

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de la Recherche Scientifique



Université Saad Dahleb Blida 1

Département des Sciences de l'Eau et Environnement

Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme Master 2 en
Hydraulique

THEME

Contribution à l'étude de la prise en charge des résidus provenant du
dessalement de l'eau de mer (cas de la station - MYAH TIPZA – Fouka)

Présentée par :

HASSAM Aida

MOKADEM Maissa

Devant le jury composé de :

M. BESSENASSE. M	Professeur	S.E.E	Président
M. GUENDOZ. A	Professeur	S.E.E	Examineur
M. KHATEB M.	Ingénieur	M.TIPAZA	Examineur invité
M. BENAZIZA. A	M.C.B.	S.E.E	Promoteur

Année universitaire : 2021/2022

Remerciements

Nous remercions en premier lieu Allah le tout puissant qui nous a prêté vie, santé et volonté pour achever ce travail, de nous avoir guidé vers le droit chemin et de nous avoir guidé tout au long de nos années d'étude.

Tout d'abord, ce modeste travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement notre professeur M. Benaziza, nous remercions pour la qualité de son encadrement, pour sa grande patience dont il a su faire preuve malgré leur charge académique et professionnelle, ses efforts auprès de nous pour faciliter et nous ouvrir plusieurs portes, et pour disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Nous tenon également à remercier messieurs les membres de jury pour l'honneur qu'ils nous en font en acceptant de juger notre mémoire.

Notre remerciements à Mme Lamia pour son l'aide, elle nos guides pour avoir fait découvrir et approches le monde d'hydraulique en nos ouvrant les portes des réseaux auxquels elle collabore.

Notre remerciement s'adresse à Ms KHATEB Mohamed le directeur technique de la station de dessalement de l'eau de mer de Fouka pour son aide pratique au sein de leur service et son soutien moral, leurs conseils tout au long de ce travail et ses encouragements.

Nous les remercions de toutes l'équipe de la station Mme Samara Nadia la responsable de laboratoire, Mme Hatak, Ms Marouan pour l'accueil qu'elle nos réservés, chacun de ses membres nos accords, et plus globalement, pour toute les informations, réflexions... que chacun nos apports et qui nourrit ce travail..

Nos sincères remerciements s'adresse également à la directrice de département d'Hydraulique Mme Ben Kaci Souhila et à tous nos professeurs pour leurs générosités et la qualité de l'enseignement qu'ils nos 'ont prodigués au cours de ces années passées à l'université Saad Dahleb Blida.

Ainsi, nous adressons nos remerciements les plus chaleureux à tous nos proches et notre groupe d'avoir été à notre coté.

Dédicace

C'est avec des mots simples mais pleins d'émotion que je dédie ce modeste travail à :

- *Mon père ma source de force, pour son soutien, son affection et la confiance qu'il m'a accordé.*
- *Ma mère pour son amour, ses encouragements et ses sacrifices.*
- *Ma petite sœur, qui a été toujours à mes côtés dans le pire comme le meilleur.*
- *Mon cher frère, et mes neveux,*
- *Ma soutien moral et source de joie « РАHМА ».*
- *Mes proches qui m'ont toujours encouragée et participé à mon réussite.*
- *tous mes amis de promotion.*

Hassam Aida

Dédicace

- *A Mes chers parents.*
- *A Mes chers frères.*
- *A ma sœur Rania.*
- *A Mon cher mari El Haddi.*
- *A tous mes enseignants tout au long de mes études.*
- *Tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

Mokadem Maissa

ملخص:

أدى النمو السكاني في العالم وندرة المياه بسبب تغير المناخ إلى مشكلة خطيرة تتمثل في ندرة مياه الشرب. لتلبية احتياجات الناس من المياه. تحلية مياه البحر ، تقدم نفسها كوسيلة صناعية موثوقة لإنتاج مياه الشرب. هذه التقنية تجعل من الممكن إنتاج مياه الشرب من مياه البحر أو المياه المالحة من خلال عمليات خاصة

في هذا العمل سنعرض أولاً عمومية وتاريخ مياه البحر على نطاق عالمي وفي الجزائر. ثم سنقوم بتفصيل تقني تحلية المياه مياه تيبازة المصممة لتحلية مياه البحر عن طريق التناضح العكسي هي موقع دراستنا نظام المختلفة المستخدمة. محطة التناضح العكسي لتحلية مياه البحر هو حالياً العملية الأكثر موثوقية واقتصاداً. وتمثل المخلفات الناتجة عن تحلية مياه البحر من محطة فوكة مشكلة بيئية حقيقية. سنحاول دراسة إدارة هذه المخلفات لحل هذه المشكلة

الكلمات المفتاحية: تحلية المياه المياه العذبة، التناضح العكسي مياه تيبازة

Résumé :

La croissance démographique dans le monde et la rareté de l'eau à cause du changement climatique, ont conduit à un grave problème de pénurie d'eau potable. Pour satisfaire les besoins des populations en eau. Le dessalement de l'eau de mer, se présente comme un moyen industriel fiable de production de l'eau potable. Cette technique permet de produire de l'eau potable à partir de l'eau de mer ou d'eau saumâtres grâce à des procédés particuliers.

Dans ce travail, on présentera en premier lieu, la généralité et l'histoire du de l'eau de mer à l'échelle mondiale et en Algérie. Ensuite on détaillera les différentes techniques de dessalement utilisée. La station MYAH Tipaza conçue pour le dessalement de l'eau de mer par l'osmose inverse est notre site d'étude. Le système d'osmose inverse pour le dessalement de l'eau de mer est actuellement le procédé le plus fiable et le plus économique. Les résidus provenant du dessalement de l'eau de mer de la station de Fouka constituent un vrai problème écologique. Nous essayerons d'étudier la prise en charge de ces résidus pour régler ce problème.

Mots clés : dessalement, eau douce, osmose inverse, Myah Tipaza.

Abstract:

Population growth in the world and water scarcity due to climate change, have led to a serious problem of drinking water scarcity. To meet people's water needs. The desalination of seawater, presents itself as a reliable industrial means of production of drinking water. This technique makes it possible to produce drinking water from seawater or brackish water through special processes.

In this work, we will first present the generality and history of seawater on a global scale and in Algeria. Then we will detail the different desalination techniques used. The MYAH Tipaza station designed for seawater desalination by reverse osmosis is our study site. . The reverse osmosis system for seawater desalination is currently the most reliable and economical process. Residues from the desalination of seawater from the Fouka plant are a real ecological problem. We will try to study the management of these residues to solve this problem.

Keywords: desalination, fresh water, reverses osmosis, Myah Tipaza.

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : Carte des usines de dessalement de l'eau de mer dans les pays du golf.....	6
Figure I.2 : Carte de capacité de l'eau de mer dans le monde.....	7
Figure I.3 : Carte des usines de dessalement, nouveaux enjeux géopolitique.....	8
Figure I.4 : Carte de capacité de dessalement de l'eau de mer dans le monde.....	9
Figure I.5 : Carte des stations de dessalement de l'eau de mer en Algérie.....	12
Figure II.1 : Procédé global de dessalement de l'eau de mer.....	17
Figure II.2 : Schéma de distillation.....	19
Figure II.3 : Schéma de principe fonctionnement d'un système par détentes successive.....	21
Figure II.4 : Schéma de principe d'un système d'évaporateurs multiple effets.....	22
Figure II.5 : Schéma de distillation par compression de vapeur.....	23
Figure II.6 : Schéma de fonctionnement de la membrane d'osmose inverse.....	24
Figure II.7 : Schéma de principe de l'osmose inverse.....	25
Figure II.8 : Principe de fonctionnement de l'électrodialyse.....	26
Figure II.9 : Schéma de processus de coagulation – floculation de l'eau.....	27
Figure III.1 : La station de dessalement de l'eau de mer de Fouka.....	31
Figure III.2 : Schéma d'organigramme de la station de dessalement de l'eau de mer de Fouka.....	32
Figure III.3 : Localisation de la station de dessalement de l'eau de mer de Fouka.....	33
Figure III.4 : Schéma des principes étapes de procédé de la station.....	34
Figure III.5 : Bouées de signalisation indiquant le positionnement de conduite d'aspiration d'eau de mer.....	35
Figure III.6 : Les grilles de filtration manuelle.....	36
Figure III.7 : Les rejets de dessalement de l'eau de mer	37
Figure III.8 : Les pompes de filtre à sable.....	39
Figure III.9 : Les filtres à sables de la station de dessalement de Fouka.....	39

Figure III.10 : Schéma de circuit de l'eau prétraitement dans l'étape de traitement de dessalement.....	41
Figure III.11 : Schéma de principe de dessalement par osmose inverse.....	42
Figure III.12 : Le saturateur de chaux.....	43
Figure III.13 : Station de pompage d'eau traitée.....	44
Figure III.14 : Schéma de distribution de l'eau potable vers le champ de captage de Koléa.....	45
Figure III.15 : Salle de contrôle de la station de dessalement de l'eau de mer Fouka.....	46
Figure III.15 : Laboratoire de contrôle de qualité	47

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 : La concentration de la saumure.....	4
Tableau I.2 : Les stations de dessalement dans le monde jusqu'en 2018.....	7
Tableau I.3 : Les usines de dessalement de l'eau de mer les plus importantes au monde.....	8
Tableau I.4 : Liste des installations de dessalement de l'eau de mer en Algérie (1971-2015).....	10
Tableau I.5 : 08 stations de dessalement de l'eau de mer sont réalisées par LINDE-KCA...	13
Tableau I.6 : 11 stations de dessalement de l'eau de mer sont réalisées par HYDRO-TRAITEMENT.....	13
Tableau I.7 : Les grandes stations de dessalement de l'eau de mer en Algérie.....	14
Tableau II.1 : Les avantages et les inconvénients de la distillation.....	20
Tableau II.2 : Les avantages et les inconvénients des procédés par osmose inverse.....	24
Tableau II.3 : Les avantages et les inconvénients de la coagulation- floculation.....	27
Tableau III.1 : Production et livraison de l'eau potable.....	33
Tableau IV.1 : Analyse de l'eau traitée de date 08-06-2022.....	49
Tableau IV.2 : Analyse de l'eau de mer et la saumure de date 08-06-2022.....	49

LISTE DES GRAPHES

Graphe IV.1 : Courbe d'analyse les résultats d'eau de mer et saumure.....	51
Graphe IV.2 : Courbe d'analyse les résultats d'eau traitée et la saumure.....	52

LISTE DES ABREVIATIONS

A.E.C: Algerian Energy Company.

A.D.E: Algérienne Des Eaux.

C : Conductivité

D.A.F : Directeur Administratif et Financier

H.P : Haute Pression.

M.R.E: Ministère des Ressources en Eau.

M.E.S: Matière En Suspension.

N.T.U : Unité de néphélogétrie (Nephelometric Turbidity Unit).

O.I : Osmose Inverse.

O.M.S: Organisation Mondiale de la Santé.

P.p.m : Partie par million.

S.D.E.M : Station de Dessalement de l'Eau de Mer

S.C.A.D.A : Système de Contrôle et d'Acquisition des données.

S.T.D : Solides Totaux Dissous.

W.W.F : Fond mondial pour la nature.

Sommaire

Sommaire

INTRODUCTION.....	1
-------------------	---

CHAPITRE I : HISTORIQUE DU DESSALEMENT DE L'EAU DE MER

I.1 Introduction.....	3
-----------------------	---

I.2 Le dessalement de l'eau de mer dans le monde.....	3
---	---

I.2.1 Les différentes stations existantes à travers le monde.....	4
---	---

I.2.1.1 Le dessalement au moyen orient.....	4
---	---

- Palestine.....4
- Les pays du golf.....4
- Dessalement aux Emirats Arabes Unis.....5
- Dessalement en Arabie Saoudite.....5
- Dessalement au Koweït.....5
- Dessalement au Qatar.....6
- Dessalement à Oman.....6

I.2.1.2 Le dessalement au Etat unies.....	7
---	---

I.2.2 Les stations de dessalement de l'eau de mer dans le monde.....	7
--	---

I.2.3 Les dix plus importantes usines de dessalement de l'eau de mer au monde.....	8
--	---

I.3 Le dessalement de l'eau de mer en Algérie.....	10
--	----

I.3.1 Les installations de dessalement de l'eau de mer en Algérie.....	10
--	----

I.3.2 Les stations de dessalement de l'eau de mer en Algérie.....	12
---	----

I.3.2.1 Petites unités de type monobloc.....	12
--	----

I.3.2.2 Unités de dessalement de l'eau de mer de grandes capacité.....	13
--	----

CHAPITRE II : LES DIFFERENTES TECHNOLOGIES DE DESSALEMENT DE L'EAU DE MER.

II.1 Introduction.....	16
------------------------	----

II.2 Le dessalement de l'eau de mer.....	16
--	----

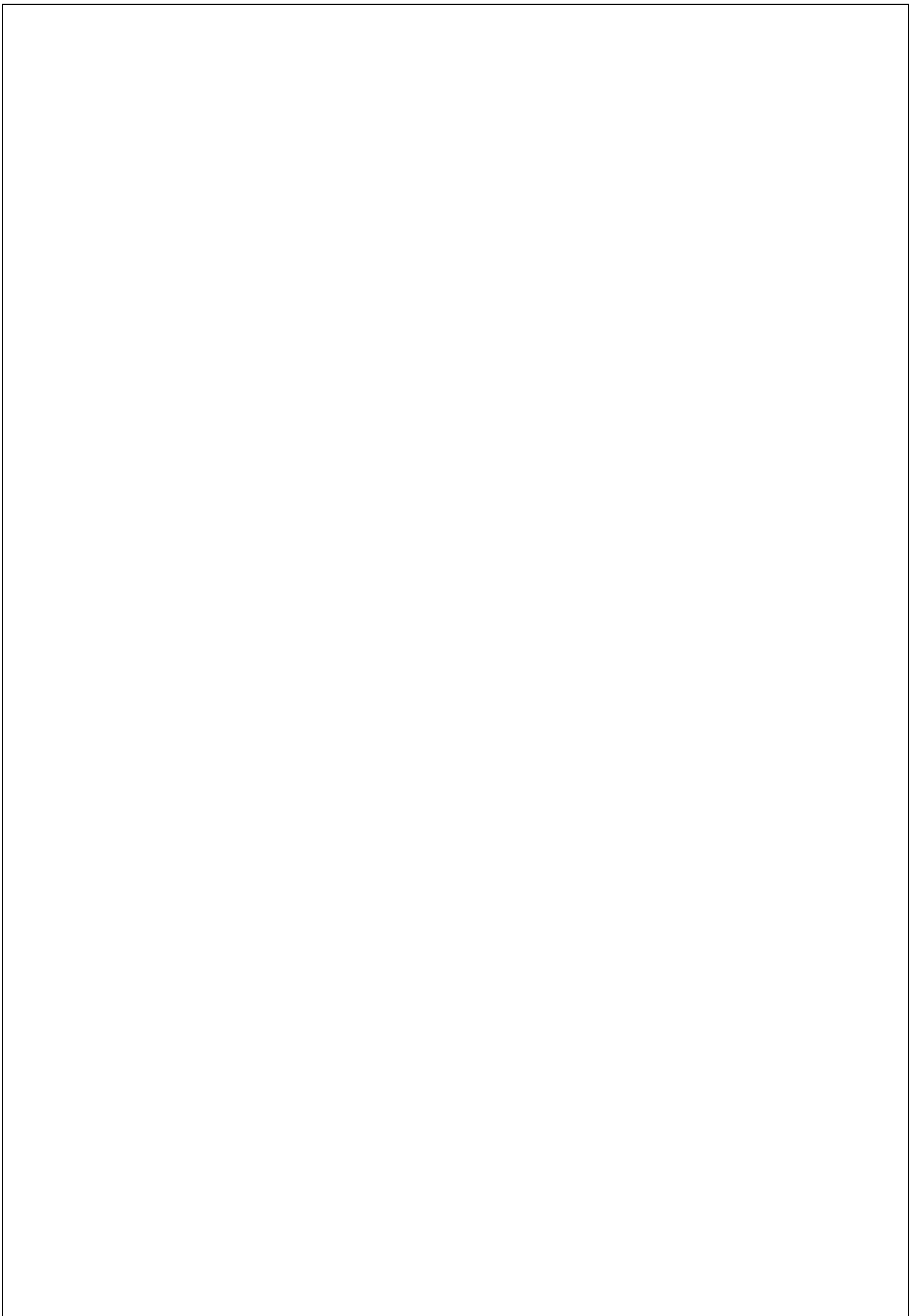
II.3 Les principes technologies de dessalement de l'eau de mer.....	17
---	----

