH du sang généralement trop toxique) ;
- Résistivité élevée 20000 à 30000 ohms, ce qui permet une parfaite élimination des toxines par les reins ;
- L'eau osmosée est antioxydante, alors que l'eau en bouteille est plus oxydée du fait du délai souvent trop long entre la mise en bouteille et la consommation.

### *Inconvénients :*

- Nécessité d'un prétraitement de l'eau ;
- La membrane est le point clef des installations d'osmose inverse, son remplacement représente 5% du coût de traitement or la séparation membranaire possède un talon d'Achille : le colmatage de la membrane ;
- Les dépôts de matières entraînent la formation d'une couche à la surface de la membrane ce qui a pour conséquence de réduire le débit de filtration et donc les performances du procédé. Le colmatage est responsable dans 3 quarts des cas de vieillissement de la membrane ;
- La capacité unitaire d'un module d'osmose inverse ne dépasse pas 20 m<sup>3</sup>/j d'eau douce à partir de l'eau de mer et de ce fait une installation de grande capacité va être constituée de plusieurs modules, ce qui entraîne une complexité de l'installation et un coût élevé.

## I.5.9. Domaines d'utilisation de l'osmose inverse :

La technologie de l'osmose inverse dont la taille des pores est de 0,1 à 1,5 nm s'applique dans les cas suivants :

- Dessalement des eaux de mer et des eaux saumâtres.
- Récupération d'eau d'effluents colorés.
- Récupération d'eau d'effluents d'usine de blanchiment ultrafiltres et d'eau blanche ultra filtrée.
- Production d'eau ultra pure pour utilisation dans des procédés sensibles (pharmacie, tannerie, papeterie...).
- Récupération d'eau d'effluents miniers. Concentration et purification d'effluents acides ou alcalins contaminés.

### I.6. L'électrodialyse :

L'électrodialyse un procédé à membranes très ancien puisque la première installation date des années 1960, c'est une méthode électrochimique dans laquelle le sel est séparé de l'eau par transfert d'ions et migration à travers des membranes sélectives sous l'action d'un champ électrique.

Elle repose sur la mise au point et l'utilisation de membranes imperméables à l'eau et sélectives pour les ions. Ainsi seuls les anions peuvent traverser les membranes anioniques et seuls les cations peuvent traverser les membranes cationiques.

Pour construire un électro dialyseur, on place dans un bac des membranes anioniques en alternance avec des membranes cationiques et lorsque le bac est rempli d'une solution, on crée une différence de potentiel continue entre le premier et le dernier compartiment.[7]

**Par exemple**, le sel (NaCl), lorsqu'il est dissout, donne dans l'eau des ions positifs de sodium (Na<sup>+</sup>) et des ions négatifs de chlore (Cl<sup>-</sup>)

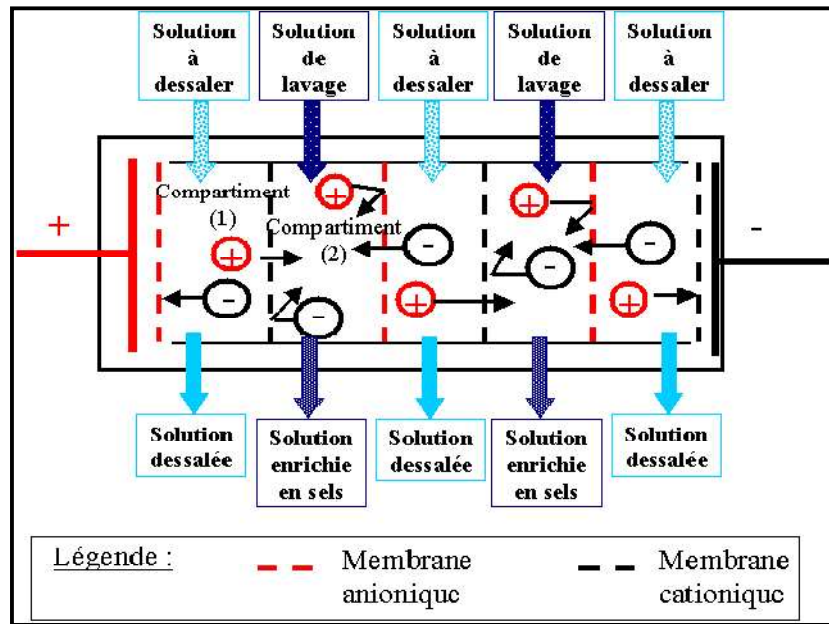


Figure 1-9 : Schéma d'un électro dialyseur

Dans l'électrodialyse, la membrane qui laisse passer les cations  $\text{Na}^+$  a la propriété d'arrêter les anions  $\text{Cl}^-$ , celle qui est imperméable aux anions oppose une barrière infranchissable aux cations. Dans certains compartiments de l'enceinte, on peut donc collecter les ions retenus par chacune de ces deux membranes. Ainsi, des cellules où l'eau contient une concentration de sels alternent avec d'autres où l'eau a été dessalée. Lorsque l'eau est insuffisamment désionisée (dessalée), elle est extraite de ces cellules.

En fait, l'électrodialyse a surtout été envisagée jusqu'ici pour le dessalement d'eaux saumâtres, dont la salinité n'excède pas 1%, le procédé n'étant pas rentable pour des teneurs en sels supérieures. L'électrodialyse n'est pas non plus pratiquée pour traiter les eaux à moins de 0.04% de sels. Malgré ces limitations, plusieurs petites usines de dessalement par électrodialyse sont exploitées dans le monde sur des bases commerciales, en 2000, le marché du dessalement des eaux saumâtres par électrodialyse est dominé ; au niveau mondial ; par la société américaine Ioniques.

### I.6.1. Description du procédé :

Le terme dialyse désigne la diffusion d'un soluté à travers une membrane qui lui est perméable au solvant. L'électrodialyse désigne donc le transfert d'ions à travers une membrane qui leur est perméable sous l'effet d'un champ électrique.

L'électrodialyse est un procédé électrochimique qui permet d'extraire les ions contenus dans une solution. L'extraction des ions se fait par migration des ions à travers des membranes sélectives (anioniques ou cationiques) sous l'action d'un champ électrique. Ainsi, seuls les anions peuvent traverser une membrane anionique et, seuls les cations peuvent traverser les membranes cationiques.

## I.6.2. Principe de fonctionnement :

Un électrodialyseur est constitué d'un grand nombre de compartiments alimentés électriquement en série, et hydrauliquement en série ou en parallèle (figure 1-10). Ces compartiments sont séparés par des membranes. L'extraction des ions se fait par migration de ces derniers à travers les membranes dites « sélectives » (qui sont soit anioniques, soit cationiques) sous l'action d'un champ électrique. Ainsi, seuls les anions (chargés négativement) peuvent traverser les membranes anioniques et seuls les cations (chargés positivement) peuvent traverser les membranes cationiques.

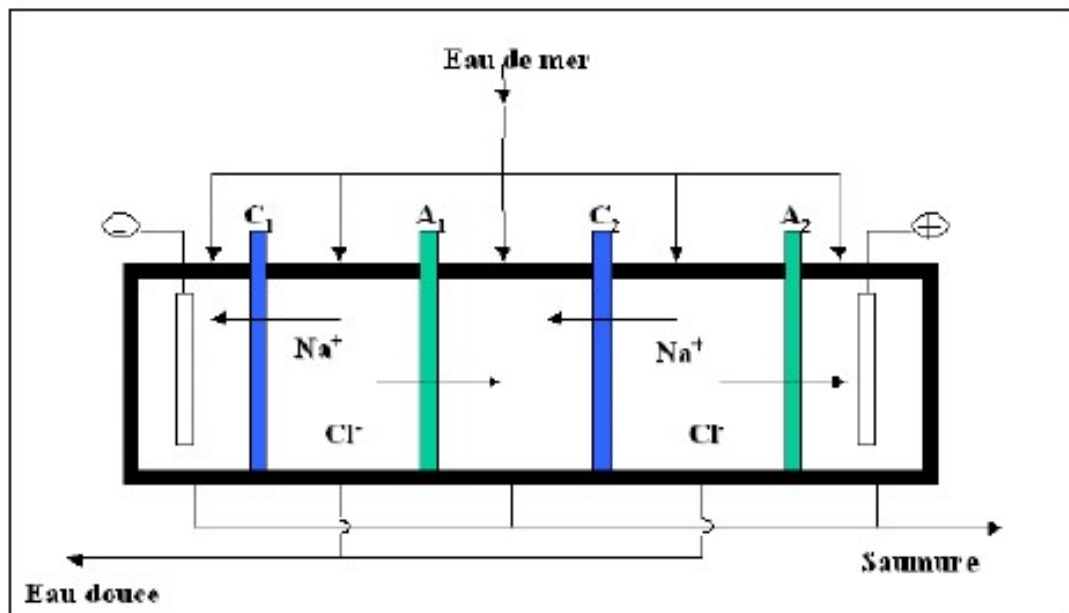


Figure 1-10 : Unité d'électrodialyse alimentée en parallèle

En plaçant alternativement une membrane cationique et une membrane anionique, puis en créant une charge positive à une extrémité de l'électrodialyseur et une charge négative de l'autre, on va attirer les anions vers la charge négative et les cations vers la charge positive, piégeant ainsi dans certains compartiments les ions qui sont alors retirés de la solution dans les autres compartiments. Ces transports ioniques membranaires donnent lieu à des changements de nature ou de concentration des électrolytes qui composent les milieux traités.

On peut ainsi réaliser la reconcentration d'un électrolyte ou bien la substitution d'un ion par un ion de même signe ou encore la conversion d'un sel en acide et base. Les électrodes ne participent pas directement au procédé, leur seul rôle est d'assurer l'application de la force de transfert électrique.

D'ailleurs, pour éviter que les produits d'électrolyse ne contaminent les solutions traitées, les électrodes sont isolées dans un circuit spécial. Sous l'effet d'un courant appliqué dans les bacs

externes les ions  $\text{Na}^+$  sont attirés vers l'électrode négative et les ions  $\text{Cl}^-$  vers l'électrode positive. En raison de la sélectivité des membranes; c'est à dire les ions  $\text{Na}^+$  peuvent uniquement traverser les membranes cathodiques et les ions  $\text{Cl}^-$  les membranes anioniques, on obtient de l'eau douce dans deux des quatre compartiments (Figure 1-11).

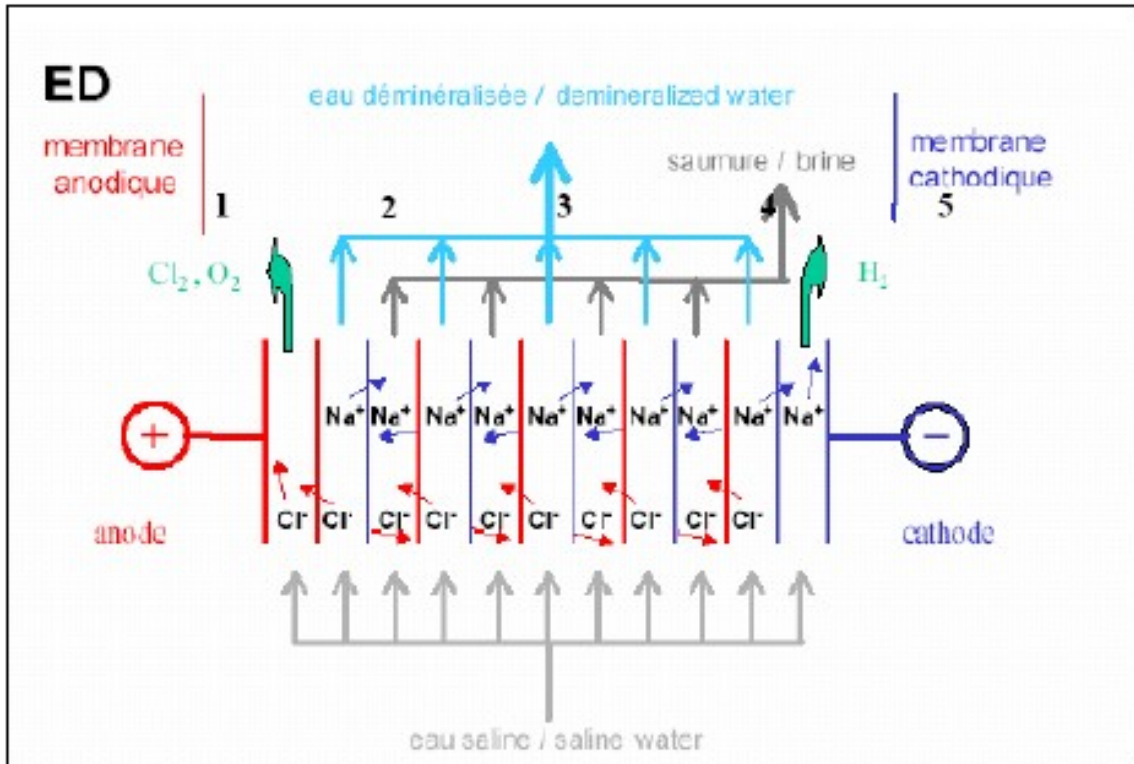


Figure 1-11: Principe du dessalement par électrodialyse

# **Partie 2:**

# **Le dessalement en Algérie**

## II- Les potentialités et ressources hydriques en Algérie :

### II.1 La problématique de l'eau 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 m<sup>3</sup> par habitant et par an. Si en 1962, la disponibilité en eau théorique par habitant et par an était de 1500 m<sup>3</sup>, elle n'était plus que de 720 m<sup>3</sup> en 1990, 680 m<sup>3</sup> en 1995, 630 m<sup>3</sup> en 1998, 500 m<sup>3</sup> elle ne sera que de 430 m<sup>3</sup> en 2020 La disponibilité en eau potable en Algérie en m<sup>3</sup>/Habitant/An dépassera légèrement le seuil des 400 m<sup>3</sup>/ha (norme OMS). La problématique de l'eau est indissociable du développement durable dans la mesure où l'eau doit permettre de répondre aux besoins des générations actuelles sans hypothéquer, la capacité des générations futures à satisfaire les leurs. Il faudrait disposer entre 15 et 20 milliards de m<sup>3</sup> par an, en réservant 70% à l'agriculture, pour parvenir à une sécurité alimentaire satisfaisante

### II.2 Les Ressources et leur mobilisation :

Avec une superficie de 2,4 millions de km<sup>2</sup>, le territoire se compose d'une diversité géographique et climatique, avec du nord vers le sud , des régions côtières et sub-littorales, une vaste étendue de hautes plaines semi-arides et un immense ensemble saharien au climat aride et hyperaride. A cela, s'ajoute la disparité d'occupation des sols et de densité de la population : la frange côtière concentre, sur 4 % de la superficie du territoire, les deux tiers de la population alors que les régions des hautes plaines, qui recouvrent 9 % de la superficie, regroupent le quart de la population.

Le contexte hydrologique de l'Algérie se résume en des bassins dont les oueds ont pour exutoire la mer Méditerranée, et des bassins endoréiques formés de *chotts et sebkhas*. Le Sahara, son sous-sol recèle de puissants aquifères "fossiles".

### II.3 Etat des potentialités en eau :

Le bilan hydrologique moyen annuel de l'Algérie du Nord fait ressortir un déficit d'écoulement qui atteint 87 % alors que 13 % seulement des précipitations profitent à l'écoulement.

Sur l'ensemble du territoire, les ressources en eau se répartissent comme suit :

- 12 milliards m<sup>3</sup> dans les régions Nord : 10 (écoulements superficiels), 2 (ressources souterraines).
- 5,2 milliards m<sup>3</sup> dans les régions sahariennes : 0,2 (écoulements superficiels), 5 (ressources souterraines).

Les structures en bassins sédimentaires du Sahara, sont favorables à de grands réservoirs profonds, dont l'alimentation remonte aux périodes pluvieuses du Quaternaire. La nappe du Continental Terminal (100 – 400 m de profondeur), et la nappe du Continental Intercalaire dite "albiennienne" (1000-1500 m de profondeur) renferment d'importantes réserves (de 30 000 à 40 000 milliards m<sup>3</sup>) mais en raison du très faible taux de renouvellement, les potentialités exploitables sont très limitées (5 milliards m<sup>3</sup>/an).

## **II.4 Diversification des ressources en eau face à la montée des besoins :**

La forte croissance urbaine (le taux de raccordement de la population urbaine au réseau public d'eau potable est de 93 % en 2009 avec une dotation moyenne de 168 litre par jour par habitant) et le développement agricole (programme de relance de l'irrigation) et industriel créent une demande en eau de plus en plus forte. Pour y répondre, un programme de mobilisation des eaux de surface est particulièrement soutenu, auquel s'ajoute le recours inéluctable pour les ressources « non conventionnelles ».

### **II.4.1 Barrages et transferts régionaux**

L'Algérie dispose actuellement de soixante six barrages pour une capacité de stockage de près de 7 milliards m<sup>3</sup>. Ce nombre devrait croître, pour permettre de régulariser, au final, la moitié de l'apport total des oueds, soit 5 milliards m<sup>3</sup> par an pour une capacité installée avoisinant les 10 milliards.

Afin de palier à la répartition inégale de la ressource eau, la réalisation de transferts régionaux doit assurer une équité territoriale dans l'accès à l'eau, résorber le déficit en AEP des agglomérations urbaines du nord et des « hauts plateaux », mettre en valeur de milliers d'hectares de terres agricoles par le biais de l'irrigation.[9]

### **II.4.2 Transfert des eaux des nappes profondes du Sahara :**

- 1- Transfert Sud-Nord des eaux du Sahara Septentrional vers les « Hauts Plateaux ».
- 2- Transfert Sud-Sud : In Salah –Tamanrasset.

### **II.4.3 Préservation de la qualité de l'eau et de l'environnement :**

Le programme de réhabilitation et de réalisation de stations d'épuration (STEP) a concerné en premier lieu les agglomérations de plus de 100 000 habitants et les agglomérations situées en amont des barrages (en exploitation ou en construction). Plus particulièrement, les villes côtières dont les effluents font l'objet de traitement avant rejet dans le littoral.



Le volume épuré est passé de 90 hm<sup>3</sup>/an au début des années 2000 à 400 hm<sup>3</sup> aujourd'hui. On recense un total de 102 unités, dotées d'une capacité installée de 600 hm<sup>3</sup>. Le programme en cours (40 STEP à réaliser) permet d'atteindre 900 hm<sup>3</sup> en 2015 et 1200 hm<sup>3</sup> en 2020. Au-delà de l'impact écologique, les eaux usées épurées permettent de développer la mise en valeur agricole.

