

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

جامعة 20 اوت 1955 - سكيكدة

UNIVERSITE 20 AOUT 1955- SKIKDA



Faculté des Sciences

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Filière : Écologie et Environnement

Spécialité : Ecologie des milieux naturels

Intitulé :

**Impact de la pollution de l'usine de dessalement  
d'eau de mer UTE Desaladora O&M Skikda sur  
l'environnement.**

Présenté Par :

**Lebsir Amina  
Kermouz Dounia  
Nekaka Romaissa  
Bouanika Idris**

**Membre de Jury:**

Dr. Boudefa Khaled (MCA)

Président

Univ. du 20 Août 1955 – Skikda

Dr. Hadjoudja Nawel (MCB)

Promoteur

Univ. du 20 Août 1955 – Skikda

Dr. Zaoui Lilia (MCA)

Examineur

Univ. du 20 Août 1955 – Skikda

**Année universitaire 2022/2023**

# Remerciement

Nous tenons à exprimer nos plus vifs remerciements à **Allah** le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a donné durant toutes ces longues années

d'étude pour en arriver là.

Nous exprimons aussi notre reconnaissance à notre encadreur **Mme N.Hadjoudja** qui a bien voulu diriger ce travail, sans oublier l'ensemble du corps enseignant qui a encadré notre formation.

Nous remercions aussi le président et les membres de jury, pour l'honneur qu'il nous fait en acceptant de présider et juger notre travail.

Nous remercions **Mr. Boumehres Mohamed** de nous avoir accueillis guidé par ses conseils avisés pour faire ce travail, au niveau du laboratoire pour son aide précieuse et son solidarité avec nous.

Tient également à exprimer mes sincères remerciements à tous les membres de la station de dessalement du dessaladora de Skikda pour tous les conseils et orientations.

En fin un grand merci à toutes les personnes qui nous ont aidées de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

# Didicase

Je dédie ce mémoire:

A mes très chers parents ma mère et mon père pour leur patience, leur amour, leur soutien.

A mes chers frères: **Abd Elwahab, Toufik**

A mes chères sœurs: **Nadira, Souad, Hanan, Ahlem**

A ma chère cousine **Asma**

A mon cousin **Nassim**

A toutes mes proches amis

A toute personne qui éprouve les sentiments de joie en consultant mon travail.

**Lebsir Amina**

# Didicase

C'est avec un cœur plein de joie que je dédie ce modeste travail:

Aux deux bougies qui ne s'allument rien que pour éclaircir mon chemin

À l'être la plus cher de ma vies ma très chère mère exemple de courage.

À celui qui m'a fait de moi un homme, mon cher père exemple de sagesse. je prie dieu le tout puissant de les protéger du mal et de les récompenser.

À mes chers frères: **Samira, Ilyas, Meryem, Hayat, Amal.**

À mes chers amis: **Souleyman, Ilyas, Fyssal, Lemine** et toute personne qui occupe une place dans mon cœur.

**Bouanika Idris**

# Didicase

Je dédie ce modeste travail à:

Ma mère **Saida**, qui a œuvré 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, qu'elle reçoit à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

A mon très cher père **Mohamed**, rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Aucune dédicace ne serait exprimé l'amour et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

A la flamme de mon, cœur et source de joie et bonheur, mon fiancé **Hamza** pour l'encouragement et l'aide qu'il m'a toujours accordé.

A mes très chers sœurs et frères **khoula, Hamza, Bilal, Nihed, Anis**

A mes nouveaux **Moutasim billah** et **Mayar**

Mon beau frère **Abd anour**

A mes chère binômes **Dounia** et **Amina**

A mes gentils amis **Wafa** et **Noudjoud**

Une spéciale dédicace à tous ceux qui m'ont aidé à terminer ce travail, en particulier pour mentionner **Boumehrasse Mohamed** et **Arabe Mohamed**

A tous ceux que j'aime et qui m'aiment

**Nekaka Romaissa**

# Didicase

Soucis que tout effort ait un fruit, et cet humble fruit que je me consacre est celui que dieu nous a recommande, lorsqu'il dit er warm parents la bienveillance à celui qui a planté en moi la semence de la connaissance et moralité et s'est engagé à en prendre soin jusqu'à ce qu'il devienne un arbre dont les fruits vous attendent avec impatience, mon cher père **Ibrahim** à vous qui m'avez fait me sentir chaud et tendre de mon mes j'ai porté de ma vie à celui

Qui mon inquiétude pendant les étapes laissé: sous le sol ma mère bien-aimée **Dalila**

Que dieu alt. pitié de toi, et je n'oublie pas' ma tante qui m'a élevée comme une seconde mère pour moi, que dieu la perpétue pour moi et mes sœurs.

à l'un qui m'a toujours poussé à l'optimisme, la patience et la réussite à mes sœurs **Wafaa, Maysa, chaima, Rayan, Rehab, Wael, Dalila,**

Maram m'ont tendu une main secourable d'un et ne m'ont pas épargnée ses conseils **Boumehrasse Mohamed**

A tous ceux qui ont pris connaissance comme.

**Kermouz Dounia**

## Résumé

L'eau potable représente l'un des problèmes majeurs de notre époque, nécessitant une solution idéale. Tous les pays du monde, y compris l'Algérie, exploitent l'eau de mer pour sa production. Le dessalement émerge comme une solution de remplacement, et la technologie de l'osmose inverse est actuellement la plus couramment utilisée. Cette technologie permet une utilisation efficace et une gestion prudente des ressources en eau, ainsi que la mise en place de mesures appropriées pour faciliter l'accès à l'eau potable.

Cependant, la saumure, un polluant nuisible pour la vie marine, pose un défi important dans les zones côtières, ce qui en fait un enjeu majeur pour notre pays, qui possède une façade maritime.

Le coût élevé des membranes d'osmose inverse et leur susceptibilité au colmatage constituent l'un des principaux problèmes des usines de dessalement. Ces membranes sont affectées par l'accumulation de substances en suspension dans l'eau, de matières organiques, de micro-organismes et d'ions métalliques qui s'accumulent ou se déposent sur les membranes. Par conséquent, un prétraitement initial est nécessaire pour garantir la qualité de l'eau d'alimentation et pour répondre aux conditions spécifiées par le fabricant des membranes. Cela permet d'assurer l'efficacité des membranes et d'augmenter leur durée de vie.

D'autre part, la concentration élevée en sel des eaux a un impact négatif sur les organismes marins lorsqu'elles sont rejetées dans des conditions de mer calme, ce qui perturbe l'écosystème.

L'objectif de notre étude est d'examiner et d'évaluer l'efficacité de la technique d'osmose inverse appliquée à l'usine de dessalement d'eau de mer de Skikda. Pour cela, nous nous appuyons sur l'achèvement d'analyses physico-chimiques et le suivi des facteurs de fonctionnement de la membrane sur une période de mois.

À la fin de notre travail, nous avons constaté que la saumure comparativement à l'eau de mer présente une salinité beaucoup plus élevée, ce qui est un inconvénient majeur du dessalement.

**Mots clés :** Dessalement, eau de mer, osmose inverse, efficacité.

## **Abstract**

Drinking water represents one of the major problems of our time, requiring an ideal solution. All countries around the world, including Algeria, utilize seawater for its production. Desalination is emerging as a replacement solution, and reverse osmosis technology is currently the most commonly used. This technology allows for efficient utilization and careful management of water resources, as well as the implementation of appropriate measures to facilitate access to drinking.

However, brine, a pollutant harmful to marine life, poses a significant challenge in coastal areas, making it a major issue for our country, which has a coastal front.

The high cost of reverse osmosis membranes and their susceptibility to fouling constitute one of the main problems in desalination plants. These membranes are affected by the accumulation of suspended substances in water, organic matter, microorganisms, and metal ions that accumulate or deposit on the membranes. Therefore, initial pretreatment is necessary to ensure the quality of the feed water and to meet the conditions and increase their lifespan.

On the other hand, the high salt concentration in the discharged water has a negative impact on marine organisms when released under calm sea conditions, disrupting the ecosystem.

The objective of our study is to examine and evaluate the efficiency of reverse osmosis technology applied to the seawater desalination plant Skikda. To achieve this, we rely on conducting physicochemical analyses and monitoring the membrane operating factors over a period of months.

At the end of our work, we found that brine compared to seawater has a much higher salinity, which is the major drawback of desalination.

**Key words:** Desalination, sea water, reverse osmosis, efficiency.

## ملخص

تعد المياه الصالحة للشرب واحدة من أبرز المشكلات في عصرنا، تتطلب حلا مثاليا. لجميع دول العالم، بما فيها الجزائر تستغل مياه البحر لإنتاجها. تظهر تقنية التحلية كبديل وتعتبر تكنولوجيا التناضح العكسي هي الأكثر استخداما حاليا. تمكن هذه التقنية من استخدام موارد المياه بكفاءة وإدارتها بحذر، بالإضافة إلى وضع تدابير مناسبة لتسهيل الوصول إلى المياه الصالحة للشرب.

ومع ذلك، يشكل الملح المتبقي الذي يعتبر ملوثا ضارا للحياة البحرية، تحديا كبيرا في المناطق الساحلية مما يجعله قضية رئيسية لبلادنا التي تمتلك سحلا بحريا.

تعتبر التكلفة العالية لأغشية التناضح العكسي وقابليتها للاسداد أحد المشاكل الرئيسية في محطات التحلية تتأثر هذه الأغشية بتراكم المواد العضوية والكائنات الدقيقة وايونات المعادن التي تتراكم أو تترسب على الأغشية وبالتالي، يتطلب معالجة مبدئية لضمان جودة مياه الإمداد والامتثال للشروط المحددة من قبل مصنع الأغشية. يتم ذلك لضمان كفاءة الأغشية وزيادة عمرها الافتراضي.

من ناحية أخرى، فإن التركيز العالي للأملاح في المياه يؤثر سلبا على الكائنات البحرية عند إطلاقها في ظروف البحر الهادئ مما يؤثر على النظام البيئي.

هدف دراستنا هو فحص وتقييم كفاءة تقنية التناضح العكسي المطبقة في محطة تحلية مياه البحر في سكيكدة. لتحقيق ذلك نعتمد على إجراء تحليلات فيزيائية وكيميائية ومتابعة عوامل عملية الغشاء على مدى فترة شهر.

في نهاية عملنا ، وجدنا أن محلول ملحي مقارنة بمياه البحر يحتوي على نسبة ملوحة أعلى بكثير ، وهو العيب الرئيسي لتحلية المياه.

**الكلمات المفتاحية:** تحلية ماء البحر ، التناضح العكسي، كفاءة.

## Liste des tableau

<b>Chapitre 1: Généralités sur le dessalement de l'eau de mer</b>	
<b>Tableau(1):</b> concentration des éléments principaux pour une eau de mer de salinité de 35%	<b>4</b>
<b>Tableau(2):</b> concentration des différents éléments mineurs dont la concentration est supérieure à 1µ g/l	<b>5</b>
<b>Tableau(3):</b> les principales unités de dessalement en Algérie	<b>9</b>
<b>Tableau(4):</b> Relation entre la conductivité et la minéralisation de l'eau	<b>11</b>
<b>Tableau(5):</b> Résumé des phases de pré et post traitement au cours de la production d'eau potable par dessalement	<b>17</b>

## Liste des figures

<b>Chapitre 01 : Généralité de dessalement de l'eau de mer</b>	
<b>Figure (1) :</b> schéma générale d'une installation de dessalement	6
<b>Figure (2) :</b> le principe de distillation	6
<b>Figure(3) :</b> le fonctionnement du procédé d'électrodialyse	7
<b>Figure(4) :</b> schéma du principe d'osmose inverse	8
<b>Chapitre 02 : Matériels et Méthodes</b>	
<b>Figure (5) :</b> présentation de la station de dessalement déssaladora-Skikda	23
<b>Figure(6) :</b> carte géographique de la station de dessalement de willaya de Skikda	24
<b>Figure(7) :</b> schéma représentatif de la station de dessalement d'eau de mer de Skikda	24
<b>Figure(8) :</b> Tour de capitation	25
<b>Figure(9) :</b> Bassin de capitation	25
<b>Figure(10) :</b> les bacs de filtration	26
<b>Figure(11) :</b> systèmes de filtration	26
<b>Figure(12) :</b> les filtres à cartouche	27
<b>Figure(13) :</b> l' osmose inverse	28
<b>Figure(14) :</b> schéma représente les défèrent étapes de la récupération d'énergie	29
<b>Figure(15) :</b> la récupération d'énergie	29
<b>Figure(16) :</b> points de prélèvement	30
<b>Figure(17) :</b> Thermomètres	31
<b>Figure(18) :</b> photo de ph- mètre	32
<b>Figure(19) :</b> photo conductimètres	33
<b>Figure(20) :</b> photo de turbidimètre	34
<b>Figure(21) :</b> comparateur de chlore	35
<b>Figure(22) :</b> Filtres de TSS	36

<b>Figure(23) : Balance</b>	37
<b>Figure(24) : la titration</b>	40
<b>Chapitre 03 : Résultats et discussion</b>	
<b>Figure(25) : comparaison de l'évolution de la température en fonction du temps avec la norme algérienne</b>	42
<b>Figure(26) : comparaison de l'évolution du ph en fonction du temps avec la norme algérienne</b>	43
<b>Figure(27) : comparaison de l'évolution de la conductivité en fonction du temps avec la norme algérienne</b>	44
<b>Figure(28) : comparaison de l'évolution de la turbidité en fonction du temps avec la norme algérienne</b>	45
<b>Figure(29) : comparaison de l'évolution de la TDS en fonction du temps avec la norme algérienne</b>	46
<b>Figure(30) : comparaison de l'évolution du chlore libre en fonction du temps avec la norme algérienne</b>	46
<b>Figure(31) : comparaison de l'évolution du TSS de l'eau de mer en fonction du temps avec la norme algérienne</b>	47
<b>Figure(32) : comparaison de l'évolution du TA en fonction du temps avec la norme algérienne</b>	48
<b>Figure(33) : comparaison de l'évolution du TAC en fonction du temps avec la norme algérienne</b>	48
<b>Figure(34) : comparaison de l'évolution du THT en fonction du temps avec la norme algérienne</b>	49
<b>Figure(35) : comparaison de l'évolution du Ca<sup>2+</sup> en fonction du temps avec la norme algérienne</b>	50
<b>Figure(36) : comparaison de l'évolution de la salinité de la saumure en fonction du temps avec la salinité de l'eau de mer</b>	50
<b>Figure(37) : comparaison de l'évolution de la température de la saumure en fonction du temps avec la norme algérienne</b>	51
<b>Figure(38) : comparaison de l'évolution du ph de la saumure en fonction du temps avec la norme algérienne</b>	52
<b>Figure(39) : l'évolution de CE de la saumure en fonction du temps</b>	52
<b>Figure(40) : comparaison de l'évolution de matière en suspension de la saumure en fonction du temps avec la norme algérienne</b>	53