II.3.1 Les procédés thermiques.....	17
II.3.2 Le procédé de distillation.....	18
a) Le procédé de distillation à détente étages.....	20
b) Le procédé de distillation à Multiples Effets.....	21
c) Compression de vapeur.....	23
II.3.3 Les procédés à membranes.....	23
a) Osmose inverse (O.I).....	24
b) Electrodialyse.....	25
II.3.4 Les autres procédés de dessalement de l'eau de mer.....	26
II.3.4.1 Coagulation- Floculation.....	26
II.3.4.2 Distillation sur membrane.....	28

CHAPITRE III : ZONE D'ETUDE

III.1 Objet d'étude.....	30
III.2 Présentation de la station de dessalement de l'eau de mer MYAH TIPAZA de Fouka...30	
III.3 Organigramme de la station de dessalement de l'eau de mer de Fouka.....	32
III.4 Situation géographique.....	32
III.5 Capacité de la station de Fouka.....	33
III.6 Les différentes phases du processus de dessalement au niveau de la station de Fouka...34	
III.6.1 Prise d'eau de mer.....	34
III.6.1.1 La filtration manuelle.....	36
III.6.1.2 La chloration.....	37
III.6.1.3 Station de pompage d'eau de mer.....	37
III.6.1.4 Les déchets solides avant le prétraitement.....	37
III.6.2 Le prétraitement.....	38
III.6.2.1 Le prétraitement physique.....	38
III.6.2.2 Le prétraitement chimique.....	39
III.6.3 Le traitement.....	40

III.6.3.1 La filtration par osmose inverse.....	40
III.6.4 Le post de traitement.....	42
III.6.5 La station de pompage d'eau traitée.....	43
III.7 Le réseau distribution d'eau potable.....	44
III.8 La prise en charge des saumures de dessalement de l'eau de mer.....	46
III.9 Le système de contrôle et l'analyse de la station de dessalement de Fouka.....	46
III.9.1 La salle de contrôle.....	46
III.9.2 Le laboratoire de contrôle de qualité.....	47
IV.1 Résultats d'analyse de contrôle de qualité.....	49
IV.1.1 Eau produite (traitée).....	49
IV.1.2 Eau de mer et saumure (concentrât).....	49
IV.2 Discussions et résultats.....	50
IV.2.1 Eau produite.....	50
a) Potentiel d'hydrogène, Température et Conductivité.....	50
b) Solides Totaux Dissous.....	50
c) Turbidité.....	50
d) Le chlore libre.....	50
e) Dureté totale, Calcium, Magnésium.....	50
f) Alcalinité totale.....	50
g) Indice de Langelier.....	50
IV.2.2 Eau de mer et Saumure.....	51
a) Potentiel d'hydrogène, Température et Conductivité.....	51
b) Salinité.....	51
CONCLUSION.....	54



INTRODUCTION

L'eau est la source de toute vie sur terre. Elle représente également 70% du corps humain.

L'eau douce est essentielle à la santé et au maintien des écosystèmes qui fournissent notre alimentation ainsi que d'autres biens et services essentiels.

L'eau douce se trouve en quantité limitée sur terre et sa qualité est constamment menacée. A l'échelle mondiale, le problème s'aggrave au fur et à mesure que les villes grandissent, que la Population augmente et que l'agriculture, et l'industrie se développent. Le risque de mettre en péril le ravitaillement en eau douce d'une grande partie de l'humanité et par voie de conséquence aggraver les conflits entre pays voisins ayant des ressources communes.

Le dessalement de l'eau de mer est désormais un principe envisageable pour obtenir de l'eau potable.

L'Algérie a lancé ces dernières années un programme ambitieux d'installations de stations de dessalement pour faire face à des problèmes d'alimentation en eau qui s'accroissent par l'explosion démographique].

Le dessalement d'eau de mer est un processus qui permet de retirer le sel de l'eau salée ou saumâtre pour la rendre potable. Mais cette solution, selon le fond mondial pour la nature W.W.F, peut avoir un impact négatif sur l'environnement à cause de la composition des rejets engendrés par ce processus. En effet on peut par le rejet des saumures modifier les paramètres de la mer et influencer négativement sur la faune et la flore sous-marines].

Les procédés basés sur la séparation par membranes sont des procédés qui connaissent un bel essor, ils semblent devenir des outils de plus en plus fiables et de moins en moins coûteux.

A travers cette étude nous allons suivre le procédé de dessalement de l'eau de mer au niveau de la station MYAH Tipaza de Fouka en l'occurrence l'osmose inverse.

Cette étude est scindée en trois chapitres :

Le premier chapitre présente des généralités sur le dessalement.

La deuxième comporte les technologies de dessalement de l'eau de mer.

Le troisième chapitre donne les différentes phases du processus de dessalement

CHAPITRE I
HISTORIQUE DU DESSALEMEN DE
L'EAU DE MER

CHAPITRE I :

HISTORIQUE DU DESSALEMENT DE L'EAU DE MER

I.1 Introduction.

L'eau, en tant que bien commun, est indispensable à la vie. C'est l'élément primordial à fixer un lieu ou vit toute une population. Le prélèvement global de l'eau, en additionnant les usages domestiques, industriels et agricoles, est de 250 m³ par an et par habitant, en moyenne mondiale [1].

La croissance démographique dans le monde s'accompagne d'une augmentation de la demande en eau.

Pour faire face à cette pénurie d'eau, le dessalement de l'eau de mer se présente comme un moyen industriel fiable de production d'eau douce auquel ont recours de nombreux pays dont l'Algérie.

Dans ce chapitre, nous donnons les différentes stations existantes à travers le monde et nous retraçons l'expérience Algérienne dans le domaine du dessalement de l'eau de mer.

I.2. Le dessalement de l'eau de mer dans le monde.

L'eau de mer représente 97% de réserve totale d'eau sur terre tandis que la majorité de la population est concentrée sur le littoral. Ainsi, les régions du monde les plus arides, ont fait le choix de dessaler l'eau de mer pour répondre aux besoins en eau potable. Cette opération consiste à retirer le sel de l'eau salée par différentes techniques, de façon à la rendre propre à la consommation et aux usages agricoles et industriels.

47 millions de m³ d'eau sont produits par jour à partir de la mer soit 660 000 litres d'eau douce dessalée chaque seconde [2]. Ce qui ne représente finalement que 0,45 % de l'eau douce consommée chaque jour mais au total près de 1.48 milliards de m³ d'eau chaque année.

La distillation a été découverte par Aristote au IV^{ème} siècle, car cela semble être la plus ancienne méthode de dessalement de l'eau de mer.

Au Xe siècle, le philosophe et naturaliste Adébard de Bath a parlé de ses expériences dans les Questions naturelles :

- Au soleil, après l'évaporation sur un rocher, l'eau de mer se transforme en sel ; lorsque le soleil fait défaut, on chauffe 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 et que les mers méridionales le soient davantage que les mers septentrionales [3].

Les marins grecs utilisaient le procédé de dessalement de l'eau de mer pour avoir des réserves d'eau potable. Ces marins utilisaient le procédé plus simple, ils utilisent des

casseroles et mettaient l'eau en ébullition et ainsi le sel restait au fond de ces enceintes et donc l'eau est dessalée. Deux millénaires plus tard l'osmose inverse a été découverte en 1850, ce procédé ne s'appliquera pour le dessalement de l'eau de mer qu'en 1960.

En 1964, le général Franco a construit une usine, car c'était la première usine de dessalement de l'eau de mer à l'ombre de son système dans les îles canaries.

En 1970, le Maroc a investi dans le dessalement y voyant une solution pour le stress hydrique dans plusieurs de ses régions. En 1975 la première concrétisation du projet prend place à Tarfaya avec l'installation de la première station de dessalement [2].

En raison d'une large utilisation de l'eau de mer dessalée, la production de 54.6% de cette saumure est d'ailleurs concentrée en quatre pays [4].

Tableau I.1 : La concentration de la saumure.

Pays	Pourcentage
L'Arabie saoudite	22,00%
Les Émirats arabes unis	20,20%
Le Koweït	06,60%
Le Qatar	05,80%

Source : <https://www.latribune.fr>.

I.2.1. Les différentes stations existantes à travers le monde.

I.2.1.1. Le dessalement au moyen orient.

- **La Palestine.**

La Palestine se trouve dans une région pauvre en eau. La nécessité d'accroître la quantité d'eau disponible et améliorer sa qualité apparaît comme une priorité constante dans l'histoire de pays. Aujourd'hui, les technologies palestiniennes permettent de recycler les eaux usages et de dessaler l'eau de mer.

En 1997, la Palestine inaugure sa première station de dessalement à osmose inverse à Eilat. Vingt ans plus tard, plus de 70% de l'eau potable consommée en Palestine provient des usines de dessalement [5].

- **Les Pays du golfe.**

Les pays du golfe sont ainsi devenus les plus gros consommateurs l'eau dessalée du monde : 816 m³ par personne et par an. En Arabie saoudite, par exemple, l'eau était gratuite jusqu'à 2017, alors qu'elle est une des plus chères du monde à produire. Au Koweït, sa consommation a été multipliée par cinq en trente ans, pour une population qui a doublé. A Oman, la demande progresse de 5% par an [6].

- **Dessalement aux Emirats Arabes Unis.**

Les EAU sont un pays désertique avec des ressources en eau douce très rares, nécessitant 650 m³ d'eau par jour.

Aux Emirats Arabes Unis, il existe des aquifères salins estimés à huit fois la salinité de l'eau de mer, ce qui signifie qu'elle est impropre à la consommation humaine. Le gouvernement d'Abou Dhabi a investi massivement dans le dessalement de l'eau de mer et a établi huit stations dans le pays pour un coût de plus de 10 milliards de dollars. Ces stations sont gérées par un partenariat d'investisseurs étrangers.

Au dernier temps, Abou Dhabi lance un appel d'offres pour la construction d'une station de dessalement de l'eau de mer (Jebel Ali), avec une capacité de traitement de 900 000 m³ par jour [5]. Ce qui en fera la plus grande du monde, elle sera deux fois plus grande que celle de Melbourne.

Le marché du dessalement progresse aujourd'hui de 8% en moyenne par an et la tendance est à l'accélération. « D'ici à la mi-2023, 45 projets, dont les financements sont déjà organisés ou en cours, pourraient être lancés. Les deux tiers dans le golfe Persique ».

- **Dessalement en Arabie Saoudite.**

La plupart du territoire de l'Arabie saoudite est couverte par les déserts, c'est un pays avec des ressources d'eau potable très rares.

Dans le domaine du dessalement de l'eau de mer, l'Arabie saoudite a toujours été le premier du Moyen-Orient. Pour résoudre le problème de manque d'eau des habitants, en 1928, ils avaient déjà construit deux usines de dessalement d'eau par distillation. Même si à l'époque, ces usines étaient rudimentaires, et la capacité de production était faible, ils avaient trouvé leur solution pour l'eau douce. Le dessalement à grande échelle a partir des années 60 [7]. Le premier producteur mondial d'eau dessalée (usine de Jubail) avec une capacité de production journalière de 117 mille mètres cubes. Le pays possède 27 stations de dessalement réparties de long du littoral du pays avec 21 situées le long de la mer Rouge et six situées sur la côte Est. Les installations de dessalement utilisent trois procédés de dessalement différents avec sept usines utilisant le procédé de distillation à effets multiples, huit usines utilisant la technologie d'osmose inverse et 12 utilisant le processus de distillation multi-étapes. Le pays possède la plus grande usine de dessalement flottante au monde (Ras Al Khair) d'une capacité de production allant jusqu'à 1 036 000 m³/jour.

- **Dessalement au Koweït.**

Le Koweït est un pays désertique situé au Moyen-Orient. Le pays souffre d'une grave pénurie de sources d'eau douce naturelles sans aucun cours d'eau permanent et dépend de ses usines de dessalement pour son eau douce. Le pays est connu pour être le premier pays de l'histoire à mettre en place une grande station de dessalement destinée à l'approvisionnement à grande échelle d'eau potable à 1951 [8].

- **Dessalement au Qatar.**

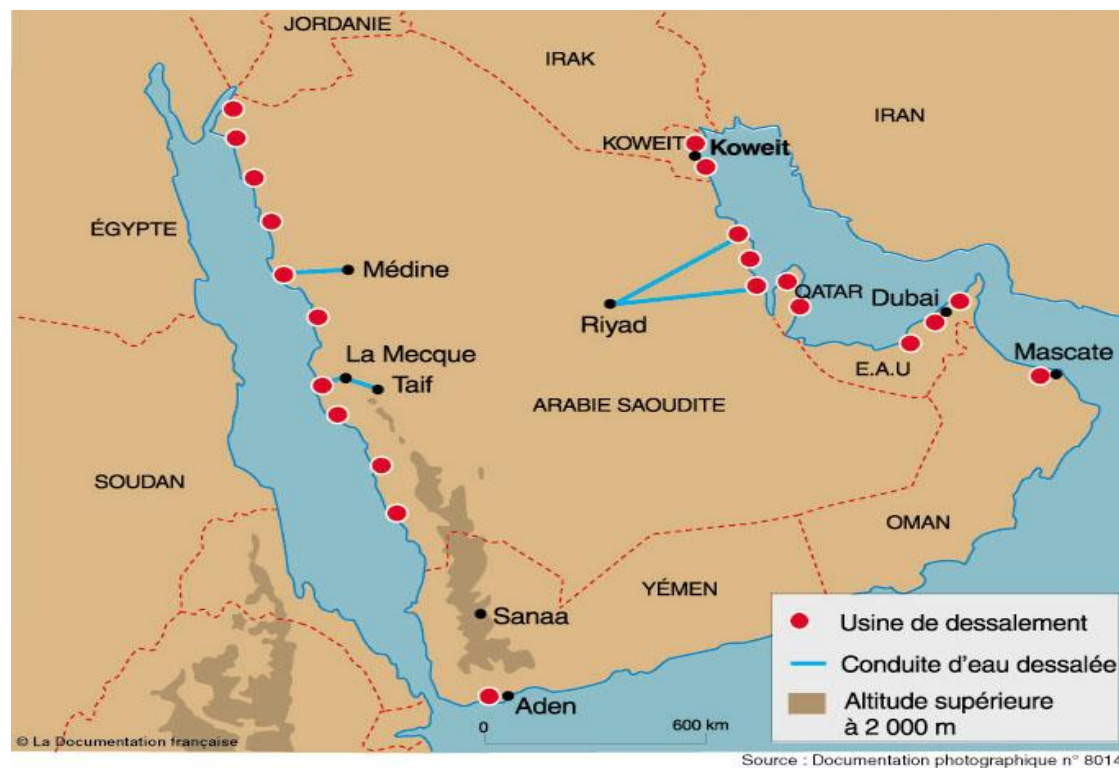
Le Qatar est le champion du dessalement de l'eau de mer, grâce à son efficacité énergétique et à son succès croissant sur le marché. Aujourd'hui le dessalement est la première source d'eau au Qatar.

- **Dessalement à Oman.**

Oman c'est un pays de la péninsule d'Arabie, se compose d'un désert, d'oasis dans le lit de rivières et de longs littoraux sur le Golfe Persique, la mer d'Arabie et le golfe d'Oman.

En juin 2018, l'usine de Barka est mise en service, elle est considérée comme la plus grande station de dessalement de l'eau de mer du Sultanat d'Oman, avec environ 281 000 m³/jour, et 14 stations de dessalement de l'eau de mer sont en activité dans le Sultanat, et des appels d'offres ont été lancés pour trois usines, d'une capacité totale de 600 000 m³/j [9].

Figure I.1 : Carte des usines de dessalement de l'eau de mer dans les pays du golf.



Source : Le dessalement de l'eau de mer, www.encyclo-ecolo.com.

I.2.1.2. Le dessalement au Etat unies.

Amérique du nord. Les Etats-Unis sont placés en deuxième position derrière le Moyen-Orient pour le filtrage d'eaux saumâtres. Une usine de dessalement de l'eau de mer a été construite en 1993 dans la baie de Tampa, en Floride, pour pallier le manque d'eau.

Europe de l'ouest : 2337.

Amérique du nord : 2341.

Moyen-Orient : 4826.

Asie-pacifique : 3505[17].

I.2.2. Les stations de dessalement de l'eau de mer dans le monde.