### Exemples de projets structurants en Algérie

- L'Aménagement de Beni Haroun (Constantinois –Hautes Plaines –Aurès)
- Le Complexe Hydraulique Setif – Hodna (Systèmes Est et Ouest)
- Mobilisation des ressources en eau dans l'Algérois
- Programme d'Urgence d'AEP de la région d'Alger
- Mobilisation des ressources en eau dans l'Ouest algérien
- alimentation du couloir M.A.O : Mostaganem-Arzew-Oran.
- Transfert des eaux des nappes du Sahara.
- Dessalement

### II.4.4 Dessalement de l'eau de mer :

Des efforts importants ont été déployés par l'Algérie pour améliorer ses ressources hydriques et la disponibilité de l'eau, autant pour l'industrie et l'agriculture que pour l'alimentation en eau potable.

La déminéralisation des eaux souterraines à très fort taux de salinité, pour des besoins liés à l'industrie pétrolière et à la sidérurgie était la seule expérience de l'Algérie en matière de dessalement. Un demi-siècle après, l'Algérie a mis en place un programme de réalisation de 43 unités de dessalement de l'eau de mer.

Lancé en 2001, ce plan détaillé porte sur 30 stations monobloc et 13 méga stations dans le nord du pays en vue de produire 2,26 millions de m<sup>3</sup>/j d'eau dessalée d'ici 2019.

C'est que les changements climatiques auxquels fait face la planète depuis quelques décennies ont fait de la sécurisation de l'alimentation en eau potable par le recours à l'eau de mer, une urgence et se révèle à terme comme étant la solution la plus stratégique au développement durable du pays. vu son coût exorbitant, cette option a été rendue possible grâce à l'embellie du marché pétrolier dont l'Algérie tire l'essentiel de ses revenus. Un coût exorbitant certes, mais avec un avantage énorme, du moment que cette option confère à la disponibilité de l'eau un caractère de pérennité certain

La réalisation de stations de dessalement de l'eau de mer, permettra non seulement de satisfaire les besoins de la population mais aussi de libérer d'importantes quantités d'eau des barrages pour les besoins de l'irrigation

La décision de multiplier les unités de dessalement de l'eau de mer a été prise en 2001, avec notamment la création de l'AEC (Algerian Energy Company) par les groupes Sonatrach et Sonelgaz, en concentrant son champ d'action dans le dessalement de l'eau de mer en partenariat avec des partenaires étrangers.

## II-5-Les ressources hydriques en Algérie :

La pluviométrie est le paramètre le plus important dans l'évaluation des ressources en eau.

Elle varie de plus de 2000 mm/an sur les hauts reliefs en bordure de la mer méditerranéenne, à moins de 100 mm/an au nord du Sahara. Les moyennes annuelles des précipitations suivent une zonalité générale Nord-Sud, qui définit les zones climatiques.

Cependant, on note des également écarts notables entre l'Est et l'Ouest du pays. La région Oranaise (Ouest) est en général moins arrosée que le constantinois (Est), comme on peut le constater au Tableau2-1. [9]

**Tableau 2-1-: Les précipitations en Algérie (mm).[9]**

	Ouest	Centre	Est
<b>Littoral</b>	400	700	900
<b>Atlas Tellien (Plaines)</b>	500	450	700
<b>Atlas Tellien (Reliefs)</b>	600	700-1000	800-1600
<b>Hauts plateaux Tellien</b>	-	-	400
<b>Atlas Saharien</b>	200	200	400_700
<b>Sahara Septentrional</b>	50	50_150	150

Le pays compte 115 barrages, dont 45 ont une capacité supérieure à 10 millions de m<sup>3</sup> et 55 sont de capacité inférieure. À l'avenir d'autres barrages sont à l'étude. On estime à 19,2 milliards de m<sup>3</sup> le total des ressources en eaux de surface et souterraines.

### I I-5-1-Les ressources en eau de surface :

Les écoulements de surface avaient été estimés pendant la période coloniale à 15 milliards de m<sup>3</sup> pour les bassins tributaires de la Méditerranée (123000 km<sup>2</sup>), c'est-à-dire sans tenir compte des bassins qui dépendent des chotts. Dans les dernières études menées dans le cadre du Plan National de l'eau par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH) et de la Direction des Grands Aménagements Hydrauliques (DGAIH) et qui intègrent des années de sécheresse, les ressources en eau de surface sont évaluées à 12.4 milliards de m<sup>3</sup> répartis par bassin hydrographique selon le tableau suivant :

**Tableau 2-2-[10]: Répartition des eaux de surface en Algérie**

Bassin hydrographique	Oranie Chott Chergui	ChelifZahrez	Algérois Soummam Hodna	Constantinois Seybouse Mellègue	Sud	Total
<b>Ressources pot. (hm<sup>3</sup>)</b>	1025	1840	4380	4500	600	12,34
<b>Pourcentage (%)</b>	8,7	15,7	37,3	38,3	0,48	100

## II -5-2-Les ressources en eaux souterraines :

### a) Dans le Nord du pays :

Les eaux souterraines ont été évaluées par les services techniques de l'ANRH et la DGAIH dans le cadre du Plan nationale de l'eau à environ 1,9 milliard de m<sup>3</sup>. Ces ressources qui sont relativement plus faciles à mobiliser, sont aujourd'hui exploitées à plus de 90%; beaucoup de nappes sont même dans un état de surexploitation critique. Actuellement, on estime à plus de 12.000 forages, 9.000 sources et 100.000 puits qui sollicitent les nappes pour les besoins de l'agriculture et l'alimentation en eau potable et industrielle.

La répartition par région hydrographique des eaux souterraines du Nord se présente comme suit:

**Tableau 2-3- [10]: Répartition spatiale des eaux souterraines du Nord du pays.**

Bassin hydrographique	Oranise Chott Chergui	Chelif Zahrez	Algéroise Soummam Hodna	Constantinois Seybouse Mellègue	Total
<b>Ressources pot. (hm<sup>3</sup>/an)</b>	375	231	745	543	1894
<b>Total(%)</b>	19,7	12,2	39,2	28,9	100

### b) Dans le Sud du pays :

Le sud du pays se caractérise par l'existence de ressources en eau souterraines considérables provenant des nappes du Continental Intercalaire (CI) exploité à 56% et le reste est du Complexe

Terminal (CT). Ces des nappes fossiles ou semi fossiles. Les pourcentages d'exploitation sont indiqués sur le tableau suivant:

**Tableau 2-4- [10] : Pourcentages d'exploitation des nappes du sud.**

Wilaya	Prélèvements possibles (Hm <sup>3</sup> /an)		
	Continental intercalaire	Complexe Terminal	Totaux
Biskra	24,6	9,3	33,9
El Oued	310,5	713,9	1024,4
Ouragla	507	1446,2	1953,2
Ghrdaia	559	–	559,9
Adrar	1180,1	–	1179,3
Tamanrasset	184,8	–	184,8
Totaux	2766,9	2169,4	4936,3

## II.6. Historique et constat de l'expérience algérienne :

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

Le recours au dessalement en vue d'un usage destiné exclusivement à l'alimentation de la population en eau potable est quasi-inexistant. Tandis une seule expérience a été tentée dans une situation où il n'existait aucune autre solution. Il s'agit de l'unité de déminéralisation d'Ouled Djellal dans la Wilaya de Biskra (Sud- Est Algérien). Dans l'industrie, la déminéralisation et le dessalement sont utilisés pour assurer la fourniture de l'eau de chaudière de refroidissement de traitement.

En 1964, trois petits blocs de 8 m<sup>3</sup>/h chacun ont été installés au complexe Gaz liquéfié d'Arzew (ville côtière à l'ouest du pays). Le procédé utilisé est "à tubes submergés" travaillant à basse pression.

En 1969, une autre installation a vu le jour à Arzew avec une capacité de production de 4560 m<sup>3</sup>/J. Le procédé utilisé est le multi stage flash – MSF.

Dès lors de nombreuses installations de dessalement et de déminéralisation ont été mis en place en parallèle avec les nouveaux complexes (Tableau 2-5).

D'autres installations ont été mises en exploitation pour les besoins en eau de haute pureté nécessaire au procès des complexes de production d'électricité (Cap Djenet) et l'industrie de liquéfaction (Arzew et Skikda).

Il y a également quelques installations qui sont destinées, principalement dans le sud, à fournir de l'eau de qualité pour la consommation humaine dans les bases pétrolières.

En réalité la capacité de traitement en Algérie est plus importante car à travers ce bref listing, les installations liées aux industries alimentaires notamment et la production d'électricité ne sont pas prises en compte (Tableau 2-5).

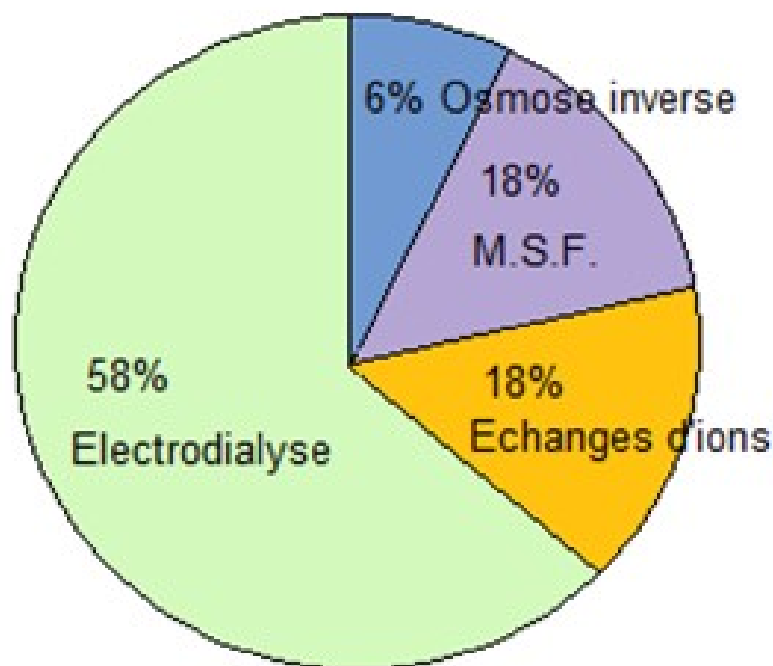
**Tableau(2-5)**

Site	Nombre d'unités	Débit m <sup>3</sup> /J	Procédé	Mise en service
Skikda	1	1440	Flash	1971
Skikda	2	720	Flash	1971
Skikda	—	1440	Echangeurs d'ions	1971
Annaba	2	960	Echangeurs d'ions	1971
Annaba	2	3600	Echangeurs d'ions	1973
Ghazaouat	1	840	Echangeurs d'ions	1974
Arzew	6	3888	Electrodialyse	1975
Arzew	—	960	Echangeurs d'ions	1975
Hassi Messaoud	6	1000	Electrodialyse	1975
Hassi Messaoud	2	110	Electrodialyse	1976
Gassi Touil	1	55	Electrodialyse	1977
Arzew	1	350	Thermo-compression	1978
Annaba	3	14180	Multiflash	1978
Hassi Messaoud	2	350	Electrodialyse	1978
Bel Abbes	—	1500	Echangeurs d'ions	1978
Haoud Berkaoui	1	55	Electrodialyse	1979
Hassi Messaoud	2	300	Electrodialyse	1979
Rhourd El Baguel	1	25	Electrodialyse	1979
Arzew	1	960	Multiflash (5 étages)	1979
Annaba	2	144	Echangeurs d'ions	1979
Annaba	2	576	Echangeurs d'ions	1979
Bassi-Rmel	3	792	Osmose d'inverse	1979
Annaba	2	6240	Echangeurs d'ions	1980
Ghardaia	—	960	Osmose d'inverse	1980
Arzew	1	960	Multiflash (6 étages)	1980
Mostaganem	—	57600	Osmose d'inverse (6 lignes)	1980
Rhourd El Baguel	2	300	Electrodialyse	1981
Biskra	—	864	Osmose d'inverse	1981
Annaba	1	1800	Echangeurs d'ions	1981
Reghaia	—	160	Echangeurs d'ions	1982

On note que la plupart de ces unités sont de faible capacité de quelques dizaines à quelques centaines de mètres cubes par jour.

On retrouve l'ensemble des procédés classiques de déminéralisation électrodialyse, échanges d'ions, distillation et osmose inverse (Fig.2.1).

On note une forte concentration d'installations d'électrodialyse dans le sud et d'échanges d'ions à Annaba, ce qui traduit la confiance des exploitants dans un procédé leur ayant donné satisfaction. Il ressort aussi que si le nombre d'installation de dessalement fonctionnant par osmose inverse est réduit, il n'en demeure pas moins que du point de vue capacité de production ce procédé occupe une place remarquable.



**Figure.2.1 :Répartition par pourcentage**

L'inauguration de l'unité d'osmose inverse de Mostaganem qui, avec une capacité de 57,600 m<sup>3</sup>/J était l'installation la plus importante du monde.

Néanmoins il s'est avéré que les exploitants de ces installations ne disposaient pas de données suffisantes sur les conditions d'exploitation, que ce soit au plan technique ou au plan économique. En effet, la gestion technique et financière, des installations de dessalement est intégrée à la gestion des services en général, de sorte que les informations proposées à cette opération sont difficilement accessible.

Les coûts de traitement ne sont donc pas cernés et il est tout à fait hasardeux de vouloir tirer des conclusions définitives concernant les performances comparées de tel ou tel procédé. Il est apparu qu'après ces premières installations et tout le long de ces dernières années le recours à la déminéralisation ou au dessalement est resté, pour l'essentiel, limité à la satisfaction des besoins de l'industrie.

Le développement de l'utilisation des techniques de dessalement se heurte à deux obstacles principaux :

- Un coût encore très élevé.
- L'inexistence de capacités techniques suffisantes au sein des structures actuelles de gestion des installations d'alimentation en eau potable.

On relève l'emploi inapproprié du procédé de distillation pour déminéraliser de l'eau brute du barrage de Fergoug (Arzew) ainsi que de l'eau de forage à Hassi-Messaoud et Ain Amenas.

L'osmose inverse est le procédé de déminéralisation le moins utilisé dans le secteur, alors qu'il est le plus approprié pour une eau peu chargée (eau de forage).

De même on a remarqué, la multiplicité des constructeurs pour le même procédé technologique.

Toutes ces unités ont été réalisées au fur et à mesure des besoins exprimées par les utilisateurs.

A cause de problèmes techniques rencontrés par les opérateurs, la production réelle de ces unités est loin de refléter les chiffres avancés. Elle est estimée actuellement aux 2/3 des capacités installées, dans le meilleur des cas. Cette production est bien en deçà des besoins en eau dessalée des utilisateurs. Ce qui n'a pas manqué de créer des problèmes très épineux aux complexes industriels.

Même lorsque l'eau est fournie régulièrement par les soins des services de l'hydraulique, des problèmes de qualité de l'eau se posent continuellement les eaux du barrage de fergoug sont trop chargées aussi bien en été (forte évaporation) qu'en hiver (en période de cures les eaux contiennent beaucoup de matières solides).

Le traitement de cette eau, dont la qualité doit répondre aux exigences de fonctionnement s'avère nécessaire pour la préservation des installations industrielles. Ceci conduit alors à traiter une eau qui ne répond ni quantitativement ni qualitativement aux besoins de l'industrie.

## **II -6-1-L'expérience Algérienne dans le dessalement:**

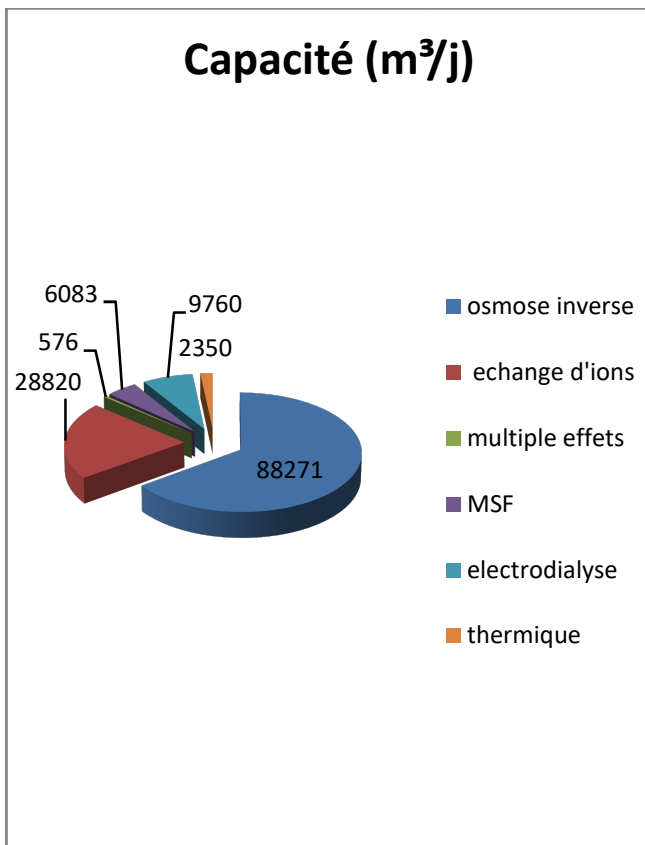
La variante du dessalement de l'eau s'avère la solution convenable : le pays dispose de 1200 km de cotes sur la mer méditerranée. La première installation de dessalement remonte à l'année 1964 à Arzew, d'une capacité de 576 m<sup>3</sup> /j travaillant en Multiples effets. L'installation de l'usine de Mostaganem en 1980 a été la plus grande du monde à cet époque, produisant environ 57.600 m<sup>3</sup> /j. Le nombre de stations de dessalement installées à ce jour est de 56 stations ayant une capacité totale de 146.000 m<sup>3</sup> /j environ. Les techniques de dessalement qui ont été adoptées sont très diversifiées ; pratiquement tous les procédés membranaires et de distillation.