<b>Figure(41)</b> : l'évolution de la turbidité de la saumure en fonction du temps	54
<b>Figure(42)</b> : comparaison de l'évolution de DCO de la saumure en fonction du temps avec la norme algérienne	54
<b>Figure(43)</b> : comparaison d'évolution de DBO5 de la saumure en fonction du temps avec la norme algérienne	55

## Liste des abréviations

**ADE:** Algérienne des Eaux.

**C° :** Degré Celsius.

**DBO5:** Demande biologique en oxygène des 5 jours.

**DCO:** Demande chimique en oxygène.

**EDAT:** Acide éthylène-diamine-tétra acétique acide édétique.

**F° :** Degrés français.

**GEIDA:** Groupe espagnol international de dessalement de l'eau.

**g /l :** Gramme par litre.

**MES:** Matières en suspension.

**MF:** Microfiltration.

**Mg :** Milligramme.

**Mg/l :** Milligramme par litre.

**NA:** Norme Algérienne.

**NTU:** Unité Néphrélométrique de Turbidité.

**OI:** Osmose inverse.

**PH:** Potentiel d'Hydrogène.

**Ppm :** partie par million.

**TA:** Titre alcalimétrique.

**TAC:** Titre alcalimétrique complet.

**TH:** Titre hydrométrique.

**THca:** Titre hydrométrique calcique.

**TSS:** Total des matières solides en suspension.

**TDS :** Solides Totaux Dissous.

**SDI:** l'indice de colmatage.

**UCV:** Unité de couleur vraie.

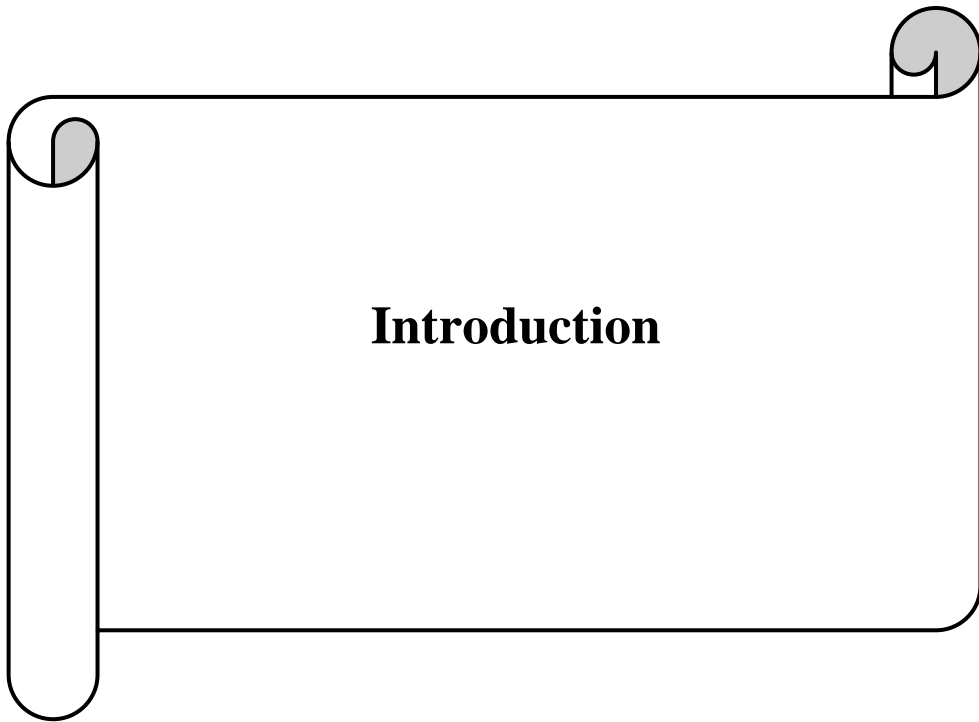
**µs /cm:** micro siemens par Centimètre.

<b>Sommaire</b>	
<b>Remerciment</b>	
<b>Dedecace</b>	
<b>Table des matières</b>	
<b>Résumé</b>	
<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Liste des figures</b>	
<b>Liste des abréviation</b>	
<b>Introduction</b>	01
<b>Chapitre 01: Généralités sur le dessalement de l'eau de mer</b>	
1. Introduction	03
2. Définition de l' eau	03
3. Type et origine de l'eau	03
4. L' eau de mer	03
4.1. Définition de l'eau de mer	03
4.2. Composition de l'eau de mer	04
4.2.1.Éléments principaux	04
4.2.2.Autres éléments minéraux	04
4.2.3.Matières organiques	05
5. Le dessalement de l'eau de mer	05
5.1. Définition du dessalement	05
5.2. Les principes du dessalement	05
5.3. Les procède de dessalement	06
5.3.1. La distillation	06
5.3.2. Echanges d' ion	07
5.3.3. Electrodialyse	07
5.3.4. L' osmose inverse	07
5.3.5. Le principe de l'osmose inverse	08
5.4. Le dessalement en Algérie	09
6. Les paramètres de potabilité de l'eau	10
6.1. Les paramètres organoleptiques	10
6.1.1. Odeur saveur	10
6.1.2. Couleur	10

6.1.3 Turbidité	10
6.2. Les paramètres physico-chimiques	10
6.2.1 Le potentiel hydrogènes (pH)	10
6.2.2 Température	11
6.2.3 Conductivité électrique	11
6.2.4 Matières en suspension	11
6.2.5 Résidu sec	11
6.2.6 Titre hydrotimétrique (TH)	12
6.2.7 L' alcalinité (TA-TAC)	12
6.2.8 Chlore	12
6.2.9 Calcium	12
6.2.10 Sodium	13
6.2.11 Potassium	13
6.2.12 Magnésium	13
6.2.13 Sulfate	13
6.2.14 Chlores résiduel	13
6.2.15 Salinité	14
6.3. Les paramètres bactériologiques	14
6.3.1 Les coliformes fécaux	14
6.3.2. Les streptocoques fécaux	14
6.3.3 Les clostridium sulfite réducteur	14
6.4. Paramètres de pollution	14
6.4.1. Les nitrate	14
6.4.2. Plomb	15
6.4.3. Les matières organiques	15
6.4.4. Les matières azotiques	15
6.4.5. Les composés phosphoriques	15
7. Les différents impacts de dessalement de l'eau de mer sur l'environnement	16
7.1. Origine des impacts de dessalement	16
7.1.1 Rejets chimiques	16
7.1.1.1 Produits de corrosion	17
7.1.1.2. Agent antitartre	19
7.1.1.3. Agents antisalissure	19
7.1.4. Effets de l'eau saumure concentré après dessalement	20
7.1.5 Rejet des eaux de lavage à contre-courant des membranes dans les usines OI	20
7.1.6 L'impact du dessalement sur l'environnement	20

<b>Chapitre 02: Matériels et methods</b>	
1. Matériel	22
1.1. Description générale de station de dessalement de Skikda	22
1.2. Situation géographique	23
1.3. Processus du dessalement appliqué dans la station du dessalement Déésaladora Skikda.	24
1.4. Composition de la station de dessalement d'eau de mer Skikda	25
1.5. Les étapes de procède	25
1.5.1. La capitation	25
1.5.2. La filtration	26
1.5.3. La microfiltration	27
1.5.4. L' osmose inverse	27
1.5.5. Récupération d' énergie	28
2. Méthodes	29
2.1. Stratégie d' échantillonnage	29
2.2. Choix d' échantillonnage	30
2.3. Les analyses physico-chimiques	30
▪ Détermination Température	30
▪ Détermination Potentiel d' hydrogène	31
▪ Détermination Conductivité électrique	32
▪ Détermination Turbidité	33
▪ Détermination Chlore libre	34
▪ Détermination Total des solides en suspension TSS	35
▪ Détermination Solides dissous totaux ou salinité TDS	36
▪ Détermination Matière en suspension	37
▪ Détermination La dureté calcique (Ca <sup>2+</sup> )	38
▪ Détermination La dureté totale THT	39
▪ Détermination Titre alcalimétrique TA	40
▪ Détermination Titre alcalimétrique complet TAC	41
<b>Chapitre 03: Résultats et discussion</b>	
1. Analyse physico-chimique	42
1.1 Qualité de l'eau produite	42
• Température	42
• Le potentiel d'hydrogène pH	42
• Conductivité électrique	43

• Turbidité	44
• Solides dissous totaux ou salinité TDS	45
• Chlore libre	46
• Total des solides en suspension TSS	47
• Titre alcalimétrique TA	47
• Titre alcalimétrique complet TAC	48
• La dureté totale THT	49
• La dureté calcique (Ca <sup>2+</sup> )	49
1.2. Qualité physico-chimique de l'eau rejetée (saumure)	50
• La salinité	50
• Température	51
• Potentiel d'hydrogène	51
• Conductivité électrique	52
• Matière en suspension	53
• Turbidité	53
• DCO	54
• DBO5	55
<b>Références Bibliographie</b> <b>L' annexes</b>	



# **Introduction**

# Introduction Générale

---

## Introduction

La croissance économique et démographique simultanée de notre planète engendre une pression considérable sur l'ensemble des ressources naturelles, avec des tensions sur les matières premières atteignant des niveaux sans précédent. De plus, la planète fait à des situations localisées de stress hydrique, où les ressources en eau douce, présentes en quantités limitées sur terre, sont constamment menacées en termes de qualité. Aujourd'hui, une personne sur trois dans le monde ne dispose pas d'un accès suffisant à l'eau pour satisfaire ses besoins quotidiens. Ces ressources, qui sont réparties de manière très inégale et ne représentent que 2,5% du volume total d'eau sur la planète, se raréfient progressivement. Parallèlement, les besoins en eau ne cessent d'augmenter tandis que les pollutions la rendent souvent inutilisable. **[1]**

L'insuffisance des ressources en eau douce et les besoins d'eau potable seront de plus en plus manifestés dans les années venir. Il est très vraisemblable que le problème de l'eau sera considéré comme un des facteurs déterminants de la stabilité d'un pays. Près d'un milliard d'êtres humains à travers le monde sont dépourvus d'eau potable; il faut donc leur assurer un minimum de 5 litres d'eau par jour et par habitant, conformément aux normes de l'OMS. Pour faire face à cette pénurie annoncée d'eau, de nouvelles techniques de production d'eau potable sont déjà mises en place pour satisfaire les besoins de la population. Une des techniques prometteuses pour certains pays est le dessalement de l'eau de mer. L'Algérie est classée comme une zone semi-aride a adopté une stratégie à moyen terme consistant la réalisation des stations de dessalement. Elle a choisi, comme alternative, le dessalement de l'eau de mer pour faire face à la demande croissante en eau potable.

**[2]**

Deux techniques de dessalement ont survécu à l'épreuve du développement industriel: la distillation et l'emploi de membranes (osmose inverse et électrodialyse). **[3]**

La station de dessalement de Skikda, dont la capacité de production est de 100 000 m<sup>3</sup>/j, viendra quant à elle approvisionner une population d'environ 700 000 habitants.

Nous nous proposons à travers ce mémoire d'étudier l'impact du dessalement de l'eau de mer sur l'environnement. Ces impacts proviennent principalement du rejet (saumure) produit au cours du dessalement mais aussi des rejets de produits chimiques utilisés dans le nettoyage des modules d'osmose inverse. En effet, ces rejets provoquent des dommages potentiels pour le milieu récepteur (milieu marin) bien que les travaux de recherche consacrés à la question soient restreints, le rejet de

## Introduction Générale

---

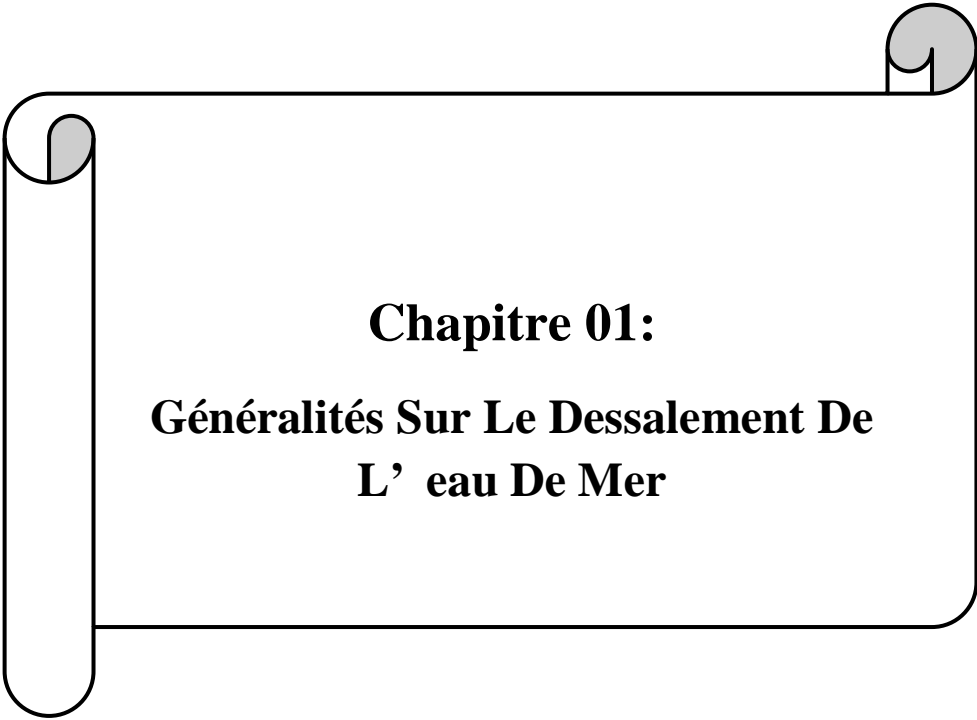
concentré dans la mer appelle une vigilance particulière et une évaluation scientifique des impacts sur la faune et la flore.

L'objectif de ce travail consiste à une étude sur un pilote de la propagation du rejet de saumure de la station de dessalement (willaya de Skikda) sur l'environnement marin.

Mémoire comporte de trois chapitres:

- Le premier chapitre comprend des informations générales sur ce qui entre en contact avec l'eau, la définition de l'eau de mer, les différents procédés et méthodes utilisés dans le dessalement en Algérie et dans le monde, avec une étude approfondie des propriétés physique et chimiques de l'eau de mer et là son ampleur et son impact sur l'environnement.
- Le deuxième chapitre est réservé à la description de la station de dessalement ainsi que le matériel et les méthodes utilisées pour la réalisation de cette étude dans lequel nous présenterons le travail de terrain effectué dans l'unité.
- Le troisième chapitre traitera les résultats obtenus et leur discussion.

