



وزارة البحث العلمي والتعليم العالي
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPEREUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم
Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem

كلية العلوم و التكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie
DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCÉDES

N° d'ordre : M2/GC/2022

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Génie Des Procédés

Spécialité : Génie chimique

Etudes de procédé de dessalement de l'eau de mer par la station de dessalement de Ténès - Wilaya de Chlef

Présenté par :

1. Melle BOUMOUSA Asmaa.
2. Melle ABADELIA Abir.

Soutenu le 04/ 07/ 2022 devant le jury composé de :

Présidente :	MEKIBES Zohra	MCB	U .Mostaganem
Examineur :	BENZEKRI BENALLOU Mokhtar	MCA	U .Mostaganem
Encadrant :	TERMOUL Mourad	MCA	U .Mostaganem

Année Universitaire : 2021 / 2022

Remerciements

En premier lieu, nous tenons à remercier le DIEU le tout puissant pour nous avoir donné : le courage, la patience et la volonté de terminer ce modeste travail.

*Les premières personnes que nous tenons à remercier très sincèrement Mr **TERMOUL Mourad**, Maître de conférences A à l'Université de Mostaganem, d'avoir accepté de nous encadrer, d'être à l'origine du thème de ce mémoire de fin d'études de master en génie des procédés et pour son aide précieuse dans la rédaction de ce modeste travail.*

*Nous remercions Madame **Z. MEKIBES** et Monsieur **M. BENZEKRI BENALLOU**, les membres de jury d'examen pour l'honneur qu'ils nous font en participant au jugement de ce travail.*

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à Mr **k. MELAB** et Mr **A. BELATOUI**, ainsi que M^{elle} **A. BOUZEKRI** et Mr **M. OUDANE** pour leur modestie, leur aide et leur disponibilité durant la période de stage. Nous remercions aussi tous les techniciens et les ingénieurs de la station de dessalement de l'eau de mer de Ténès.*

*Nous remercions profondément Mr **A. AYACHI**, qui n'a jamais cessé de nous conseiller, orienter et nous encourager, ainsi qu'à tout le personnel de laboratoire régional de l'ADE de la wilaya de Chlef.*

Enfin, nous exprimons nos reconnaissances et nos affections à notre famille, nos amis ainsi qu'à toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à l'exécution de ce modeste travail et qui n'ont pas pu être cités ici.

Dédicace

A cœur vaillant rien n'est impossible

A conscience tranquille tout est accessible

Quand il y a la soif d'apprendre

Tout vient à point à qui sait attendre

Quand il y a le souci de réaliser un objectif

*Tout devient facile pour arriver à nos fins Malgré les obstacles qui
s'opposent*

En dépit des difficultés qui s'interposent

Je dédie ce modeste travail

*A celle qui m'a arrosé de tendresse et d'espoirs, à la source d'amour
qui est souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes
exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse,
mon adorable mère.*

*A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite
et tout mon respect, mon grand-père Mohamed.*

*A mon très cher frère Amine, que dieu de protéger et leurs offre la
chance et le bonheur.*

Aux gens que j'aime : Imane, Youssra, Abir, Hamida, Hafidh.

*Une spéciale dédicace à tous ceux qui ont été de vrais amis pour
moi, qui m'ont soutenu et partagé avec moi tous les moments de ma
joie et de ma peine tout au long de ces années, merci. Puisse Allah vous
préserver. J'espère conserver à jamais les souvenirs et les liens qui
nous unissent.*

Asmaa

Dédicace

La vie est liée à l'interdépendance humaine issu des valeurs morales c'est pourquoi je tiens c'est avec grande plaisir que je dédie ce modeste travail accompagné d'un profond amour à

Ma mère qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie.

Mon père, qui trouvera aujourd'hui le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit.

Ma petite sœur Malak et mon frère Amari, que j'adore, je leur souhaite une vie pleine de santé et du succès.

Mon encadreur M.TERMOUL, j'espère que Dieu la récompensera pour ses efforts et ses conseils.

Aux gens que j'aime : Bouthaina, Fella, Ikhlâs, Bouthaina, Manal, Maroua, Manar, Ghada, Omâima, Khadidja, Asmaa, Lina, Ismahane.

Ma grande famille de département de génie des procédés et à tous les enseignants qui m'ont donnés de nouvelles clés de connaissance.

Abir

Sommaire

Remerciements	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Résumé	
Introduction générale.....	1

Chapitre I : L'eau et ses propriétés

I.1	L'eau.....	4
I.1.1	Définition	4
I.1.2	Propriétés de l'eau.....	4
I.2	Les ressources hydriques	5
I.2.1	L'eau de pluie	5
I.2.2	Eau de surface	5
I.2.3	Eau souterraine.....	6
I.2.4	Eau de mer et eau saumâtre.....	6
I.3	Eau potable	7
I.3.1	Critères de potabilité d'une eau destinée à la consommation	7
I.4	Propriétés d'eau de mer	9
I.4.1	Composition d'eau de mer	9
I.4.2	Caractéristiques physico-chimique	9

Chapitre II : Généralité sur le dessalement de l'eau de mer

II.1	Généralité sur le dessalement de l'eau de mer	11
II.1.1	Définition	11
II.1.2	Principe de dessalement	11
II.1.3	Différents procédés de dessalement	11
II.2	Dessalement de l'eau de mer en Algérie	13
II.2.1	Historique	13
II.2.2	Ressource d'eau en Algérie.....	14
II.2.3	Stations de dessalement en Algérie	15
II.2.4	Avantages et inconvénients de dessalement de l'eau de mer en Algérie	16

II.2.5	Gestion intégrée des ressources en eau dans la wilaya de chlef.....	18
II.3	Présentation de la station de dessalement de Ténès	19
II.3.1	Présentation de la commune de Ténès	19
II.3.2	Présentation de la station Ténès Lilmiyah.....	19
II.3.3	Présentation du groupe ABENGOA dans la station.....	20
II.3.4	Situation géographique de la station	21
II.4	Procédé de dessalement au niveau de la station	22
II.4.1	Processus général de dessalement	22
II.4.2	Etapas de dessalement des eaux de mer	22

Chapitre III: Matériels et Méthodes

Partie 1 : Contrôle de qualité au niveau de la station de dessalement d'eau de mer

(Ténès Lilmiyah)

III.1	Contrôle de qualité.....	33
III.1.1	Prélèvement.....	33
III.1.2	Contrôle physico-chimique	34

Partie 2 : Contrôle de qualité au niveau de laboratoire d'analyse régional de l'ADE

(Wilaya de Chlef)

III.2	Contrôle de qualité.....	44
III.2.1	Prélèvement.....	44
III.2.2	Contrôle physico-chimique	45

Chapitre IV : Résultats et discussions

IV.1	Normes Algériennes des paramètres physicochimique	58
IV.2	Les analyse physiques et chimiques	59
IV.2.1	Contrôle physiques.....	59
IV.2.2	Control chimique.....	66

Conclusion générale & perspective.....	70
---	-----------

Référence bibliographique

Annexes

Liste des figures

Chapitre I : L'eau et ses propriétés

Figure I.1:une molécule d'eau.	4
-------------------------------------	---

Chapitre II : Généralité sur le dessalement de l'eau de mer

Figure II.1: Osmose inverse.	13
Figure II.2: principe du procédé électrodialyse.	13
Figure II.3: Situation géographique.	21
Figure II.4: Vue générale sur la station de Ténès.	21
Figure II.5: Processus de dessalement.	22
Figure II.6: Tuyaux de captage de l'eau de mer.	22
Figure II.7: Baudry de la station.	23
Figure II.8: Pompe de la captation de l'eau de mer.	23
Figure II.9: Filtre à sable.	24
Figure II.10: Filtre à cartouche.	24
Figure II.11: Pompe HP intermédiaire.	25
Figure II.12: Principe de fonctionnement d'osmose.	26
Figure II.13: Membrane.	26
Figure II.14: Pression osmotique.	27
Figure II.15: Fonctionnement d'osmose inverse.	27
Figure II.16: Bâtiment d'osmose inverse.	28
Figure II.17: Récupération de l'énergie.	29
Figure II.18: Schéma générale d'une unité d'osmose inverse.	29
Figure II.19: Principe de fonctionnement d'ERI.	29
Figure II.20: Anti-tart (métabisulfate).	30
Figure II.21: Saturateur de (Ca(OH) +H ₂ O).	31
Figure II.22: Réservoir de stockage de l'eau produite.	32
Figure II.23: Pompe H pour la distribution de l'eau produite.	32

Chapitre III: Matériels et Méthodes

Figure III.1: Point de prélèvement de l'eau de mer.	33
Figure III.2: Point de prélèvement de l'eau produite.	33
Figure III.3:Appareil multi-paramètre.	34

Figure III.4: Spectromètre pour la mesure de sulfate et TSS.	36
Figure III.5: Dosage de chlorure.	37
Figure III.6: Turbidimètre.	38
Figure III.7: Colorimètre.	39
Figure III.8: Dosage de la dureté totale (TH).	40
Figure III.9: Dosage de calcium et de magnésium.	41
Figure III.10: Dosage de l'alcalinité.	42
Figure III.11: Flacons de prélèvement en verre.	44
Figure III.12: Stockage des échantillons.	44
Figure III.13: pH mètre de mesure.	45
Figure III.14: Conductimètre de mesure.	46
Figure III.15: Dosage d'ammonium.	47
Figure III.16: Dosage de nitrite.	48
Figure III.17: Dosage de nitrite.	49
Figure III.18: Dosage de phosphate.	50
Figure III.19: La photométrie de flamme.	55

Chapitre IV : Résultats et discussions

Figure IV.1: Diagramme représentatif des résultats de température.	60
Figure IV.2: Diagramme représentatif des résultats de pH.	61
Figure IV.3: Diagramme représentatif des résultats de conductivité.	62
Figure IV.4: Diagramme représentatif des résultats de TDS.	63
Figure IV.5: Diagramme représentatif des résultats de salinité.	64
Figure IV.6: Diagramme représentatif des résultats de turbidité.	65
Figure IV.7: Diagramme représentatif des résultats de TH.	66
Figure IV.8: Diagramme représentatif des résultats de calcium.	67
Figure IV.9: Diagramme représentatif des résultats de magnésium.	68
Figure IV.10: Diagramme représentatif des résultats de TAC.	69

Liste des tableaux

Chapitre I : L'eau et ses propriétés

Tableau I-1: Teneur en salinité de l'eau de mer. 9

Chapitre II : Généralité sur le dessalement de l'eau de mer

Tableau II-1: Grandes unités de dessalement en Algérie. 15

Tableau II-2: Petites stations de dessalement. 16

Tableau II-3: Quantité distribuée par la station de dessalement de l'eau de mer de Ténès. ... 20

Chapitre III: Matériels et Méthodes

Tableau III-1: Fourchette d'équilibre de l'indice de Langelier.43

Chapitre IV : Résultats et discussions

Tableau IV-1: Normes Algérienne des paramètres chimiques. 58

Tableau IV-2: Normes Algériennes des paramètres physiques. 59

Tableau IV-3 : Les résultats des paramètres physique. 59

Tableau IV-4: Résultats des paramètres chimiques. 66

Abréviations

- AEP** : Alimentation en eau potable.
- AEC** : Algerian Energy Company
- ADE** : Algérienne des eaux
- CV** : compression mécanique de vapeur
- EB** : Eau Brute
- ED**: Electrolyse.
- EDTA**: Ethyle Diamine Tétra Acétique
- ERI**: Energy Recovery INC
- pH**: Potentiel d'Hydrogène.
- TDS**: Solides Totaux Dissous.
- MSF** : Multi Stage Flash.
- MED** : Distillation à Multiples Effets.
- MVC** : Compression Mécanique de Vapeur.
- AEC**: Algerian Energy Company.
- RN**: Route Nationale.
- PX** : Echangeur de Pression.
- TSS** : Total des Matières Solides en Suspension.
- DPD** : Diéthyle-p-Phénylène-Diamine.
- N.E.T** : Noir d'Eriochrome T.
- OMS** : Organisation Mondiale de la santé
- EDTA** : Ethyle Diamine Tétra Acétique.
- TH** : Titre Hydrométrique (la dureté totale).
- TA** : Titre Alcalimétrique
- TAC** : Titre Alcalimétrique Complet.
- IL** : Indice de Langelier.
- Ppm** : partie par million.
- N** : Normalité.

NTU: Unité Néphrélométrique de Turbidité.

M.E.R : Ministère des Ressources en Eau

m³/j : Mètre cube par jour.

m³/h : Mètre cube par jour heure.

m²: Mètre carré.

m/h : Mètre par heure.

g/l : gramme par litre.

mg/l : milligramme par litre.

mol/l : mol par litre.

mmol/l : millimole par litre.

µS/cm : micro siemens par centimètre.

µm : micromètre.

°C : Degrés Celsius.

Résumé

Avec la pénurie en eau potable, le dessalement de l'eau de mer devient une des solutions les plus pratiques à travers le monde pour l'alimentation en eau potable. Dans le cadre de ce travail, la station de dessalement d'eau de mer au sein de la ville de Ténès fournie de l'eau potable pour occuper ce manque d'eau. L'étude réalisée a pour objectif de faire un suivi de procédé de dessalement d'eau de mer par la technique d'osmose inverse ainsi que d'évaluer la qualité physico-chimiques des trois point d'alimentation en eau potable : eau dessalée, eau de barrage de sidi Yacoub et le forage de Sendjas, tout en se référant aux normes de potabilité (OMS et Algérienne). On peut déduire que la majorité des paramètres physico-chimiques étudiés de l'eau obtenue par le dessalement de l'eau de mer respectent les normes de potabilité admissibles. À l'exception du forage de Sendjas et le barrage de Sidi Yacoub où ils dépassent quelque norme, ceci peut être expliqué par la nature géochimique des roches traversées par les eaux dans ces régions.

Mots clés : eaux, dessalement, osmose inverse, qualité physico-chimique, potabilisation.

ملخص

مع ندرة مياه الشرب، أصبحت تحلية مياه البحر واحدة من أكثر الحلول العملية في جميع أنحاء العالم لتوفير مياه الشرب. في سياق هذا العمل، توفر محطة تحلية مياه البحر على مستوى مدينة تنس مياه الشرب لسد هذا النقص في المياه. الهدف من الدراسة التي تم إجراؤها هو مراقبة عملية تحلية مياه البحر باستخدام تقنية التناضح العكسي وكذلك تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية لثلاثة مصادر مياه صالحة للشرب: المياه المحلاة، مياه سد سيدي يعقوب ومياه بئر سنجاس. مع الإشارة إلى معايير القابلية للشرب (منظمة الصحة العالمية و الجزائرية). يمكن استنتاج أن غالبية المتغيرات الفيزيائية والكيميائية المدروسة للمياه التي تم الحصول عليها عن طريق تحلية مياه البحر تحترم المعايير المقبولة للشرب. باستثناء مياه بئر سنجاس ومياه سد سيدي يعقوب حيث تجاوزت بعض المعايير، و يمكن تفسير ذلك من خلال الطبيعة الجيوكيميائية للصخور التي تتدفق من خلالها المياه في هذه المناطق.

الكلمات المفتاحية: مياه، تحلية المياه، التناضح العكسي، الجودة الفيزيائية والكيميائية، قابلية الشرب.

Abstract

With the scarcity of drinking water, sea water desalination is becoming one of the most practical solutions around the world for the supply of drinking water. As part of this work, the sea water desalination station in the city of Ténès provides drinking water to fill this water shortage. The objective of the study carried out is to monitor the sea water desalination process using the reverse osmosis technique as well as to assess the physic-chemical quality of the three drinking water supply points: desalinated water, water from the Sidi Yacoub dam and the Sendjas borehole, while referring to drinking water standards (WHO and Algerian). It can be deduced that the majority of the physic-chemical parameters studied of the water obtained by the desalination of seawater meet the acceptable standards of potability. With the exception of the Sendjas drilling and the Sidi Yacoub dam where they exceed some standard, this can be explained by the geo-chemical nature of the rocks through which water flows in these regions.

Keywords: waters, desalination, reverse osmosis, physic-chemical quality, potability



Introduction générale

Introduction

Bien qu'apparemment inépuisable, l'eau est très inégalement répartie dans le monde. Celle-ci au de la planète est répartie dans différents réservoirs dont le plus grand est composé des mers et océans (plus de 97% d'eau salée et moins de 3% d'eau douce). Environ 70% de cette eau douce de la planète est fixée dans les calottes glaciaires des pôles et une partie importante des 30% restants est constituée par des nappes aquifères souterraines de régions reculées. En effet, seule une infime partie est facilement accessible à l'homme pour son utilisation directe (les cours d'eau, les lacs et les réservoirs) [1].

L'eau est l'élément naturel indispensable à la vie et à la satisfaction des différents besoins humains, c'est également un patrimoine culturel et social qui est fortement présent dans la vie quotidienne de l'homme. L'eau est une source de bien-être et de progrès, mais aussi un facteur de productions et de richesses, grâce à l'agriculture, l'élevage et l'industrie.

Mais autant l'eau peut être source de richesses et de bien-être pour l'homme, autant, peut être la cause de la pauvreté, de malnutritions et de famines, si elle à manquer ou si elle subit des altérations [2].

Au cours des dernières décennies, plusieurs pays ont été confrontés au problème de la demande d'eau douce. La fréquence et le volume irréguliers des précipitations affectent leurs politiques de l'eau, qui doivent désormais se concentrer sur les ressources en eau non conventionnelles, étant donné que moins de 1% de l'eau douce totale disponible dans les rivières, les lacs et autres sources d'approvisionnement est facilement accessible pour l'utilisation humaine. L'une des alternatives pour résoudre les problèmes de pénurie d'eau est le dessalement de l'eau de mer [1].

L'Algérie l'une des pays qui ont fait appel aux cette technique pour répondre à l'insuffisance de la disponibilité des ressources en eau, le recours au dessalement de l'eau de mer par des procédés membranaires et précisément l'osmose inverse est la solution qui a été envisagée pendant ces dernières années.

Du plus, elle a développé un programme ambitieux dans ce domaine en mettant en place, en premier lieu, 23 stations « Monobloc », réparties sur un littorale qui s'étale sur plus de 1200 Km de long.

Le concept de la réalisation de ce travail est d'étudier la qualité physico-chimique de l'eau de différentes ressources d'alimentation en eau potable dans la wilaya de Chlef à travers un ensemble d'analyses, tout en se référant aux normes de potabilité (OMS et Algérienne).

L'objet de cette étude est de répondre à la question: pourquoi la population amener l'eau de bouteille quand il y a d'autre source approvisionnement en eau potable?

Dans ce sens, nous allons faire l'étude sur trois points d'alimentations : le dessalement de l'eau de mer, le barrage de sidi Yacoub et le forage de Sendjas. Pour cela, cette étude a été effectuée au niveau du site du traitement d'eau de mer au sein de la station de dessalement de l'eau de mer de Ténès durant le mois de mars de l'année 2022. Et pour réaliser notre étude comparative on a été réalisé un autre stage pendant une semaine au niveau de laboratoire d'analyse régional de l'ADE (Wilaya de Chlef).

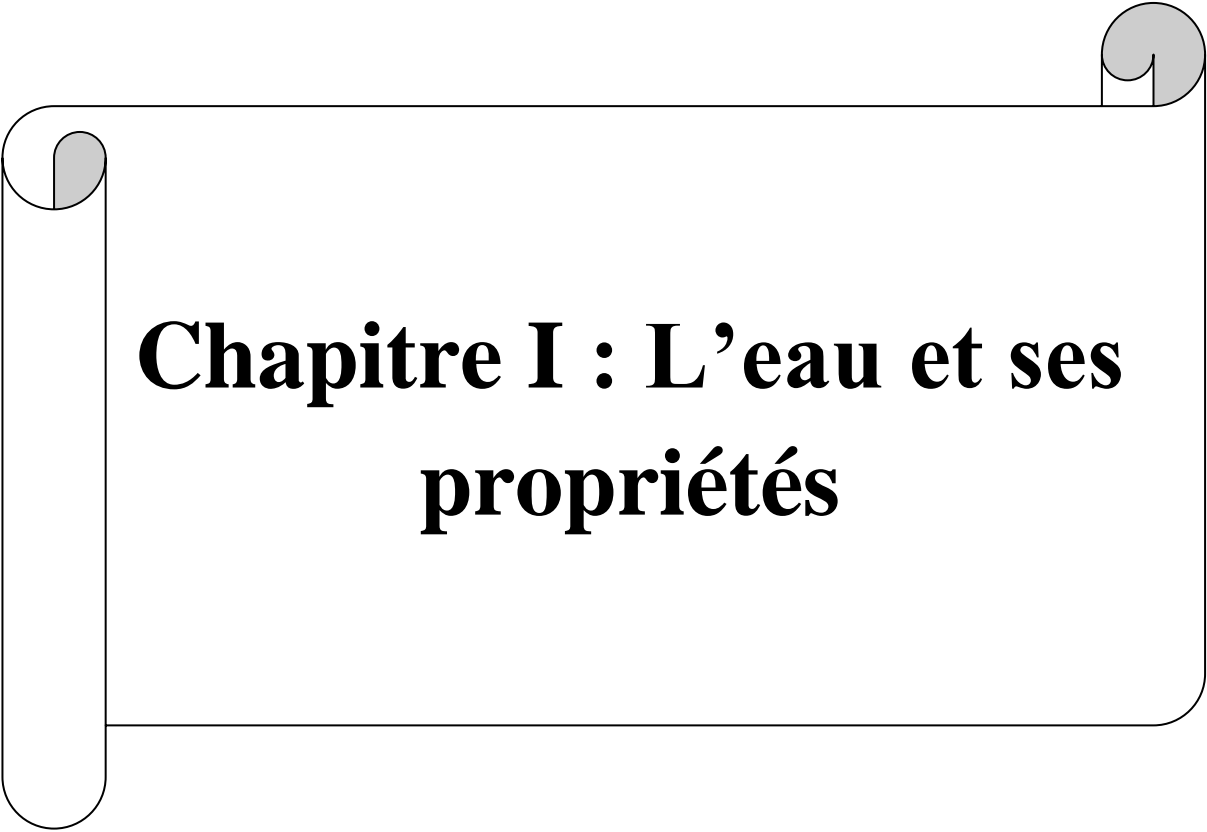
Ce travail s'organise donc autour de quatre chapitres :

Le mémoire démarre par une introduction générale qui est surtout destinée à décrire et exposer le problème considéré et préciser l'objectif de cette étude.