Divers organismes interviennent dans la construction des stations de dessalement (tutelle et exploitation): Ministère des ressources en eau (représenté par l'Algérienne Des Eaux : ADE), SONATRACH (la Compagnie nationale pétrolière), SONELGAZ (la Compagnie nationale de l'électricité et du gaz), la Compagnie nationale « l'Algérienne de l'Energie » (créée récemment entre SONATRACH et SONELGAZ), la société privée Tongo, etc. [9]

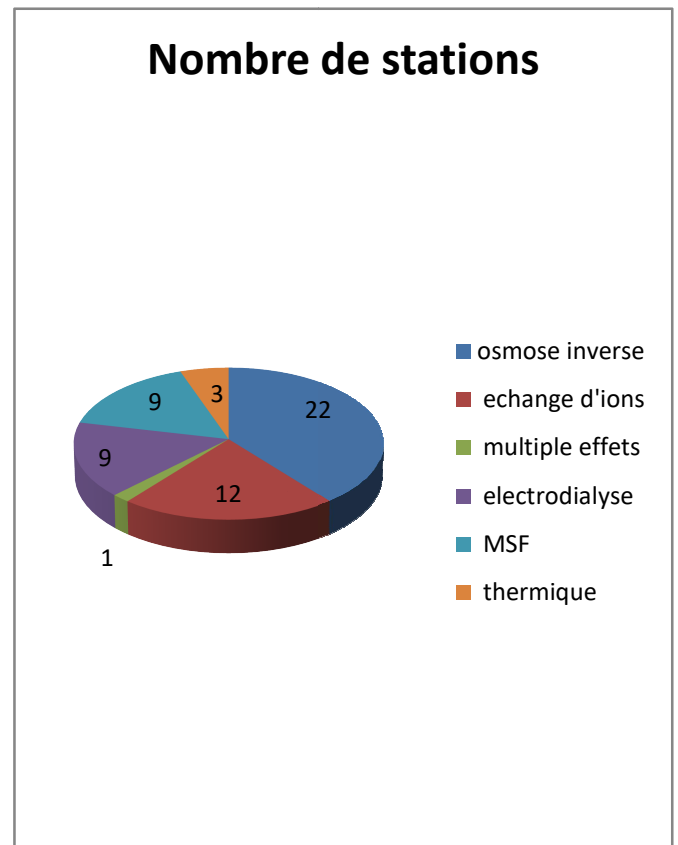
## **II -6-2-Les stations existantes :**

Sur les 56 stations réalisées, 22 fonctionnent par la technique d'osmose inverse et produisent plus de 60% de la capacité totale installée, 12 fonctionnent par la technique d'échange d'ions, 9 stations par l'électrodialyse. , 3 stations par MFS, 3 stations par Multiples effets.





**Figure 2-2: Capacité de production des différentes techniques [9]**



**Figure 2-3 : Nombre de stations pour les différentes techniques [9]**

## II -6-2-1-Stations exploitées par le Ministère des ressources en eau :

Pour l'alimentation en eau potable, deux installations seulement ont été réalisées:

- L'installation de l'Ouenza dans la wilaya de Guelma, type Osmose Inverse et d'une capacité de production de 3.360 m<sup>3</sup>/J
- L'installation de OuledDjellal, type électrodialyse et dont la capacité de production est de 4.320 m<sup>3</sup>/J ; mise en service en 1981.

## II -6-2-2-Stations installées par la Compagnie «SONELGAZ»:

Pour des besoins de production d'énergie électrique et compte tenu de l'insuffisance et de la qualité des eaux distribuées dans les réseaux d'AEP, SONELGAZ a doté chacune de ces nouvelles centrales à vapeur, d'unité de dessalement d'eau de mer pour produire de l'eau nécessaire à l'alimentation des chaudières (Tableau 2-6).

**Tableau 2 -6-Stations exploitées par Sonelgaz [9] :**

Centrale	Capacité (m <sup>3</sup> /j)	Technique	Année d'installation
Mers el Hadjadj	1500	Thermo compression	1977
Mers el Hadjadj	2000	MSF	1991
Mers el Hadjadj	500	Thermo compression	1989
Cap Djinet	2000	MSF	1985
Djidjel	2000	MSF	1992
Djidjel	500	Osmose inverse	1992

## II -6-2-3-Stations installées par la Compagnie «SONATRACH»:

Al'époquedel'inaugurationdelastationdeMostaganemparlaCompagniecitéeplushaut, dont la capacité est de 57 600 m<sup>3</sup>/j, cette dernière a été la plus importante du monde.

La plus grande expérience dans le domaine de dessalement, ainsi que le plus grand nombre de stations installées revient à la Compagnie «SONATRACH», 31 centrales ont été construites pendant 18ans:de1964à1982.C'estl'équivalentde107.401m<sup>3</sup>/j produits par les différentes techniques, et dont la qualité de l'eau d'alimentation a été très diversifiée (eau de mer, eau chargée de barrage, eau saumâtre souterraine).

**Tableau 2 -7-: Stations exploitées par «SONATRACH»: [9]**

Centrale	Capacité m3/j	Technique	Mise en service
Arzew	576	Multi effets	1964
Arzew	4560	MSF	1969
Skikda 1	2500	MSF	1971
Skikda 2	2500	MSF	1971
Skikda 3	5000	Echangeurs d'ions	1971
Annaba	960	Echangeurs d'ions	1971
Annaba	3600	Echangeurs d'ions	1973
Ghazaouat	840	Echangeurs d'ions	1974
Arzew	3888	Electrodialyse	1975
Arzew	960	Echangeurs d'ions	1975
Hassi Messaoud	1000	Electrodialyse	1975
Hassi Messaoud	110	Electrodialyse	1976
GassiTouil	55	Electrodialyse	1977
Arzew	350	Thermo-compression	1978
Annaba	14180	MSF	1978
Hassi Messaoud	350	Electrodialyse	1978

<b>Bel Abbes</b>	1500	Echangeurs d'ions	1978
<b>HaoudBerkaoui</b>	55	Electrodialyse	1979
<b>Hassi Messaoud</b>	300	Electrodialyse	1979
<b>Rhourd El Baguel</b>	25	Electrodialyse	1979
<b>Arzew</b>	960	MSF	1979
<b>Annaba</b>	144	Echangeurs d'ions	1979
<b>Annaba</b>	576	Echangeurs d'ions	1979
<b>Bassi-Rmel</b>	792	Osmose d'inverse	1979
<b>Annaba</b>	6240	Echangeurs d'ions	1980
<b>Ghardaia</b>	960	Osmose d'inverse	1980
<b>Arzew</b>	960	MSF	1980
<b>Mostaganem</b>	57600	Osmose d'inverse	1980
<b>Rhourd El Baguel</b>	300	Electrodialyse	1981
<b>Annaba</b>	1800	Echangeurs d'ions	1981
<b>Reghaia</b>	160	Echangeurs d'ions	1982

### II -6-2-4-Stations installées par d'autres Compagnies:

Des petites stations sont aussi construites par des Compagnies du secteur économique privé pour répondre aux besoins de la production, comme la station construite par la Compagnie Tongo à Rouiba –Alger(production de boissonsal coolisées), donnant un débit de  $1500 \text{ m}^3/\text{j}$ .

**Tableau 2 -8- : Stations exploitées par d'autres Compagnies[9] .**

<b>Campanie</b>	<b>Localité</b>	<b>Capacité (<math>\text{m}^3/\text{j}</math>)</b>	<b>Technique</b>	<b>Réalisée par</b>	<b>Année d'installation</b>
<b>Tongo</b>	Rouïba	1500	Échangeur d'ions	Chriwa: Allemagne	2000

### II -6-2-5-Station expérimentale du Centre de Développement des Energies Renouvelables

#### CDER :

C'est la Station de Hassi-khebbi(Béchar):d'une capacité de  $20,4 \text{ m}^3/\text{j}$  dont le procédé est l'osmose inverse, et fonctionnant à l'énergie solaire. Cette station est destinée au dessalement de saumâtres souterraines dont la salinité est de  $3,5 \text{ g/l}$  afin d'alimenter en eau potable la localité de Hassi Khebbi comptant 800 Habitants. La station a une configuration permettant de travailler à un taux de conversion de 31% sous une pression de 12

bars. Cette installation dont la date de mise en œuvre remonte à 1975, se trouve actuellement à l'arrêt à cause des problèmes d'entretien.

### II -7- Le programme d'urgence (2002-2003):

Le programme de dessalement annoncé au début de l'année 2002 a prévu la construction de 21 petites stations mobiles monoblocs, d'une capacité totale de 57 500 m<sup>3</sup>/j. Celles-ci ont été réalisées, dans le cadre d'un programme d'urgence, dans sept wilayas de la bande côtière. Deux grands opérateurs sont un quasi-monopole d'intervention en matière de réalisation de ces usines, il s'agit de l'Algérienne des Eaux (ADE) et l'Algerian Energy Company (AEC) dont Sonatrach et Sonalgaz se partagent la propriété des actions.

#### II -7-1- Les Stations Monoblocs réalisées :

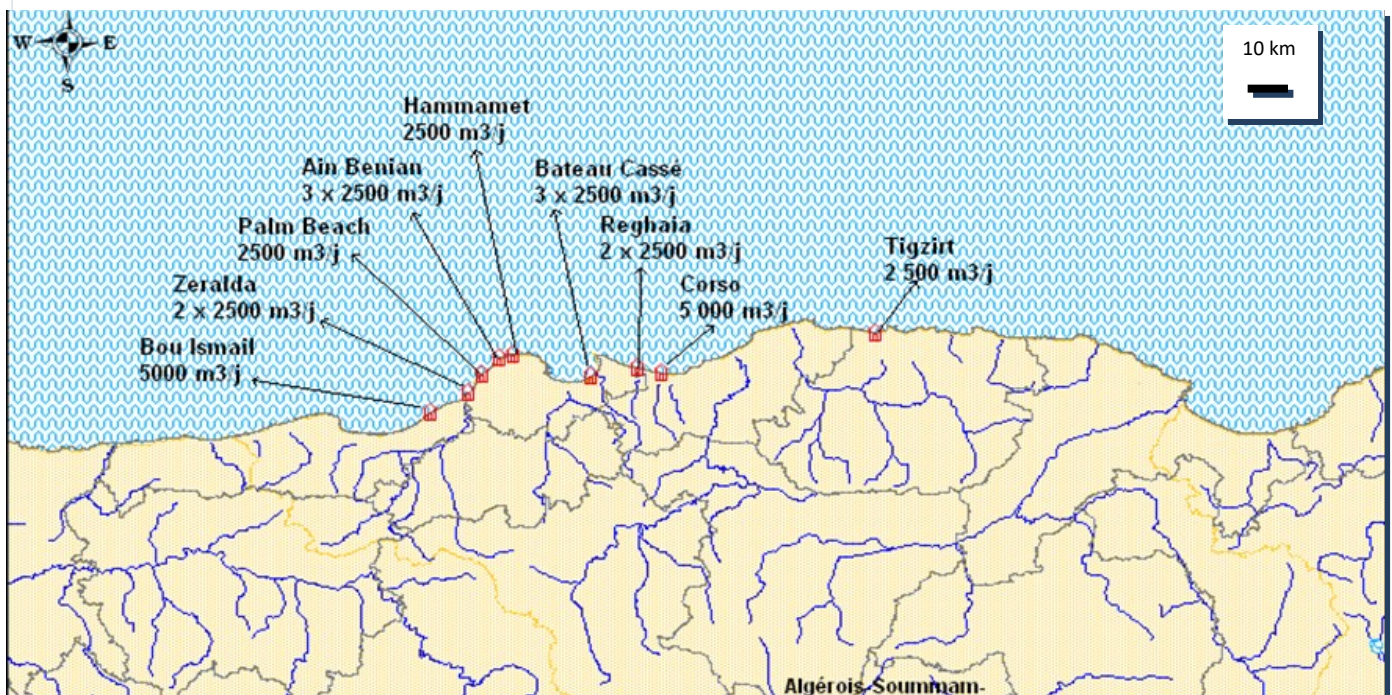
Les stations monoblocs réalisées sont consignées dans le tableau suivant

**Tableau 2 -9- : Les Stations Monoblocs réalisées [9].**

Wilaya	Site	Commune	Capacité m <sup>3</sup> /j	Population à servir
Alger	Palm Beach	Staoueli	2 500	16 660
Alger	Champ de tir	Zéralda	5 000	33 330
Tlemcen	Ghazaouet	Ghazaouet	5 000	33 330
Tipasa	Bou Ismail	Bou Ismail	5 000	33 330
Skikda	L. Ben Mhidi	L. Ben Mhidi	7 000	47 000
Tizi Ouzou	Tigzirt	Tigzirt	2 500	16 660
Oran	Bou Sfer	Bou Sfer	5 500	33 330
Oran	Les Dunes	Ain Turk	5 000	33 330
Alger	La Fontaine	Ain Benian	5 000	33 330
A. Temouchent	Bou Zdjer	Bou Zdjer	5 000	33 330
A. Temouchent	Chatt el Ward	Bou Zdjer	5 000	33 330



La répartition de ces stations monoblocs dans la bonde côtière est représentée dans la figure suivante :



**Figure 2-4 : Répartition des stations monobloc [9]**

## II -7-2-Programme de réalisation des usines de dessalement:

L'objectif est la réalisation de 43 usines de dessalement opérationnelles d'ici 2019. Quinze grandes stations sont en cours de réalisation, certaines ont déjà été réceptionnées, leurs capacités de production dépassent les deux millions de  $m^3/j$ , une capacité plus importante que celle régulée par le grand barrage de l'Algérie (**Beni Haroune**) qui est destiné à alimenter 5 wilayas à travers un transfert géant.

**Tableau 2-10- : Les 15 grandes Stations réalisées [9].**

Localité	Capacité ( $10^3 m^3/j$ )	Date de mise en service
Kahram	90	Novembre 2005
Skikda	100	Juin 2008
Hamma (Alger)	200	Février 2008
Beni Saf (A. Timouchent)	200	2010-2011
Fouka (Tipaza)	120	2010-2011
Souk Telta (Tlemcen)	200	2010-2011
Magtaa (Oran)	500	Juin 2014
Mostaganem	200	2011

Oued Sebt (Tipaza)	100	en cour de construction
Cap Djinet (Boumerdes)	100	2011
Tenes (Chelef)	200	en cour de construction
Honaine	200	2011
El Kala( El Taref)	50	2011
Djijel	100	-
Bejaia	100	-
<b>Total : 15 Stations</b>	<b>2460</b>	

## II.8. Choix d'un procédé de dessalement :

Pour le choix d'un tel procédé de dessalement, plusieurs critères techniques et économiques rentrent en jeu. Pour les eaux saumâtres, l'osmose inverse est le procédé généralement retenu, alors que pour les eaux de mer, ce sont d'abord la nature et le coût qui orientent le choix vers une technologie plutôt que pour une autre et en tenant compte la minéralisation de l'eau. [10]

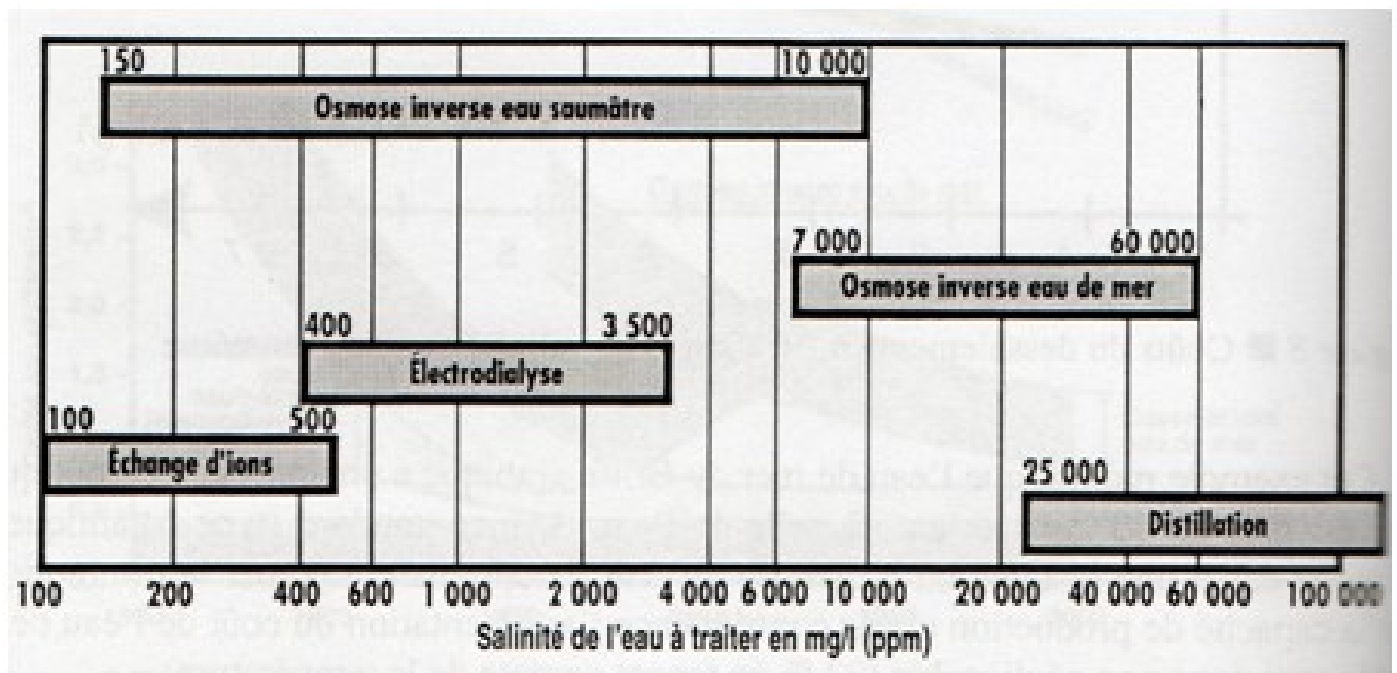


Figure 2-2 : Choix du procédé de dessalement selon la salinité des eaux [10]

## II.9. Techniques et coûts :

Il y a trois composantes dans le prix l'investissement : l'entretien-fonctionnement et l'énergie. L'investissement est de l'ordre de 7 \$ par m<sup>3</sup>/jour, un peu plus pour les cycles thermiques (10 \$). Ces derniers sont complexes et ils nécessitent de dimensionner dès le départ l'usine.

Le procédé OI est adapté à de grandes unités et on peut adjoindre de nouvelles unités sans difficulté. L'OI est sensible à une pollution, il faut une eau très propre. Pour l'entretien, il faut changer au moins 12% des membranes chaque année. Cela fait que le procédé OI a besoin d'un personnel qualifié et qu'il est plus "fragile" technologiquement.

En fait, hors le poste de l'énergie, le cout du m<sup>3</sup> d'eau potable est dans toutes ces techniques de l'ordre de 0.4 \$/m<sup>3</sup>, pourvu qu'elles tournent en continu. Si on ajoute l'énergie, les estimations peuvent varier considérablement.