Nous terminons par une conclusion générale et les perspectives de ce travail.



**Chapitre 01:**  
**Généralités Sur Le Dessalement De**  
**L' eau De Mer**

## **1. Introduction**

L'augmentation de la population amène de nombreuses régions du monde à se trouver en manque d'eau, pour cela de nombreuses solutions ont été envisagées pour pallier ce problème, y compris le dessalement de l'eau de mer [4]. Qui contient plusieurs méthodes physiques permettent l'obtention de l'eau douce à partir l'eau de mer, et qui est au même temps un danger sur l'environnement [5].

## **2. Définition de l'eau**

L'eau est un corps incolore, inodore et sans saveur. C'est un composé chimique simple, sa formule chimique est  $H_2O$ , c'est-à-dire que chaque molécule d'eau est constituée d'un atome d'oxygène (O) relié à deux atomes d'hydrogènes (H) par deux liaisons covalentes simples, formant un angle de  $104.5^\circ$ . La représentation de la molécule d'eau sous sa forme compacte donne une image de la forme réelle de la molécule et de l'encombrement des atomes qui la constitue [6].

L'eau présente sur notre terre et indispensable à la survie de tout être vivant, animale ou végétale n'est pas un liquide banal [7]. « En particulier, l'eau entre, pour 70 à 80% en moyenne, dans la composition de la matière vivante et c'est le principale constituant de l'organisme humain. De plus, l'homme ne peut pas vivre plus de quatre jours sans eau [8].

## **3. Type et origine de l'eau**

Les eaux ont pour origine, soit des nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseau, de rivière, soit les eaux de ruissellement. Ces eaux se ressemblent en cours d'eau, caractérisés par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable.

Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (lacs) ou artificielles (retenues, barrages) caractérisés par une surface d'échange eau- atmosphère quasiment immobile, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour appréciable [9].

## **4. L'eau de mer**

### **4.1. Définition de l'eau de mer**

L'eau de mer est l'eau salée des mers et des océans de la terre, on dit qu'elle est « salée » parce qu'elle contient des substances dissoutes, les sels, constitués d'ions, principalement des ions

halogénures comme l'ion chlorure et des ions alcalins comme l'ion sodium. . On trouve 30 à 40 grammes de sels dissous pour un kilogramme d'eau de mer. L'eau salée s'oppose à l'eau douce, qui contient moins d'un gramme de matériaux dissous par kilogramme. La masse volumique de l'eau Mer la surface est l'environ 1.025g/l, supérieure de 2.5% à celle de l'eau douce (1g/ml) à cause de la masse du sel et de l'électrostriction [10].

## 4.2. Composition de l'eau de mer

### 4.2.1. Eléments principaux

Si la masse totale des sels dissous peut varier, le rapport des concentrations des différents éléments est stable. Cette constance des proportions est souvent appelé loi de Marcel ou de Dittman. Les éléments principaux, c'est –à-dire ceux qui contribuent d'une façon notable à la masse de sels dissous dans les océans, représentent 11 éléments différents [11]. Leurs concentrations sont données dans le tableau suivant:

**Tableau 1:** concentration des éléments principaux pour une eau de mer de salinité de 35% [9].

Eléments	Concentration (mg/kg)	Eléments	Concentration (mg/kg)
Chlorure (Cl <sup>-</sup> )	19353	Sodium (Na <sup>+</sup> )	10160
Sulfate (S <sup>2-</sup> )	2712	Magnesium (Mg <sup>2+</sup> )	1249
Bicarbonate (HCO <sup>3-</sup> )	142	Calcium (Ca <sup>2+</sup> )	413
Bromure (Br <sup>-</sup> )	67	Potassium(K <sup>+</sup> )	387
Fluorure (F <sup>-</sup> ) Bore	1	Strontium (Sr <sup>2+</sup> )	8
Bore	4		

### 4.2.2. Autres éléments minéraux

L'eau de mer contient de nombreux autres éléments à des concentrations beaucoup plus faibles (tableau2). Ces éléments, malgré leur faible concentration, ont une importance certaine dans des processus biologiques et organiques. Ils peuvent se trouver sous différentes formes (dissous, colloïdaux ou en suspension). Un litre d'eau de mer contient entre 30 à 40g de sels alors que les matières en suspension quelques dizaines de mg par litre. Ces particules peuvent être finement divisées augmentant ainsi grandement les surfaces réactionnelles, ce qui peut avoir une importance notable sur les propriétés physico-chimiques de l'eau de mer [11].

**Tableau 2:** concentrations des différents éléments mineurs dont la concentration est supérieure à 1  $\mu$ g/l [11].

Eléments	Concentration en $\mu$ g/l	Eléments	Concentration en $\mu$ g/l
Lithium (Li)	170	Cuivre (Cu)	3
Aluminium (Al)	10	Zinc (Zn)	10
Silicium (Si)	3000	Arsenic (As)	3
Phosphate (P)	70	Rubidium (Rb)	120
Titan (Ti)	1	Molybdène (Mo)	10
Vanadium(V)	2	Iode (I)	60
Manganèse (Mn)	2	Barium (Ba)	30
Fer (Fe)	10	Uranium (U)	30

#### 4.2.3. Matières organiques

Les basses concentrations de matières organiques dans l'eau de mer rendent leur analyse chimique très compliquée. Les composés sont difficiles à isoler car dilués dans un milieu convention, on sépare par filtration sur des filtres de 0.5 $\mu$ m les matières dissoutes des matières organiques particulaires. Les matières organiques particulaires sont principalement constituées d'animaux et végétaux ou leurs résidus. Elles peuvent représenter de 10 à 60% de la matière en suspension [12].

### 5. Le dessalement de l'eau de mer.

#### 5.1. Définition du dessalement

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 [13].

#### 5.2. Les principes du dessalement

Une installation de dessalement peut être subdivisée en 4 postes:

- Une prise d'eau de mer
- Un poste de prétraitement
- L'installation de dessalement proprement dite
- Un post traitement (figure1) [14]

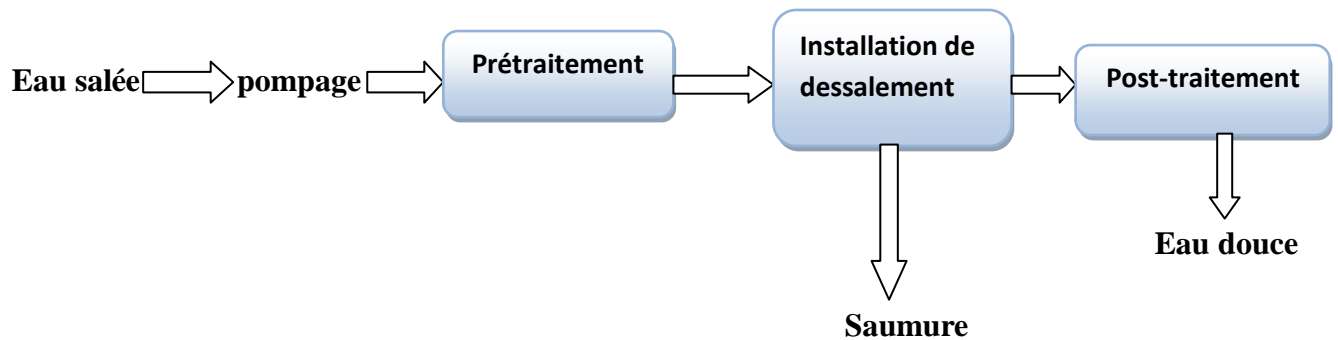


Figure (1). Schéma générale d'une installation de dessalement [15]

### 5.3. Les procédés de dessalement.

La plupart des stations de dessalement utilisent différentes méthodes pour ce procédé de dessalement, comme il existe des méthodes traditionnelles (distillation, osmose inverse, électrolyse) et d'autres non conventionnelles (distillation solaire, cristallisation, congélation...) et chaque station choisit ce qui convient à ses critères.

#### 5.3.1. La distillation

La technologie de dessalement de l'eau de mer par distillation est l'une des méthodes les plus courantes de dessalement de l'eau de mer. Cette méthode consiste à faire évaporer l'eau salée grâce à la chaleur produite par la bouilloire ou plus simplement par les sels ainsi que les autres composés dissous se déposent tandis que de la vapeur d'eau s'élève. Cette dernière est ensuite décondensée afin de recueillir l'eau douce [16].

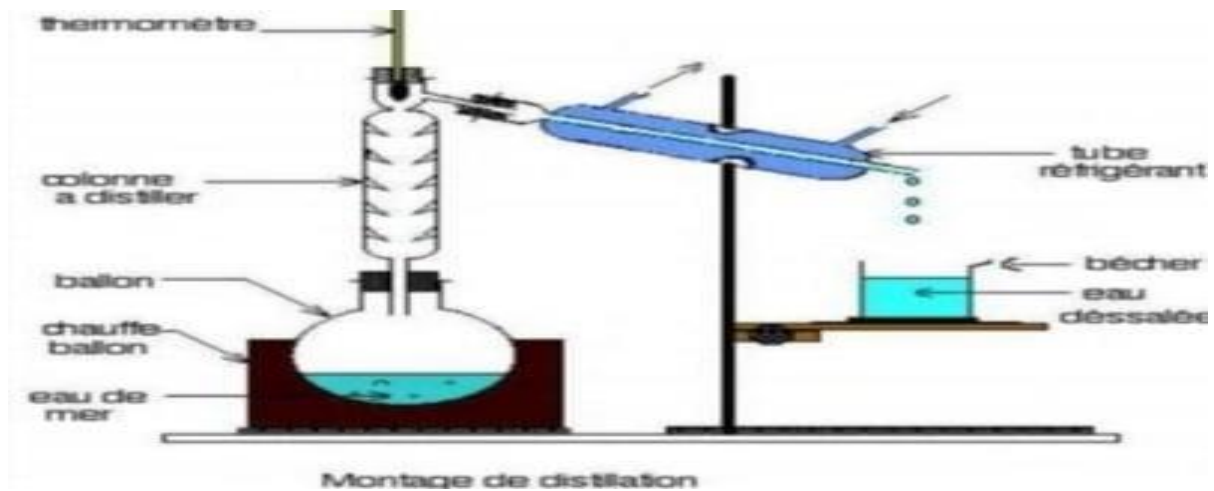


Figure (2). Le principe de distillation [17]

### 5.3.2. Echanges d'ion (déméralisation)

L'échange d'ion est la technologie de choix pour éliminer des contaminants spécifiques de l'eau potable. Comparé à d'autres procédés, l'échange d'ions est très sélectif et se trouve utilisé dans de nombreuses applications à grande échelle, pour l'élimination ciblée de la dureté, des nitrates, du bore, des matières organiques naturelles, des perchlorates, des chromates, de l'uranium et de divers autres métaux [18].

L'échange ionique se définit par la permutation réversible entre matériau, appelé « échangeur ionique », et ions en solution, cette dernière solution étant en contact avec l'échangeur ionique [19]

### 5.3.3. Électrodialyse (électrodésionisation)

C'est un procédé très ancien qui élimine les sels dissous d'une eau saline par migration à travers des membranes sélectives sous l'action d'un champ électrique [20]

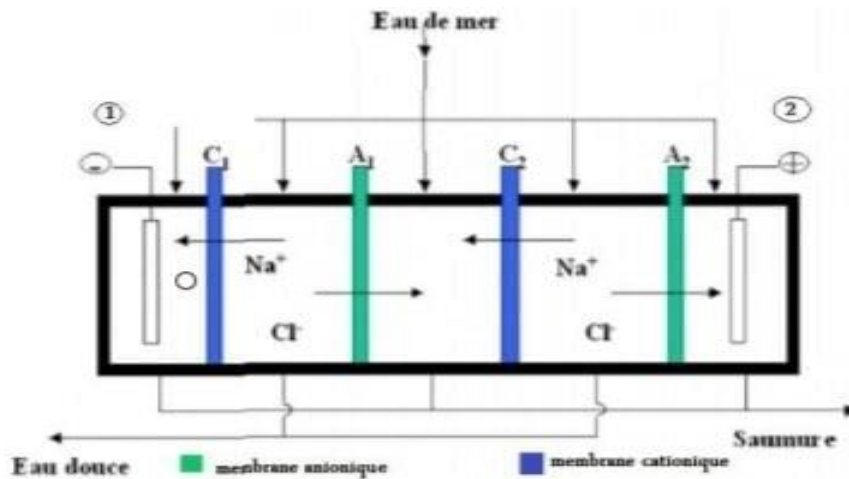


Figure (3). Le fonctionnement du procédé d'électrodialyse [21]

#### 5.3.4. L'osmose inverse

Est un procédé de séparation de l'eau et des sels dissous, au moyen de membranes semi-perméables sous l'action de 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 passes les particules, les sels dissous et les molécules organique de 10 mm de tailles. La teneur sel de l'eau osmose est de l'ordre de 0.5 g / l [17].

#### 5.3.5. Le principe de l'osmose inverse

L'osmose est basée sur le principe fondamental de l'équilibre. Lorsque deux liquides contenant différentes concentrations de solide dissous sont mis en contact, ceux-ci se mélangent jusqu'à uniformisation des concentrations. Lorsque ces deux liquides sont séparés par une membrane semi-perméable (laquelle laisse passer les liquides tandis que les solides restent dans leur compartiment), le liquide contenant la plus faible concentration de solides dissous va traverser la membrane pour aller dans le liquide contenant la plus forte concentration de solide dissous [22]

Après un temps donné, le niveau de l'eau sera plus élevé d'un côté de la membrane. La différence de hauteur est appelée pression osmotique.

En appliquant une pression supérieure à la pression osmotique, l'effet inverse se produit. Les liquides sont refoulés au travers de la membrane, laissant les solides dissous derrière.

Pour purifier l'eau à l'aide de membrane d'osmose inverse, l'effet d'osmose naturel doit être inversé, la figure n° 1 illustre ce phénomène. Afin de forcer l'eau de la solution de l'eau de mer (concentration en sel élevée) à aller dans la solution douce (concentration en sels basse), l'eau doit être pressurisée à une pression d'opération supérieure à la pression osmotique.

Ce procédé est actuellement le plus utilisé notamment en Algérie, c'est le procédé utilisé à l'unité de dessalement de l'eau de mer de la ville de Skikda.

