



Université Abderrahmane Mira-Bejaia

Faculté de Technologie

Département des Mines et géologie

Memoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Mines
Option : Valorisation des Ressources Minérales

Présenté par

M^{elle} BOUCHAKOUR Nesrine

M^{elle} SADOK Amina

Thème

***Impact environnemental de la station de
dessalement de l'eau de mer
de Ténès (wilaya de Chlef)***

Soutenue le 21 /06/2017 devant le jury composé de :

- Président : M^r AYADEN. B M.A.A. (Université de Béjaia)
- Promotrice : M^{me} BOUNAB. S M.A.A. (Université de Béjaia)
- Examinatrice : M^{me} BOUZIDI. N M.C.A (Université de Béjaia)

Année Universitaire: 2016-2017

Remerciement

Nous tenons avant tout à remercier le bon Dieu pour la volonté et la force qu'il nous offerts pour que nous puissions réussir notre travail.

Nos remerciements vont à tous ceux qu'ont contribués de près ou de loin à la réalisation de ce travail en particulier :

M^{me} BOUNAB pour avoir acceptée de nous encadrer et de nous diriger, qu'elle trouve ici et l'expression de nos profondes gratitudes ;

Membre de jury d'avoir acceptés d'évaluer notre travail; le président M^r I. AYADEN ainsi que l'examinatrice M^{me} N. BOUZIDI.

A tous ce qui nous a suivis durant notre période de stage en particulier : m^{elle} BOUZEKRI Abir, M^r OUDANE Mustapha, M^r BENALI Ali ainsi que M^r ALIMRINA Saïd pour leur modestie, leur aide et leur disponibilité ;

Au enseignants et étudiants de département Mines et Géologie.

MERCI

Dédicaces

Le grand merci pour le Dieu

Ma chère maman, qui n'a pas cessée de m'encourager et prier pour moi et qui représente pour moi la source de l'amour et la tendresse.

Mon cher papa, qui a toujours cru en moi et mis tous ces efforts pour mon éducation et mon bien être et ma réussite ;

A mon cher frère Salim, et ma grande sœur Nadia et ma petite Samira ;

A mon binômes : Amina ;

A mes proches ami (es) : mhamed, Abdelkader, miloud , Soumia et Souad ;

A toutes les familles Sellaoui et Bouchakour.

Et pour toute la promotion master 2017

« Que Dieu vous protège »

BOUCHAKOUR Nesrine

Dédicaces

Le grand merci pour le Dieu

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents pour leurs sacrifices et à qui je ne serai jamais assez reconnaissant. Que Dieu leur procure santé et bonheur ;

A mes chères sœurs : Siham, Kheira, Halima et Chaïmaa pour leur encouragement et leur soutien moral tout long de ces années d'études ;

A mes chers frères : Maamar et Mohamed ;

A mon binôme : Nesrine ;

A toutes mes proches amies ;

A tous les membres de ma famille, petits et grands ;

Et a toute la promotion master 2017.

« Que Dieu vous protège »

SADOK Amina

Tables des matières

Remerciement

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des annexes

Liste des abréviations

Problématique

Introduction générale

CHAPITRE I: Généralité sur le dessalement de l'eau de mer et son effet sur l'environnement

I.1 Introduction.....	1
I.2 Définition de dessalement.....	1
I.3 Les principes de dessalement.....	1
I.3.1 Captation de l'eau de mer.....	1
I.3.2 Prétraitement.....	1
I.3.2.1 Coagulation –floculation.....	1
I.3.2.2 Filtration.....	2
I.3.2.3 Le traitement chimique.....	2
I.3.2.4 La filtration de sécurité ou microfiltration.....	3
I.4 Les procédés de dessalement.....	3
I.4.1 Procédés de distillation	3
I.4.1.1 Distillation à simple effet.....	3
I.4.1.2 Distillation multi-flush.....	3
I.4.1.3 Distillation à multiples effets.....	4
I.4.1.4 Distillation couplée à l'énergie nucléaire.....	4
I.4.2 Procédés membranaires.....	4
I.4.2.1 L'osmose inverse.....	4
I.4.2.2 Electrodialyse.....	6
I.5 Les problèmes techniques rencontrés en dessalement.....	7
I.5.1 Entartrage.....	7
I.5.2 Le colmatage.....	7
I.5.3 La corrosion.....	7

I.6 Le dessalement en Algérie.....	8
I.7 Les avantages et les inconvénients de dessalement de l'eau de mer en algérie.....	9
I.8 Les différents impacts de dessalement de l'eau de mer sur l'environnement.....	10
I.8.1 Effets dus au prélèvement d'eau de mer.....	10
I.8.2 L'influence de l'énergie dégagée par la station de dessalement sur la qualité de l'air..	11
I.8.3 Effets des produits chimiques.....	12
I.8.3.1 Effets dus à la présence des métaux lourds dans le rejet.....	12
I.8.3.2 Effets dus aux additifs d'Antitartre.....	13
I.8.3.3 Effets dus aux additifs antisalissure.....	13
I.8.4 Rejet de saumure.....	13
I.8.5 Impact de bruit.....	15
I.9 Impacts environnementaux de la station de dessalement de Ténès.....	16
I.9.1 Phase de construction.....	16
I.9.1.1 Environnement marin.....	16
I.9.1.2 Impact sur la faune pélagique.....	17
I.9.1.3 Impact potentiel sur les mammifères marins.....	17
I.9.1.4 Impact sur les sols et la topographie.....	18
I.9.1.5 Impact paysager.....	18
I.9.1.6 Emissions de poussière.....	18
I.9.1.7 Impact sur l'écologie terrestre.....	19
I.9.2 Phase d'exploitation.....	19
I.9.2.1 Impact sur la flore marine provoqués par le rejet de saumure et de nettoyage des filtres et membranes.....	19
I.9.2.2 Impacts sur la faune marine provoqué par le rejet de saumure et nettoyage des filtres et membranes.....	20
I.9.2.3 Pour les autres espèces.....	20
I.9.2.4 Impact sur la qualité de l'eau.....	22
I.9.3 Mesures d'atténuation des impacts.....	22
I.9.3.1 Gestion des eaux de saumure... ..	22
I.9.3.2 Gestion des matières dangereuses.....	23
I.9.3.3 Gestion des nuisances.....	24
I.10. Conclusion.....	24

CHAPITRE II : Propriétés physico-chimiques de l'eau de mer et de l'eau potable

II.1 Introduction.....	25
II.2 Définition de l'eau.....	25
II. 3 Définition de l'eau de mer.....	25
II.4 Composition chimique de l'eau de mer.....	25
II.5 Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau de mer.....	27
II.5.1 Caractéristiques chimiques.....	27
II.5.1.1 La salinité.....	27
II.5.1.2 L'alcalinité.....	27
II.5.2 Caractéristiques physiques.....	28
II.5.2.1 La température (T C°).....	28
II.5.2.2 La masse volumique.....	28
II.5.2.3 Le pH.....	28
II.5.2.4 La viscosité des eaux de mer.....	29
II. 6 Paramètres de l'eau potable.....	30
II.6.1 Paramètres physico-chimiques.....	30
II.6.1.1 Température.....	30
II.6.1.2 pH.....	30
II.6.1.3 La conductivité électrique.....	30
II.6.1.4 La dureté totale.....	30
II.6.2 Paramètres organoleptiques.....	31
II.6.2.1 La couleur.....	31
II.6.2.2 Gout et odeur.....	31
II.6.2.3 Turbidité.....	31
II.6.3 Paramètres microbiologiques.....	31
II.7 Conclusion.....	32

CHAPITRE III : Etude d'un cas (Station de dessalement de Ténès)

III.1 Cadre d'étude.....	33
III.1.1 Introduction	33
III.1.2 Présentation de la commune de Ténès.....	33
III.1.2.1 Situation géographique de Ténès.....	33
III.1.2.2 Cadre climatique.....	33

III.1.2.3 Population	34
III.1.3 Situation géographique et la topographie de la station de dessalement.....	34
III.1.4 Présentation de l'unité de dessalement de l'eau de mer (Ténès).....	35
III.2 Processus de dessalement appliqués dans la station de Ténès.....	37
III.2.1 La captation de l'eau de mer.....	37
III.2.2 Le prétraitement.....	37
III.2.2.1 Prétraitement chimique	38
III.2.2.2 Prétraitement physique.....	39
III.2.2.3 Post-traitement.....	42
III.3 Matériels et méthodes.....	42
III.3.1 Prélèvement.....	42
III.3.2 Méthodes analytiques.....	43
III.3.2.1 Analyses physiques.....	43
III.3.2.2 Analyses chimiques.....	45
III.4 Interprétations et discussion des résultats.....	50
III.4.1 Résultats d'analyses.....	51
III.4.2 Interprétation des résultats.....	53
III.4.2.1 L'eau produite.....	53
III.4.2.2 La saumure et l'eau de mer.....	58
III.5 Conclusion	62

Conclusion générale

Annexes

Références bibliographiques

Liste des abréviations

Al : Alcalinité

dB : Décibels (unité de mesure le bruit)

EB : Eau Brute

ED: Electro dialyse

EDTA: Ethyle Diamine Tétra Acitique

ER : Eau Rejetée

ERI : Energy Recovery INC

Hab : Habitant

MSF: Multi Stage Flash

mm/an : Millimeter par an

m/s: Millimeter par second

m³/j : Mètre cube par jour

m/h : Mètre par heure

N : Normalité

NTU: Unité Néphrélométrique de Turbidité

OI: Osmose Inverse

OMS: Organisation Mondiale de la Santé

ONM : Office National de Météorologique

pH : Potentiel d'Hydrogène

ppm : Partie par million

km² : Kilomètre au carré

RN : La Route Nationale

S: Salinité

T : Température

TDS: Solides Totaux Dissous

TH : Titre Hydrométrique (la dureté totale)

TSS : Total des matières solides en suspension

Turb : Turbidité

UCV : Unité de couleur vraie

ups : Unité pratique de salinité

Liste des annexes :

Annexe A : Valeurs limites des paramètres de qualité de l'eau de consommation humaines.

Annexe B : Les valeurs limites des paramètres organoleptiques et physico-chimique de l'eau de consommation.

Annexe C : Valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels(2006).

Annexe D : Valeurs limites des paramètres des rejets atmosphériques.

Annexe E : Les valeurs limites des paramètres physico-chimiques des rejets d'effluents(2013).

Annexe F : Résultats d'analyse physico-chimiques de l'eau produite de la station de Ténès (Mars 2017).

Liste des figures

Figure I.1 : Coagulation floculation.....	02
Figure I.2 : Le principe de distillation.....	03
Figure I.3 : Structure d'une membrane et son principe.....	05
Figure I.4 : Principe des phénomènes d'osmose et d'osmose inverse.....	05
Figure I.5 : Le fonctionnement du procédé d'électrodialyse.....	06
Figure I.6 : Les différentes stations de dessalement en Algérie.....	09
Figure I.7 : Etat initial pas de rejet de saumure.....	14
Figure I.8 : Etat du milieu après implantation de l'usine de dessalement (rejet de saumure)..	15
Figure I.9 : Image de Cymodoce nodosité.....	20
Figure I.10 : Image de Posidonie océanique.....	20
Figure I.11 : Image d'échinodermes marins.....	21
Figure I.12 : Image des mysidacés.....	21
Figure II.1 : Principaux composants de l'eau de mer.....	27
Figure III.1 : Vue générale sur la station de Ténès.....	35
Figure III.2 : Les entreprises qui gèrent la station de dessalement (Ténès).....	35
Figure III.3 : Tuyaux de captage de l'eau de mer.....	37
Figure III.4 : Filtres à sables	39
Figure III.5 : Filtres à cartouches	40
Figure III.6 : Un rack dans le système d'OI dans la station de Ténès.....	41
Figure III.7 : Système de récupération d'énergie.....	41
Figure III.8 : Le point de prélèvement de l'eau mer	42
Figure III.9 : Le point de prélèvement de l'eau produite	43
Figure III.10 : Point de prélèvement de l'eau rejetée (saumure).....	43
Figure III.11 : Appareil multi-paramètre.....	44
Figure III.12 : Turbidimètre	44
Figure III.13 : Spectrophotomètre pour la mesure de sulfate (a) et TSS (b)	46
Figure III.14 : Appareil de mesure de chlore libre	50
Figure III.15 : Comparaison du pH de l'eau produite avec la norme algérienne.....	53
Figure III.16 : Comparaison de la température de l'eau produite avec la norme algérienne...	53
Figure III.17 : Comparaison de la conductivité électrique de l'eau produite avec la norme algérienne.....	54

Figure III.18: Comparaison du Total des solides dissous de l'eau produite avec la norme algérienne	54
Figure III.19: Comparaison de la turbidité de l'eau produite avec la norme algérienne.....	55
Figure III.20: Comparaison de la dureté totale de l'eau produite avec la norme algérienne..	55
Figure III.21: Comparaison du calcium dans l'eau produite avec la norme algérienne	56
Figure III.22: Comparaison du magnésium dans l'eau produite avec la norme algérienne ...	56
Figure III.23: Comparaison de l'alcalinité de l'eau produite avec la norme algérienne	57
Figure III.24: Comparaison du chlore libre dans l'eau produite avec la norme algérienne ..	57
Figure III.25: Comparaison du Bore dans l'eau produite avec la norme algérienne.....	58
Figure III.26: Comparaison de l'indice de Langelier de l'eau produite avec la norme algérienne	58
Figure III.27: Comparaison du pH de l'eau brute avec de l'eau de saumure.....	59
Figure III.28: Comparaison de la température de l'eau brute avec de l'eau de saumure.....	59
Figure III.29: Comparaison de la conductivité électrique de l'eau brute avec de l'eau de saumure.....	60
Figure III.30: Comparaison du TDS de l'eau brute et avec de l'eau de saumure.....	60
Figure III.31: Comparaison de la salinité de l'eau brute avec de l'eau de saumure.....	61
Figure III.32: Comparaison du chlorure de l'eau brute avec de l'eau de saumure.....	61
Figure III.33 : Comparaison des sulfates de l'eau brute avec de l'eau de saumure.....	62

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Impact potentiels pendant la construction de l'usine de dessalement de Ténès.	16
Tableau II.1 : Principaux sels dissous pour une eau de mer de la salinité 35 g/l.....	26
Tableau II.2 : Viscosité relative η / η_0 de l'eau de mer en fonction de la température et de la salinité.....	29
Tableau II.3 : Les normes de potabilité de l'OMS.....	32
Tableau III.1: Evolution de population dans la commune de Ténès.....	34
Tableau III.2 : La quantité distribuée par la station de dessalement de l'eau de mer de Ténès.....	36
Tableau III.3 : Fourchette d'équilibre de l'indice de langelier.....	45
Tableau III.4 : Tableau de conversion de Bore.....	49
Tableau III.5 : Les résultats d'analyses de l'eau de mer (brute) (EB) et l'eau de rejet (ER).....	51
Tableau III.6 : Les résultats d'analyses de l'eau produite.....	52

Introduction générale

La terre est souvent appelée la planète bleue parce que l'eau recouvre la majorité de la surface de la terre ; environ 71%, de plus le volume d'eau sur terre est estimé à environ 1,4 milliard de km³. [1]

L'eau douce est un élément essentiel dans notre vie quotidienne. Sa disponibilité dans le monde diminue sous l'effet de la croissance démographique et du changement climatique. Pour satisfaire la demande en eau douce et recouvrir les besoins en eau potable dans des régions où les réserves sont insuffisantes, plusieurs pays ont fait appel au dessalement de l'eau de mer ; qui est une technique de séparer l'eau de mer et les sels.

L'Algérie parmi les pays qui utilise la technique de dessalement des eaux de mer, elle a développé un programme ambitieux dans ce domaine en mettant en place, en premier lieu, 23 stations « Monobloc », réparties sur un littoral qui s'étale sur plus de 1200 Km de long. Suite à cette expérience, 14 grandes stations avec une capacité totale de 1.940.000 m³/j ont été réalisées entre 2003 et 2011. Notons que la plus grande station a été mise en service en Avril 2015 avec une capacité de 500.000 m³/j, il s'agit de la station de Magtaâ (wilaya d'Oran). Selon les experts, la production d'eau par dessalement de l'eau de mer en Algérie, passe de 500.000 m³/j en 2008, 1.1 million m³/j en 2009 et 2.26 million m³/j en 2011 à 2.580.000 en 2020. [1]

Le dessalement se représente une solution efficace face au sérieux problème de pénurie d'eau, mais, cette solution représente une menace potentielle pour l'environnement à cause de la composition des rejets qui modifient les paramètres de la mer, qui influe également négativement sur la faune et la flore. Il est grand temps d'alerter l'opinion publique sur cette autre catastrophe qui risque d'hypothéquer durablement le développement national.

Plusieurs méthodes physiques permettent l'obtention de l'eau douce à partir de l'eau de mer. Celles qui ont eu un grand succès à nos jours sont la distillation et l'osmose inverse. Ces deux techniques sont implémentées à l'échelle industrielle pour des grandes capacités de production et ont connu des développements technologiques considérables afin de les rendre plus compétitifs.

L'objectif de ce travail est d'étudier les impacts de la station de dessalement de Ténès (Wilaya de Chlef) sur l'environnement.

Le travail se divise en quatre (4) chapitres :

Introduction générale

- **Chapitre I** : Généralité sur le dessalement et ses effets sur l'environnement.

Cette partie explique les principales technologies et les installations des procédés de dessalement, et ses effets conséquents de rejets de saumure sur le milieu marin, la faune et la flore aquatique.

➤ **Chapitre II :** Propriétés physico-chimiques de l'eau de mer et de l'eau potable.

Elle résume la composition et les différents paramètres pour l'eau de mer ainsi que pour l'eau potable et leur conformité aux normes d'OMS.

➤ **Chapitre III :** Etude d'un cas (Station de dessalement de Ténès)

Ce chapitre débute par la description générale de la station de Ténès (wilaya de Chlef); elle se poursuit par les principales techniques de dessalement, les prélèvements, les modes appliqués pour les analyses, et finalement l'interprétation et la discussion sur les résultats obtenus.

➤ **Chapitre IV :** Les impacts environnementaux de la station de dessalement de Ténès.

Cette partie traite les impacts de la station de dessalement de Ténès sur l'environnement et les habitants, et les recommandations qu'il faut appliqués pour diminuer les effets d'impact sur l'environnement.

Conclusion générale et recommandations.

Chapitre I : Généralités sur le dessalement de l'eau de mer et son effet sur l'environnement

I.1 Introduction

L'augmentation de la population amène de nombreuses régions du monde à se trouver en manque d'eau ; pour cela de nombreuses solutions ont été envisagées pour pallier ce problème, y compris le dessalement de l'eau de mer [1] qui contient plusieurs méthodes physiques permettant l'obtention de l'eau douce à partir l'eau de mer [2], et qui est au même temps un danger sur l'environnement.

I.2 Définition de dessalement

Le dessalement s'appelle dessalage ou désalinisation. Il consiste à séparer l'eau et les sels à partir d'une eau brute, qui peut être de l'eau de mer ou une eau saumâtre d'origine continentale. [3]

I.3 Les principes de dessalement

I.3.1 Captation de l'eau de mer

La captation de l'eau de mer consiste à pomper l'eau de mer vers la station de dessalement, cette eau doit être bonne du point de vue matières en suspension. Ils sont utilisés dans cette étape deux types de technologies :

- Les forages côtiers : soit verticaux soit sous forme des galeries horizontales permettant d'obtenir une eau de très bonne qualité et relativement stables ;
- La prise d'eau de surface : peut être faite en pleine mer. Dans le cas idéal, le captage doit être effectué en zone profonde, éloigné de la côte, protégé des pollutions et des forts courants. [4]

I.3.2 Prétraitement

I.3.2.1 Coagulation -floculation

L'opérateur de coagulation-floculation a pour but la croissance des particules (qui sont essentiellement de floccs colloïdaux) par déstabilisation des particules en suspension puis formation de floccs par agrégation. [5]

Les floccs ainsi formés seront décantés et filtrés par la suite.

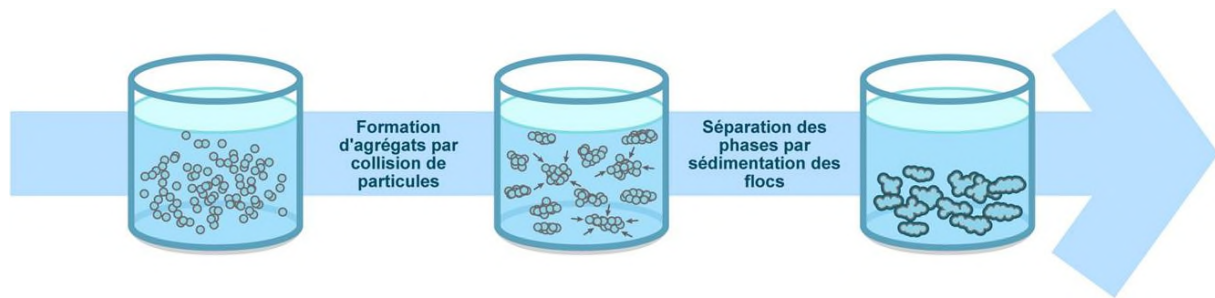


Figure I.1: Coagulation floculation. [5]

- **Coagulation :** la charge électrique et la couche d'eau qui entourent les particules hydrophiles tendent à éloigner les particules les unes des autres et, par conséquent, à les stabiliser dans la solution.

Le but principal de la coagulation est de déstabiliser ces particules pour favoriser leur agglomération. [6]

Les coagulants sont des produits capables de neutraliser les charges des colloïdes présents dans l'eau. [7]

- **Floculation :** la floculation est le processus physico-chimique au cours duquel des matières en suspension dans un liquide s'agglomèrent pour former des particules plus grosses, généralement très poreuses, nommées floccs. Les floccs sédimentent généralement beaucoup plus rapidement que les particules primaires dont ils sont formés. La floculation peut avoir lieu naturellement ou peut être accélérée par l'ajout d'un floculant. [5]

I.3.2.2 La filtration

Dans le cas de la filtration sur sable, la séparation s'effectue le long d'un milieu poreux (le sable), plus ou moins tortueux, qui se colmatara en profondeur au fur et à mesure de l'accumulation des particules en suspension lors du passage du fluide. Plusieurs autres types de filtres reposent sur ce principe (filtre à cartouche, filtre à disque,...). Un milieu poreux représente un ensemble de grains ou d'agrégats autour desquels des espaces vides appelés pores, sont interconnectés ou non. Le matériau doit être perméable à un écoulement de fluide. [8]

I.3.2.3 Le traitement chimique

Après la filtration à sable, des équipements de dosage font partie de prétraitement chimique appliqué à l'eau de mer avant l'entrée dans les membranes (acidification, addition de bisulfite de sodium et dosage d'anti-incrustant. [9]

I.3.2.4 La filtration de sécurité ou microfiltration

Pour but de retenir les particules de quelques microns non retenues par filtre sur sable.[10]La microfiltration est assurée par l'utilisation d'un filtre à cartouche type bobiné dont le nombre de cartouches est de 35. Entre le collecteur d'entrée et de sortie, il y'a un manomètre différentiel muni de contact électrique pour alarme, qui indiquera quand il sera nécessaire de remplacer les cartouches filtrantes. [9]

I.4 Les procédés de dessalement

I.4.1 Procédés de distillation

La distillation occupe aujourd'hui environ 60% du marché mondial du dessalement. Elle est la plus vieille et la plus rustique des techniques de dessalement. [11]

I.4.1.1 Distillation à simple effet

Elle reproduit en milieu industriel le processus naturel de dessalement. Et s'agit de chauffer l'eau de mer pour en vaporiser une partie. La vapeur ainsi produite ne contient des sels, et suffit alors de refaire passer cette vapeur à l'état liquide en la refroidissant pour obtenir de l'eau potable. [11]

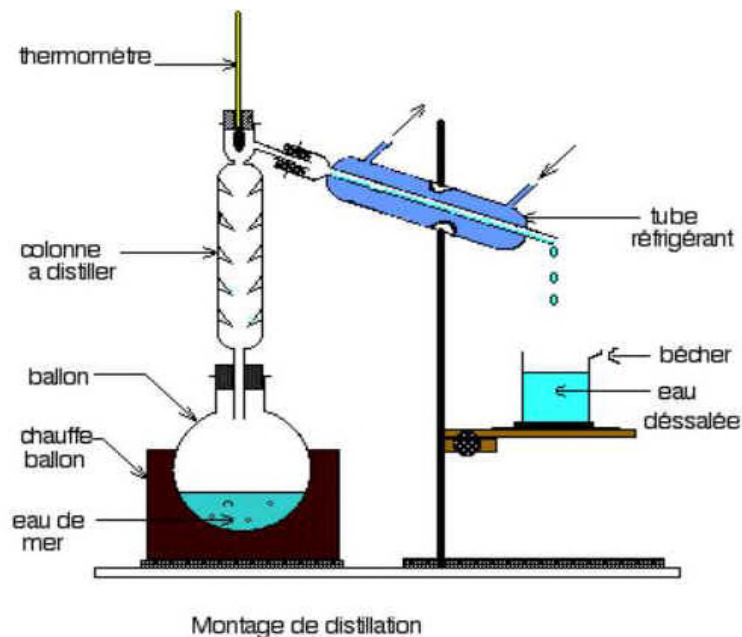


Figure I.2 : Le principe de distillation. [11]

L'inconvénient majeur de ce procédé est leur consommation énergétique importante liée à la chaleur latente de vaporisation de l'eau.