Vers 2002, le prix du gaz à la consommation était autour de 3.5 \$/GJ, un GJ étant de l'ordre du britannique MBTU habituellement utilisé pour mesurer la quantité d'énergie du gaz. Cela faisait donc à peu près 11 \$/MWh, ou 17 \$ pour l'équivalent d'un baril de pétrole. Or transporter du gaz liquéfié depuis le Golfe à l'Europe coute près de 2.5 \$/GJ. Donc le gaz saoudien valait 1 \$/GJ, et on d'pensait 70-100 KWh/m<sup>3</sup> pour dessaler, ce qui était équivalent à 0.25 \$/m<sup>3</sup>. Il y a une dizaine d'années, dans la région du Golfe, une grande partie du gaz était brulée faute de moyens d'écoulement. On pouvait donc négliger le cout de l'énergie, comme dans certains papiers

Aujourd'hui le gaz peut être estimé à 8-10 \$/GJ en Europe et donc sa valeur à la source a été multipliée au moins par cinq. Quant au pétrole, il dépasse les 90 \$/baril (Novembre 2007) Pour un pays qui produit du gaz et du pétrole, le bruler pour évaporer de l'eau de mer est aujourd'hui un gaspillage. Il y a de longues études comparant les mérites de nombreux cycles combinés, car les procédés thermiques peuvent être combinés à une centrale électrique en récupérant la chaleur rejetée au niveau de la "source froide". Cela cependant se fait au prix d'une perte de rendement thermodynamique du générateur d'électricité.

Les comparaisons ci-dessus montrent qu'à partir du moment où la technologie est accessible, le procédé OI semble devoir l'emporter et la seule discussion à mener est de savoir comment obtenir l'énergie électrique nécessaire. Si les besoins descendent en dessous de 4 KWh/m<sup>3</sup>, il faut avec les centrales électriques récentes :

- 8 KWh de charbon (1.Kg, soient 3. Kg CO<sub>2</sub> et 0.13 \$).
- 2. 7 KWh de gaz naturel (0.7 m<sup>3</sup>, soient 1.61 Kg CO<sub>2</sub> et 0.26\$).
- 8 KWh de pétrole (0.8 litres, soient 2. Kg CO<sub>2</sub> et 0.38 \$).
- 11 KWh nucléaire (pour 4KWh électrique, 0 CO<sub>2</sub> et 0.18 \$).

## Le dessalement en Algérie

En admettant des prix de 50 \$ la tonne de charbon, 8 \$/GJ pour le gaz, 70 \$/baril pour le pétrole et 45 \$/MWh le prix de l'électricité nucléaire. On a considéré que l'amortissement d'une centrale électrique fonctionnant aux fossiles 'était autour de 8 \$/MWh, et donc de 0.03\$ pour 4 KWh électriques. On voit, compte tenu de l'évolution des prix, et hors situation spécifique (le cout de production du charbon dans une mine d'Europe de l'Ouest est autour de 140 \$/t) vers quoi s'oriente la décision économique et écologique, en particulier si on introduit une taxe carbone.

### II-9-1-Le cou $\grave{t}$ de quelque stations en Algérie:

N $^{\circ}$	localisation	capacité m $^3$ /j	population à servir	prix de la station (millions de dollar)
1	Kahrama (Arzew)	90 000	540 000	200
2	Hamma (alger)	200 000	1 333 320	250
3	Béni saf	200 000	1 333 320	250
4	Mostaganem	200 000	1 333 320	250
5	Douaouda	100 000	666 660	180,17
6	Cap Djenet	100 000	666 660	180
7	Sidenaocaa (tlemcen)	200 000	1 333 320	250
8	Honain(tlemcen)	200 000	1 333 320	250
9	ainturk	200 000	1 333 320	250
10	El Tarf	50 000	333 330	144
11	Skikda	100 000	666 660	180
12	Ténés	200 000	999 990	250
13	Magtaa	500 000	1 500 000	410



## II-9-2-Les grandes stations de dessalement d'eau de mer en Algérie :

Un programme d'un million et demi de mètres cubes d'eau dessalée a été décidé par les autorités algériennes; l'Armada Espagnole et Geida sont installés les premiers dans le dessalement. Ce consortium de quatre entreprises : Cobra, Sadyt, Besesa, codesa créé en 2004, s'est associé à l'Algerian EnergyCompany (AEC) pour produire de l'eau dessalée.

De son côté, le groupement espagnol EnimaAqualia décroche le contrat de réalisation de l'usine de dessalement de Mostaganem.

L'entreprise Pridesa, associée au canadien SNC Lavalin va construire l'usine de dessalement e Zeralda.

L'entreprise Américaine Ionics associée à l'AEC Algerian EnergyCompagny a pris en charge la construction et la gestion de l'unité de dessalement du Hamma à Alger. La station en question, qui est la plus importante de la capitale, est d'une capacité de 200 000 m<sup>3</sup>/j et est financée, en partie, par l'AEC en partenariat avec Ionics et réalisée par l'entreprise égyptienne Orascom Construction Industries (OCI).

La station d'El Hamma reste la plus importante station de dessalement d'eau de mer en Afrique, alors qu'à Magtaa (Oran), la plus grande unité de dessalement par osmose inverse au monde, est en cours de réalisation en partenariat avec une firme indonésienne. En juin dernier, le ministre des ressources en eau, Abdelmalek Sellal a déclaré que cette station d'envergure mondiale entrera en service au cours de cette année.

L'Algérie est passée de 90 litres par jour, et par habitant en termes de consommation moyenne de l'eau en 2000 à 185 litres/jour/habitant aujourd'hui. C'est tout un progrès qu'il faut relever.

## II-10-Les impacts environnementaux du dessalement :

Tous les procédés du dessalement présentent des inconvénients :

- Besoins énergétiques importants.
- Emploi de produits chimiques pour nettoyer les membranes.
- Traces de métaux lourds échappés des installations.
- Bruit généré par les pompes hautes pression et certains systèmes de récupération d'énergie tels que les turbines.
- Les rejets de saumure.

## II.10.1 .Evaluation de l'impact de dessalement sur le milieu aquatique exemple de la station de Tenes :

### a. Les chlorures :

Les chlorures sont très solubles dans l'eau, ils sont difficiles à les éliminer.

Les analyses montrent un taux en chlorures considérable élevé dans le point de rejet allant de 26625 à 31240 mg/l par rapport à l'eau de mer normale qui a généralement une valeur de 21436.66 mg/l.

Au contact des eaux de mers, on remarque une diminution importante jusqu'à des valeurs de 21655 à 22300 mg/l Ce qui se traduit par la dilution du milieu récepteur.

### b. Les sulfates :

De façon générale, dans un milieu marin les concentrations en sulfates sont plus importantes.

L'augmentation de la teneur en sulfates dissous dans les eaux de mers, peuvent contribuer à la formation des sulfures qui se volatilisent dans l'air sous forme de sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S), ou elles donnent un précipité sous forme d'un sel insoluble qui est incorporés dans les organismes vivants.

Cette réduction se fait sous l'action des micro-organismes appelés bactéries sulfato-réductrices, qui deviennent donc dominant, car ils ont plus de substrats à transformer. Si la teneur en sulfate est faible, les bactéries productrices de méthane deviennent dominantes

A la lumière, les saumures rejetées dans l'environnement aquatique ont une concentration élevée en sulfates, d'une valeur allant de 4263.41 à 4792.09 mg/l et d'une teneur moyenne de 4569.285 mg/l plus élevée que celle de l'eau de mer (2994.73mg/l). Ces teneurs élevées en sulfates proviennent des produits utilisés dans les prétraitements

### c. L'ammonium :

La toxicité de l'azote ammoniacal est directement liée à sa forme non ionisée, en fonction du pH de l'eau. Ainsi, une concentration d'ions ammonium dans l'eau avec un pH faible ne sera pas dangereuse pour la flore et la faune aquatique alors qu'une quantité beaucoup plus faible avec un pH élevée se révélera toxique.

### d. La matière organique :

La matière organique provient surtout des résultats du métabolisme des organismes aquatiques. Une eau chargée en matière organiques dégradables par des micro-organismes est sous-saturée en oxygène. En effet, la forte présence de matière organique, permet aux micro-organismes de se développer tout en consommant de l'oxygène.

Ce qui se traduit par la disponibilité de l'oxygène pour la photosynthèse et la croissance du phytoplancton.

## II.10. 2. Discussion de l'impact sur le milieu aquatique :

Les résultats montrent que les valeurs physico-chimiques, organoleptiques et paramètres de pollution obtenue lors de différentes analyses, ont montrés que les saumures produits par les techniques de dessalement (osmose inverse) ont une forte teneur en sel qui résulte de la concentration de l'eau de mer dessalée (salinité de 58.85 ‰ plus élevée que celle de l'eau de mer 36.55 ‰). Par conséquence, ces répercussions conduisent à une perturbation de la vie aquatique locale.

Par ailleurs, les conditions de la mer : courant marin, vagues, eau calme ou agitée influe immédiatement sur la concentration des saumures au contact de la mer. La dilution de ces saumures dépend instantanément de leur dispersion dans le cas d'une mer agitée et de leur localisation dans le cas d'une mer calme. Les saumures prennent beaucoup de temps pour se dilués quand la mer est calme. Ce qui influe directement sur le milieu aquatique.

En fin, on peut conclure, d'après le mode de fabrication de l'unité que le rejet de l'unité appartient aux eaux résiduaires à caractères minérales (hyper saline).

### II-10-3- Effets potentiels des rejets de saumures sur le milieu marin :

Le premier risque du dessalement vient du sel. En Méditerranée occidentale par exemple, la salinité naturelle de l'eau de mer se situe entre 37 et 38 (g/l), alors que la salinité du concentré osmotique peut atteindre les 70 g/l.

Or, en Espagne, des études menées en laboratoire et sur le terrain, ont montré que la plante à fleurs aquatique « *Posidonia oceanica* » est très sensible aux variations du taux de salinité de ses habitats naturels. Des effets notables sur la structure de la plante ont été observés à des taux de salinité d'à peine 38,4 g/l et sur sa vitalité dès 39,1 g/l. La forte teneur en sel du concentré rejeté avec l'osmose inverse risque de porter préjudice aux bancs de *Posidonia* classés habitat prioritaire par la directive Européenne pour la conservation des habitats de la faune et de la flore.[11]



Figure 2-4: herbier de posidonies de Méditerranée [11].

« **herbier de posidonies** » : Une plante à fleurs aquatiques très sensibles aux variations de la salinité. Ces herbiers constituent un écosystème de premier plan en Méditerranée et exercent une fonction protectrice des littoraux contre l'érosion marine. Ces herbiers sont le refuge d'un grand nombre d'espèces animales (mollusques, poissons, crustacés etc.).

## **II-11- Origine et type des émissions et rejets :**

### **II-11-1-La saumure concentrée :**

Une concentration élevée en sels des eaux rejetées et des fluctuations du degré de salinité peuvent être, à proximité de l'émissaire, une cause de mortalité parmi les organismes qui y sont sensibles. De plus, les rejets provenant des usines de dessalement ont une densité plus élevée que celle de l'eau de mer et peuvent se déposer au fond de la mer et avoir éventuellement des effets préjudiciables pour les communautés benthiques.

Une variation de la salinité et/ou de la température due au rejet de saumure retentit aussi sur les habitudes migratoires du poisson le long des côtes. Si certaines espèces de poissons ressentent une variation de la salinité ou de la température, elles peuvent éviter la zone du panache et s'éloigner au large. Il s'ensuit que le poisson peut être forcé de nager sur une plus longue distance, de quitter la zone de plus grande disponibilité alimentaire.[12]

### **II-11-2-Les rejets chimiques :**

Toutes les usines de dessalement utilisent des produits chimiques pour le prétraitement de l'eau d'alimentation ainsi que le post-traitement de l'eau produite. La plupart des produits sont utilisés avant tout comme agents biocides, antitartre, antisalissure, et ils finissent par modifier la composition de la saumure concentrée. La présence de certains métaux, qui sont des produits de la corrosion du circuit, influent aussi sur la composition de la saumure concentrée.[12]

Ces produits chimiques ne sont pas les mêmes pour les principaux procédés de dessalement, à savoir MSF et l'osmose inverse. Les phases de traitement du procédé d'osmose inverse de production d'eau potable sont exposées sur le tableau suivant :

**Tableau 2-11 : Résumé des phases de la production d'eau potable par OI et devenir des Produits utilisés [13].**

Phases	objet	Produits chimiques ajoutés	Devenir des produits
<b>Ajustement du pH</b>	-Diminue la concentration de carbonate. -protège la membrane contre l'hydrolyse.	Acide ( $H^2SO_4$ )	-Modifie le pH de l'eau brute et de la saumure ; Le sulfate est retenu dans la saumure concentrée.
<b>Antitartre</b>	-Prévient la formation de tartre sur les membranes	Agents chélateurs et dispersants	-Les complexes formés sont retenus dans la saumure concentrée
<b>Coagulation - Flocculation</b>	-Prévient les salissures et l'encrassement des membranes	Coagulants - Flocculants	-Les agents flocculants formés se séparent par décantation et sont éliminés par filtration.
<b>Désinfection</b>	-prévient l'encrassement biologique ; - Elimine-les microorganismes qui se nourrissent des matières des membranes.	Chlore (ou biocide, UV)	-Chlore également répartie dans le perméat et la saumure concentrée.
<b>Décoloration</b>	-Protéger les membranes sensibles au chlore	Bisulfite de sodium ou charbon actif granulaire (CAG)	Réagit avec le chlore pour former du sulfate et du chlorure qui sont retenus dans la saumure.
<b>Oxygénation</b>	-Accroît l'oxygène dissout à un niveau concourant au développement de la flore et de la faune aquatique.	Aération	Accroît l'oxygénation dans la saumure concentrée.
<b>Élimination d'autres formes chimiques.</b>	-Diminue tous les Polluants susceptibles d'être présents dans l'eau	Est fonction des formes chimiques	-Les complexes formés sont retenus dans la saumure concentrée

	brute.		
--	--------	--	--

Les produits chimiques rejetés dans le milieu marin se répartissent entre les catégories suivantes:

- **Produits de la corrosion :**

Les produits de la corrosion ne sont pas si importants dans le procédé OI puisque celui-ci se déroule à des températures ambiantes et que les parties métalliques du système sont surtout en acier inoxydable.

- **Agents antitartre :**

Les dépôts de tartre se forment sur les surfaces du matériel de dessalement industriel.

La présence de tartre entraîne inévitablement des difficultés d'exploitation et/ou une perte de rendement. Dans les usines OI, l'acide sulfurique est utilisé avec des adjuvants polymères pour prévenir la formation de tartre.

- **Agents antisalissures**

Les salissures «fouling» constituent un processus à phases multiples dans lequel interviennent de nombreux groupes d'organismes. Elles commencent par l'adsorption des substances polymères de l'eau non traitée sur les surfaces solides, ce qui permet la formation d'un film précurseur pour la colonisation par des bactéries. À ce premier biofilm adhèrent des périphtes, puis des micro-algues, des protozoaires et des champignons, et enfin des débris, détritus et particules inorganiques.

Depuis longtemps, les composés de chlore sont utilisés pour désinfecter les systèmes d'apport d'eau de mer et l'usine située en amont, afin de prévenir les salissures. Habituellement, on ajoute du chlore.

- **Agents antimousse**

La formation de mousse est une fonction des constituants organiques de l'eau de mer qui sont principalement des produits d'excrétion et de dégradation d'algues planctoniques. Dans le cas de l'OI, il est donc nécessaire d'ajouter des agents antimousse.

## **II-12- Rejet des eaux de lavage à contre-courant des membranes:**

Dans les usines OI, le nettoyage et le stockage des membranes peuvent engendrer des eaux potentiellement dangereuses. Les membranes doivent être nettoyées à des intervalles de trois à six mois en fonction de la qualité de l'eau d'alimentation et du fonctionnement de l'usine. Les formulations utilisées pour le nettoyage des membranes sont habituellement des solutions alcalines ou acides aqueuses. De plus, une solution chimique de préservation (généralement à base de bisulfite de sodium) doit être utilisée si les membranes sont stockées pendant la fermeture de l'usine.

Un exemple de composition chimique de la saumure par rapport à celle de l'eau de mer dans une usine de dessalement des îles canaries est représenté dans le tableau suivant :

**Tableau 2-12 : Composition chimique de la saumure par rapport à celle de l'eau de mer [13].**

(Données analysées dans des échantillons provenant d'une usine OI des îles Canaries)

Analyse	Eau d'alimentation mg/l	saumure mg/l	Rapport (saumure/ eau d'alimentation)
Ca <sup>2+</sup>	962	1583	1,64
Mg <sup>2+</sup>	1,021	1,09	1,87
Na <sup>+</sup>	11,781	19,346	1,64
K <sup>+</sup>	514	830	1,61
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,004	0,005	1,25
HCO <sup>-3</sup>	195	256	1,31
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	3,162	5,548	1,75
Cl <sup>-</sup>	21,312	43,362	2,03
NO <sup>-3</sup>	2,6	4	1,54
PO <sup>-4</sup>	0,08	0,4	5
Salinité totale (TSD)	38,951	63,840	1,64
Conductivité	46200 µs/cm	75300 µs/cm	
pH	7,85	6,92	

### II-11-3- Les émissions atmosphériques :

Toute unité de dessalement doit généralement être accompagnée d'une unité de production d'énergie. Cette dernière génère évidemment une grande quantité de gaz à effet de serre, lesquels auront un impact négatif sur le climat et sur le cycle de l'eau. Certains craignent que la multiplication des usines de dessalement n'entraîne une relance à grande échelle de la construction de centrales nucléaires : chaque unité de dessalement serait accompagnée de son unité nucléaire « dédiée ».

Comme les émissions atmosphériques dues à un procédé de dessalement sont directement en rapport avec ses besoins respectifs en énergie, il va de soi que les émissions dues à l'OI sont moindres que celles dues à la MSF. L'étude d'Afgan (1999) qui porte sur des usines de dessalement des pays du Golfe a permis de calculer des indicateurs de durabilité qui ont confirmé ce qui précède, ainsi qu'il ressort du tableau suivant :

**Tableau 2 -13 : Indicateurs de durabilité pour les usines d'OI et de MSF avec une source locale d'énergie électrique [13].**

Les indicateurs	MSF	OI
Indicateur de ressources en combustible, kg combustible /m <sup>3</sup>	11	1,8
Indicateur environnemental pour CO <sub>2</sub> , kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	37	7
Indicateur environnemental pour SO <sub>2</sub> , kg SO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	0,09	0,005
Indicateur environnemental pour NO <sub>x</sub> kg NO <sub>x</sub> /m <sup>3</sup>	0,06	0,009

## II-12- Pollution sonore :

Les usines d'osmose inverse utilisent des pompes à haute pression , des turbines et de récupérateurs d'énergie qui sont bruyantes et qui contribuent à la pollution sonore. Ces installations devraient donc être situées loin des régions peuplées à moins que des moyens de mitigation ne soient utilisés pour réduire leur niveau sonore.