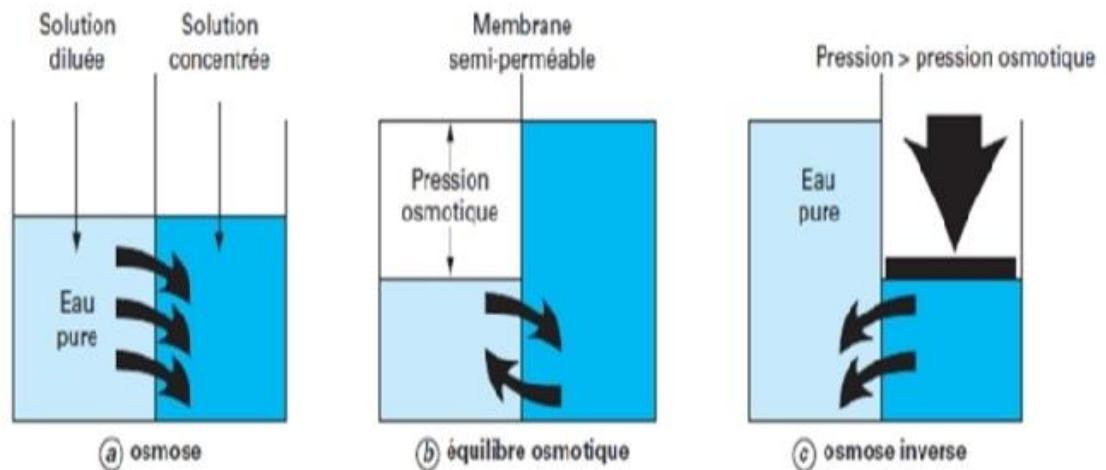


Figure (4). Schéma du principe d'osmose inverse [23]

#### 5.4. Le dessalement en Algérie.

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 ressource en eau très limitées particulièrement au nord où vivent les trois quarts de la population. La crise de ressources hydrique qui a menacé ces dernières années l'alimentation en eau potable la population dans diverse région 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 m<sup>3</sup>/j.

L'Algérie a construit 13 usines de dessalement en 2011 un peu partout sur son territoire (utilisant la méthode de l'osmose inverse) [24]

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

**Tableau 3** : les principales unités de dessalement en Algérie [25]

Nom	Wilaya	Année de mise en service	Capacité (m <sup>3</sup> /j)
Kahrama Arzew	Oran	2005	90 000
El-Hamma	Alger	2008	200 000
Skikda	Skikda	2009	100 000
Beni saf	Ain Temouchent	2009	200 000
Mostaganem	Mostaganem	2010	200 000
Honaine	Tlemcen	2010	200 000
Ouled Ben Ayad	Tlemcen	2010	200 000
Douaouda	Alger	2010	120 000
Cap Djenet	Boumerdes	2010	100 000
Mactaa	Oran	2010	500 000
Oued Sebt	Tipaza	2010	100 000
Tenès	Chlef	2010	200 000
Echatt	Taraf	2011	50 000
<b>Total</b>			2 260 000

## 6. Les paramètres de potabilité de l'eau.

### 6.1. Les paramètres organoleptiques.

#### 6.1.1. Odeur saveur

Les eaux de consommation doivent posséder un goût et une odeur agréable. La plupart des eaux, qu'elles soient ou non traitées, dégagent une odeur plus ou moins perceptible et ont une certaine saveur. Ces deux propriétés, purement organoleptiques, sont extrêmement subjectives et il n'existe aucun appareil pour les mesurer. Selon les physiologistes, il n'existe que quatre saveurs fondamentales: salée, sucrée, aigre et amère [26].

#### 6.1.2. Couleur

Pour l'eau potable, le degré de couleur maximale acceptable est de 15 UCV. Elle peut être due à certaines impuretés minérales (fer) mais également à certaines matières organiques acides. Elle doit être éliminée pour rendre l'eau agréable à boire [27].

#### 6.1.3. Turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, le pluviomètre joue un rôle important vis-à-vis de ce paramètre dans les eaux superficielles et souterraines selon leur origine [28].

### 6.2. Les paramètres physico-chimiques.

#### 6.2.1. Le potentiel hydrogènes (pH)

Le potentiel d'hydrogène est le logarithme décimal de l'inverse de sa concentration en ions d'hydrogène ( $H^+$ ), il est inférieur ou supérieur à 7 suivants que l'eau est acide ou basique. Le pH c'est le paramètre le plus important de la qualité de l'eau, il doit être surveillé au cours de toute opération de traitement. Le pH doit être supérieur à 6.5 et inférieur à 8.5 dans les normes de l'OMS [29].

#### 6.2.2. Température

La température c'est le facteur le plus apprécié pour une eau de boisson. Elle joue un rôle important dans la solubilité des sels et des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la

conductivité électrique et dans la détermination du pH. Élévation de température favorise la croissance des micro-organismes [30].

### 6.2.3. Conductivité électrique

La conductivité électrique est un indice de l'abondance des ions dans l'eau. La mesure de la conductivité permet d'avoir très rapidement une idée sur la concentration de l'eau en sels dissous. La conductivité constitue un critère d'appréciation de la minéralisation globale d'une eau (tableau 4), elle dépend de la température de l'eau, de la concentration et la nature des ions mobiles dissous dans cette eau [31]. L'unité de la conductivité électrique c'est micro siemens par centimètre ( $\mu\text{s/cm}$ ) [32].

**Tableau 4** : Relation entre la conductivité et la minéralisation de l'eau [31].

Conductivité ( $\mu\text{s/cm}$ )	Appréciation de la minéralisation
Conductivité < 100	Minéralisation très faible
100 < Conductivité < 200	Minéralisation faible
100 < Conductivité < 333	Minéralisation moyenne accentuée
333 < Conductivité < 666	Minéralisation moyenne
666 < Conductivité < 1000	Minéralisation importante
Conductivité > 200	Minéralisation excessive

### 6.2.4. Matières en suspension

Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules minérales et organique contenues dans les eaux. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, du régime d'écoulement des eaux, de la nature des rejets, etc. Les teneurs élevées en matières en suspension peuvent être considérées comme une forme de pollution [33].

### 6.2.5. Résidu sec

Cette mesure permet d'évaluer la teneur des matières dissoutes et en suspension déterminée par pesée. Une certaine quantité d'eau est évaporée soit à 110 ou 180 °C dans une coupelle tarée. Le résidu desséché est ensuite évalué par pesée [34].

### 6.2.6. Titre hydrotimétrique [TH]

La dureté d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, excepté celles des métaux alcalins ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) et  $\text{H}^+$ . Elle est souvent due aux ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$ . La présence de ces deux cations dans l'eau tend souvent à réduire la toxicité des métaux. La dureté se mesure en mg de  $\text{CaCO}_3$  par litre.

Dans l'eau, sont déterminés:

- La dureté totale ou titre hydrotimétrique TH qui est la somme des concentrations calcique et magnésienne.
- La dureté calcique qui correspond à la teneur globale en sels de calcium.
- La dureté carbonatée correspond à la teneur globale en sels magnésium.
- La dureté carbonatée correspond à la teneur en hydrogénocarbonate et carbonate de calcium et de magnésium [33].

### 6.2.7. L'alcalinité [TA-TAC]

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de d'acides faible. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité correspond à la présence d'hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxyde.

- Le titre alcalimétrique (TA) mesure la teneur de l'eau en alcalis libres et carbonates alcalins caustique.
- Le titre alcalimétrique complet (TAC) correspond à la teneur de l'eau en alcalis libres, carbonates et hydrogénocarbonates [30].
- L'unité utilisée est le degré français ( $1^\circ\text{f} = 10\text{mg. L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3=0.2$  milliéquivalent /L [35].

### 6.2.8. Chlorure

Les sels du chlore sont très solubles dans l'eau, le chlore est fréquent dans les réserves d'eau douce à un taux de 10 à 100 mg/l [35].

### 6.2.9. Calcium

Le calcium est un élément chimique avec le symbole « Ca ». C'est un alcalino-terreux extrêmement répondu dans la nature et en particulier dans les roches sous forme de carbonates.

C'est un composant majeur de la dureté. Il est également un nutriment important pour la structure et le métabolisme des plantes. Il est également responsable de la dureté de l'eau [35].

#### **6.2.10. Sodium**

Le Sodium est un élément dont la concentration dans l'eau varie d'une région à une autre. Il n'existe pas de danger dans l'absorption des quantités relativement importantes de sodium sauf pour les malades hypertendus.

Pour les doses admissibles de sodium dans l'eau il n'y a pas de valeur limitée standard.

Cependant les eaux trop chargées en sodium deviennent saumâtres et prennent un goût désagréable [36].

#### **6.2.11. Potassium**

La teneur en potassium dans les eaux naturelles est de l'ordre de 10 à 15 mg/l. A cette concentration, le potassium ne présente pas d'inconvénients pour la santé des individus. Le seuil de perception gustative est variable suivant consommateur, se situe aux environs de 40 mg/l pour les chlorures de potassium [36].

#### **6.2.12. Magnésium**

Élément chimique avec le symbole « Mg » le magnésium constitue un élément signification de la dureté d'une eau à partir d'une concentration de 100 mg/l et donne un goût désagréable à l'eau. Comme le calcium, c'est un élément indispensable pour la croissance. Il joue le rôle d'élément plastique dans l'os et dynamique dans les systèmes enzymatiques et hormonaux. Il est présent dans l'eau souvent à de forte concentration [28]

#### **6.2.13. Sulfate**

Elles sont rencontrées sous formes de sulfates de magnésium et ou calcique dans les eaux dures. A fortes concentrations, ils peuvent provoquer des troubles gastro-intestinaux (en particulier chez l'enfant) ils peuvent aussi conférer à l'eau un goût désagréable. Les normes américaines préconisent pour les sulfates une concentration maximale acceptable de 200 mg/l et une concentration maximale

admissible de 400 mg/l (SO<sub>4</sub>-2), une teneur supérieure à 400mg/l. rend l'eau impropre à la consommation [36].

#### **6.2.14. Chlores résiduel**

En général, on considère une concentration résiduelle de chlore libre de 0.2mg/l comme la concentration minimale pour empêcher la décroissance bactérienne dans le réseau de distribution (le Chevallier et coll., 1996) [37].

#### **6.2.15. Salinité**

La salinité est un facteur écologique propre aux biotopes aquatiques (mais aussi aux sols) qui caractérise leur teneur en sel (Na Cl) et autres sels dissous dans les eaux. Par ailleurs, toute modification intempestive de la salinité due à l'action de l'homme peut présenter un impact redoutable sur les biotopes aquatiques concernés [36].

### **6.3. Les paramètres bactériologiques.**

#### **6.3.1. Les coliformes fécaux (E coli)**

E. coli est le principal indicateur de la contamination fécale, par inférieur, sa présence indique la probabilité que des pathogènes fécaux d'origine hydrique aient pénétré dans l'eau. Un nombre important de défaillances de la qualité de l'eau est dû à la détection d'E. Coli au-dessus des normes de régulation [38].

Escherichia coli ou « colibacille » est l'hôte normal de l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud [39].

#### **6.3.2. Les streptocoques fécaux**

Les streptocoques sont des bactéries ubiquistes, sporophytes des eaux, de l'air, du sol [39]. Sont plus résistants au stress et à la chloration que les coliformes et survivent généralement plus longtemps dans l'environnement. En outre, contrairement aux coliformes, ils recroissent très difficilement dans le réseau [40].

### **6.3.3. Les clostridiuime sulfite réducteur**

Spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices en bacilles, à Gram positif, ne possédant pas de catalase et ayant l'aspect morphologique des clostridiuime [41].

## **6.4. Paramètres de pollution.**

### **6.4.1. Les nitrate**

Les nitrates sont des ions naturels présents dans l'environnement. Ils proviennent de la décomposition des matières organiques. Ils font partie des contaminants chimiques les plus omniprésents dans les masses d'eau dans le monde.

La contamination de l'eau potable par les nitrates est plus fréquemment associée à une certaine forme de pollution anthropique. Les nitrates sont très solubles dans l'eau et peuvent facilement se déplacer dans le sol. Au fil du temps, les nitrates peuvent s'accumuler dans les eaux souterraines qui peuvent ensuite être utilisées comme source d'eau potable [40]

### **6.4.2. Plomb**

C'est un métal très abondant et largement répandu dans la croûte terrestre et ne se trouve pratiquement jamais dans l'eau potable pour assurer une bonne qualité d'eau par la population. C'est l'oxydation des circuits de distribution public et privé qui conduit à la présence de plomb au robinet. Le plomb provient de canalisation ou des branchements, et aussi de l'oxydation d'alliages, des soudures, voire de plastiques contenant du plomb [42].

### **6.4.3. Les matières organiques**

Les basses concentrations de matières organiques dans l'eau de mer rendent leur analyse chimique très compliquée. Les composés sont difficiles à isoler ça dilués dans un milieu contenant beaucoup d'autres éléments à de plus fortes concentration. Par convention, on sépare par filtration sur des filtres de 0,5µm les matières dissoutes des matières organiques particulières.

Les matières organiques particulières sont principalement constituées d'animaux et végétaux ou leurs résidus. Elles peuvent représenter de 10 à 60% de la matière en suspension [43].

#### 6.4.4. Les matières azotiques

Elle a déterminé la matière azotique à partir de 3 paramètres caractérisant les matières azotées présentes dans l'eau ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NKJ}$ ,  $\text{NO}_2$ ).

Les matières organiques ont pour origine :

- Les eaux usées d'origine domestique et industrielles.
- Les effluents d'élevage (déjections animales, eaux de lavage,....)

Et il a des effets négatifs, car il contribue grandement prolifération d'algues et de végétaux (eutrophisation) et peuvent présenter des effets toxiques sur l'écosystème, notamment la faune piscicole [44].

#### 6.4.5. Les composés phosphorique.

Les ions phosphate contenus dans les eaux de surface ou dans les nappes peuvent être d'origine naturels: décomposition de la matière organique, lessivage des minéraux, ou due aussi aux rejets industriels (agroalimentaire...etc.) domestiques (poly phosphate des détergents), engrais (pesticides...etc.)

En l'absence d'apport d'oxygène, les phosphate n'existent qu'à l'état de traces dans les eaux naturelles, leur introduction dans les eaux de surfaces (rivières, lacs) se faite par les eaux usées dont l'épuration est souvent insuffisante [36].