- Le premier temps, nous présentons une synthèse bibliographique sur un certain nombre de généralités sur l'eau avec ses propriétés, ainsi les différents paramètres de potabilité des eaux destinées à la consommation humaine ;
- Le second chapitre met l'accent sur les principales technologies de dessalement de l'eau de mer. Il comporte aussi la présentation de la station de dessalement de l'eau de mer de Ténès (wilaya de chlef) suivi par la description du procédé de dessalement appliqué au niveau de la station ;
- Le troisième chapitre est consacré aux méthodes et matériels usagés pour le contrôle physico-chimique de l'eau, décrit la stratégie expérimentale que nous avons adoptée, et les différentes techniques normalisées utilisées lors du prélèvement des échantillons, ainsi que les méthodes analytiques et les appareils de mesures utilisés pour la détermination des paramètres physico chimiques des eaux. Ce chapitre est divisé en deux parties : la première partie représente le contrôle de qualité au niveau de la station de dessalement d'eau de mer (Ténès Lilmiyah) et le second sur le contrôle de qualité des eaux (le barrage de sidi Yacoub et le forage de Sendjas) au niveau de laboratoire d'analyse régional de l'ADE (Wilaya de Chlef) ;

- Le dernier chapitre est consacré à l'étude qualitative de l'eau potable produite par le dessalement de l'eau de mer et les ressources d'alimentation en eau potable. il est réservé aux résultats d'analyses obtenues et leurs interprétations, en comparant ces valeurs selon l'OMS et les normes algériennes.

Enfin, une conclusion générale récapitule les principaux résultats obtenus au cours de ce travail.



Chapitre I : L'eau et ses propriétés

Introduction

La terre est immensément riche en eau. La totalité de l'eau contenue sur terre forme ce que l'on appelle l'hydrosphère. Elle constitue la ressource la plus abondante sur terre, elle recouvre les trois quarts de la surface de notre planète.

La quantité d'eau présente sur la planète, sous forme solide, liquide et gazeuse est estimée à environ 1400 millions de km³, dont 97% sont salées dans les mers et les océans. Parmi les 3% qui restent, c'est de l'eau douce dont les 3/4 sont bloqués dans les glaciers et les nappes phréatiques très profondes.

Donc seul le 1/4 restant est donc utilisable, soit 0,4% des disponibilités totales en eau douce sur terre qui peuvent être directement exploitables par l'homme [2].

Dans ce chapitre, nous présentons une synthèse bibliographique sur un certain nombre de généralités sur l'eau, ainsi les diverses ressources hydriques contenues dans la nature.

I.1 L'eau**I.1.1 Définition**

L'eau (en latin aqua, qui a donné aquatique et en grec hydros qui a donné hydrique, hydrologie), est un élément incolore, inodore et sans saveur, sous forme liquide en condition standards, composé sous sa forme pure de molécules qui associent deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène, de formule chimique (H₂O). Elle est cependant le constituant principal de tout être vivant [3].



Figure I.1:une molécule d'eau.

I.1.2 Propriétés de l'eau

L'eau est une molécule remarquable dont les propriétés sont présentées ci-dessous :

- L'eau à une force de cohésion élevée (difficile à évaporer) ;

- (Température d'ébullition particulièrement élevée pour une molécule de cette masse molaire). Cela permet à une importante phase liquide d'exister aux températures connues sur terre (phase liquide indispensable à la vie telle que nous la connaissons) ;
- Ses propriétés de solvant « doux » (un très grand nombre de réactions biochimiques possible) ;
- La densité de l'eau douce soit maximale à 4 °C fait que la température au fond d'un lac ne peut pas descendre en dessous de 4 °C (sauf cas extrêmes). Cela permet à la vie aquatique de survivre aux périodes glacées, car l'eau reste liquide sous son manteau de glace isolant.) ;
- La tension superficielle particulièrement élevée permet le phénomène de capillarité (qui permet, entre autres, à la sève des végétaux de monter) et à de nombreux êtres vivants de se déplacer sur la surface de l'eau ;
- L'eau est aussi la seule substance qui existe en trois états : liquide, solide et vapeur. Toutes les autres substances ne peuvent revêtir que deux états physiques seulement [4].

I.2 Les ressources hydriques

I.2.1 L'eau de pluie

Eau de pluie peut être utilisée directement comme source d'alimentation en eau. Quand elle est recueillie directement, elle est pure, mais imparfaite pour la boisson, en raison de l'absence de minerais dissous [2].

I.2.2 Eau de surface

Les eaux de surface sont issues essentiellement des précipitations. Elles sont constituées d'un mélange d'eau de ruissellement et d'eaux superficielles. Elles sont constituées plus particulièrement des eaux des lacs, des fleuves, des rivières et des retenus d'eau de pluie. En plus, les grands ouvrages hydrauliques comme les barrages, les retenues collinaires et les réservoirs d'équilibre permettent d'emmagasiner de grandes quantités d'eau de surface.

Les eaux de surface doivent faire l'objet de plus de surveillance sur le plan qualitatif. En effet, ces eaux sont plus fréquemment contaminées par les éléments biologiques et par les différents types de rejets liquides ou solides. C'est à cause de ça que ces eaux sont rarement potables et doivent être correctement traitées avant tout usage domestique [2].

I.2.3 Eau souterraine

Les eaux souterraines proviennent des nappes phréatiques contenues dans les espaces interstitiels des roches sédimentaires et dans les fissures des roches compactes.

Les nappes phréatiques revêtent une importance énorme pour l'approvisionnement en eau douce, car elles constituent les plus grandes réserves d'eau potable dans la plupart des régions du monde.

L'eau d'une nappe souterraine a une composition généralement plus stable et elle est plus riche en sels minéraux. Mais les eaux souterraines longtemps considérées comme pures et protégées par le sol contre les diverses activités humaines, sont actuellement de plus en plus susceptibles de pollutions par infiltration.

Les nappes souterraines sont exploitées à partir des sources et des puits (forages), elles produisent généralement une eau de meilleure qualité physico-chimique, mais elles sont plus difficiles à exploiter en raison de leur profondeur [2].

I.2.4 Eau de mer et eau saumâtre**I.2.4.1 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 2 mg) 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 [5].

La caractéristique la plus importante des eaux de mer est leur salinité, c'est-à-dire leur teneur globale en sels (chlorures de sodium et de magnésium, sulfates, carbonates). La salinité moyenne des eaux des mers et océans est de 35 g/L [6].

I.2.4.2 Eau saumâtre

On appelle eau saumâtre, une eau salée non potable de salinité inférieure à celle de l'eau de mer. La plupart des eaux saumâtres contiennent entre 1 et 10 g de sels par litre. Ce sont parfois des eaux de surface mais le plus souvent des eaux souterraines qui se sont chargées en sels, en dissolvant certains sels présents dans les sols qu'elles ont traversés. Leur composition dépend donc de la nature des sols traversés et de la vitesse de circulation dans ces sols. Les principaux sels dissous sont le (CaCO_3), le (CaSO_4), le (Mg CO_3) et le (Na Cl) [6].

I.3 Eau potable

Une eau potable est une eau que l'on peut boire ou utiliser à des fins domestiques et industrielles sans risque pour la santé. Toute eau destinée à la consommation humaine, qu'elle soit distribuée par un réseau ou en bouteille, doit donc être conforme à des normes très strictes, qui fixent en particulier des valeurs limites qui ne doivent pas être dépassées pour un grand nombre de paramètres microbiologiques, physiques et chimiques [6].

On entend par eau potable, l'eau naturelle ou traitée qui convient à la consommation. Parmi les eaux naturelles on distingue :

a) Eau de source

L'eau de source est une eau naturellement pure, elle provient d'une nappe ou d'un gisement souterrain. Cette origine leur confère des caractéristiques microbiologiques saines. Elle ne doit subir aucun traitement chimique ou uniquement traitée au moyen des procédés plus naturels, tels que l'aération, la décantation et la filtration [7].

b) Eau minérale naturelle

L'eau minérale naturelle est une eau exclusivement d'origine souterraine, captée soit à une source, soit par forage. Définie en tant que telle par la réglementation, elle est protégée géologiquement et présente une composition minérale parfaitement stable [8].

Pour les sources d'alimentation en eau potable qui sont traitées on utilise de plus en plus des ressources hydriques non conventionnelles qui peuvent être des eaux recueillies indirectement par le dessalement de l'eau de mer [2].

I.3.1 Critères de potabilité d'une eau destinée à la consommation

Une eau est dite "potable" si elle respecte les valeurs imposées par les normes de potabilité. (Voir annexe N°1)

Il existe trois catégories principales de paramètres :

I.3.1.1 Paramètres physico-chimiques

- **Température** : 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 micro-organismes [4].

- **PH** : Le pH exprime l'acidité ou l'alcalinité suivant qu'il se trouve dans la bande de 0 à 7 ou de 7 à 14. Le pH est indissociable de la température de l'oxygène dissous de la minéralisation totale. La mesure du pH grâce à un PH-MÈTRE ou un comparateur colorimétrique approprié est tout à fait valable pour déterminer la concentration de l'ion d'hydrogène et l'ion d'hydroxyde [9].
- **La dureté** : La dureté d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, excepté celles des métaux alcalins (Na^+ , K^+) et (H^+). Elle est souvent due aux ions (Ca^{2+}) et (Mg^{2+}). La présence de ces deux cations dans l'eau tend souvent à réduire la toxicité des métaux. La dureté se mesure en mg de (CaCO_3) par litre. On l'exprime aussi en degré français [6].
- **La minéralisation** : La minéralisation est la concentration en sel dissous (Sulfates, Chlore, Sodium, Magnésium, Aluminium, bore...) [10].

I.3.1.2 Paramètres organoleptiques

- **Le goût** : Ensemble complexe des sensations olfactives, gustatives perçues au cours de la dégustation, il doit être non désagréable [11] ;
- **La couleur et l'odeur** : La couleur de l'eau est liée à la présence de substances organiques colorées (principalement des acides humiques et fulviques) et de métaux (le fer et le manganèse). L'odeur a pour origine principale la présence de substances organiques volatiles ou de certains gaz [10] ;
- **La 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 [12].

I.3.1.3 Paramètres microbiologiques

L'eau contient une multitude de micro-organismes (bactéries, virus, parasites) issus de l'activité biologique naturelle. Certains de ces micro-organismes peuvent être pathogènes pour l'homme. Les maladies d'origine microbienne constituent d'ailleurs le risque sanitaire le plus important dans le domaine de l'eau : les effets sanitaires (gastro-entérite,...) peuvent se produire à court terme et se caractériser dans certaines situations par la survenue d'épisodes épidémiques [12]. L'eau ne doit en aucun cas contenir des organismes pathogènes et/ou d'organismes indicateurs d'une contamination fécale, tels les bactéries coliformes fécales, les bactéries *Escherichia coli*, les bactéries entérocoques et les virus coli-phages [13].

I.4 Propriétés d'eau de mer

I.4.1 Composition d'eau de mer

L'eau de mer est constituée essentiellement d'eau pure (H_2O), mais contient tout de même une concentration en sels excessive ainsi que de diverses substances en faible quantité pour la consommation et l'agriculture.

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, l'ion magnésium (Mg^{2+}), l'ion calcium (Ca^{2+}), l'ion potassium (K^+), le bicarbonate (HCO_3^-), le bromure (B^-), l'acide borique, 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 [14].

La composition de l'eau de mer est toujours la même. Seule la quantité des sels dissous varie en fonction du relief, de l'environnement ou du climat.

I.4.2 Caractéristiques physico-chimique

I.4.2.1 Salinité

En eau de mer la salinité est l'un des paramètres les plus importants, elle mesure la teneur en sels de toute nature dissous dans l'eau (chlorures de sodium et de magnésium, sulfates, carbonates). Elle s'exprime en g/L ou mg/L ou encore la ppm.

La salinité de l'eau de mer est comprise entre 30 et 40 g/L, 35 g/L en moyenne, 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) [14].

Tableau I-1:Teneur en salinité de l'eau de mer [14].

Eau de mer	Salinité (g/L)
Océan Atlantique	35
Mer Méditerranée	38
Mer Rouge	>40
Golfe Persique	>46

I.4.2.2 Alcalinité

L'alcalinité mesure les concentrations d'ions de bicarbonate (HCO_3^-), de carbonate (CO_3^{2-}) et d'hydroxyde (OH^-); elle est exprimée en tant que concentration équivalente de carbonate de calcium (CaCO_3) [15].

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.

I.4.2.3 Température

La température des eaux 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 $13,5^\circ\text{C}$ [16].

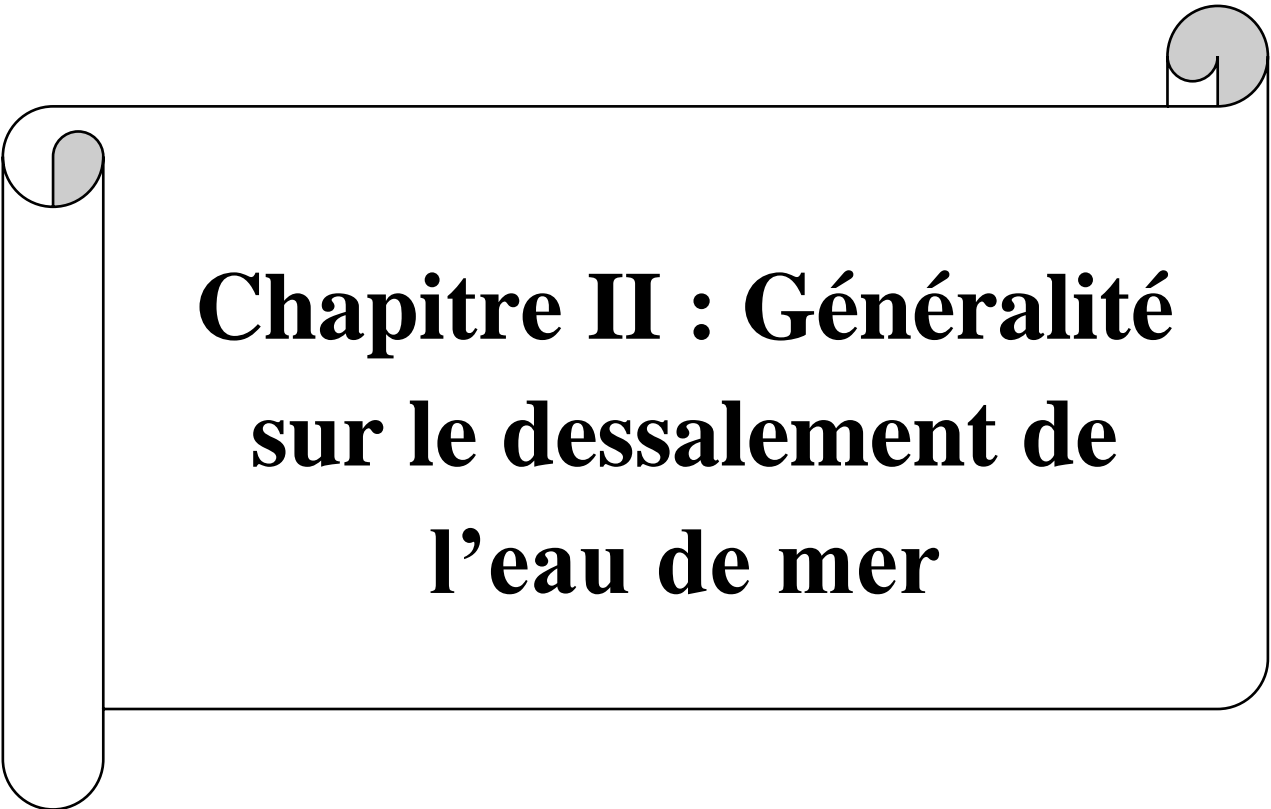
I.4.2.4 Potentiel d'hydrogène (pH)

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 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 [17].

I.4.2.5 Conductivité électrique

La conductivité de l'eau de mer est très élevée en raison de la forte concentration en sels dissous. Du fait de la proportionnalité des concentrations des différents ions, la conductivité permet de déterminer la salinité avec une grande précision [18].

A decorative graphic of a scroll with a black outline and grey shading on the rolled-up ends, framing the chapter title.

Chapitre II : Généralité sur le dessalement de l'eau de mer

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.

II.1 Généralité sur le dessalement de l'eau de mer**II.1.1 Définition**

Le dessalement de l'eau (également appelé dessalage) est un processus qui permet de retirer le sel de l'eau salée ou saumâtre afin de la rendre potable après traitement. La technique de déminéralisation consiste à séparer les sels dissous dans l'eau. Toute station de dessalement de l'eau de mer a pour but de produire l'eau douce pour la consommation humaine [19].

II.1.2 Principe de dessalement

Quel que soit le procédé de séparation du sel et de l'eau envisagé, toutes les installations de dessalement comportent quatre (04) postes principaux :

- Une prise d'eau de mer avec une pompe et une filtration grossière;
- Un prétraitement avec une filtration plus fine, l'addition de composés biocides et de produit anti-tarte;
- Le procédé de dessalement lui-même;
- Le poste de traitement avec une éventuelle reminéralisations de l'eau produit [20].

II.1.3 Différents procédés de dessalement

Les différents procédés de dessalement peuvent être classés en trois grandes familles:

- Les procédés faisant intervenir un changement de phase (évaporation et congélation) ;
- Les procédés utilisant des membranes (électrodialyse et osmose inverse) ;
- Les procédés chimiques (échange d'ions et extraction par solvant).

Parmi ces procédés, la distillation et l'osmose inverse sont des technologies dont les performances ont été prouvées pour le dessalement d'eau de mer. En effet, ces deux procédés sont les plus commercialisés sur le marché mondial du dessalement et représentent à eux seuls plus de 80 % de la capacité totale de dessalement installée dans le monde.

D'autres procédés de dessalement de l'eau utilisant une énergie renouvelable telle que: l'énergie solaire, éolienne et géothermale, qui ont fait récemment l'objet de travaux, vu leurs intérêts économique et environnemental [20].

II.1.3.1 Procédés de distillation

La distillation est la technique de dessalement de l'eau de mer la plus ancienne. Elle s'appuie sur les propriétés d'évaporation-condensation de l'eau: le chauffage de la solution à purifier permet la vaporisation de l'eau et sa récupération par condensation. Elle conduit à la production d'une eau pure et d'une solution concentrée.

Ce procédé thermique est un grand consommateur d'énergie. En effet, la vaporisation d'un volume d'eau salée exige une quantité de chaleur importante pour augmenter la température jusqu'à ébullition puis pour vaporiser l'eau.

L'apport de chaleur nécessaire dépend en fait des conditions de température et de pression: à une pression inférieure à la pression atmosphérique, la quantité de chaleur à fournir est moindre car la température d'ébullition de l'eau est plus basse.

L'ajustement des conditions de pression et de température, les principes de la distillation en série et de la récupération d'énergie calorifique ont été utilisés pour optimiser le procédé de distillation simple, qui pâtit en outre de rendements faibles [21].

L'optimisation de la consommation énergétique et du rendement, nécessaire pour assurer un intérêt économique à la distillation, a conduit aux techniques actuelles.

Les plus utilisées sont :

- La distillation multi-flash (MSF);
- La distillation à multiples effets (MED);
- La compression mécanique de vapeur (MVC).

II.1.3.2 Procédés membranaires

Les membranes ont les capacités de différencier et séparer sélectivement les sels et l'eau. Deux procédés de dessalement à membrane ont été développés et sont actuellement disponibles au marché ; l'électrodialyse (ED) et l'osmose inverse(OI) [19].

a) 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.

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. La teneur en sel de l'eau osmosée est de l'ordre de 0,5 g/L [19].

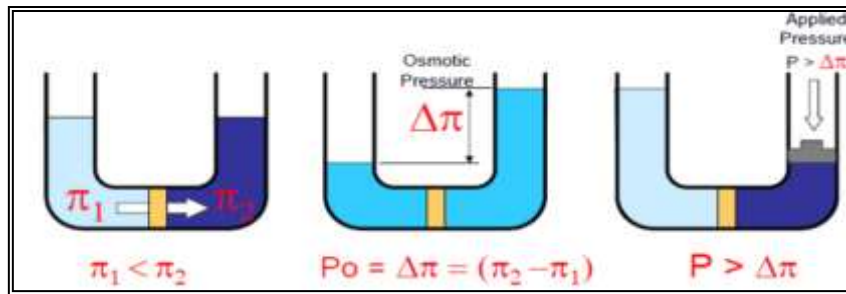


Figure II.1: Osmose inverse.

b) **Électrodialyse**

L'électrodialyse est un procédé de nature électrochimique. Il permet d'extraire en partie ou en totalité les ions contenus dans une solution en conservant des substances pas ou très peu ionisées [22].

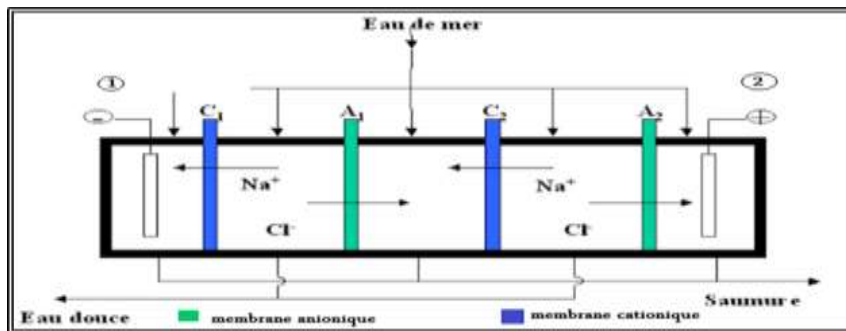


Figure II.2: principe du procédé électrodialyse.

II.2 Dessalement de l'eau de mer en Algérie

II.2.1 Historique

A l'instar des autres pays méditerranéens, l'Algérie, est confrontée davantage à d'énormes problèmes en matière de politique de l'eau. La surcharge du littoral, les disparités entre zones rurales et urbaines, les périodes de sécheresse et l'accroissement de la pollution sont autant de facteurs qui déstabilisent l'équilibre déjà précaire de l'alimentation en eau.

L'Algérie dispose de ressources en eau très limitées particulièrement au nord où vivent les trois quarts de la population. La crise de ressources hydriques qui a menacé ces dernières années l'alimentation en eau potable la population dans diverses régions du pays a accentué l'intérêt de l'Algérie au dessalement.

Le projet de dessalement d'eau de mer fait partie d'un programme d'urgence décidé par le gouvernement pour pallier durablement au déficit en ces ressources. Engendré par la situation de sécheresse qu'a connue le pays pendant les années quatre-vingt-dix.

Les installations de dessalement d'eau de mer entamé en 2002, font partie d'un projet d'alimentation en eau potable de la région côtière algérienne. A cet effet, la réalisation du projet va se traduire par la production du 57500 m³/j.

L'Algérie a construit 13 usines de dessalement en 2011 un peu partout sur son territoire (utilisant la méthode de l'osmose inverse) [23].