## II-13-Les enjeux techniques :

En ce qui a trait aux procédés de filtration par membrane, la perméabilité de celle-ci ainsi que la susceptibilité au colmatage et la dégradation seront évaluées. Le colmatage d'une membrane peut résulter soit de l'obstruction des pores à l'intérieur même de la membrane, soit de phénomènes d'adsorption, ou encore par un dépôt de matière.

La dégradation des membranes peut survenir si les conditions d'opération les exposent à des pH ou des substances chimiques qui ne correspondent pas à leur condition d'opération idéale. Ainsi, la qualité de l'eau de mer peut avoir une influence sur la durée de vie de la membrane.

## II -14- L'aspect économique :

La quantité d'énergie nécessaire demeure importante étant donné qu'il faut appliquer à l'eau salée une pression suffisante pour la faire passer à travers la membrane semi perméable, et donc la dépense de production est associée à l'énergie nécessaire pour le fonctionnement. Une autre dépense est associée aux systèmes de prétraitement qui comportent la filtration, la désinfection .....Etc. Des coûts importants sont aussi liés à l'achat des membranes qui ont une durée de vie limitée, quoique moindres que les dépenses décrites précédemment, ils doivent tout de même être considérés puisqu'ils sont récurrent et qu'ils peuvent fluctuer en raison du marché ou de la technologie sélectionnée.[13]

**Tableau 2-14 : L'évaluation des impacts associés à l'osmose inverse [14].**

Aspect	Critère	Description	Évaluation de l'impact
<b>Economique</b>	Coûts initiaux.	Moindre, en comparaison à d'autres procédés comme la distillation.	+
	Coûts de maintenance et d'opération.	Nécessite un prétraitement.	-
	Consommation énergétique.	Moindre que pour la distillation.	+
	Capacité de	Le procédé consomme	

## Le dessalement en Algérie

<b>Technique</b>	traitement.	moins d'eau de mer que la distillation pour produire la même quantité d'eau potable.	+
	Membrane : Colmatage ; Dégradation.	Susceptible au colmatage et à la dégradation.	-
<b>Environnement</b>	Écosystème marin.	Les produits chimiques utilisés lors du prétraitement peuvent contaminer le rejet.	-
	Bruit	Utilisation de turbines et de pompes à haute pression bruyantes.	-
	Source d'énergie	Consommation moindre.	+
	Gestion des résidus	Les membranes ont une courte durée de vie et constituent des déchets.	-
<b>Sociaux</b>	Réponse au besoin	Possibilité d'usine à grande capacité.	+
	Main d'œuvre	Procédé répandu et bien connu.	+
	Acceptation	Procédé le plus populaire.	+
	Santé humaine	Eau produite convient bien aux usages domestiques.	+

**Légende : + Impact positif, - Impact négatif.**

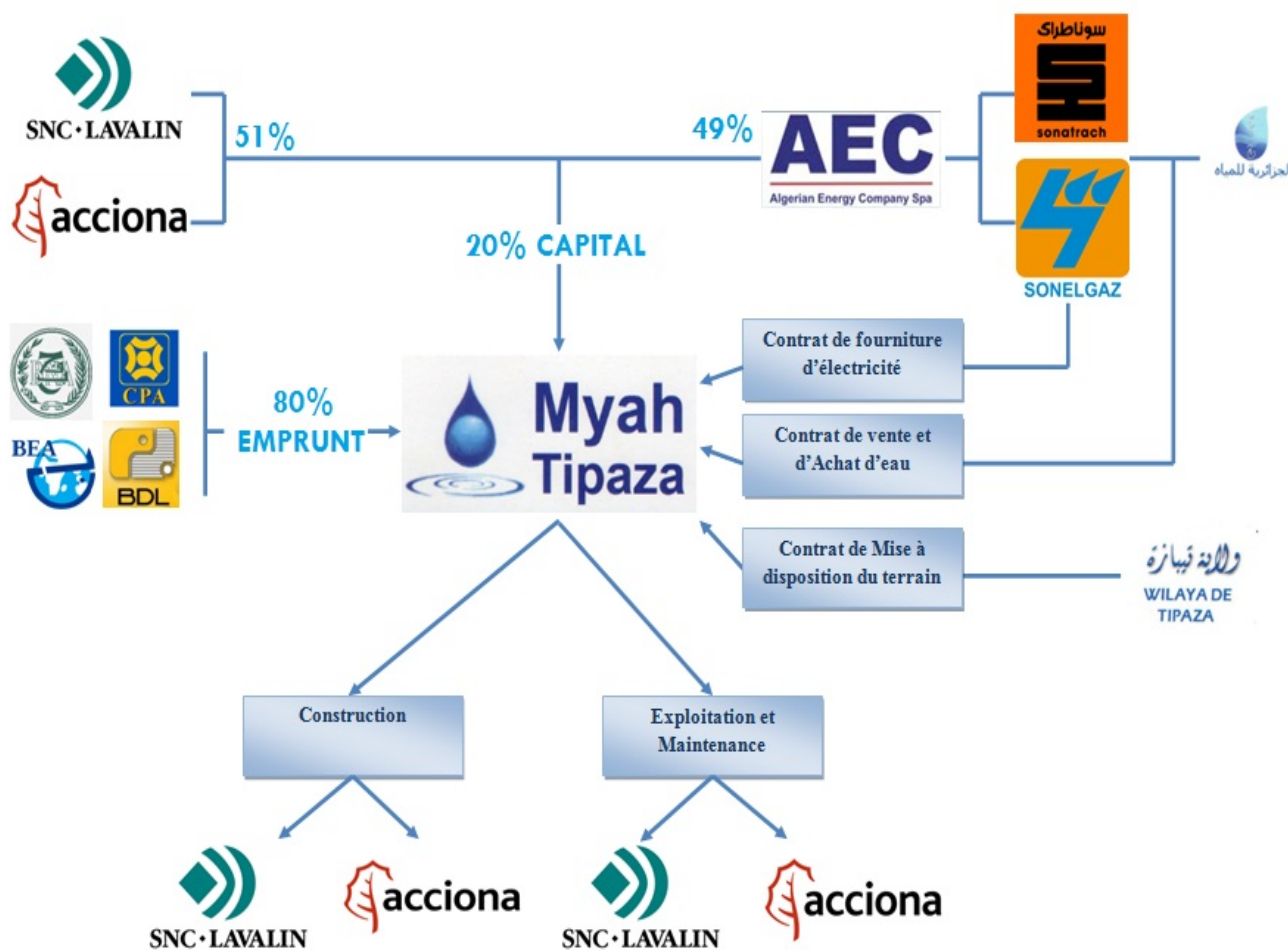
## III. Présentation de l'unité de dessalement de l'eau de mer :

### III.1. Myah Tipaza :

La société Myah-Tipasa- SPA est une entreprise par actions qui a la charge et la gestion de l'usine de dessalement de FOUKA dans la Wilaya de Tipaza qui a été mise en service en 2011. La société est composée d'un groupement Algeria Water Investissement répartie entre la SNC Lavalin à hauteur de 51% et la société Algerian Energy Company à hauteur de 49% Une entreprise publique économique algérienne.

La station de dessalement de l'eau de mer de Fouka a une capacité de production journalière de 120 000 m<sup>3</sup>

L'Algérienne des eaux et la Sonatrach, deux sociétés détenues à 100% par le gouvernement algérien, achèteront la totalité de la production d'eau de l'usine pour une durée de 25 ans.



## III.1.1. Caractéristiques géographiques et climatiques:

### A. Situation géographique:

Fouka est une commune côtière de la wilaya de Tipaza. Elle a été érigée en chef lieu de daïra après le découpage territorial et conformément au décret exécutif n° 91.306 du 24 Août 1991.

La commune se situe au nord-est de la wilaya à 20 km du chef lieu de Tipaza et à 40 km d'Alger. Elle est sillonnée par la route nationale n°11 en provenance d'Alger et en direction de Chlef; et reliée à Koléa par le chemin de wilaya n°110 et à Bousmaïl par le chemin de wilaya n°126.

La commune de Fouka, d'une superficie totale de 1272 ha. Est entourée par:

- . La mer Méditerranée au Nord
- . La commune de Douaoudda à l'Est
- . La commune de Bou Smail à l'Ouest
- . Et les communes de Chaïba et Koléa au Sud

Au point de vue géographique, elle se situe sur le versant Nord du Sahel, son relief est composé de deux parties:

- . La plaine côtière qui s'étend sur 4,92 km où se localisent les terrains agricoles les plus riches.
- . Les collines séparées de la plaine littorale par une forte pente.



Source :DHW Tipaza

Figure 3-1: Plan de situation de la ville de Fouka.

## ➤ Les données relatives au domaine littoral:

- La surface du domaine littoral est de: 146.7 ha;
- Le pourcentage de la surface du domaine littoral par rapport à la surface de la commune est de: 11.53%;
- La surface de la zone de servitude (300m) est de:117.1ha.
- La surface urbanisée dans la zone de servitude est de :14.14ha.
- Le pourcentage de la surface urbanisée par rapport à la zone de servitude est de : 12.08%.

## B- Situation climatique:

### ➤ Pluviométrie:

Les pluies sont très irrégulières.

- Nous avons une croissance rapide de la pluviométrie de Septembre à Janvier;
- Nous avons une diminution lente jusqu'à la Mi - Juin,

# Présentation de l'usine de dessalement de fouka

- De la Mi — Juin à Septembre les pluies sont rares.

Les pluies qui tombent sur la commune de Fouka totalisent 680 mm se répartissant sur 97 jours par an.

. Tipaza 630 mm = 78 jours

. Staouali 944 mm = 96 jours

• Mouzaia 612 mm = 69 jours

. hameur-El-Ain 516 mm 61 jours

	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
2002	20,1	41,7	194,8	140,4	213,5	160,7	22,2	99,4	62,1	0,3	0,8	1,8	957,8
2003	33,4	35	83,9	118	109,1	58,5	84,3	72,7	164,1	4,6	6,5	3,7	773,8
2004	11,8	43,3	95,4	170,4	94,2	128,4	58,2	40,6	5,6	1,9	0	2,4	652,2
2005	49,5	69,7	84,8	101	168,1	101,1	25,2	9,1	150,3	0	0	2	760,8
2006	43,1	23,3	68	176,7	11,4	51,3	153,7	102,8	15,5	14,3	3,7	14,3	678,1
2007	64,9	100	177,1	70,2	24,3	29	74,2	24	63,6	4,3	3,4	1,8	636,8
2008	50,2	131,9	111,1	150,3	167,2	20,4	65,5	83,1	28,7	0,3	1,7	1,3	811,7
2009	86,2	8,9	100	130,8	67,2	92,1	122,8	53,3	30,8	20,9	0	35,8	748,8
2010	5,5	80,2	122,8	74,1	92,4	140,6	35,3	99,2	122,9	15,8	0	2	790,8
2011	11,9	85,1	85,3	68,8	52	220,6	132,4	152,8	34,4	0	0	24	867,3
2012	8,5	44,6	111,3	22,4	133,3	107,7	66,4	103,5	170,4	1,5	0,4	23,5	793,5
2013	12,2	16,2	148,3	95,7	74,7	63,4	109,9	2					

**Tableau 1-4 : pluviométrie de la région de fouka (source ANRH)**

## . Température:

La température moyenne annuelle est de 17.5 C, l'année peut se diviser en deux semestres:

L'un est froid et l'autre chaud

Les températures de la région varient du maximum 42.6°C vers le minimum = 1.2 °C.

Notons que des journées & gel peuvent affecter la région en hiver,

La proximité de la mer a une influence directe sur le climat, ainsi la forte chaleur est rafraîchie et humidifiée par la brise d'été et la mer réchauffe la terre pendant les hivers rigoureux.

## ➤ Les vents:

Un vent Faible à modéré, frais et humide d'Est souffle de Mai à Octobre, tandis que le vent d'Ouest soufflant de Novembre à Mai apporte les pluies.

Le sirocco se manifeste 14 jour an en moyenne pendant la période estivale juillet et Août. Les vents dominants sont de direction Nord Ouest en hiver et Nord Est en et. Les vents ouest-nord-ouest sont ceux qui soufflent le plus souvent sur la région de Foukapouvant engendrer des tempêtes en endommageant les ports et les navires enclavant des cités d'habitation comme cela a été illustré dans la région lors de la tempête de 1989 à Tipasa.

### **III.1.2. Station de dessalement de fouka:**

La station de dessalement d'eau de mer de Fouka, implantée sur la frontière séparant la commune de Fouka à celle de Douaouda, s'étend sur une superficie de X hectares. La station a une capacité de traitement de 120.000 m<sup>3</sup>/jour, avec des rejets estimés à 150.000 m<sup>3</sup>/jour. Une partie de l'eau dessalée, est destinée à l'alimentation en eau potable de la partie Est de la wilaya de Tipaza (dix huit communes) et le reste est acheminé vers Alger pour le renforcement du système de distribution de la Zone Côtière Ouest.

#### **III.1.2.1. Fonctionnement hydrologique/profil hydraulique :**

Les principales composantes de l'Usine Sont les suivantes :

- 1- 2 prises d'eau de mer ouverte avec têtes de prise
  - 2- Une station de Pompage d'eau de mer,
  - 3- Prétraitement : injection de produits chimiques (hypochlorite de calcium, acide sulfurique chlorure- ferrique polyelectrolyte, Inhibiteur);
  - 4- Un prétraitement de l'eau par filtration gravitaire et filtres à cartouches, Les prétraitement ont pour rôle d'améliorer la qualité de l'eau d'alimentation du système d'osmose inverse afin de protéger les membranes
  - 5- Le dessalement par osmose Inverse Système d'osmose inverse, Pompes haute pression et Système de récupération d'énergie;
  - 6- Post-traitement la désinfection La reminéralisations par l'ajout de produits alcalins (Chaux) et CO<sub>2</sub>;
  - 7- Un réservoir d'eau traitée avec une station de pompage pour distribution;
  - 8- Réservoir de traitement des effluents;
- Les systèmes auxiliaires: réseaux, contrôles, systèmes de préparation et de dosage de produits chimiques, système de nettoyage des membranes et équipements et produits d'entretien;

- Des bâtiments de service.

Avec le principe de vases communicantes l'eau de mer coule depuis les prises d'eau de mer jusqu'aux puits d'eau de mer.

Dans le réservoir d'eau de mer l'eau est conduite par des pompes d'eau de mer dans le trop-plein et donc l'eau est envoyée vers les filtres à sable.

Après l'eau filtrée est à nouveau pompée à travers sept pompes à eau filtrée dans les filtres à cartouche, où l'eau est un filtre de sécurité de 5 à 1 microns.

Une fois que l'eau est passé à travers les cartouches filtrantes il y a une augmentation de la pression avec des pompes à haute pression pour passer à travers les membranes d'osmose inverse, où se génèrent deux flux : un d'eau d'osmose à basse pression, qui passe à la reminéralisation, et l'autre de saumure à haute pression qui avant d'être envoyé au réservoir de lavage de filtres à sable passe par les récupérateurs d'énergie pour inter-changer la pression à la deuxième partie d'eau de mer qui ne passe pas par les pompes de haute pression.

### **III.2.1. Généralités sur le fonctionnement des équipements:**

Dans le présent paragraphe on exposera le fonctionnement de chacun des systèmes qui composent l'usine. Cette tâche sera détaillée bâtiment par bâtiment.

#### **III.2.1.1. Prises d'eau de mer:**

##### **A- Têtes des prises d'eau:**

Deux prises d'eau de mer ont été installées dans le fond marin sont construites en acier.

Elles sont localisées à un endroit où la profondeur du fond marin est de 8 à 10 m. Moins de lumière du soleil se traduit par moins de vie biologique ce qui aussi minimise une possible contamination par des huiles.

Les grilles d'entrée d'eau de mer sont élevées 5 m par rapport au fond marin pour éviter l'entrée de particules en suspension du fond marin suite à l'action des courants et pour éviter l'entrée d'air pendant les fortes marées.

La vitesse d'entrée de la prise d'eau est limitée à 0,1 m/s afin d'éviter l'aspiration des solides en suspension et des débris. Des barreaux de 20 mm espacés de 100 mm c/c sont prévus pour minimiser l'introduction de gros débris ou poissons dans la prise d'eau.



Une chloration choc est prévue a l'intérieur des têtes de prises d'eau. il n'est cependant pas réaliste de considérer que les grilles, compte tenu de leur surface, seront exposées à des concentrations assez élevées de chlore pour empêcher la prolifération biologique.

La chloration choc aura cependant un effet positif pour limiter la prolifération des organismes à l'intérieur des conduites.

Le dosage d'acide sulfurique a l'intérieur des têtes de prise sera prévu pour augmenter l'effet bactéricide de l'hypochlorite de calcium et protéger plus efficacement les membranes.



**photo 3-2: Tête de prise d'eau et grille d'aspiration sources.**

### **B- Conduite de prise d'eau:**

Les critères de conception pour les conduites de prise d'eau sont les suivantes:

- deux (2) conduites sont prévues en condition normale, chaque conduite passe 100 % du débit;

Les conduites sont de diamètre de 1600mm et ont une longueur de 950m et sont fabriquées en PEND.

Les conduites d'adduction sont posées au fond de la mer pour assurer une pente constante et une entrée gravitaire d'eau brute à l'usine avec une vitesse faible et constante.

## Présentation de l'usine de dessalement de fouka

---

Deux regards d'inspection sont prévus dans les conduites d'eau de mer sur une longueur 450m afin de permettre une inspection visuelle et le nettoyage de chaque conduite par un plongeur.

La vitesse dans les conduites est comprise entre 1,0 et 2,0 m/s pour limiter la formation des dépôts et réduire l'incrustation de moules.

Les conduites seront déposées sur le fond marin. Cependant, les 300 premiers mètres de conduite à partir de la Station de pompage sont enfouis sous le fond marin pour protéger les conduites et assurer leur stabilité contre l'effet des vagues. Cette longueur correspond à une hauteur d'eau entre 5 et 6 m au-dessus des conduites.

### III-3-pompage d'eau brute et injection des réactifs :

#### a-Station de pompage d'eau brute :



**Photo 3-3 : Station de pompage d'eau brute**

La station de pompage d'eau brute sert à relever les eaux jusqu'aux filtres à sable.

Trois (3) dégrilleurs verticaux sont prévus à l'entrée de la station pour éviter que de grandes particules entrent dans le processus et pour la protection des pompes.