### 7. Les différents impacts de dessalement de l'eau de mer sur l'environnement.

#### 7.1. Origine des impacts de dessalement

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

Les constituants présents dans ces eaux résiduaires rejetées par les usines de dessalement dépendent dans une large mesure de la qualité de l'eau d'alimentation, de la qualité de l'eau douce produite et de la technique de dessalement adoptée. Cependant, les rejets des usines de dessalement ne comprennent pas seulement l'effluent de saumure concentrée, les désinfectants et les agents

antialissure mais également des eaux chaudes et des effluents aqueux tels que les distillations et condensats d'éjecteur.

L'autre trait marquant des procédés de dessalement est qu'ils nécessitent un apport d'énergie thermique ou mécanique afin de réaliser la séparation de l'eau douce et de l'eau salée d'alimentation. Cet apport d'énergie se traduit par une hausse de la température de la saumure éliminée et par des rejets thermiques et des émissions atmosphériques associées à la production d'électricité [45].

### **7.1.1. Rejets chimiques:**

Toutes les usines de dessalement utilisent des produits chimiques pour le prétraitement de l'eau d'alimentation ainsi que le post-traitement de l'eau produite. La plupart des produits sont utilisés avant tout comme agent's biocides, antitartre, antialissure et anti mousse, et ils finissent par modifier la composition de la saumure concentrée. la présence de certains métaux, qui sont des produits de la corrosion du circuit, influent aussi sur la composition de la saumure concentrée [45].

Ces produits chimiques ne sont pas les mêmes pour les principaux procédés de dessalement, à savoir l'osmose inverse. Les phases de pré-et de post-traitement des procédés de production d'eau potable sont exposés sur le tableau 5.

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

#### **7.1.1.1. Produits de la corrosion**

Les usines de dessalement a procédé thermique rejettent du cuivre, du nickel, du fer, du chrome, du zinc et d'autre métaux lourds en fonction des alliages présents dans la filière de production, comme par ex. le titane en termes de concentrations, celles du cuivre et du fer sont les plus élevées par exemple, la plus faible valeur de cuivre relevée dans l'effluent de l'usine de dessalement contre des concentration naturelles de base dans l'eau de mer méditerranée, les niveaux de cuivre dans l'eau de mer couvrent une large gamme de valeurs : l'intervalle des concentration dans les eaux du large est de 0.04-0.70 ppb , alors que pour les eaux côtières l'intervalle est de 0.01-50 ppb si l'on admet une valeur de 20ppb de cuivre dans l'effluent de saumure d'une usine de dessalement ayant une capacité de 100 000 m<sup>3</sup> par jour et un taux de conversion de l'eau de 10% [45].

**Tableau 5:** Résumé des phases de pré et post traitement au cours de la production d'eau potable par dessalement [46].

La phase de pré et post traitement	Objet	Produit chimique ajouté	Devenir des produits
Ajustement de ph=7	Diminue la concentration de carbonate (et la précipitation de carbone) protégé la membrane contre l'hydrolyse	Acide ( $H_2SO_4$ )	Modifié le ph de l'eau produit et de la saumure concentrée
Antitartre	Prévient la formation de tartre sur les membranes	Agents chélateurs et dispersants	Les complexes formés sont retenus dans la saumure concentrée
Coagulations filtration	Prévient les salissures et l'encrassement des membranes	Coagulation floculation	Les agents flocculants formés se séparent par décantation et sont éliminés par filtration.
Désinfection	Prévient l'encrassement biologique et l'élimine les micro organismes qui se nourrissent des matières des membranes	Chlore (ou biocides UV)	Chloré également reparti dans le perméat et la saumure concentrée
Décoloration	Protège les membranes sensibles au chlore	Bisulfate de sodium ou charbon actif granulaire (CAG)	Réagit avec le chlore pour former du sulfate et du chlorure qui sont retenus dans la saumure concentrée
Élimination des gaz dissous	Élimine les gaz nauséabonds, $C$ , le radon et $HS$	Aération, dégazage	Oxyde $H_2S$ et $nH_4$ dans l'eau produite et dans la saumure concentrée
Ajustement du pH à 7	Prévient la corrosion du système de distribution, protège la flore et la faune	$NaOH$ , carbonate de sodium anhydre, chaux	Accroît le niveau de sodium dans l'eau produite et dans la

	aquatiques en cas de rejet en surface		saumure concentrée
Désinfection	Prévient la prolifération bactérienne dans le système distribution, protège la flore et la faune aquatique si nécessaire	Chlore (ou chlorométrie)	Le chlore est retenu dans l'eau produite et dans la saumure concentrée
Réduction du niveau de chlore	Elimine le chlore et d'autres oxydants	Bisulfite de sodium ou CAGE	Accroît les niveaux de sulfates et de chlorures dans l'eau produite et dans la saumure concentrée
Oxygénation	Accroît l'oxygène dissous à un niveau concourant au développement de la flore et de la faune aquatique	Aération	Accroît l'oxygène dissous dans la saumure concentrée
Elimination d'autres formes chimiques	Diminue tous les polluants susceptibles d'être présents dans l'eau produite et dans la saumure concentrée	Est fonction des formes chimiques	

#### 7.1.1.2. Agent antitartre:

Les dépôts de tartre se forment sur les surfaces du matériel de dessalement industriel. La présence de tartre entraîne inmanquablement des difficultés d'exploitation et/ou une perte de rendement. Dans le procédé par distillation, le tartre réduit le taux de transfert de la chaleur travers les parois atteintes et réduit le débit de liquide dans les tuyaux. Différentes méthodes sont appliquées pour prévenir l'entartage dans les procédés par distillation. Les poly phosphates, qui retardent les dépôts de tartre, sont un agent antitartre précoce, peu onéreux, mais d'une efficacité restreinte et qui a pour inconvénient d'être thermolabile: il est hydrolysé en orthophosphate à des températures supérieures à 90°C. Ces dernières années, l'utilisation de ce produit chimique a été notablement réduite.

Les additifs antitartres le plus largement utilisés semblent être des polymères de l'acide maléique. Ces polymères empêchent les matières dissoutes de précipiter, décanter et former une croûte sur les surfaces et ils entravent la formation de cristaux en altérant la structure réticulaire, permettant ainsi

la formation d'une boue molle qui n'adhère pas ou ne se développe pas sur les surfaces métalliques [47].

Bien que le taux d'application de cet acide soit de 1 à 3 ppm, la concentration habituelle dans le rejet est de 0,53 ppm. Dans les usines OI, l'acide sulfurique est utilisé avec adjuvants polymères pour prévenir la formation de tartre [48].

#### **7.1.1.3. Agents antisalissure**

Les salissures constituent un processus à phases multiples dans lequel interviennent de nombreux groupes d'organismes. Elles commencent par l'adsorption de substances polymères de l'eau non traitée sur les surfaces solides, ce qui permet la formation d'un film précurseur pour la colonisation par des bactéries. A ce premier bio film Adhèrent des périphytes, puis des micros algues, des protozoaires et des champignons, et enfin des débris, détritiques et particules inorganiques.

Depuis longtemps, les composés de chlore sont utilisés pour désinfecter les systèmes d'apport d'eau de mer et l'usine située en amont, afin de prévenir les salissures. Habituellement, on ajoute du chlore à raison de 2 ppm. Un procédé bien conduit vise à obtenir une concentration de chlore nulle à l'émissaire, l'eau de javel est ajoutée en continu pour conférer une teneur équivalant à 2 ppm de chlore. Le taux d'injection est contrôlé de manière à maintenir un niveau de chlore résiduel de 0,2 ppm l'émissaire à l'usine de dessalement le niveau de chlore dans la saumure est effectivement nul. Quand l'eau de lavage à contre-courant est rejetée avec la saumure, le niveau de chlore est de 0,23 ppm.

D'autres biocides comme les sels de cuivre ont été essayés avec un succès variable et, en de nombreux sites, le rejet de cuivre dans la saumure est très inférieur à 1 mg/l. Cependant, ce niveau est encore peu satisfaisant en raison du dommage qui peut en résulter pour l'environnement par suite de l'accumulation du métal [45].

#### **7.1.4. Effets de l'eau saumure concentré après dessalement**

L'eau saumure après dessalement est une eau du point de vue caractéristiques physico-chimique salinité, solides dissous (TDS), dureté et alcalinité, bilan ionique, température, pH, conductivité turbidité, concentration en gaz dissous tel que l'oxygène et le dioxyde de carbone) comme le montre les résultats des différentes analyses, est une eau impropre à tout usage agricole ou industriel, est loin d'être probabilisée [45].

**7.1.5. Rejet des eaux de lavage à contre-courant des membranes dans les usines OI**

Dans les usines OI, le nettoyage et le stockage des membranes peuvent engendrer des eaux potentiellement dangereuses. Les membranes doivent être nettoyées à des intervalles de trois à six mois en fonction de la qualité de l'eau d'alimentation et du fonctionnement de l'usine. Les formulations utilisées pour le nettoyage des membranes sont habituellement des solutions alcalines ou acides aqueuses. De plus, une solution chimique de préservation (généralement à base de bisulfite de sodium) doit être utilisée si les membranes sont stockées pendant la fermeture de l'usine. Ces produits chimiques sont normalement épurés avant leur rejet dans la mer [45].

**7.1.6. L'impact du dessalement sur l'environnement**

Cette étude nous montre que d'après les résultats obtenus, la production d'eau douce par des procédés non conventionnels comme le dessalement de l'eau de mer est caractérisé par la production en parallèle d'une eau saumure fortement chargée en sel qui retournera à la mer provoquant une variation de la composition chimique en s'ajoutant aux rejets de produits chimiques des traitements correctifs de l'eau d'appoint et aux rejets issues de la pollution marine tels que l'hydrogène sulfuré ou les composés ammoniacaux et hydro carburants. Ces rejets ont un impact négatif sur l'environnement et la préservation des écosystèmes. Faut-il orienter le choix d'un procédé de dessalement en considérant une station de neutralisation de la saumure avant son rejet à la nature. Des études ont montré que le procédé RO par osmose inverse pose les mêmes problèmes [45].



## **Chapitre 02: Matériel et Méthodes**

Ce chapitre, une variété d'outils et de techniques ont été utilisés en laboratoire pour la désalinisation de l'eau au niveau de la station de désalinisation de la wilaya de Skikda, y compris les techniques d'osmose inverse, d'évaporation multi-effets et de distillation partielle. ces outils et techniques ont été utilisés pour éliminer les contaminants et le sel de l'eau de mer avant de la diriger vers les consommateurs, tout en tenant compte de l'impact environnemental.

## **1. Matériel.**

### **1.1. Description générale de la station de dessalement de Skikda (Désaladéra Skikda).**

La station de dessalement d'eau de mer de Skikda à une capacité de production de 100 000 m<sup>3</sup>/jour, projet réalisé en 2008 par un groupe espagnol GEIDA, implantée à l'extrême EST de zone pétrochimique de Skikda au lieu-dit DIARE CHITANE, superficie 4 Hectare, le procédé utilisé est l'osmose inverse avec un taux de conversion de 47%.

- Le client principal est la société nationale SONATRACH par le biais de l'algérienne des eaux (ADE)
- 05 module d'osmose inverse 20 000 m<sup>3</sup>/jour chacun
- La prise d'eau de mer s'effectue avec une paye sous-marine de longueur d'1 KLM vert le monde
- Méthode de rejet de saumure: émissaire sous-marin
- Nombre de personnel: 60 en total entre cadres, employés et agents de sécurité, 25 éléments

Dépend de la société mère GEIDA, et le reste c'est personnel de sous-traitance l'électricité: l'entreprise client abonnée avec la SONALGAZ de deux lignes d'électricité de haute tension, une des lignes est principale pour l'alimentation d'énergie de la station, et l'autre linge confédérée comme secours en cas de panne.

La station consomme 3.56 KWh/m<sup>3</sup> (mise en service 100%)

- Prix de vent de l'eau : 0.70 USD/ m<sup>3</sup>



**Figure (5). Présentation de la station de dessalement déssaladora \_ Skikda**

### **1.2. Situation géographique.**

Le lieu de l'usine de désalinisation de l'eau de mer de Skikda est situé dans la zone urbaine de Skikda à 510 kilomètres à l'est de l'Algérie, dans la région industrielle. La station est Localisée

Dans un complexe pétrochimique près d'Oud Safsaf, à environ 2 kilomètres à l'est de Skikda (500 kilomètres à l'est de la ville d'Alger). Elle occupe une superficie de 4 hectares limitée au nord par la mer Méditerranée, au sud par la raffinerie de Skikda, à l'ouest par le complexe polymed. A l'est se trouve la plaine de Ben M'Hi

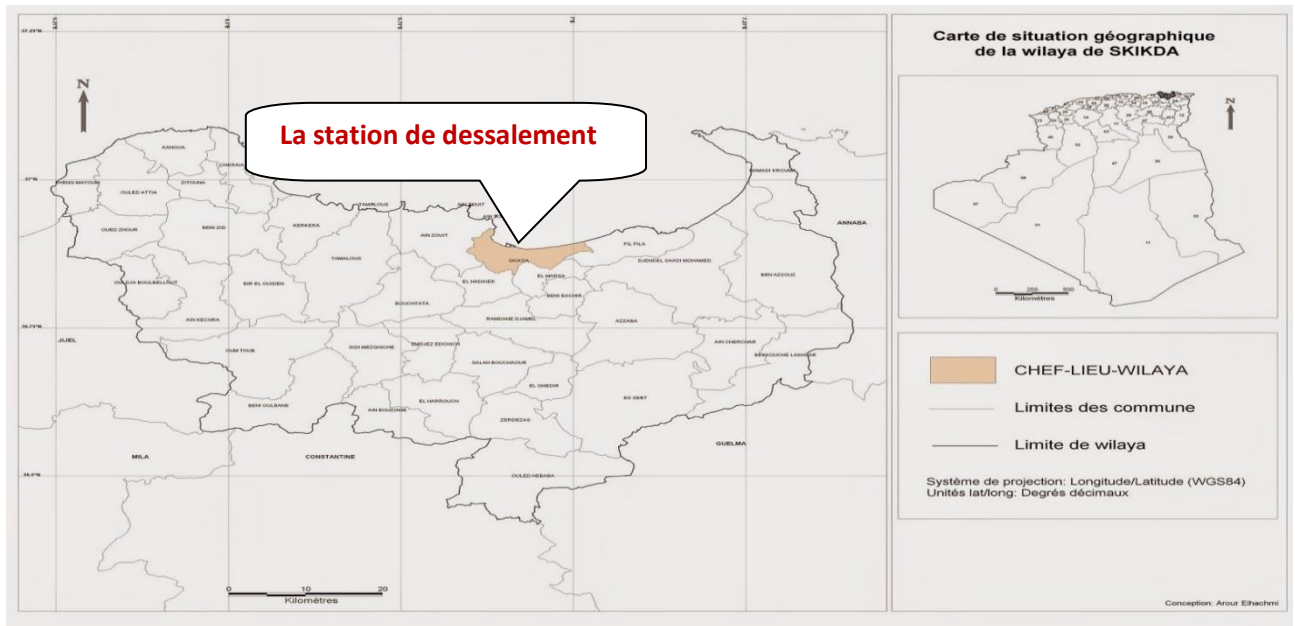


Figure (6). Carte géographique de la station de dessalement de wilaya de Skikda (Desaladora ,2005)

### 1.3. Processus du dessalement appliqué dans la station du dessalement de déssaladora Skikda.

Le processus de dessalement de l'eau de mer permet d'obtenir une eau propre à la consommation humaine à partir d'une source inépuisable, à savoir l'océan. A la « Desaladora de Skikda », le procédé utilisé pour le dessalement est l'osmose inverse, un processus précis et efficace.