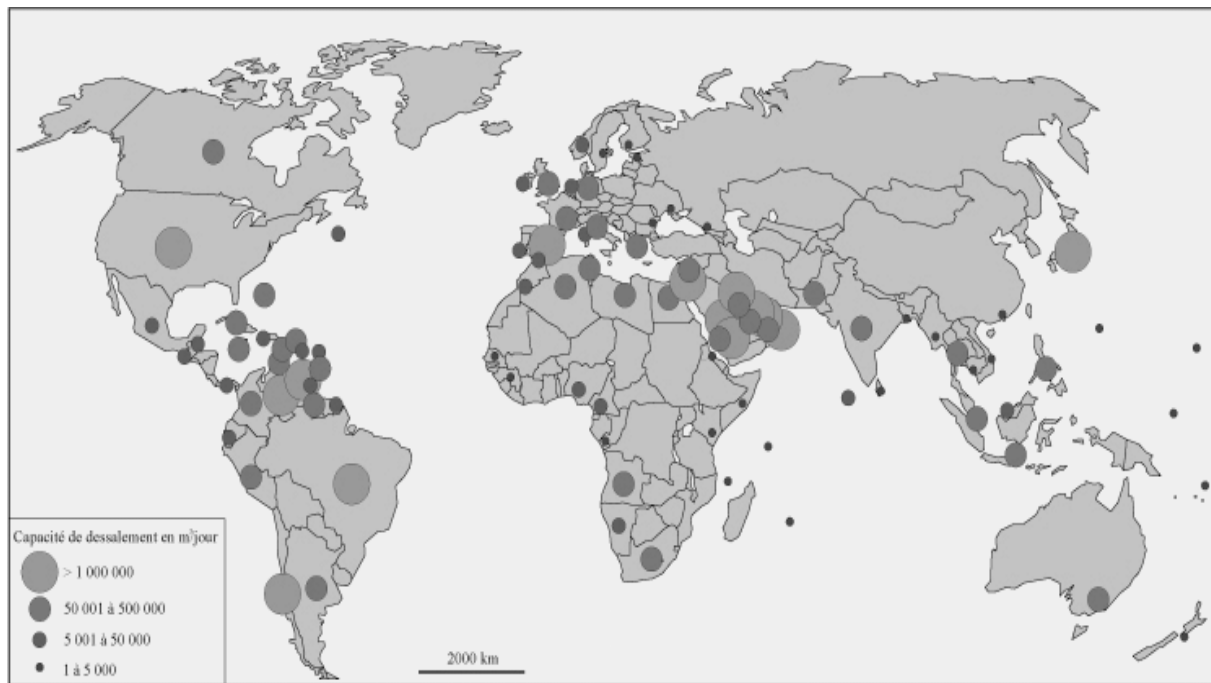
En 2018, 15 873 usines de dessalement étaient construites dans le monde, principalement positionnées sur le pourtour de la méditerranée, autour du golfe persique et de la péninsule arabique, sur les cotés de l'Inde, des Sud-Etats-Unis, de la Chine, de l'Australie et du Japon, pour total prélevé de 52 millions de m³ par jour.

Tableau I.2 : Les stations de dessalement dans le monde jusqu'en 2018.

Régions	Nombre d'unités	Capacité (%)
Moyen-Orient	4 826	45,30
Asie-Pacifique	3 505	17,50
Amérique du Nord	2 341	11,30
Europe de l'Ouest	2 337	08,80
Autres	2 864	12,40
Totale	15 873	95,30

Source : <https://fr.m.wikipedia.org>

Figure I.2: Carte de capacité de l'eau de mer dans le monde.



Source : www.researchgate.net

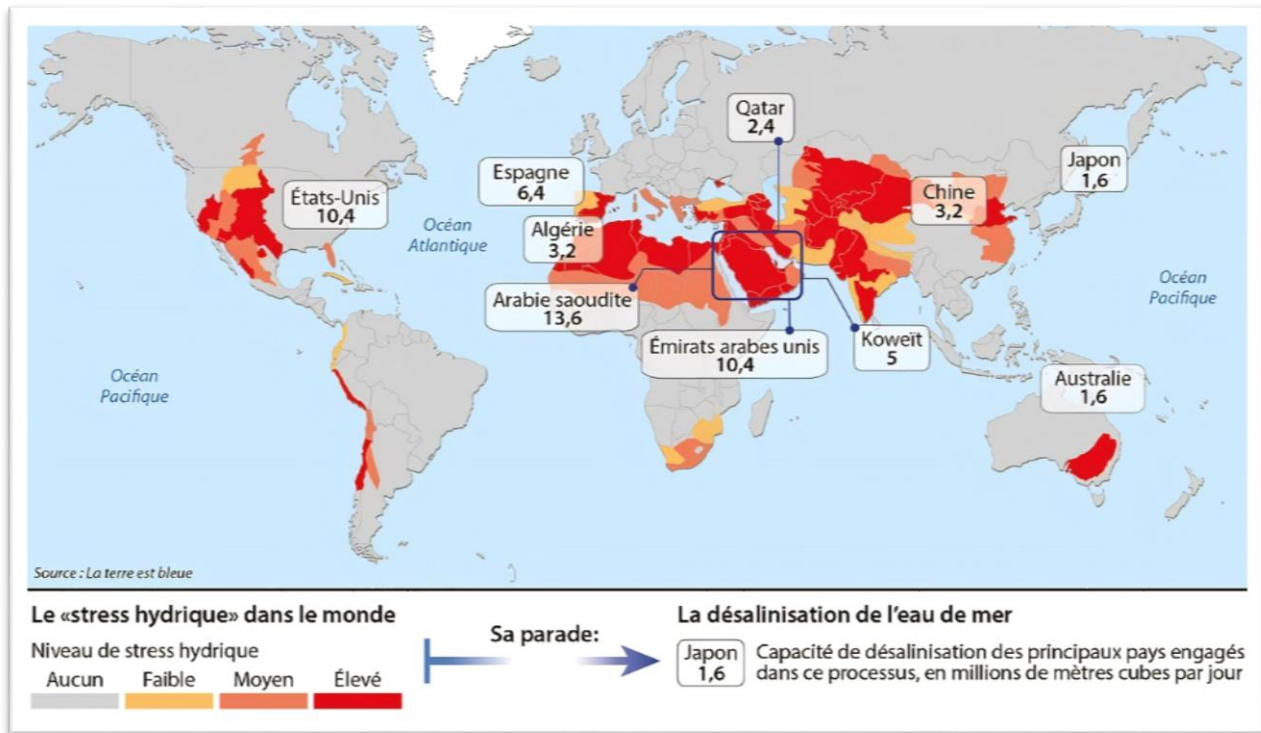
I.2.3. Les dix plus importantes usines de dessalement de l'eau de mer au monde.

Tableau I.3 : les usines de dessalement de l'eau de mer les plus importantes au monde .

N° ordre	Usine	pays	Capacité m ³ /j
01	Ras El Khair	Arabie saoudite	1036 000
02	Taweelah	Emirats Arabie unis	909 200
03	Shuaiba	Arabie saoudite	880 000
04	Jubail	Arabie saoudite	800 000
05	Umm Al Quwain	L'émirat	682 900
06	Dewa station M	Dubaï	636 000
07	Sorek	Palestine	624 000
08	Jubail 3A IWP	Arabie saoudite	600 000
09	Sorek 2	Palestine	570 000
10	Fujairah 2	Emirats arabes unis	591 000

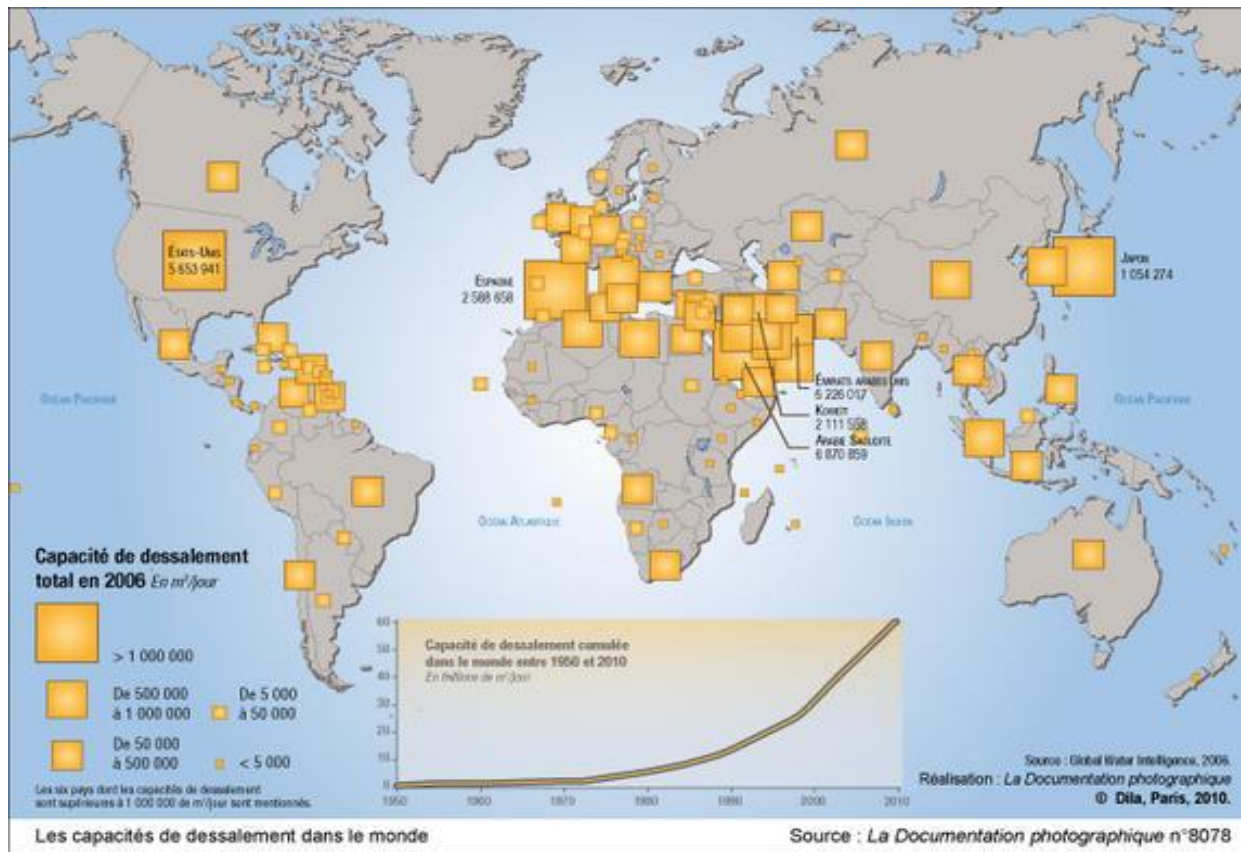
Source : <https://fr.rowater-ts.com>

Figure I.3 : Cartes des usines de dessalement, nouveaux enjeux géopolitique.



Source : www.tensionsgeopolitiques.com

Figure I.4 : Carte de capacité de dessalement dans le monde.



Source : www.tpeorbleu.wordpress.com

I.3. Le dessalement de l'eau de mer en Algérie.

L'Algérie est un pays sec est sa sécheresse dure depuis des décennies. La demande en eau augmente de plus en plus. Les efforts de l'Algérie indépendante se sont focalisés, les premières années sur rénovation du réseau de distribution existant. La construction de barrage et l'exploitation des nappes phréatique. Et d'après les données statiques, la population algérienne doublera dans les 25 ans avenir alors que les ressources conventionnelles en eau n'auront pas beaucoup changé, dépendantes des aléas climatiques jusque-là défavorable. Donc l'autorité générale a décidé de s'orienter vers une politique de mobilisation de l'eau non conventionnelle, notamment le dessalement d'eau de mer, a fin de pouvoir compenser le déficit hydrique enregistré. D'où la solution de dessalement de l'eau de mer, une ressource abondante et inépuisable.

L'expérience de l'Algérie en matière de dessalement se limite à la réalisation d'unité de déminéralisation des eaux souterraine à très fort taux de salinité, pour des besoins liée à l'industrie pétrolière et la sidérurgie seulement.

En 1964, trois petits blocs de 8 m³/j chacun ont été installées au complexe Gaz liquéfié d'Arzew (ville côtière à l'ouest du pays). Le procédé utilisé est la distillation à multiple effet.

En 1969, une autre installation a vu le jour d'Arzew avec une capacité de production de 4560 m³/j. le procédé utilisé est le multi stage flash. (Amitouche et Remini, 2014) [10].

1980, à été inaugurée l'unité de dessalement par osmose inverse à Mostaganem d'une capacité de 57 600 m³/j, classée comme la plus importante au monde.

I.3.1. Les installations de dessalement de l'eau de mer en Algérie.

Un ambitieux programme est lancé par le gouvernement Algérie depuis plusieurs années et qui visé à pallier le manque de ressources conventionnelles en eau potable et répondre aux besoins domestique de plus de 30 millions d'Algériens.

Le tableau suivant on donne la liste des installations de dessalement mise en service entre 1971 et 2015.

En ce qui concerne les procédés utilisés, on retrouve l'ensemble des procédés classiques de déminéralisation : électrodialyse, échange des ions, distillation et l'osmose inverse [11].

Tableau I.4 : Liste des installations de dessalement de l'eau de mer en Algérie (1971-2015).

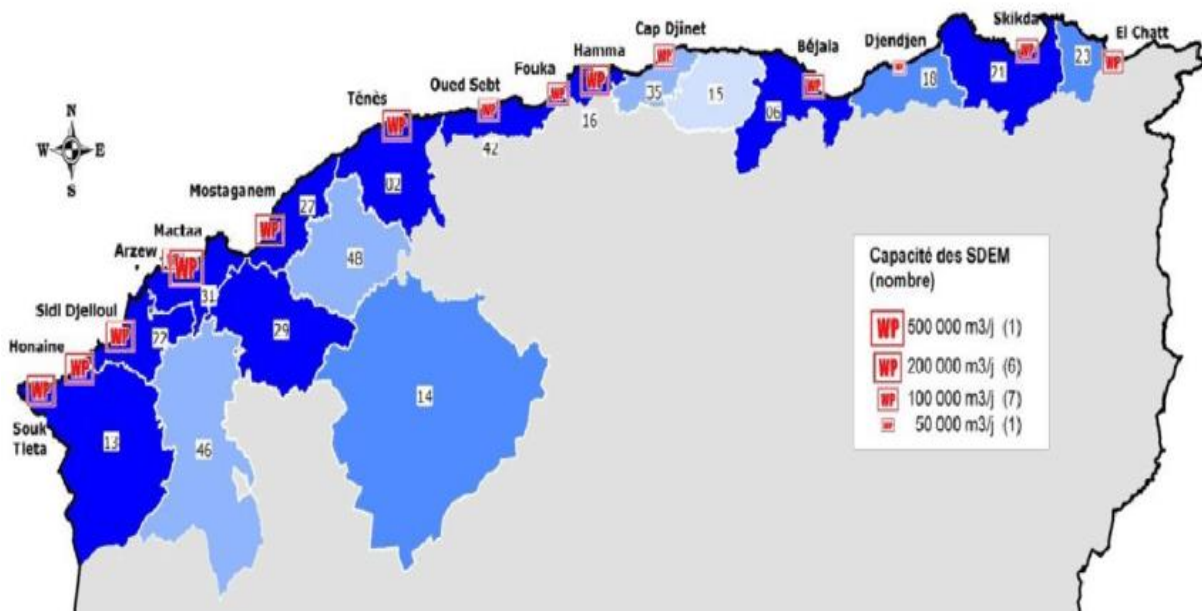
station	Capacité (m ³ /j)	Procédé	Mise en service
Skikda	1 440	Flash	1971
Skikda	720	Flash	1971
Skikda	1 440	Echangeurs d'ions	1971
Annaba	960	Echangeurs d'oins	1971
Annaba	3 600	Echangeurs d'ions	1973
Ghazaouat	840	Echangeurs d'ions	1974
Arzew	3 888	Electrodialyse	1975

Arzew	960	Echangeurs d'ions	1975
Hassi Messaoud	1 000	Electrodialyse	1975
Hassi Messouad	110	Electrodialyse	1976
Gassi touil	55	Electrodialyse	1977
Arzew	350	Thermo-compression	1978
Annaba	14 180	Multi flash	1978
Hassi Messaoud	350	Electrodialyse	1978
Bel Abbes	1 500	Echangeurs d'ions	1978
Haoud Berkaoui	55	Electrodialyse	1979
Hassi Messaoud	300	Electrodialyse	1979
Rhourd El Baguel	25	Electrodialyse	1979
Arzew	960	Multi flash (5 étage)	1979
Annaba	144	Echangeurs d'ions	1979
Annaba	576	Echangeurs d'ions	1979
Bassi-Rmel	792	Osmose d'inverse	1979
Annaba	6 240	Echangeurs d'ions	1980
Ghardaïa	960	Osmose inverse	1980
Arzew	960	Multi flash (6 étages)	1980
Mostaganem	57 600	Osmose d'inverse (6 étages)	1980
Rhourd El Baguel	300	Electrodialyse	1981
Biskra	864	Osmose inverse	1981
Annaba	1 800	Echangeurs d'ions	1981
Reghaïa	160	Echangeurs d'ions	1982
Oran	3 400	Osmose inverse	2005
Skikda	100 000	Osmose inverse	2005
Bou Ismail	5 000	Osmose inverse	2005
Hamma	200 000	Osmose inverse	2008
Douaouda (Tipaza)	200 000	Osmose inverse	2008
Ain Timouchent	100 000	Osmose inverse	2009
Djinet (Boumerdès)	100 000	Osmose inverse	2012
Fouka (Tipaza)	120 000	Osmose inverse	2011
Tnèse	200 000	Osmose inverse	2015

I.3.2. Les stations de dessalement de l'eau de mer en Algérie.