I.4.1.2 Distillation multi-flash

L'intérêt du multi-flash réside dans son faible cout énergétique. En effet, plus la pression est basse, plus la température à laquelle l'eau passe à l'état gazeux est faible. Pour ce

procédé, l'eau de mer est envoyée dans des conduits au bout desquels elle est chauffée à 120 °C, puis elle est ensuite introduite dans un compartiment où règne une pression réduite (sa température d'ébullition est donc plus basse). [11]

L'eau est alors instantanément transformée en vapeur par détente appelée Flash. La vapeur ainsi créée va monter au contact des premiers conduits dans lesquels passent l'eau de mer. Les conduits sont assez froids ce qui provoque la condensation de cette vapeur qui est alors récupérée à l'état liquide. Pour l'eau qui ne s'est pas évaporée dans ce compartiment, elle est récupérée puis transférée dans un deuxième compartiment du même type mais avec une pression atmosphérique encore plus basse. Et ainsi l'opération est répétée plusieurs fois à la suite (d'où le nom de multi-flash). Il existe des usines de dessalement dans lesquelles l'opération se répète dans 40 compartiments. [11]

I.4.1.3 Distillation à multiples effets

La distillation à effets multiples est moins courante car elle ne permet pas de produire de grandes quantités d'eau douce et son installation est délicate et coûteuse. Mais cette technique permet des économies de l'ordre de 15% à 20% par rapport au multi-flash. Le principe simple consiste en une association en série de modules évaporateur/condensateur dont la disposition permet de limiter les pertes thermiques et assurer une grande faisabilité technique. De plus, ce procédé permet d'optimiser la récupération de la chaleur latente de condensation de l'eau. [11]

I.4.1.4 Distillation couplée à l'énergie nucléaire

L'énergie nucléaire devrait pouvoir émerger, dans un avenir proche, comme une importante source de puissance pour le dessalement. Des programmes de développement de réacteurs nucléaires dédiés au dessalement sont actuellement en cours. Les filières les plus évidentes sont celles qui ont été conçues pour la production de chaleur pour le chauffage urbain (notamment en Russie). [11]

I.4.2 Procédés membranaires

Les membranes ont les capacités de différencier et séparer sélectivement les sels et l'eau. En utilisant ces capacités mais différemment dans chaque cas, deux procédés de dessalement à membrane ont été développés et sont actuellement disponibles au marché ; l'électrodialyse(ED) et l'osmose inverse(OI). [12]

I.4.2.1 L'osmose inverse

Est un procédé de séparation de l'eau et des sels dissous au moyen de membranes semi-perméables sous l'action de la pression (54 à 80 bar pour le traitement de l'eau de mer).

Ce procédé fonctionne à température ambiante et n'implique pas de changement de phases. [11]

Les membranes polymères utilisées laissent passer les molécules d'eau et ne laisse pas passer les particules, les sels dissous et les molécules organiques de 10^{-7} mm de tailles.

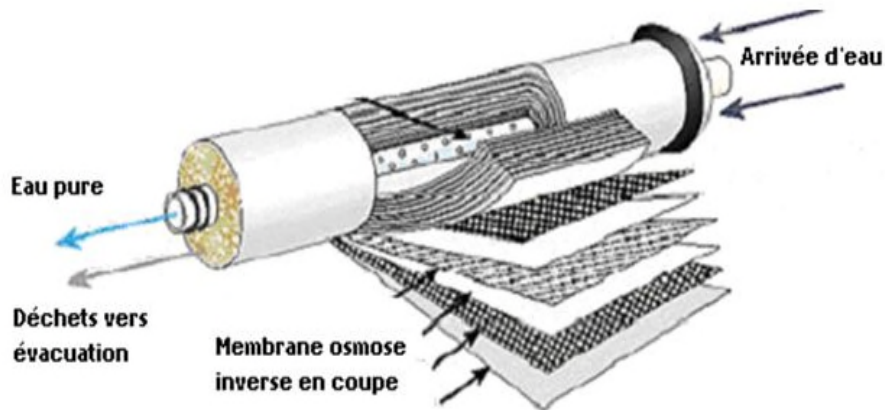


Figure I.3 : Structure d'une membrane et son principe [11]

La teneur en sel de l'eau osmosée est de l'ordre de 0,5g/L. [11]

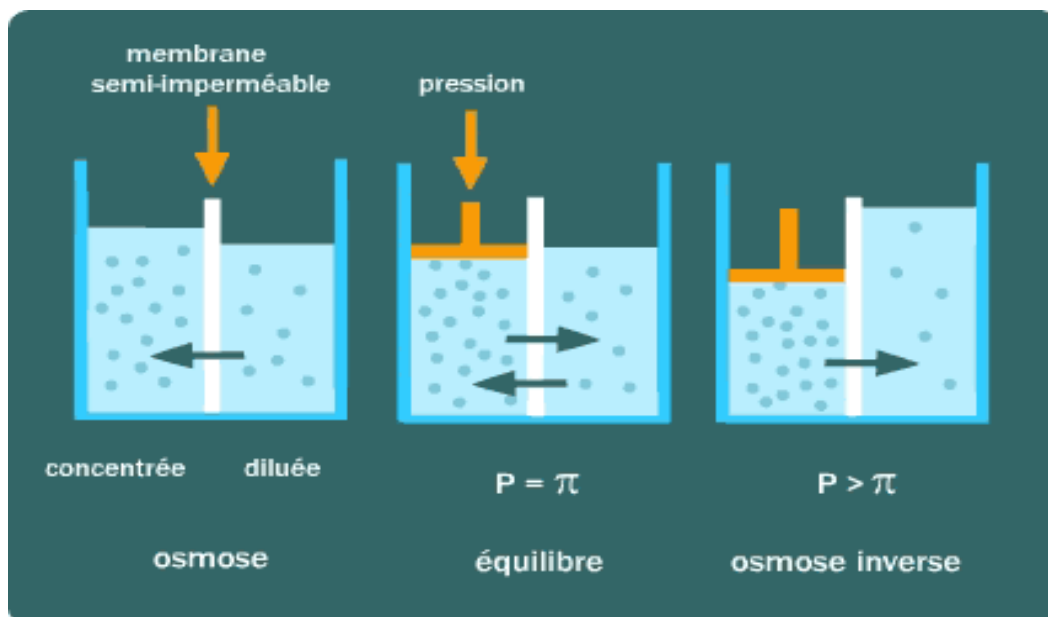


Figure I.4: Principe des phénomènes d'osmose et d'osmose inverse. [11]

I.4.2.2 Electrodialyse

L'électrodialyse est un procédé de nature électrochimique. Il permet d'extraire en partie ou en totalité des ions contenues dans une solution en conservant des substances pas ou très peu ionisées.[13]

Un électro-dialyseur fonctionne de la manière suivante : deux compartiments 1 et 2 sont séparés par des membranes alternativement anioniques et cationiques. Comme leur nom l'indique sous l'action d'un champ électrique, les premières ne se laissent franchir que par des anions, les secondes par les cations.[13]

Les cations migrent dans le sens du courant électrique. Ils peuvent sortir du compartiment en traversant la membrane cationique, mais ils ne peuvent pas sortir du compartiment 2, car ils trouvent sur leur chemin une membrane anionique.

Les anions migrent dans le sens inverse du courant électrique. Ils peuvent eux aussi sortir du compartiment en traversant la membrane anionique, mais ils ne peuvent pas sortir du compartiment 2 car la membrane cationique les en empêche. [13]

En conséquence, le compartiment s'appauvrit en sels dissous : on l'appelle compartiment de dilution. Le compartiment 2 s'enrichit en sels dissout : on l'appelle compartiment de concentration. [13]

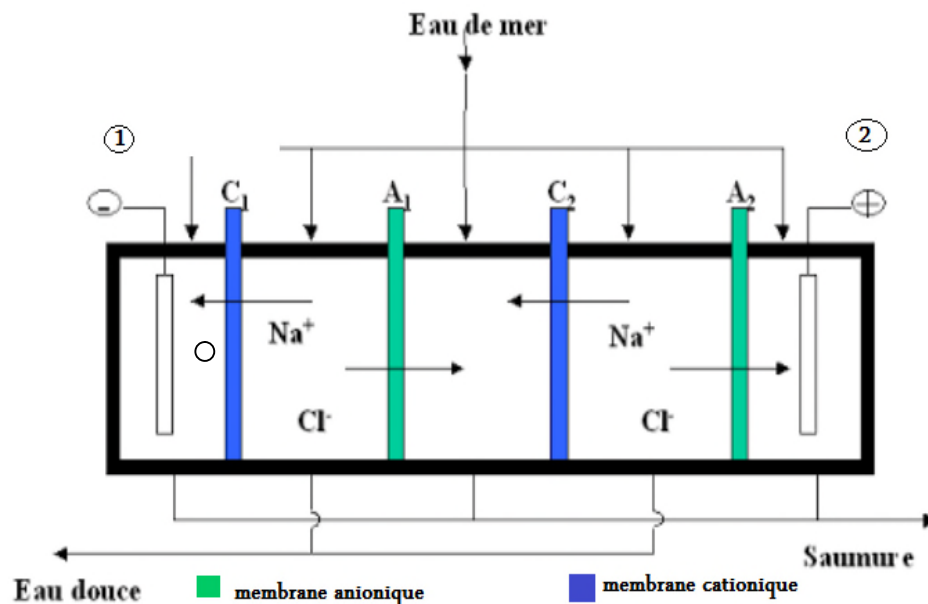


Figure I.5 : Le fonctionnement du procédé d'électrodialyse. [13]

I.5 Les problèmes techniques rencontrés en dessalement

I.5.1 Entartrage

L'entartrage est un dépôt de sels minéraux qui a tendance à se former sur les surfaces d'échanges. A cause des ions présents dans les eaux salines (calcium, magnésium, bicarbonates et sulfate).

Ces dépôts sont constitués principalement par de carbonate de calcium (CaCO_3) ; de l'hydroxyde de magnésium ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) et de sulfate de calcium (CaSO_4)....etc. [14]

Par la diversité de leurs origines, les dépôts de tartre ont des conséquences considérables sur le fonctionnement des installations de dessalement :[14]

- Réduction de la section de passage ;
- Dégradation des états de surface ;
- Par leur très forte adhérence, les tartres mènent à une constance de débit ;
- Augmentation des pertes de charge pour un débit constant ;
- Obturation des conduites du fait de la diminution de son diamètre par les dépôts de tartre.

I.5.2 Le colmatage

Les eaux brutes naturelles peuvent également contenir des substances organiques, des microorganismes. En osmose inverse ces organismes qui sont retenus par les membranes peuvent les encrasser et trouver des conditions favorables à leur développement. Elles forment alors un bio film qui peut conduire au colmatage des membranes. Ce phénomène a des conséquences directes sur la capacité de production des installations et le coût du processus.[14]

Comme pour les autres problèmes il est possible de réduire le colmatage par un prétraitement adéquat : dans certains cas une étape de coagulation-floculation suivie d'une filtration sera indispensable.[14]

I.5.3 La corrosion

C'est la dégradation d'une substance, en particulier un métal ou un alliage, provoquée par l'action chimique d'un liquide ou d'un gaz sur la substance. Le terme corrosion s'applique plus particulièrement à l'action graduelle d'agents naturels, tels que l'air ou l'eau salée sur les métaux. [15]

Les principales conséquences de la corrosion sont :

- Rupture des conduites ;
- Augmentation de la rugosité ;
- Fuites d'eau ;
- Pollution de l'eau produite par des agents extérieurs.

I.6 Le dessalement en Algérie

Les ressources hydriques de l'Algérie restent limitées. Tout d'abord, pour des raisons climatiques : la pluviométrie, irrégulière, oscille entre 100 et 600 mm/an seulement. L'Algérie se trouve parmi les pays du monde qui sont sous le seuil de pénurie adopté par la banque mondiale, il faut mobiliser toutes les ressources d'eau disponible pour sécuriser l'alimentation en eau potable. De ce fait, le dessalement des eaux de mer est la solution adéquate de cette problématique. [16]

- L'unité Kahrama, installée à Arzew (tout près d'Oran), a été réceptionnée en 2005. Elle fournit 90 000 m³ d'eau dessalée par jour et concourt à l'alimentation en eau potable de plus de 500 000 habitants ; [16]
- Une autre station de dessalement est en cours de réalisation à Mactaa, non loin d'Oran, également. Elle est d'une capacité de 500 000 m³ d'eau par jour ; c'est le plus important des projets de stations de dessalement actuellement retenus ; [16]
- La station du Hamma, sa capacité de production est de 200 000 m³/ par jour ;
- La station de dessalement de Skikda, dont la capacité de production est de 100 000 m³/j ; [16]
- La station de Béni Saf, petit port situé dans la wilaya de Aïn-Témouchent, d'une capacité de 200 000 m³ d'eau potable destinée à alimenter environ un million 400 000 habitants ; [17]
- D'autres stations de dessalement d'eau de mer seront opérationnelles à partir de l'année 2008. Elles sont localisées à Zéralda (Alger-Ouest), à Cap Djinet (à l'Est d'Alger), à Sidna Ouchaa, Honâine et AïnTourk dans la wilaya d'Oran. [17]

A celles-ci, s'ajoutent deux autres stations qui seront en service dès 2009 : il s'agit de celles de Jijel et d'El Kala. Par ailleurs, 21 autres petites stations gérées par l'Algérienne des Eaux, accumulant une capacité globale de près de 60 000 m³/ par jour sont appelées à répondre aux besoins en eau potable de petites localités. Leur réalisation est programmée sur budget de l'État. [18]

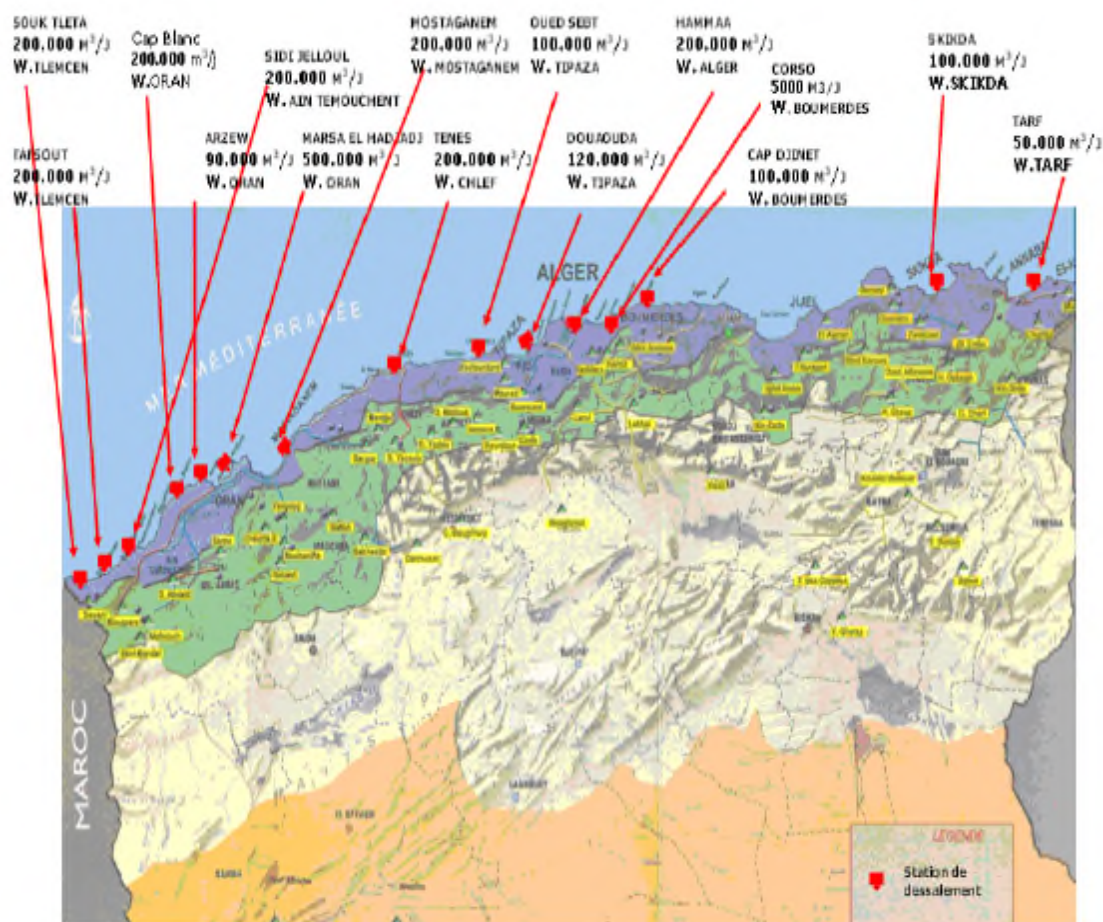


Figure I.6 : Les différentes stations de dessalement en Algérie. [17]

I.7 Les avantages et les inconvénients de dessalement de l'eau de mer en algérie

Le dessalement d'eau de mer est un moyen moderne pour avoir de l'eau. c'est l'une des techniques les plus utilisés pour permettre de produire de l'eau non conventionnelle a fin de pouvoir pallier les déficits constatés par rapport à la disponibilité de l'eau conventionnelle.[19]

Les principaux avantages du procédé de dessalement sont :

- ✓ L'Algérie dispose d'un littoral de 1200 km ;
- ✓ L'utilisation de l'eau de mer qui est une ressource pratiquement non polluante et inépuisable.
- ✓ La population ainsi que l'industrie à grande consommation d'eau se trouvent à proximité de la mer ;[19]
- ✓ Le domaine de dessalement de l'eau de mer a connu ces dernières années une avancée technologique remarquable grâce au développement de différents procédés (l'osmose inverse) ;

- ✓ Une importante demande en eau se situe à proximité de la cote ce qui réduit davantage les prix de revient d'eau ;[19]
- ✓ L'un des grands avantages de dessalement d'eau de mer est la sécurisation de l'alimentation en eau (potable ou industrie) des différents consommateurs, car cette ressource n'obéit pas aux aléas climatiques et elle permet donc de produire d'une manière permanente les quantités voulues, des quantités journalières qui dépassent les 200000m³/j(station kahrama à Oran 500 000m³/j).[19]

Malgré que le dessalement de l'eau de mer apporte une réponse aux besoins d'eau , quel que soit le procédé utilisé il n'est pas sans inconvénients :

- Les installations de dessalement coûtent cher et elles se caractérisent par leur grande consommation énergétique ;
- Ces installations dégagent des gaz à effet de serre, ce qui provoque le réchauffement climatique ;
- Elles détruisent les zones côtières ;
- Elles bouleversent les écosystèmes , car elles rejettent les déchets appelés saumure, certaines espèces ou végétations sont très sensibles à la salinité ;
- Présence de traces de métaux lourds échappés des installations ;
- les rejets associés aux unités de dessalement comme les eaux provenant du nettoyage (filtre à sable, membranes et dépôts) contaminent le milieu. [19]

I.8 Les différents impacts de dessalement de l'eau de mer sur l'environnement

Le dessalement de l'eau de mer a des impacts sur l'environnement qui influent principalement sur le milieu marin, ainsi que la faune et la flore aquatique, ces impacts proviennent du rejet (saumure) produit au cours du dessalement comme les produits chimiques utilisés dans le nettoyage des modules d'osmose inverse. [20]

Le dessalement peut aussi influencer sur les équipements de la station, sur la qualité de l'air et la lumière.

I.8.1 Effets dus au prélèvement d'eau de mer

Les usines de dessalement de l'eau de mer ont des dispositifs d'admission situés au large qui leur permettent de prélever de grosses quantités d'eau à proximité de certains habitats marins. Ce processus comporte des impacts potentiels pour la flore et la faune de la zone concernée. [20]

Des tambours tamiseurs sont souvent disposés entre le dispositif d'apport et les pompes d'alimentation afin d'empêcher des débris flottants, des organismes marins

volumineux et autres matières de pénétrer dans le circuit de pré-traitement de l'usine de dessalement. En général, le maillage de ces tambours tamiseurs est de l'ordre de 5 mm, afin d'empêcher l'apport de la plupart des poissons et autres organismes marins. Cependant, le prélèvement représente deux sources potentielles d'impact, à savoir le heurt du poisson sur les tambours et l'introduction de biotes dans le circuit d'eau d'alimentation. [20]

Il est notoire que le prélèvement et le tamisage de volumes relativement importants provoque le heurt du poisson et d'autres organismes sur les tambours tamiseurs, avec conséquences des dommages physiques comme l'écaillage et des troubles tels qu'une désorientation. Ce phénomène entraîne une augmentation de la mortalité par maladie et une vulnérabilité accrue à la prédation. [20]

Ensuite, bien que les mailles des tambours empêchent l'apport de poissons et invertébrés de grande taille, on sait que l'introduction dans le circuit représente une menace importante pour le phytoplancton et le zooplancton. Les principaux impacts associés au passage dans les circuits de prétraitement et de dessalement, qui dépendent en grande partie de la technique adoptée pour les procédés d'Osmose Inverse (OI) et Multi Stage Flash (MSF), sont liés à des activités telles que la chloration, les lésions de cisaillement et le changement rapide de pression dans le circuit. La conséquence générale de l'entraînement d'organismes dans le circuit est une réduction du recrutement pour les habitats existants et une chute de la productivité globale de l'écosystème. [20]

I.8.2 L'influence de l'énergie dégagée par la station de dessalement sur la qualité de l'air

Les techniques utilisées pour le dessalement de l'eau sont très consommatrices d'énergie, même si la tendance est à la baisse, notamment grâce au développement de l'osmose inverse et d'autre technologie innovante. [21]

Cette énergie est le plus souvent fournie par des combustibles fossiles (pétrole, gaz naturel, charbon) qui présentent pour l'environnement l'inconvénient d'émettre des polluants atmosphériques tels que l'émission de gaz à l'effet serre (CO₂) qui provoque les pluies acides.[21]

Cependant, les usines de dessalement émettent aussi des gaz qui ne proviennent pas de la combustion de combustibles fossiles, mais qui étaient déjà dissous dans l'eau de mer. Dans les usines thermiques, l'eau d'alimentation est habituellement désaérée et des gaz émanent de la saumure qui s'évapore dans les chaudières de détente. [21]

Les deux procédés (OI, MSF) augmentent les émissions de gaz carbonique (CO₂), qui est stocké dans les océans sous forme de bicarbonate.