Figure (7). Schéma représentatif de la station de dessalement d'eau de mer de Skikda (Desaladora, 2005)

#### 1.4. Composition de la station de dessalement d'eau de mer Skikda.

1. Une structure de récupération d'eau de mer située à 1200 mètres du littoral.
2. Une unité de pompage d'eau de mer comprenant: deux barrages marins, deux filtres rotatifs, un bassin de pompage et 6 pompes d'eau de mer d'une capacité de 1800 mètres cubes par heure chacune.
3. Une première étape de filtration composée de 25 filtres à sable de 100 mètres cube chacun.
4. Une deuxième étape de filtration composée de 15 filtres à anthracite (mélange de sable et de charbon) d'une capacité de 100 mètres cube chacun.
5. Une dernière étape de filtration à l'échelle nanométrique composée de 10 filtres à cartouches (chaque filtre contenant 270 cartouches).
6. 5 cadres pour l'osmose inverse, où se produit la séparation entre le sel et l'eau.

#### 1.5. Les étapes de procédé.

Quel que soit le procédé de séparation de sel et de l'eau envisagée. Toutes les installations de dessalement comportent 4 étapes:

##### 1.5.1. La captation.

La première étape du procédé de dessalement est le captage de l'eau de mer. Elle consiste à pomper l'eau de mer vers la station de dessalement. Cette eau doit être bonne du point de vu matières en suspension pour le fonctionnement de la station.

Le système de captage est ouvert, l'eau de mer est captée à partir d'un (1 km) de la cote grâce à un émissaire en PEHD DH 2400mm. A l'extrémité de l'émissaire, une tour de 10 m de hauteur st Érigée sur un fond à 18 m pour capter une eau plus ou moins propre. L'eau est véhiculée à l'intérieur de la conduite par gravite avec une vitesse d'écoulement inférieure à 1 m/s [49].



Figure (8). Tour de captation



Figure (9). Bassin de captation

### 1.5.2. La filtration.

« Desaladora de Skikda » est réalisée en utilisant des filtres avec sable et avec anthracite. Deux étapes de filtration existent:

- 1) L'eau est pompée à partir de bassin de pompage à l'aide de 6 pompes 5 de service et une de réserve vers les filtres à sable (les filtration) elle doit subir au préalable une désinfection (NaOCI) un traitement à l' $H_2SO_4$  (contrôle du pH), un traitement au chlorure ferrique (agent coagulation)
- 2) L'eau passera à travers les 25 filtres à sable d'une parallèle ou elle subira une première filtration en suite elle passera en parallèle à deuxième filtration (filtre anthracite) dont l'élimination de la matière solide. L'eau subira en suite un traitement avec le bisulfite pour éliminer les chlorures et antitartre pour prévenir un éventuel entartage de l'eau [50].



Figure (10). Les bacs de filtration (Desaladora,2023)

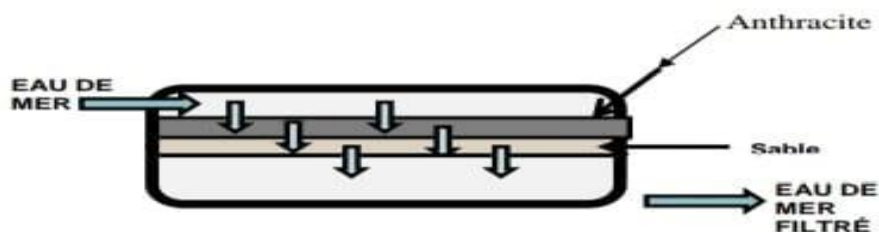


Figure (11). Systèmes de filtration [51]

### 1.5.3. La Microfiltration.

La microfiltration est assurée par l'utilisation d'un filtre à cartouche type bobiné. Entre le collecteur d'entrée et de sortie. Il y'a un manomètre différentiel muni de contact électrique pour alarme, qui indiquera quand il sera nécessaire de remplacer les cartouches filtrantes [52].



Figure (12). Les filtres à cartouche (Desaladora2023)

### 1.5.4. L'Osmose Inverse.

L'osmose est un processus naturel dans lequel les molécules de l'eau migrent à travers une membrane semi-perméable depuis une solution de basse concentration vers une solution de plus haute concentration [53].

Le phénomène d'osmose va se traduire par un flux d'eau dirigé de la solution diluée vers la solution <sup>2</sup>concentrée. Si l'on essaie d'empêcher ce flux d'eau en appliquant une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Il arrivera un moment où la pression appliquée sera telle que le flux de l'eau va s'annuler. Si, pour simplifier, nous supposons que la solution diluée est de l'eau pure, cette pression d'équilibre est appelée pression osmotique [54].

Une augmentation de la pression au-delà de la pression osmotique va se traduire par un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique, c'est-à-dire de la solution concentrée vers la solution diluée c'est le phénomène d'osmose inverse [14].

Le module d'osmose inverse utilisé dans l'unité d'étude est le module spiralé, au sein des modules spiraux, une membrane plane est enroulée sur elle-même autour d'un tube poreux ( le collecteur du perméat) qui recueille le filtrat. On obtient ainsi un cylindre multicouche où le perméat s'écoule selon un chemin spiralé vers le tube poreux tandis que l'alimentation circule axialement dans les canaux.

Du coté de l'écoulement de la solution à traiter, les couches membranaires sont séparées par une grille en plastique [50]



Figure (13). L' osmose inverse (Desaladora 2023)

#### 1.5.5. Récupération d' énergie.

Le système de récupération d'énergie est au moyen d'une turbine Pelton, ou la quantité d'énergie récupérée est environ 4bars c'est-à-dire 4% par rapport à l'énergie consommée par l'unité (1500 kW) [52].

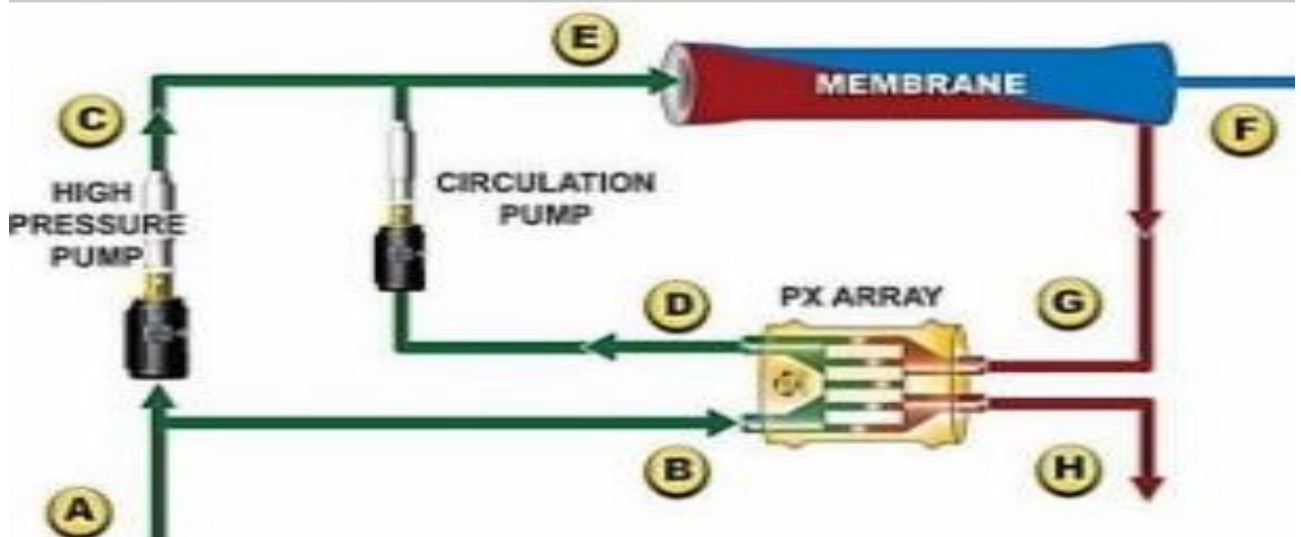


Figure (14). Schéma représente les différentes étapes de la récupération d'énergie (Desaladora 2005)



Figure (15). La récupération d'énergie (Desaladora 2023)

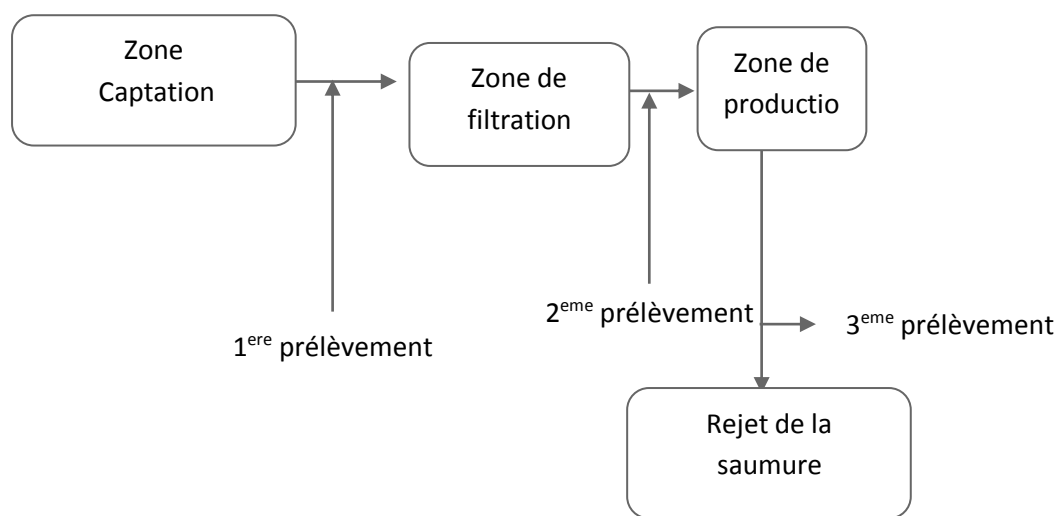
## 2. Méthodes.

### 2.1. Stratégie d'échantillonnage.

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté, il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier la caractéristique physico-chimique de l'eau.

La station est équipée de quatre prélèvements d'échantillons d'eau pour les analyses physico-chimique:

- Eau de mer
- Robinet installé à l'entrée des filtres à sable pour mesurer la turbidité, le chlore libre et étalonner l'instrumentation ainsi ajuster l'injection du chlore
- Robinet installé à l'entrée du module d'osmose inverse après la filtration à cartouche pour mesurer l'indice de colmatage SDI
- Robinet installé au niveau de la zone d'expédition de l'eau traitée pour vérifier la qualité de l'eau



**Figure (16). Points de prélèvements**

## 2.2. Choix d'échantillonnage.

Le prélèvement d'un échantillon d'eau pour l'analyse physico-chimique est comme suit :

- Le matériel du prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière, l'emploi de flacons verre borosilicaté est conseillé de préférence. Bouchés avec des bouchons en polyéthylènes ou en téflon maintenus pendant 1 heure dans de l'eau distillé puis séchés.
- Ouvrir le robinet à débit maximum pendant 5 à 10 secondes puis de le ramener à un débit moyen pendant 2 minutes.
- Au moment du prélèvement, on a rincé le flacon d'échantillonnage 3 fois avec de l'eau à analyser.
- Remplir chaque flacon lentement avec un faible débit pour éviter les turbulences et la formation des bulles d'air.

- Fermer le flacon et s'assurer qu'il n'y a pas de vide au-dessus de l'échantillon.
- Etiqueter les flacons d'échantillonnage en déterminant le point, la date et l'heure du prélèvement.
  - Les échantillons sont transportés dans une glacière isotherme (4°C), et l'analyse est faite le même jour.

### 2.3. Les analyses physico-chimiques

#### ➤ Détermination de la température

La mesure de la température au même temps se fait à l'aide d'une sonde de température qui est connectée au PH-mètre (même méthode utilisée pour mesurer le pH).

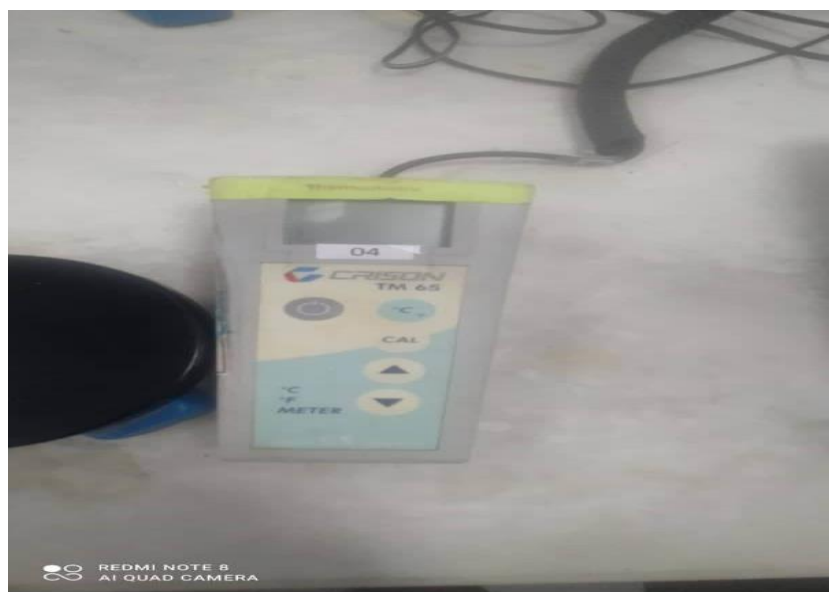


Figure (17). Thermomètres (Desaladora 2023)

#### ➤ Détermination du potentiel à hydrogène (pH)

##### But

Exprimer si l'eau est à réaction acide ou alcaline

##### Verrerie

- Bêchers de 100

### Matériels et réactifs

- pH mètre de type HANNA HI 9125

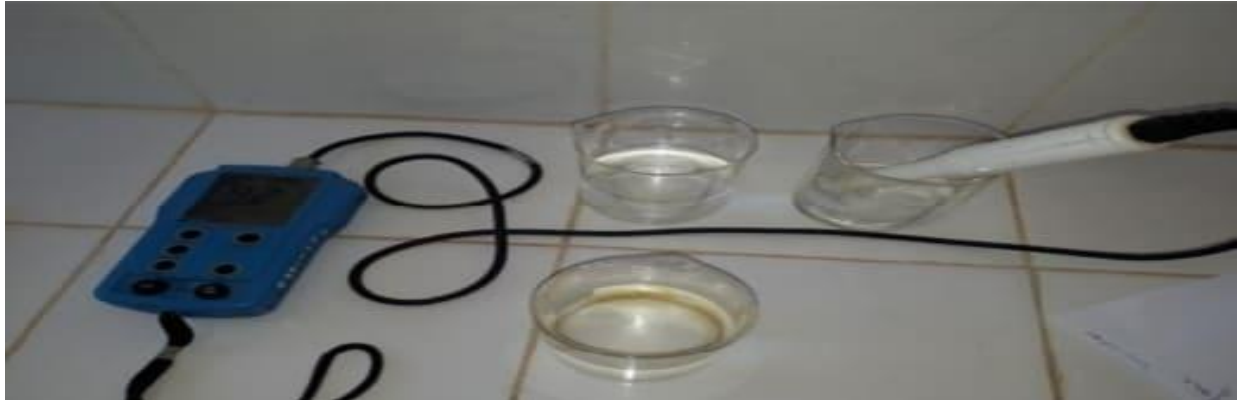


Figure (18). Photo de pH-mètre (Desaladora 2023)

### Principe et le Mode opératoire

Pour la mesure du pH et de la température nous avons utilisé un pH-mètre composé d'un boîtier électronique et d'une sonde dotée de deux électrodes.