Depuis le début du processus de dessalement de l'eau de mer en Algérie de 1960 jusqu'en 1990, l'Algérie a mis en place 21 stations monoblocs totalisant 55 000 m³/j, dont 14 stations sur les wilayas côtières et d'autres stations en construction affiliées au Ministère des ressources en eau (MRE). Elles fournissent 17% de l'eau consommée dans le pays et alimentent 6 millions de personnes avec un volume de 2,6 millions m³/jour [12].

Figure I.5 : Carte des stations de dessalement de l'eau de mer en Algérie.



Source : www.researchgate.net .

I.3.2.1. Petites unités de type monobloc.

Les 21 stations de dessalement monoblocs ont été réalisées au titre du programme d'urgence. Ce programme a été réalisé par deux entreprises :

- Hydro-traitement (Algérie).
- Linde – KCA (Allemagne).

Tableau I.5 : 08 stations de dessalement de l'eau de mer sont réalisées par Linde-KCA.

Wilaya	Site	Commune	Capacité (m ³ /j)	Année de mise en service
Tlemcen	Ghazaouet	Ghazaouet	2 500	2003
	Ghazaouet II	Ghazaouet	2 500	2004
Tipaza	Bou-Ismaïl	Bou-Ismaïl	5 000	2004
Alger	Champ de tir	Zeralda	2 500	2005
	Champ de tir II	Zeralda	2 500	2005
	Palm Beach	Staoueli	2 500	2007
	La Fontaine	Ain Benian	2 500	2005
	La Fontaine	Ain Benian	2 500	2005
Total			20 000	

Tableau I.6 : 11 stations de dessalement de l'eau de mer ont été réalisées par l'entreprise d'HYDRO-TRAITEMENT.

Wilaya	Nom	Capacité en m ³ /j	Année de mise en service
Skikda	Skikda 2 (2 unités)	2 500 ×2	2007
Skikda	Skikda 1 (2 unités)	1 000×2	2007
Tizi Ouzou	Tighzirt	2 500	2004
Chlef	Ténès	5 000	2004
Oran	Bousfer 1	3 000	2005
Oran	Bousfer 2	2 500	2005
Oran	Les dunes Ain Turk	5 000	2007
Ain Temouchent	Bouzedjar	2 500	2006
Ain Temouchent	Bouzedjar	2 500	2006
Ain Temouchent	Chatt El Ward 1	2 500	2006
Ain Temouchent	Chat El Ward 2	2 500	2006
Total		35 000	

I.3.2.2. Unités de dessalement de l'eau de mer de grandes capacités.

A l'horizon 2020, les 13 stations de dessalement de l'eau de mer prévues dans le programme national de dessalement seront opérationnelles. Ceci permet de produire 2,26 millions de m³/j d'eau potable. [11]

On enregistre actuellement 08 stations opérationnelles pour une capacité de 1,16 millions m³/j.

Tableau I.7: Les grandes stations de dessalement de l'eau de mer en Algérie.

Wilaya	Commune	Site	Capacité (m ³ /j)	Constructeur
Skikda	Skikda	Plage Oued Kikha	100 000	GEIDA
Alger	Alger	Hamma	200 000	IONICS
Ain Temouchent	Béni Saf	Chatt El Hillal	200 000	GEIDA
Oran	Arzew	Kahrama	90 000	BLACK & VEATCH
Tlemcen	Tlemcen	Souk Tleta	200 000	MALAKOFF/ HYFLUX
Tipaza	Tipaza	Fouka	120 000	SNC LAVALIN/ACCIONA
Mostaganem	Mostaganem		200 000	UNIMA/AQUALLA
Annaba	El Taref	Echatt	50 000	SONATRACH
Sous total SDEM en exploitation			1 160 000	
Boumerdès	Boumerdès	Cap Djinet	100 000	UNIMA/AQUALLA
Tipaza	Gouraya	Oued Sebt	100 000	BI WATER CONSORTIUM
Chlef	Tenes	Mainis	200 000	BEFFSA AGUA
Oran	Mers El Hadjadj	Mactaa	500 000	HYFLUX
Tlemcen	Honaine	Honaine	200 000	GEIDA
Sous total SDEM en construction			1 100 000	
Capacité totale			2 260 000	

CHAPITRE II

**LES DIFFERENTES TECHNOLOGIES DE
DESSALEMENT DE L'EAU DE MER**

Chapitre II

Les différentes technologies de dessalement de l'eau de mer

II.1 Introduction.

L'eau constitue la plus grande partie de la matière vivante à la surface de la terre. Elle représente 1386 millions de Km^3 . L'essentiel toutefois est constitué d'eau de mer (97.2%) et de glace (2.15%) [13].

L'eau douce disponible (lacs, fleuves, eaux souterraines), ne représente que 0.6% de la ressource totale soit environ un million de Km^3 [13]. Mais la répartition de cette eau est très inégale à travers le globe. Un demi-milliard de personnes dans le monde connaissent une grave pénurie d'eau tout au long de l'année [14].

Pour faire face à cette pénurie annoncée, de nouvelles techniques de production d'eau potable sont mises en place pour satisfaire les besoins de la population sans cesse croissante.

La source d'eau potable provient généralement des eaux de surface des eaux souterraines des barrages (lacs, rivières). Devant le manque de cette ressource on procède au dessalement de l'eau de mer.

L'Algérie est un exemple du fait qu'elle manque de façon criarde de cette ressource.

II.2. Le dessalement de l'eau de mer.

Le dessalement de l'eau de mer également appelé dessalage est un processus qui permet de retirer le sel de l'eau salée ou saumâtre pour la rendre potable ou l'utiliser à d'autres fins.

Généralement il est plus simple et plus rentable rechercher des sources d'eau douces à traiter (eaux de surface telles que rivière, eau souterraine), plutôt que de dessaler de l'eau de mer. Cependant dans de nombreuses régions du monde, les sources d'eau douces sont inexistantes ou deviennent insuffisantes au regard de la croissance.

L'eau de mer est salée à environ 35g/l, et reste généralement comprise entre 30g/l Atlantique nord et 40g/l mer Rouge. Pour séparer le sel, il faut, d'un point de vue purement théorique et sans perte d'énergie environ 563 Wh/m^3 [15].

Les systèmes de dessalement se caractérisent par leur rendement et le taux de sel résiduel.

Le dessalement de l'eau de mer est une activité industrielle en très forte Croissance.

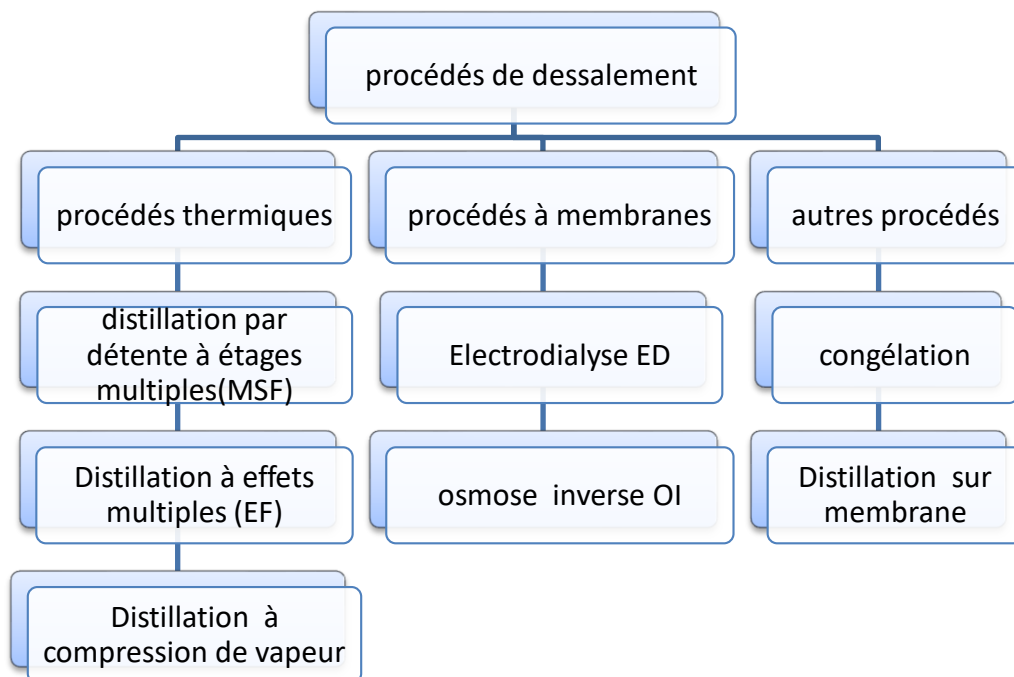
D'autre part, et dans les stations modernes il est possible de rentabiliser l'opération de dessalement on utilisant la vapeur d'eau pour la production énergie. Car la vapeur disponible à la sortie des turbines et perdue dans une usine classique.

II.3. Les principales technologies de dessalement de l'eau de mer.

Il existe de nos jours, deux procédés de dessalement des eaux de mer, chacun comprend plusieurs techniques qui sont :

- Procédé de distillation à simple effet, distillation à multiples effets à tubes horizontaux arrosés, distillation flash, et distillation par compression de vapeur.
- Procédé à membranes électrodialyse, l'osmose inverse. Les techniques les plus utilisées sont la distillation flash et l'osmose inverse. La figure 2 illustre les procédés de dessalement disponibles sur le marché [16].

Figure II.1 : Procédés global de dessalement de l'eau de mer.



Source : Livre de la problématique de l'eau en Algérie (Boualem Remini). Office des publications universitaires.

II.3.1. Les procédés thermiques.

Le procédé par distillation consiste à chauffer de l'eau salée avec production de la vapeur d'eau qui à son tour, se condense pour former de l'eau douce. L'eau est chauffée jusqu'à l'ébullition pour produire la quantité maximale de vapeur [16].

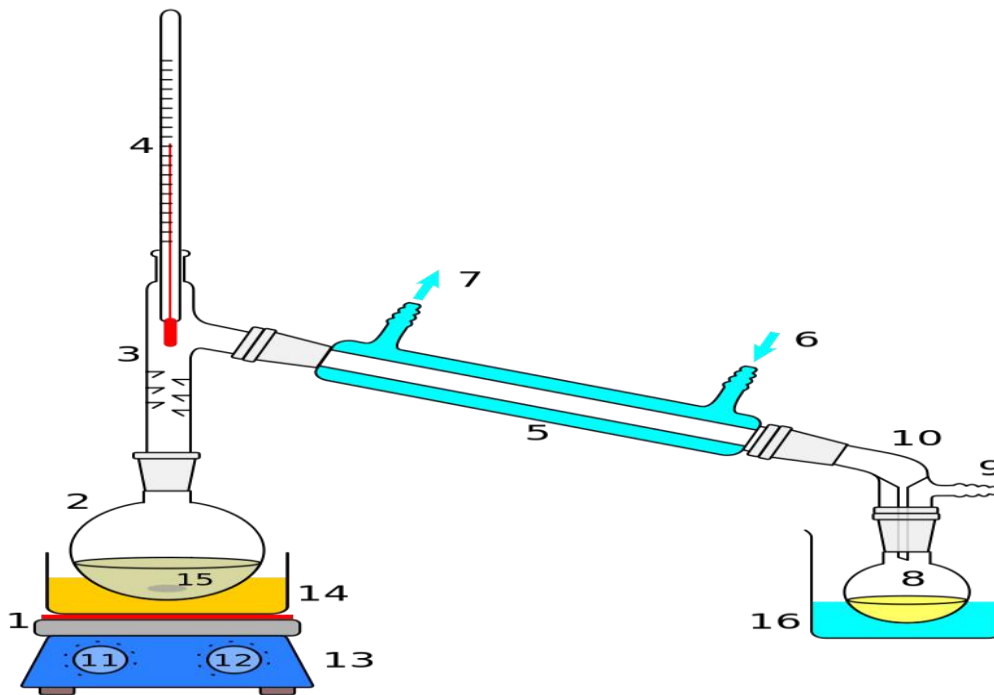
II.3.2. Le procédé de distillation.

La distillation est un procédé de séparation de mélange de substances liquides dont les températures d'ébullition sont différentes. Elle permet de séparer les constituants d'un mélange homogène. Sous l'effet de la chaleur ou d'une faible pression (loi des gaz parfaits), les substances se vaporisent successivement, et la vapeur obtenue est liquéfiée pour donner le distillat.

Dans les procédés de distillation, il s'agit de chauffer l'eau de mer pour en vaporiser une partie. La vapeur ainsi produite ne contient pas de sels, il suffit alors de condenser cette vapeur pour obtenir de l'eau douce liquide. Il s'agit en fait d'accélérer le cycle naturel de l'eau. En effet l'eau s'évapore naturellement des océans, la vapeur s'accumule dans les nuages puis l'eau douce retombe sur terre par les précipitations. Ce principe de dessalement très simple a été utilisé dès l'antiquité pour produire de très faibles quantités d'eau douce sur les bateaux [13].

L'inconvénient majeur des procédés de distillation est leur consommation énergétique importante liée à la chaleur latente de vaporisation de l'eau. En effet pour transformer un Kg d'eau liquide en un kg d'eau vapeur à la même température il faut environ 2250 kilo joules (si le changement d'état se fait à 100°C) [15]. Afin de réduire la consommation d'énergie des procédés industriels, des procédés multiples effets qui permettent de réutiliser l'énergie libérée lors de la condensation ont été mis au point [13].

Figure II.2 : Schéma de la distillation.



Source : [https://www.google.com/ur/=https%3A%2F%2Ffr.wikipedia.org%](https://www.google.com/ur/=https%3A%2F%2Ffr.wikipedia.org%20) .

1. Source de chaleur (ici, une plaque chauffante)
2. Ballon à distiller
3. Tête de distillation
4. Thermomètre
5. Réfrigérant à eau
6. Entrée d'eau de refroidissement
7. Sortie d'eau de refroidissement
8. Ballon de réception des gouttes de distillat
9. Vers une pompe à vide
10. Adaptateur pour la pompe à vide.

Tableau II.1 : Les avantages et les inconvénients de la distillation.

les inconvénients de la distillation	Les avantages de la distillation
- La distillation ne produit l'eau purifiée que lentement. Ce procédé ne fonctionne pas à la demande.	- La distillation est un procédé de séparation de mélange de substances liquides dont les températures d'ébullition sont différentes.
- Le stockage doit être spécifiquement conçu pour protéger l'eau distillée de toute recontamination par les impuretés véhiculées dans l'air ambiant.	- La distillation nécessite une maintenance peu importante par rapport au dessalement par osmose inverse et ne requiert aucun additif chimique lors de l'étape de prétraitement.
- Les bactéries prolifèrent bien dans une eau qui a reposé quelque temps [17].	- Hormis le cas de la compression mécanique de vapeur, la distillation utilise de l'énergie thermique sans spécification stricte [18].

a. Le procédé de distillation à détente étagées.