II.2.2 Ressource d'eau en Algérie

II.2.2.1 Ressources conventionnelles

a) Eau superficielle

Les ressources en eaux superficielles sont actuellement estimées entre 9,8 et 13,5 milliards de m³. Ces ressources sont inégalement réparties. La région littorale qui ne représente que 7 % de la superficie totale du pays concentre plus de 90 % de l'écoulement total des pluies, tandis que les bassins de l'Est et du centre représentent 80 % des apports totaux du nord du pays. La mobilisation de l'eau est réalisée à travers les ouvrages de retenue d'eau, les retenues collinaires, les barrages et les nappes souterraines.

Le Ministère des Ressources en Eau (M.E.R.) a construit 103 barrages dans différentes régions d'Algérie pour contrôler les eaux de surface. Les eaux de surface stockées derrière ces barrages sont estimées à 12,4 milliards de mètres cubes. Environ cinquante (50) de ces barrages ont une capacité de plus de 10 millions de mètres cubes chacun [24].

b) Les eaux souterraines

Le potentiel en matière d'infrastructures pour l'exploitation des eaux souterraines est constitué de 23000 forages et 60000 puits en 2012. En effet, les ressources hydriques souterraines contribuent largement à la satisfaction des besoins en eau potable et en eau agricole et industrielle. Elles représentent dans de nombreuses zones urbaines et rurales la seule source d'approvisionnement en eau à cause de la rareté ou de l'inexistence de ressources d'eau [25].

II.2.2.2 Ressources non conventionnelles

L'Algérie qui se caractérise par un littoral de 1200 km sur la mer méditerranéenne et une sécheresse préoccupante s'est tournée vers cette immense réserve d'eau inépuisable qui est la mer, d'où le recours au dessalement d'eau de mer qui est devenu indispensable pour sécuriser l'alimentation en eau potable. Ce recours permet également de réserver une partie plus importante des eaux de barrages à l'irrigation.

II.2.3 Stations de dessalement en Algérie

✓ **Grandes stations de dessalement**

Le littoral de l'Algérie compte 13 stations de dessalement d'eau de mer réparties les wilayas côtières et 2 autres en construction qui relèvent du ministère des ressources en eau. Elles fournissent 17% de l'eau dans le pays et alimente 6 millions de personnes avec un volume de 2,6 millions m³/jour [23].

Le tableau ci-dessous reflète une idée sur le nombre et l'échéancier des stations de dessalement.

Tableau II-1: Grandes unités de dessalement en Algérie [23].

N°	Localisation	Capacité m ³ /j	Population service	Echéancier prévisionnel
1	Kahrama (Arzew)	90 000	540 000	En exploitation
2	Hamma (Alger)	200 000	L'Algérois	En exploitation
3	Skikda	100 000	666 660	En exploitation
4	A.temochent (Beni saf)	200 000	1 333 320	En exploitation
5	Mostaganem	200 000	1 333 320	En exploitation
6	Douaouda (Alger ouest)	120 000	666 660	En exploitation
7	Cap Djenet (Alger est)	100 000	666 660	En exploitation
8	Tlemcen (souk tleta)	200 000	1 333 320	En exploitation
9	Tlemcen (honaine)	200 000	1 333 320	En exploitation
10	Oran (Mactaa)	500 000	1 333 320	En exploitation
11	El tarf	50 000	-	-
12	Chlef (Ténès)	200 000	999 990	-
13	Tipaza (oued sabt)	100 000	-	-

✓ **Petites stations de dessalement**

Le projet de dessalement de l'eau de mer fait partie d'un programme d'urgence décidé par le gouvernement pour palier durablement au déficit en eau. Ce programme lancée en 2002 comprenant l'installation de 21 stations monobloc totalisant une capacité de 57 500 m³ /jour [23].

Tableau II-2: Petites stations de dessalement [23].

Wilaya	Site	Commune	Capacité m ³ /j	Population à service
Alger	Champ de tir	Zeralda	5000	33 330
Alger	Palm Beach	Staoueli	2500	16 660
Alger	La fontaine	Ain benain	5000	33 330
Tlemcen	Ghazaouet	Ghazaouet	5000	33 330
Tipaza	Bou Ismail	Bou Ismail	5000	33 330
Skikda	L .Ben Mhidi	l.ben Mhidi	7000	47 000
Tizi-ouzou	Tigzirt	Tigzirt	2500	16 660
Oran	Bou sfer	Bou sfer	5000	33 330
Oran	Les dunes	Ain Türk	5000	33 330
Ain-Temouchent	Bou zdjer	Bou zdjer	5000	33 330
Ain-Temouchent	Chatt el Ward	Bou zdjer	5000	33 330
Boumerdes	Corso	Corso	5000	33 330

II.2.4 Avantages et inconvénients de dessalement de l'eau de mer en Algérie

Le dessalement de l'eau de mer est un moyen moderne pour avoir de l'eau potable. C'est l'une des techniques les plus utilisées pour permettre de produire de l'eau non conventionnelle afin de pouvoir pallier les déficits constatés par rapport à la disponibilité de l'eau conventionnelle [23].

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 ;
- ✓ 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 ;
- ✓ 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 200000 m³/j (station Kahrama à Oran 500 000m³/j) [23].

Bien que, le dessalement soit bénéfique pour répondre aux besoins des citoyens, il présente de nombreux inconvénients.

- Les installations de dessalement coutent chères 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 [23].

II.2.5 Gestion intégrée des ressources en eau dans la wilaya de chlef**II.2.5.1 Présentation de la wilaya de Chlef**

La wilaya de Chlef est située dans le nord de l'Algérie à environ 200 km à l'ouest d'Alger avec une population de 1 095 160 habitants. La superficie totale de la wilaya est de 4791 km². Elle possède 120 km de côtes sur la méditerranée. Elle dispose notamment de trois ensembles géographiques avec la chaîne de la Dahra au nord, les monts de l'Ouarsenis au sud et la plaine du Cheliff entre les deux. La wilaya est limitée par :

- La mer méditerranée au nord ;
- Les wilayas de Tipaza et Aïn Defla à l'est ;
- La wilaya de Mostaganem à l'ouest ;
- Les wilayas de Tissemsilt et Relizane au sud.

La wilaya est composée de 13 Dairas et 35 communes [26].

II.2.5.2 Description du réseau AEP de la Wilaya de Chlef

Permis les 35 communes, la wilaya alimente seulement 32 communes en eau. Les ressources en eau concourant actuellement à l'Alimentation en eau potable (AEP) de la wilaya de Chlef, se présente comme suit :

a) Le barrage de Sidi Yacoub

Le barrage Sidi Yacoub est situé sur l'Oued Ardjem à 20 kilomètres au Sud de la ville d'Oued Fodda dans la Wilaya de Chlef. Sa capacité est de 6000 m³/h Il est destiné à :

- l'irrigation d'un périmètre de 10 000 ha environ;
- l'alimentation en eau potable de la wilaya Chlef.

La surface du bassin versant de l'oued ARDJEM est de 920 km². Dont l'apport moyen annuel de l'oued est de 98 hm³/an. L'envasement moyen annuel est de 0,17 hm³/an [27].

Le barrage assurant l'alimentation en eau potable (AEP) de quatre communes de la wilaya (Chlef, Ouled Ben Abdelkader, Sendjas et Hadjadj), avec un volume quotidien de 26 000 m³ d'eau potable, suivant un programme de distribution qui diffère d'une région à une autre, selon la qualité du réseau et des conduites.

b) Les forages

Actuellement dans la wilaya de chlef il y a un nombre de 106 forages, parmi ses forages 48 sont en arrêt volontaire. Les restes sont en exploitation (voire l'annexe N°4).

c) Les stations de dessalement d'eau de mer

☞ Station de dessalement d'eau de mer de Beni Haoua.

☞ Station de dessalement d'eau de mer de Ténès.

II.3 Présentation de la station de dessalement de Ténès**II.3.1 Présentation de la commune 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 [28]. Elle est limitée par :

- Le nord : la mer Méditerranée ;
- Le sud : Sidi Akkacha et Abou El-Hassen ;
- L'Est : Oued Goussine ;
- L'Ouest: Sidi Abderahmane.

II.3.2 Présentation de la station Ténès Lilmiyah

La mise en service finale de la station de dessalement Ténès était en juin 2015 dont la capacité de production est de 200 000 m³/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 SONEGAS » avec 50% et l'entreprise espagnole « ABENGOA » avec 50% de cet investissement.

Il s'agit de quatre lignes de production avec un débit de produit par une unité de 2,175 m³/h et un débit de rejet de 2,658 m³/h [23].

Tableau II-3: Quantité distribuée par la station de dessalement de l'eau de mer de Ténès [23].

N° point de Piquage /adduction	Lieu	Pop total (Ha)	Quotas alloués (m ³ /J)	Dot l/Hab
1	Ténès (station de pompage)	56711	17000	300
2	El kharba (Bouzghaya)	68183	13000	191
3	Bouzghaya (station de pompage N°5)	75487	9000	119
4	Heumis	51594	8000	480
5	Chattia	119103	30000	252
6	ArdBeidha (Chattia)	153682	25000	163
7	103 logements Chattia)	175343	32000	182
8	Sortie Chlef Ouest	174859	29000	166
9	Pont Boutaiba	200104	37000	185
Total population concernées	/	1075066	200000	/

II.3.3 Présentation du groupe ABENGOA dans la station

UTE desaladora de Ténès O&M : unité traitement des eaux desaladora (l'usine de dessalement en espagnole) de Ténès Opération et Maintenance.

- ❖ Nom ou raison sociale de l'entreprise : UTE DESALADORA TENES ;
- ❖ Adresse : BP 155-TENES W. CHLEF 022000 TENES ALGERIE ;
- ❖ Adresse email : Laboratoire.tenes@gmail.com ;
- ❖ Téléphone : **00213 5 60 40 42 81** ;
- ❖ Télécopie : **00213 27 45 81 16** ;
- ❖ Nombre de salarié : 50 Personnes ;
- ❖ Description des activités de l'entreprise :
 - Dessalement de l'eau de mer ;
 - Production de CO₂.

II.3.4 Situation géographique de la station

Le site de la station de dessalement est localisé dans la région de Chlef, à la rentrée Ouest de la ville de Ténès, plus précisément au lieu-dit « Mainis » à 7 km de la commune de Ténès, il est limité par :

- Le nord : la mer méditerranée ;
- Le sud : la route nationale N°11 ;
- L'Ouest : une petite unité de dessalement $5000 \text{ m}^3/\text{j}$ (ancienne station) ;
- L'Est : les habitations de Mainis [28].



Figure II.3: Situation géographique.

- **Topographie du site**

Le niveau de la surface actuelle du terrain varie de 2,5 m à 16 m depuis la route nationale RN°11 jusqu'à la partie inférieure de la mer [23].



Figure II.4: Vue générale sur la station de Ténès.

II.4 Procédé de dessalement au niveau de la station

II.4.1 Processus général de dessalement

Le processus du dessalement d'eau de mer dans la station de Ténès comporte quatre étapes principales schématisées sur la figure suivante :

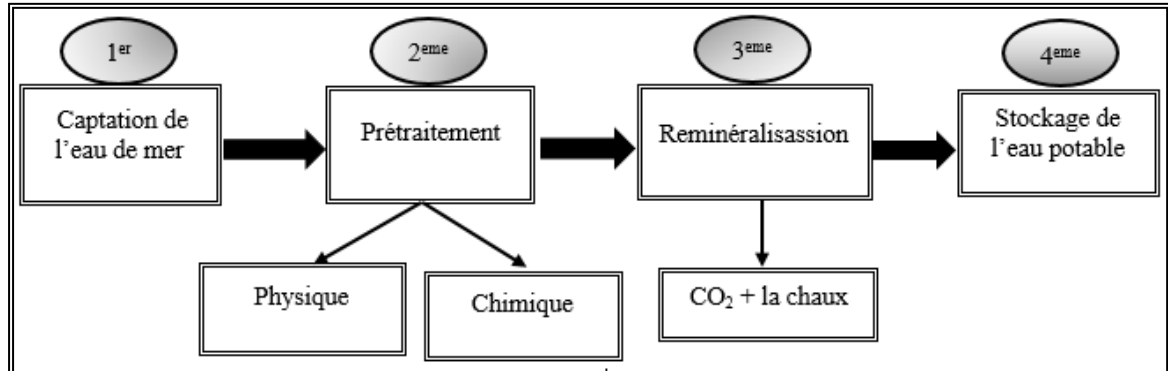


Figure II.5: Processus de dessalement.

II.4.2 Etapes de dessalement des eaux de mer

II.4.2.1 Captation de l'eau de mer

La capture de l'eau de mer se fait directement de la mer par gravité, à l'aide de 2 tuyauteries fabriqués en PRFV (Pipe en Résine et Fibre du Verre), ils sont installés à une profondeur de la mer de 10 m, ils ont une longueur de 600 m et d'un diamètre de 1600 mm, avec un débit max de capture de 540000 m³/j. Aux extrémités des tuyauteries de capture, sera installé un tour de captage dans le but d'aspirer de l'eau à une profondeur moyenne tout en limitant la rentrée des sables et de produits flottants, jusqu'aux réservoirs de collecte. L'eau salée est passée par des grilleurs (Beaudry) afin d'éliminer les gros déchets.



Figure II.6: Tuyaux de captage de l'eau de mer.



Figure II.7: Baudry de la station.



Figure II.8: Pompe de la captation de l'eau de mer.

☞ **Prétraitement**

Le but de la deuxième étape de dessalement est d'éliminer :

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

Cette étape comporte deux types de traitements.

a/ Prétraitement physique

Le prétraitement physique, consiste à séparer les solides en suspension dans l'eau. Il se fait comme suit :

✓ Filtra à sable :

La filtration à sable aide à éliminer la plupart des particules en suspension de 1 μ m, huile et graisse qui restent dans l'eau de mer. La filtration ce fait par gravité, l'eau rentre par le haut dans le filtre. Ce système contient 36 filtres qui sont distribués d'une surface unitaire de 92 m² avec une longueur de 11,9 m et un largeur de 7,9 m. L'épaisseur de la couche de sable est de 1,2 m, elle est supportée sur de faux fonds dotés de buses filtrantes. La vitesse de filtration sera de 5,19 m/h.



Figure II.9: Filtre à sable.

Après chaque filtration, l'eau est destinée vers un réservoir de l'eau filtrée pour la prochaine étape suivante.

✓ Filtration à cartouche:

Les filtres à cartouches sont les plus efficaces et économique pour des applications traitant des effluents ayant une contamination inférieure à 100 ppm, c'est une microfiltration pour des contaminations plus élevées de 0,5 à 150 microns (aide à éliminer le sable, calcaire, chaux, rouille, particules fines).



Figure II.10: Filtre à cartouche.

C'est la dernière étape de prétraitement de l'eau destinée à alimenter l'étage d'osmose inverse.

L'eau filtrée à travers le filtre à sable passe par des filtres à cartouches. Ces filtres de nombre de 22 sont partagés à deux, 12 lignes alimentent les récupérateurs d'énergies (ERI) et 10 lignes alimentent les pompes hautes pression pour pomper l'eau vers l'osmose inverse.



Figure II.11: Pompe HP intermédiaire.

✓ **Osmose inverse :**

a) L'osmose

L'osmose est le transfert de solvant à travers une membrane sous l'effet d'un gradient de concentration. C'est le passage de molécules de solvant, en général de l'eau, à travers une membrane semi-perméable, depuis le milieu le moins concentré (hypotonique) en solutés vers celui le plus concentré (hypertonique) [23].

Ce phénomène s'arrête lorsque les deux liquides séparés par la membrane ont atteint la même concentration. On parle alors de milieux isotoniques. La pression hydrostatique due à la différence de hauteur d'eau entre ces deux milieux compense alors la pression osmotique.

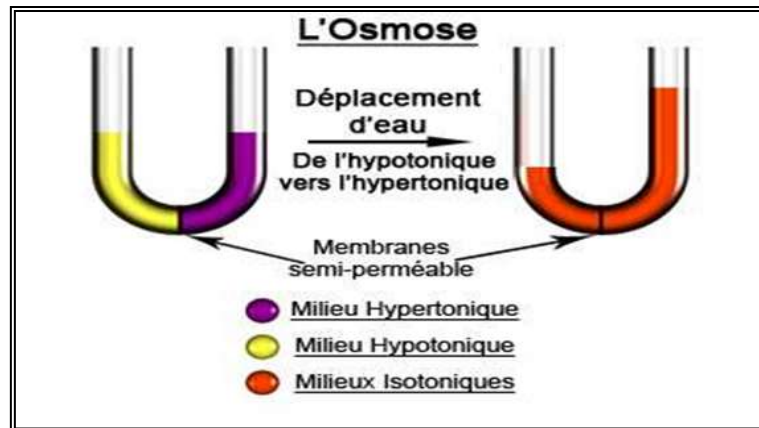


Figure II.12: Principe de fonctionnement d'osmose.

➤ Membrane

La membrane semi perméable est une membrane qui est formée de plusieurs couches ne laissant passer que la molécule d'eau. Elle est composée de plusieurs sous-membranes qui renforcent la purification de l'eau de mer.

Cette membrane est formée d'une couche nommée « support » d'une taille d'environ 50 μm de largeur et d'une autre couche appelée « barrière » qui a une taille très petite environ 0,2 μm d'épaisseur.

L'eau de mer passe à travers des membranes semi-perméables qui ne laissent passer que les molécules d'eaux et stoppe les sels présents dans l'eau qui sont de l'ordre de 10^{-7} mm. De plus, cette technique permet de désinfecter l'eau de mer de plus près, c'est-à-dire grâce à la membrane semi-perméable, qui laisse que les molécules d'eau de passer et elle désinfecte cette eau de toutes les particules qui restent en suspension ou des micro-organismes.

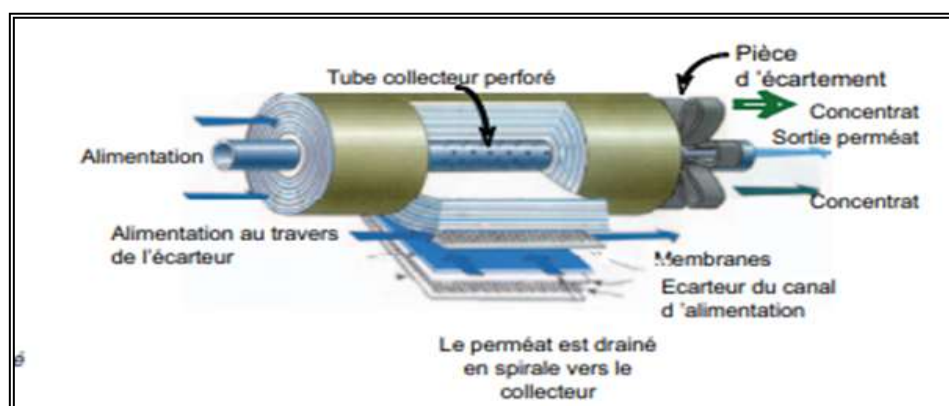


Figure II.13: Membrane.

➤ **Pression osmotique**

Pression empêchant un solvant de passer au travers d'une membrane semi-perméable.

Si on applique une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Avec une pression suffisamment forte, le flux d'eau va même s'annuler : cette pression est nommée la pression osmotique.

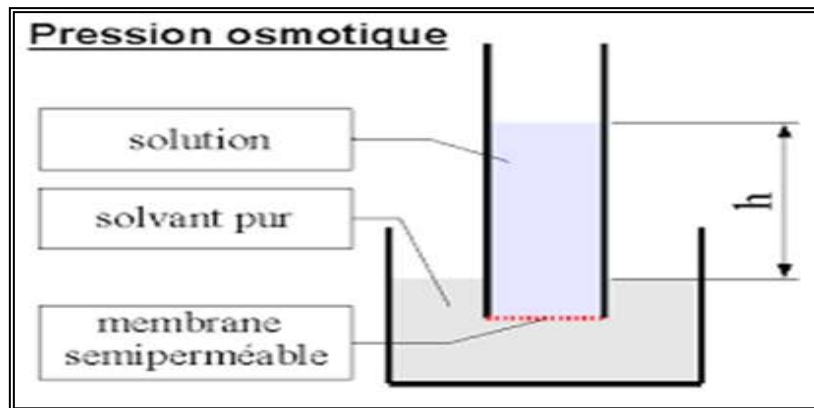


Figure II.14: Pression osmotique.

b) Osmose inverse

L'osmose inverse est un procédé de séparation en phase liquide par perméation (pénétration d'un perméat à travers un solide) à travers des membranes dense sous l'effet d'un gradient de pression. Si on dépasse la valeur de la pression osmotique, on observe un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique : c'est le phénomène d'osmose inverse.

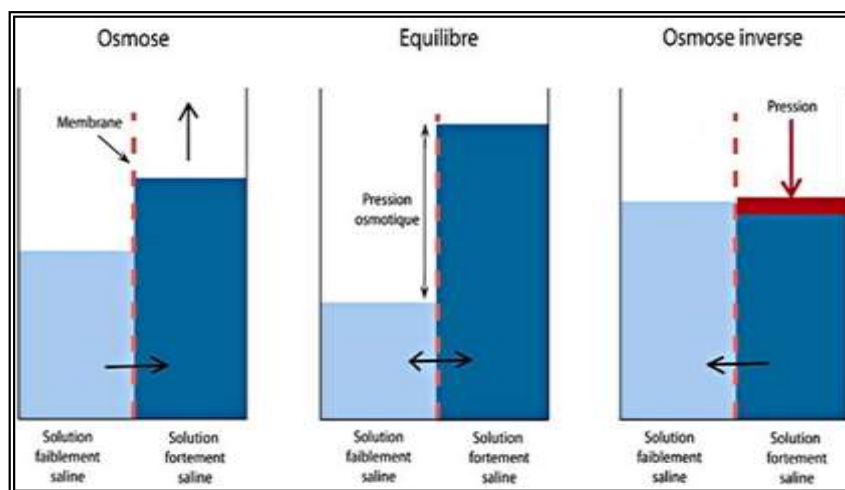


Figure II.15: Fonctionnement d'osmose inverse.

c) Bâtiment d'osmose inverse dans la station

Dans cette partie de prétraitement de l'eau, le bloc d'osmose inverse est constitué de 4 unités. Une unité contient 3 Racks, au totale 12 Racks, chaque Rack contient 196 tubes de pression et 7 membranes dans chaque tube.

- **Pompe à haute pression (pompe HP)**

Avant d'entrer dans les membranes d'OI (osmose inverse), l'eau prétraitée arrive au système de pompage de haute pression généralement entre 55 et 85 bars.

Les pompes se trouvant dans notre cas sont en nombre de 5 dont 4 sont fonctionnelles et une de secours, en fournissant une pression totale de l'ordre de 60 bars.