Taille des mailles de grille: 50mm.

Des vannes murales permettront l'isolation du puits de pompage pour l'entretien. Des vannes d'isolement sont également prévues de chaque côté des dégrilleurs pour isoler chacun d'eux pour entretien,

La conception des grilles est basée sur le passage du débit (marée basse) à travers les trois (3) grilles au débit nominal 100 % du débit nominal dans chaque conduite de pose)

Le réservoir d'eau de mer fait la fonction de tampon pour les pompes d'eau de mer ce qui permet une conception hydraulique optimale des pompes.

Deux produits chimiques différents seront dosés dans le réservoir d'eau de mer:

. Hypochlorite de calcium: désinfection

. Acide sulfurique: pour une meilleure efficacité du désinfectant et pour éviter la précipitation des sels minéraux au niveau des surfaces des membranes du pH

Le concept de la station de pompage est basé sur 6 pompes d'eau de mer en service et 1 en réserve.

Les pompes sont du type centrifuge vertical, d'une capacité de 2007 m<sup>3</sup>/h à 4 bars.

### **b- Conduite d'eau brute entre de poste de pompage et les filtres:**

La conduite d'eau brute vers les filtres est en fibre de verre. Un mélangeur statique sur la conduite d'eau brute assure le mélange des produits chimiques injectés à cet endroit (acide sulfurique, chlorure ferrique, polyélectrolyte).

### **III.3.1. Trop plein:**

Le trop plein se situe en amont de filtres gravitaires. Le débit d'eau de mer atteint le trop plein par un tuyau de diamètre de 400 mm. Deux tuyaux de sortie transportent l'eau vers les filtres à sable.

En cas de débordement, l'eau est retournée vers la station de pompage d'eau brute par une conduite.

### **III.3.2. Filtration et pompage d'eau filtrée:**

Les filtres gravitaires (bicouche) fonctionnent à un niveau et débit constant.

Dans les filtres bicouches, la couche supérieure est faite d'un matériel épais et de faible densité (anthracite). C'est dans cette première couche que la majorité des particules sont retenues. La couche inférieure inclut un matériel fin (sable), constituant un traitement d'affinage.

Pour cette première étape de filtration, des filtres bicouches ouverts de 77,5 m<sup>2</sup> de superficie chacun sont prévus.

Les caractéristiques de construction et d'opération des filtres ouverts sont:

- . Nombre d'unités en service : 18
- . Nombre d'unités en maturation ou lavage : 2
- . Type de filtre : Filtre ouvert
- . Largeur : 5 m
- . Longueur : 15,5 m
- . Hauteur de couche : 1 000 mm
- . Surface de filtration : 77,5 m<sup>2</sup>
- . Surface totale : 1 395 m<sup>2</sup>
- . Temps de rétention sur couche pour coagulation : 15 min
- . Volume requis : 159 m<sup>3</sup>
- . Hauteur d'eau : 2,1 m

### **A-Lavage des filtres:**

Le lavage des filtres se fait automatiquement à l'air et à l'eau.

Pour le lavage des filtres, un réservoir de saumure de 750 m<sup>3</sup> est prévu. Ce réservoir a une capacité suffisante pour réaliser un lavage de filtre.

Le lavage des filtres se fait avec de la saumure, Le remplissage du réservoir de saumure se fait grâce à une conduite d'un diamètre de 1 200 mm provenant du rejet des unités d'osmose.

Le lavage se compose de plusieurs étapes:

- T1 Vidange partiel : 0 - 120 secs.
- T2 Retard ouverture vanne entrée d'air : 0 - 10 secs.
- T3 Lavage air : 0 - 300 secs.
- T4 Retard arrêt soufflante : 0 - 10 secs.
- T5 Repos : 0 - 180 secs.

- . T6 Retard démarrage 2 pompe lavage : 0 - 10 secs.
- T7 Lavage avec eau : 0 - 20 min.
- T8 Retard fermeture vanne d'entrée eau lavage : 0 - 10 secs
- T9 Retard fermeture vanne de sortie d'eau lav. : 0 - 10 sec
- T10 Drainage : 0 - 120 secs
- T11 Maturation : 0 - 1200 secs.

Dans l'étape de vidange partielle, le niveau d'eau doit être de 150 mm au-dessus de la couche d'anthracite.

## **B- Réservoir d'eau filtrée:**

Un réservoir d'eau filtrée d'un volume de 950 m<sup>3</sup> est prévu pour stocker les eaux filtrées avant leur pompage vers les filtres à cartouches. Le réservoir est séparé en deux (2) compartiments pour en permettre l'entretien.

## **C- Pompage d'eau filtrée:**

L'eau filtrée est pompée vers les unités d'osmose inverse via les filtres à cartouches.

- Nombre d'unités en opération : 6
- Nombre d'unités en réserve : 1
- Fluide : Eau de mer
- Densité : 1 030 kg/m<sup>3</sup>
- Capacité : 1870 m<sup>3</sup>/h

### **III.3.3. Filtres à cartouche:**

Afin de filtrer les petites particules pouvant s'échapper des filtres à sable et protéger ainsi les membranes contre un encrassement, des filtres à cartouches capables de filtrer des particules jusqu'à 5 microns sont installés en amont des unités d'osmose.

## Présentation de l'usine de dessalement de fouka

---

Lorsque la baisse de pression à travers les filtres à cartouches dépasse une valeur préétablie (environ 1,5 bars), les cartouches du filtre doivent être remplacées. La fréquence de remplacement est estimée à environ 4 fois par année. Les caractéristiques des filtres cartouches sont les suivantes:

Les caractéristiques des filtres à cartouches sont les suivantes:

- . Nombre de filtres : 9 + en réserve
- . Nombre de cartouches par filtre : 376
- . Nombre total de cartouches : 3 760
- . Débit total maximum : 1 222 m<sup>3</sup>/h
- . Débit par filtre : 1 247 m<sup>3</sup>/h
- . Salinité : 38000 mg/l
- . Densité : 1030 kg/m<sup>3</sup>
- . Température de l'eau : 15 - 27°C
- . Solides totaux en suspension < 4 mg/l
- . Niveau de filtration : 5 µm Nominal
- . Pression à l'entrée : 4 bars





**Photo 3-4 :filtre à cartouche**

## III.3.4.Osmose inverse:

### ➤ Paramètres de conception:

Le système d'osmose inverse est conçu pour produire une certaine quantité et qualité d'eau:

. Capacité maximale : 120 000 m<sup>3</sup>/jour

. TDS<500ppm

. Chlorures <250 ppm

et dans les conditions les plus sévères:

. Salinité de l'eau brute :38 000 mg/l

. Température :15°C

. Age de maturation des membranes 5 ans

. Facteur de colmatage 0,7

### ➤ 1a membrane utilisée:

Toutes les membranes sont de type à enroulement spiralé et ont un diamètre de 200 mm  
Le constructeur assume entre 10et 11% de remplacement des membranes par année.

les caractéristiques des membranes sont:

. Configuration Spiralée

. Matériel Polyamide

. Matériel du tube Fibre de verre et époxy

. pHd'opération

2 - 11

. Température maximale d'opération 45 °C

. Débit de perméat 27,7 m<sup>3</sup>/jour

. Réjection de sel 99,7 %





**Photo 3-5 : Membrane spirale**

### **III.3.4.1. Configuration du système d'osmose inverse et taux de récupération:**

La station d'osmose inverse nécessite seulement une passe afin d'atteindre le taux de sels requis. Le taux de récupération de perméat est 45 %.

La station d'osmose est dotée des équipements suivants:

- . six (6) pompes hautes pression, six (6) dispositifs de récupération d'énergie et six (6) pompes;
- . six (6) trains d'osmose inverse 1ère passe;
- . un système de nettoyage.

Dans les conditions nominales du fonctionnement, la production est assurée par les six (6) filières.

## **III.3.4.2.Pompes haute pression:**

Les pompes HP sont dimensionnées de façon à pouvoir fournir la pression nécessaire requise par les membranes à 15 oc et pour une salinité entre 38 000mg/l et 40 000mg/l

Les pompes a haute pression sont prévues en acier inoxydable DUPLEX. Leurs caractéristiques sont résumées ici.

. Nombre d'unités en opération : 6

. Nombre d'unités en réserve : 0

. Fluide :Eau de mer

. Densité : 1 030 kg/m<sup>3</sup>

. Débit de perméat :842 m<sup>3</sup>/h

. Perte de fuite : 19 m<sup>3</sup>/h

. Débit de pompe :860 m<sup>3</sup>/h

## **III.3.4.3.Filières d 'osmose inverse:**

Après le traitement, l'eau est pompée avec des pompes haute pression jusqu'aux modules d'osmose inverse Six (6) filières d'osmose à une (1) passe sont installées. Les filières d'osmose sont raccordées à un collecteur commun alimenté pour les six (6) pompes haute pression.

Les paramètres de conception adoptés pour les unités d'osmose inverse sont résumés ici

## **III.3.4.4.Confiuratjon du système d'osmose inverse:**

. Nombre de racks en opération :6

. Nombre de racks en stand-by : 0

. Taux de conversion :45 %.

. Production par filière : 842 m<sup>3</sup>/h - 20 208 m<sup>3</sup> /jour

. Débit d'alimentation par filière :1 870 m<sup>3</sup>/h- 44 880 m<sup>3</sup>/jour

. Débit de rejet :1 029 m<sup>3</sup>/h -24698 m<sup>3</sup>/jour

. Fluide :Eau de mer

- Salinité : 38 g/l à 40 g/l
- Prise d'eau : Ouvert
- Température : 15à27°C
- Nombre de tubes par rack : 216
- Membranes par tube : 7
- . Nombre total de membranes :9 072



**Photo 3-6 : Unité d'osmose inverse**

## III.4. La Reminéralisations:

Le post-traitement est conçu pour rendre le perméat des unités d'osmose (une eau relativement agressive de faible salinité, de très faible dureté et d'alcalinité) moins agressif et plus approprié à la distribution dans le réseau municipal.

La reminéralisation augmente la dureté, l'alcalinité, le pH et l'indice de Langelier.

Le perméat d'osmose est traité (post-traitement) avant d'être distribué aux consommateurs. Le projet de Fouka est équipé de dispositifs de correction de la dureté et de l'alcalinité pour stabiliser la nature relativement agressive de l'eau dessalée produite et lui conférer un goût plus satisfaisant. Un dispositif additionnel de désinfection par chloration est également inclus pour prévenir tout risque de développements bactériens dans les réservoirs et les systèmes de distribution.

Le système de reminéralisation est basé sur la méthode de gaz carbonique et de chaux. Le gaz carbonique est généré à partir d'un générateur de gaz carbonique partir de gaz naturel.

Le CO<sub>2</sub> et le lait de chaux sont injectés en aval des unités d'osmose et du réservoir d'eau de service et en amont du réservoir d'eau traitée. Les points de dosage de CO<sub>2</sub> et de chaux sont près l'un de l'autre mais distincts.

### A- Simulations concernant la reminéralisation:

a partir de la qualité de perméat, les dosages de réactifs requis (chaux et CO<sub>2</sub>) ont été établis et vérifiés afin d'obtenir la qualité d'eau potable reminéralisée,

Les caractéristiques de l'eau produite garantie d'eau sont:

- . Dureté totale : 80 mg/l - 150 mg/l de CaCO<sub>3</sub>
- . Alcalinité : 60 mg/l de CaCO<sub>3</sub> (valeur minimale)
- . TDS : 150 mg/l - 500 mg/l
- pH : 7,0 - 8,5
- . Indice Langelier : 0 à 0,4

Le système de reminéralisation est conçu en fonction des dosages suivants:

. Chaux

. Co<sub>2</sub>

### **III.4.1. Stockage et pompage d'eau traitée:**

L'eau traitée / reminéralisée est acheminée vers les réservoirs d'eau traitée. Le premier réservoir est le réservoir d'eau incendie, Ce réservoir fonctionne en trop plein pour alimenter les deux réservoirs dédié au stockage/pompage d'eau pour distribution. Le volume d'eau emmagasiné dans le réservoir d'eau incendie est utilisé uniquement pour alimenter les pompes incendie.

Les flotteurs de bas niveau empêchent l'opération de pompage quand les réservoirs sont vides (protection des pompes).

Le réservoir d'eau incendie (et les deux autres réservoirs — par vase communicante) est protégé par un déversoir et trop-plein vers la mer/réseau de drainage conçu pour accommoder l'ensemble du débit d'eau traitée de l'usine.

L'automate de contrôle du système de pompage tient compte du débit de production d'eau de la station (osmose inverse), ainsi que le niveau du réservoir pour déterminer en continu le nombre de pompes à mettre en service dans la station. Au besoin, il est possible d'envoyer l'eau pompée vers la mer/réseau de drainage (si le réseau de distribution n'est pas disponible) en ouvrant la vanne de décharge prévue à cet effet. Cette même vanne s'ouvre automatiquement en cas de surpression dans les tuyauteries du réseau de distribution (coté usine; pression =25 bars ajustable)

le volume du réservoir d'eau traitée est de 3600m<sup>3</sup>.

Les instruments d'analyse de la qualité d'eau sont prévus dans la station de pompage:

. Température

. Turbidité

. Chlore résiduel

.pH

. Redox (Potentiel oxydoréduction)

. Pression

• Conductivité.



A proximité de la station, un regard est prévu avec un débitmètre électromagnétique pour la totalisation du débit pompée (et livrée vers le réseau).

### **III.5. Traitement des effluents:**

Les rejets de procédé comprennent les éléments suivants:

- les eaux de lavage ou flushing de l'osmose inverse.

Lavage des saturateurs de chaux.

Ces eaux et uniquement ces eaux sont acheminées vers le réservoir de traitement d'effluents (neutralisation des effluents) et, de là, vers l'émissaire.

Le volume du réservoir de traitement des effluents est de 100 m<sup>3</sup>.

Les eaux du réservoir d'effluents s'écoulent en temps normal gravitairement et dans le cas d'opérations spécifiques, ils sont pompés vers la chambre de rejets.

Le dosage de chaux et d'acide sulfurique est possible dans le réservoir afin de neutraliser les eaux avant rejet si requis.

### **III.6. Analyse de l'eau de mer et de l'eau traitée :**

#### **a-Eau de mer :**

- **Les paramètres les plus importants de l'eau de mer :**

Température, PH, Conductivité, Turbidité, MES, TDS, SDI<sub>5</sub>.

-**Température**: elle est mesurée au moment de la prise d'eau de mer

- **PH** : à l'aide d'un PH-mètre HACH

- **Conductivité** : à l'aide d'un conductimètre au moment de la prise d'eau de mer

- **Turbidité** : mesurée avec un turbidimètre HACH 2100N

- **MES** (matières en suspension) + **TDS** (taux de salinité) :

\* Peser un creuset en verre contenant une membrane filtrante en fibre de verre 0.7µm, soit **P<sub>0</sub>**(60.1420 g) de la masse de l'ensemble

## Présentation de l'usine de dessalement de fouka

---

- \* Peser un creuset en porcelaine, soit  $P_1$  de la masse de l'ensemble.
- \* Placer la membrane filtrante sous le cône de filtration
- \* remplir a l'aire d'une éprouvette 500 ml de l'échantillon et verser dans le cône de filtration, filtrer.
- \* verser 200 ml dans le creuset en porcelaine  $P_1$ .
- \* introduire le creuset dans une cuve a 200 °C pendant 12h
- \* après séchage laisser refroidir 15 min et peser le creuset contenant les matières dissoutes, soit  $P_3$ .
- \* Rincer l'éprouvette en verre graduée de 500 ml avec environ 20 ml d'eau distillée, et utiliser cette portion pour laver le filtre. Rincer les parois internes de l'entonnoir avec un autre volume de 20 ml d'eau distillée.
- \* retirer le cône de filtration et décoller délicatement à l'aide d'une pince la membrane filtrante que l'on déposera dans son creuset en verre  $P_0$ .
- \* Introduire le creuset contenant la membrane filtrante dans une étuve dont la température est à 105°C.
- \* Après 2 heures de séchage, laisser refroidir pendant 15 min.
- \* Peser le creuset en verre contenant la membrane filtrante, soit  $P_2$  (60.1439 g) de sa masse.
- \* Calculer les M.E.S et les T.D.S de la manière suivante :

**SDI<sub>5</sub>**(indice de colmatage) : Détermination de l'encrassement d'une membrane de porosité 0,45 µm et de 47 mm de diamètre par filtration de l'eau au travers de cette membrane à une pression de 2,1 bars. Filtration de l'eau en continue avec mesures à différents intervalles de temps et de volumes.

$$\text{M.E.S en mg/l} = (P_2 - P_0) \times 2000$$

$$\text{T.D.S en g/l} = (P_3 - P_1) \times 5$$

L'indice de colmatage est donné par la relation :

$$IC = P (\%) / T$$

Avec :  $P (\%) = 100 * (1 - t_0 / t)$

Valeurs repères :

<b>0 à 3</b>	Eau non colmatante peut être utilisée directement sans traitement spécifique
<b>3 à 6</b>	Eau peu colmatante nécessite l'utilisation d'un traitement physique: Préfiltres
<b>6 à 20</b>	Eau très colmatante Traitement d'eau plus poussé obligatoire: MFT, UF Coagulation floculation.

• **Résultats :**

<b>Température (°C)</b>	18
<b>PH</b>	8.14
<b>Conductivité (ms/cm)</b>	56.2
<b>Turbidité (NTU)</b>	1.07
<b>MES (mg/l)</b>	3.8
<b>TDS (g/l)</b>	40.464
<b>SDI<sub>5</sub></b>	12.8

**1- Eau traitée :**

Une eau est dite "potable" si elle respecte les valeurs imposées par la loi, les paramètres les plus importants de l'eau traitée sont :

Température, PH, TH, TAC/TA, TDS, IL, Ca<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, conductivité, turbidité La température, le PH, conductivité, turbidité et la TDS sont calculés de la même manière que dans une eau de mer.

- **TH**(la dureté totale) : analyse volumétrique de [50 ml de l'échantillon (eau traitée) +4 ml Tampon PH10 et un peu de NET(coloration rose) ] avec l'EDTA 0.01N jusqu'à la coloration bleue franche, on obtient V eq=4.25 ml

$$\text{Calculs : TH en mg par litre CaCO}_3 = V \times 20$$

- **TA** (titre alcalimétrique)/**TAC** (titre alcalimétrique complet) : Il permet de connaître les teneurs de l'eau en carbonates et bases fortes présentes dans l'eau Analyse volumétrique de [100 ml de l'eau traitée +1goutte de Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 5H<sub>2</sub>O 0,1 N et 3 gouttes de phénolphthaléine (coloration rose)] par HCL 0.02N jusqu'à décoloration complète.