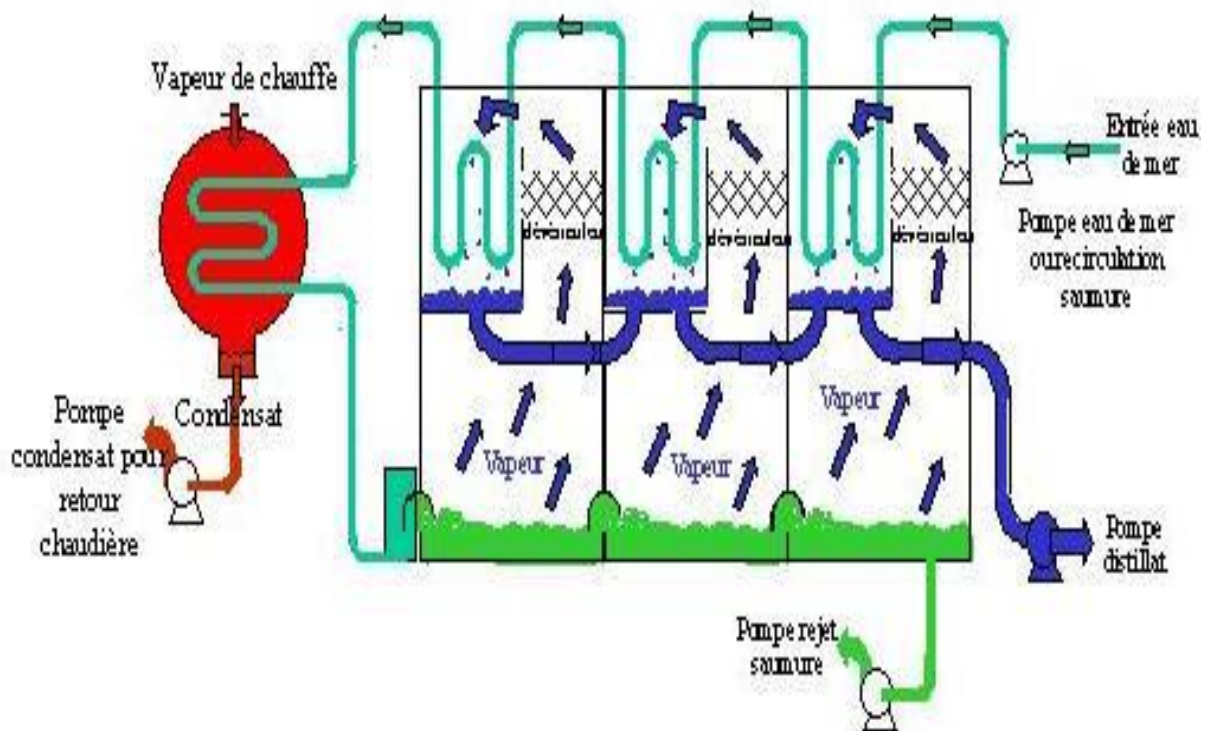
Dans ce procédé MSF, l'eau de mer est chauffée dans une chaudière. Cela est généralement fait en condensant la vapeur sur un faisceau de tuyaux véhiculant de l'eau de mer qui passe à travers la chaudière. Cette eau de mer chauffée coule alors dans une autre cuve correspondant à un autre étage où la pression ambiante est plus basse, si bien que l'eau commence aussitôt à bouillir. L'introduction soudaine de l'eau chauffée à chaque étage déclenche une détente et son évaporation instantanée.

En général, seule une petite fraction de cette eau est convertie en vapeur, en fonction de la pression maintenue à l'étage, étant donné que l'ébullition continuera jusqu'à ce que l'eau retombe au point d'ébullition.

Habituellement, une usine MSF comporte 15 à 25 étages. (La figure 3)

Illustre le schéma d'une usine de type MSF [12].

Figure II.3 : Schéma de principe de fonctionnement d'un système par détentes successives (MSF).



Source : <https://www.google.com/ur/=https%3A%2F%2Fhmf.enseeiht.fr>

b- Le procédé de distillation à multiples effets.

Ce procédé est basé sur le principe de l'évaporation, sous pression réduite, d'une partie de l'eau de mer préchauffée à une température variant entre 70 et 80°C. L'évaporation de l'eau a lieu sur une surface d'échange, contrairement au cas du procédé précédent, où elle est assurée par détente au sein des étages successifs. La chaleur transférée au travers de cette surface est apportée soit par une vapeur produite par une chaudière, soit par une eau chaude provenant d'un récupérateur de chaleur. La vapeur ainsi produite dans le 1^{er} effet est condensée pour produire de l'eau douce dans le 2^{ème} effet où règne une pression inférieure, ainsi la chaleur de condensation qu'elle cède permet d'évaporer une partie de l'eau de mer contenue dans le 2^{ème} effet et ainsi de suite (voir figure II.4). Ainsi seule l'énergie nécessaire à l'évaporation dans le premier effet est d'origine externe. La multiplication du nombre d'effets permet donc de réduire la consommation spécifique (énergie/m³ d'eau douce produite) [19].

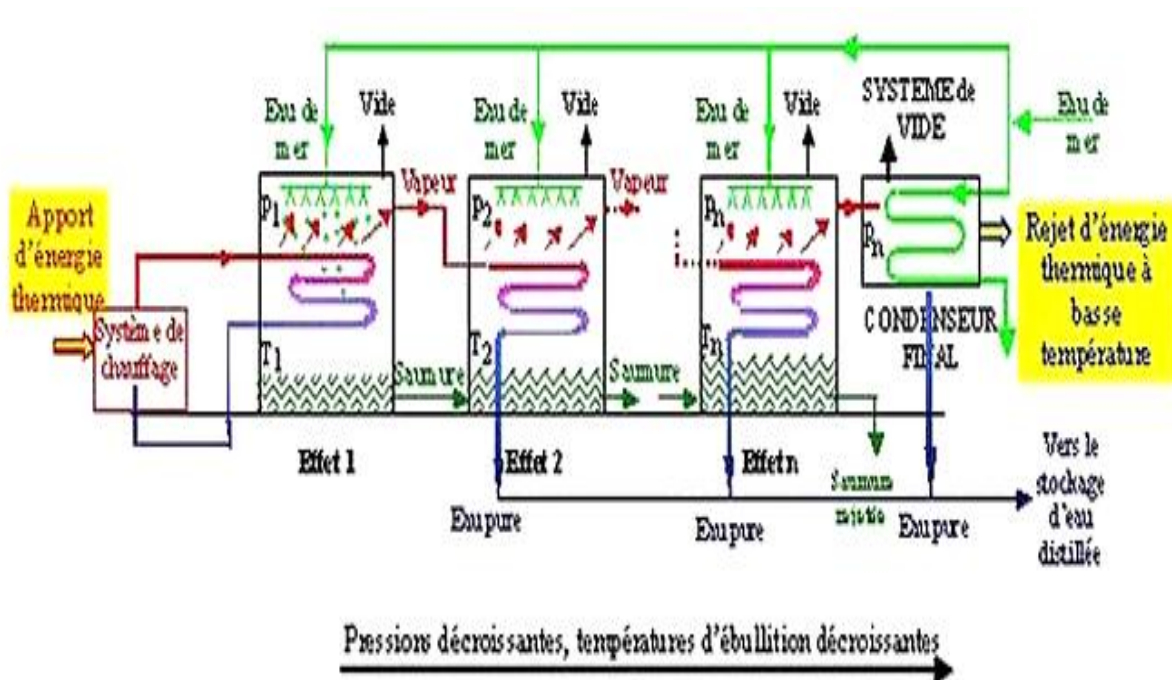
Plusieurs technologies d'évaporateurs multiples effets existent :

- Les évaporateurs multiples effet à tubes horizontaux arrosés sont les appareils les plus utilisés actuellement. Dans ces appareils le fluide de chauffage s'écoule dans les tubes horizontaux tandis que l'eau de mer à évaporer est arrosée de façon à s'écouler sous forme de film le plus uniforme possible sur l'extérieur des tubes. La vapeur produite

dans la calandre (enceinte cylindrique qui contient le faisceau de tubes) est ensuite envoyée dans les tubes de l'effet suivant ou elle cédera son énergie de condensation. Ces évaporateurs présentent un très bon coefficient d'échange grâce à l'écoulement en film de l'eau de mer.

- Des évaporateurs multiples effets à plaques sont également en cours de développement. L'eau de mer à évaporer s'écoule alors sous forme de film mince le long d'une mince plaque métallique chauffée par la vapeur provenant de l'effet précédent qui s'écoule le long de l'autre face de la plaque métallique. De nombreuses plaques entre lesquelles s'écoulent alternativement l'eau de mer et la vapeur de chauffage sont associées en parallèle pour constituer un effet. La vapeur produite est recueillie dans une calandre cylindrique dans laquelle sont placées les plaques. Cette vapeur est ensuite envoyée entre les plaques situées dans une calandre qui constitue le deuxième effet et ainsi de suite. [13]

Figure II.4 : Schéma de principe d'un système d'évaporateurs multiple effets.



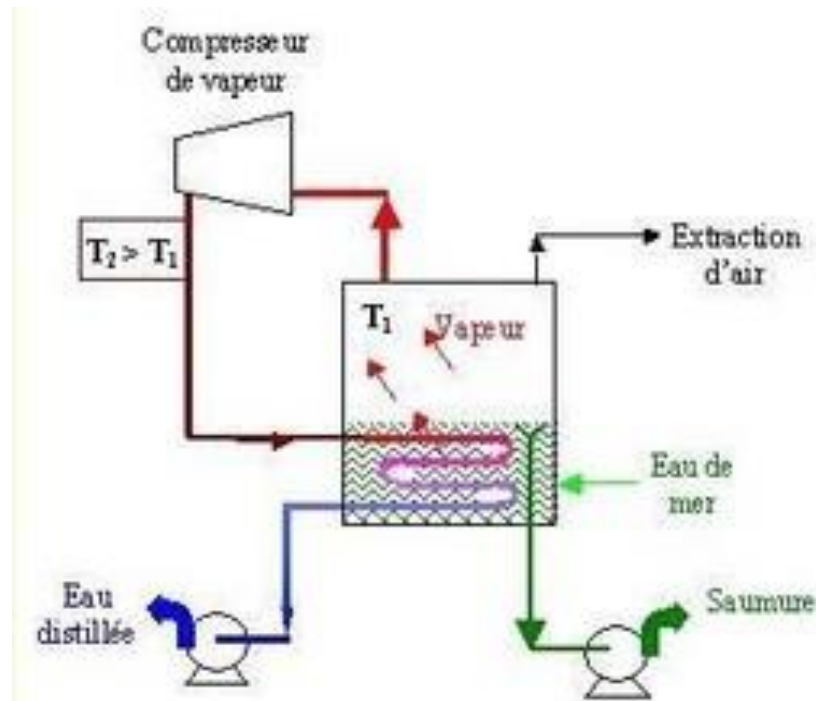
Source : <https://www.google.com/ur/=https%3A%2F%2Fwikiwater.fr> .

c- Compression de vapeur.

Le procédé de compression de vapeur consiste à évaporer l'eau de mer après l'avoir préchauffée dans un échangeur récupérant la chaleur de la saumure.

La vapeur d'eau produite est comprimée après avoir été débarrassée des gouttelettes entrainées par un séparateur. Sa pression ayant été élevée, la vapeur se condense alors à une température supérieure à celle qui règne dans l'évaporateur ; grâce à la chaleur latente de condensation qui est transférée, le cycle d'évaporation et de condensation peut ainsi fonctionner [12].

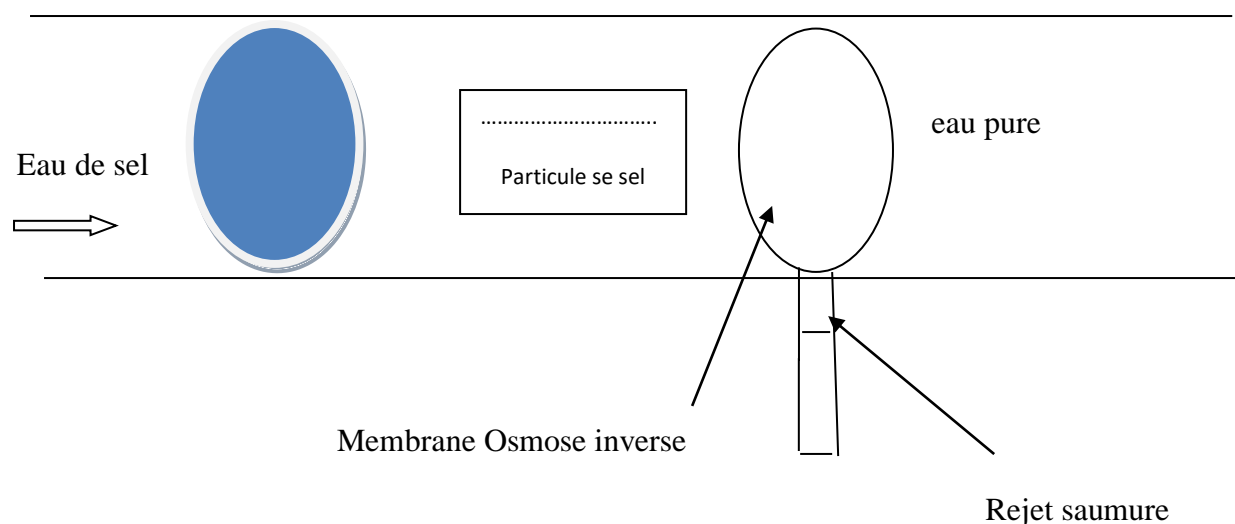
Figure II.5 : Schéma de distillation par compression de vapeur.



II.3.3. Les procédés à membrane.

Les membranes sont utilisées sur le marché dans deux procédés : l'osmose inverse OI et l'électrodialyse. L'osmose inverse consiste à séparer les substances dissoutes d'une solution salée pressurisée en la faisant diffuser à travers une membrane. A mesure qu'une quantité de l'eau diffuse à travers la membrane, la concentration en sels de la fraction restante augmente. Dans le même temps, une partie de l'eau d'alimentation est rejetée sans diffuser à travers la membrane. La fonction de la membrane d'osmose inverse est schématisée par la figure 3. L'électrodialyse est un procédé qui utilise la mobilité des ions d'un électrolyte soumis à un champ électrique, le dessalement étant assuré par des membranes qui éliminent sélectivement les sels, ce qui permet d'obtenir de l'eau douce [16].

Figure II.6: Schéma de fonctionnement de la membrane d'osmose inverse.



Source : Livre de la problématique de l'eau en Algérie (Boualem REMINI).

a- Osmose inverse (OI).

L'osmose inverse est un procédé de séparation de l'eau et des sels dissous au moyen de membranes semi-perméable sous l'action de pression. Ce procédé fonctionne à température ambiante et n'implique pas de changement de phase.

Les membranes polymères utilisées laissent passer les molécules d'eau et ne laissent pas passer les particules, les sels dissous, les molécules organiques 7mm de taille [20].

La membrane est constituée d'une pellicule de polymère perméable et sélective ; elle permet seulement le passage des molécules d'eau, produisant ainsi de l'eau douce. la pression osmotique est de l'ordre de 29 bars pour l'eau de mer. Plus l'eau est chargée en sels, plus la pression osmotique est élevée. Les membranes étant très sensibles aux phénomènes d'encrassement, les usines de dessalement par osmose inverse nécessitent des postes de pré et post-traitement très performant [21].

Le procédé d'osmose inverse utilise une membrane semi-perméable afin de séparer les solides dissous, la matière organique, les virus et bactéries de l'eau. Le procédé est dit inverse car il nécessite une pression suffisante pour forcer l'eau pure à passer à travers la membrane.

Tableau II.2 : Les avantages et les inconvénients des procédés par osmose inverse.

Les avantages	Les inconvénients
- Capacité de séparation élevée.	- Risque de colmatage, d'obturation et d'encrassement
- Systèmes modulaires ; d'où une grande flexibilité d'utilisation.	- Compactage en présence d'agents d'adoucissage.
- Recyclage du perméat et du concentré possible.	- Pressions élevées requises.
- Température de fonctionnement faible [19].	- Flux de perméat faible [19].

Figure II.7 : Schéma de principe de l'osmose inverse.

Source : <https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fhmf.enseiht.fr>.

Eau et énergie.

Il existe une relation étroite entre l'eau et l'énergie. L'eau est nécessaire en tant que fluide de refroidissement des centrales électriques. Aux états unis, par exemple, environ 40% de l'eau consommée par le secteur industriel est utilisée par les centrales électriques. On prévoit que d'ici 2030, 31% de l'eau à usage industriel sera consacrée aux centrales électriques.