Figure II.16: Bâtiment d'osmose inverse.

La capacité dessalée par Rack est 17 391 m³/j. La capacité totale de production des 4 unités est de 208 696 m³ nominale de la production de l'eau par jour.

- **Récupération de l'énergie**

La consommation énergétique de l'osmose inverse est une préoccupation majeure. Puisque seulement la moitié de l'eau est extraite sous forme d'eau douce à partir de l'eau salée, l'unité rejette une saumure concentrée à une pression très élevée, de l'ordre de 60 jusqu'à 70 bar, quasiment égale à la pression de fonctionnement de l'osmoseur. Très rapidement, des dispositifs récupérant cette énergie de pression ont été intégrés.



Figure II.17: Récupération de l'énergie.

Le système le plus élaboré est l'échangeur de pression développé par la société ERI car il est rotatif et ne comporte ni clapet ni piston. C'est la pression de la saumure qui assure la rotation du dispositif à une vitesse de 1200 t/min. Le rendement de récupération est supérieur à 95%. A cause de l'absence de piston, les fluides se mélangent partiellement mais seulement de quelques pourcent.

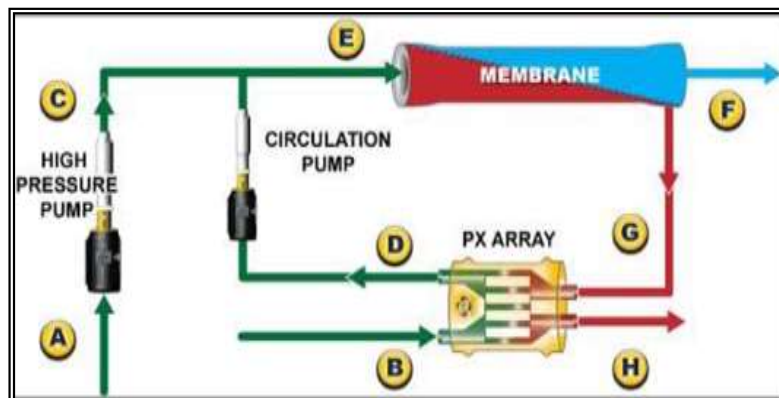


Figure II.18: Schéma générale d'une unité d'osmose inverse.

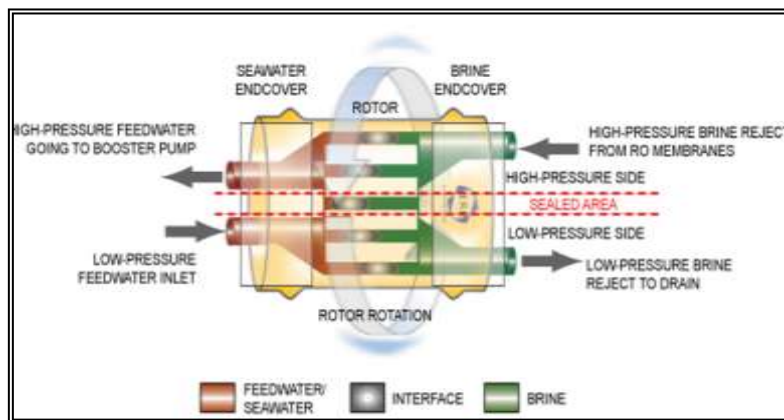


Figure II.19: Principe de fonctionnement d'ERI.

b/ Prétraitement chimique

Le prétraitement chimique comporte 3 étapes :

✓ Désinfection

La chloration est un moyen simple et efficace pour désinfecter l'eau. Un dosage d'hypochlorite de sodium (NaOCl) dans l'émissaire sous-marin et dans la chambre d'aspiration des pompes sont effectués.

✓ Dosage de métabisulfate de sodium

L'utilisation de métabisulfate permet d'éliminer le chlore contenu dans l'eau de mer avant son arrivée aux membranes d'osmose inverse après le filtre cartouche. L'injection de la solution de métabisulfate ($\text{Na}_2\text{O}_5\text{S}_2$) se fait par un équipement composé de deux réservoirs d'accumulation-dissolution et d'une pompe doseuse par ligne.



Figure II.20: Anti-tarte (métabisulfate).

Equation du dosage :



✓ Dosage d'inhibiteur anti-scalant

Le dosage d'inhibiteur est effectué de manière continue, ce qui permet de protéger la membrane contre l'impact négatif des sels de rigidité.

Les sels de rigidité forment des composés qui vont dans le drainage et ne se déposent pas sur la surface de la membrane.

II.4.2.2 Re-minéralisation

Après le passage de l'eau prétraitée dans les membranes, l'osmose inverse élimine non seulement les contaminants présents dans l'eau potable, mais également les minéraux. A la sortie, on obtient une eau dessalée pauvre en minéraux. Cette eau a quelques aspects non souhaitables :

- Un fort potentiel corrosif ;
- Carence alimentaire causant des risques de maladies cardiovasculaires ;
- L'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) recommande 10 mg/L de Magnésium et 30 mg/L de Calcium pour une eau potable.

Pour cela il faut la reminéraliser.

La re-minéralisation est la transformation de molécules organiques en formes inorganiques.

La re-minéralisation est réalisée par l'ajout de dioxyde de carbone (CO_2) et de l'hydroxyde de calcium. L'ajout de CO_2 à l'eau potable augmente sa dureté et préserve l'équilibre entre carbonate, bicarbonate et dioxyde de carbone libre. Le $\text{Ca}(\text{OH})_2$ permet d'ajouter à l'eau produite un taux de calcium. Ces deux produits sont dosés dans des chambres à l'entrée du réservoir de l'eau produite.

L'injection de CO_2 se fait à la sortie du perméat, puis l'eau est dirigé vers la 1^{ère} chambre de réservoir.

Le stockage de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ se fait dans deux silos de stockage. Le $\text{Ca}(\text{OH})_2$ se mélange dans une cuve avec de l'eau perméat pour obtenir un lait de chaux concentré, ce dernier est pompé vers le saturateur pour diminuer la concentration de la solution (eau + $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (sous agitation)), puis diriger vers la 2^{ème} chambre de réservoir, afin de mélanger les deux solutions.



Figure II.21: Saturateur de $(\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O})$.

II.4.2.3 Stockage de l'eau potable et sa distribution au niveau de la ville

L'eau minéralisée est transférée vers le réservoir de stockage construit en béton armé. Dans cette étape, l'ajout d'hypochlorite de sodium (NaClO) est nécessaire pour désinfecter l'eau des microbes. À partir de ce réservoir, l'eau produite est pompée vers les points de distribution, le pompage est assuré par 5 pompes haute pression .



Figure II.22: Réservoir de stockage de l'eau produite.



Figure II.23: Pompe H pour la distribution de l'eau produite.

A decorative graphic of a scroll with a black outline and a light gray shadow. The scroll is unrolled in the center, with the top and bottom edges curling upwards. The text is centered within the unrolled portion.

***Chapitre III: Matériels et
Méthodes***

Partie 1 :

***Contrôle de qualité au niveau
de la station de dessalement
d'eau de mer
(Ténès Lilmiyah)***

III.1 Contrôle de qualité

L'objectif de notre étude est de vérifier l'efficacité des procédés de traitement utilisés par la station de dessalement de l'eau de mer de Ténès vis-à-vis de certains paramètres physico-chimiques.

L'eau pour la déclarer potable, doit satisfaire à des critères pour la rendre propre à la consommation humaine. En plus d'être agréable au goût, elle doit répondre aux exigences des normes du contrat de la station de dessalement de Ténès délivré par L'Algérienne des eaux (ADE) Ténès, contenues dans les directives de l'OMS.

III.1.1 Prélèvement

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

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



Figure III.1: Point de prélèvement de l'eau de mer.



Figure III.2: Point de prélèvement de l'eau produite.

III.1.2 Contrôle physico-chimique

Les analyses physico-chimiques effectuées au niveau de laboratoire d'analyse de la station de dessalement de l'eau de mer de Ténès ont pour but de contrôler la qualité de l'eau de mer ainsi que de l'eau traitée et la saumure. Ce contrôle permettra d'assurer le bon fonctionnement de l'unité ainsi que l'obtention d'une eau de bonne qualité.

III.1.2.1 Méthode d'analyse d'eau de mer

a) Mesure de pH, conductivité, TDS et température

Ces paramètres ont été mesurés par un appareil multi-paramètre de la marque MAYRON LCAMPANY 6 PFCE au niveau de laboratoire de qualité de la station de dessalement Ténès Lilmyah (Ces analyses physiques effectuées pour l'eau de mer, eau produite et la saumure).



Figure III.3: Appareil multi-paramètre.

b) Mesure du taux de matières solides en suspension par la méthode gravimétrique

L'analyse gravimétrique décrit un ensemble de méthodes d'analyses chimiques quantitatives effectuées en déterminant par pesée. Cette analyse est pour but de faire une filtration sous vide pour déterminer le totale des matières solides en suspension (TSS) [29].

➤ Appareillage et réactifs

- Echantillon d'eau de mer ;
- Une pompe à vide ;
- Une fiole à vide de 1000 ml ;
- Filtres à membrane ;
- Entonnoir en verre et Pince en alliage d'aluminium ;
- Etuve.

➤ Mode opératoire

- Peser trois filtres à membrane avec une balance analytique ;
- Faire la filtration sous vide avec la pompe à vide de 1 litre d'eau de mer ;
- Sécher ensuite les filtres à l'étuve à 105°C pendant 4 heures jusqu'à la masse constante ;
- Après le séchage peser la masse finale des membranes.

c) Mesure de sulfate et taux de matières solides en suspension par la méthode spectrophotométrie

Cette méthode est applicable dans le cas des eaux usées et l'eau de mer, ce protocole opératoire a pour but de décrire la méthode de mesure de sulfate et le taux des solides en suspension [29].

➤ Appareillage et réactifs

- Spectrophotomètre HACH DR 3900 ;
- Cuvette rectangulaire en verre ;
- Papier pour le nettoyage ;
- Réactif sulfaver powder pillow ;
- Echantillon d'eau de mer, saumure;
- Eau distillée.

➤ Mode d'opératoire

- Démarrer le programme 680 pour le sulfate et 630 pour TSS ;
- Préparer l'échantillon : faire une dilution de 50 fois (10 ml d'échantillon dans 500 ml d'eau distillée) ;
- Remplir la cuvette en verre avec 10 ml prélevé de l'échantillon préparé ;
- Ajouter le contenu d'un sachet de sulfaver powder pillow dans la même cuvette remplis avec l'échantillon ;
- Agiter la cuvette afin d'homogénéiser la solution, une turbidité blanche se forme à la présence de sulfate ;
- Démarrer le chronomètre, laisser la réaction s'effectuera pendant 5 minutes. Eviter de bouger ou d'agiter la cuvette pendant ce temps ;
- Préparation du blanc : remplir une cuvette en verre avec de l'eau distillée sans mettre le réactif sulfave 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 ;

- 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 [29].



Figure III.4: Spectromètre pour la mesure de sulfate et TSS.

d) Test de chlorure

L'objet de ce mode opératoire est de décrire une méthode de mesure de chlorure présent dans l'eau de mer. Cette méthode appelée méthode de Mohr, elle est valable pour tous les eaux dont le pH est compris entre 6 et 8 [30].

➤ Appareillage et réactifs

- Une fiole jaugée de 1 litre et une autre de 100 ml, un erlenmeyer et une pipette;
- La solution d' (AgNO_3) à 0,10 N ;
- Indicateur coloré (K_2CrO_4) à 0,5 mol/l ;
- La solution de (NaCl) à 0,10 N ;
- Echantillon d'eau de mer, saumure ;
- Eau déminéralisée pour ajuster le volume.

➤ Mode opératoire

- Diluer l'échantillon d'eau de mer 5 fois en pipétant 20 ml d'échantillon dans une fiole jaugée de 100 ml ;
- Prélever 10 ml de l'échantillon dilué dans un erlenmeyer, ajouter quelques gouttes de (K_2CrO_4) et doser avec (AgNO_3) à 0,10 N jusqu'à la coloration orange du mélange en agitant constamment ;
- Noter le volume « V » de la burette.

➤ **Expression des résultats**

$$[0,10 \times 35,5 \text{ (g)} \times 1000 \text{ (mg)} \times V \text{ (ml)} \times (5 \text{ fois})] / 10 \text{ (ml)} = (1775 \times V) \text{ (mg/l)} \quad (01)$$

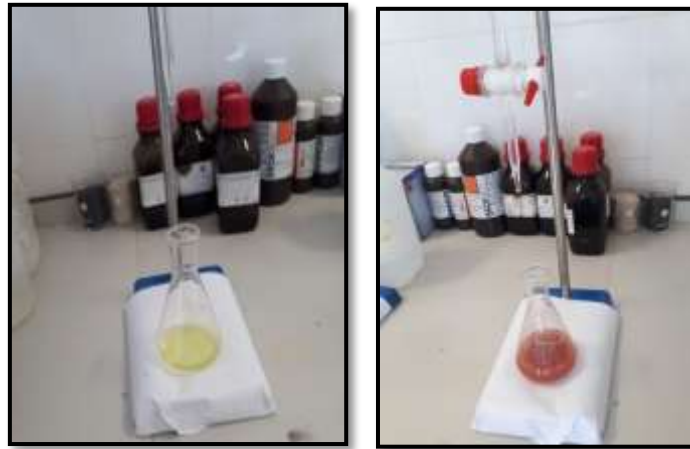


Figure III.5: Dosage de chlorure.

III.1.2.2 Méthode d'analyse d'eau produite

a) Mesure du taux de Solides Totaux Dissous par la méthode gravimétrique

Les sels dissous totaux représentent une évaluation totale des sels minéraux contenus dans l'eau produite. Cette analyse permet de mesurer la concentration des solides dissous en eau par la méthode gravimétrique.

➤ **Appareillage et réactifs**

- Capsules d'évaporation de (25 ml, 50 ml et 100 ml) ;
- Fioles jaugées de (25 ml, 50 ml et 100 ml) ;
- Une pompe à vide ;
- Une fiole à vide de 1000 ml ;
- Filtres à membrane ;
- Entonnoir en verre et Pince en alliage d'aluminium ;
- Etuve ;
- Eau minéralisée (eau produite).

➤ **Mode opératoire**

- Peser les capsules d'évaporation avec une balance analytique ;
- Faire la filtration sous vide avec la pompe à vide de 1 litre d'eau produite ;
- A l'aide d'une fiole jaugée propre de (25 ml, 50 ml, 100 ml), verser le filtrat dans les capsules ;
- Evaporer ensuite les échantillons à l'étuve à 180°C pendant 5 à 6 heures jusqu'à l'évaporation totale de la prise d'essai ;
- Peser la masse finale des capsules avec son contenu.

➤ **Expression des résultats**

$$\text{TDS (mg/l)} = (m_f - m_i) \times 1000 / V \quad (02)$$

b) Mesure de la turbidité

La turbidité caractérise le trouble de l'eau dû à la présence de fines particules en suspension. Elle est mesurée par un turbidimètre (HANNA, HI 93703).



Figure III.6: Turbidimètre.

c) Chlore libre

La détermination du taux du chlore libre est généralement la plus importante dans la plupart des applications possibles. Le chlore a été mesuré au niveau de laboratoire de qualité de la station de dessalement Ténès lilmiyah par un appareil de la marque (HANNA, HI96711).

➤ **Appareillage et réactifs**

- Colorimètre ;
- Cuvettes propres ;
- Eau minéralisée, Pastille DPD.

➤ Mode opératoire

- Etalonner l'appareil par l'eau distillée au 0 mg/l ;
- Remplir la cuvette en verre avec 10 ml prélevé de l'échantillon ;
- Ajouter une pastille de DPD (Diéthyl-p-Phénylène-Diamine) afin de produire une coloration rosâtre ;
- Insérer la cuvette dans le puits de l'appareil et effectuer la lecture immédiatement.



Figure III.7: Colorimètre.

d) Mesure de la dureté totale (TH)

La dureté totale appelée aussi le titre hydrométrique (TH) est l'indicateur de la minéralisation de l'eau. Elle est due uniquement aux ions calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}), la dureté totale s'exprime en ppm (mg/l) de CaCO_3 .

➤ Appareillage et réactifs

- Erlenmeyer de 100 ml ;
- Burette, pro-pipette ;
- Echantillon d'eau produite ;
- Solution d'EDTA à 0,01N ;
- Solution Tampon pH=10, Noir d'Eriochrome T (N.E.T) de 1%.

➤ Mode opératoire

- Dans un Erlenmeyer de 100 ml, mettre 50 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 4 ml de la solution tampon pH=10 à l'aide de la pipette en plastique propre ;
- Ajouter une goutte d'indicateur coloré Noir d'Eriochrome T (NET) jusqu'à obtenir une couleur rose-violette ;

- Titrer le mélange par la solution d'EDTA à 0,01N avec l'agitation jusqu'au virage au bleu-franche ;
- Noter le volume «V» de la burette.

➤ **Expression des résultats**

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

(03)

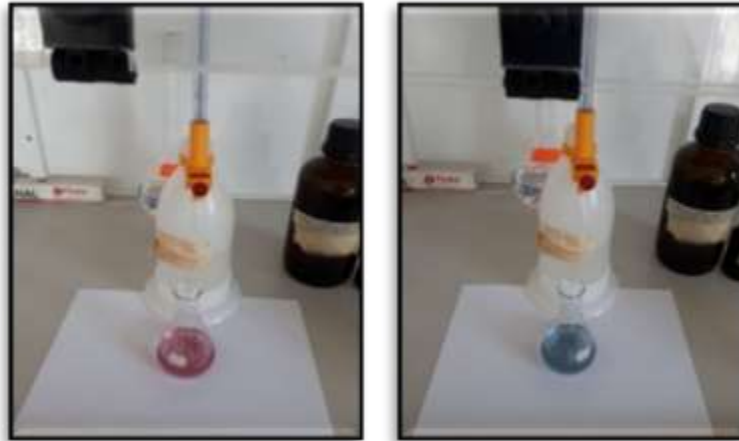


Figure III.8: Dosage de la dureté totale (TH).

e) **Dosage de Calcium et de Magnésium**

➤ **Appareillage et réactifs**

- Erlenmeyer de 100 ml ;
- Burette, pro-pipette ;
- Echantillon d'eau produite;
- Solution d'EDTA à 0,01 N;
- Solution de NaOH à 1 N, une pincée de Murexide.

➤ **Mode opératoire**

- Prélever 50 ml d'eau à analyser dans un Erlenmeyer de 100 ml ;
- Ajouter 4 ml de la solution NaOH (1 N) et une pincée de Murexide jusqu'à obtenir une coloration bien rose ;

- Verser l'EDTA goutte à goutte tout en mélangeant énergiquement jusqu'à la coloration violette, et noter le volume « V » de la burette.

➤ **Expression des résultats**

$$\text{Concentration en Calcium (mg/l) en CaCO}_3 = 8,016 \times V \quad (04)$$

La concentration en Magnésium (mg/l en CaCO₃) est la différence entre la concentration totale des ions (calcium +magnésium) en mg/l en CaCO₃ et la concentration en calcium en mg/l en CaCO₃.

➤ **Expression des résultats :**

$$[\text{Mg}^{2+}](\text{mg/l})\text{CaCO}_3 = [\text{TH} / 50,044 - [\text{Ca}^{2+}]/20,04] \times 12,156 \quad (05)$$

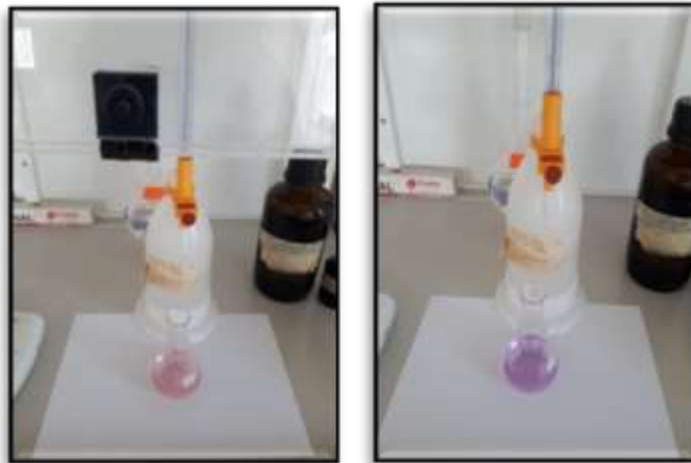


Figure III.9: Dosage de calcium et de magnésium.

f) Test de l'alcalinité

L'alcalinité permettant de connaître les concentrations en bicarbonates, carbonates et éventuellement en hydroxydes (bases fortes) contenues dans l'eau. Cette analyse a pour but de la détermination titrimétrie de l'alcalinité [30].

➤ **Appareillage et réactifs**

- Erlenmeyer de 250 ml ;
- Burette ;
- Echantillon d'eau produite ;
- Solution de HCl à 0,2 N;
- Méthyle orange à 0,04%.

➤ **Mode opératoire**

- Dans un erlenmeyer de 250 ml, prélever 100 ml d'eau à analyser;
- Ajouter 2 gouttes de méthyle orange et mélanger jusqu'à l'apparition de la couleur jaune-orange ;
- Titrer avec HCl (0,2 N) jusqu'à obtenir le début d'une coloration orange ;
- Noter le volume de la burette «V».

➤ **Expression des résultats**

$$\text{TAC (mg/l) en CaCO}_3 = 10 \times V$$

(06)

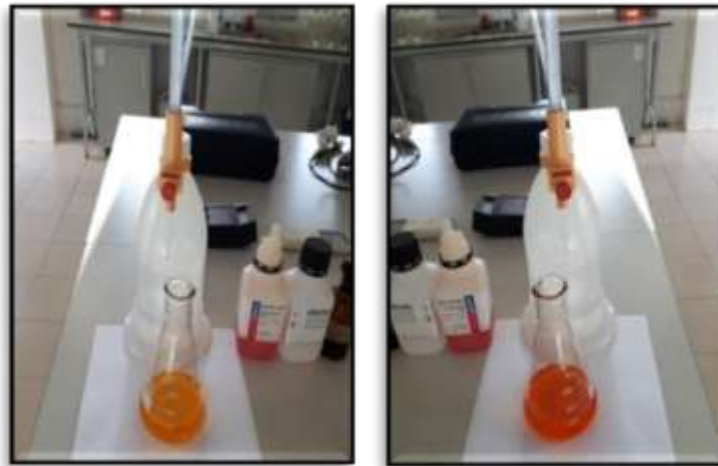


Figure III.10: Dosage de l'alcalinité.

g) Test de Bore

➤ **Appareillage et réactifs**

- Spectrophotomètre HACH DR 3900;
- Cuvette rectangulaire en verre ;
- Pipette graduée ;
- Papier pour le nettoyage ;
- Solution A;
- Echantillon d'eau produite.