# Présentation de l'usine de dessalement de fouka

Si il n'y a pas de coloration rose, alors  $V_1=0\text{ml}$ .

Ajouter 5 gouttes de Vert de Bromocrésol (coloration bleu), continuer à verser HCL jusqu'à coloration jaune, on obtient  $V_2= 5.9 \text{ ml}$ .

**IL**(indice de langelier) : L'indice de Langelier est un moyen puissant pour calculer la balance de

$$\text{Calculs : T.A en mg/l CaCO}_3 = V_1 \times 10$$

$$\text{T.A.C en mg par litre CaCO}_3 = V_2 \times 10$$

l'eau et pour définir si une eau est corrosive ou incrustante.

La formule de Langelier est exprimée sous forme :

$$\text{IS} = \text{PH} + \text{FT}^\circ + \text{FTH} + \text{FTAC} - \text{FTSD}$$

Dans laquelle

LI = Index de Langelier (également appelé Index de saturation)

PH = pH de l'eau

FT° = Facteur de température

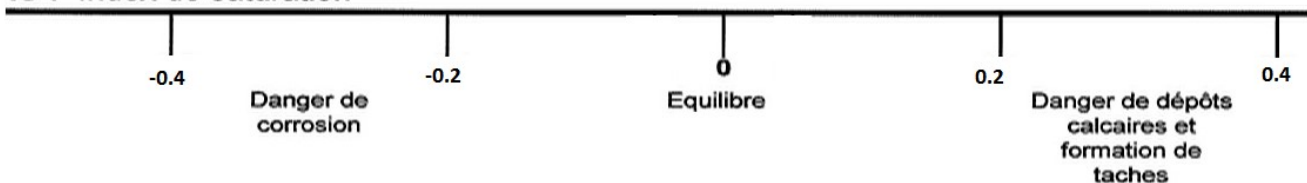
FTH = Facteur de dureté =  $\log$  (ppm de la sous-forme  $\text{CaCO}_3$ )

FTAC = Facteur d'alcalinité =  $\log$  (alcalinité sous forme  $\text{CaCO}_3$ )

FTSD = Facteur du total des solides dissous

Il faut avoir un IL qui varie entre 0 et +0.4

**IS : Index de saturation**



- **Calcium** : analyse volumétrique de [50 ml de l'eau traitée+ 2ml NaOH et ajouter un peu de murexide jusqu'à obtenir une coloration bien rose] avec l'EDTA jusqu'à coloration violette, on obtient  $V_{ep}= 2.7 \text{ ml}$ .

$$\text{Calculs : Concentration en calcium en mg par litre} = V \times 8.016$$

$$\text{Concentration en calcium en mg par litre CaCO}_3 = V \times 20.04$$

- **Chlorure** : analyse volumétrique de [100 ml de l'eau traitée +1ml de  $K_2CrO_4$ ] avec  $AgNO_3$  0.02N jusqu'à coloration brune-orange, on obtient  $V_{ep}= 32.65$  ml

**Calculs :** Concentration en chlorure en mg/l =  $(V- 0,2) \times 7,0906$

Concentration en chlorure en mg par litre  $CaCO_3$  =  $(V- 0,2) \times 10$

- **Résultats :**

PH	8.40
Conductivité ( $\mu s/cm$ )	706
TDS [conductivité*0.55] (mg/l)	388.3
Turbidité (NTU)	0.38
Température ( $^{\circ}C$ )	19.5
Calcium (mg/l $CaCO_3$ )	54.10
TH (mg/l $CaCO_3$ )	85
TA (mg/l $CaCO_3$ )	59
TAC	0
Chlorure (mg/l $CaCO_3$ )	324.5
IL	+0.1

## **IV.1/ALIMENTATION EN EAU BRUTE DE L'USINE**

### **IV.1.1/ DESCRIPTION GENERALE DES TECHNIQUES EXISTANTES**

Trois principaux concepts d'alimentation en eau brute d'une usine de dessalement sont

Envisageables :

- .La prise d'eau directe par pose de conduites en mer;
- La prise d'eau de mer indirecte (drain);
- La prise d'eau en nappe.

L'alimentation en eau brute de l'usine grâce à des forages ou des drains présente l'avantage significatif de permettre une étape de filtration naturelle qui va alléger le prétraitement en amont des osmoseurs.

De plus, la mise en œuvre de prises d'eau indirectes peut s'avérer moins coûteuse que la construction d'une prise d'eau en mer. Il faut néanmoins noter que la faisabilité d'alimenter l'usine par des prises d'eau indirectes ou en nappe ne pourrait être confirmée que par des investigations détaillées et que cette faisabilité est d'autant plus faible que la capacité de production est élevée.

#### **IV.1.2.a/PRISE D'EAU EN MER DIRECTE**

L'eau brute à traiter dans l'usine de dessalement peut être extraite directement de la mer. Pour cela, il est nécessaire de concevoir un ouvrage de prise d'eau directe en mer. Il s'agit d'un ouvrage relativement complexe situé à l'interface des deux milieux, terrestre et marin

-Les données nécessaires sont: .les données relatives à l'environnement marin: données physiques (houle, climat, marée, courant). données sédimentologiques (granulométrie des sédiments, taux de concentration, transport littoral), données physico-chimiques (température, salinité) et données biologiques,

- les données relatives à l'environnement physique : données géotechniques (portance, résistance à l'affouillement) et données topographiques,

- les données relatives aux conditions de fonctionnement de la prise d'eau et de la station de dessalement : pressions débit, etc.,

- les données diverses relatives aux infrastructures existantes (présence de lignes électriques, tension disponible. réseaux), au parcellaire disponible, etc.

#### **LES TYPES DE PRISES DIRECTES**

Il existe plusieurs types de prises d'eau directes:

## **Prise d'eau offshore**

La prise d'eau offshore est réalisée lorsque les conditions maritimes le Permettent ou l'imposent (qualité de l'eau prélevée, propagation des courants et de la houle le long de la côte, etc.). La prise d'eau offshore est réalisée soit par conduite immergée, soit par wharf.

- **par conduite immergée**

La canalisation en mer alimente gravitairement soit une station de pompage replantée sur la côte soit directement la station de dessalement. La conduite est soit posée sur le fond marin, soit ensouillée, soit posée au micro-tunnelier.

Il est envisageable de disposer de plusieurs conduites d'alimentation en eau brute de l'usine.

- **par wharf**

Le wharf est constitué d'un quai et d'une station de pompage en extrémité.

## **Prise d'eau sur berge**

La prise d'eau sur berge, réalisée en bordure de berges, est l'ouvrage le plus traditionnel » mais il présente des risques d'ensablement non négligeables et nécessite de maîtriser parfaitement les conditions de marée (calage altimétrique).

### **IV.1.2.b/PRISE D'EAU DE MER INDIRECTE**

Dans certains cas, il peut être intéressant de procéder à une prise d'eau indirecte eu mer par captage drainant afin de bénéficier d'un débit intéressant pouvant être estimé entre 100 et 200 m<sup>3</sup>/h. Ce type de captage dépend des caractéristiques granulométriques du sable, de la perméabilité et de la charge hydraulique amarrée.

### **IV.1.2.c/PRISE D'EAU EN NAPPE**

Une prise d'eau en nappe présente de nombreux avantages en particulier d'alléger l'étape de filtration, de limiter les risques de contamination par hydrocarbures à proximité de zones portuaires par exemple et enfin de pouvoir parfois mobiliser une ressource présentant des teneurs en chlorure de sodium très inférieures à celle de l'eau de mer et ainsi de réduire les coûts d'exploitation.

Les différents types de captage qu'il est possible d'envisager sont les suivants:

- **Forage classique**

Ce type d'ouvrage est le même que celui nécessaire au captage d'une nappe d'eau douce. Cependant l'équipement doit être apte aux caractéristiques physico-chimiques des eaux. Il s'agit généralement de tubages inox et en fonction de la profondeur.

## **• Forage à drains horizontaux**

En fonction des caractéristiques hydrodynamiques de la nappe et surtout de la profondeur de l'interface, il peut être préférable de réaliser des puits à drains horizontaux à la place de plusieurs ouvrages classiques. Ce type de forage nécessite généralement des drains horizontaux de longueurs pouvant atteindre 40 à 50 m et ce, sur un ou plusieurs niveaux.

Cette solution permet de solliciter la nappe à de très forts débits pour un faible rabattement. (Niveau bas de puits par exemple).

### **• Tranchée drainante**

Cette solution peut être comprise entre les trois précédentes (prise indirecte, forage classique, forage à drains horizontaux) mais elle ne peut toutefois s'envisager qu'en présence d'une nappe salée à très faible profondeur, inférieure à 6 ou 7 m ou bien dans le cas où il est possible de bénéficier de l'alimentation induite par la mer. Quand cette solution peut s'envisager, elle est généralement très intéressante par le faible coût des travaux et les débits importants qui peuvent être obtenus.

## **IV.2/ CHOIX DE LA FILIERE DE TRAITEMENT**

L'eau traitée ou plus exactement l'eau mise en distribution à la disposition de la population doit être conforme aux normes algériennes.

Les objectifs généraux en terme de qualité d'eau distribuée seront d'avoir une eau avec les teneurs maximales suivantes:

- Chlorures < 250 mg/L

- Sulfates < 250 mg/L

- Sodium < 200 mg/L

- Indice de Langelier compris entre -2 et +2.

La filière de traitement de dessalement comprendra à minima les étapes suivantes:

- Prétraitement,

- Osmose inverse proprement dite,

- Reminéralisation,

- Stockage d'eau traitée.

Selon les caractéristiques de l'eau brute, et en particulier si l'alimentation se fait par une prise d'eau au large, la filière de traitement de dessalement pourra intégrer des étapes complémentaires:

- Chloration choc (au niveau de la prise d'eau),

- Dessablage et dégrillage,

- Eventuellement mélange avec les autres productions d'eau potable et ajustement des caractéristiques de l'eau mise en distribution.

## IV.2.1/ Le Prétraitement :

Les prétraitements ont pour rôle d'améliorer la qualité de l'eau d'alimentation du système d'osmose inverse afin de protéger les membranes contre :

- L'entartrage par précipitation de certains sels dans les zones <<concentrat>>
- Le colmatage par des matières biologiques.

Un prétraitement de l'eau est nécessaire pour :

- Eviter ou de minimiser l'entartrage et l'obstruction des membranes.
- Conserver l'efficacité et la durée de vie d'une installation d'osmose inverse.

### Les types du prétraitement :

- Le type de prétraitement nécessaire dépend beaucoup de la qualité de l'eau utilisée:

- origine de l'eau d'alimentation
- composition
- fonction de l'eau

Il existe deux types de prétraitements :

- les prétraitements physico chimiques
- Les prétraitements chimiques.

### IV.2.1.a/ Les prétraitements physico-chimiques :

En fonction de ses caractéristiques et de son mode de prélèvement, l'eau de mer peut nécessiter plusieurs étapes de traitements à savoir :

- La coagulation - floculation.
- La décantation.
- La filtration sur media granuleux.
- La microfiltration.

Une coagulation/floculation suivie d'une décantation est nécessaire pendant des périodes de présence importante de matières en suspensions dans l'eau de mer.

Ceci sera réalisé par l'injection de chlorure ferrique et d'un adjuvant de floculation dans l'eau de mer avant son admission dans un décanteur lamellaire.

La boue sera séchée sur un lit de séchage et évacuée.

La température, le débit et la turbidité sont mesurés en amont de la floculation.

## **A/ La coagulation :**

La coagulation est l'étape de liaisons spécifiques d'ions à la surface de la particule, par ajout de produits chargés positivement qui vont neutraliser les charges négatives de la particule.

Il s'agit de sels métalliques désignés par le terme de « coagulants »

Les sels métalliques les plus employés dans le traitement des eaux sont le sulfate d'alumine et le chlorure ferrique.

Il est à remarquer que pour le traitement de l'eau destinée à l'alimentation des osmoseurs, le sulfate d'alumine n'est jamais employé, car son minimum de solubilité ne peut être atteint dans la gamme des pH de l'eau de mer (~ 8,2). Ainsi le résiduel d'aluminium se trouvant dans l'eau, présentant des charges positives, réagira avec les produits séquestrants et les membranes eux mêmes, tous deux étant chargés négativement.

C'est donc des sels de fer (chlorure ferrique, sulfate ferrique) sont choisis, car pour tout pH à 5,5 ; l'eau ne présentera aucun résiduel de fer pouvant dégrader la solution de séquestrant ou colmater fortement les membranes.

## **B/ La floculation :**

A fin que les particules coagulées puissent être retenues, il faut augmenter leur taille en les rassemblant par l'opération de floculation en utilisant les polymères anioniques.

### **a. C/ La Décantation :**

La décantation est une étape de séparation des matières en suspension. Pour se faire il suffit de créer des zones suffisamment calmes pour permettre aux floes de se déposer au fond du décanteur dont ils sont ensuite évacués par un système de raclage.

## **D/ La Filtration sur média Granuleux :**

La filtration a pour but d'éliminer toutes matières en suspension (dont le diamètre <20µm) qui n'ont pas été retenues par la décantation.

Il peut être utilisé soit du sable :

- En une seule couche filtrante reposant sur une ou plusieurs couches filtrantes.
- Surmonté par de l'antracite pour constituer un filtre bicouches.

### **❖ La Filtration sur sable :**

- Ils permettent de retenir les matières en suspension de taille supérieur à 30 µm.
- Ils sont composés de plusieurs couches (2 au minimum) afin d'élargir le spectre de filtration.

- Les graviers des premiers couches ont une granulométrie entre 2 et 5 mm, les sables entre 0.4 et 0.8 mm et l'anthracite 0.8 et 1.6 mm.
- Lorsque les filtres à sables sont colmatés, on procède au détassage suivi d'un lavage à contrecourant .
- La vitesse de filtration gravitaire est limitée à 7m/h
- Pour les filtres sous pression elle est 15m/h
- Le lavage se fait automatiquement.

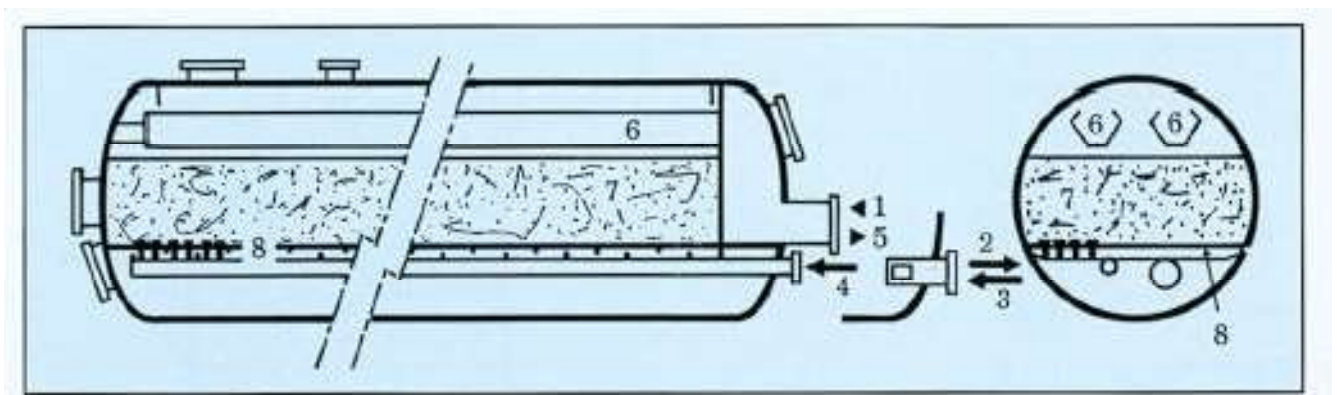
Il existe 2 type de filtre à sable

- filtre à sable ouvert.

-filtre à sable sous pression.

### IV-3/ LES FILTRES SOUS PRESSION :

Ces filtres sont construits avec des revêtements adaptés aux conditions d'utilisation. Les dispositifs d'évacuation des eaux de lavage doivent être particulièrement soignés, de façon à en assurer une collecte uniforme. Ils se prêtent aisément à un fonctionnement entièrement automatique.



1 - Entrée d'eau brute. 2 -Sortie d'eau filtrée. 3 -Entrée d'eau de lavage. 4 -Air de lavage. 5 - Effluent de lavage. 6- Goulottes de collecte d'effluent de lavage. 7- Matériau filtrant. 8-Plancher avec buses.

**Figure 4-1 :Filtre à sable sous pression**(Source: Degrement)





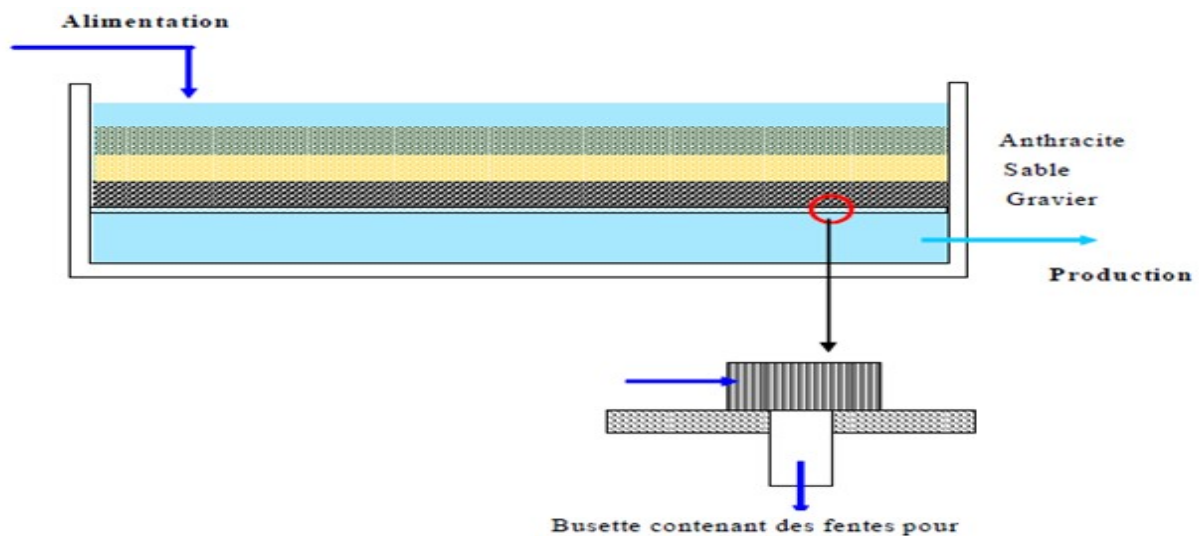
**Image 4-1 : Filtre à sable sous pression**

#### IV-4. FILTRES OUVERTS :

La plupart des installations filtrantes destinées à l'alimentation d'eau potable, ainsi que bon nombre d'installations de clarification d'eaux industrielles ou résiduaires, de fort débit, utilisent des filtres ouverts, en général en béton.