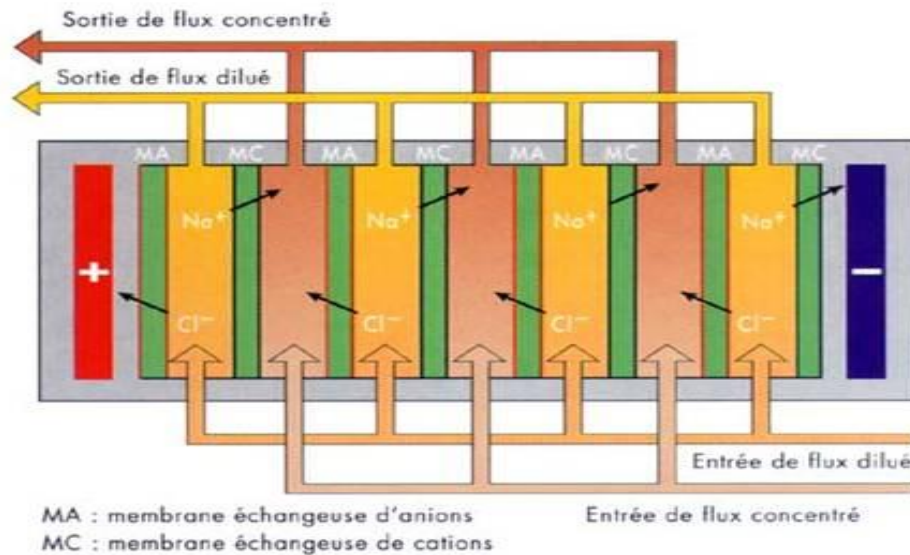
Du surcroît, l'eau est encore nécessaire à la prestation de services des eaux et de services sanitaires. De grandes quantités d'énergie sont nécessaires au puisage et au pompage de l'eau sur de longues distances, du fait de sa pesanteur. Le coût d'approvisionnement en eau en vue de l'irrigation est relativement élevé par rapport aux retours sur investissement générés par les produits agricoles. Il est essentiel, par conséquent, que les systèmes de traitement et de distribution de l'eau fournie en vue d'activités agricoles, le soient à des tarifs raisonnables, en particulier dans les pays en voie de développement.

b- Electrolyse.

L'électrolyse fonctionne sur le principe du rejet d'ions à leur charge. Cette méthode repose aussi sur la séparation des sels et de l'eau au travers d'une membrane semi-perméable. Sous l'action d'un champ électrique, les ions de la solution saline migrent à travers des membranes imperméables à l'eau, dites sélectives. Un électrolyseur, est composé de plusieurs compartiments et de membranes alternativement anioniques et cationiques. Sous l'effet du champ électrique, les cations migrent dans le sens du courant électrique en ne traversant que la membrane cationique. Les anions circulent dans le sens contraire du courant et ne peuvent traverser que la membrane anionique [19].

Pour l'électrolyse, la différence se fait au niveau des membranes imperméables qui sont ajoutées ; l'une ne laisse passer que les cations et l'autre ne laisse passer que les anions [17].

Figure II.8 : Principe de fonctionnement de l'électrolyse.



Source : <https://tpeorbleu.wordpress.com/techniques-de-dessalement-2/techniques-membranaires/electrodialyse/> .

II.3.4. Les autres procédés de dessalement.

II.3.4.1. Coagulation-floculation.

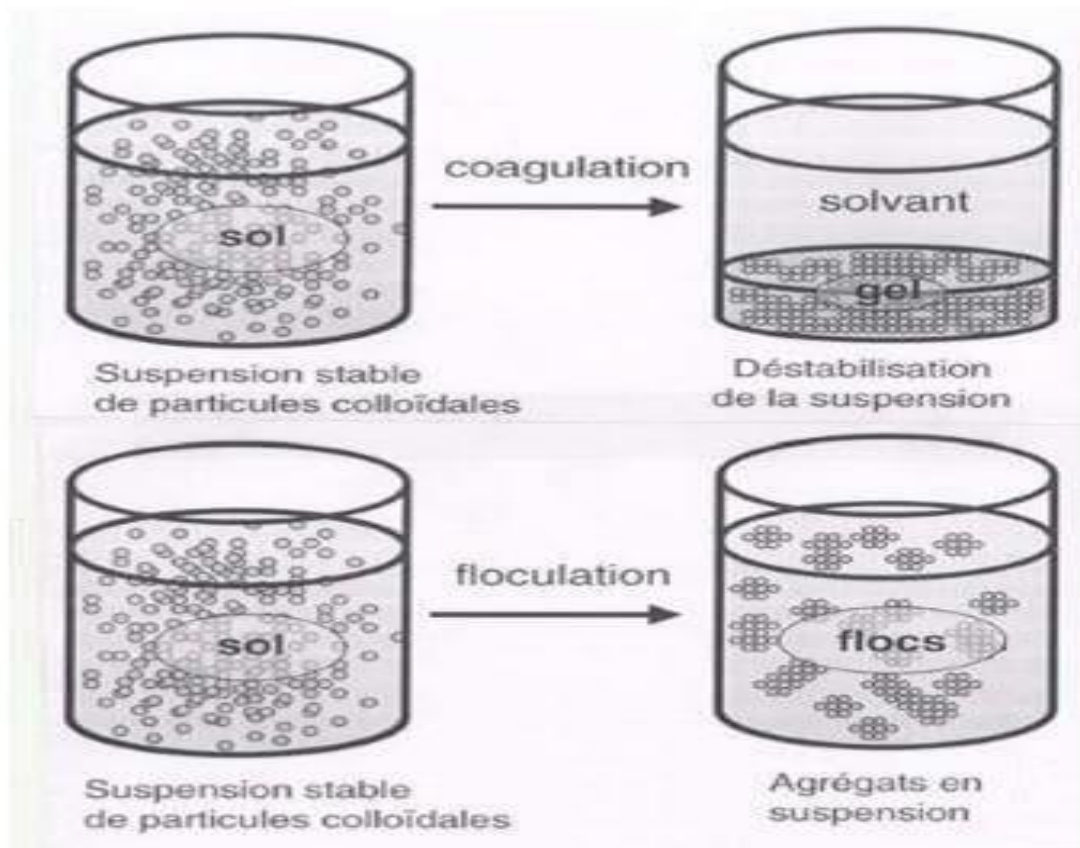
C'est un procédé de traitement physico-chimique d'épuration de l'eau, utilisé pour le traitement de potabilisation ou le traitement d'eau usée. Son principe repose sur la difficulté qu'ont certaines particules à se décanter naturellement : les colloïdes [20]. Les substances les plus couramment utilisées sont :

- **Pour la coagulation** : la chaux, l'alun, le sulfate ferrique et le chlorure ferrique
- **Pour la floculation** : les polymères organiques à longues chaînes de masse molaire élevée [21].

Tableau II.3 : Les avantages et les inconvénients de la coagulation-floculation.

Les avantages de la coagulation-floculation	Les inconvénients de la coagulation-floculat
- Pendant la coagulation, un coagulant est ajouté pour regrouper les particules [22]	- C'est une méthode coûteuse qui nécessite une phase expérimentale.
- Très efficace pour éliminer les particules fines qui sont bien plus difficiles à éliminer avec d'autres méthodes.	- Nécessite un dosage précis de coagulants.
- Elle permet de réduire le temps nécessaire à la décantation des solides en suspension.	- Demande un certain niveau de contrôle.
- Offre une meilleure installation pour lutter contre la turbidité et la couleur [23].	- Peu adaptés aux petites installations [23].

Figure II.9 : Schéma de processus de coagulation-floculation de l'eau.



La source : <http://wikimemoires.net/2019/12/ladécantation-types-coagulation-et-floculation/>.

II.3.4.2. Distillation sur membrane.

Comme son nom l'indique, le procédé consiste en l'association de distillation et de membrane. Au cours du processus, l'eau salée est chauffée pour augmenter la production de vapeur et cette vapeur est exposée à une membrane qui laisse passer la vapeur d'eau mais non l'eau sous forme liquide. Une fois que la vapeur à travers la membrane, elle est condensée sur une paroi froide pour produire de l'eau douce. [19]

CHAPITRE III

CADRE D'ETUDE

CHAPITRE III

CADRE D'ETUDE

III.1. Objectif de l'étude.

Ce travail a pour but de l'étude de la prise en charge des résidus provenant du dessalement et de produits chimiques de la station de déminéralisation des eaux saumures qui se trouve dans la wilaya de Tipaza.

III.2. Présentation de la station de dessalement de l'eau de mer MYAH TIPAZA de Fouka.

La station de dessalement de l'eau de mer ou centrale de désalinisation de Fouka est située dans la commune de Fouka wilaya de Tipaza, est l'une des 13 projets décidée par le Gouvernement Algérie au début des années 2000 qui faisait suite à 20 ans de sécheresse.

L'usine est intitulée en 2002, financée par un partenariat public-privé par la société Ionics, pour le compte d'AEC, une société créée par Sonatrach et Sonelgaz, elle est destinée à fournir de l'eau potable aux habitants de la ville d'Alger et de la région. C'est la plus grande installation de dessalement de l'eau de mer d'Algérie et l'une des plus grandes du monde utilisant la technique de l'osmose inverse, le 6 octobre 2002, la construction débute avec l'objectif d'une mise en service fin 2004. Mais ce n'est que le 24 février 2008 que l'usine est déclarée prête à être mise en service.

L'usine de dessalement de l'eau de mer de Fouka gérée par –MIYAH TIPAZA SPA- créée en 2007. Les travaux de construction de l'usine ont commencé en avril 2008. L'usine mise en service en juillet 2011.

Le principe de la station est basé sur la technique de déminéralisation de l'eau de mer par l'osmose inverse, un procédé de séparation de l'eau et des sels dissous au moyen de membranes semi-perméable sous l'action de la pression.

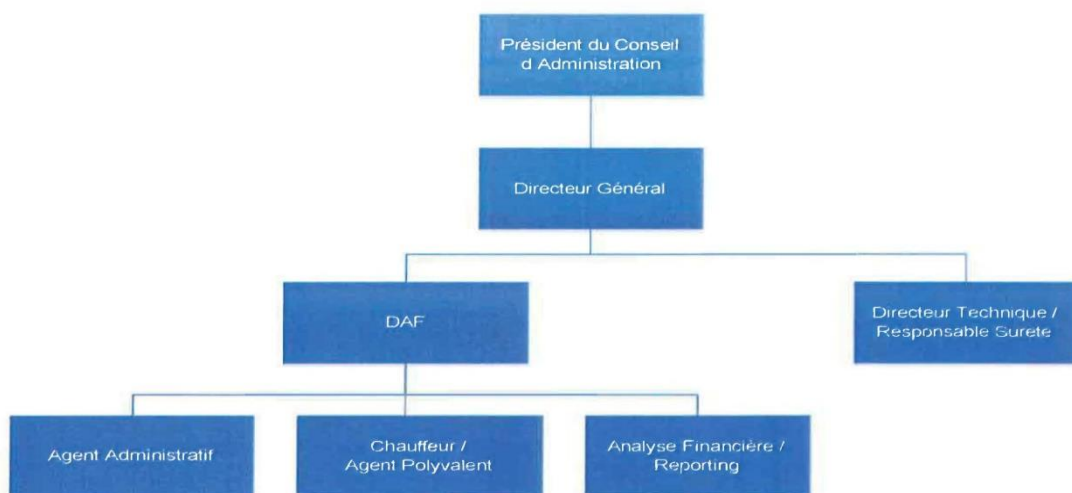
Figure III.1 : La station de dessalement de l'eau de mer de Fouka.



Source : Station de dessalement -Myah Tipaza- Fouka.

III. 3. Organigramme de la station de dessalement de l'eau de mer de Fouka.

Figure III.1 : Schéma de l'organigramme de la station de dessalement de l'eau de mer de Fouka.

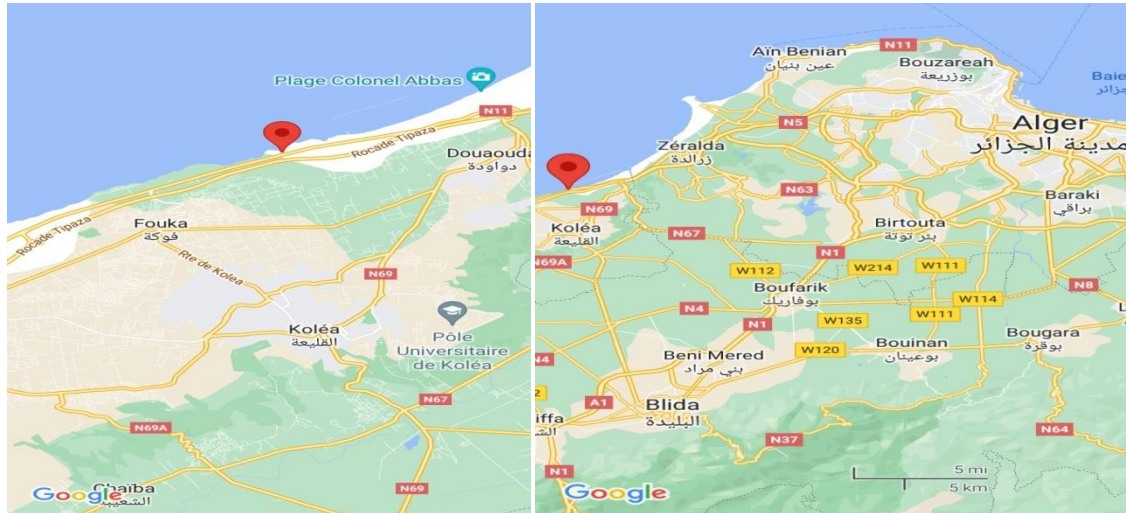


Source : Station MYAH TIPZA

III.4. Situation géographique.

La station de dessalement de l'eau de mer de Fouka est localisé dans la wilaya de Tipaza, à 20 Km de chef-lieu de wilaya et a environ 35 Km à l'ouest d'Alger, elle est sillonnées par la route nationale N°11 de Fouka marine - Douaouda, s'étend sur une superficie totale de 268 hectares. Elle a une capacité de production de 120 000 m³ par jour pour satisfaire les besoins en eau potable de population de capitale d'Alger et la région entourée de la station.

Figure III.3 : localisation de la station de dessalement de l'eau de mer Fouka.



Source : Google Maps.

III.5. Capacité de la station Fouka.

La station de dessalement de l'eau de mer a une capacité de 120 000 m³/jour basé sur un approvisionnement en eau brute d'environ 273.697 m³/jour. Dont 60 000 m³/j destinés à Alger (Ain Benian, Zéralda, Staoueli, Club des pains...) et 60 000 m³/j seront réservés à la wilaya de Tipaza qui a déjà achevé le raccordement en aval de la station pour alimenter en eau potable les 18 communes (Koléa, Fouka, Douaouda, Atatba, Chaiba, Bou Ismail, Khmisti, Bouharoun, Ain Tagourait... jusqu'à la ville de Tipaza.

Le système d'osmose inverse est conçu de façon modulaire. Il est composé de six unités d'osmose inverse (OI) d'une capacité unitaire de 20 000 m³/jour chacune. Il n'y a pas d'unités en réserve. Ces dernières années 2016-2017 la station est distribué l'eau potable de capacité 70 000 m³/jour pour la capitale d'Alger et 50 000 m³/jour pour la région de Tipaza.

Le tableau suivant explique le rapport quotidien de production et livraison d'eau de la date 18-19/05/2022.

Tableau III.1 : Production et livraison de l'eau potable.

Capacité disponible déclarée (m ³ /j)	120 000
Demande client (m ³ /j)	120 000
Quantité produite livrée (m ³)	120 218
Quantité disponible non livrée (m ³)	0
Quantité produite livrée cumulée du mois (m ³)	2 160 282
Quantité produite livrée cumulée de l'année (m ³)	15 629 860
Quantité produite livrée depuis la mise en service (m ³) (index compteur)	427 127 981

Source : La direction d'hydraulique Tipaza.