Il a ainsi été estimé que le système de production espagnol rejetait 680g de CO₂ par mètre cube (680 g/m³) d'eau dessalée, ce qui, pour une production de plusieurs millions de mètres cubes par jour (m³/j) se traduirait par l'émission dans l'atmosphère de plusieurs milliers de tonnes de CO₂ par jour. [21]

D'autre part l'énergie thermique ou mécanique nécessaire au processus de dessalement de l'eau de mer, sont à l'origine d'une augmentation de la température de l'eau et donc d'une température élevée de la saumure (température de saumure est environ supérieur de 10°C à 15°C). [21]

I.8.3 Effets des produits chimiques

I.8.3.1 Effets dus à la présence des métaux lourds dans le rejet

La concentration des métaux lourds et leur composition dans le rejet dépend des éléments de construction utilisés et de leur résistance à la corrosion. Les parois des échangeurs de chaleur des usines à distillation sont habituellement en alliages cuivre nickel, et les autres éléments de construction comme les cuves à saumure sont souvent en acier inoxydable. [22]

Dans les usines OI, c'est aussi l'acier inoxydable qui prédomine, avec des matières plastiques pour les éléments non métalliques. L'acier inoxydable est généralement très peu corrosif, des quantités-traces de fer, nickel, chrome et molybdène étant présentes dans les rejets des usines à distillation et OI. [22]

Les alliages d'acier inoxydable en traces ne posent que relativement peu de risque pour le milieu marin, mais le cuivre est extrêmement toxique pour la plupart des organismes marins. Des concentrations aussi faibles que 10µg/l dans l'eau de mer peuvent avoir des effets considérables, mais leur toxicité dépend généralement de la biodisponibilité et de la sensibilité des espèces. Les concentrations de base du cuivre dans la Méditerranée sont faibles, de l'ordre de 0,04 à 0,70 µg/l au large, et inférieures à 0,01 à 50 µg/l dans les eaux côtières. [23]

Les concentrations de cuivre dissous diminuent sous l'effet des processus chimiques et physiques dans l'eau de mer (précipitation, adsorption), mais il se produit un enrichissement de l'élément dans les matières en suspension et, finalement, dans les sédiments. L'accumulation de cuivre constitue un risque potentiellement élevé pour les habitats des fonds meubles et les zones à faible échange d'eau, dans lesquelles les taux de sédimentation sont élevés. De nombreux invertébrés benthiques (les crustacés) s'alimentent de matières déposées ou en suspension, le risque étant que des métaux lourds viennent enrichir leurs corps et atteignent des niveaux trophiques trop élevés. [23]

I.8.3.2 Effets dus aux additifs d'Antitartre

Des agents antitartre sont ajoutés à l'eau d'alimentation dans les usines MSF et OI pour prévenir l'entartrage. Les principaux agents antitartre sont des polymères organiques (essentiellement les polymères de l'acide acrylique et les polymères de l'acide maléique), des phosphonates et des polyphosphates. [20]

Une action précoce contre l'entartrage est obtenue avec l'adjonction de phosphates polymères. L'orthophosphate produit de l'hydrolyse des polyphosphates, est un macroélément nutritif qui stimule la productivité primaire. Dans une zone marine oligotrophe comme la mer Méditerranée, le rejet d'un macroélément nutritif peut avoir des effets drastiques tels que des efflorescences algales, des proliférations d'algues macroscopiques. L'utilisation de ces produits permet d'empêcher l'apparition d'effets eutrophisants. [20]

I.8.3.3 Effets dus aux additifs antisalissure

La chloration est un bon auxiliaire mais un mauvais maître en ce sens qu'elle est très économique et efficace mais qu'elle n'est pas correctement maîtrisée; elle donne naissance à des dérivés tels que des thiolométhanes qui sont soumis à réglementation en raison de leurs effets cancérigènes. [24]

Si le chlore est un agent antisalissure à large spectre, il présente aussi des effets étendus sur le milieu marin quand il est rejeté avec la saumure. Il occasionne des effets biologiques par son action stérilisante intrinsèque et des effets chimiques en halogénant les constituants organiques de l'eau de mer. [24]

D'autres agents antisalissure comme les sels de cuivre entraînent des rejets de cuivre dans la saumure, et ce métal, même à de très faibles concentrations (moins de 1ppm), peut avoir des incidences sur l'environnement par suite de son accumulation. [20]

I.8.4 Rejet de saumure

La saumure est un sous-produit de dessalement inévitable, qui est déchargée, généralement dans l'environnement marin. Les implications environnementales de cette solution de sel fortement concentrée (TDS) est auteur de 70 000 ppm sur les écosystèmes marins locaux qui ont été discutées de façon contre-versée pendant beaucoup d'années. La salinité totale de la saumure est de 63,8 g/l contre 38,95 g/l pour l'eau d'alimentation. [25]

Par exemple, à l'usine de dessalement de Dhekelia (Chypre), qui a une capacité de production de 40 000 m³/jour, la saumure d'une salinité d'environ 72 ‰, est rejetée dans la mer par un émissaire doté à son extrémité d'un multi diffuseur, à une profondeur d'environ 5 m et à une distance de 250 m du rivage; d'après leur étude, un accroissement de la salinité dans un rayon de 200 m à partir du rejet. De fait, la plus forte salinité (54 ‰) a toujours été

décelée au point de rejet et il était possible de relever une salinité supérieure à celle de l'eau de mer (39 ‰) jusqu'à 200 m du rejet. [26]

La zone d'impact présentant une forte salinité varie selon la saison, l'impact le plus marqué se produisant durant les mois d'été.

D'après l'étude de l'usine de dessalement de Dhekelia (Chypre) sur la macro benthos marin montre que les salinités élevées causaient des dommages importants aux communautés de l'algue macroscopique *Cystoseira barbata* à proximité de l'émissaire du concentré, alors que d'autres espèces d'algues microscopiques disparaissaient de la zone environnante (à une distance de 100 m du point de rejet). En outre, d'autre part, elle montre une diminution importante de la diversité et de l'abondance de la macrofaune benthique au site de rejet du concentré. [26]

Les modifications de la salinité de l'eau ont induit des changements dans la composition des formations macro faunistiques à proximité du point de rejet. Alors que la communauté benthique avant la mise en place de l'émissaire se composait pour 27% de polychètes, pour 27% d'échinodermes, pour 26% de scaphopodes et pour 20% de gastropodes, durant la période d'exploitation, les seuls taxons observés étaient les polychètes et les crustacés représentant respectivement 80 et 20% de l'ensemble de la macrofaune. [26]

Ce phénomène peut conduire à des modifications du milieu local :

- **Diminution de la lumière** : la présence d'eau hyper salée provoque la formation d'un brouillard qui rend difficile le passage de la lumière, affectant ainsi la photosynthèse des espèces marines végétales. [27]

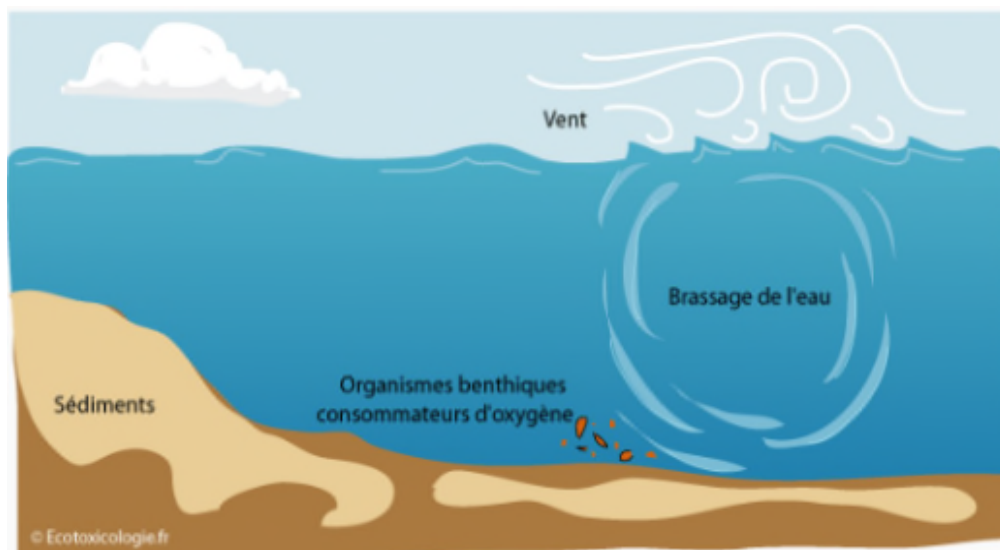


Figure I.7 : Etat initial pas de rejet de saumure. [27]

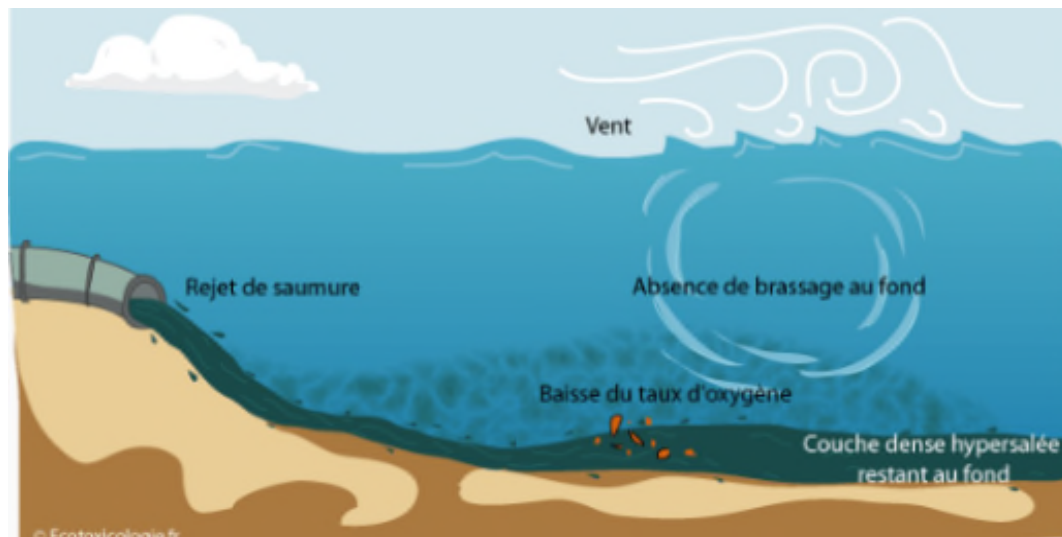


Figure I.8: Etat du milieu après implantation de l'usine de dessalement (rejet de saumure).

[27]

- **Anoxie (absence d'oxygène) au niveau de fond marin :** la diminution des brassages associée à la présence d'espèces consommatrices d'oxygène peut conduire à des périodes d'anoxie du fond marin. [27]

I.8.5 Impact de bruit

Une usine de dessalement d'eau de mer par osmose inverse est une usine bruyante. En général ce bruit est produit par des pompes à haute pression et par les turbines utilisées pour la récupération d'énergie [28], le niveau de bruit est plus de 90 dB, ce qui cause des difficultés de vivre à côté d'une usine pareil. Donc, l'usine devrait être située loin des secteurs peuplés et être équipée de technologie acoustique appropriée pour réduire le niveau de bruit. [29]

Le dessalement c'est une technique de séparation des eaux et des sels avec l'utilisation des divers procédés tels que la distillation et les procédés membranaires.

Le dessalement reste une solution très importante pour diminuer la crise de l'eau et couvrir les besoins de population, par conséquent il a un ensemble des inconvénients qui influent sur les équipements et l'environnement. Les deux principaux procédés dessalement de l'eau de mer sont MSF et OI, différents par le type de leurs impacts. Dans le cas du procédé MSF, les principaux impacts sont la chaleur, les effluents thermiques et le rejet de métaux comme Cu et Zn, alors qu'avec OI c'est la salinité élevée de la saumure concentrée qui est environ deux fois supérieure à la salinité de l'eau d'alimentation, ce qui détruit les organismes marins.

I.9. Impacts environnementaux de la station de dessalement de Ténès

Les impacts dus à l'usine de dessalement de Ténès, il y a ceux qui se limitent à la phase de construction et ceux qui sont liés à la phase d'exploitation. Les impacts commencent avec la transformation de l'occupation du sol, puis continuent avec des conséquences visuelles et des nuisances sonores pour s'étendre à des émissions dans l'atmosphère et des rejets dans l'eau ainsi qu'à des dommages potentiels pour le milieu récepteur.

D'après l'étude réalisée par le Bureau d'étude National Eau et Environnement .SPA on distingue les impacts suivants :

I.9.1 Phase de construction

Les impacts potentiels liés à la phase de construction de l'usine de dessalement d'eau de mer de Ténès dans la commune de Ténès.

I.9.1.1 Environnement marin

Impact potentiels sur l'environnement marin pendant la construction de l'usine de dessalement sont indiqués au tableau suivant :

Tableau I.1 : Impact potentiels pendant la construction de l'usine de dessalement de Ténès [47].

Activités	Impacts potentiels
<ul style="list-style-type: none"> -Présence de bateaux de construction ; - Dragage de l'arrivée de mer et du canal de rejet ; - Pose de roches sur la conduite de rejet. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nuisances physiques directes pour le fond de mer et les biotes ; - Etouffements de la flore et la faune ; - Nuisances physiques potentielles et impacts sonores pour les mammifères marins ; - Impact sonores potentiels pour les poissons ; - Effets sur la qualité de l'eau et le biote du fait de l'émission potentielle de contaminants ; - Risques de nuisances pour le transport maritime et la navigation ; et risques de nuisances pour les pêcheurs.

I.9.1.2 Impact sur la faune pélagique

L'activité de dragage et de construction sous-marine risque d'augmenter la turbidité et les solides en suspension dans la colonne d'eau. Ce phénomène à son tour, a des impacts sur la faune vivant dans la colonne d'eau, à savoir le plancton et les poissons. Les impacts seront limités, cependant, dans la mesure où l'activité de construction sera localisée et de courte durée. [47]

I.9.1.3 Impact potentiel sur les mammifères marins

Dix-sept espèces mammifères marins ont été repérées dans l'ensemble de la méditerranée et des cartes de répartition signalent que quinze espèces sont situées au large des cotés algériennes.

La présence physique des navires de construction risque de provoquer des nuisances physiques et des bruits agressifs pour les mammifères marins, les effets potentiels du bruit sur les organismes marins peuvent être répartis dans les catégories suivantes : [47]

- Changement de comportement potentiel (fuite et attirance y compris) ;
- Interférence potentielle avec les communications acoustiques ;
- Dommages physiques potentiels (y compris de l'orange additif).

Le comportement de la faune mobile peut changer, ces changements sont toute fois souvent difficiles à détecter. Les changements de comportement comprendront généralement un arrêt des activités normales et un début de comportement de fuite ou l'effet d'alarme lors de la détection des bruits des activités de construction marine. La détection continue d'une activité bruyante, par les organismes entraine souvent un phénomène d'accoutumance au bruit, avant de voir la reprise du comportement normal. [47]

Pour qu'un organisme puisse réagir à un son, celui-ci doit dépasser le niveau du bruit ambiant, d'origine non biologique ou biologique.

Les sources de bruit anthropogènes les plus agressives sont celles produites par les bateaux. Les sons des bateaux couvrent une vaste gamme de spectres, et englobent des bruits extrêmement forts si la source est très proche.

Les activités de dragage et de construction auxiliaires devraient se produire près des côtes, où les impacts sur les mammifères marins sont peu probables. En outre l'activité des bateaux sera temporaire. [47]

IV.9.1.4 Impact sur les sols et la topographie

Les activités de construction requièrent d'altérer la composition physique du sol en raison d'un certain nombre d'opération sur le chantier, à savoir :

- Préparation du site ;
- Enlèvement de terre végétale et entassement provisoire ;
- Excavation des fondations ;
- Réseau d'évacuation provisoire ;
- Excavation de tranchée.

Ces activités peuvent modifier la composition du sol en compactant le sol et en changeant la topographie de la surface. Ces changements du site risquent d'affecter le taux d'alimentation et d'évacuation des eaux souterraines et superficielles locales. [47]

I.9.1.5 Impact paysager

Le site choisi pour l'implantation de l'usine de dessalement d'eau de mer de Ténès présente un paysage cohérent à l'observation surtout à partir de la RN°11 et l'agglomération secondaire de Mainis coté Est du site. Lors des travaux de chantier, il s'ensuivra une modification du cadre paysager actuel et une rupture de la vue actuelle, suite à l'installation de la base de vie, des équipements de chantier, du mouvement des engins, des véhicules et des travaux de déblais et remblais. [47]

Les dépôts temporaires des déblais et remblais peuvent être considérés comme des obstacles pour le champ visuel et diminuent donc de l'attraction dont disposait le site. Par ailleurs, le mouvement des engins surtout en temps sec affectera également la qualité de l'air et la visibilité par les suspensions de poussières dans l'atmosphère. [47]

L'impact est jugé moyen car la perturbation est considérée moyenne et d'étendue ponctuelle.

I.9.1.6 Emissions de poussière

La poussière est en suspension sous l'effet des vents soufflant sur les stocks de réserves de matériaux et autres surfaces poussiéreuse, ou à la suite d'une action mécanique, par exemple le crissement de pneus sur le sable ou route poussiéreuse ou de des travaux de terrassement. La construction en général provoquera des dégagements de poussières occasionnels. [47]

Le risque d'émission de poussières pendant la construction dépend étroitement du type d'activité effectuée, de la vitesse et direction du vent, selon qu'ils transportent les particules dégagées vers des récepteurs sensibles ou non, comme le site se trouve en plein centre de la plage de Mainis qui est non autorisé à la baignade avec les habitations de l'agglomération de Mainis, les récepteurs sont très proches du chantier, de sorte que les impacts des émissions de poussières liées au chantier seront moyens.[47]

I.9.1.7 Impact sur l'écologie terrestre

Aucune espèce végétale sensible n'a été observée au niveau du site. Par conséquent, la perte de cette végétation ainsi que les nuisances pour les oiseaux provoquées par les bruits et les vibrations sur le chantier seront considérées comme négligeables.

Les travaux de construction produiront des perturbations dans le milieu faunique provoqués par la présence des machines génératrices de bruits qui provoquera une modification dans le comportement des espèces entraînant leur déplacement temporaire. L'impact sur la faune est généralement non significatif (faible). [47]

I.9.2 Phase d'exploitation

I.9.2.1 Impact sur la flore marine provoqués par le rejet de saumure et de nettoyage des filtres et membranes

Pendant l'exploitation, un mélange de saumure d'eau de refroidissement, d'effluents de lavage des filtres et membranes sera rejeté par le canal de rejet proposé. La saumure a une salinité de 69,1 ups, le débit de rejet opérationnel sera de 12.731,48 m³/h. [46] En raison du taux élevé d'évaporation et des faibles apports d'eau douce, la salinité en méditerranée occidentale est d'environ 38000 ppm. En rejetant à la mer une saumure contenant une salinité de 69,1 ups, la salinité localisée au voisinage immédiat de la canalisation de rejet augmentera.

L'effet pourra se répercuter localement sur la flore et la faune marine. [47]

Afin d'évaluer les impacts des rejets hyper salins (augmentation de la salinité, turbidité, produits chimiques toxiques, nutriments, matières organiques) sur les communautés végétales benthoniques en général et, plus concrètement, sur les prairies de posidonie océanique et *Cymodoce nodosité*. [47]

L'étude a constaté l'absence de communautés de phanérogames marines tout comme des prairies posidonie océanique ou de *Cymodoce nodosité*, elle n'a pas identifié les espèces protégées sur toute la bande sous-marine prévu pour l'installation des infrastructures submergées (conduite de déchets des saumures et prise de captage des eaux marines).[47]

Les recommandations reprises dans la législation espagnole indiquent un seuil maximal de salinité de 39,5 ups pour *Cymodocea* et 38,5 ups pour posidonie. [47]

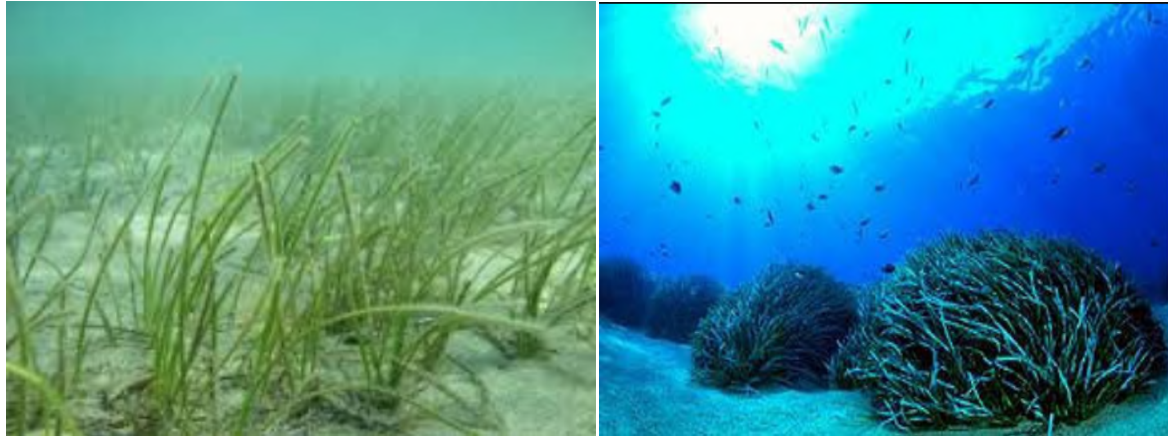


Figure I.9: Image de la Cymodocee nodosité. **Figure I.10:** Image de la Posidonie océanique.

[47]

Dans ce cas, l'importance dispersion initiale des déchets de saumure fait que les concentrations baissent très rapidement et bien que le déchet est effectuée à quelque 35 m de la limite de la prairie de Cymodocea, un secteur relativement petit dépasse le seuil recommandé de 39,5 ups. Le secteur touché avec une valeur supérieure à celui recommandé, est d'approximativement de 750 m². [47]

Ainsi, avec ces accroissements de salinité de niveaux qui pourraient supposer une menace pour la survivance donne des prairies cartographiées ne seront pas atteints (pas de considérée par le déchet de saumure est évalué comme faible). [47]

I.9.2.2 Impacts sur la faune marine provoqué par le rejet de saumure et nettoyage des filtres et membranes

Comme pour le cas de la flore, les communautés faunistiques peuvent être affectées par les rejets de saumure. En ce qui concerne les populations de poissons, le comportement de ceux-ci ne semble être affecté par les déchets de saumure bien qu'ils engendrent clairement des émissions troubles associées à des opérations de maintien des plantes. [47]

En tenant compte des légers accroissements de salinité prévus si la variante la plus favorable est sélectionnée très éloignée des 39 ups. L'impact qui sera produit sur la faune marine est évalué comme d'intensité faible, durée moyenne et l'impact est faible. [47]

I.9.2.3 Pour les autres espèces

Des recherches ont été élaborées sur les effets de rejets de saumure sur des espèces indicatrices comme les échinodermes (paracentruslividus) et mysidacés (leptomysisposidonie) [47]

- La plupart des échinodermes sont sténohalins et donc très susceptibles aux changements de salinité, par rapport à la durée d'exposition et la concentration de sels dans la colonne d'eau.



Figure I.11 : Images des échinodermes marins. [47]

Les études effectuées indiquent que le groupe des échinodermes en général, et particulièrement, sont des organismes sessiles ou de faible mobilité et exemple de tout mécanisme d'osmorégulation efficace, ils peuvent être un bon indicateur de l'impact environnement des rejets des unités de dessalement en milieu marin. [47]

Selon toujours ces études, la salinité qui provoque la mortalité de 50% de la population après une exposition continue durant 96 heures a oscillé entre 40550ppm et 42830ppm.

- les mysidacés, invertébrés de l'épifaune vagile (des animaux mobiles liés aux feuilles ou à la surface du substrat), l'effet combiné de la température et la salinité ont démontré avoir en effet clair sur la mortalité de leptomysis posidonie. Cette espèce a présenté une grande mortalité à partir de 45000ppm de salinité à basse température, et à haute température à partir de 40000ppm. [47]



Figure I.12 : Images des mysidacés. [47]

L'émissaire devra être conçu selon la variante ayant le moins d'impact et donc une salinité inférieure à 40000ppm, l'impact sera donc faible.