➤ **Mode opératoire**

- Remplir la cuvette en verre avec 2,5 ml d'eau produite ;
- Ajouter 1 ml de solution A à l'aide d'une pipette graduée propre;
- Agiter la cuvette afin d'homogénéiser la solution ;
- Démarrer le chronomètre, laisser la réaction s'effectuer pendant 40 minutes ;

- Préparation du blanc : remplir une cuvette en verre avec de l'eau distillée sans mettre la solution A, insérer la dans le puits et appuyer sur zéro, une valeur de 0 mg/l s'affiche sur l'écran de l'instrument ;
- Après l'expiration des 40 minutes, nettoyer la cuvette avec un papier, insérer dans le puits et enfin appuyer sur mesure.

h) Indice de saturation de Langelier

L'indice de saturation 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 [31].

D'autre façon l'indice de saturation permettant de déterminer la stabilité du carbonate de calcium dans l'eau, il indique si l'eau va précipiter, dissoudre ou être en équilibre avec le carbonate de calcium.

Tableau III-1: Fourchette d'équilibre de l'indice de Langelier [21].

-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	

Partie 2 :

***Contrôle de qualité au niveau
de laboratoire d'analyse
régional de l'ADE
(Wilaya de Chlef)***

III.2 Contrôle de qualité

La surveillance de la conformité de l'état des sources, des installations hydrauliques, des réseaux de distribution et de la qualité de l'eau est une activité fondamentale de prévention, elle est d'un intérêt primordial et stratégique pour la prévention de l'état de santé de la population.

Dans ce cadre, le laboratoire régional de l'algérienne des eaux (ADE) consiste à effectuer des analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux distribuées dans la willaya de Chlef, où le contrôle se fait quotidiennement chez l'abonnée.

III.2.1 Prélèvement

Le prélèvement des échantillons d'eau a été fait dans des flacons en verre d'un litre préalablement stérilisé rincés avec de l'eau distillée, puis de nouveau rincés trois fois avec de l'eau à analyser, enfin remplie jusqu'au bord de façon à ne laisser aucun contact avec l'air puis hermétiquement (sans être influencer par l'extérieure) fermés.

Les flacons seront numérotés identiquement aux échantillons pour faciliter la tâche pendant l'analyse et éviter les erreurs.

Les flacons doivent être stockés à l'abri de la lumière et au frais pour la conservation. Pour cela on utilise une glacière gardant la température à 4 C°.

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées dans les premières 24 heures. Pour notre étude expérimentale, on choisit deux points de prélèvement :

- Le barrage de Sidi Yacoub (réservoir d'alimentation) ;
- Le forage de Sendjas (réservoir d'alimentation).



Figure III.11: Flacons de prélèvement en verre.



Figure III.12: Stockage des échantillons.

III.2.2 Contrôle physico-chimique

III.2.2.1 Paramètres physiques

a) Mesure électro-métrique du pH avec l'électrode de verre

Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogène (H^+) présent dans l'eau ou les solutions.

➤ Appareillage et réactifs

- pH Mètre (avec une électrode de pH combinée) ;
- Solution Tampon pH = 9 ;
- Solution Tampon pH = 7 ;
- Solution Tampon pH = 4 ;
- Echantillon d'eau à analyser.

➤ Mode opératoire :

- Étalonner l'appareil pH mètre avec les solutions tampon pH = 7 et pH = 9 ;
- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser ;
- Mettre un agitateur avec une faible agitation ;
- Tremper l'électrode dans le bêcher ;
- Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation ;
- Puis noter le pH.



Figure III.13: pH mètre de mesure.

b) Mesure de température, TDS, conductivité et salinité

Ces paramètres physiques ont été mesurés par la conductimètre au niveau de laboratoire d'analyse de l'algérienne des eaux de la wilaya de Chlef.

➤ **Appareillage et réactifs**

- Conductimètre ;
- Echantillon d'eau à analyser ;

➤ **Mode opératoire**

- allumer le conductimètre et rincer la sonde avec de l'eau distillée ;
- ensuite on verse environ 100 ml de l'eau à analyser dans un bécher (stérilisé) ;
- puis on trempe la sonde dans le bécher de façon à être bien immerger, enfin on lance la lecture et atteint jusqu'à la stabilisation ;
- noté les valeurs suivants : la température qui est exprimer en °C, la conductivité en $\mu\text{s}/\text{cm}$, TDS en mg/l et la salinité en %.



Figure III.14: Conductimètre de mesure.

c) Mesure de la turbidité

La turbidité est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoute. Elle est mesurée par un appareil de la marque HACH 2100N.

III.2.2.2 Paramètres de pollution

a) Détermination de l'azote ammoniacal (NH_4^+)

Ce protocole spécifie une méthode par spectrométrie d'adsorption moléculaire pour le dosage d'ammonium dans les eaux potables, eaux brutes, et les eaux résiduaires.

➤ **Principe**

Mesure spectrométrique à environ 655 nm d'une solution formée par la réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium. Les ions hypochlorite sont générés in situ par hydrolyse alcaline du sel de sodium du dichloro-isocyanurate de sodium. Cette réaction résulte un changement de couleur de jaune vers le verdâtre qui indique la présence de NH_4^+ [32].

➤ **Appareillage et réactifs**

- Spectrophotomètre UV-Visible ;
- Réactif I (réactif coloré) ;
- Réactif II (dichloro-isocyanurate de sodium) ;
- Echantillon d'eau à analyser.

➤ **Mode opératoire**

- A l'aide d'une éprouvette verser 40 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée de 50 ml ;
- Ajouter 4 ml du réactif I ;
- Ajouter 4 ml du réactif II et ajuster à 50 ml avec H₂O distillée ;
- Laisser la réaction s'effectuer pendant 40 minutes à 1 heure jusqu'à l'apparition d'une couleur verte ;
- Effectuer la lecture à 655 nm qui donne directement le résultat en mg/l, de même pour l'essai à blanc.



Figure III.15: Dosage d'ammonium.

b) Détermination des nitrites (NO₂⁻)

L'objet de cette présente méthode décrit le dosage des nitrites dans les eaux par spectrométrie d'adsorption moléculaire.

➤ **Principe**

Réaction des nitrites présents dans une prise d'essai, à pH 1,9 avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide en présence d'aide ortho phosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlor-hydrate de N- (naphtyl-1) diamino-1,2 éthane (ajouter avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide) mesurage de l'absorbance à 540 nm [32].

➤ **Appareillage et réactifs**

- Spectrophotomètre UV-Visible, équipé de cuves de 10 mm d'épaisseurs ;
- Verreries (fioles jaugée, pipettes...)
- Réactif mixte;
- Echantillon d'eau à analyser.

➤ **Mode opératoire**

- Dans une fiole jaugée verser un volume de 40 ml d'eau à analyser dans un ;
- Ajouter 1 ml du réactif mixte et homogénéiser ;
- Laisser la réaction s'effectuera pendant 15 à 20 minutes (l'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^-) ;
- Enfin, effectuer la lecture à 543 nm qui donne directement le résultat en mg/l des nitrites.



Figure III.16: Dosage de nitrite.

c) **Dosage des nitrates (NO_3^-)**

Cette analyse est applicable pour le dosage des nitrates dans les eaux de distribution souterraines et de surface par la méthode de salicylate de sodium.

➤ **Principe**

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du para-nitro-salicylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique [32].

➤ Appareillage et réactifs

- Solution de salicylate de sodium à 0,5 % ;
- Solution d'hydroxyde de sodium 30 % ;
- Acide sulfurique (H_2SO_4) concentré ;
- Tartrate double de sodium et de potassium ;
- Capsules d'évaporation de 100 ml ;
- Etuve pour le séchage, balance analytique ;
- Spectrophotomètre U.V visible ;
- Echantillon d'eau à analyser.

➤ Mode opératoire

- Dans une fiole jaugée propre de 25 ml, verser 10 ml de l'échantillon à analyser ;
- Ajouter 2 à 3 gouttes de la solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 30 % ;
- Ajouter 1 ml de la solution de salicylate de sodium ;
- Dans une série des capsules d'évaporation introduire la solution ;
- Evaporer à sec dans un étuve à 75 - 88°C ;
- laisser refroidir ;
- Reprendre le résidu avec 2 ml de la solution (H_2SO_4) concentré ;
- Laisser la réaction s'effectuera pendant 10 minutes ;
- Ajouter 15 ml d'eau distillée ;
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium ;
- Faire l'analyse spectrale à une longueur d'onde de 415 nm qui donne directement le résultat en mg/l de (NO_3^-).



Figure III.17: Dosage de nitrite.

d) Détermination des phosphates (PO_4^{3-})

Cette méthode de dosage s'applique aux différents types d'eaux: souterraines, de surface et résiduaires, à des concentrations variables à l'état dissous et non dissous. L'objet de la présente est de décrire la mesure des ortho-phosphates par spectrométrie.

➤ Principe

C'est une réaction des ions ortho-phosphates avec une solution acide contenant des ions molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimonyl-phosphomolybdate [32].

➤ Appareillage et réactifs

- spectrophotomètre U.V ;
- fiole jaugée 50 ml ;
- Réactif mélange (solution molybdate acide) ;
- Acide ascorbique à 10 % ;
- Echantillon d'eau à analyser.

➤ Mode opératoire

- Dans une fiole jaugée de 50 ml, verser 40 ml d'eau à analyser;
- Ajouter 2 ml du réactif mélange ;
- Ajouter 1 ml d'acide ascorbique ;
- Compléter le volume avec l'eau distillée jusqu'à le trait de jauge;
- Laisser la réaction s'effectuera pendant 10 minutes jusqu' à l'apparition de la colore bleue;
- Effectuer la lecture spectrale à une longueur d'onde de 880 nm qui donne directement le résultat en mg/l de (PO_4^{3-}).



Figure III.18: Dosage de phosphate.

e) Détermination des matières organiques (MO)**➤ Principe**

Une eau riche en matières organiques doit toujours être suspectée de contamination bactériologique ou chimique. Leur teneur est appréciée, le plus souvent, par des tests tels que la réduction du permanganate de potassium en milieu acide et en milieu alcalin. Les eaux très pures ont généralement une consommation en oxygène inférieure à 1 mg/l [32].

➤ Appareillage et réactifs

- Echantillon d'eau à analyser ;
- Solution de permanganate de potassium à 20 mmol/l ;
- Solution de KMnO_4 à 2 mmol/l ;
- Solution d'oxalate de sodium à 0,05 mol/l ;
- Solution d'oxalate de sodium à 5 mmol/l ;
- Solution d'acide sulfurique diluée à environ 2,2 mol/l ;
- Erlenmeyer de 250 ml ;
- Burette.

➤ Mode opératoire

- Dans un erlenmeyer de 250 ml, prélever 100 ml (V_s) d'eau à analyser;
- Ajouter 20 ml d'acide sulfurique diluée à environ 2,2 mol/l, et homogénéiser ;
- Porter à l'ébullition douce, puis ajouter 20 ml de la solution de permanganate de potassium à 2 mmol/l, on note une apparition de coloration rose ;
- Laisser la réaction s'effectuer pendant 10 minutes;
- Ajouter 20 ml de la solution d'oxalate de sodium à 5 mmol/l pour la décoloration de la solution;
- Chauffer la solution jusqu'à atteindre la température 80°C ;
- Titrer la solution encore à chaud avec le permanganate de potassium à 2 mmol/l jusqu'à l'apparition d'une coloration rose ;
- Noter le volume " V_3 " de la burette, puis on effectue avec les mêmes conditions un essai à blanc sur 25 ml d'eau distillée.

☞ Expression des résultats

L'indice permanganate (x) de l'échantillon, exprimé en milligrammes d'oxygène par litre est donné par l'expression suivante :

$$x = (V_1 - V_2)/V_3 \times f \times 16$$

(07)

D'où:

- ☞ V_1 : Volume $KMnO_4$ à 2 mmol/l (échantillon) ;
- ☞ V_2 : Volume $KMnO_4$ à 2,2 mmol/l (blanc : H_2O distillée) ;
- ☞ V_3 : le volume de la solution de permanganate de potassium utilisé pour le titrage de la solution de permanganate de potassium.
- ☞ F : est le facteur de dilution éventuel de l'échantillon avant analyse.

III.2.2.3 Minéralisation globale

a) Dosage de la somme du calcium (Ca^{+2}) et du magnésium (Mg^{2+})

➤ Principe

Titration par complexométrie des ions calcium et magnésium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide éthylène diamine tétra-acétique (EDTA) à un pH de 10. Le noir Eriochrome T(NET) est utilisé comme indicateur, qui donne une couleur rose-violette grâce à la présence des ions calcium et magnésium. Lors du titrage avec l'EDTA la solution vire au bleu.

➤ Mode opératoire

Le mode opératoire de cette technique est le même protocole utilisé dans le laboratoire d'analyses de la station de dessalement d'eau de mer.

☞ Expression des résultats

La concentration totale en ions calcium et magnésium (Ca^{2+} , Mg^{2+}) exprimée en °F, est donnée par la formule:

$$TH = V_{eq} \times 2 \times f \times f_c \quad (08)$$

b) Dosage du calcium (Ca^{2+})

➤ Principe

Titration des ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à un pH compris entre 12 et 13. L'indicateur utilisé est le murexide, qui forme un complexe rose avec le calcium.

Lors de titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium, l'indicateur vire alors de la couleur rose à la couleur violet.

➤ **Expression des résultats**

La détermination de Magnésium est donnée par la formule suivante:

$$[\text{Ca}^{2+}](\text{mg/l}) = V_1 \times 8,016 \times F \quad (09)$$

La détermination de Magnésium est donnée par la formule suivante:

$$[\text{Mg}^{2+}](\text{mg/l}) = (V_{\text{TH}} - V_1) \times 4,86 \times F \quad (10)$$

☞ V_1 : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée ;

☞ F: facteur de dilution ;

☞ F_c : facteur de correcteur de correction du titre.

c) Détermination de l'alcalinité

➤ **Principe**

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence bicarbonates, carbonates et hydroxydes. La présente méthode d'essai a pour objet de déterminer l'alcalinité d'une eau par la mesure du titre alcalimétrique (TA) et du titre alcalimétrique complet (TAC). L'opération effectuée pour la détermination des volumes successifs d'acide fort (HCl) en solution diluée nécessaires pour la neutralisation aux niveaux de pH 8,3 et 4,3 [32].

➤ **Appareillage et réactifs**

- Acide chlorhydrique (HCl) à 0,01N ;
- Echantillon d'eau à analyser ;
- pH mètre ;
- Electrode du verre ;
- burette.

➤ **Mode opératoire**

- Dans un bécher amener 100 ml d'eau à analyser, et à l'aide d'un pH mètre noter son pH ;
- Titrer avec la solution d'acide chlorhydrique (HCl) à 0,01 N jusqu'à obtenir un pH de 4,3 (soit V_1) ;
- Si le pH de l'échantillon est supérieur à 8,3 verser lentement l'acide chlorhydrique pour obtenir cette valeur, puis continuer le dosage jusqu'à pH de 4,3 (soit V_2).

➤ **Expression des résultats**

La détermination du titre alcalimétrique complet (TAC) donnée par la formule suivant :

$$\text{TAC } [\text{HCO}_3^-] (\text{mg/l}) = V_1 \times 61 \quad (11)$$

La détermination du titre alcalimétrique (TA) donnée par la formule suivant :

$$\text{TA } [\text{CO}_3^{2-}] (\text{mg/l}) = V_2 \times 60 \quad (12)$$

d) Dosage de sodium (Na⁺) et potassium (K⁺) par photométrie de la flamme.

➤ **Principe**

La photométrie de la flamme est l'une des procédés les plus rapides et sensibles connus aujourd'hui pour le dosage des éléments alcalins et alcalino-terreux.

Les éléments à analyser (sodium, potassium, lithium, calcium...etc.) sont généralement sous forme de sels. L'analyse se fait en partant de leurs solutions.

➤ **Appareillage et réactifs**

- Appareil Dr LANGE (JENWAY) ;
- Eau distillée ;
- Solution étalon de (Na⁺) ou du (K⁺) à 10 mg/l ;

➤ **Mode opératoire**

- Allumer l'appareil à l'aide du bouton vert (Power) ;
- Ouvrir le robinet de la bouteille du gaz ;
- Allumer la flamme à l'aide du bouton noir "IGNITION" sans lâcher le doigt jusqu'à l'affichage "FLM" en rouge sur l'écran ;
- Pipeter de l'eau distillée remplie dans une cuvette ;
- Optimiser la flamme si elle est jaune à l'aide du bouton " fuel " jusqu'à ce que la couleur devienne bleu violacée ;
- Optimiser à zéro à l'aide du bouton "Blank" ;
- Laisser se stabiliser 5 à 10 minutes ;
- Une fois qu'elle se stabilise à zéro, activer la cuvette d'eau distillée et la remplacer par une autre cuvette remplie par une solution étalon de (Na⁺) ou du (K⁺) à 10 mg/l ;
- Optimiser à 10 mg/l à l'aide du bouton "FINE" ;

- Retirer la cuvette remplie par une solution étalon de (Na^+) ou de (K^+) à 10 mg/l et la remplacer par une cuvette remplie d'eau distillée et vérifier si l'écran affiche zéro (0,000) ;
- Retirer la cuvette remplie par l'eau distillée et la remplacer par une cuvette remplie par une solution étalon de (Na^+) ou de (K^+) à 10 mg/l et vérifier si l'écran affiche (10) ;
- Retirer la cuvette et la remplacer par une autre cuvette remplie d'eau distillée ;
- A la fin, passer aux échantillons inconnus jusqu'à ce que la valeur affichée sur l'écran soit stable (3 essais pour chaque échantillon);
- Le résultat est donné directement en mg/l.



Figure III.19: La photométrie de flamme.

e) Détermination des chlorures (Cl^-)

➤ Principe

Réaction des ions chlorure avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement avec un addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage. Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9,5 afin de permettre la précipitation [32].

➤ Appareillage et réactifs

- Solution de nitrate d'argent (AgNO_3) à 0,02 mol/l ;
- Solution d'indicateur de chromate de potassium (K_2CrO_4);
- Solution étalon de chlorure de sodium (NaCl) à 0,02 mol/l ;
- Echantillon d'eau à analyser;
- Burette, fiole jaugée et une pipette.

➤ Mode opératoire

- Introduire 100 ml de l'échantillon dans une fiole jaugée ;
- Ajouter 2 gouttes d'indicateur de chromate de potassium K_2CrO_4 (coloration jaunâtre);
- Titrer la solution par addition goutte à goutte de solution de nitrate d'Argent (V_{eq}) jusqu'à le changement de couleur (coloration brun-rougeâtre) ;
- Un essai à blanc doit être réalisé pour le prendre comme référence.

➤ Expression des résultats

$$[Cl^-](mg/l) = V_{eq} \times 71 \times f \quad (13)$$

f) Détermination des sulfates (SO_4^{2-})**➤ Principe**

L'objet de la présente est de décrire la détermination des sulfates par spectrophotomètre UV-Visible.

➤ Appareillage et réactifs

- Solution stabilisante ;
- Solution de chlorure de baryum ($BaCl_2$) à 0,01N ;
- Echantillon d'eau à analyser ;
- Fiole jaugée, pipette ;
- Spectrophotomètre UV-Visible ;
- Agitateur magnétique.

➤ Mode opératoire

- Dans une fiole jaugée de 100 ml verser 20 ml d'eau à analyser, compléter avec l'eau distillé jusqu'à le trait de jauge ;
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante ;
- Ajouter 2 ml de chlorure de baryum ($BaCl_2$) à 0,01N ;
- Agiter énergiquement pendant 1 mn ;
- Passer au spectrophotomètre à une longueur d'onde $\lambda = 420$ nm de même pour l'essai à blanc.

g) Détermination du résidu sec**➤ Principe**

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau non filtrée ce que signifie le résidu total. Si l'eau est filtrée (eau turbide) préalablement à la mesure, le résidu correspond alors aux matières dissoutes [32].

➤ Appareillage et réactifs

- Capsule en porcelaine ;
- Balance analytique, Etuve réglable ;
- Echantillon d'eau à analyser.

➤ Mode opératoire

- Tarer une capsule préalablement lavée, rincée à l'eau distillée et desséchée ;
- Prélever 100 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et déverser la dans la capsule ;
- Porter cette dernière à l'étuve à 105° C pendant 24 heures ;
- Laisser refroidir pendant ¼ d'heure au dessiccateur ;
- Peser immédiatement à l'aide d'une balance analytique.

➤ Expression des résultats

$$[\text{RS}](\text{mg/l}) = (P_p - P_v) \times 10000$$

(14)



***Chapitre IV : Résultats et
discussions***

Introduction

Ce chapitre est consacré aux résultats et discussions des analyses effectuées sur les eaux de robinets qui alimenté la population (consommateur), pour évaluer leur qualité physico-chimique .ce travail a été effectué sur trois sources d'eau : la station de dessalement a Ténès, le barrage de sidi Yakoub et le forge de Sendjas durant le mois d'Mars 2022.

IV.1 Normes Algériennes des paramètres physicochimique

Le contrôle de qualité des eaux de mer sera mené en comparant les valeurs des paramètres analysés avec les seuils fixés par les normes algériennes de qualité des eaux ainsi qu'une comparaison avec les normes internationales de l'organisation mondiale de la santé (OMS). Les normes de l'eau potable sont établie par l'organisation mondiale de la santé OMS ou le ministère Algérienne des ressources.

Les deux tableaux ci-dessous regroupent les différentes normes des paramètres physico-chimiques :

Tableau IV-1: Normes Algérienne des paramètres chimiques.

Paramètre chimique	Unité	Norme
Dureté total (CaCO ₃)	mg/l	50 < DT < 150
Chlorure	mg/l	19000 < Cl < 22000
Alcalinité (CaCO ₃)	mg/l	≥60
Calcium (CaCO ₃)	mg/l	< 75
Magnésium (CaCO ₃)	mg/l	< 150
Salinité	g/l	/
Chlore libre	ppm	1
Sulfate	mg/l	< 3200
MES	mg/l	< 10

Tableau IV-2: Normes Algériennes des paramètres physiques.

Paramètre physique	Unité	Norme
Ph	/	7,5 < pH < 8,5
Température	° C	15 < T < 25
Conductivité	μS/cm	< 1500
Turbidité	NTU	< 5
Indice de Langelier	/	0 à 0,4
TDS	ppm	35000 < TDS < 39000

IV.2 Les analyse physiques et chimiques

IV.2.1 Contrôle physiques

Cette étude a été réalisée au niveau du laboratoire de contrôle de la qualité de la station de dessalement à Ténès et au niveau du laboratoire de contrôle de qualité algérienne des eaux (ADE).