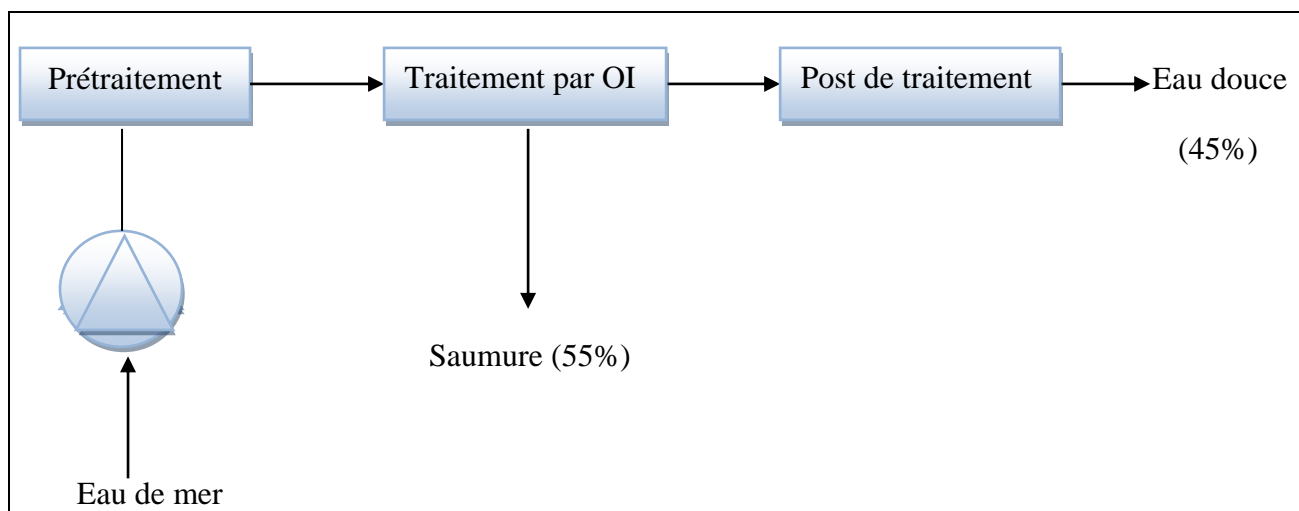
III.6. Les différentes phases du processus de dessalement au niveau de la station de Fouka.

Grace à l'expérience que nous avons eue à la station de dessalement de l'eau de mer de Fouka, nous avons appris que cette station fonctionne par la technologie de l'osmose inverse.

Les travaux de cette station se déroulent en trois étapes qui fonctionnent par l'OI, dans laquelle l'eau est purifiée et traitée à raison 45% par jour et 55% sont renvoyés à la mer après avoir assuré sa sécurité.

Les principes étapes du procédé de la station résumés sur le schéma suivant :

Figure III.4 : Schéma des principes étapes de procédé de la station.



Source : Par l'auteur

III.6.1 Prise d'eau de mer.

L'alimentation de la station de l'eau de mer est réalisée par une prise d'eau gravitaire de deux conduites en polyéthylène 1.600 mm de diamètre. Cette eau est entrée vers la station par effet gravitaire au moyen d'une canalisation (des grilles et des tamis) de 9 à 13 mètres de

profondeur pour éviter l'entraînement de particules du fond marin remises en suspension par l'action des courants et pour éviter une mise à l'air lors des houles extrêmes, se trouvant à 900 m de la cote avec une profondeur de 10 m et une vitesse d'entrée de la prise d'eau est limitée à 0.1 m/s. Ce type de prise permet d'assurer une entrée d'eau avec un minimum de débris des caractéristiques plus ou moins uniforme.

Figure III.5 : Bouées de signalisation indiquant le positionnement de conduite d'aspiration d'eau de mer.



Source : MYAH TIPAZA.

III.6.1.1. La filtration manuelle.

Dans l'étape de filtration de l'eau de mer manuelle par des barreaux de 20 mm espacés de 100 mm c/c, Celle-ci était remplie pendant au moins chaque trois jours, en éliminant toutes les impuretés, l'introduction de gros débris dans la prise d'eau telles que les sacs plastiques, des moules vivants et morts, le bois...etc. Ces barreaux sont montrés sous la forme des grillages amovibles qui peuvent être facilement démontable pour l'entretien.

Ensuite, ils placent chaque échantillon de débris dans des bassins spécifique.

Figure III.6 : Les grilles de filtration manuelle.



Source : Station de dessalement de l'eau de mer Fouka.

III.6.1.2. La chloration.

C'est un dosage de l'hypochlorite NaO CL à 10mg/L/h qui prévient à l'intérieur des têtes de prise d'eau ajouté comme stérilisation préliminaire pour l'objectif l'inactivation des micro-organismes (bactéries principalement), et assurer sa désinfection. Cette injection est effectuée dans la tuyauterie d'eau brute en amont des filtres pour la floculation.

III.6.1.3. Station de pompage d'eau de mer.

La station de pompage d'eau de mer relève l'eau jusqu'au système de filtration. Elle est constituée de 7 pompes (dont une de secours) de 230 KW refoulant 1.900 m³/h à 22m.

III.6.1.4 Les déchets solides avant le prétraitement.

Les déchets solides qui sont éliminés manuellement à travers des grilles sont : des moules vivantes et mortes, le bois et les matières plastiques. Chaque élément est placé dans un réservoir en plastique spécial. Ces déchets sont récupérés par des sociétés privées qui travaillent par convention avec la station.

Figure III.7 : Les rejets de dessalement de l'eau de mer.



Source : Myah Tipaza.

III.6.2. Le prétraitement.

Le prétraitement est une opération de protection des membranes contre les différents types de colmatage, précipitation des sels minéraux ainsi la durée de sa vie pour longue utilisation car ils coûtent très cher.

Les procédés de prétraitement sont divisés en deux catégories : les prétraitements chimiques et les prétraitements physiques. (BRAHIMI, 2018) [11].

III.6.2.1. Le prétraitement physique.

L'eau de mer arrive en niveau de la station par simple gravité du fait que le niveau de mer est plus élevé que le point de réception de la station. Les filtres sont utilisés avec un niveau et un débit constants.

L'eau de mer au niveau de bassin de réception dans lequel on ajoute l'eau de javel et l'hypochlorite pour une première désinfection.

L'eau passe dans les filtres à sables pour une première filtration. Cette eau est transférée dans un deuxième bassin à l'aide de pompes qui sont au nombre de sept (6 en marche, 1 secours), ce bassin contient 20 filtres à sables (10 à droite, 9 en marche et 1 secours), et (10 à gauche, 9 en marche et 1 secours).

Dans ce réservoir, il y a trois couches :

Faux fond ; en Biton.

Couche de sable ; Sable.

Couche de charbon actif ; Anthracie.

Ces trois compartiments travaillent pour éliminer la plupart des matières en suspension supérieures à 25 µm, les parasites, les huiles et graisses, des précipités de fer qui restent dans l'eau de mer.

Figure III.8 : Les pompes de filtration à sable.



Source : Myah Tipaza.

Figure III.9 : Les filtres à sables de la station de dessalement de Fouka.



Source : Myah Tipaza

III.6.2.2. Le prétraitement chimique.

Dans le prétraitement chimique, on ajoute l'antracite pour débarrasser l'eau de la couleur, du mauvais goût et de l'odeur. On ajoute l'acide sulfurique, comme inhibiteur de la sédimentation et le chlorure de fer pour ajuster l'acidité de l'eau de mer.

L'eau passe dans les filtres à cartouche pour une deuxième filtration. Pour éliminer les matières en suspension supérieures à 1 µm, et capables de filtrer les particules jusqu'à 5 microns et ainsi de protéger les membranes du colmatage, sont installés avant les membranes osmose inverse.

La filtration à cartouche contient 10 cylindres, chaque cylindre contient 376 litres.

- quand le débit diminué.
- manque de pression.
- le virement la couleur vers le brun.

La cartouche doit donc être changée [29].

III.6.3. Le traitement.

Après l'étape de prétraitement on obtient une eau pure exempte de débris et d'impuretés. Ensuite on passe au dessalement par osmose inverse.

III.6.3.1. Filtration par osmose inverse.

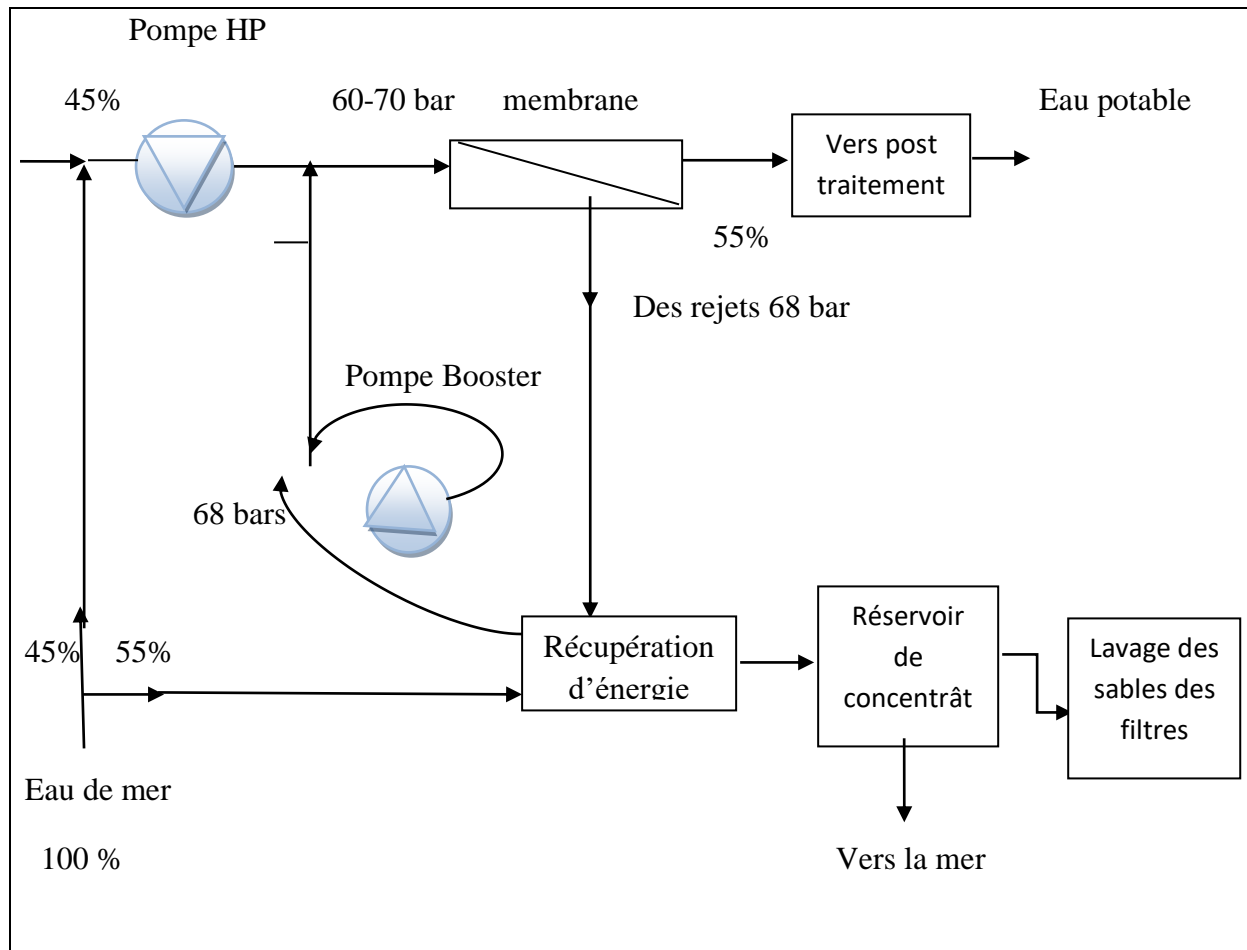
Dans l'étape de traitement d'osmose inverse, l'eau passe à travers des membranes par une forte pression des pompes pour séparer l'eau douce et les sels qui sont déposés et vidés par les tubes.

L'eau passe dans les membranes sous pression de 60 à 68 bars en plus des 2 bars de la pompe Booster, on aura une séparation de 45% d'eau douce et 55% de rejet (saumure).

Le système d'osmose inverse est constitué de 9 072 membranes de type SWC4+ fabriquée en polyamide disposées en parallèle dans 6 filières de production d'une capacité unitaire de 20 000 m³/jour pour une production nette totale de 120 000 m³/jour. Chaque filière est composée de :

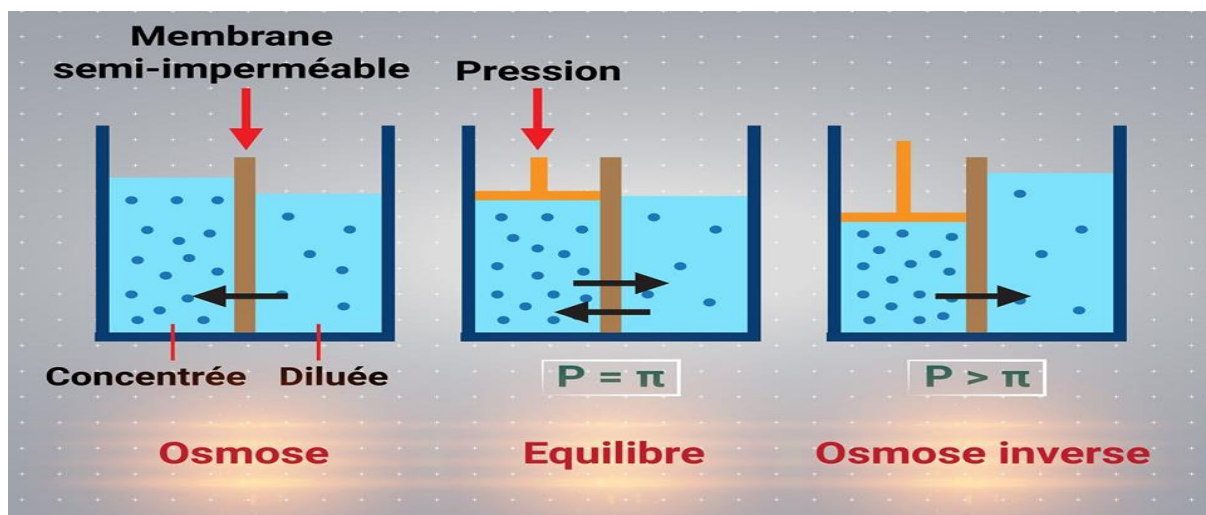
- Une pompe Haute Pression HP.
- Une pompe Booster.
- 216 tubes. [15]

Figure III.10 : Schéma de circuit de l'eau prétraitement dans l'étape de traitement de dessalement.



Source : La station de dessalement de l'eau de mer -Fouka-

Figure III.11 : Schéma de principe de dessalement par osmose inverse.



Source : www.cph-hydro.com

III.6.4. Le post de traitement.

A ce stade, l'eau traitée est soumise à une seconde stérilisation au chlore pour éviter tout risque de prolifération bactérienne dans les réservoirs et les systèmes de distribution. Le lait de chaux préparé dans la station à partir de poudre de chaux et d'eau est ajouté dans des cuves spéciales, après quoi le lait chaux est pompé jusqu'à la chaux saturée pour obtenir de l'eau de chaux. Cette dernière est envoyée vers le mélangeur statique, qui servira à ajuster le PH de l'eau et saturer en calcium.

On passe ensuite à l'étape d'ajout de dioxyde de carbone CO₂, afin d'augmenter la dureté de l'eau. L'eau saturée d'eau de chaux est envoyée au mélangeur de reminéralisation et là le dioxyde de carbone provenant du bâtiment de génération de dioxyde de carbone est injecté avant que l'eau n'atteigne le réservoir d'eau traitée.

Figure III. 12: Le saturateur de chaux



Source : La station de dessalement de l'eau de mer –Fouka-.

III.6.5. La station de pompage d'eau traitée.

Après reminéralisation, l'eau est stockée dans un réservoir d'eau traitée de 3 600 m³, où elle subit une désinfection finale au chlore.

Ensuite, l'eau est refoulée vers le réseau externe par 7 pompes (dont une de secours) de 800 débitant 833 m³/h.

Figure III.13: Station de pompage d'eau traitée.



Source : La station de dessalement de l'eau de mer –Fouka-.

III.7. Le réseau de distribution d'eau potable (traitée).

La station de pompage distribue l'eau potable vers le champ de captage de Koléa et d'Alger par :

- Une conduite de diamètre 900 mm en fonte ductile de longueur 35 km au réservoir Hai Mouaz de $2 \times 15\,000\text{ m}^3$ pour alimenter les localités de l'est de la wilaya de Tipaza.
- Une conduite de diamètre de 900 mm en fonte ductile de longueur 10 km vers le réservoir Sahel de $30\,000\text{ m}^3$ pour alimenter les localités de l'Ouest de la wilaya d'Alger.