Suivant les cas, l'eau à filtrer ne reçoit auparavant aucun réactif, elle est simplement coagulée sans phase de décantation, ou bien coagulée, floculée et décantée; ce dernier cas est le plus fréquent. Le mode de traitement influence la conception technologique des filtres et surtout la conception d'ensemble de la batterie filtrante.

Les filtres ouverts fonctionnent à des vitesses de filtration comprises entre 5 et 20 m.h<sup>-1</sup> et peuvent être lavés soit simultanément à l'air et à l'eau, soit successivement à l'air puis à l'eau.



**Figure 4-2 : Filtre à sable sous ouvert (Source: Degremont)**



**Image 4-2 : Filtre à sable ouvert**

#### **IV.4.1. Lavage de filtres à sable :**

\_ La séquence de lavage est la suivante:

\_ Vidange jusqu'au niveau du matériau filtrant. Cette vidange peut se faire soit par filtration, soit par mise à l'égout,

\_ Constitution du matelas d'air,

\_ Soufflage à l'air seul par compartiment,

\_ Rinçage à contre courant à l'eau seule, à grande vitesse, destiné à mettre en expansion le lit filtrant, à chasser les impuretés dispersées sur toute sa hauteur, et à reclasser le matériau.

\_ Évacuation de l'eau filtrée vers égout



**Image4-3. Buselures**

• Les *buselures* de filtre à sable sont très fragiles et difficiles au montage et à la maintenance, alors pour éviter ces inconvénients et améliorer le filtre à sable, il faut le remplacer par un autre dispositif plus efficace ce qu'on appelle « Le faux fond »

### IV.5. Le faux fond ou ( modèle à branches latérales à deux passages) :

Ce modèle a été développé aux États-Unis pour vaincre les problèmes des systèmes décrits précédemment. Les problèmes de la régularité de la répartition sont maîtrisés au moyen de deux branches latérales parallèles (Figure 4-3). La branche latérale centrale (alimenteur) possède des orifices le long de sa longueur donnant dans une seconde branche latérale parallèle, appelée branche latérale de compensation. Durant le lavage à contre-courant, l'eau de lavage à contre-courant pénètre dans l'alimenteur à partir d'un tube ou d'une goulotte sous pression. L'eau se répartit dans la branche latérale de compensation à travers des orifices prévus dans celle-ci. Comme dans n'importe quelle branche latérale, le débit maximal a lieu à travers les orifices les plus éloignés du point d'entrée. Cette variation est régularisée par la branche latérale de compensation. Ce système fournit une répartition régulière de l'eau de lavage à travers tout le fond du filtre, tout en réduisant au minimum la perte de charge.

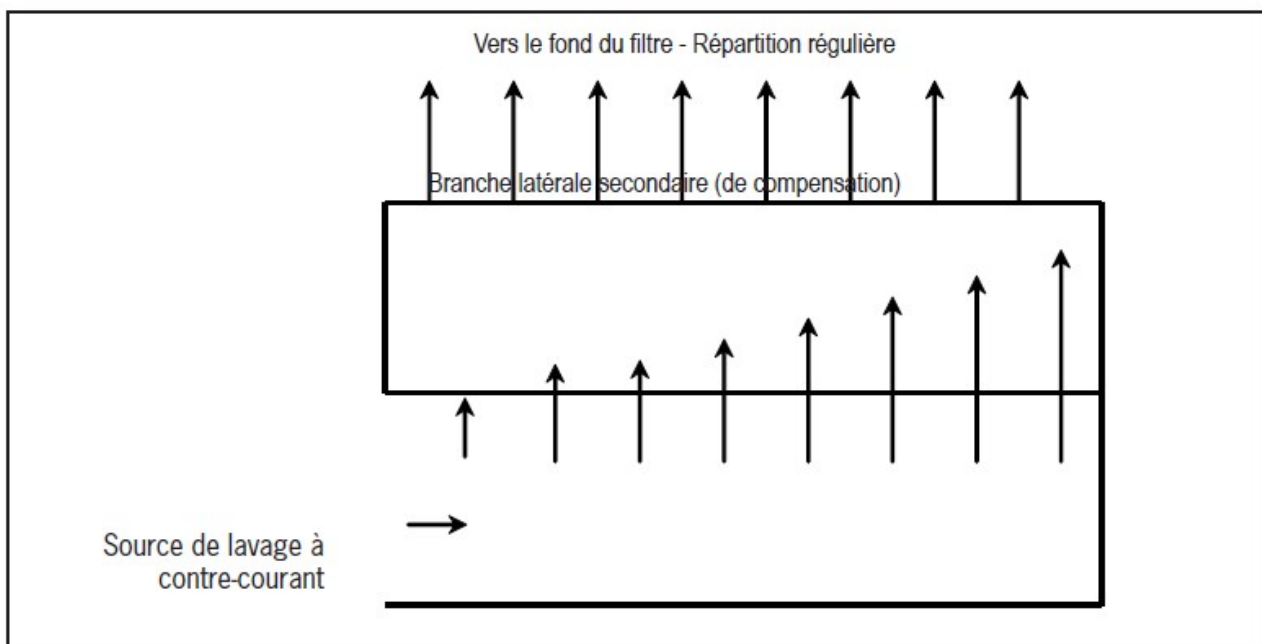
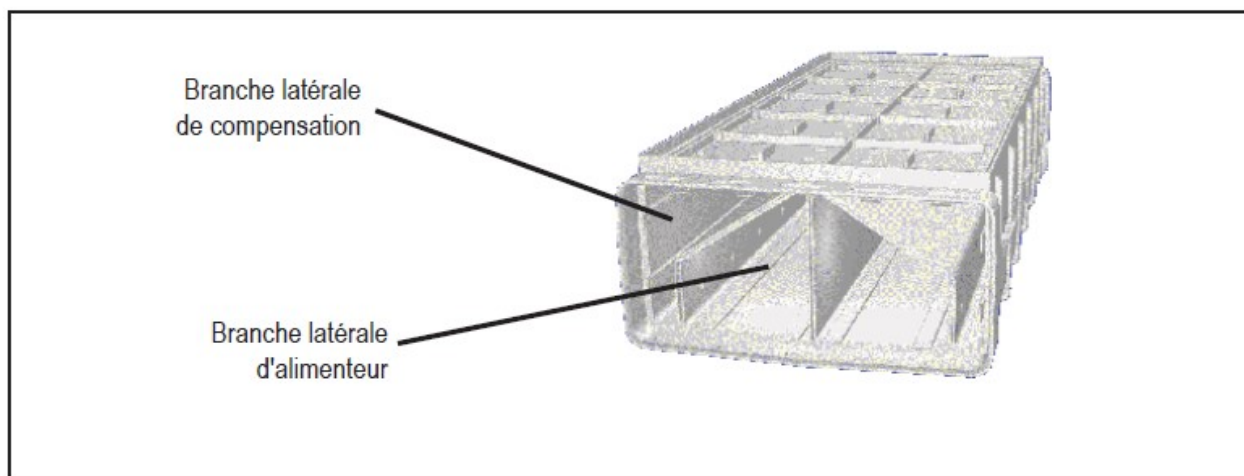


Figure 4-3 . Principe de répartition air/eau

Ce modèle est appliqué en pratique au moyen de blocs préformés en polyéthylène haute densité (Figure 4-4) qui renferment l'alimenteur et les branches latérales de compensation. Ces blocs se verrouillent réciproquement et sont posés bout à bout en rangées, de sorte que les branches latérales sont continues dans tout le filtre. Les rangées de blocs sont adjacentes les unes aux autres, sur toute la largeur du filtre. Les rangées de blocs au-dessus de la goulotte sont fixées au moyen de

tiges d'ancrage spéciales et le faible espace entre les rangées est comblé par du mortier. L'effet est d'immobiliser les blocs ensemble de façon à former un plancher plan et horizontal.



**Figure 4-4 : modèle à branches latérales à deux passages**

Dans le modèle de blocs à deux passages, le lavage à contre-courant combiné à air/eau s'effectue de la façon suivante :

- L'air et l'eau pénètrent dans la branche latérale de l'alimenteur
- Les orifices proches du haut de la branche latérale de l'alimenteur évacuent l'air de lavage à contre-courant dans la branche latérale de compensation.
- Des orifices plus grands, situés plus bas dans la branche latérale de l'alimenteur, évacuent l'eau de lavage à contre-courant dans la branche latérale de compensation.
- Le mélange d'air et d'eau est évacué par des orifices situés en haut de la branche latérale de compensation.

#### **Avantages de ce système :**

- Répartition régulière de l'eau et de l'air de lavage à contre-courant
- Installation très simple
- Construction simple du compartiment filtrant avec plancher simple, plan
- Pas de buses ni de crépines arrivant à un bloc
- Pas de plancher de plénum susceptible de défaillance

#### **IV.6. La microfiltration (filtration à cartouche) :**

Le poste de micro filtration constitue la dernière étape de la filtration de l'eau destinée à alimenter l'étage d'osmose inverse, elle a triple rôle :

- Affinage de l'eau ayant été filtré préalablement sur un média granuleux, afin d'améliorer la turbidité et l'indice de colmatage.
- Barrière de sécurité pour les membranes.
- Permet d'arrêter les impuretés contenues dans les solutions injectées en amont.



Différents types de cartouches consommables sont distingués :

- **Les Cartouches Bobinées** : sont constituées par un fil en propylène enroulé d'une manière croisée au tour d'un noyau. Pour que la filtration s'effectue en profondeur la tension du fil diminue des couches supérieures lors de l'enroulement.
- **Les cartouches Agglomérées** : sont constituées de fibres longues thermo soudées entre elles et comprimées. La dimension des pores va en décroissant l'extérieur vers l'intérieur.
- **Les cartouches plissées** : sont très efficaces et se singularisent par leur très grande surface de filtration.

Généralement lamicrofiltration peut éliminée les particule $<5$  um mai on peut changés cartouche de filtre pour obtiens une microfiltration  $< 1\mu\text{m}$



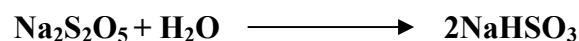
Image 4-4- Filtre à cartouche



Image 4-5- Cartouche de 1 um

### **IV.6.Déchloration :**

Pour ne pas dégrader les membranes il faut éliminer toute trace d'oxydants. Cela s'effectue à l'aide de méta bisulfite de sodium ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ). Ce produit en poudre, mélangé à l'eau pour obtenir une solution injectable, se transforme en bisulfite de sodium suivant la réaction :



**Le bisulfite de sodium agit sur l'acide hypobromeux suivant la réaction :**



On constate donc qu'il y a formation d'acide bromique et de bisulfate de sodium qui vont acidifier l'eau.

L'injection continue de bisulfite de sodium permet donc en générale de s'affranchir de l'acidification par injection d'acide sulfurique ou l'acide chlorhydrique nécessaire à la protection des membranes contre les précipitations de carbonate de calcium.

Pour contrôler l'efficacité de l'élimination de l'oxydant, il est installé en aval des prétraitements un Redox mètre. La dégradation de la solution est à la réaction du bisulfite de sodium avec l'oxygène de l'air. Le bisulfite de sodium, comme exposé au paragraphe suivant, réduit également l'oxygène. Il y'a donc compétition entre l'oxygène et le chlore, la cinétique entre le bisulfite de sodium et l'oxygène étant la plus rapide. Pour que la déchloration soit efficace et rapide il faut donc que la teneur en oxygène soit la plus faible possible, et que la concentration en chlore soit également faible à la sortie du poste de filtration

## Le prétraitement

---

Pour limiter la présence d'oxygène dans l'eau on prélèvera l'eau de mer en un point peu agité, on évitera les chutes d'eau dans le réservoir de tête et on éliminera toute prise d'air dans les équipements et les tuyauteries .

# Bibliographie

- [9] ABDELMOMEN , El HASSADI (2008) \_ HORIZON and future of water desalination in libya . Desalination .220
- [10] A.D.E [ ALGERIENNE DES EAUX – ALGER] (2003) – Documents internes - Rapports de mission .
- [1] Alain Maurel, « Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres », éditions Technique.2002
- [7] Allan J.A., Virtual water – Economically invisible and politically silent: A way to solve strategic water problems, *International Water and Irrigation Journal*, 21(4), pp. 39-41 , 2001
- [3] Allan J.A., The politiceconomy of water: reasons for optimism but long term
- [11] (2007) – Arab Water World (Aww) .31 (7) “the desalination en Algeria” besseasse
- [5] Benblidia M., Margat J., Vallée D., L'eau en région méditerranéenne. Situations,perspectives et stratégies pour une gestion durable de la ressource, Communication à laconférence euro-méditerranéenne sur la gestion de l'eau, Marseille, 25-26 novembre, PlanBleu, 1997.
- [15] BESSENASSE.M « Evaluation du coût des produits chimiques utilisés dans trois stations de dessalement du littoral algérois »LA HOUILLE BLANCHE/N° 3-2009 pp 146.
- [16] BESSENASSE.M « desalination» janvier 2010. Séminaire à hammamet (2007).
- [4]Christian René Bouchard : « Principes généraux de l'osmose inverse » science et techniques de l'eau.Volume 21 n°03 Août 1988.
- [6] « Descriptif technique de l'installation de BREDEAH, ORAN », Degrémont, 2000.
- [13] DEMET , ALEGUL . (2008) – Cost anlysis of seawater desalination with reverse in Turkey .Revue .desalination . 220



[14] DEGREMONT (2005) –Mémento technique de l'eau , Editions Lavoisier .

[2] Le magazine Odyssée « l'osmose inverse la vapeur », n°48, Degrémont. Mai 2004

[12] MAUREL A (2002) – Dessalement des eaux de mers et des eaux saumâtres .Editions Lavoisier , Paris .

[8] Raymond Desjardins « le traitement des eaux » 2ème édition de l'école polytechnique de Montréal, 1990.

## CONCLUSION GENERALE

Le dessalement de l'eau de mer est un enjeu important pour l'avenir des régions arides.

Moyennant un coût de production pouvant descendre à environ 0,5 \$ par m<sup>3</sup> pour les projets récents (par osmose inverse et toutes charges comprises : coût d'exploitation, amortissement de l'installation, bénéfice de l'opérateur...), il est possible de résoudre les problèmes de manque d'eau potable dans de nombreux pays. Dans le cas d'une utilisation pour la consommation humaine, le dessalement d'eau de mer est une technique aujourd'hui fiable et moins onéreuse que la technique dite de recyclage des eaux usées. Il devient même rentable dans des pays développés ne manquant généralement pas d'eau, dans certaines situations spécifiques (par exemple des îles touristiques).

L'étude de la légitimité des projets eu égard en terme de besoin d'eau douce et des usages qui en seraient faits. Ces usages devront être compatibles avec les Critères du développement durable urbain, périurbain et agricole ainsi qu'avec les objectifs nationaux d'économie et de répartition équitable des ressources aquatiques.

Face à la raréfaction de la ressource en eau, la principale application du dessalement de l'eau consiste en la fourniture d'eau potable. Cet accroissement des disponibilités en eau a un effet positif direct, mais aussi lorsque l'eau est utilisée pour l'irrigation (désalinisation du sol). Cependant, en règle générale, l'application de la technologie du dessalement de l'eau à l'agriculture n'est pas rentable.

Malgré les nombreux atouts du dessalement, son impact environnemental demeure donc une préoccupation majeure. Ses avantages et inconvénients doivent être évalués en termes de coûts et bénéfices, sociétaux et environnementaux, et comparés aux autres procédés de production d'eau douce.

La solution du dessalement a été mise en œuvre avec succès en Algérie, depuis quelques années grâce au partenariat étranger, et à de nombreux petits projets financés sur le budget de l'Etat. Elle est également une option hautement stratégique qui mettra fin, à terme, dans la majorité des villes du nord du pays, selon les prévisions du gouvernement, aux difficultés récurrentes d'approvisionnement en eau, une denrée de plus en plus rare à cause des aléas climatiques et des longues périodes de sécheresse. C'est à l'ouest du pays où la population souffre d'un déficit sévère en eau potable, et où les rationnements peuvent aller jusqu'à un jour sur cinq que seront installées la plupart des stations de dessalement ce qui permettra à la population de profiter d'une eau de même qualité que l'eau conventionnelle. L'eau dessalée dont le prix de revient variera entre 45 et 55 DA (0,5 euro) le mètre cube sera distribuée par l'ADE (Algérienne des Eaux) à des prix étudiés qui devraient rester au même niveau que l'eau conventionnelle.

Le dessalement de l'eau de mer constitue une solution compétitive pour pallier à la rareté de cette ressource. Les techniques de dessalement ont connus une amélioration continue permettant pour

atteindre des coûts raisonnables et des débits plus importants. La maîtrise de l'énergie est un paramètre important dans le rendement de l'installation par la récupération de l'énergie et l'utilisation des formes d'énergie disponibles, non polluantes et très économiques comme le solaire thermique.

Dans les conditions de l'Algérie, le dessalement se présente comme une solution durable au dramatique problème de pénurie d'eau. En effet, par le phénomène de la littoralisation, la plus grande partie de la population et des activités économiques se trouvent étalées le long des 1 200 Km de côtes. Les conditions tout à fait particulières de la mer Méditerranée (eau fraîche à 19 °C et salinité moyenne, alors que les eaux du Golfe sont à 30 °C et très salées) font que les coûts d'exploitation des stations implantées en Méditerranée sont plus économiques et les rendements plus élevés, ce qui réduit le coût du mètre cube d'eau potable produite à partir de l'eau de mer .

Une nouvelle technique a été développée et appliquée dans le site de la station de Fouka a fin d'améliorer le prétraitement . Ce modèle a été développé aux États-Unis pour vaincre les problèmes des systèmes anciens (busleures).

Avantages de cette technique est la , Répartition régulière de l'eau et de l'air de lavage à contre-courant ,Installation très simple ,Construction simple du compartiment filtrant avec plancher simple, plan ; Pas de buses ni de crépines arrivant à un bloc ,Pas de plancher de plénum susceptible de défaillance

## Partie 3:

# Présentation de l'usine de dessalement de Fouka

**Partie 1:**

**Généralités sur le dessalement**



# Partie 4:

# Le prétraitement