On a regroupe tous les résultats des paramètres physique dans ce tableau.

Tableau IV-3 : Les résultats des paramètres physique.

Paramètres	Unité de Dessalement	Barrage de sidi	Forage de Sendjas
	de Ténès	Yacoub	
Température (C°)	17,1	20,2	16
pH	7,90	7,84	7,27
Conductivité (μs/cm)	536,8	1971	3050
TDS (ppm)	259,6	1064	1662
Salinité (g/l)	00	0,8	1,5
Turbidité (NTU)	00	0,98	1,09

a) Température (C°)

La température est une grandeur physique liée à la notion immédiate de chaud et froide.

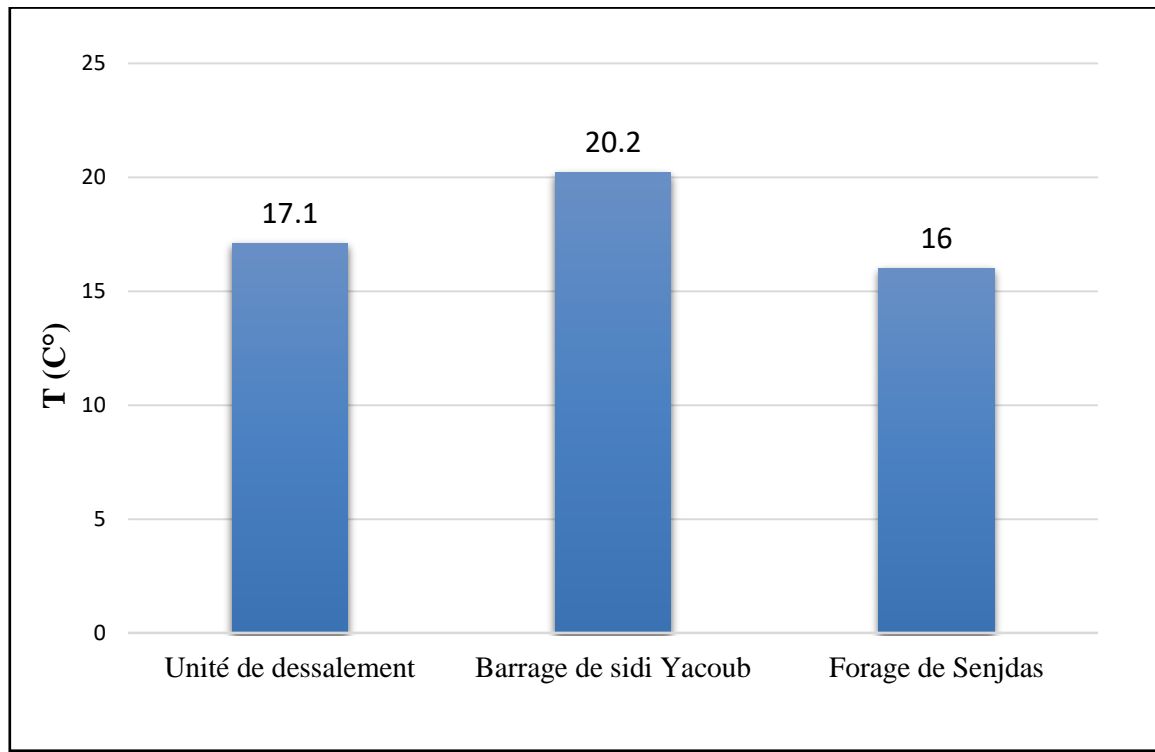


Figure IV.1: Diagramme représentatif des résultats de température.

La température de l'eau dans les trois points de prélèvements est variée entre 16°C et 20,2 °C. La norme algérienne indique une valeur maximale de 25°C, donc ces résultats sont conformes.

b) Potentiel d'hydrogène (pH)

Le potentiel d'hydrogène (pH) est une mesure de l'activité chimique des ions hydrogène en solution. Plus souvent, le pH mesure l'acidité ou la basicité d'une solution dans un milieu aqueux. Le tableau IV-3 regroupe les résultats d'analyses de la température et de pH.

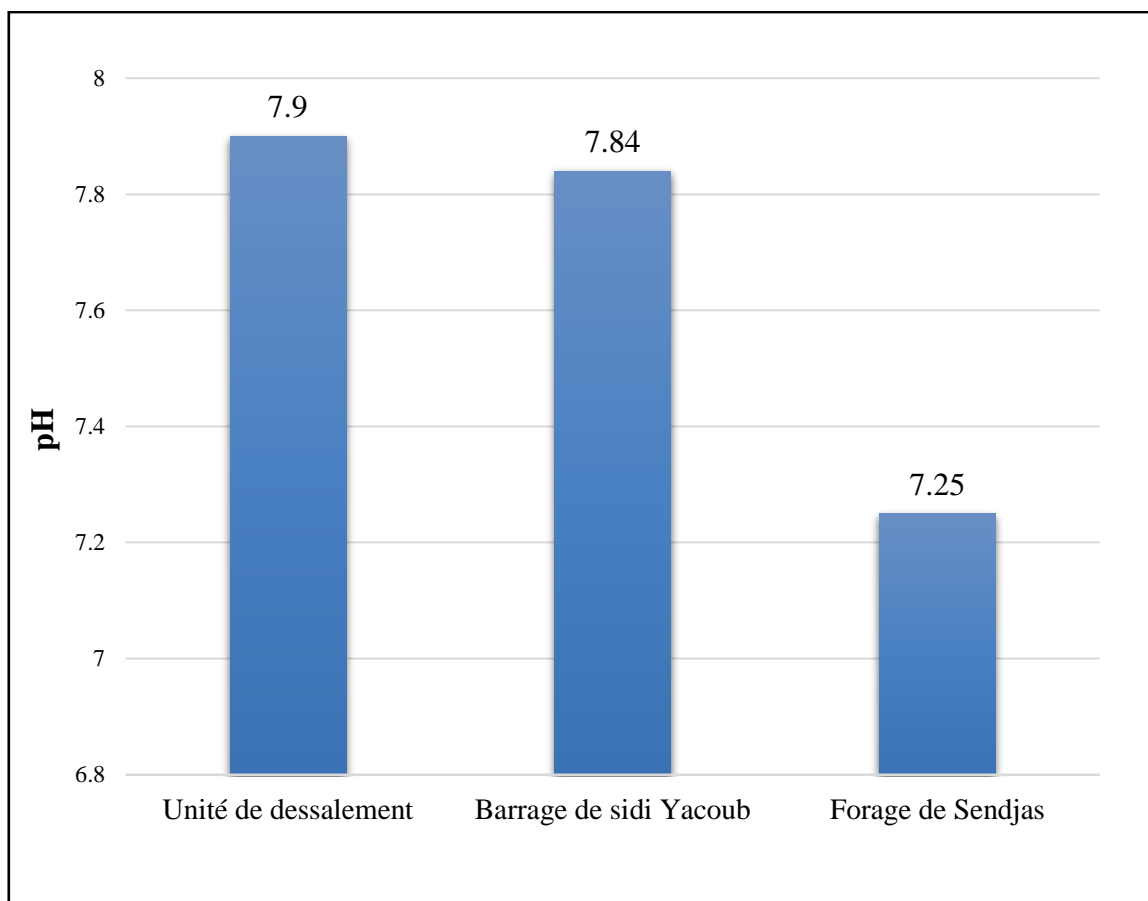


Figure IV.2: Diagramme représentatif des résultats de pH.

Les valeurs de pH obtenues lors des analyses des échantillons d'eau de la zone d'étude varient entre 7,25 et 7,90. La valeur maximale est enregistrée au niveau de la station de dessalement Ténès (7,90) et la valeur minimale est enregistrée au niveau du forage de Sendjas (7,25). Toutes les valeurs sont conformes à la Norme OMS et la Norme Algérienne de potabilité (**Tableau IV-2**).

Cette variation peut être expliquée par la nature géochimique des roches affleurant car le pH dépend en grande partie de l'effet tampon des terrains traversés qui sont en majorité des terrains calcaire et dépend aussi de la nature des bassines de stockages qui relient les points de distribution d'eau au consommateur.

La température de l'eau dans les trois points de prélèvements est variée entre 16°C et 20,2°C. La norme algérienne indique une valeur maximale de 25°C, donc ces résultats sont conformes.

c) Conductivité (δ)

Grandeur physique caractérise la résistance au passage de courant ou de la chaleur dans le matériau. L'unité de mesures est $\mu\text{S}/\text{cm}$.

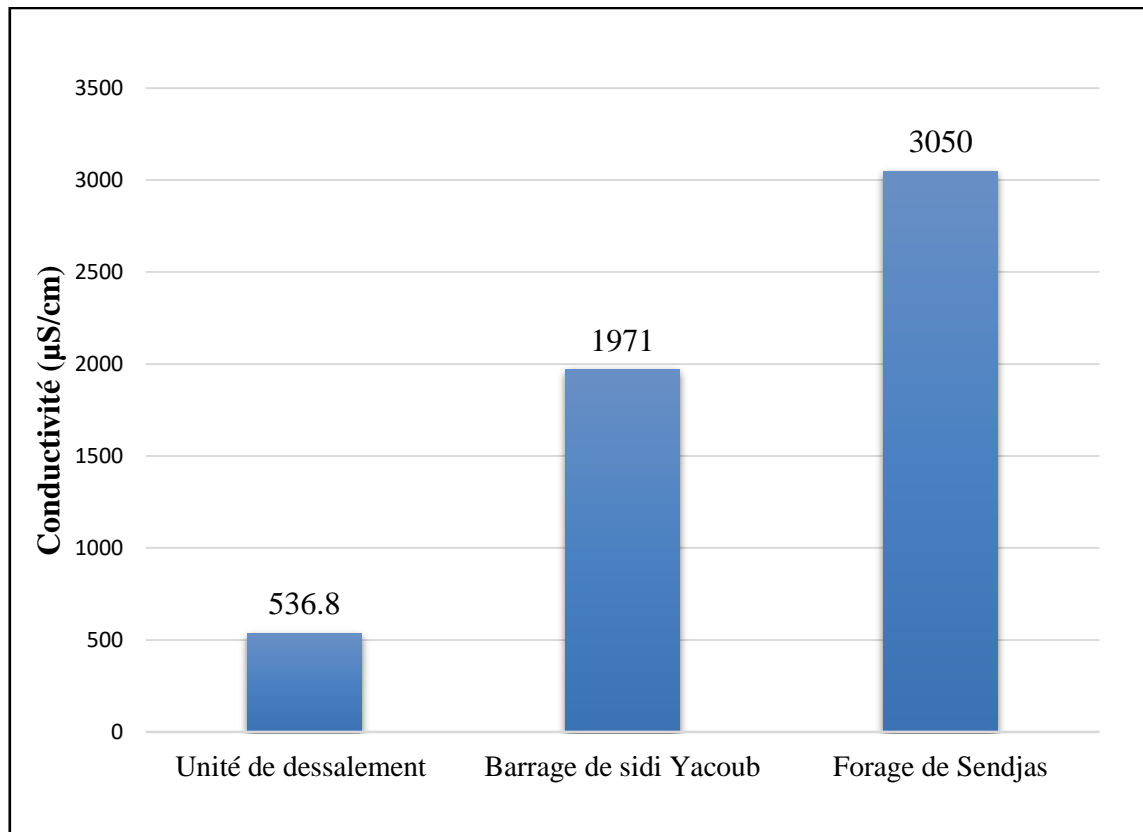


Figure IV.3: Diagramme représentatif des résultats de conductivité.

Les résultats des analyses des échantillons d'eau de la zone d'étude montrent une Conductivité qui varie entre $536,8 \mu\text{S}/\text{cm}$ et $3050 \mu\text{S}/\text{cm}$. La valeur maximale est enregistrée au niveau du forage de Sendjas ($3050 \mu\text{S}/\text{cm}$) et la valeur minimale est enregistrée au niveau d'unité de dessalement à Ténès ($536,8 \mu\text{S}/\text{cm}$).

Donc la valeur qui enregistré au niveau de forage de Sendjas est ne conforme pas à la Norme Algérienne de potabilité (**Tableau IV-2**) et a l'OMS.

Les deux autres valeurs de barrage de sidi Yakoub et de la station de dessalement de Ténès sont confirmé les normes algériennes de potabilités et de l'OMS (**Tableau IV-2**).

Cette variation de la conductivité indique qu'il y a une différence de minéralisation importante entre les trois points, ceci peut être expliqué par la nature géochimique des roches traversées par les eaux dans cette région.

d) Total des solides dissous (TDS)

Le TDS signifie le total des solides dissous, il représente la concentration totale des substances dissoute dans l'eau. L'unité de mesure est ppm (partie par million).

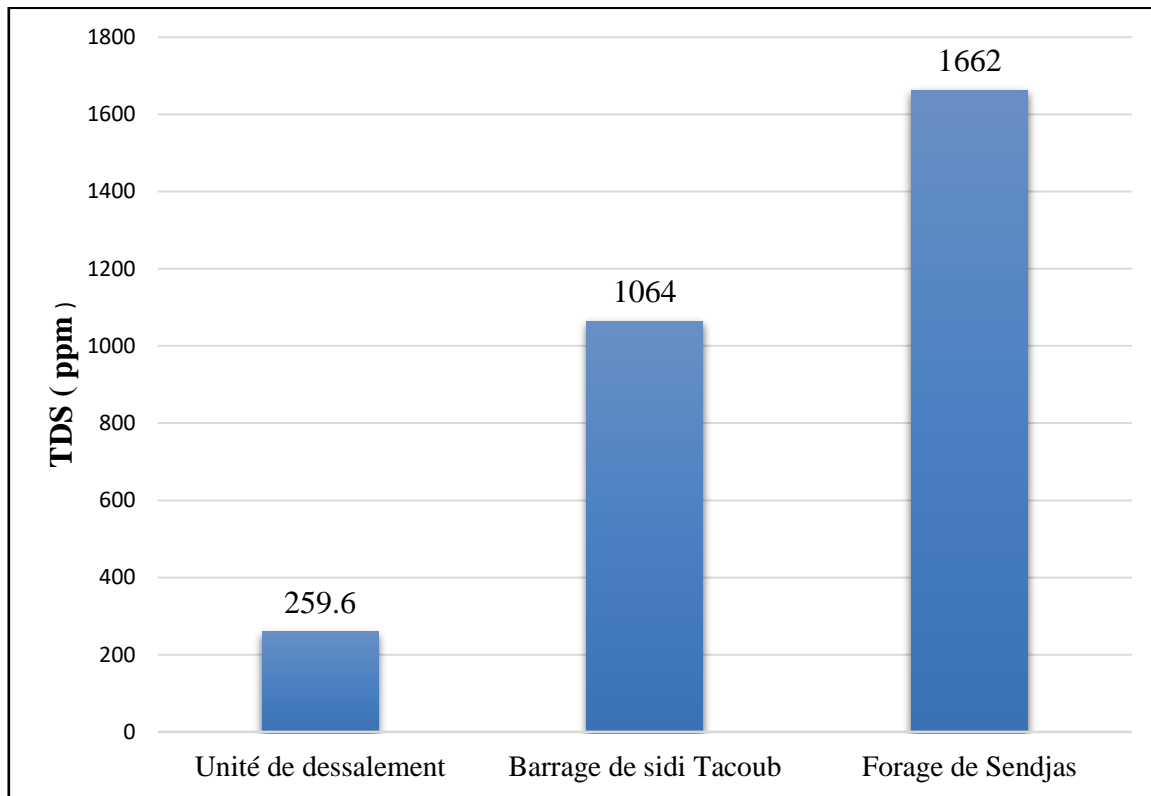


Figure IV.4: Diagramme représentatif des résultats de TDS.

Les résultats des analyses des échantillons d'eau de la zone d'étude montrent une TDS qui varie entre 259,6 mg/l et 1662 mg/l. La valeur maximale est enregistrée au niveau du forage de Sendjas (1662 mg/l), aussi au niveau de barrage de sidi Yakoub (1064mg/l), et la valeur minimale est enregistrée au niveau d'unité de dessalement de Ténès (259,6 mg/l). La valeur de TDS dans la station de dessalement se révèle conforme à la norme préconisée par la norme algérienne qui est de 150 à 500 ppm.

Mais les résultats dans les autres zones d'étude (le barrage et le forage) ne confirment pas aux normes algériennes ou l'OMS, cet écart dans les résultats est dû à la formation sédimentaire dans les bassins avec la proportionnalité des degrés de conductivité, ce qui montre l'augmentation de concentration.

e) La salinité

Par définition, la salinité désigne la quantité de sels dissous dans un liquide.

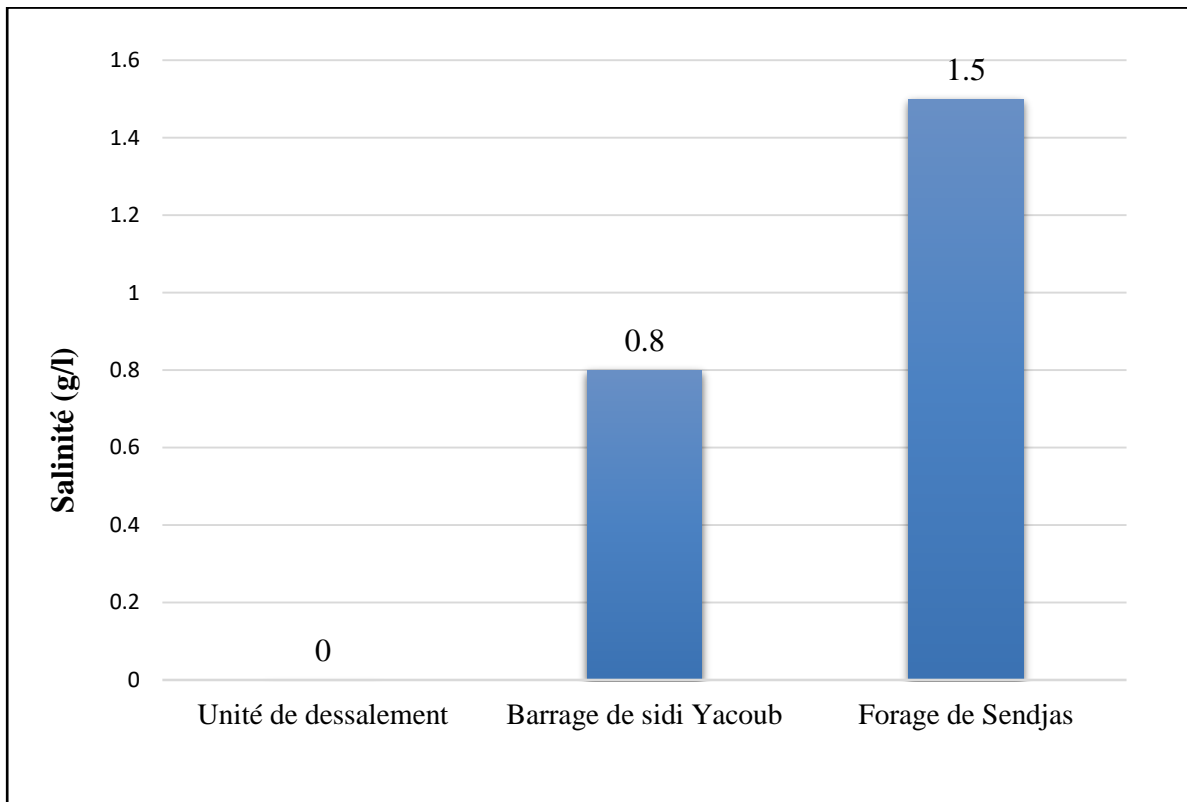


Figure IV.5: Diagramme représentatif des résultats de salinité.

Les résultats des analyses des échantillons d'eau de la zone d'étude montrent une Salinité qui varie entre 0,0 g/l et 1,5 g/l .La valeur maximale est enregistrée au niveau du forge de Sendjas (1,5 g/l) et la valeur minimale est enregistrée au niveau de la station de dessalement ou il a enregistré l'absence totale de salinité, et sa vous dire que la station de dessalement fait une désalinisation totale. Aussi on a enregistré une valeur de 0,89 g/l au niveau du barrage de sidi Yacoub.

Il n'existe pas de concentration maximale admissible légale dans les deux autres zones d'étude.

L'augmentation de la salinité reflète une augmentation en ions sodium (Na^+), magnésium (Mg^{2+}), chlorures (Cl^-)... après dissociation des sels, elle est en fonction de la géologie des terrains traversés, cette variation peut être expliquée aussi par des rejets domestiques.

f) La turbidité

La turbidité mesure et quantifie l'état d'une eau troublée par des particules en suspension, cela s'applique à toutes les eaux. Elle reflète ainsi l'état d'un liquide dû à la présence de particules en suspension, fines mais visibles, qui gênent le passage de la lumière. L'unité de mesure est NTU ((Nephelometric Turbidity Unit), (unité de turbidité néphélogéométrie)).

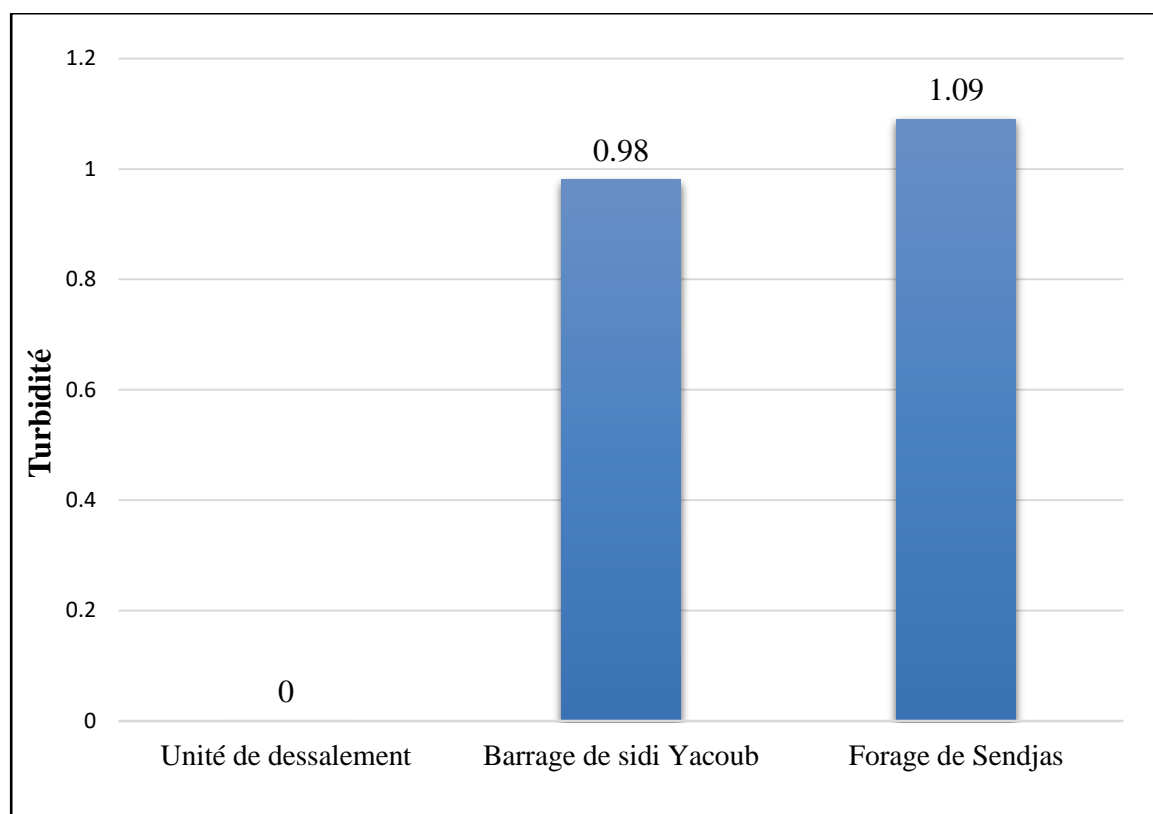


Figure IV.6: Diagramme représentatif des résultats de turbidité.