L'eau analyser est versée dans le bécher puis introduire les électrodes dans l'eau, la lecture se fait directement. pour procéder à l'analyse de l'échantillon il faut laver les électrodes et le bécher par l'eau distiller puis les sécher avec le papier absorbant. Les résultats sont exprimés en unité du pH.

#### ➤ Conductivité électrique

### But

La conductivité électrique peut être utilisée comme mesurage de la concentration des solutés ionisables présents dans l'échantillon.

### Verrerie

- Béchers de 100ml

### Matériels et réactifs

- Conductivimètre de type HANNA CC 215
- Un Becher 100 ml
- Solution d' étalonnage



Figure (19). Photo conductimètres (Desaladora 2023)

### Principe et Mode opératoire

Détermination directe, à l'aide d'un conductimètre, la mesure s'effectue sur un prélèvement d'eau dont le volume doit être suffisant pour plonger la sonde de conductivité.

- Régler le conductimètre à 25°C
- Immerger l'électrode dans un bécher contenant d'eau à analyse
- On prend la mesure une fois que l'appareil se stabilise

Le résultat est donné directement en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

#### ➤ Turbidité

### Verrerie

- Pipettes de 5 et 1 ml
- Cuvette

### Matériels et Réactifs

- Turbidimètre de type HANNA HI 88703.



**Figure (20). Photo de Turbidimètre (Desaladora 2023)**

### **Principe et mode opératoire**

L'appareil utilisé est le turbidimètre (HI 88703)

- On met l'échantillon dans une cuve qui doit être essuyé à l'aide d'un papier absorbant doux pour enlever les gouttes d'eau et les traces des doigts
- Placer la cuve dans le puits de mesure et fermer le capot
- Lire et noter le résultat affiché

Résultats sont exprimés en NTU

➤ Détermination du chlore libre

**Matériels et réactifs**



**Figure (21). Comparateur de chlore (Desaladora, 2023)**

**Principe et mode opératoire**

- Remplir la cuvette avec l'échantillon jusqu'au trait de 10 ml (test a blanc)
- Essuyer la cuvette avec le papier
- Essuyer la cuvette 2<sup>ème</sup> fois avec le tissu spécial
- Mettre la cuvette dans l'appareil, et appuyer sur zéro
- Dans la même cuvette ajouter un sachet du réactif free chlorier (ou 3 gouttes du réactif free chlorier A + 3 gouttes du réactif free chlorier B)
- Taux de chlore libre s'affiche en mg/l
- Pour la détermination du chlore combiné, il est nécessaire de réaliser suivant
- $\text{Mg/l de chlore combiné} = \text{résultat B (mg/l de chlore total)} - \text{résultat A (mg/l de chlore libre)}$

➤ Détermination du TSS

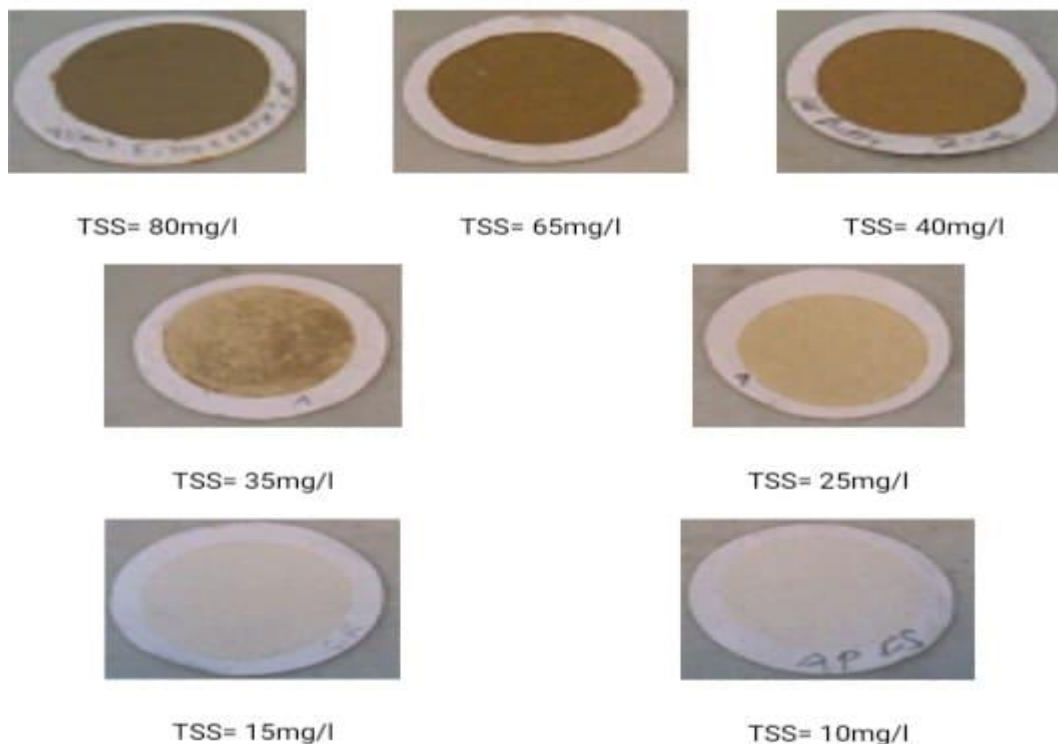
**Matériels et réactifs**

- Filtres en fibre de verre de diamètre 47mm, de type 100/PK destinée de la mesure du TSS.
- Pompe sous vide
- Etuve
- Dessiccateur

### Principe et mode opératoire

Filtre en fibre de verre 47 mm pèse 47mm et aller note P1. Nous mettons ce filtre sur la norme, puis nous avons un filtre d'échantillon de 1 ml à l'aide d'une pompe à vide pour faciliter la filtration. Après cela, le candidat est au four pendant une heure à 100°C, puis nous travaillons sur le filtre en séché pendant 30 minutes pour refroidir le filtre. À la fin du candidat et note P2

$$\text{TSS} = (\text{P2} - \text{P1}) * 1000$$



**Figure (22).** Filtres de TSS (Desaladora, 2023)

#### ➤ Détermination la totale des sels dissous TDS

#### Matériels et réactifs

- Balance analytique
- Pipette (25ml)
- Dessiccateur
- Etuve de laboratoire
- Capsule d'évaporation pompe de filtration
- Entonnoir Buchner

- Bécher
- Pissette
- Papier filtre 47 mm (filtre microfibre en verre)

**Principe et mode opératoire**

La mesure la conductivité nous donne une idée plus rapide de la concentration du sel dissous dans l'eau. Pour le mesurer, nous dépendons du mouvement du courant électrique, qui est une fonction directe de la concentration ionique de solution.

- Préchauffez le four à 180 degrés Celsius
- Homogénéiser l'échantillon avec un agitateur magnétique
- On met un filtre dans un entonnoir Buchner que l'on humidifie avec un peu d'eau pur
- Nous nommons une taille d'échantillon qui définit V
- Nous pesons et enregistrons le poids de la plaque d'évaporation vide W2
- Versez l'échantillon de filtre dans la coupelle d'évaporation
- Nous mettons la capsule et filtrons au four pendant deux heures
- Après 2 heures, nous retirons la capsule et la laissons refroidir dans la sécheuse
- Ensuite, nous pesons la capsule et enregistrons le poids W1

**1 $\mu$ S/ cm équivaut à 0,7 mg/l**

**➤ Détermination matière en suspension****Matériels et réactifs**

Dispositif de filtration sous vide ou sous pression

Une membrane filtrante



**Figure (23). Balance (Desaladora, 2023)**

- La quantité de solides en suspension dans l'eau est déterminée à l'aide de deux méthodes, qui sont les suivants
  1. Filtration sur membrane
  2. Centrifugation
- Et nous avons utilisé la méthode de filtration sur membrane

### **Principe et mode opératoire**

- L'eau a été filtrée et nous avons déterminé le poids des matières retenues par le filtre à membrane en le pesant différentielle ment
- Nous avons pré-séché la membrane à 105°C pendant une heure puis l'avons laissée refroidir
- Nous avons pesé la membrane sur une balance analytique à 0,1 mg près et avons observé Pa
- Nous posons la membrane sur l'appareil de filtration
- Nous avons marqué l'appareil d'aspiration et versé le volume d'échantillon V
- Nous laissons la membrane s'égoutter et sécher à 105°C pendant 1heure
- Nous le mettons à refroidir dans la sècheuse
- Peser à 0,1 mg près jusqu'à masse constante Pb

$$\text{MES (mg/l)} = \text{Pb-Pa} * 1000 / \text{V}$$

## Les analyses volumiques

### ➤ Dureté Calcique

#### Verrerie

- Bécher 100ml
- Pipettes de 10ml

#### Matériels

- EDTA
- D'indicateur d'acide calcique carboxylique
- Pince

#### Principe et mode opératoire

Le principe est identique à celui de la méthode de mesure titrée décrite pour la dureté le total, cependant, est que toutes les mesures nécessaires sont prises pour un examen à un pH élevé entre (12-13), auquel le magnésium a il précipite sous forme d'hydroxyde et n'interfère pas. De l'indicateur choisi, l'acide carboxylique de calcium, ne combine qu'avec le calcium pour nous un composé violet.

Nous mettons 100ml de l'échantillon dans un bécher, auquel nous ajoutons 10ml d'hydroxyde sodium 2N, et un peu d'acide carboxylique de calcium. Nous sommes à l'adresse 0,02 N EDTA jusqu'au passage du violet au bleu clair

$$\text{TH cal} = V \cdot 10 (\text{ppm})$$

V : volume de l' EDTA titré.

### ➤ Titre hydrométrique (dureté totale) TH

#### Verrerie

- Bécher 50 ml
- Pipettes de 5ml

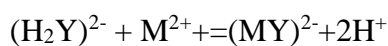
#### Matériels

- Agitateur
- Pince
- D'indicateur éricoïde noir T

- Solution tampon
- EDTA

### Principe et mode opératoire

Cette méthode nous permet de vérifier rapidement les ions calcium et magnésium, avec quelques précautions, et convient à la plupart des types d'eau. Un alcalin dans l'eau doit former un complexe de type chélate par le sel de césium de l'acide éthylène diamine tétra métrique (EDTA) à pH 10. La disparition de ces dernières traces d'éléments libres au dosage dans un tampon approprié en présence de catéchine, forme l'EDTA. Contenant des complexes le cation de la molécule, d'EDTA selon la réaction.



### Complexe EDTA cation

Nous avons 50 ml de l'eau à analyser dans un bécher et y avons ajouté 5 ml de la solution tampon à Ph=10 et un peu d'indicateur artériel noir T. la solution vire au rouge Foncé ou violet, le pH doit être de 10. En gardant agité, nous avons échantillonnée la solution EDTA de 0,02N jusqu'à ce qu'il vire au bleu. La solidité qu'il donne à l'expression.

$$TH = V * 20(\text{ppm})$$

V : volume de l'EDTA titré

### But

Cette étape nous permet de doser les ions calcium et magnésium ( $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ) présents dans l'eau, en formant des complexes avec une solution de titrage du sel Alkize de l'éthylène diamine tétra Akita (EDTA) de la région



**Figure (24). La titration (dureté totale et dureté calceque) (Desaladora, 2023)**

➤ **Détermination du TA**

Nous prenons 50 ml de l'échantillon (non dilué) et y ajoutons 0,1 ml de phénolphtaléine à 1% (2 à 3 gouttes). Si la réaction précédente nous donne une couleur rose, nous effectuons l'évaluation volumétrique de l'échantillon avec de l'acide sulfurique (0 ; 002N). Le point final de l'évaluation coïncide avec un Ph de 8 ,3 Après cela, nous évaluons la quantité d'acide consommée (volume 1).

$$TA= V*2 \text{ (ppm)}$$

V : volume d' H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> titré

➤ **Détermination du TAC**

Tout en gardant l'échantillon le même, ajouter 0,1 ml (2-3 gouttes) de la solution indicateur vert mixte bromocrésol- rouge de méthyle que l'on prélève l'échantillon couleur bleu. Puis on effectue le titrage avec de l'acide sulfurique (0,002N) jusqu'à la couleur passe du bleu au vert clair (à quel point il devrait être pH=4,5). Nous enregistrons le volume d'acide sulfurique consommé dans cette deuxième étape, Volume 2).

$$TAC= V*2 \text{ (ppm)}$$

V: volume d' H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> titre.