I.9.2.4 Impact sur la qualité de l'eau

La concentration de chlore et autre produit chimique (antitartre, antisalissure..), qui peut être rejetée à la mer est régie par une limite réglementaire qui sera respectée (<1 mg/l), ce qui minimisera par conséquent les impacts que les fortes concentrations de chlore auraient sur la flore marine. [47]

I.9.3 Mesures d'atténuation des impacts

L'approche méthodologique utilisée pour évaluer les impacts environnementaux du projet de dessalement d'eau de mer de Ténès, repose essentiellement sur l'appréciation de l'intensité, de l'étendue et de la durée de l'impact appréhendé que celui-ci soit positif ou négatif. Ces trois qualificatifs sont agrégés en un indicateur synthèse, l'importance de l'impact qui permet de porter un jugement global sur les effets anticipés pour une composante, suite à une intervention sur le milieu. [47]

I.9.3.1 Gestion des eaux de saumure

L'impact le plus important sur l'environnement marin pendant l'exploitation sera l'effet de rejet de saumure, de lavage des filtres et membranes, sur la flore et la faune marine

D'après l'étude réalisée sur les rejets de saumure, un modèle CORMIX (version du cornell Mixing Zone Expert System ; CORMIX-2 pour des rejets à travers des diffuseurs multi-ports), validé par l'EPA (Environmental Protection Agency). Il modélise la dispersion dans les modules proches et lointains distincts et donne des descriptions qualitatives du comportement du panache. [47]

Les résultats du modèle CORMIX montrent que la variante ayant l'impact le plus faible sur milieu marin (la prairie marine) correspond aux paramètres suivants :

- Système de 06 diffuseurs doubles de diamètre de 280 mm ;
- Profondeur du premier port diffuseur : 4 m ;
- Profondeur du dernier port diffuseur : 5 m ;
- Profondeur moyenne du système diffuseur : 4,5 m ;
- Hauteur de sortie du jet : 0,75 m au-dessus du fond ;
- Ports diffuseurs alignés sur l'axe de l'émissaire ;
- Distance entre ports diffuseurs : 8 m ;
- Angle de sortie respectivement à (l'horizontale 60°);
- Distance entre la fin de la conduite de prise d'eau et le premier diffuseur : 290m.

A la lumière des résultats de l'étude de dispersion avec le modèle CORMIX dans différents conditions, la principale recommandation et mesure d'atténuation des effets de rejets est la réalisation du canal de rejet de l'usine de dessalement en respectant la variante retenue par l'étude marine. Le rejet de saumure ne sera jamais rejeté en mer sans être neutralisé. [47]

I.9.3.2 Gestion des matières dangereuses

Le plan de gestion des produits chimiques, carburants et matières dangereuse en période de construction a pour l'objet principal de faciliter la gestion, l'approvisionnement, l'entreposage, la manipulation et l'élimination de ces produits en toutes sécurités. Une bonne gestion minimise les risques de contamination en cas de déversement accidentel. Il faut s'assurer que les actions suivantes sont bien réalisées ; [47]

- ✓ Les liquides inflammables et les combustibles, ainsi que les matières dangereuses, sont entreposés et manipulés conformément aux normes de sécurité ;
- ✓ Aucun produit chimique n'est déversé ou rejeté dans l'environnement ;
- ✓ Le plan d'intervention d'urgence du chantier inclut des procédures d'intervention d'urgence concernant les produits chimiques et les matières dangereuses ;
- ✓ Les matières dangereuses (réactives inflammables, radioactives, corrosives et toxiques) sont entreposées dans des contenants ou des récipients clairement identifiés ;
- ✓ Tout déversement est nettoyé immédiatement. Il devra aussi collecter et traiter ou éliminer les eaux de ruissellement contaminé ;
- ✓ Le plan d'urgence est élaboré et le chantier disposera de l'équipement d'urgence utilisable en cas de déversement accidentel ; il devra former les ouvriers à la mise en application du plan d'urgence au chantier ;
- ✓ Les mesures de surveillance et de contrôle sont mises en place pour le transbordement, la manipulation et l'entreposage des matières dangereuses au chantier ;
- ✓ Des systèmes de protection incendie sont fournis afin d'empêcher les incendies ou le rejet de matières dangereuses dans l'environnement ;
- ✓ Le personnel est dûment formé aux pratiques de manipulation, d'entreposage et de confinement des produits chimiques et des matières dangereuses, en tenant compte des postes occupés.
- ✓ Des inspections régulières sont faites des contenants de produits chimiques en vrac et emballés.

I.9.3.3 Gestion des nuisances

La Gestion des nuisances inclut la gestion de poussières, ainsi que du bruit de chantier :

❖ Poussières

L'épandage d'eau sur les voies d'accès ou l'arrosage et humidification des pistes afin d'éviter d'incommoder les résidents vivants à proximité des chantiers par les émissions de poussières. [47]

Les camions transportant du matériel susceptible d'émettre des poussières doivent être recouverts d'une bâche et lavés avant de quitter le chantier. [47]

❖ Bruit

Les activités de construction (soudures, transport) vont générer un niveau de bruit relativement constant par les mesures suivantes : [47]

- S'assurer que le niveau sonore du chantier respecte les exigences stipulées dans les lois ;(Un niveau sonore maximum de 70 décibels (70 dB) en période diurne, 45 décibels (45dB) en période nocturne) ;
- Limiter, dans la mesure du possible, les activités générant le plus de bruit à la période s'étendant de 7h à 22h ;
- S'assurer que tous les véhicules ou les équipements utilisés sur le chantier soient en bon état et équipés de silencieux;
- S'assurer que les moteurs des véhicules de construction ne tournent pas à vide inutilement.

I.10 Conclusion

La station de dessalement de Ténès influe sur l'environnement par un ensemble des impacts qui posera un problème pour les faunes et les flores marines (forte salinité rejetée) ainsi que les habitants à côté de la station (qualité de l'air par gaz de CO₂, bruit).

Les émissions de poussières pendant la construction transportent les particules dégagées vers des récepteurs (l'agglomération de Mainis), mais ses impacts liés au chantier seront moyens.

La neutralisation de rejet de saumure consiste à minimiser les risques provoqués par la station de dessalement de Ténès et diminuer leurs impacts sur le milieu marin.

Chapitre II : Propriétés physico-chimiques de l'eau de mer et de l'eau potable

II.1 Introduction

Dans la planète terrestre, il existe plusieurs eaux telles que l'eau douce qui représente 1% de la planète et l'eau de mer qu'est de 70%, chaque eau a ses propres compositions et propriétés physico-chimiques différentes l'un à l'autre.

II.2 Définition de l'eau

Une molécule d'eau est constituée d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène qui peuvent facilement céder leur électron pour se charger positivement. [30]L'eau se trouve sous trois états (solide, liquide ou gazeux)

Une eau potable est une eau propre à l'alimentation, donc dépourvue de tous éléments nocifs. Elle doit être : limpide, incolore, inodore, fraîche. Ces qualités sont facilement décelées par nos sens.

II.3 Définition de l'eau de mer

L'eau de mer est une solution complexe qui contient tous les éléments indispensables à la vie (calcium, silicium, carbone, azote, phosphore, oligo-éléments), des matières organiques (teneur comprise entre 0.5 et 2mg) et, naturellement à l'état dissous, les gaz présents dans l'atmosphère. L'eau de mer est faiblement alcaline. Son pH étant compris entre 7,5 et 8,4. [31]

II.4 Composition chimique de l'eau de mer

L'eau de mer est composée d'eau et de sels ainsi que de diverses substances en faible quantité. L'eau de mer est considérée comme une solution de onze constituants majeurs qui sont par ordre décroissant d'importance, le chlorure(Cl^-), l'ion sodium(Na^+), le sulfate (SO_4^{-2}), l'ion magnésium(Mg^{+2}), l'ion calcium(Ca^{+2}), l'ion potassium(K^+), le bicarbonate, le bromure(Br), l'acide borique($\text{B}(\text{OH})_3$), le carbonate (CO_3^{-2}) et le fluorure(F^-).

Les deux principaux sels sont Na^+ et Cl^- qui en s'associant forment le chlorure de sodium principal constituant du « sel marin », que l'on extrait dans les marais salants pour obtenir du sel alimentaire.

Les gaz dissous comprennent principalement : 64 % d'azote, 34 % d'oxygène, 1,8 % de dioxyde de carbone (soit 60 fois la proportion de ce gaz dans l'atmosphère terrestre).[32]

Tableau II.1 : Principaux sels dissous pour une eau de mer de salinité 35 g/l.[32]

Eléments	Concentration	
	g/kg	mol/kg
Anions		
Chlorure (Cl^-)	19,3524	0,54586
Sulfate (SO_4^{2-})	2,7123	0,02824
Hydrogénocarbonate (HCO_3^-)	0,1080	0,001770
Bromure (Br^-)	0,0673	0,000842
Carbonate (CO_3^{2-})	0,0156	0,000260
Fluorure (F^-)	0,0013	6,84E-5
Hydroxyde (HO^-)	0,0002	1,2E-5
Cations	g/kg	mol/kg
Ion sodium (Na^+)	10,7837	0,46907
Ion magnésium (Mg^{2+})	1,2837	0,05282
Ion calcium (Ca^{2+})	0,4121	0,01028
Ion potassium (K^+)	0,3991	0,01021

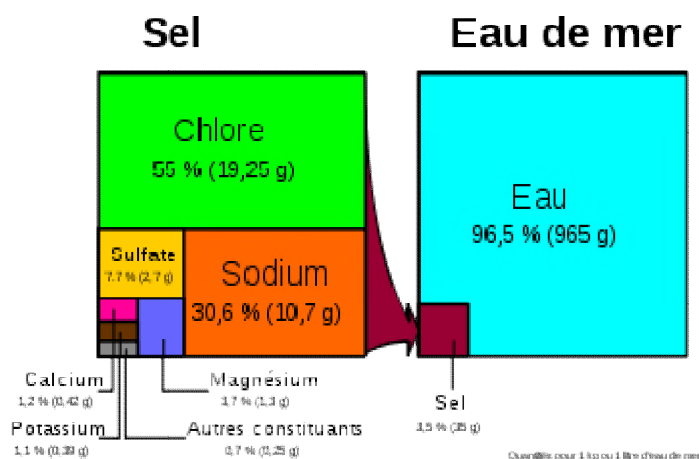


Figure II.1 : Principaux composants de l'eau de mer. [32]

II.5 Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau de mer

II.5.1 Caractéristiques chimiques

II.5.1.1 La salinité (S)

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 mesure la concentration en sels dissous ; elle s'exprime en g/l, mg/l ou encore le p.p.m. [33]

La salinité moyenne des eaux de mer varie entre 34 g et 35 g par litre, mais elle peut être modifiée par l'apport d'eau douce des grands fleuves près des estuaires (eaux moins salées à l'Équateur qu'en mer Baltique). Elle peut être modifiée également par le climat, car les régions humides sont moins salées que les régions chaudes soumises à une évaporation plus importante (mer Méditerranée, mer Rouge). Sous les tropiques, l'eau est salée car il y a une forte évaporation.

En général la salinité diminue avec l'augmentation des pluies et la diminution de l'évaporation. [34]

II.5.1.2 L'alcalinité(AI)

L'alcalinité est la propriété qui a le plus d'influence sur le traitement de l'eau, en particulier sur la coagulation, la désinfection et la mise à l'équilibre calco-carbonique.

L'alcalinité mesure les concentrations d'ions de bicarbonate, de carbonate et d'hydroxyde; elle est exprimée en tant que concentration équivalente de carbonate de calcium (CaCO₃). [34]

II.5.2 Caractéristiques physiques

II.5.2.1 La température (T)

La température des eaux d'océans varie de $-1,9^{\circ}\text{C}$ à 30°C ;

- ❖ $-1,9^{\circ}\text{C}$: est la température de congélation de l'eau de mer à une salinité de 35g/l ;
- ❖ 30°C : est obtenue en certain point de la surface des océans par rayonnement solaire et sous l'action de l'atmosphère ;
- ❖ A 4000 m de profondeur elle varie entre 0 et $2,5^{\circ}\text{C}$;
- ❖ En Méditerranée (à 2000 m) : elle varie de 13 à $13,5^{\circ}\text{C}$. [35]

La température et la salinité sont des paramètres très importants : ils permettent d'identifier une masse d'eau particulière et avec la pression ils permettent de déterminer sa masse volumique ou sa densité. [34]

II.5.2.2 La masse volumique (ρ)

La masse volumique de l'eau de mer en surface varie de 1 020 à $1\,029\text{ kg/m}^3$. En profondeur, dans les océans, la haute pression peut augmenter la masse volumique jusqu'à des valeurs de l'ordre de $1\,050\text{ kg/m}^3$. L'eau de mer, comme la plupart des liquides, est quasiment incompressible. Toutefois, si l'eau était vraiment incompressible, le niveau des océans serait 30 m plus haut qu'il n'est en réalité. [36]

II.5.2.3 Le pH

L'eau de mer est faiblement alcaline et son pH moyen est de 8,2 avec des variations entre 7 et 8,4. Les variations de pH ont une certaine analogie avec celle de l'oxygène dissous. Ceci s'explique en considérant l'activité photosynthétique de certains organismes : une forte production d'oxygène s'accompagne d'une diminution de la teneur en CO_2 et par conséquent d'une augmentation du pH ; l'oxydation de la matière organique diminue la teneur en oxygène de l'eau en produisant du CO_2 et par conséquent abaisse le pH.

Le pH des eaux de mer décroît avec une augmentation de température. Pour une eau de chlorinité de 19,5‰, le pH égale à 8, une élévation de température de 1°C , et entre 10°C et 20°C , le pH diminue à 0,0109.

De même, une augmentation de pression de 100 Bars produit une diminution du pH de l'ordre de 0,02. [37]

II.5.2.4 La viscosité des eaux de mer (η)

La viscosité est une grandeur physique qui caractérise la résistance à l'écoulement laminaire d'un fluide incompressible.

La viscosité décroît rapidement en fonction de la température et de la salinité. Cette dernière caractéristique est prise en compte dans l'équation suivante :[38]

$$\eta = \eta_0 (1 + A\sqrt{C} + BC)$$

Avec : η : la viscosité de l'eau de mer ;

η_0 : étant la viscosité du solvant à l'état pur (η_0 viscosité de l'eau pure à 0°C est de 1787 centpoises);

C : la concentration du soluté ;

A et B : des coefficients dépendant du soluté. Suivant la nature des ions, le coefficient B peut prendre des valeurs positives ou négatives et rendre plus ou moins fluide de solvant (les ions ayant tendance à former des ions complexes augmentent la viscosité).

Tableau II.2 : Viscosité relative η / η_0 de l'eau de mer en fonction de la température et de la salinité. [38]

Température °C	5% °S	10% °S	20% °S	30% °S	40% °S
0	1,009	1,017	1,032	1,056	1,054
5	0,855	0,863	0,877	0,891	0,905
10	0,738	0,745	0,785	0,772	0,785
15	0,643	0,649	0,662	0,675	0,688
20	0,586	0,574	0,586	0,599	0,611
25	0,504	0,510	0,521	0,533	0,545
30	0,454	0,460	0,470	0,481	0,491

II.6 Paramètres de l'eau potable

II.6.1 Paramètres physico-chimiques

II.6.1.1 Température (T)

La température de l'eau, est un facteur qui agit sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans l'eau, la dissociation des sels dissous, de même que sur les réactions chimiques et biochimiques, le développement et la croissance des organismes vivant dans l'eau et particulièrement les microorganismes. [39]

D'après la recommandation de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), la température de l'eau potable doit être inférieure à 25°C.

II.6.1.2 pH

Le potentiel d'hydrogène est le logarithme décimal de l'inverse de sa concentration en ions d'hydrogène (H⁺), il est inférieur ou supérieur à 7 suivant que l'eau est acide ou basique. Il n'a pas de la signification hygiénique mais il représente une notion importante de la détermination de l'agressivité de l'eau et la précipitation des éléments dissous.[40]

Le pH doit être supérieur à 6.5 et inférieur à 8.5 dans les normes de l'OMS.[40]

II.6.1.3 Conductivité électrique

La conductivité électrique de l'eau représente la propriété d'une solution de conduire le courant électrique, en fonction de la quantité des ions présents dans l'eau.

La conductivité de l'eau est un test facile à réaliser, qui informe sur la qualité de l'eau; ce test est utilisé comme une manière de suivre les changements de la composition d'ions, en utilisant un capteur. La valeur standard de la conductivité de l'eau potable se trouve entre les extrêmes acceptées de 0.0005 à 0.05 $\Omega^{-1}\text{m}^{-1}$ ($\mu\text{S}/\text{cm}$), il y a aussi des études qui affirment que s'il y a des fluctuations des valeurs de la conductivité l'eau pourrait être contaminée.[41]

II.6.1.4 Dureté totale (TH)

Le titre hydrotimétrique TH ou dureté de l'eau, est l'indicateur de la minéralisation de l'eau. Elle est surtout due aux ions calcium et magnésium. La dureté s'exprime en ppm/V (ou mg/L) de CaCO_3 . [42]

On considère généralement qu'une dureté comprise entre 80 et 100 mg/L (en CaCO_3) assure un équilibre acceptable entre la corrosion et l'entartrage. Une eau dont le degré de dureté est supérieur à 200 mg/L est considérée comme étant de qualité médiocre, mais elle est tolérée par les consommateurs. Les eaux dont la dureté est supérieure à 500 mg/L sont inacceptables pour la plupart des usages domestiques. [42]

II.6.2 Paramètres organoleptiques

II.6.2.1 La couleur

Pour l'eau potable, le degré de couleur maximale acceptable est de 15 UCV.

Elle peut être due à certaines impuretés minérales (fer) mais également à certaines matières organiques (acides humiques, fulviques). Elle doit être éliminée pour rendre l'eau agréable à boire. L'élimination de la couleur s'accompagne également de celles de certaines matières organiques indésirables. Cette élimination devra alors être effectuée à l'usine de traitement avant l'entrée de l'eau dans le réseau. [43]

II.6.2.2 Gout et odeur

Ces deux propriétés, purement organoleptiques, sont extrêmement subjectives et il n'existe aucun appareil pour les mesurer. Selon les physiologistes, il n'existe que quatre saveurs fondamentales : salée, sucrée, aigre et amère. [43]

II.6.2.3 Turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, la pluviométrie joue un rôle important vis-à-vis de ce paramètre dans les superficielles et souterraines selon leur origine. [44]

II.6.3 Paramètres microbiologiques

Le risque microbiologique d'origine hydrique (ou risque infectieux) correspond à la présence dans l'eau des microorganismes pathogènes, et avec des quantités supérieures au seuil d'infection fixé par l'OMS. Parmi ces microorganismes, on distingue les virus, les bactéries et les protozoaires. [45]

Le risque microbiologique provient donc du pouvoir pathogène de ces germes qui est conditionné non seulement par les propriétés de l'agent infectieux, mais aussi par la réceptivité de l'hôte. Il convient de préciser que la mise en œuvre de procédés élémentaires de désinfection telle que la chloration de l'eau, permet d'éradiquer totalement les fléaux tels que le choléra, la dysenterie bacillaire ou les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes. [45]

Alors, l'eau de consommation ne doit contenir aucun de ces substances toxiques.

Tableau II.3 : Les normes de potabilité de l'eau selon l'OMS.

Paramètres physico-chimique	Unités	Normes OMS
Température	°C	< 25
pH	/	6,5 – 8,5
CE	μS /cm	180 – 1000
NH ₄ ⁺	mg/l	0,5
NO ₂	mg/l	0,2
NO ₃	mg/l	≤ 50
Ca	mg/l	200
Mg	mg/l	150
Na	mg/l	≤ 200
K	mg/l	≤ 12
Fe	mg/l	≤ 0,3
Al ⁺	mg/l	≤ 0,3
HCO ₃	mg/l	450
Cl	mg/l	≤ 250
SO ₄	mg/l	≤ 250

II.7 Conclusion

L'eau de mer est l'eau salée qui contient des nombreux des sels dissous, les principaux ions sont les chlorures et les sodiums, la salinité varie entre 34 et 35g/l, et le pH de 7 à 8,4 avec une valeur maximale de masse volumique est de 1029kg/l.

L'eau potable à un pH qui varie de 6,5 à 8,5 avec une dureté qui comprise entre 80 et 100 mg/l (en CaCO₃), leur degré de couleur acceptable est de 15 UCV, elle doit être inodore et sans gout et finalement elle ne contient germes bactériologiques.

L'eau potable doit conformes aux normes de l'OMS.

Chapitre III : Etude d'un cas (Station de dessalement)

III.1 Cadre d'étude

III.1.1 Introduction

Toutefois, 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 développement industriel et agricole ainsi que la sécheresse. Dans ce cadre, la station de dessalement d'eau de mer au niveau de la ville de Ténès fournit de l'eau pour combler le déficit en eau potable de la zone côtière.

III.1.2 Présentation de la commune de Ténès

III.1.2.1 Situation géographique de Ténès

La commune de Ténès s'étend sur une superficie de 92,28 km² dont 5,70 km² en zones urbaines et 86,58 km² en zones rurales. Elle est limitée par :

- Au Nord : la mer Méditerranée ;
- Au Sud : Sidi Akkacha et Abou El-Hassen ;
- A l'Est : Oued Goussine ;
- A l'Ouest : Sidi Abderahmane.

III.1.2.2 Cadre climatique

L'aspect climatique est un facteur important à considérer pour un projet de dessalement des eaux de mer, car il intervient dans le fonctionnement du procédé de dessalement d'une part et d'autre part sur le choix du site. [46]

La commune de Ténès bénéficie d'un climat méditerranéen semi-aride chaud, l'influence de la méditerranée, combinée à celles des vents de terres et de mer ; se traduit par de grandes variations du taux d'humidité de l'air qui reste en moyenne assez élevée. [46]

- **La précipitation** : la pluviométrie moyenne annuelle est de 414,7 mm/an ; [46]
- **La température** : la température est un facteur très influent sur le milieu naturel, elle favorise notamment les phénomènes évapotranspiration et l'érosion éolienne. La moyenne annuelle est de 18,98°C ; [46]
- **Le vent** : les vitesses moyennes annuelles des vents varient de 2,45 m/s à 4,4 m/s avec une moyenne annuelle de 3,4 m/s ; [46]
- **L'humidité (%)** : le taux d'humidité relative de l'air dans la région varie entre 69% et 79%. [46]

III.1.2.3 Population

Au dernier recensement de 2008, la population de Ténès a été estimée à 35 402 habitants.

Tableau III.1: Evolution de population dans la commune de Ténès. [47]

Année	1987	1988	2008
Population	26 380	34 332	35 402

III.1.3 Situation géographique et la topographie de la station de dessalement

Le site de l'usine de dessalement d'eau de mer de Ténès est localisé dans la wilaya de Chlef, daïra de Ténès, commune de Ténès à l'entrée Ouest de la ville de Ténès, plus précisément au lieu-dit « **Mainis** » à 7 Km du chef-lieu de commune.

A 52 Km à l'Est du chef-lieu de wilaya et à environ 110 Km à l'Ouest de la wilaya de Tipaza, le site est sillonné par la route nationale RN°11 en provenance de Mostaganem et en direction de Tipaza. [47]

Le site considéré pour l'implantation de l'usine de dessalement offre une superficie des 8 hectares, il est limité par :

- Au Nord : par la mer Méditerranée ;
- Au Sud : par la route nationale N°11 ;
- A l'Ouest: par une petite unité de dessalement 5000 m³/j (ancienne station) ;
- A l'Est : par les habitations de Mainis.

Topographie du site

Le niveau de la surface actuelle du terrain varie de 2,5 m à 16m depuis la route nationale RN°11 jusqu'à la partie inférieure de la mer.



Figure III.1: Vue générale sur la station de Ténès

III.1.4 Présentation de l'unité de dessalement de l'eau de mer (Ténès)

La mise en service finale de la station de dessalement Ténès était en juin 2015 dont la capacité de production est de 200 000m³/j par la technique d'osmose inverse, assurant l'approvisionnement en eau potable de plusieurs communes.