Les résultats des analyses des échantillons d'eau de la zone d'étude montrent une Turbidité variant entre 0 NTU et 1,09 NTU. La valeur maximale est enregistrée au niveau forage de Sendjas (1,09 NTU) et la valeur minimale est enregistrée au niveau de la station de dessalement (0 NTU).

Donc, toutes les valeurs sont conformes à la Norme OMS et la Norme Algérienne de potabilité.

Cette variation peut être expliquée par la différence de concentration des particules fines en suspension (MES) soit d'origine naturelle, en liaison avec les précipitations, soit produites par les rejets urbains et industriels.

IV.2.2 Control chimique

On a regroupe les résultats des paramètres chimique dans ce tableau suivant.

Tableau IV-4: Résultats des paramètres chimiques.

Paramètres	Unité de dessalement	Barrage de sidi Yacoub	Forage de Sendjas
Dureté totale (Th) (mg/l en CaCO ₃)	82	25,9	57,8
Calcium (mg/l)	72,14	119	231
Magnésium (mg/l)	9,86	39,7	110
Alcalinité totale (mg/l)	76	213,5	414,8

a) Dureté totale (TH)

La dureté totale d'une eau, encore appelée Titre Hydrométrique (TH), représente sa teneur en ions calcium et magnésium. L'unité de mesure est mg/l en CaCO₃.

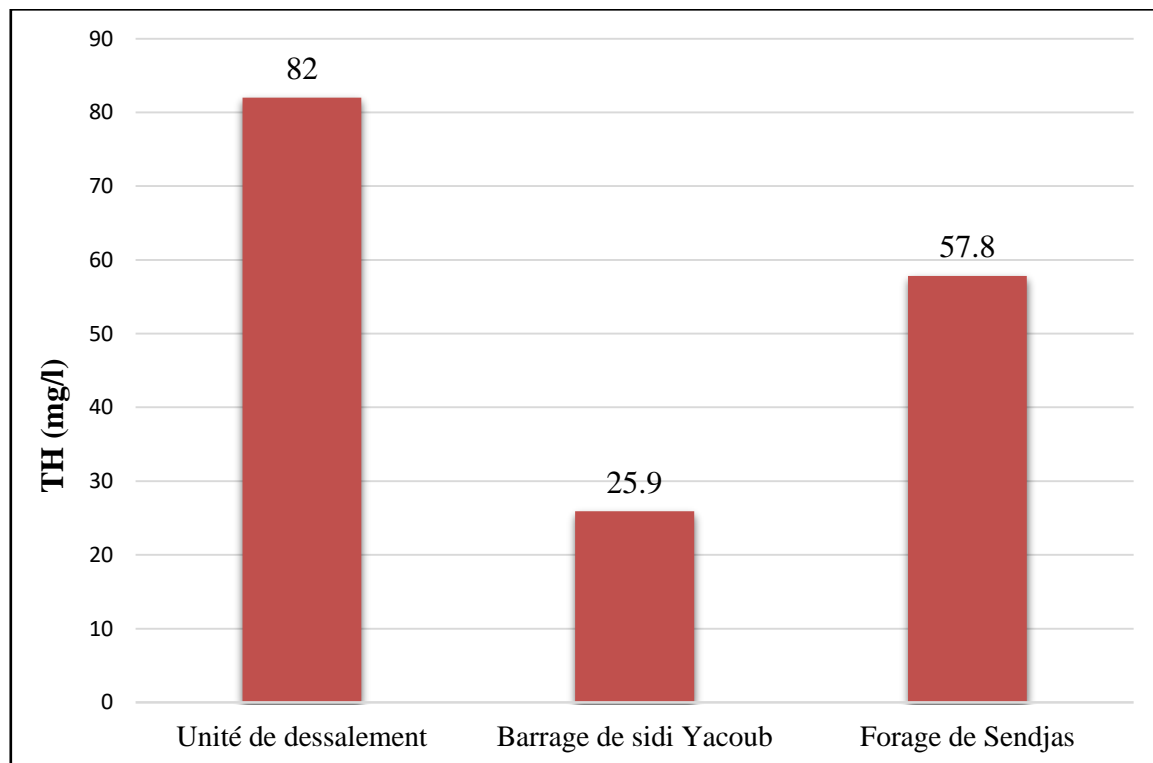


Figure IV.7: Diagramme représentatif des résultats de TH.

Les résultats des analyses des échantillons d'eau de la zone d'étude montrent un TH qui varie entre 25,9 mg/l et 82 mg/l .La valeur maximale est enregistrée au niveau de la station de dessalement (82 mg/l) et la valeur minimale est enregistrée au niveau du barrage de sidi Yacoub (25,9 mg/l) Toutes les valeurs sont conformes à la Norme de l'OMS et la Norme Algérienne de potabilité, sauf la valeur de TH du barrage de sidi Yacoub atteint pas à les normes algérienne (**Tableau IV-1**) au l'OMS .

Cette variation peut être expliquée dans la plupart des cas par la mobilisation des sels solubles présents dans l'horizon superficiel du sol du sous bassin, elle est aussi due aux ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} . Elle correspond globalement aussi au lessivage des terrains traverses.

Une eau dure apporte une plus grande quantité de sels minéraux à l'organisme, ce qui aurait un effet protecteur vis-à-vis de certaines maladies cardiovasculaires, mais peut cependant être irritante pour la peau, notamment pour les peaux sensibles, aussi elle peut provoquer un dépôt de tartre donc une réduction du rendement de tous les appareils qui produisent de la chaleur et donc une consommation accrue d'énergie.

b) Calcium (Ca^{2+})

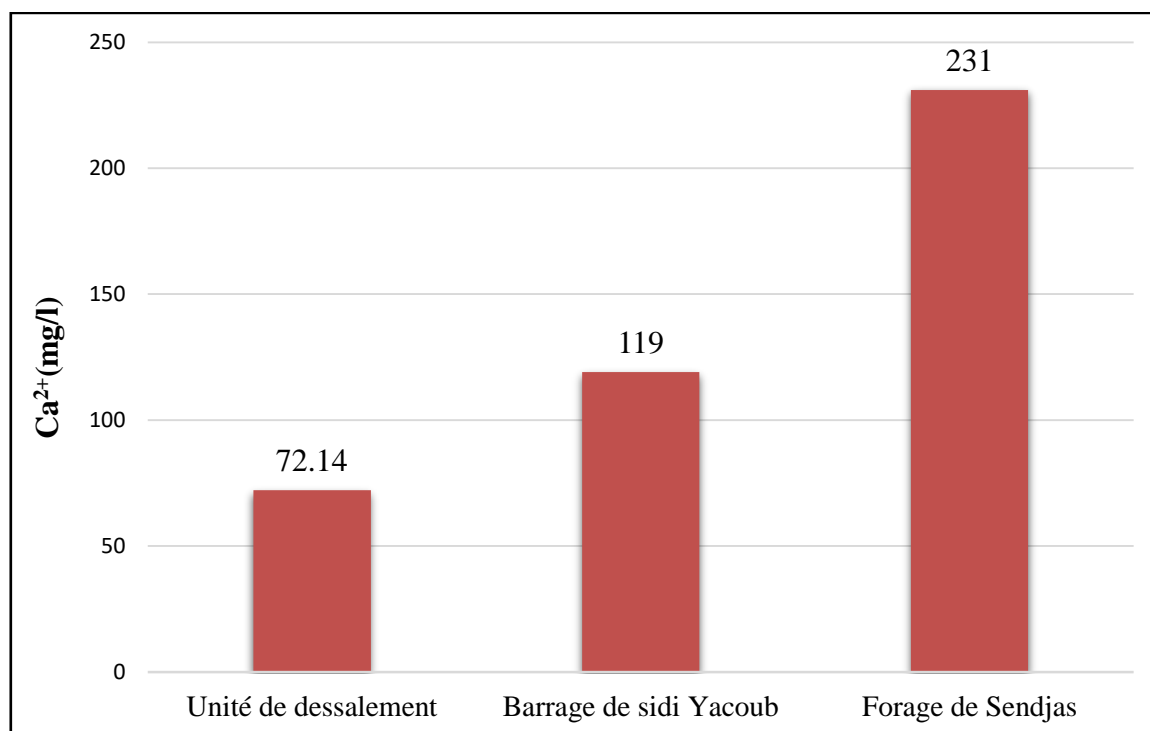


Figure IV.8: Diagramme représentatif des résultats de calcium.

Les résultats des analyses des échantillons d'eau de la zone d'étude montrent un taux de Calcium variant entre 72,14 mg/l et 231 mg/l. La valeur maximale est enregistrée au niveau du forage de Sendjas (231 mg/l) et la valeur minimale est enregistrée au niveau de la station de dessalement à Ténès (72,14 mg/l). Toutes les valeurs sont conformes à la Norme Algérienne de potabilité et de L'OMS.

Généralement sa teneur varie suivant la nature des terrains traversés, cette variation peut être expliquée essentiellement par la dissolution des formations carbonatées, ainsi que les formations gypsifères ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

c) Magnésium Mg^{2+}

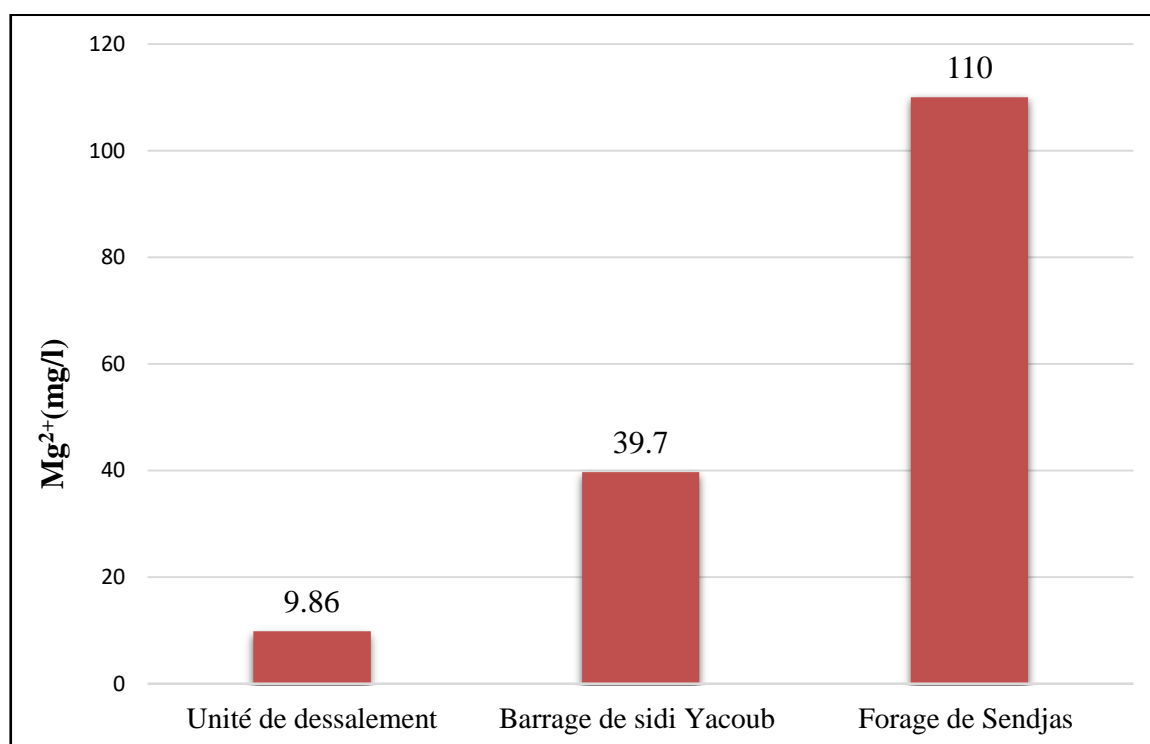


Figure IV.9: Diagramme représentatif des résultats de magnésium.

Les résultats des analyses des échantillons d'eau de la zone d'étude montrent un taux de Magnésium qui varie entre 9,86 mg/l et 110 mg/l. La valeur maximale est enregistrée au niveau du forage de Sendjas (110 mg/l) et la valeur minimale est enregistrée au niveau de la station de dessalement à Ténès (9,86 mg/l).

Toutes les valeurs sont conformes à la Norme OMS et la Norme Algérienne de potabilité (Tableau IV-1).

Cette variation peut être expliquée par la dissolution des formations riches en magnésium, et par la composition des roches sédimentaires rencontrées (calcaires dolomitiques : roche sédimentaire formée de carbonate de magnésium et de calcium ...).

d) Alcalinité totale

L'alcalinité permettant de connaître les concentrations en bicarbonates, carbonates et éventuellement en hydroxydes (bases fortes) contenues dans l'eau. Cette analyse a pour but de la détermination titrimétrique de l'alcalinité.

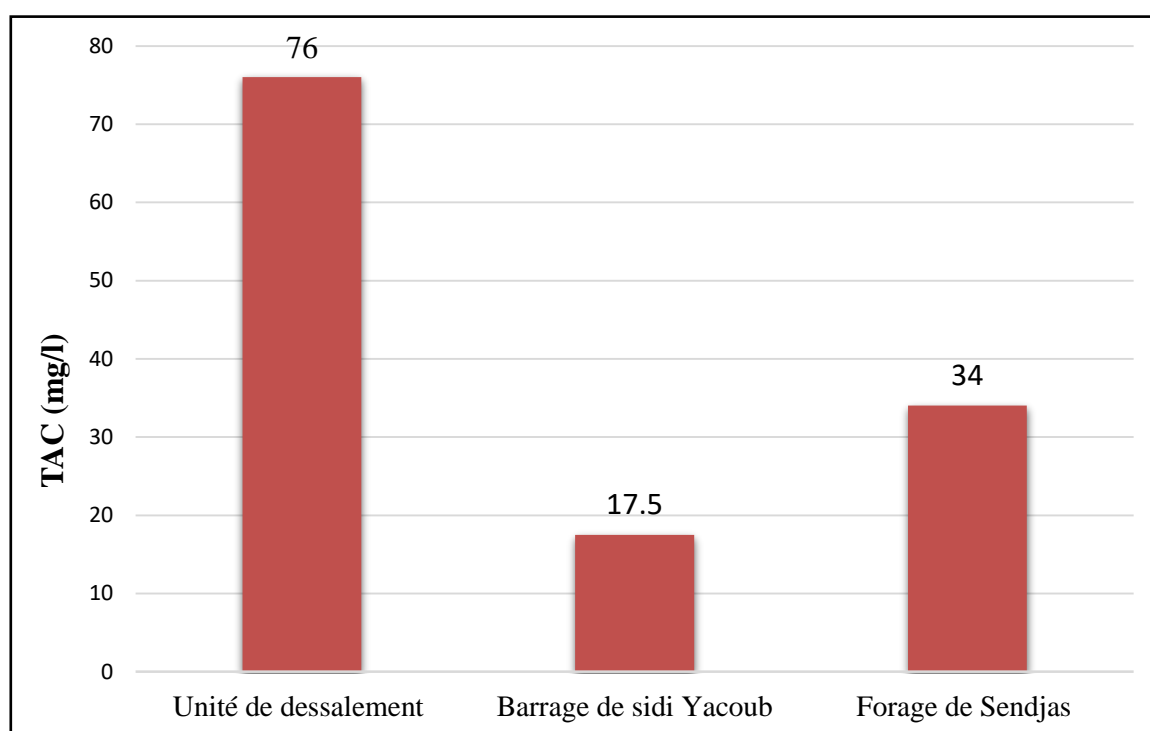


Figure IV.10: Diagramme représentatif des résultats de TAC.

Les résultats des analyses des échantillons d'eau de la zone d'étude montrent un TAC qui varie entre 17,5 mg/l et 76 mg/l. La valeur maximale est enregistrée au niveau de la station de dessalement (76 mg/l) et la valeur minimale est enregistrée au niveau du barrage de sidi Yacoub (17,5 mg/l), il n'existe pas de concentration maximale admissible légale.

Cette variation peut être expliquée par l'augmentation de la minéralisation suite aux apports riches en cations et en anions.

D'autres analyses ont été prises de la station de Ténès sont regroupées dans le (Tableau N°5) (Annexe) confirment aussi la qualité de l'eau de cette station.



*Conclusion générale
& perspective*

Conclusion générale

L'eau destinée à l'approvisionnement de la population peut être d'origine superficielle ou souterraine. Les eaux superficielles et les eaux de ruissellement sont représentées par les eaux des fleuves, les lacs, les forages, les barrages et l'eau de mer.

L'Algérie souffre depuis des décennies de stress hydrique, ce qu'il l'a poussé à adopter une nouvelle politique de gestion intégrée des ressources en eau qui se base sur l'approvisionnement des grands centres urbains en eau potable dessalée, et de réserver les eaux traitées et conventionnels à l'irrigation et l'agriculture.

Le dessalement d'eau de mer est un enjeu particulièrement important pour l'avenir des régions sujettes aux pénuries d'eau. C'est une méthode d'avenir pour pallier aux problèmes d'eau douce. Elle permet une utilisation et une gestion économe des ressources en eau et la mise en œuvre de moyens appropriés pour faciliter l'accès à l'eau potable.

Le suivi de traitement, on a permis de mettre le point sur toutes les étapes de dessalement de l'eau de mer et ainsi d'acquérir une bonne connaissance sur les bonnes pratiques de dessalement et d'enrichir nos connaissances dans le domaine de traitement des eaux.

L'étude menée au cours de ce modeste travail qui a été effectué durant le mois d'mars 2022 au niveau du site du traitement d'eau de mer au sein de la station de dessalement de l'eau de mer de Ténès, ainsi du laboratoire centrale de contrôle de qualité de l'ADE (wilaya de Chlef) avait pour but l'analyse de certains paramètres physico-chimiques des trois points d'alimentation en eau potable (eau de mer dessalée, eau de barrage et eau de forage) afin d'évaluer leurs qualité suivant les normes de potabilité en se référant aux normes de l'OMS et celles algériennes.

A la lumière des résultats obtenus, les valeurs acquises lors des différents tests physico-chimiques qui ont porté essentiellement sur l'appréciation de la qualité des eaux de ses trois points d'alimentation, il ressort que les paramètres d'analysés de la station de dessalement a Ténès sont conformes à la réglementation nationale Algérienne et internationale del'OMS en matière de potabilité de l'eau, à l'exception du forage de Sendjas et le barrage de Sidi Yacoub où ils dépassent quelques normes (à titre d'exemple : la conductivité, la salinité, TDS), ces paramètres sont influencées principalement par la géologie locale et l'interaction eau-roche pendant le séjour et les écoulements souterraine (L'eau contient beaucoup de solides dissouts dus aux fortes quantités de calcium et magnésium dans le sol).

Perspectives

Sur la base de ces travaux de terrain et analyses de recueillis au niveau du laboratoire de la station de dessalement de Ténès et le laboratoire régional de l'ADE, il serait intéressant de souligner les perspectives suivantes :

- ✍ Une haute concentration de solides dissous seules n'est pas dangereuse pour la santé. En fait, beaucoup de gens achètent de l'eau minérale qui a naturellement été prélevée dans des sources de forte concentration en solides dissous. Par contre, le TDS peut aussi avoir des effets techniques. Les solides dissous peuvent produire de l'eau calcaireuse qui laisse des dépôts et des couches sur les installations et à l'intérieur des tuyaux d'eaux ;
- ✍ Le fer et le manganèse sont des contaminants importants en raison de leur influence sur l'acceptabilité. Le bore est naturellement présent dans l'eau de mer à une concentration moyenne de 4,5 mg/l, son exposition excessive peut avoir des effets néfastes sur l'homme. Ces constituants doivent être pris en compte dans le processus de contrôle de la qualité de l'eau potable avant sa distribution aux consommateurs ;
- ✍ Introduire des systèmes automatisés de contrôle en ligne pour améliorer les mélanges des eaux conventionnelles et non conventionnelles ;
- ✍ Mettre en place un programme de surveillance des rejets de saumure d'unités de dessalement installées le long du littoral Algérien et des Audits environnementaux annuels doivent être exigés aux usines de dessalement.

Références bibliographiques

- [1]. **Abdelmalek, BELLATOUI.** Etude de l'impact des rejets liquides des usines de dessalement de l'eau de mer sur le milieu marine de l'ouest algérien et l'impact des ions industriels et de la pollution marine sur la qualité de l'eau potable produite. école nationale polytechnique d'Oran. Algérie : s.n., 2020. thèse de doctorat en science physique.
- [2]. **Mustapha, BOUZIANI.** L'eau dans tous ses états. cité 52 villas n°101 ENSEP- Oran-Es.Senia : Editions Dar El Gharb, 2006. ISBN : 9961-54- 021- 2.
- [3]. **MERCIER J, 2000.** Le grand livre de l'eau. s.l. : Edition : renaissance du livre (la). ISBN :28046-0341-5.
- [4]. **Maissa, Tabet.** Suivi du procédé de dessalement et qualité physico-chimique de l'eau de mer dessalée par la station de -Ténès-. institut de technologie . Bouira : s.n., 2020. mémoire de licence professionnel en génie chimique .
- [5]. **M.RAPINAT.** «L'eau Presse universitaire de France»,. 1ère édition. 1982. ISBN
- [6]. **KEDDARI, Fella.** « Concept et paramètres de traitement de l'eau de mer par la station de dessalement de Ténès. Institut de technologie . Bouira : s.n., 2020. mémoire de licence professionnelle en génie chimique .
- [7]. **GAY, G.** L'EAU, UNE IMPORTANCE INSOUPEÇONNÉE. [En ligne] 26 Septembre 2009. www.cregg.org.
- [8]. **Patrick, LACHASSAGNE.** Les eaux minérales naturelles. l'Encyclopédie de l'environnement. [En ligne] 18 04 2021. <https://www.encyclopedie-environnement.org>.
- [9]. Détermination des paramètres physico-chimiques et des métaux lourds. tlemcen : s.n.
- [10]. Ressources en eau- Distribution de l'eau d'alimentation- Qualité des eaux distribuées dans les. 8, Avenue de Ségur –, Direction Générale de la Santé. Paris : s.n., 2003. Rapport de synthèse 1996-1997-1998-.
- [11]. **MAIGA, A.Sidiki.** « Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de BAMAKO : Evaluation saisonnière ». 2005. thèse de doctorat en Pharmacie. .