Le schéma 03 représente la distribution de l'eau potable vers le champ de captage de Koléa :

III.8. La prise en charge des saumures de dessalement de l'eau de mer de Fouka.

Le traitement des effluents comprennent les eaux suivantes :

- Le concentrât.
- Les eaux de décharge des saturateurs de chaux.
- Les eaux de lavage des filtres.
- Les eaux de lavage ou flushing de l'osmose inverse.

Ces eaux sont acheminées vers le réservoir de traitement (neutralisation) des effluents et de là, vers l'émissaire constitué d'une conduite en polyéthylène 1 400 mm de diamètre. Le point de rejet à 450 m de la coté est équipé d'un diffuseur qui permet une dilution quasi immédiate des eaux de rejet dans l'eau de mer, afin de ne pas perturber les écosystèmes.

III.9. Le système de contrôle et d'analyse de la station de Fouka.

Toutes les procédures sont contrôlées au niveau de la salle de contrôle et laboratoire d'analyse.

III.9.1. La salle de contrôle.

La salle de contrôle contient plusieurs ordinateurs nommés SCADA et caméras qui travaillent sur la maintenance à distance et surveillent tous les mouvements de la station. Elle fonctionne 24 sur 24 heures selon le groupe de travail.

Figure III. 15: Salle de contrôle de la station de dessalement de l'eau de mer -Fouka-.



Source : Myah Tipaza.

III.9.2. Le laboratoire de contrôle de qualité.

Les analyses physico-chimiques effectuées au niveau de laboratoire ou salle d'analyse de la station de dessalement de l'eau de mer de Fouka fonctionne 24/24 pour surveiller la qualité de l'eau de mer ainsi que de l'eau traitée et la saumure. Ce contrôle permettra d'assurer le bon fonctionnement de l'unité ainsi que la distribution de l'eau potable à la population selon les normes de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé).

La station de dessalement de l'eau de mer est dotée de plusieurs sites de prétraitement :

- A l'entrée de la station (eau de mer)
- A la sortie de la station en deux points (eau produite, saumure).

Figure III.16 : Laboratoire de contrôle de qualité.



Source : La station de dessalement de l'eau de mer -Fouka-.

CHAPITRE IV
ZONE D'ETUDE

CHAPITRE IV

ZONE D'ETUDE

IV.1. Résultats d'analyses de contrôle de qualité.

IV.1.1. Eau produite (traitée).

Les résultats d'analyses de qualité d'eau produite (l'eau traitée) sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau IV.1 : Analyse de l'eau traitée de date 08-06-2022.

paramètres	Valeurs d'analyse	Unités	Valeur limite contractuellement avec ADE
pH	08,30		7 à 8,5
Turbidité	0	NTU	< 5
Température	23,00	° C	< 25
Conductivité 25°C	748,00	(μ S/cm)	--
TDS	380,90	Ppm	150 à 500
Chlore libre	0.21	Mg/l	--
Chlore total	--	Mg/l	--
Dureté totale	80,00	Ppm (CaCO ₃)	80 à 150
Alcalinité	76,00	Ppm (CaCO ₃)	> 60
Indice de Langelier	00,16		0 à 0,40
Salinité	00,10	sel	

Source : Station de dessalement de l'eau de mer -Fouka-.

IV.1.2. Eau de mer et saumure (concentrât).

Les résultats d'analyses de saumure sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau IV.2 : Analyses de la saumure de date 08-06-2022.

Paramètres	Valeurs		Unités
	Eau de mer	Saumure	
PH	08,31	08.17	
Température	21,40	26,00	°C
Conductivité	49,80	81,20	(μ S/cm)
Salinité	32,60	57,00	sel

Source : Station de dessalement de l'eau de mer -Fouka-.

IV.2. Discussion des résultats.

IV.2.1. Eau produite.

a) Potentiel d'hydrogène, température et conductivité.

Les valeurs du pH de l'eau produite sont comprises d'une valeur entre 8,30 et 8,46. Ces valeurs sont conformes à la norme algérienne.

La température de l'eau produite est de 23 °C. La norme algérienne indique une valeur maximale de 25 °C, donc ces résultats sont conformes.

Les valeurs de la conductivité sont comprises entre 748 et 770 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ces valeurs sont conformes à la norme algérienne.

b) Solides Totaux Dissous.

Résultats obtenus après l'analyse de l'eau traitée ont montrés que le taux des solides totaux dissous est de 380 ppm. La valeur de TDS se révèle conforme à la norme préconisée par la norme algérienne qui est de 150 à 500 ppm.

c) Turbidité.

La norme algérienne fixe une valeur de 5 NTU, l'échantillon analysé à une valeur nulle, ce qui est dans la norme algérienne.

d) Le chlore libre.

Le chlore l'un des réactifs le plus utilisé lors de la désinfection, le résultat obtenu donne une valeur de 0.21 mg/l, donc cette valeur est dans les normes de potabilité.

e) Dureté totale, calcium et magnésium.

La valeur de la dureté totale de l'eau traitée est de 80 mg/l. Ce résultat est conforme à la norme algérienne pour une valeur limité de 80 à 150 mg/l en CaCO_3 .

Les résultats d'analyse de calcium et de magnésium sont conforme, car la teneur en (Ca^{2+}) et en (Mg^{2+}) liée à la dureté.

f) Alcalinité totale.

L'alcalinité correspond à la présence d'espèces basiques telles que les ions carbonates et les ions bicarbonates. Les résultats montrent une valeur de 76 mg/l en CaCO_3 . Cette valeur est également conforme aux normes algériennes qui limitent le taux d'alcalinité des eaux de consommation à une valeur supérieure à 60 mg/l en CaCO_3 .

g) Indice de Langelier.

Les résultats de calcul de cet indice fluctuent entre 0 et 0,40 ce qui signifie que l'eau produite conforme à la potabilité.

IV.2.2 Eau de mer et Saumure.

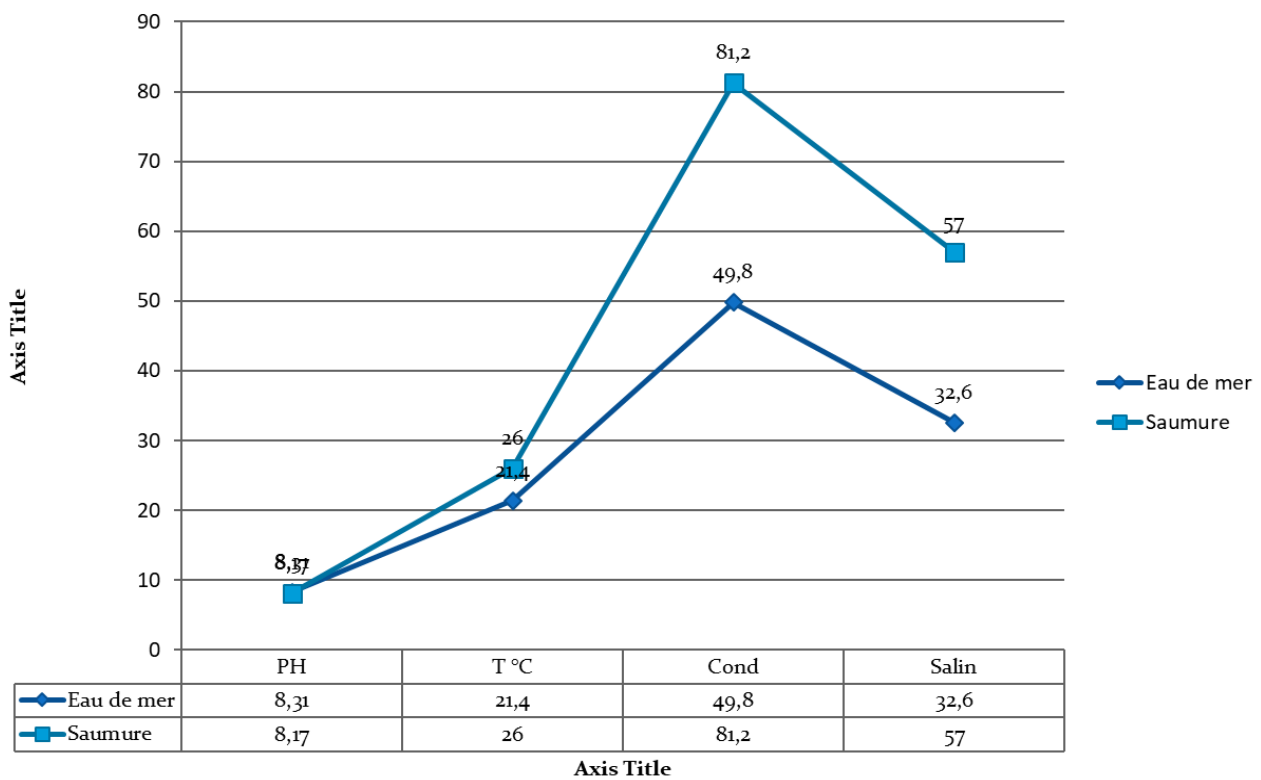
a) Potentiel d'hydrogène, température et conductivité.

Après les résultats d'analyse de pH et la température, on trouve une différence entre les résultats d'eau de mer et la saumure.

Les valeurs de la conductivité de la saumure sont plus élevées que celles de l'eau de mer.

b) Salinité.

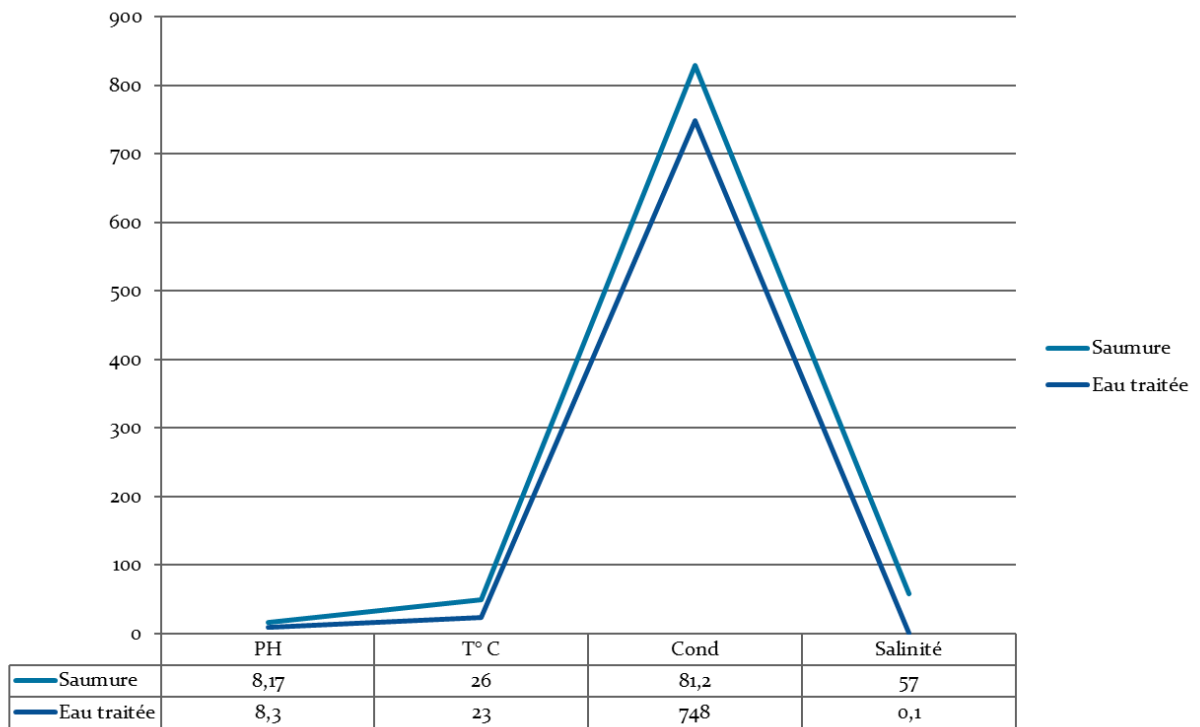
La valeur de salinité de la saumure est plus élevée par rapport à la valeur de l'eau de mer.



Source : Données les résultats d'analyse de laboratoire Myah Tipaza.

Cette courbe nous montre l'évaluation des mesures en fonction des paramètres (PH, température, conductivité et la salinité). Nous voyons qu'il y a une grande différence entre l'eau de mer et la saumure.

Grphe 2 : Courbe représentative de la différence entre l'eau traitée et la saumure pour les paramètres suivant (PH, Température, Cond, Salinité).



CONCLUSION

CONCLUSION

Le dessalement de l'eau de mer est un enjeu particulièrement important pour l'avenir des régions sujettes aux pénuries d'eau. C'est une méthode d'avenir pour résoudre une bonne partie du problème de manque d'eau potable.

Cette méthode permet une utilisation et une gestion économe des ressources en eau et la mise en œuvre de moyens appropriés pour faciliter l'accès à l'eau potable.

Grâce à ce travail, on a pu connaître et découvrir le domaine de traitement des eaux de mer dans la station de dessalement de Myah Tipaza (Fouka), qui emploie l'osmose inverse comme procédé de dessalement.

Le suivi de traitement, nous a permis de mettre le point sur toutes les étapes de dessalement de l'eau de mer et les méthodes de contrôle appliquées sur l'eau brute et l'eau produite. Par ailleurs nous avons pu mesurer l'importance des résidus produits tout au long du processus de dessalement à l'amont comme en aval.

A la lumière des résultats obtenus, les valeurs acquises lors de différentes analyses de qualité par la station de dessalement de Fouka, on note une eau qui répond aux critères de potabilité selon les normes algériennes.

REFERANCE BIBLIOGRAPHIQUES

REFERANCES BIBLIOGRAPHIQUES

Référence :

[1]. TOUNSI. F.Z 2014 ; « Etude expérimentale sur les différents procédés d'analyses de l'eau de mer de Souk Tlata » Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master en Hydraulique, Université de Tlemcen.

[8]. Mohamed F.HAMOUDA. Desalination and water resource management in Kuwait.

[10]. AMITOCHE Mourad 2016 ; « Impacts des rejets des stations de dessalement sur le milieu récepteur » Thèse en vue de l'obtenir du diplôme Doctorat en sciences hydraulique, Université de Biskra.

[11]. ZIZI Nabila ; « Station de dessalement de l'eau de mer en Algérie : choix des sites prioritaires, les techniques utilisées et leurs impacts positifs et négatifs sur leur environnement immédiat » Mémoire présentée pour l'obtention du diplôme de Magister.

[16]. Boualem REMINI, Livre de la problématique de l'eau en Algérie.

[19]. NOUREDDINE Nora, le 06/01/2008 « Etude d'impact des rejets des eaux de la station de déminéralisation de Brédéah sur l'environnement ». Université d'Oran

[20]. ELOUAHED Maissa, 2019/2020 « Description du procédé de dessalement de la station de Fouka et suivi du contrôle de qualité », Mémoire de fin d'étude de l'Université de Bouira.

[21]. GUIMARD Loura le 07/03/2019, Mémoire de l'Université Claude Bernard Lyon 1 « Etude du comportement et modélisation d'une installation de dessalement d'eau de mer par distillation soumise à des régimes transitoires ».

Web graphe :

[2]. www.lementmaroc.weebly.com ARISTOTE; Flash-Back sur l'histoire de dessalement,

[3]. <https://eduterre.ens-lyon.fr> .

[4]. <https://www.latribune.fr>. « Industrie »

[5]. YONA AMATI ; Professeur de l'Université Bar-Ilan, Politique de confidentialité. www.diplomatie.gouv.fr.

[6]. www.la-croix.com .JEAN-CLAUDE BOURBON, à Oman 2018 ; Le Moyen-Orient, fer de lance du dessalement de l'eau.

[7]. <https://dessaleaumer.weebly.com>.

[9]. www.fr.m.wikipedia.org. Suez surfe sur la vague du dessalement de l'eau de mer au Moyen-Orient [archive], les échos.

- [12]. www.fr.m.wikipedia.org. Liste des stations de dessalement.
- [13]. <https://culturescience.chimie.ens.fr>. (Le dessalement de l'eau de mer).
- [14]. <https://ar.m.wikipedia.org>.
- [15]. <https://www.techno-sciebce.net>.
- [17]. <https://fr.wikipedia.org>.
- [18]. <https://hmf.enseiht.fr>
- [22]. <https://estherhendriks.nl>.
- [23]. <https://www.1h2.03com>.