L'investissement a été réalisé par l'entreprise « *SONATRACH* et *SONELGAZ* » avec 49% et l'entreprise espagnole « *ABENGOA* » avec 51% de cet investissement.

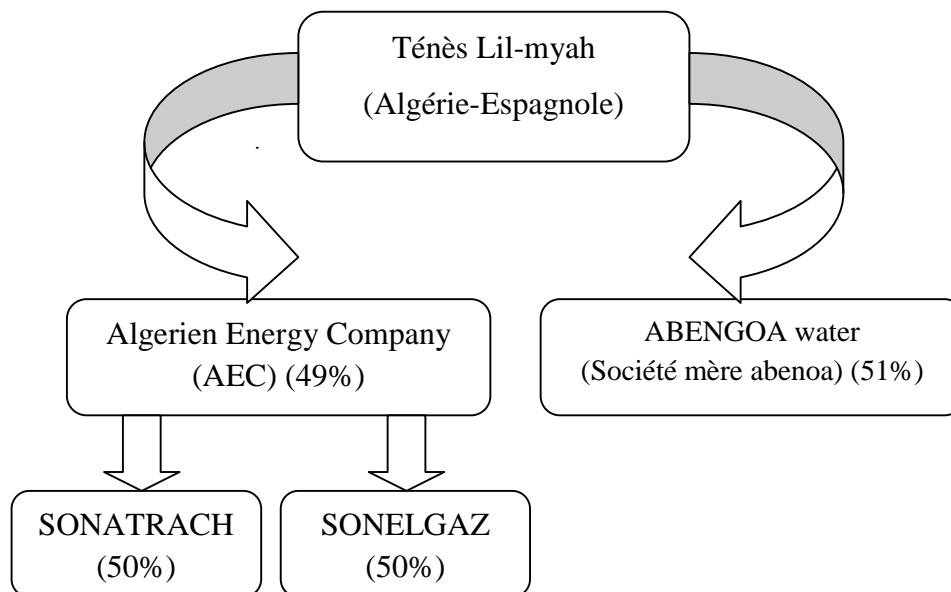


Figure III.2 : Les entreprises qui gèrent la station de dessalement (Ténès).

Tableau III.2 : La quantité distribuée par la station de dessalement de l'eau de mer de Ténès.

[48]

N° point de Piquage/adduction	Lieu	Commune à desservir	Pop / (Ha)	Pop total (Ha)	Quotas alloués m ³ /J	Dot l/Hab
1	Ténès (station de pompage)	-Ténès -Sidi Abderahmane -El Marsa	39730 4873 12108	56711	17000	300
2	El kharba(Bouzhghaya)	-Sidi Akacha -Abou El Hacem -Talassa	29797 25495 12891	68183	13000	191
3	Bouzhghaya(station de pompage N°5)	-Tadjna -Moussadek -Hernfa -Bouzhghaya	27354 7151 19944 25312	75487	9000	119
4	Heumis	-Zebouja -Benairia	29734 17486	51594	8000	480
5	Chattia	-Chettia -Ouledfares	80007 39096	119103	30000	252
6	ArdBeidha(Chettia)	-Sobha -Ain Merane -Taougrit -Dahra	38606 57510 30895 26671	153682	25000	163
7	103 longements(Chettia)	-Medjadja -Ouled Abbes -Benirached -OuedFouda -Harchoune -Karimia -OumDrou	16507 9613 26271 46732 20029 32295 23895	175343	32000	182
8	Sortie Chlef Ouest	-Oued Sly -Boukadir -Ouled AEK - El Hadjadj -Sendjas	52936 57520 22358 9503 32542	174859	29000	166
9	Pont Boutaiba	-Chlef centre	200104	200104	37000	185
Total population concernées	/	/	/	1075066	200000	/

III.2 Processus de dessalement appliqués dans la station de Ténès

Le processus du dessalement d'eau de mer comporte quatre étapes principales :

- La captation de l'eau de mer ;
- Le prétraitement ;
- L'osmose inverse ;
- Le post-traitement.

III.2.1 La captation de l'eau de mer

La première opération s'effectue au niveau de la station c'est la capture de l'eau de mer qui se fera directement de la mer au moyen de deux tuyauteries prenant appui sur le fond marin, d'un diamètre de 1800 mm chacune. Le débit maximal de capture est de $540\,000\text{m}^3/\text{j}$ ce qui implique une capacité excédentaire de 13,26%.

Aux extrémités des tuyauteries de capture, sera installé un tour de captage dans le but d'aspirer de l'eau à une profondeur moyenne de 8 à 10 m tout en limitant l'entrée des sables et de produits flottants. [49]



Figure III.3: Tuyaux de captage de l'eau de mer.

III.2.2 Le prétraitement

C'est la deuxième étape du processus de dessalement dont le but est d'éliminer :

- Les solides en suspension ;
- Les matières organiques ;
- Les micro-organismes.

Elle comporte deux types.

III.2.2.1 Prétraitement chimique

a. Désinfection

On effectue une chloration de l'eau brute moyennant dosage d'hypochlorite de sodium dans l'émissaire sous-marin et dans la chambre d'aspiration des pompes.

L'hypochlorite de sodium est fabriqué sur place électrolyse. Dans le processus d'électrolyse, l'eau de mer est traversée par une courante électrique grâce à laquelle des bulles d'hydrogène et de chlore vont être formés. Les bulles de chlores réagissent avec l'hydroxyde de sodium, un autre produit de la réaction d'électrolyse, en donnant matière à la formation d'hypochlorite de sodium. [49]

b. Coagulation – Flocculation

Pour cette étape, les pompes d'eau de mer sont utilisés comme dispositif de mélange pour le coagulant (chlorure ferrique) $FeCl_3$ qu'il possède une fourchette plus large comprise entre 5.5 et 8.3. La coagulation et la flocculation est appliquée dans le cas où l'eau de mer a une turbidité élevée. [49]

La croissance des microparticules se réalisera dans le trajet d'impulsion compris entre les pompes et les filtres à sable. Préalablement à l'entrée de l'eau dans la chambre de partition des filtres de sable, on fera le dosage de flocculant (polyelectrolite). L'addition de flocculant a pour l'objet de faciliter la croissance des particules formées et de cette façon aider à la postérieur décantation. [49]

Les microparticules générées dans le processus de coagulation-flocculation seront retenues dans les filtres à sables. Ces microparticules seront éliminées dans ultérieurement dans le processus de nettoyage des filtres et conformément ce qui s'indique dans la section de filtration. [49]

c. Dosage de métabisulfite

L'utilisation du métabisulfite de sodium permet d'éliminer le chlore résiduel contenu dans l'eau de mer avant son arrivée aux membranes d'osmose inverse, évitant leur détérioration par oxydation. [49]

L'injection de la solution de $Na_2O_5S_2$ se fait par un équipement qui est composé de deux réservoirs d'accumulation-dissolution et d'une pompe doseuse par ligne, plus une réserve. [49]

d. Dosage d'inhibiteur anti-scalant

Afin d'éviter la précipitation des sels dans les membranes, on dosera un inhibiteur dont l'action est destinée à empêcher la formation des réseaux cristallines, en maintenant les ions dispersés et en permettant de dépasser limite du produit de solubilité de ces sels. [49]

III.2.2.2 Prétraitement physique

a. Filtration à sable

Ce système élimine la plupart des particules en suspension, huile et graisses qui restent dans l'eau de mer. Ce système contient 36 filtres qui sont distribués d'une surface unitaire de 92m^2 avec une longueur de 11,9m et un largeur de 7,9m. L'épaisseur de la couche de sable est 1,2m et elle est supportée sur de faux fonds dotés de buses filtrantes. La vitesse de filtration sera de 5,19m/h. [49]



Figure III.4: Filtres à sables [Photo prise au niveau de la station de dessalement de Ténès 2017].

b. Filtration à cartouche

C'est une étape une fois l'eau a reçu les dosages des réactifs appropriés et qu'elle a été filtré, elle est conduite vers le processus de microfiltration. [49]

Au total, nous avons 22 filtres avec 290 cartouches chacune, dont 10 qui filtrent l'eau d'alimentation aux pompes de haute pression et 12 filtrant le courant d'alimentation aux récupérateurs d'énergie. Les tuyauteries et les collecteurs d'entrée et de sortie des filtres sont en polyester renforcé de verre sont d'un diamètre tel que la vitesse ne dépasse pas les 2,5m/s. [49]



Figure III.5: Filtres à cartouches [Photo prise au niveau de la station de dessalement de Ténès 2017].

c. L'osmose inverse

Avant de l'entrée dans les membranes d'Osmose Inverse, l'eau prétraitée arrive au système de pompage de haute pression généralement entre 55 à 85 bar.

Le nombre des pompes est de 5 dont 4 sont fonctionnelle et une de secours, en fournissant une pression totale de l'ordre de 60 bar. Un total de 12 rack d'OI, avec une capacité nominale de production nette d'eau dessalée de $17\,391\text{m}^3/\text{j}$ chacune.

Le facteur de conversion global a été établi à 45%. La capacité totale de production des 12 unités est de $208\,696\text{m}^3/\text{j}$. [49]

Le phénomène d'osmose va se traduire par un flux d'eau dirigé de la solution diluée vers la solution concentrée. Si l'on essaie d'empêcher ce flux d'eau en appliquant une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Il arrivera un moment où la pression appliquée sera tel que le flux d'eau va s'annuler. Si pour simplifier, on suppose que la solution diluée est de l'eau pure, cette pression d'équilibre est appelée pression osmotique. Une augmentation de la pression osmotique va se traduire par un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique), c'est-à-dire de la solution concentrée vers la solution diluée ; c'est le phénomène d'osmose inverse. [49]



Figure III.6: Un rack dans le système d'Osмосe Inverse [Photo prise au niveau de la station de dessalement de Ténès 2017].

d. Récupération d'énergie

La récupération de l'énergie de la saumure à la sortie des membranes est réalisée au moyen des chambres hyperbariques. Cette opération est faite au niveau du système PX-260 (pressureExchanger) de la marque ERI, avec 97 % d'énergie récupérée de rejet de la saumure.

Les rejets des membranes est dirigés vers le PX, qui transfère la pression du rejet à l'eau de mer, et la renvoie vers les membranes. Le PX fournit l'eau prétraitée par l'énergie du concentrât qu'il reçoit. [49]

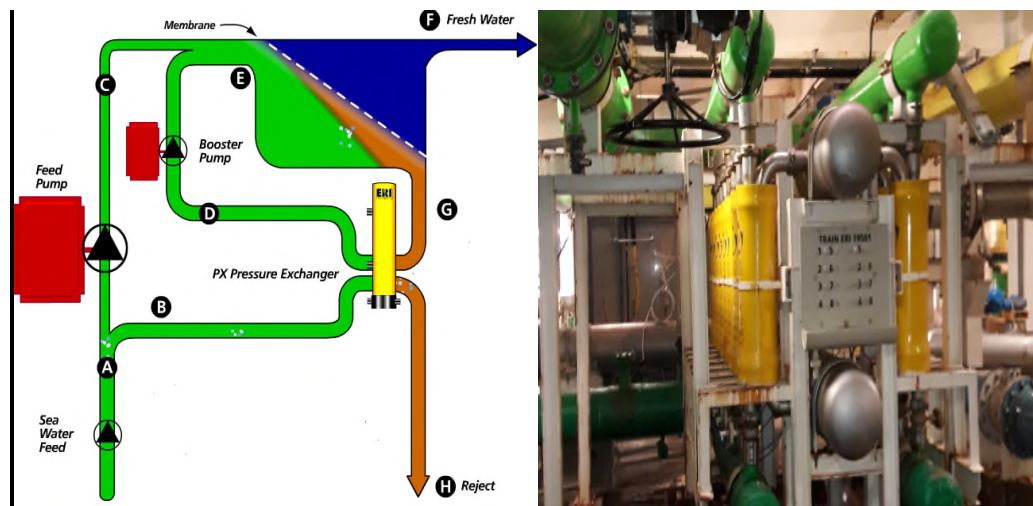


Figure III.7: Système de récupération d'énergie Photo prise au niveau de la station de dessalement de Ténès 2017].

III.2.2.3 Post-traitement

C'est la dernière étape de traitement où se fait la reminéralisation de l'eau produite dans un réservoir de 20 000m³.

La reminéralisation est réalisée avec un lait de chaux sur deux lignes indépendantes avec un apport de dioxyde carbone. Ces deux produits sont dosés dans des chambres, à l'entrée du réservoir d'eau produite et à la fin la désinfection qui se réalise avec l'hypochlorite de sodium. [49]

III.3 Matériels et méthodes

L'étude expérimentale consiste à effectuer des prélèvements et des analyses physico-chimiques de l'eau traitée après le processus de dessalement.

III.3.1 Prélèvement

Les prélèvements ont été réalisés durant le mois de mars 2017 au niveau de trois points de station dans des flacons en plastique :

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



Figure III.8 : Le point de prélèvement de l'eau mer. [Photo prise au niveau de la station de dessalement de Ténès 2017].



Figure III.9: Le point de prélèvement de l'eau produite [Photo prise au niveau de la station de dessalement de Ténès 2017].



Figure III.10 : Point de prélèvement de l'eau rejetée (saumure) [Photo prise au niveau de la station de dessalement de Ténès 2017].

III.3.2 Méthodes analytiques

III.3.2.1 Analyses physiques

- a- **Mesure de PH, conductivité, TDS, et température :** ces paramètres ont été mesurés par un appareil multi-paramètre de la marque MAYRON L CAMPANY 6 PFC^E au niveau de laboratoire de qualité de la station de dessalement de Ténès.



Figure III.11: Appareil multi-paramètre [Photo prise au niveau de la station de dessalement de Ténès 2017].

b- Mesure de la turbidité

Les mesures sont réalisées par un turbidimètre de modèle SPE TOQUANT Move100.



Figure III.12: Turbidimètre de la station de Ténès. ([Photo prise au niveau de la station de dessalement de Ténès 2017])

c- Indice de Langelier

C'est un indice qui tient compte à la fois de la température, du pH, de l'alcalinité et de la dureté. L'indice de Langelier est une évaluation globale de la qualité de l'eau pour déterminer si l'eau est corrosive ou s'il aura formation de tartre. On pourra déterminer si l'eau est équilibrée ou non chimiquement. Il est calculé par un logiciel qui s'appelle " Equilibre 1".

Tableau III.3 : Fourchette d'équilibre de l'indice de Langelier.

-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	+4	+5	+6	+7
Zone de corrosion				Eau balancée						Zone d'entartrage				
Danger potentiel		Ajustement mineur		Ok		Idéal		Ok		Ajustement mineur		Danger potentiel		

III.3.2.2 Analyses chimiques

a- Mesure de la dureté totale TH

✚ Matériels et réactifs

- Erlenmeyer de 100ml ;
- Fiole jaugée de 50 ml ;
- Burette+ support ;
- Agitateur magnétique + barreau aimanté ;
- Entonnoir ;
- Pipette graduée de 5ml+pro-pipette ;
- Solution d'EDTA, 0,01N ;
- Solution Tampon pH=10 ;
- Noir d'eriochrome T ,1%.

✚ Mode d'opérateur

1. Avant tout, agiter l'échantillon doucement.
2. A l'aide d'une fiole jaugée propre de 50ml, introduite 50ml d'échantillon dans un erlenmeyer propre de 100ml ;
3. Ajouter 4 ml de tampon pH 10 à l'aide de la pipette en plastique propre ;
4. A l'aide de la spatule, ajouter un peu de noir d'erichrome 1% jusqu'à obtenir une couleur rose-violette ;
5. Mélanger le tout et commencer à verser l'EDTA goutte à goutte tout en mélangeant énergiquement jusqu'à la coloration bleu-franche ;
6. Noter le volume « V » de burette. [49]

$$\text{TH en mg/l CaCO}_3 = V \times 20$$

b- Mesure de sulfate et TSS**+ Appareillage et réactifs**

- Spectrophotomètre HACH DR 3900 ;
- Cuvette rectangulaire en verre ;
- Papier pour le nettoyage ;
- Réactif sulfaver powder pillow ;
- Eau distillée.

+ Mode d'opérateur

- 1- Démarrer le programme 680 pour le sulfate et 630 pour TSS ;
- 2- Préparer l'échantillon : faite une dilution de 50fois,(10ml d'échantillon dans 500 ml d'eau distillée) ;
- 3- Remplir la cuvette en verre avec 10 ml prélevé de l'échantillon préparé ;
- 4- Ajouter le contenu d'un sachet de sulfaver powder pillow dans la même cuvette remplis avec l'échantillon ;
- 5- Agiter la cuvette afin d'homogénéiser la solution, une turbidité blanche se forme à la présence de sulfate ;
- 6- Démarrer le chronomètre, laisser la réaction s'effectuera pendant 5 minutes. Eviter de bouger ou d'agiter la cuvette pendant ce temps ;
- 7- Préparation du blanc : remplir une cuvette en verre avec de l'eau distillée sans mettre le réactif sulfaver powder pillow, insérer la dans le puits et appuyer sur zéro, une valeur de 0 mg/l SO_4^{-2} s'affiche sur l'écran de l'instrument ;
- 8- Après l'expiration des 5 minutes, nettoyer la cuvette avec un papier, insérer dans le puits la dilution (80 fois pour eau de mer ou saumure, 50 fois pour eau potable) et enfin appuyer sur mesure. [49]



(a)

(b)

Figure III.13 : Spectrophotomètre pour la mesure de sulfate (a) et TSS (b) (Mars 2017)

c- Test de chlorure**✚ Appareillage et réactifs**

- Une fiole jaugée de 1 litre et une autre de 100ml ;
- La solution d'AgNO₃ 0.10N ;
- Indicateur coloré K₂CrO₄ à 0.5mol/l ;
- La solution NaCl 0.10N ;
- L'eau minéralisée ;
- Un erlenmeyer ;
- Une pipette.

✚ Mode opératoire

- 1- Diluer l'échantillon d'eau de mer 5 fois en pipétant 20 ml d'échantillon dans une fiole jaugée de 100ml ;
- 2- Prélever 10ml de l'échantillon dilué dans un erlenmeyer, ajouter quelques gouttes de K₂CrO₄ et doser avec AgNO₃ 0.10N jusqu'à la coloration orange du mélange en agitant constamment. Soit V le volume lu à la burette. [49]

$$[0.10N.(35,5(g)).1000(mg).V (ml).(5fois)] /10(ml) = (1775.V)(mg/l)]$$

d- Mesure de salinité :

La salinité est la présence des sels en eau, elle a été calculée au niveau de laboratoire par la relation suivante :

$$S= 0,03+ 1,805.CI$$

Avec : S : salinité ;

CI : concentration de chlorure.

e- Test de l'alcalinité**✚ Appareillage et réactifs**

- Erlenmeyer de 250 ml ;
- Fiole jaugée de 100 ml ;
- Burette + support ;
- Entonnoir ;
- Pipette graduée de 1ml ;
- HCL 0,02 ;
- Méthyle orange 0,4%.

Mode opératoire

- 1- A l'aide d'une fiole jaugée propre, verser 100 ml d'échantillon dans un erlenmeyer propre de 250 ml ;
- 2- Ajouter 5 gouttes de méthyle orange dans le même erlenmeyer et mélanger, (on obtient une coloration jaune-orange) ;
- 3- Verser HCL goutte à goutte tout en mélangeant jusqu'à obtenir le début d'une coloration orange ;
- 4- Noter le volume de burette «V». [49]

$$\text{T.A.C en mg/l CaCO}_3 = V.10 \text{ (Alcalinité totaux)}$$

f- Dosage de Calcium et de Magnésium**Appareillage et réactifs**

- Erlenmeyer de 100 ml ;
- Fiole jaugée de 50 ml ;
- Burette + support ;
- Entonnoir ;
- Pipette graduée de 5ml + pro-pipette ;
- Solution EDTA 0,01N ;
- Solution de NaOH 2 N ;
- Murexide.

Mode opératoire

- 1- A l'aide d'une fiole jaugée propre de 50 ml, introduire 50 ml d'échantillon dans un erlenmeyer propre de 250 ml ;
- 2- Ajouter 4ml de NaOH 2 N à l'aide de la pipette en plastique propre ;
- 3- A l'aide de la spatule, ajouter un peu de murexide jusqu'à obtenir une coloration bien rose ;
- 4- Mélanger le tout et commencer à verser l'EDTA goutte à goutte tout en mélangeant énergiquement jusqu'à la coloration violette ; [49]
- 5- Noter le volume « V » de la burette et calculer la concentration en calcium à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Concentration en Calcium en mg/l} = 8,016.V$$

En cas de dilution :

En multipliant la relation par 100, on obtient :

$$\text{Concentration en Calcium en mg/l} = 100.8,016.V$$

Concentration en Magnésium :

Magnésium (mg/l en CaCO₃) : c'est la concentration totale des ions (calcium + magnésium) en mg/l en CaCO₃ – Concentration en calcium en mg/l en CaCO₃.

$$\text{Mg (mg/l en CaCO}_3) = [(\text{Dureté totale /50,044}) - (\text{Ca}_2/20,04)].12,156$$

g- Test de Bore (pour l'eau de mer et le saumure)**🔧 Appareillage et réactifs**

- Un bécher, pipette ;
- Un pH mètre ;
- Les solutions HI38074A-0, HI38074B-0, HI38074C-0, HI38074D-0, HI38074E-0;
- Un sachet de mannitol.

🔧 Mode opératoire

- 1- Dans un bécher verser 50 ml de l'échantillon ;
- 2- Ajouter 3 gouttes de HI 38074A-0 et mélanger avec le pH mètre jusqu'à l'obtention de la couleur mauve, donc le pH dépasse le 7 ;
- 3- Ajouter une goutte de HI 38074B-0 et mélanger jusqu'à le changement de couleur jaune, donc le pH est de 6,97 ;
- 4- Ajouter le HI 38074C-0 pour l'obtention d'un pH est de 7,85 ;
- 5- Ajouter un sachet de mannitol réagent pour obtenir un pH inférieur à 7,52 ;
- 6- Ajouter HI 38074 E-0 à l'aide d'une pipette pour augmenter le pH à 7,8, et noter le nombre des gouttes (N = 25 —→ 5g/l de bore). [49]

Tableau III.4 : Tableau de conversion de Bore [HI 38074 Boron test kit for irrigation water]

Nombre de goutte	Bore (mg/l)	Nombre de goutte	Bore (mg/l)
1	0,2	14	2,8
2	0,4	15	3
3	0,6	16	3,2
4	0,8	17	3,4
5	1	18	3,6
6	1,2	19	3,8

7	1,4	20	4
8	1,6	21	4,2
9	1,8	22	4,4
10	2	23	4,6
11	2,2	24	4,8
12	2,4	25	5
13	2,6	26	5,2

h- Le chlore libre : Le chlore a été mesuré au niveau de laboratoire de qualité de la station de Ténès par un appareil de la marque HI96711 ;

- 1- Préparation du blanc : remplir une cuvette en verre avec de l'eau distillée, insérer la dans le puits et appuyer sur zéro ;
- 2- Remplir la cuvette en verre avec 10 ml prélevé de l'échantillon préparé ;
- 3- Ajouter un sachet indicateur de chlore pour obtenir une coloration rose claire ;
- 4- Insérer la cuvette dans le puits de l'appareil et appuyer sur READ. [49]



Figure III.14 : Appareil de mesure de chlore libre (Mars 2017)

III.4 Interprétations et discussion des résultats

Le but de ces analyses est d'estimer de la qualité physico-chimique d'une eau, et de contrôler les paramètres qui permettent de déceler et évaluer les niveaux de pollutions.

III.4.1 Résultats d'analyses

Les résultats d'analyses de l'eau de mer (EB) ; l'eau de saumure (ER) et l'eau traitée (après le dessalement) sont résumés dans les tableaux Suivants.