- [12]. **SAVARY, P.** Guide des analyses de la qualité de l'eau. s.l. : territorial éditions, 2010. P 75-115.
- [13]. **A, FECIH.** « L'influence de la filtration sur sable sur le traitement des eaux ». Université Aboubakr Belkaid. Tlemcen : s.n., 2012. Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention de Diplôme de Master en Hydraulique.
- [14]. **SADOK, Nesrine BOUCHAKOUR et Amina.** « Impact environnemental de la station de dessalement de l'eau de mer de Ténès (wilaya de Chlef) ». Algérie : s.n., 2017. p. P. 2, Mémoire de Master en Mines.
- [15]. Bureau d'étude National Eau et Environnement . s.l. : .SPA Alger, janvier 2009.
- [16]. **M.RAPINAT.** « L'eau. Presse universitaire de France». 1ere édition : 1982. 1982. p. P. 127. ISBN 2130375626.
- [17]. Chambre syndicale de la recherche et de la production du pétrole et du gaz naturel. Comité des techniciens; Circuits eau de mer-traitement et matériaux. Paris : Editions Technip, 1993. P. 34-37.
- [18]. **BEDRANI., Samia AKLI et Slimane.** « Produire de l'eau par le dessalement ou en l'économisant grâce a l'adoption de l'irrigation localisée? ». 2011, (96), Les cahiers du Cread, P. 52-70.
- [19]. **VALLIRON, F.** « Gestion des eaux: alimentation en eau d'assainissement ». Paris : presses de l'école nationale des ponts et chaussés, 1989.
- [20]. « Purification et traitement de l'eau ». . Lenntech. [En ligne] www.lenntech.fr..
- [21]. « L'osmose inverse - Tpe : le dessalement de l'eau en Tunisie ». [En ligne] tpebdmw.e-monsité.com.
- [22]. **M.BOUHAMADOUCHE.** « Sédimentologie du plateau continental Est-Algérois, Boumerdes Boudouaou El-Bahri». USTHB Alger. 1993. mémoire de magistère.
- [23]. **Abir, ABADELIA.** Dessalement de l'eau de mer, UTE Desaladora de Ténès-Wilaya de Chlef : « Etude théorique ». Institut de technologie . Bouira : s.n., 2020. mémoire pour l'obtention de diplôme de licence professionnelle en génie chimique.

[24]. Ministère des Ressources en Eaux (MRE). [En ligne] 2011. <http://www.mre.gov.dz/> (accessed 06.06.12)..

[25]. **Ferhat, Mebarek Guergueb et Abderrazak.** "La gestion des eaux en Algérie : Vers un nouveau paradigme". , Algérie : Journal of Advanced Economic Research, 05/06/2021, Vol. 06 (ISS : 01) / 2021, p. 307.

[26]. Algerie-monde. [En ligne] <http://www.algerie-monde.com/>.

[27]. Agence nationale des barrages et transferts (ANBT). [En ligne] <http://197.112.0.211/soudoud-dzair>.

[28]. **Asmaa, BOUMOUSSA.** Dessalement de l'eau de mer par l'osmose inverse et controle de qualité (Cas de la station de dessalement UTE Desaladora de Ténès). Institut de technologie. Bouira : s.n., 2020. mémoire pour l'obtention de diplôme de licence professionnelle en génie chimique.

[29]. «UTE, Desaladora Ténès Opération et Maitenimients O &M ». Ténés, Chlef : s.n., 2016. Document de la station de dessalement d'eau de mer.

[30]. **HADJALI, Yassine.** « Impacte des stations de dessalement de l'eau de mer sur le littoral cas de la station plage El Hilel (Ain Témochent) ». Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen. Algérie : s.n., 2012. p. 25, Mémoire de Master en Ecologie et Environnement.

[31]. «Projet d'évaluation de la station de dessalement d'eau de mer par osmose inverse de L'île de sein - installation d'un module de récupération d'énergie par échange de pression». . [En ligne] 2018. academia.edu.

[32]. Méthodes d'analyses physico-chimiques (méthode d'essai). wilaya de Chlef : s.n., 2014. document de laboratoire régional de l'ADE.

Annexes

Annexe N°1 :

Tableau 1: paramètres de potabilité de l'eau selon les normes OMS et normes européennes.

Paramètres généraux	Norme OMS (1993)	Normes UE (1998)
Matières en suspension	Pas de lignes directrices	Non mentionées
DCO	Pas de lignes directrices	Non mentionée
DBO	Pas de lignes directrices	Non mentionée
Pouvoir oxydant		5,0 mg/L O2
Graisse/huiles	Pas de lignes directrices	Non mentionées
Turbidité	Pas de lignes directrices ⁽¹⁾	Non mentionée
pH	Pas de lignes directrices ⁽²⁾	Non mentionée
Conductivité	250 microS/cm	250 microS/cm
Couleur	Pas de lignes directrices ⁽³⁾	Non mentionée
oxygène dissous	Pas de lignes directrices ⁽⁴⁾	Non mentionée
Dureté	Pas de lignes directrices ⁽⁵⁾	Non mentionée
Conductivité électrique	Pas de lignes directrices	Non mentionée

cations (ions positifs)	Norme OMS (1993)	Normes UE (1998)
Aluminium (Al)	0,2 mg/L	0,2 mg/L
Ammoniac (NH4)	Pas de lignes directrices	0,50 mg/L
Antimoine (Sb)	0,005 mg/L	0,005 mg/L
Arsenic (As)	0,01 mg/L	0,01 mg/L
Baryum (Ba)	0,3 mg/L	Non mentionée
Beryllium (Be)	Pas de lignes directrices	Non mentionée
Bore (B)	0,3 mg/L	0,001 mg/L
Brome (Br)	Pas de lignes directrices	0,01 mg/L
Cadmium (Cd)	0,003 mg/L	0,005 mg/L
Chrome (Cr)	0,05 mg/L	0,05 mg/L
Cuivre (Cu)	2 mg/L	2,0 mg/L
Fer (Fe)	Pas de lignes directrices ⁽⁶⁾	0,2mg/L
Plomb (Pb)	0,01 mg/L	0,01 mg/L
Manganèse (Mn)	0,5 mg/L	0,05 mg/L
Mercuré (Hg)	0,001 mg/L	0,001 mg/L
Molybdène (Mo)	0,07 mg/L	Non mentionée
Nickel (Ni)	0,02 mg/L	0,02 mg/L
Azote (total N)	50 mg/L	Non mentionée
Sélénium (Se)	0,01 mg/L	0,01 mg/L
Argent (Ag)	Pas de lignes directrices	Non mentionée
Sodium (Na)	200 mg/L	200 mg/L
Etain (Sn) inorganique	Pas de lignes directrices	Non mentionée
Uranium (U)	1,4 mg/L	Non mentionée
Zinc (Zn)	3 mg/L	Non mentionée

anions (ions négatifs)	Norme OMS (1993)	Normes UE (1998)
Chlore (Cl)	250 mg/L	250 mg/L
Cyanure (CN)	0,07 mg/L	0,05 mg/L
Fluor (F)	1,5 mg/L	1,5 mg/L
Sulfate (SO4)	500 mg/L	250 mg/L
Nitrate (NO3)	(voir azote)	50 mg/L
Nitrite (NO2)	(voir azote)	0,50 mg/L

Paramètres microbiologique	Norme OMS (1993)	Normes UE (1998)
Escherichia coli	Non mentionée	0 in 250 mL
Enterococci	Non mentionée	0 in 250 mL
Pseudomonas		
aeruginosa	Non mentionée	0 in 250 mL
Clostridium		
perfringens	Non mentionée	0 in 100 mL
bactérie coliforme	Non mentionée	0 in 100 mL
Nbre de colonie à 22oC	Non mentionée	100/mL
Nbre de colonie à 37oC	Non mentionée	20/mL

Autres paramètres	Norme OMS (1993)	Normes UE (1998)
Acrylamide	Non mentionée	0,0001 mg/L
Benzène (C6H6)	Non mentionée	0,001 mg/L
Benzo(a)pyrène	Non mentionée	0,00001 mg/L
dioxyde de chlore (ClO2)	0,4 mg/L	
1,2-dichloroéthane	Non mentionée	0,003 mg/L
Epichlorhydrine	Non mentionée	0,0001 mg/L
Pesticides	Non mentionée	0,0001 mg/L
Pesticides - Totaux	Non mentionée	0,0005 mg/L
PAHs	Non mentionée	0,0001 mg/L
Tetrachloroéthène	Non mentionée	0,01 mg/L
Trichloroéthène	Non mentionée	0,01 mg/L
Trihalométhanés	Non mentionée	0,1 mg/L
Tritium (H3)	Non mentionée	100 Bq/L
Chlorure de vinyle	Non mentionée	0,0005 mg/L

(1) Desirée: Moins de 5 NTU
(2) Desirée: 6.5-8.5
(3) Desirée: 15 mg/l Pt-Co
(4) Desirée: Moins de 75% de la concentration de saturation
(5) Desirée: 150-500 mg/l
(6) Desirée: 0.3 mg/l

Annexe N°2 :**Tableau 2 :** paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine selon le journal officiel de la république Algérienne.

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 déminéralisées : 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 N°2 (suit) :

16		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 13		7 Joumada El Oula 1435 9 mars 2014	
ANNEXE (suite)					
GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES		
Paramètres chimiques (suite)	Xylènes	µg/l	500		
	Styrène	µg/l	100		
	Agents de surface régissant au bleu de méthylène	mg/l	0,2		
	Epychlorehydrine	µg/l	0,4		
	Microcystine LR	µg/l	1		
	Pesticides par substance individualisée				
	- Insecticides organochlorés persistants	µg/l	0,1		
	- Insecticides organophosphorés et carbamates	µg/l	0,1		
	- Herbicides	µg/l	0,1		
	- Fongicides	µg/l	0,1		
	- P.C.B	µg/l	0,1		
	- P.C.T	µg/l	0,1		
	- Aldrine	µg/l	0,03		
	- Dieldrine	µg/l	0,03		
	- Heptachlore	µg/l	0,03		
	- Heptachlorépoxyde	µg/l	0,03		
	Pesticides (Totaux)	µg/l	0,5		
	Bromates	µg/l	10		
	Chlorite	µg/l	0,07		
	Trihalométhanes par substance individualisée :				
	- Chloroforme	µg/l	200		
	- Bromoforme	µg/l	100		
	- Dibromochlorométhane	µg/l	100		
- Bromodichlorométhane	µg/l	60			
Chlorure de vinyle	µg/l	0,3			
1,2-Dichloroéthane	µg/l	30			
1,2-Dichlorobenzène	µg/l	1000			
1,4-Dichlorobenzène	µg/l	300			
Trichloroéthylène	µg/l	20			
Tetrachloroéthylène	µg/l	40			
Radionucléides	Particules alpha	Picocurie/l	15		
	Particules bêta	Millirems/an	4		
	Tritium	Bequerel/l	100		
	Uranium	µg/l	30		
	Dose totale indicative (DTI)	mSv/an	0,15		
paramètres microbiologiques	Escherichia Coli	n/100ml	0		
	Entérocoques	n/100ml	0		
	Bactéries sulfitoréductrices y compris les spores	n/20ml	0		

Annexe N°2 (suit) :

7 Jomada El Oula 1435 9 mars 2014		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 13		17
Tableau 2 Paramètres avec valeurs indicatives				
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 N°3 :**Tableau 3 : Bilan de production de l'eau par commune**

N°	wilaya	Communes desservies	Population desservies	Production eau à partir SDEM (Ténés) (m ³)	Production eau à partir barrage sidi Yacoub (m ³)
1	Chlef	Chlef	253397	1599615	227323
2		Chettia	104114	646490	
3		Ouled Fares	45435	263700	
4		Oum Drou	31542	224463	
5		Ténés	50877	641067	
6		Oued Sly	41121	317949	
7		Boukadir	48458	327079	
8		Oued Fodda	46538	255159	
9		Karimia	27966	72783	
10		Zeboudja	15579	85155	
11		Benairia	13126	57316	
12		Ain Merane	66504	103638	
13		Labiad Medjaja	10932	22822	
14		Harchoune	16230	69936	
15		Ouled Abbas	9050	34871	
16		Beni Rached	26508	61501	
17		Dahra	16828	52986	
18		Taougrit	24052	76728	
19		Hernfa	13161	68520	
20		Sobha	22679	179796	
21		O / Ben /AEK	22582	32718	98433
22		Abou El Hassene	30736	135558	
23		Talassa	15415	44743	
24		Sidi Akacha	34483	299247	
25		El Marsa	18276	83449	
26		Bouzghaia	29630	243688	
27		Sidi Abderahmane	7600	51597	
28		Tadjena	25491	82163	
29		Moussadek	8106	36593	
30		Beni Haoua	11097	2210	
31		El Hdjadj	8559	0	57005
32		Sendjas	32211	0	193239
Total wilaya			1128283	6173538	576000

Annexe N°4 :**Tableau 4:** état des points de prélèvement des eaux souterraines gérées par l'ADE.

N°	Commune	Forages	Mois	Volume Total (m ³)	Observation
1	Chlef	F3 Ouled Mohamed	Février	10000	
2	Chlef	F6 Ouled Mohamed	Février	11000	
3	Chlef	F7 Ouled Mohamed	Février	0	Arrêt Volontaire
4	Chlef	F2 Ouled Mohamed	Février	12000	
5	Chlef	F8 Ouled Mohamed	Février	0	En Arrêt (Remonte De Sable)
6	Chlef	F Socioculturel	Février	0	Arrêt Volontaire
7	Chlef	F Branssia	Février	1469	Rabattement De Nappe
8	Chlef	F 37	Février	0	Arrêt Volontaire
9	Chlef	F Mco5bis	Février	0	En Arrêt (Rabattement De Nappe)
10	Chlef	F Kouassmia	Février	3076	
11	Chlef	F Chegga 2	Février	0	Arrêt Volontaire
12	Chlef	F Tièrci	Février	5200	
13	Chlef	F Trico	Février	0	Arrêt Volontaire
14	Chlef	F3 Ard Beida	Février	0	Arrêt Volontaire
15	Chlef	F1 Ard Beida	Février	0	Arrêt Volontaire

N°	Commune	Forages	Mois	Volume Total (m³)	Observation
16	Chlef	F4 Ard Beida	Février	0	Arrêt Volontaire
17	Chlef	F2 Ard Beida	Février	0	Arrêt Volontaire
18	Chlef	F29 Hbair	Février	0	Arrêt Volontaire
19	Chlef	F3 Chegga	Février	0	Arrêt Volontaire
20	Chlef	F Kouassmia Nouv	Février	0	En Arrêt (Rabattement De Nappe)
21	Chlef	F2 Hay Houria	Février	0	Arrêt Volontaire
22	Chlef	F2 Sinfiti	Février	0	Arrêt Volontaire
23	Oum Drou	F Chekalil Nouveau	Février	8684	
24	Oum Drou	F1 Bessekra Nouveau	Février	0	Arrêt Volontaire
25	Oum Drou	F2 Bessakra	Février	0	Arrêt Volontaire
26	Oum Drou	F Rouadhi	Février	0	Arrêt Volontaire (Faible Débit)
27	Oum Drou	F Ouled Benyoucef	Février	12974	
28	Oum Drou	Puit Maizia	Février	0	En Arrêt (Mauvaise Qualité D'eau)
29	Oum Drou	F Guelaftia	Février	6036	
30	Oum Drou	F4 Rouadhi	Février	20937	

N°	Commune	Forages	Mois	Volume Total (m ³)	Observation
31	Chettia	F4 Chettia	Février	0	Arrêt Volontaire
32	Chettia	F5 Chettia	Février	1881	
33	Chettia	F6 Chettia	Février	1533	
34	Chettia	F Bertali	Février	0	En Arrêt (Rabattement De Nappe)
35	Chettia	F Bocca Hbair	Février	0	Arrêt Volontaire
36	Chettia	F1 O Ouahrane (F1 Chettia)	Février	0	Arrêt Volontaire
37	Chettia	F Djramnia	Février	0	Arrêt Volontaire
38	Chettia	F Saint Victor (Caper)	Février	7180	
39	Ouled Fares	F Ayaida	Février	0	Arrêt Volontaire
40	Ouled Fares	F Cinq Palmiers	Février	0	Arrêt Volontaire
41	Ouled Fares	Captage Haouch Ghaba	Février	6599	
42	Ouled Fares	F Caper Amour	Février	12934	
43	Ouled Fares	F3 O/ Fares	Février	0	Arrêt Volontaire
44	Ouled Fares	F2 O/ Fares	Février	0	Arrêt Volontaire
45	Ouled Fares	F1 Haouch El Ghaba	Février	0	Arrêt Volontaire
46	Ouled Fares	F2 Haouch El Ghaba	Février	2778	
47	Labioud Medjadja	F1 Labioud Medjadja	Février	0	En Arrêt

N°	Commune	Forages	Mois	Volume Total (m³)	Observation
48	Labioud Medjadja	F2 Labioud Medjadja	Février	0	Arrêt Volontaire
49	Bouzghaia	Puit Moudhia	Février	0	Arrêt Volontaire
50	Talassa	F Ghal	Février	3409	
51	Tadjena	F2 Hranfa	Février	887	
52	Tadjena	F4 Bouhamad	Février	1060	
53	Tadjena	F3 Hranfa Ben Sebaa	Février	0	Diminution De Débit
54	Ténès	Source Teraghnia	Février	13551	
55	Ténès	Forage Teraghnia	Février	0	En Arrêt (Rabattement De Nappe)
56	Beni Haoua	F1 Beni Haoua	Février	7527	
57	Beni Haoua	Puits Centre (P2)(Puit Beni Haoua)	Février	9909	
58	Beni Haoua	Puits Port (Beni Haoua)	Février	1951	
59	Beni Haoua	Nouveau Forage	Février	8204	
60	El Marsa	Puits El Guelta	Février	0	Arrêt Volontaire
61	El Marsa	Puits Oued Mehcer	Février	0	Arrêt Volontaire (Diminution De Débit)
62	Moussadek	F El Moussadek	Février	0	Panne Electrique
63	Boukadir	F Oued Tahar 2	Février	27717	
64	Boukadir	F Oued Abdellah	Février	49463	

N°	Commune	Forages	Mois	Volume Total (m ³)	Observation
65	Boukadir	F Sidi Khiati	Février	0	Arrêt Volontaire
66	Boukadir	F Boukader Centre	Février	29754	
67	Boukadir	F Douaidia	Février	16553	
68	Oued Sly	M1 Oued Sly	Février	24580	
69	Oued Sly	F Amir Abdelkader (Caper)	Février	5688	
70	Oued Sly	F El Homr	Février	0	Arrêt .V
71	Oued Sly	F Vsa	Février	37167	
72	Oued Sly	F (Sidi Taouil) Slim	Février	6398	
73	Sobha	F Abbed Azzi	Février	2420	
74	Sobha	F Oued Ras	Février	3771	
75	Ouled Ben Aek	Berchou N°1	Février	985	
76	Ain Merane	F2 Ain Merane	Février	5456	
77	Ain Merane	F3 Ain Merane	Février	22260	
78	Ain Merane	F4 Ain Merane	Février	7498	
79	Ain Merane	F5 Ain Merane	Février	10986	
80	Hrenfa	F Heranfa Centre	Février	15465	
81	Hrenfa	F Khenensa	Février	0	Arrêt. V
82	Taougrit	F Mesala	Février	5155	
83	Taougrit	F Taougrit Titaouine	Février	4617	
84	Taougrit	F3 Titaouine	Février	7289	
85	Taougrit	F Chaabnia	Février	6506	
86	Oued Fodda	F Zemole	Février	36286	
87	Oued Fodda	F El Yasseria 01	Février	6579	

N°	Commune	Forages	Mois	Volume Total (m³)	Observation
88	Oued Fodda	F El Yasseria 02	Février	0	Arrêt. V
89	Oued Fodda	F Etable	Février	12725	
90	Oued Fodda	F Chettah	Février	16000	
91	Oued Fodda	F Cfpa	Février	2000	
92	Oued Fodda	F El Yasseria 03	Février	28168	
93	Oued Fodda	F Zebabdja 01	Février	5100	
94	Oued Fodda	F Zebabdja 02	Février	0	Arrêt Volontaire, (Colonnes Montantes Vétuste)
95	Beni Rached	F2 Oued Chlef	Février	12990	
96	Beni Rached	F3 El Maasar	Février	0	En Arrêt (Gepi Bloquée Au Tubage)
97	Beni Rached	F4 El Haouch	Février	19536	
98	Ouled Abess	F1 Ouled Abbes Centre	Février	5000	
99	Ouled Abess	F2 Ouled Abbes (Ziadnia)	Février	17614	
100	Ouled Abess	F3 Ouled Abbes Centre	Février	0	Sans Equipement
101	Karimia	Captage Ali Aichoune	Février	53700	
102	Karimia	F Chkallil	Février	25710	
103	Karimia	F Attatou	Février	16051	
104	Harchoune	P El Khodr 01	Février	6026	
105	Harchoune	P El Khodr 02	Février	795	
106	Harchoune	P Zaaito	Février	0	En Arrêt (Rabattement Denappe)

Annexe N°5 :**Tableau 5 :** résultats d'analyse des paramètres chimiques des trois points d'alimentation étudiée en eau potable.

Paramètre (mg/l)	Unité de dessalement	Barrage de Sidi Yacoub	Forage de Sendjas
Cl₂	0,30	/	/
Bore	0,77	/	/
IL	0,15	/	/
M.O	/	2,64	1,81
Cl⁻	/	207,75	360,2
NO₃⁻	/	0,83	26,6
SO₄⁻²	/	235	300
NO₂⁻	/	50,02	0,02
PO₄⁻³	/	50,02	50,02
Na⁺	/	183	265
K⁺	/	4,1	6
NH₄⁺	/	50,02	0,12