Tableau III.5: Les résultats d'analyses de l'eau de mer (brute) (EB) et l'eau de rejet (ER).

Date	Unité	05/03/2017		12/03/2017		19/03/2017		26/03/2017	
		EB	ER	EB	ER	EB	ER	EB	ER
PH	--	7,85	7,79	7,98	7,76	7,91	7,8	7,89	7,77
Température	(C°)	16,3	17,3	17,2	20,9	15,4	19,1	18,9	18,1
Conductivité	(μ S/cm)	53870	88790	54260	87890	54590	88300	54230	87540
TDS	Ppm	35554,2	58601,4	35811,6	58007,4	36029,4	58278	35791,8	57776,4
Turbidité	NTU	2	0	0	0	0	0	1	0
TSS	mg/l	10	0	8	0	2	0	10	0
Salinité	g/l	40,07	68,91	40,39	72,11	39,75	68,59	40,71	75,32
Bore	mg/l	4,2	5,2<	4,4	5,2<	4,2	5,2<	4,4	5,2<
Sulfate	mg/l	3180	7394	4430	6572	5174	7300	4676	7850
Chlorure	mg/l	22187,5	38162,5	22365	39937,5	22010	37985	22542,5	41712,5
Calcium	mg/l CaCO ₃	--	3286,5	--	3446,8	--	3366,7	--	3286,5
Magnésium	mg/l CaCO ₃	--	10613,5	--	9153,2	--	9633,3	--	8913,5
Alcalinité	mg/l CaCO ₃	--	3780	--	4100	--	3820	--	3900
Dureté totale TH	mg/lCa CO ₃	--	13900	--	12600	--	13000	--	12200

Tableau III.6: Les résultats d'analyses de l'eau produite.

Date Eléments	Unité	05/03/2017	12/03/2017	19/03/2017	26/03/2017	Limite maximale
pH	/	7,82	7,80	7,79	7,79	6,5-8,5
Température	(C°)	17,35	18,70	17,25	17,26	<25
Conductivité	(µS/cm)	539,54	556,83	522,19	522,08	<2500
TDS	ppm	336,68	347,13	326,18	323,00	150<TDS<500
Turbidité	NTU	0	0	0	0	5
Salinité	%	0	0	0	0	/
Dureté totale	mg/l CaCO ₃	80,75	80,50	80	80,25	500
Calcium	mg/l en CaCO ₃	70,89	70,64	70,14	70,39	200
Magnésium	mg/l en CaCO ₃	9,86	9,86	9,86	9,86	<150
Alcalinité	mg/l en CaCO ₃	87,50	87,50	87,25	87	>65
Chlore libre	mg/l	0,28	0,19	0,19	0,26	1
Bore	mg/l	0,60	0,60	0,60	0,60	1
Indice de langelier	/	0,12	0,13	0,09	0,09	/

III.4.2 Interprétation des résultats

III.4.2.1 L'eau produite

- Le potentiel d'hydrogène :** les valeurs du pH des eaux traitées sont comprises entre 7,79 et 7,82 avec une valeur moyenne de 7,80. Se référant aux normes de qualité de l'eau potable, les valeurs de pH des eaux traitées sont conformes aux normes Algériennes dont les valeurs sont fixées de 6,5 à 8,5.

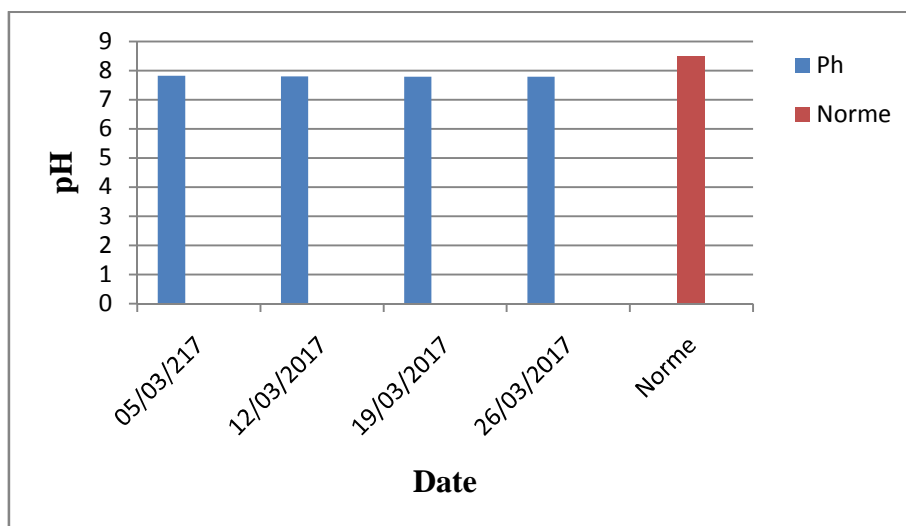


Figure III.15: Comparaison de pH de l'eau produite avec la valeur admissible

- La température :** les échantillons ont une température variée entre 17,25 et 18,70. La norme algérienne indique la température est $<25^{\circ}\text{C}$, donc ces valeurs sont dans les normes de potabilité.

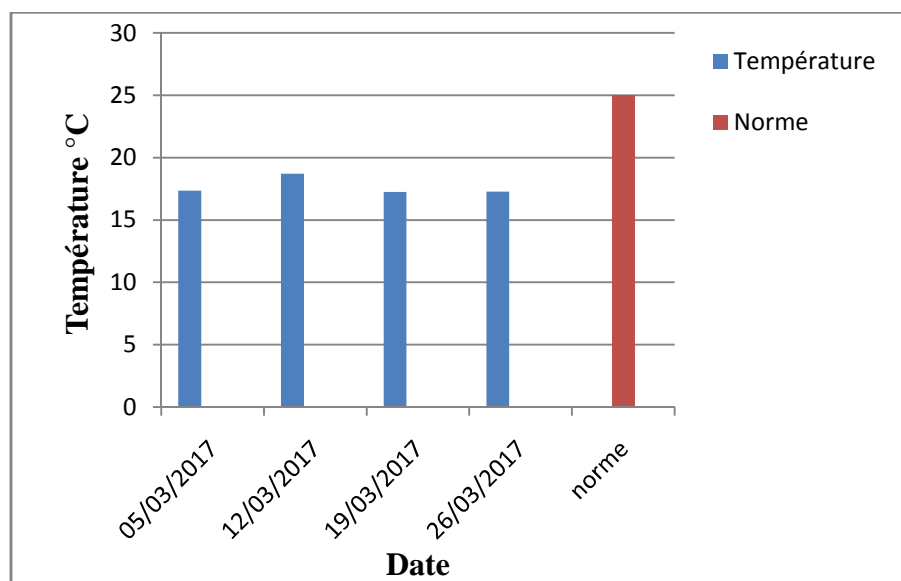


Figure III.16: Comparaison de la température de l'eau produite avec la valeur admissible.

- **La conductivité électrique** : les valeurs enregistrées sont entre 522,08 et 556,83 $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec une valeur moyenne 535,16 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

La valeur de conductivité électrique est conforme à la norme Algérienne, dont les concentrations maximales admissibles sont respectivement inférieures à 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

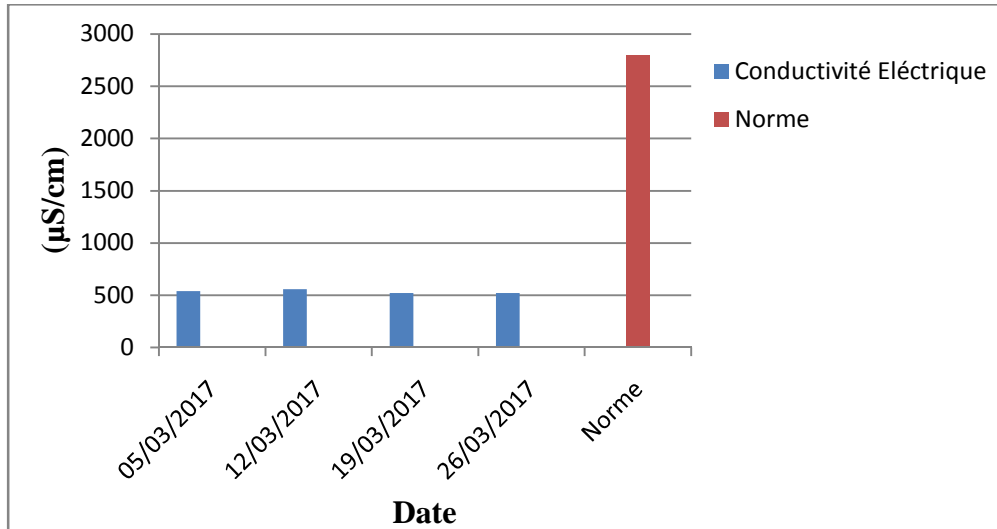


Figure III.17: Comparaison de la conductivité électrique de l'eau produite avec la valeur admissible.

Total des solides dissous (TDS) : les résultats obtenus ont montrés que le taux de TDS varie entre 323 et 347,13ppm, soit une valeur moyenne de 333,25ppm. Les valeurs de TDS se révèlent conformes aux normes préconisées par les normes algériennes qui sont de 150 à 500ppm dans les eaux traitées par dessalement.

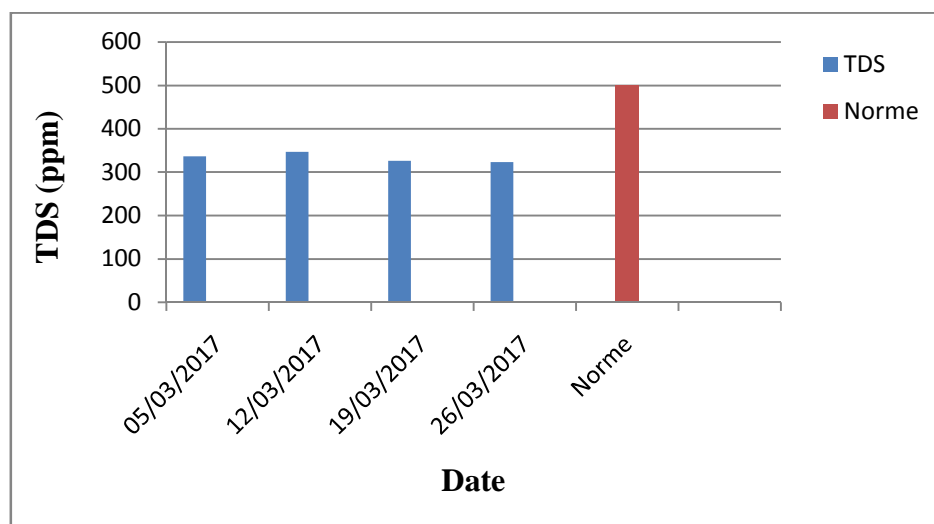


Figure III.18: Comparaison du Total des solides dissous de l'eau produite avec la valeur admissible

La turbidité : la norme algérienne fixe une valeur de 5 NTU de la potabilité de l'eau, les échantillons analysés ont une valeur plus proche de zéro ; ce qui est dans la norme.

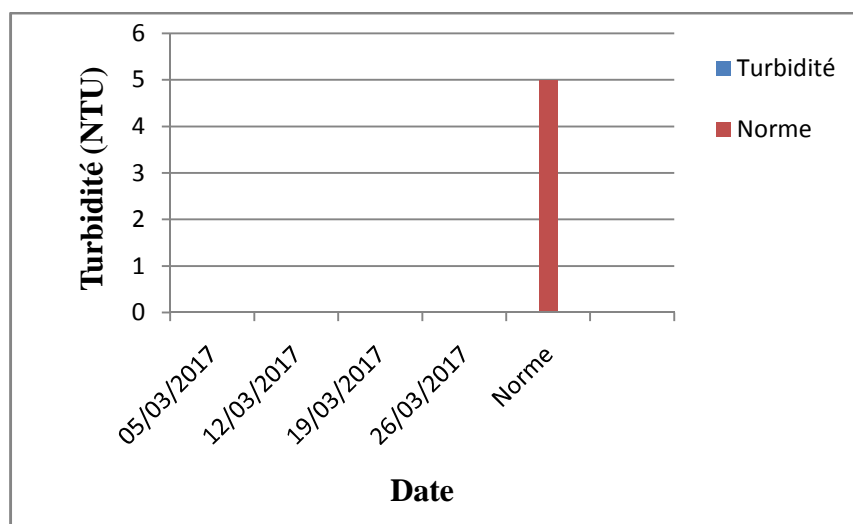


Figure III.19: Comparaison de la turbidité de l'eau produite avec la valeur admissible.

La dureté totale : les mesures de la dureté totale de l'eau traitées comprises entre 80 et 80,75 mg/l en CaCO_3 avec une valeur moyenne de 80,37mg/l. les valeurs enregistrées s'avèrent inférieures à la valeur maximale admissible recommandée par les normes algériennes qui est 500mg/l.

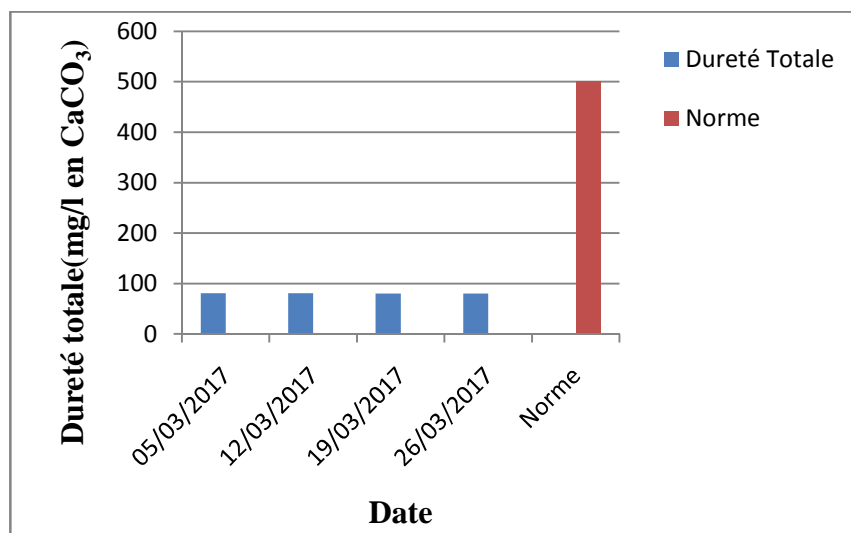


Figure III.20: Comparaison du titre hydrométrique dans l'eau produite avec la valeur admissible.

Le calcium et le magnésium : l'analyse des concentrations en calcium sont comprises entre 70,14 et 70,89 mg/l en CaCO_3 . Ces valeurs sont très inférieures par rapport à la norme algérienne qui indique 200mg/l en CaCO_3 .

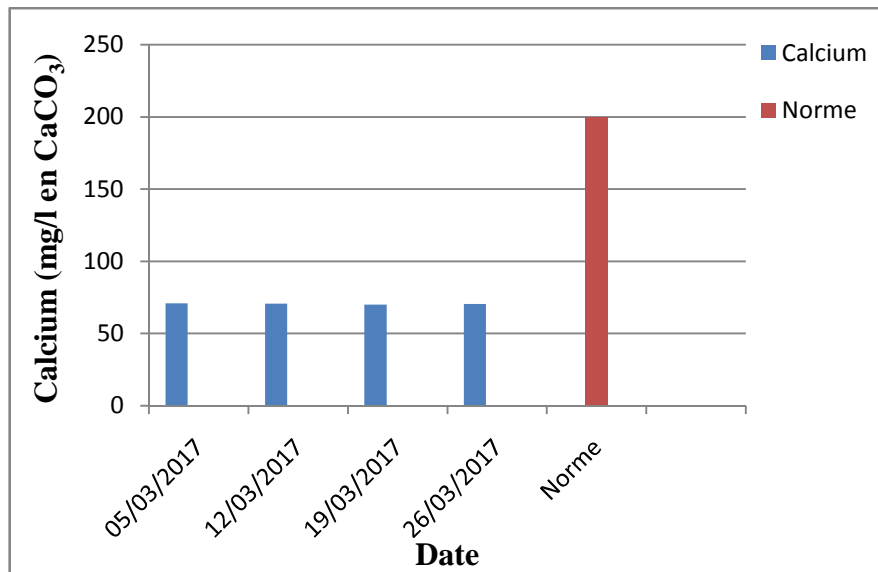


Figure III.21: Comparaison du calcium dans l'eau produite avec la valeur admissible. Les concentrations de magnésium sont les mêmes pendant le mois de mars de valeurs 9,86 mg/l en CaCO₃ ; cette valeur est faible par rapport aux normes algérienne qui indique 150mg/l.

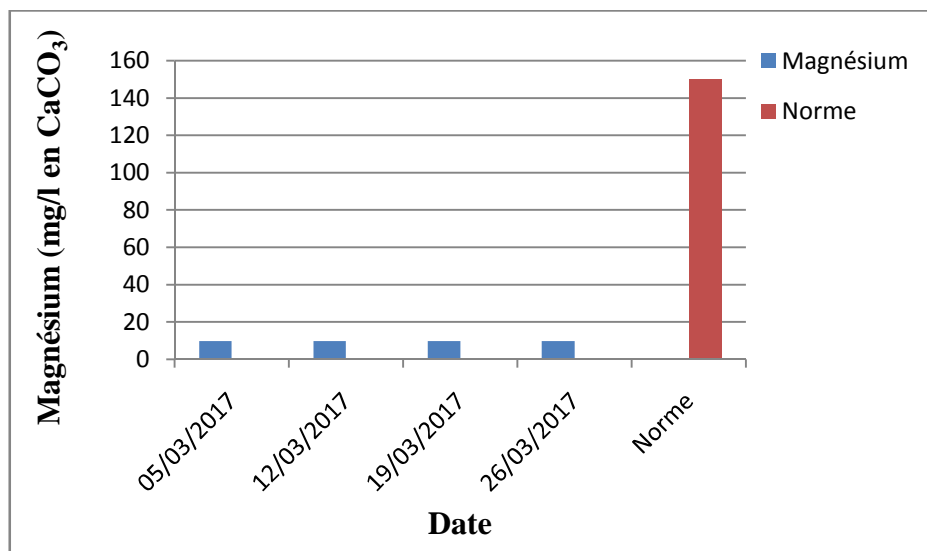


Figure III.22: Comparaison du magnésium dans l'eau produite avec la valeur admissible.

- **L'alcalinité :** Les résultats montrent des valeurs comprises entre 87 – 87,5mg/L en CaCO₃ avec une valeur moyenne de 87,31mg/l en CaCO₃.

Ces valeurs sont également conformes aux normes algériennes qui limitent le taux d'alcalinité des eaux de consommation >65 mg/L en CaCO₃.

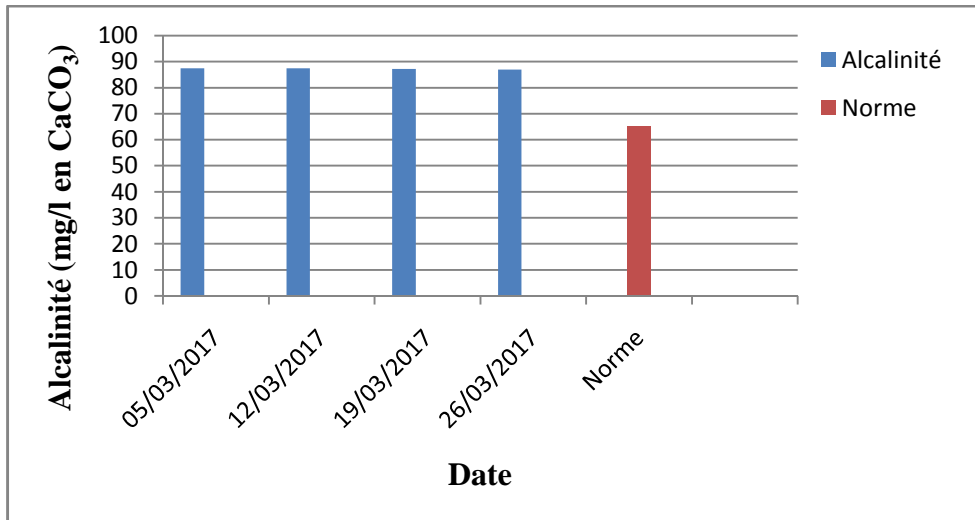


Figure III.23: Concentration de l'alcalinité dans l'eau produite.

- **Le chlore libre (Cl₂) :** Le chlore est l'un des réactifs le plus utilisé lors de la désinfection. Il ne devrait pas dans les conditions normales d'exploitation, d'avoir plus de 0,6mg/l à 1mg/l de chlore libre (HOCl, OCl⁻) dans l'eau de consommation. Cependant, les résultats donnent une valeur maximale égale à 0,28mg/l (<1 mg/l) se qui dans les normes de potabilité.

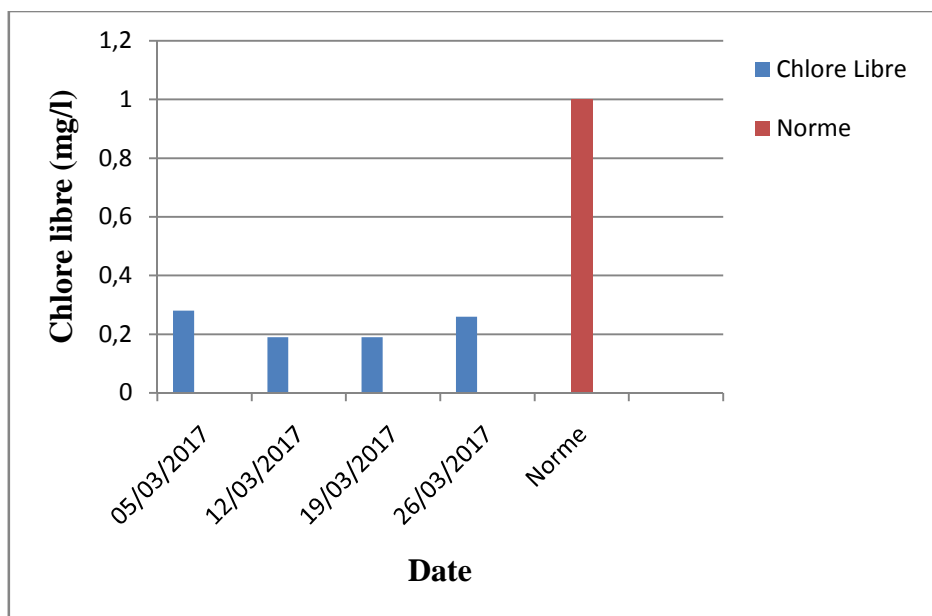


Figure III.24: Comparaison du chlore libre dans l'eau produite avec la valeur admissible.

- **Le bore :** la concentration en Bore des échantillons analysés est stable d'une valeur de 0,6 ppm. Les normes algériennes de potabilités, la teneur en bore doit être inférieure à 1ppm.

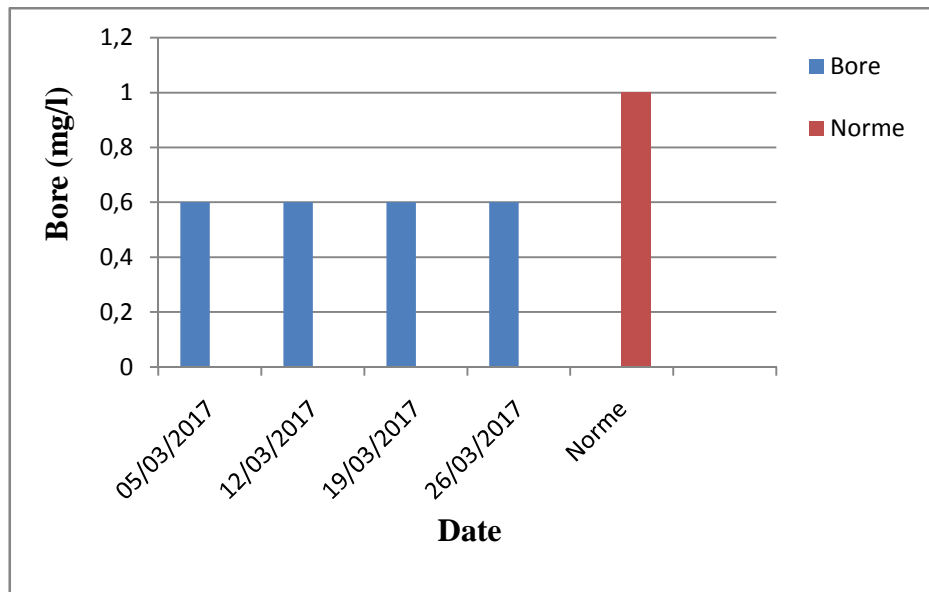


Figure III.25: Comparaison du Bore dans l'eau produite avec la valeur admissible.

- **L'indice de langelier** : les résultats de calcul de cet indice comprise entre 0.09 et 0.13se qui signifier que l'eau produite conforme à la potabilité.

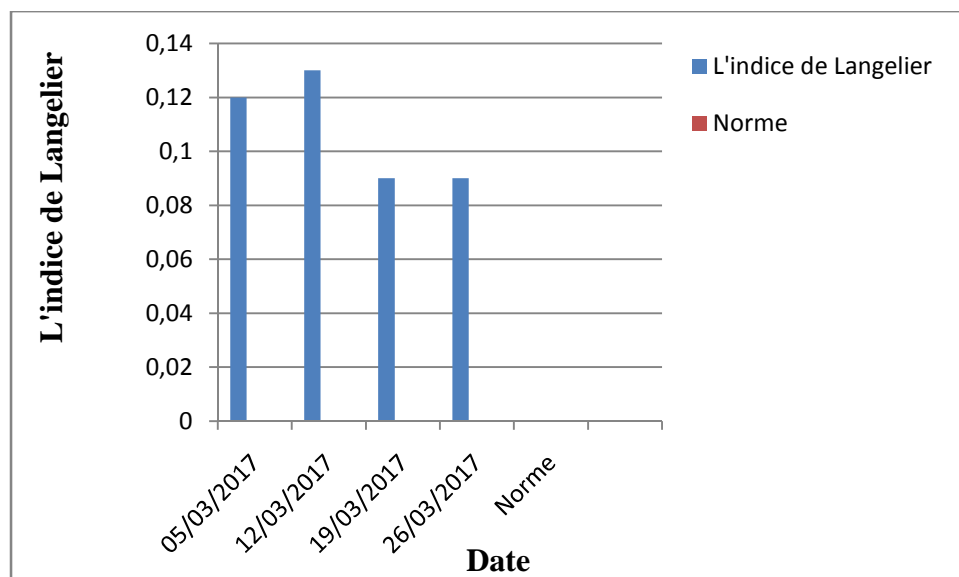


Figure III.26: Valeurs de l'indice de Langelier de l'eau produite.

A la lumière des résultats les valeurs acquises lors des tests physico-chimiques, de l'eau produite par l'unité de dessalement de Ténès, on note que l'eau répond aux normes de potabilité.

III.4.2.2 La saumure et l'eau de mer

- **Le pH** : les valeurs de pH de l'eau de mer sont comprises entre 7,85 et 7,98 par rapport à l'eau rejetée qui sont entre 7,76 et 7,80 ce qui indique qu'ils sont dans les règles (norme 6,5-8,5).

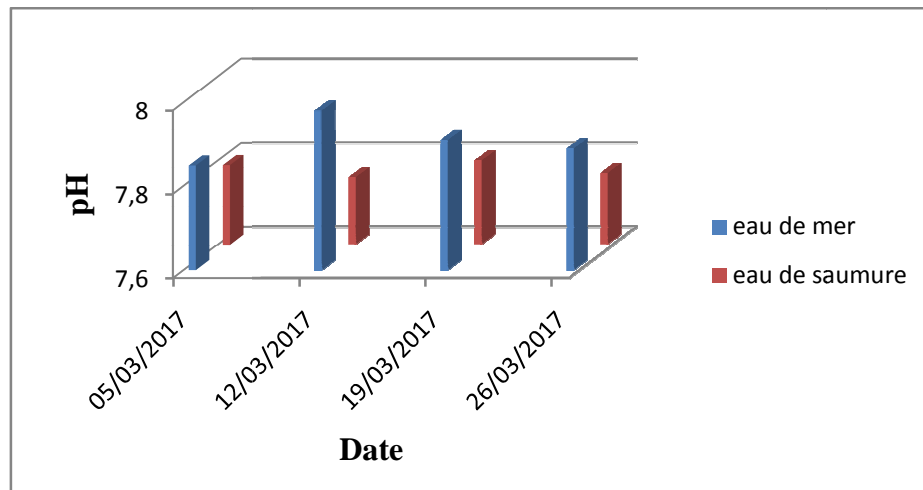


Figure III.27: Comparaison du pH de l'eau brute et de l'eau de saumure.

- **La température :** les valeurs de T de l'eau de mer sont entre 15,4 et 18,9°C, et celle de l'eau rejetée sont entre 17,3 et 20,9°C et d'après les normes (T=30°C), les valeurs sont dans les règles.

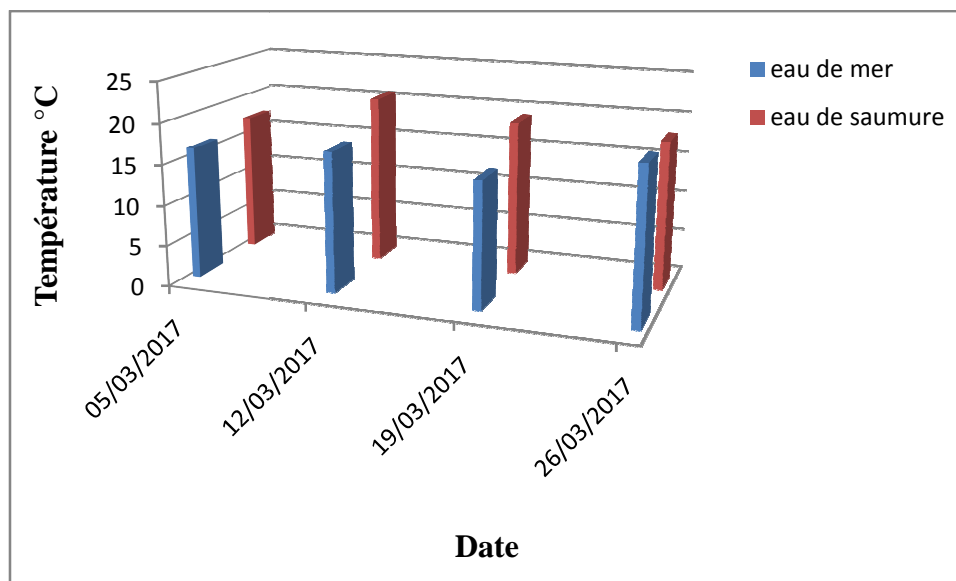


Figure III.28: Comparaison de la température l'eau brute et avec de l'eau de saumure.

- **La conductivité :** les valeurs de conductivité de l'eau mer sont comprises entre 53870 et 54590 $\mu\text{S}/\text{cm}$ par rapport à l'eau rejetée, qui sont très élevées [87540-88790 $\mu\text{S}/\text{cm}$].

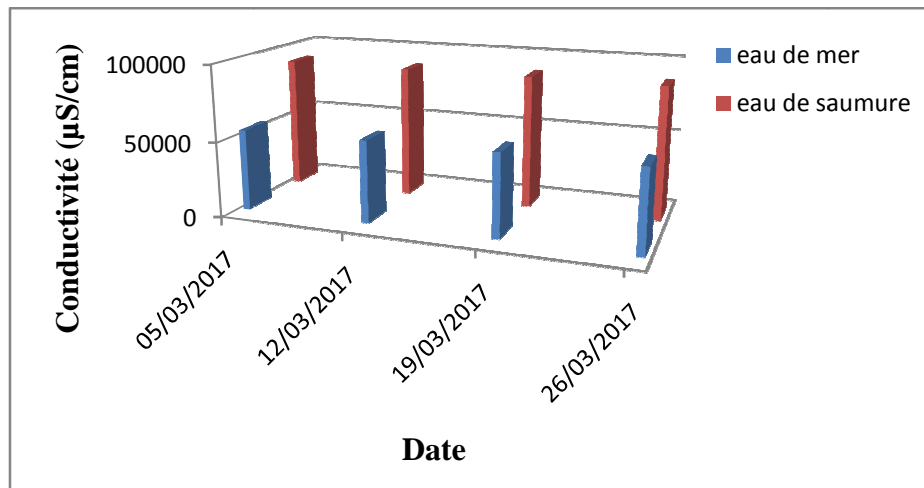


Figure III.29: Comparaison de la conductivité électrique de l'eau brute avec de et l'eau de saumure.

- **TDS :** les résultats enregistrés indiquent que les valeurs de TDS de l'eau mer sont dans l'intervalle de [35554,2-36029 ppm] (norme $35000 < TDS < 39000$), et celle de l'eau rejetée sont de 57776 à 58601,4 ppm.

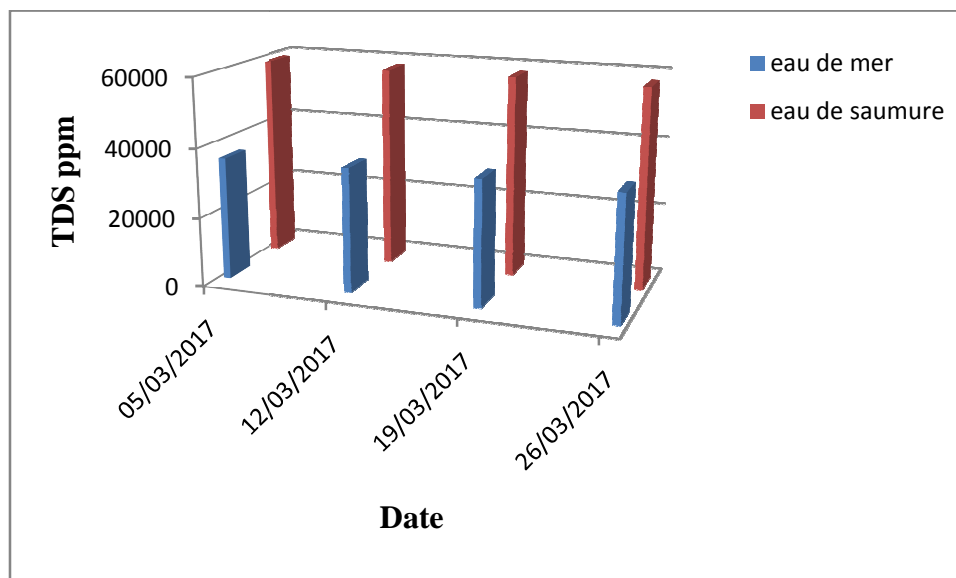


Figure III.30: Comparaison du TDS de l'eau brute avec de l'eau de saumure.

- **La salinité :** d'après les résultats obtenus la salinité de l'eau mer est comprise entre 39,75 et 40,71 g/l, par contre celle de l'eau rejetée est presque le double de l'eau de mer [68,59-75,32 g/l].

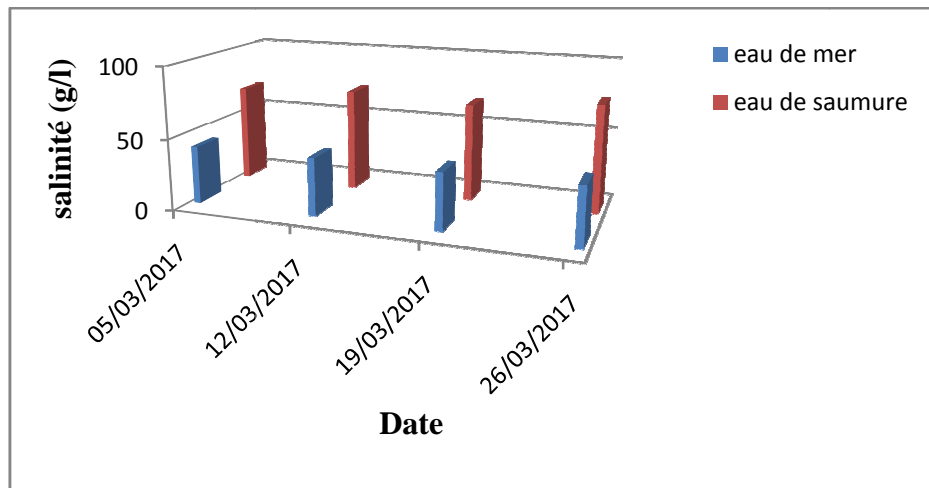


Figure III.31 : Comparaison de la salinité de l'eau brute avec de l'eau de saumure.

- **Le bore :** les valeurs de bore de l'eau de mer sont entre 4,2 et 4,4 mg/l, et celle de l'eau rejetée sont constantes <5,2 dans tous les échantillons (norme bore=2mg/l).
- **Les chlorures :** les chlorures sont très solubles dans l'eau, il est difficile à les éliminer). [49] L'analyse montre un taux en chlorures élevé dans le point de rejet allant de 37985 à 41712,5 mg/l par rapport à l'eau de mer qui a généralement une valeur de 22000mg/l.

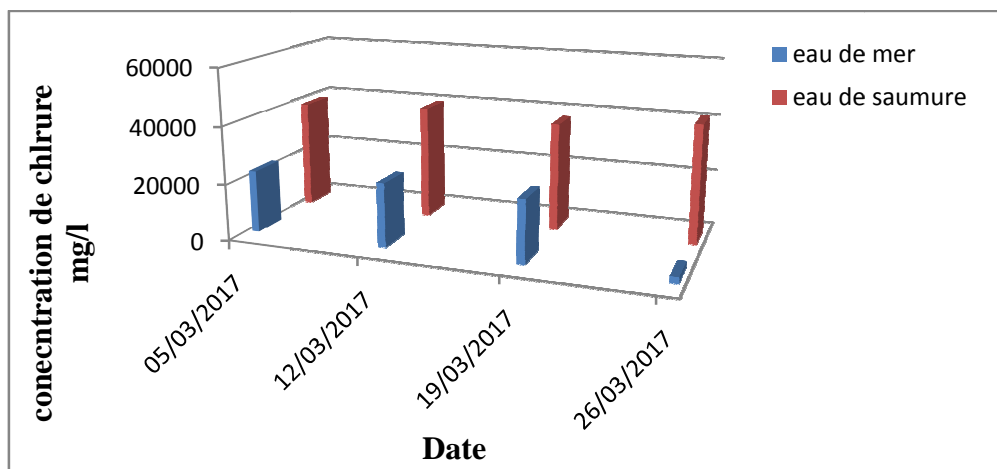


Figure III.32: Comparaison du chlorure de l'eau brute avec de l'eau de saumure.

- **Les sulfures :** 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_2S), 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 de nos résultats, les saumures rejetées dans l'environnement aquatique ont une concentration élevée en sulfates, d'une valeur allant de 6572 à 7850 mg/l avec une teneur moyenne 7279mg/l plus élevée que celle de l'eau de mer. Ces teneurs élevées en sulfates proviennent des produits utilisés dans les prétraitements.

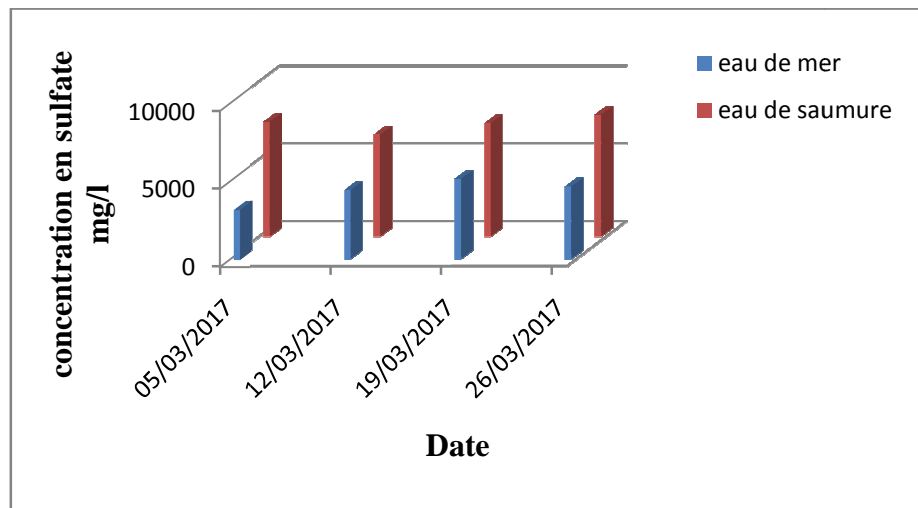


Figure III.33 : Comparaison des sulfates de l'eau brute avec de l'eau de saumure.

III.5 Conclusion

Dans la station de dessalement de Ténès, les étapes de prétraitement utilisées garantissent le bon entretien de l'équipement de la station, produisant une eau douce de bonne qualité et présentent une conformité aux normes d'OMS et normes algériennes.

Les résultats montrent bien l'intérêt de l'implantation de cette station pour résoudre le problème de pénurie en eau potable de la wilaya de Chlef.

La saumure comparativement à l'eau de mer présente une salinité beaucoup plus élevée, ce qui est l'inconvénient majeur du dessalement.

Conclusion générale

Bien que le dessalement de l'eau de mer soit une industrie en développement constant dans de nombreux pays méditerranéens pour réduire le manque d'eau potable, il représente aussi une dangereuse activité qui exerce des impacts sur le milieu marin, ces impacts vont du changement de l'occupation du sol, des conséquences esthétiques et des nuisances sonores ou des rejets rejetés dans l'eau, émissions dans l'atmosphère et dommages potentiels pour le milieu récepteur. Le principal rejet c'est la saumure qui est un polluant nocif sur la vie marine. A cet effet, la protection des zones côtières est l'un des enjeux majeurs pour notre pays qui possède une façade maritime. [50]

La station de dessalement de Ténès fait partie des grandes usines de dessalement en Algérie avec une capacité de production de 200000 m³/jour. En effet, ce projet contribue à résoudre la pénurie des ressources en eau de la wilaya de Chlef et qui alimente 32 communes de la wilaya, cette station est basée sur la technique d'osmose inverse qui a connu un grand développement et présente beaucoup d'avantages, il est relativement simple (une pompe haute pression) et plus performant du point de vue énergétique, avec des filtres à sables et cartouches, outre une récupération de l'énergie du concentrât. [51]

Ce travail est destiné à apporter une contribution à l'étude des impacts du dessalement des eaux de mer sur l'environnement. A savoir l'évolution de la qualité de l'eau brute par un ensemble des analyses physico-chimiques effectuées au niveau de laboratoire de qualité de la station de Ténès et l'influence de la qualité des rejets sur l'environnement.

- A la lumière des résultats les valeurs acquises lors des différents tests physico-chimiques de l'eau produite par l'unité de dessalement de Ténès, on note une eau qui répond aux normes de potabilité de l'OMS ainsi que les normes Algériennes.
- Les impacts causés par la station de dessalement de Ténès, il ya ce qui sont de la phase de construction qui leur activités peuvent modifier la composition du sol en changeant leur topographie, la circulation des engins, des véhicules et les travaux de déblais et remblais qui provoquent la difficulté de la visibilité par la suspension de poussières dans l'atmosphère et leur influence sur la qualité de l'air.

Et pour la phase d'exploitation,

- La saumure qui est le liquide rejeté par la station, comparativement avec l'eau de mer présente une salinité beaucoup plus élevée (environ 40 g/l pour l'eau de mer et 75 g/l pour la saumure), ce qui l'inconvénient majeur de dessalement, et qui provoque l'extinction et la mortalité des poissons, ainsi l'influence sur la qualité de

l'eau par les eaux polluées qui sont mélangées par des produits chimiques (antitartre , antisalissure) rejetée dans la mer ; pour cela elles ne doit pas être rejetée dans la mer avant la neutralisée pour minimiser leur impact sur l'environnement .

- La station de Ténès applique les directives environnementaux, elle est constituée par des matériaux anti sonores qui diminuent le débit de bruit parce que le bruit des machines dans la station présente un gêne auditif pour les travailleurs,
- La saumure qui est le rejet le plus important et, qu'il est géré avec un système des diffuseurs qui sont placés séparément avec une distance de 290 m loin de point de prélèvement pour assurer la dilution de la saumure avec l'eau de mer,
- La station est située environ 300 m à coté des habitants, ce qui est contre la réglementation qui exige que les usines doivent situées au minimum de 2 km loin des habitants.

Références bibliographiques

- [1] **F. MUSSEAU**, Article, URL <http://eau.apinc.org/spip.php?article510>, Libération du 8 Aout, 2007.
- [2] **Y. MANDRI**, « Étude paramétrique du procédé de dessalement de l'eau de mer par congélation sur paroi froide : Alimentation et Nutrition », Université Claude Bernard - Lyon I, Français, 2011.
- [3] **J. DUNGLAS**, « Le dessalement de l'eau de mer, une nouvelle méthode pour accroître la ressource en eau ». Groupe eau. Académie d'agriculture de France, 2014.
- [4] **A. MAUREL**, « Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres », 2^{ème} édition, TEC & doc. 286p, 2006.
- [5] **F. VALLIRON**, « Gestion des eaux: alimentation en eau d'assainissement », presses de l'école nationale des ponts et chaussés, Paris, 1989.
- [6] **R. DESJARDINS**, « Traitement des eaux ». Edition de l'école polytechnique de Montréal, 2^{ème} édition 1997.
- [7] **R.H. HECTOR**, « Supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable », Thèse de Doctorat. Institut national de sciences appliquées de Toulouse, 2006.
- [8] **J. B. CASTAING**, « Procédés de traitement de l'eau de mer en conchyliculture pour la sauvegarde et le maintien de la qualité des mollusques bivalves ». Thèse de doctorat. Génie des procédés. Université de Nante, 2011.
- [9] **B. CHENAOUI**, « Dessalement de l'eau de mer à la station de MAINIS et son impact sur l'environnement ». Séminaire Ouargla. Université de Chlef, 2010.
- [10] **O. AUTRAND**, « Le dessalement d'eau de mer: Un avenir pour l'eau potable? », Février 2007.
- [11] **V. RENAUDIN**, « Le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres » CNRS, Nancy 2003.
- [12] **NICOS X. TSIOURTIS**, « desalination and the environnement » ; desalination vol 141, 2005.
- [13] www.emse.fr « brodahg » fiche9_2.
- [14] **D. BOIXADERA**, « Le dessalement d'eau de mer. BRL Ingénierie » 2001.
- [15] **Tome1**. Dégrement « Mémento technique de l'eau », Lavoisier-Lexique technique de l'eau, Paris, 2005.

- [16] **JUNEP/MAP**, « Dessalement de l'eau de mer en méditerranée évaluation et lignes directrices », MAP Technical Reports Series No. 139, Athens, 2003.
- [17] **S.KEHAL**, « Rétrospective et perspective du dessalement en Algérie. Désalinisation », 2001.
- [18] Ministère des ressources en eaux et de l'environnement Algérienne des eaux.
- [19] **N.SABER**, « l'eau, c'est la vie ». Energie et mines, Avril 2004.
- [20] **JUNEP** « Programme des Nations Unies pour l'Environnement », 07 mai 2001.
- [21] **Tinyurl.com**, « commission européenne- Energy& Transport : figures and main facts », 2007.
- [22] Programme des nations unies pour l'environnement UNEP (DEC)/ MED WG. 231/12, 10. Avril 2003.
- [23] **JUNEP**, « An Approach to Environmental Impact Assessment for Projects Affecting the Coastal and Marine Environment ». Regional Seas Reports and Studies No. 122, 1990.
- [24] **H. HOEPNER**, « a procedure for Environmental Impact Assessments (EIA) for seawater desalination plants », 1999.
- [25] **R. EINAV** and **F. LOKIEC**, « environmental aspects of a desalination plant in Ashkelon »; desalination », 2003.
- [26] **M. ARGYROU**, « Impact of Desalination Plant on marine macrobenthos in the coastal waters of Dehkelia bay, Cyprus ». Internal Report, 2000.
- [27] **C.M. FREIXA**, « Benchmarking International en matière de dessalement des eaux », revue HTE N°142, juin 2009.
- [28] **Z.A Sabri, G.P Laggan** and **R.Hagenson**, « Safety and Environmental impact of fossil fouled desalination plants ». Vol 1 p 99, 1980.
- [29] **R. EINAV, K. HAMSSIB** et **D. PERIYB**, « The footprint of the desalination processes on the environment » Desalination. Vol 152 p 141-154, 2002.
- [30] **B. JACQUES** .Boislève, 2010.
- [31] **M.RAPINAT**, « L'eau. Presse universitaire de France ». 1^{ère} édition : 1982 ISBN 2130375626. 127 p, 1982.
- [32] **W.DICKSON ANDREW** et **C. GOYET**, « US The major ion composition of sea water », département of energy », sept 1994
- [33] **P. DANIS**, « Dessalement de l'eau de mer », 10 juin 2003.

- [34]**B. MOULIN**, «Le kayak et la mer». Edition le Canotier, 2004.
- [35]**M. BOUHAMADOUCHE**, «Sédimentologie du plateau continental Est-Algérois, Boumerdes Boudouaou El-Bahri», mémoire de magistère, USTHB Alger, 1993.
- [36]**A. Louchet**, «Les océans : Bilan et perspectives, Paris, Armand Colin, coll», 2015.
- [37]**R.A. HORNE**, «Marine chemistry the structure of water and the chemistry of the hydrosphere» Wiley –Interscience, 1969.
- [38]**L. HABET**, «contribution à l'étude des impacts du dessalement des eaux de mer sur l'environnement : Cas du littoral du Boumerdes», 2012.
- [39]**W.H.O** World Health Organization, 1987.
- [40]**M. HAMED, A. GUETTACHE et L. BOUAMER**, «Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage». Bechar. Mémoire d'Ingénieur d'état en Biologie. Université de Bechar, 2012.
- [41]**J. POPOVICI**, United States Naval academy XII E.
- [42]Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada», document technique (la dureté), 2009.
- [43]**A.S. MAIGA**, «Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de Bamako: évaluation saisonnière», thèse doctorat en pharmacie, 2005.
- [44]**P. SAVARY**, «Guide des analyses de la qualité de l'eau», territorial éditions, 2010.
- [45]**C. HASLAY. et H. LECLERC**, «Microbiologie des eaux d'alimentation». Technique et documentation. Lavoisier édition, Paris, 1993.
- [46]**ONM** de Dar El-Beida période (1995-2005)
- [47]Bureau d'étude National Eau et Environnement .SPA Alger, janvier 2009.
- [48]Algérienne des eaux, ADE Ténès, mars 2017.
- [49]Document de la station. «UTE, desalodra Ténès Opération et Maiteniments O &M », juin 2016.
- [50]**J. RODIER**, «L'analyse de l'eau « eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer ». 8^{ème} édition. Paris. Edition : Dunod. 1382p, 2005.
- [51]**T.A. JEFFERSON, M.A. WEBBER**, «Mammifères marins du monde, centre d'expertise d'identification taxonomique ETI/FAO», 1996.

**Annexe A : Valeurs limites des paramètres de qualité de l'eau de consommation
humaines**

7 Jomada El Oula 1435 9 mars 2014		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 13	15
ANNEXE			
Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine			
Tableau 1 : paramètres avec valeurs limites			
GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES
Paramètres chimiques	Aluminium	mg/l	0,2
	Ammonium	mg/l	0,5
	Baryum	mg/l	0,7
	Bore	mg/l	- Eaux conventionnelles : 1 - Eaux déssalées ou deminéralisées : 1,3
	Fluorures	mg/l	1,5
	Nitrates	mg/l	50
	Nitrites	mg/l	0,2
	Oxydabilité	mg/l O ₂	5
	Acrylamide	µg/l	0,5
	Antimoine	µg/l	20
	Argent	µg/l	100
	Arsenic	µg/l	10
	Cadmium	µg/l	3
	Chrome total	µg/l	50
	Cuivre	mg/l	2
	Cyanures	µg/l	70
	Mercure	µg/l	6
	Nickel	µg/l	70
	Plomb	µg/l	10
	Sélénium	µg/l	10
	Zinc	mg/l	5
	Hydrocarbures polycycliques aromatiques (H.P.A) totaux	µg/l	0,2
	Fluoranthène, benzo (3,4) fluoranthène, benzo (1,12) fluoranthène, benzo (3,4) pyrène, benzo (1,12) pérylène, indéno (1,2,3-cd) pyrène, benzo (3,4) pyrène	µg/l	0,01
Benzène	µg/l	10	
Toluène	µg/l	700	
Ethylbenzène	µg/l	300	

Annexe B :Les valeurs limites des paramètres organoleptiques et physico-chimique de l'eau de consommation

7 Jomada El Oula 1435 9 mars 2014		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 13		17
<p>Tableau 2</p> <p>Paramètres avec valeurs indicatives</p>				
GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS INDICATIVES	
Paramètres Organoleptiques	couleur	mg/l platine	15	
	Turbidité	NTU	5	
	Odeur à 25 °C	Taux dilution	4	
	Saveur à 25 °C	Taux dilution	4	
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Alcalinité	mg/l CaCO ₃	65 pour les eaux déssalées ou déminéralisées (valeur minimale)	
	Calcium	mg/l	200	
	Chlorure	mg/l	500	
	Concentration en ions hydrogène	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9	
	Conductivité à 20 °C	µS/cm	2800	
	Dureté (TH)	mg/l en CaCO ₃	500	
	Fer total	mg/l	0,3	
	Manganèse	µg/l	50	
	Phosphore	mg/l	5	
	Potassium	mg/l	12	
	Sodium	mg/l	200	
	Sulfates	mg/l	400	
	Température	°C	25	

Annexe C : Valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels(2006)

24 Rabie El Aouel 1427 23 avril 2006	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 26	5		
<p>Art. 11. — Les opérations de contrôle, telles que définies ci-dessus, donnent lieu à la rédaction d'un procès-verbal établi à cet effet.</p> <p>Le procès-verbal comporte :</p> <ul style="list-style-type: none"> — les noms, prénoms et qualité des personnes ayant effectué le contrôle, — la désignation du ou des générateurs du rejet d'effluents liquides industriels et de la nature de leur activité, — la date, l'heure, l'emplacement et les circonstances de l'examen des lieux et des mesures faites sur place, — les constatations relatives à l'aspect, la couleur, l'odeur du rejet, l'état apparent de la faune et de la flore à proximité du lieu de rejet et les résultats des mesures et des analyses opérées sur place, 	<ul style="list-style-type: none"> — l'identification de chaque échantillon prélevé, accompagné de l'indication de l'emplacement, de l'heure et des circonstances de prélèvement, — le nom du ou des laboratoires destinataires de l'échantillon prélevé. <p>Art. 12. — Les méthodes d'échantillonnage, de conservation et de manipulation des échantillons ainsi que les modalités d'analyses sont effectuées selon les normes algériennes en vigueur.</p> <p>Art. 13. — Toutes dispositions contraires au présent décret et notamment les dispositions du décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993, susvisé, sont abrogées.</p> <p>Art. 14. — Le présent décret sera publié au <i>Journal officiel</i> de la République algérienne démocratique et populaire.</p> <p>Fait à Alger, le 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006.</p> <p style="text-align: right;">Ahmed OUYAHIA.</p>			

ANNEXE I				
VALEURS LIMITES DES PARAMETRES DE REJETS D'EFFLUENTS LIQUIDES INDUSTRIELS				
N°	PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCES AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
1	Température	°C	30	30
2	PH	-	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
3	MES	mg/l	35	40
4	Azote Kjeldahl	"	30	40
5	Phosphore total	"	10	15
6	DCO	"	120	130
7	DBO5	"	35	40
8	Aluminium	"	3	5
9	Substances toxiques bioaccumulables	"	0,005	0,01
10	Cyanures	"	0,1	0,15
11	Fluor et composés	"	15	20
12	Indice de phénols	"	0,3	0,5
13	Hydrocarbures totaux	"	10	15
14	Huiles et graisses	"	20	30
15	Cadmium	"	0,2	0,25
16	Cuivre total	"	0,5	1
17	Mercure total	"	0,01	0,05
18	Plomb total	"	0,5	0,75
19	Chrome Total	"	0,5	0,75
20	Etain total	"	2	2,5
21	Manganèse	"	1	1,5
22	Nickel total	"	0,5	0,75
23	Zinc total	"	3	5
24	Fer	"	3	5
25	Composés organiques chlorés	"	5	7

PH : Potentiel d'hydrogène
DBO₅ : Demande biologique en oxygène pour une période de cinq (5) jours
DCO : Demande chimique en oxygène
MES : Matière en suspension

Annexe D : Valeurs limites des paramètres des rejets atmosphériques

17 Rabie El Aouel 1427 16 avril 2006		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 24			13
ANNEXE I					
VALEURS LIMITES DES PARAMETRES DE REJETS ATMOSPHERIQUES					
N°	PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE DES VALEURS LIMITES DES INDUSTRIES ANCIENNES	
1	Poussières totales	mg/Nm ³	50	100	
2	Oxydes de soufre (exprimés en dioxyde de soufre)	"	300	500	
3	Oxydes d'azote (exprimés en dioxyde d'azote)	"	300	500	
4	Protoxyde d'azote	"	300	500	
5	Chlorure d'hydrogène et autres composés inorganiques gazeux du chlore (exprimé en HCL).	"	50	100	
6	Fluor et composés inorganiques du fluor (gaz, vésicule et particules), (exprimés en HF)	"	10	20	
7	Composés organiques volatils (Rejet total de composés organiques volatils à l'exclusion du méthane)	"	150	200	
8	Métaux et composés de métaux (gazeux et particulaires)	"	5	10	
9	Rejets de cadmium, mercure et thallium, et de leurs composés	"	0,25	0,5	
10	Rejets d'arsenic, sélénium et tellure et de leurs composés autres que ceux visés parmi les rejets de substances cancérigènes	"	1	2	
11	Rejets d'antimoine, chrome, cobalt, cuivre, étain, manganèse, nickel, vanadium et zinc, et de leurs composés autres que ceux visés parmi les rejets de substances cancérigènes	"	5	10	
12	Phosphine, phosgène	"	1	2	
13	Acide cyanhydrique exprimé en HCN, brome et composés inorganiques gazeux du chrome exprimés en HBr, chlore exprimé en HCl, Hydrogène sulfuré	"	5	10	
14	Ammoniac	"	50	100	
15	Amiante	"	0,1	0,5	
16	Autres fibres que l'amiante	"	1	50	

Annexe E : Les valeurs limites des paramètres physico-chimiques des rejets d'effluents(2013)

16	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 30	30 Rajab 1434 9 juin 2013																																							
<p>Arrêté du 23 Safar 1434 correspondant au 6 janvier 2013 fixant les valeurs limites maximales et les données particulières relatives aux rejets d'effluents, de déversements ou de dépôts de matières de toute nature ne présentant pas de risques de toxicité ou de nuisance dans le domaine public hydraulique.</p> <p style="text-align: center;">-----</p> <p>Le ministre des ressources en eau,</p> <p>Vu le décret présidentiel n° 12-326 du 17 Chaoual 1433 correspondant au 4 septembre 2012 portant nomination des membres du Gouvernement ;</p> <p>Vu le décret exécutif n° 2000-324 du 27 Rajab 1421 correspondant au 25 octobre 2000 fixant les attributions du ministre des ressources en eau ;</p> <p>Vu le décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels ;</p> <p>Vu le décret exécutif n° 10-88 du 24 Rabie El Aouel 1431 correspondant au 10 mars 2010 fixant les conditions et les modalités d'octroi d'autorisation de rejets d'effluents non toxiques dans le domaine public hydraulique ;</p> <p style="text-align: center;">Arrête :</p> <p>Article 1er. — En application des dispositions de l'article 2 du décret exécutif n° 10-88 du 24 Rabie El Aouel 1431 correspondant au 10 mars 2010, susvisé, le présent arrêté a pour objet de fixer les valeurs limites maximales et les données particulières relatives aux rejets d'effluents, de déversements ou de dépôts de matières de toute nature ne présentant pas de risques de toxicité ou de nuisance dans le domaine public hydraulique.</p>																																									
<p style="text-align: center;">-----</p> <p style="text-align: center;">ANNEXE</p> <p style="text-align: center;">Paramètres physico-chimiques</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">PARAMETRES</th> <th style="width: 20%;">UNITE</th> <th style="width: 40%;">VALEURS LIMITES MAXIMALES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Matières décantables</td> <td>(mg/l)</td> <td style="text-align: center;">0.3</td> </tr> <tr> <td>Nitrates N03</td> <td>(mg/l)</td> <td style="text-align: center;">50</td> </tr> <tr> <td>Nitrites N02</td> <td>(mg/l)</td> <td style="text-align: center;">0.1</td> </tr> <tr> <td>Chlorure Cl</td> <td>(mg/l)</td> <td style="text-align: center;">700</td> </tr> <tr> <td>Chlore actif CL2</td> <td>(mg/l)</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Bioxyde de Chlore ClO2</td> <td>(mg/l)</td> <td style="text-align: center;">0.5</td> </tr> <tr> <td>Sulfate SO4</td> <td>(mg/l)</td> <td style="text-align: center;">400</td> </tr> <tr> <td>Magnésium Mg</td> <td>(mg/l)</td> <td style="text-align: center;">300</td> </tr> <tr> <td>Potassium K</td> <td>(mg/l)</td> <td style="text-align: center;">50</td> </tr> <tr> <td>Sodium Na</td> <td>(mg/l)</td> <td style="text-align: center;">300</td> </tr> <tr> <td>Calcium Ca</td> <td>(mg/l)</td> <td style="text-align: center;">500</td> </tr> <tr> <td>Sulfures S</td> <td>(mg/l)</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> </tbody> </table>			PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES MAXIMALES	Matières décantables	(mg/l)	0.3	Nitrates N03	(mg/l)	50	Nitrites N02	(mg/l)	0.1	Chlorure Cl	(mg/l)	700	Chlore actif CL2	(mg/l)	1	Bioxyde de Chlore ClO2	(mg/l)	0.5	Sulfate SO4	(mg/l)	400	Magnésium Mg	(mg/l)	300	Potassium K	(mg/l)	50	Sodium Na	(mg/l)	300	Calcium Ca	(mg/l)	500	Sulfures S	(mg/l)	1
PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES MAXIMALES																																							
Matières décantables	(mg/l)	0.3																																							
Nitrates N03	(mg/l)	50																																							
Nitrites N02	(mg/l)	0.1																																							
Chlorure Cl	(mg/l)	700																																							
Chlore actif CL2	(mg/l)	1																																							
Bioxyde de Chlore ClO2	(mg/l)	0.5																																							
Sulfate SO4	(mg/l)	400																																							
Magnésium Mg	(mg/l)	300																																							
Potassium K	(mg/l)	50																																							
Sodium Na	(mg/l)	300																																							
Calcium Ca	(mg/l)	500																																							
Sulfures S	(mg/l)	1																																							
<p>Art. 2. — Outre les valeurs limites des paramètres des rejets d'effluents liquides industriels fixées en annexe 1 du décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006, susvisé, les valeurs limites maximales prenant en charge la vulnérabilité du domaine public hydraulique sont fixées en annexe du présent arrêté.</p> <p>Art. 3. — La localisation et la délimitation du lieu de rejet, de déversement ou de dépôt de matières de toute nature et les caractéristiques techniques de son aménagement doivent prendre en compte la proximité et les conditions d'utilisation des eaux souterraines et superficielles faisant partie du domaine public hydraulique naturel ainsi que des ouvrages de mobilisation et de transfert relevant du domaine public hydraulique artificiel existants ou projetés.</p> <p>Art. 4. — L'autorisation de rejet, de déversement ou de dépôt de matières de toute nature est octroyée par le wali territorialement compétent, sur la base d'une instruction technique menée par les services des ressources en eau concernés visant à s'assurer du respect des conditions et modalités fixées par les articles 2 et 3 du présent arrêté.</p> <p>Art. 5. — Le présent arrêté sera publié au <i>Journal officiel</i> de la République algérienne démocratique et populaire.</p> <p style="text-align: right;">Fait à Alger, le 23 Safar 1434 correspondant au 6 janvier 2013.</p> <p style="text-align: right;">Hocine NECIB.</p>																																									

Annexe F : Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau produite de la station de Ténès

(Mars 2017)

Date	Paramètre	pH	T	conductivité	TDS	Turb	TH	Ca	Ca	Mg	Al	Cl ₂	Indice de langelier
	Unité	/	°C	µS/cm	Ppm	NTU	Mg/l en CaCO ₃	Mg/l	Mg/l en CaCO ₃	Mg/l en CaCO ₃	Mg/l en CaCO ₃	g/l	/
01/3/2017	/	7,80	16,91	543,31	339,69	0,00	80,75	28,36	70,89	9,86	87,5	0,29	0,10
02/3/2017	/	7,81	17,00	539,75	335,35	0,00	80,50	28,26	70,64	9,86	87,63	0,26	0,11
03/3/2017	/	7,83	17,29	549,20	341,65	0,00	80,50	28,26	70,64	9,86	87,63	0,31	0,13
04/3/2017	/	7,80	17,88	549,25	340,38	0,00	81,00	28,48	71,14	9,86	87,38	0,24	0,11
05/3/2017	/	7,82	17,35	539,54	336,68	0,00	80,75	28,36	70,89	9,86	87,50	0,28	0,12
06/3/2017	/	7,82	17,15	536,91	335,54	0,00	80,50	28,06	70,14	10,36	86,88	0,24	0,11
07/3/2017	/	7,81	17,33	512,55	318,05	0,00	81,00	28,36	70,89	10,11	87,25	0,26	0,11
08/3/2017	/	7,83	17,36	514,66	318,61	0,00	80,75	28,36	70,89	9,86	87,38	0,25	0,13
09/3/2017	/	7,81	17,69	546,24	339,09	0,00	80,75	28,36	70,89	9,86	87,38	0,22	0,11
10/3/2017	/	7,80	17,61	553,21	345,30	0,00	80,50	28,26	70,64	9,86	87,50	0,22	0,11
11/3/2017	/	7,80	18,01	546,31	341,21	0,00	80,50	28,26	70,64	9,86	87,63	0,20	0,12
12/3/2017	/	7,80	18,70	556,83	347,13	0,00	80,50	28,26	70,64	9,86	87,50	0,19	0,13
13/3/2017	/	7,84	18,48	562,24	350,35	0,00	80,75	28,36	70,89	9,86	87,63	0,21	0,16
14/3/2017	/	7,84	18,03	559,40	349,39	0,00	80,75	28,26	70,64	10,11	87,38	0,22	0,15
15/3/2017	/	7,80	17,63	547,88	341,96	0,00	80,25	28,06	70,14	10,11	86,63	0,21	0,10
16/3/2017	/	7,84	17,06	536,28	336,21	0,00	80,50	28,16	70,39	10,11	87,38	0,20	0,13
17/3/2017	/	7,80	17,00	526,26	328,99	0,00	80,25	28,06	70,14	10,11	87,25	0,24	0,09
18/3/2017	/	7,80	17,01	519,74	324,58	0,00	80,25	28,16	70,39	9,86	87,50	0,20	0,09
19/3/2017	/	7,79	17,25	522,19	326,18	0,00	80,00	28,06	70,14	9,86	87,25	0,19	0,09
20/3/2017	/	7,81	17,71	521,41	323,05	0,00	80,00	27,86	69,64	10,36	87,13	0,19	0,11
21/3/2017	/	7,83	17,64	544,04	339,79	0,00	80,25	28,16	70,39	9,86	87,50	0,20	0,14
22/3/2017	/	7,81	17,99	547,75	340,13	0,00	80,75	28,26	70,64	10,11	86,88	0,17	0,12
23/3/2017	/	7,83	17,43	541,45	338,19	0,00	80,5	27,96	69,89	10,61	86,63	0,27	0,12
24/3/2017	/	7,82	16,66	534,24	331,73	0,00	80,25	28,16	70,39	9,86	86,75	0,26	0,10
25/3/2017	/	7,80	16,40	525,59	325,48	0,00	80,25	28,06	70,14	10,11	86,88	0,21	0,08
26/3/2017	/	7,79	17,26	522,08	323,00	0,00	80,25	28,16	70,39	9,86	87,00	0,26	0,09
27/3/2017	/	7,79	18,05	531,85	329,15	0,00	80,25	28,06	70,14	10,11	87,00	0,22	0,10
28/3/2017	/	7,81	17,30	506,40	331,23	0,00	80,00	27,95	69,85	10,15	86,71	0,19	0,10
29/3/2017	/	7,81	17,56	544,50	338,71	0,00	80,50	28,16	70,39	10,11	86,63	0,22	0,11
30/3/2017	/	7,82	17,93	544,36	337,13	0,00	80,25	28,36	70,89	9,36	86,88	0,18	0,13
31/3/2017	/	7,80	18,49	547,10	338,04	0,00	81,25	28,26	70,39	10,86	86,38	0,26	0,12
Moyenne Mois de Mars	/	7,81	17,52	537,69	335,22	0,00	80,49	28,20	70,48	10,01	87,18	0,23	0,11

Résumé

L'augmentation de la population et l'insuffisance des ressources en eau douce dans de nombreux pays du monde posera un problème de pénurie de l'eau potable, de ce fait le dessalement de l'eau de mer est la solution adéquate de cette problématique

On a effectué des analyses physico-chimique et organoleptique de l'eau de mer de la station de Ténès, de l'eau dessaler pour essayer d'expliquer l'influence de ces différents paramètres sur l'environnement et aussi jusqu'à quel degrés ils peuvent influencer sur les problèmes environnementaux. A la suite des analyses physico-chimiques, on constate qu'il y a diminution significative de la concentration de certains éléments de l'eau traitée, à savoir la salinité, ce qui peut être expliquée fort probablement par l'efficacité du procédé de traitement par l'Osiose inverse , en même temps, on enregistre une grande baisse des minéraux tels, le magnésium et la dureté totale.

Concernant l'eau rejetée (saumâtres), on remarque qu'il y a une augmentation importante de la salinité, la conductivité, ainsi les chlorures.

Mots clés : Dessalement, Eau de mer, Saumâtres, Station de Ténès, Osiose Inverse

Abstract

Our study is based on the technique of reverse osmosis desalination of water from the Mediterranean Sea beach El Hilal located in the wilaya of Ain Temouchent. Were carried out physico-chemical and organoleptic seawater desalinated water to try to explain the influence of these parameters on the environment and also to what degree they can influence on environmental issues.

Following the physico-chemical analyzes, we see that there is decrease Significant concentration of certain elements of the treated water, namely salinity and organic matter, This can be explained by the likely effectiveness of the treatment process and, at the same time, there was a large decrease in minerals such as calcium, magnesium and total hardness. Rejected on water, we note that there is a significant increase in salinity, conductivity, chlorides and organic matter.

Key words : Desalination, Sea water, Brackish , Reverse Osmosis.

تلخيص

ارتفاع الكثافة السكانية و نقص الموارد المائية في كثير من دول العالم يؤدي إلى مشكل نقصان المياه العذبة لهذا تصفية مياه البحر هي الحل الأنسب لهذه الأزمة، قمنا بتحليل فيزيوكيميائية و مؤثرة الحواس لمحطة تنس لشرح تأثير هذه المعالم المختلفة على البيئة.

نظرا للتحليل ، نستنتج انخفاض في تركيزات بعض عناصر المياه المحلات مثل الملوحة بالإضافة أيضا إلى انخفاض بعض المعادن مثل المغنيزيوم و الصلابة الكلية.

بالنسبة للمياه المقذوفة (المالحة)، نلاحظ ارتفاع مهم في نسبة الملوحة ، الناقلية، و كذلك الكلور.

الكلمات الرئيسية: تصفية مياه البحر ، محطة تنس ، الملوحة ، المياه المحلات.