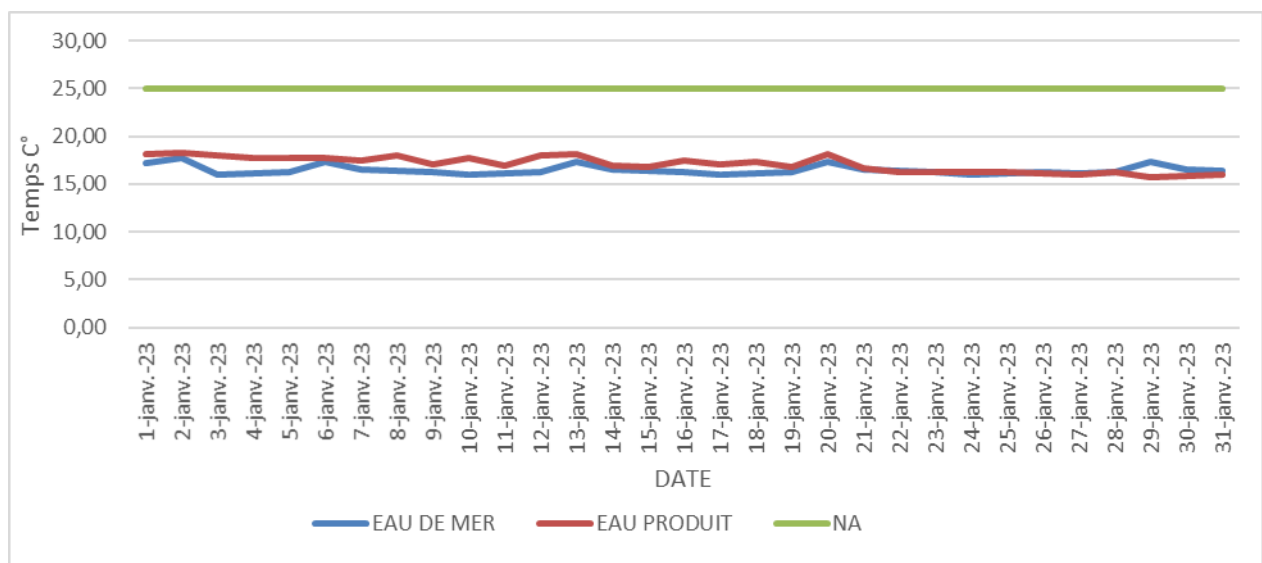
## Résultats Et discussion

### 1. Analyse physico-chimique

#### 1.1. Qualité de l' eau produite

- **Température**

La température est une caractéristique importante dans les normes environnementales, les résultats d'un période d'un mois de stage ont montré que la température de l'eau de mer variait entre (17,80 C° et 16,10C°), et l'eau produite variait entre (16,10C°et 18,10C°). on peut donc dire que ces valeurs sont acceptables et ne dépasse pas les normes algériennes d'eau potable de (25C°).



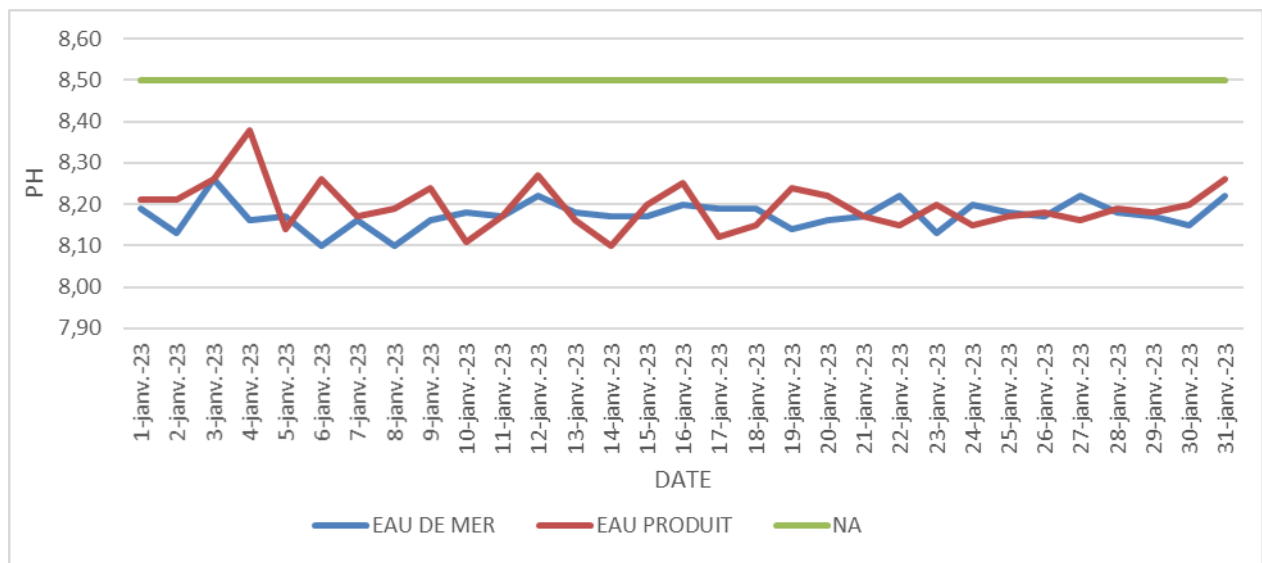
**Figure (25). Comparaison de l'évolution de la température en fonction du temps du avec la norme algérienne.**

- **Le potentiel d' hydrogène pH**

Les électrodes d'hydrogène, appelées pH, sont utilisées pour mesurer la concentration des ions  $H^+$  qui révèlent l'acidité ou l'alcalinité de l'eau. Les résultats d'un période d'un mois de stage ont montré que le pH de l'eau de mer variait entre 8,10et 8,26, tandis que celui de l'eau produite se situait entre (8,10 et8, 38). Ces valeurs sont presque constantes et ne dépassent pas les normes algériennes pour l'eau potable, fixées à(8,50).

Après passage de l'eau de mer à travers les filtres à cartouche, on observe une diminution de l'acidité de l'eau due à l'ajout d'acide sulfurique par la pompe dans l'unité d'osmose inverse. Cette dernière agit en précipitant les carbonates de calcium, régulant ainsi leur dépôt et apportant le pH

Optimal de la membrane à l'eau, de manière à correspondre au pH à cette étape du fonctionnement des membranes.

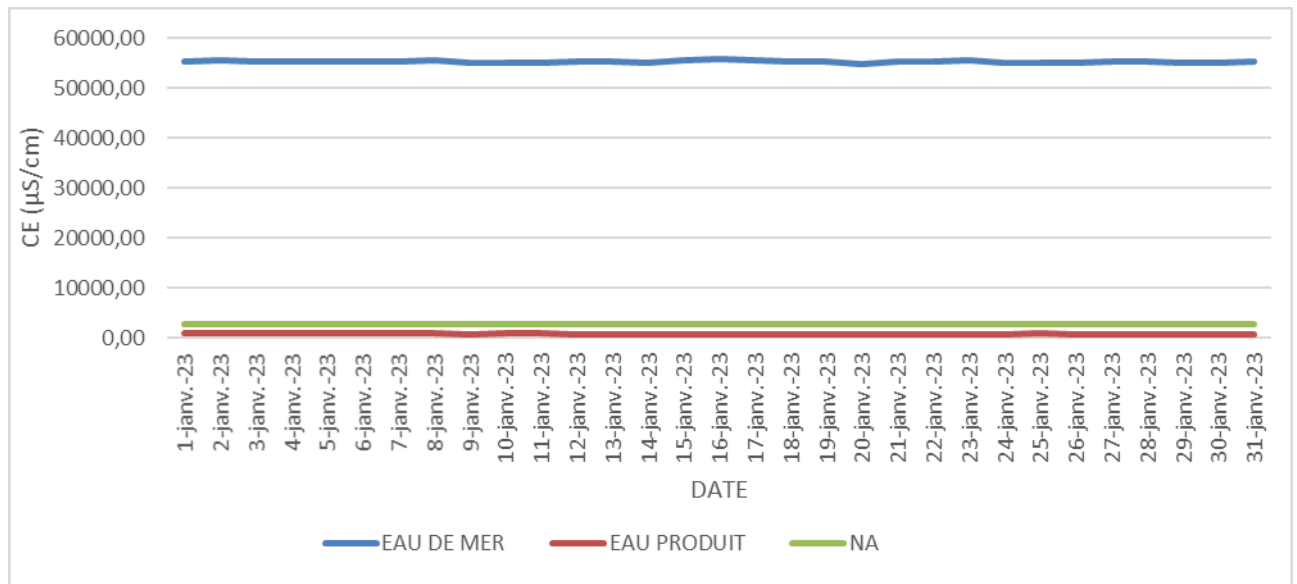


**Figure (26).** Comparaison de l'évolution du pH en fonction du temps avec la norme algérienne

- **Conductivité électrique**

La conductivité électrique traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique, la mesure de ce paramètre permet donc d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau. Les résultats d'une période d'un mois de stage ont montré que la valeur de la conductivité électrique des eaux de mer variait entre ( $54,800\mu\text{S}/\text{cm}$  et  $55,500\mu\text{S}/\text{cm}$ ). En ce qui concerne les eaux produites, elles ont varié entre ( $999\mu\text{S}/\text{cm}$  et  $319\mu\text{S}/\text{cm}$ ), et ne dépassant pas les normes algériennes pour l'eau potable, qui sont estimées à ( $1000\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

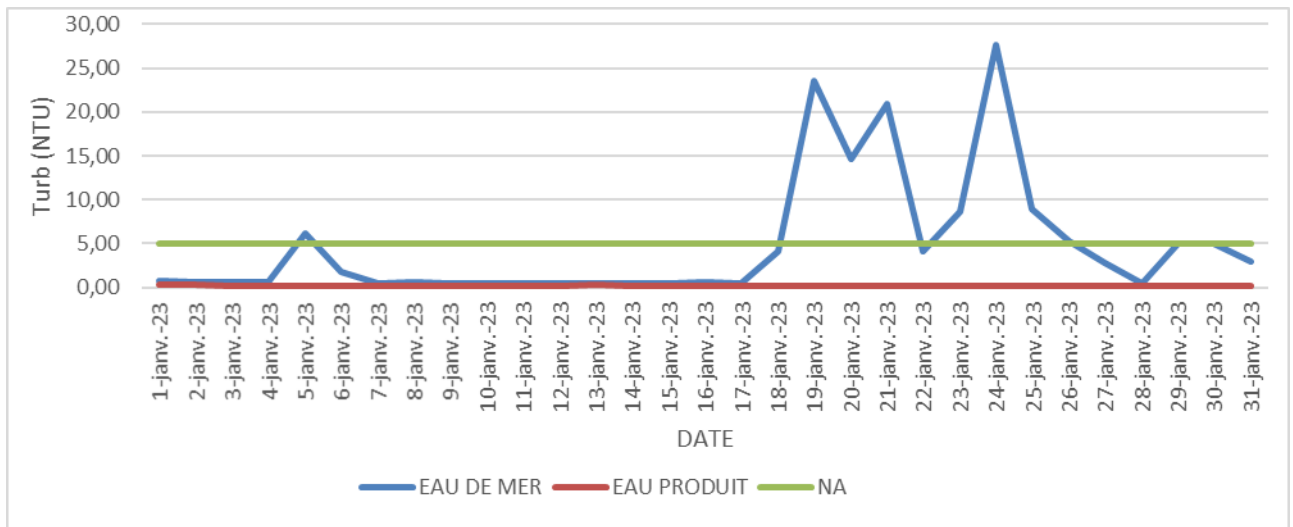
La conductivité est influencée par la présence d'ions mobiles dans un champ électrique, qui dépendent de la concentration d'ions dissous tels que les ions calcium ( $\text{Ca}^{+2}$ ), sodium ( $\text{Na}^{+}$ ), bicarbonates ( $\text{HCO}^{3-}$ ), chlorures ( $\text{Cl}^{-}$ ), etc. Ainsi, La Conductivité électrique augmente avec la concentration des ions dans la solution et la température.



**Figure (27). Comparaison de l'évolution de la conductivité en fonction du temps avec la norme algérienne.**

- **Turbidité**

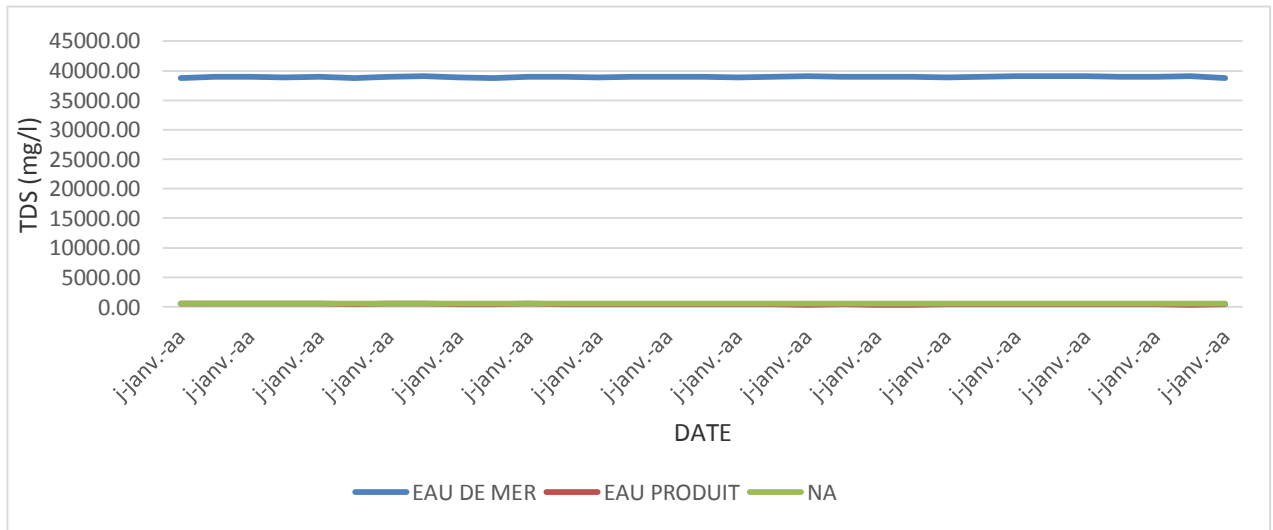
La turbidité est une caractéristique optique de l'eau. Et les résultats d'un période d'un mois de stage ont montré que la turbidité de l'eau de mer augmente pendant ce mois, qui est le mois de janvier, se situant entre (0,40NTU et 27,60NTU) au maximum. Cette augmentation est partiellement due aux conditions climatiques. En ce qui concerne l'eau produite, sa turbidité varie entre (0,10NTU et 0,25NTU), ce qui est faible par rapport aux normes algériennes de l'eau potable, estimées à (1NTU). En réalité, la turbidité est directement liée à la quantité de pluie tombée.



**Figure (28). Comparaison de l'évolution de la turbidité en fonction du temps avec la norme algérienne.**

- **Solides dissous totaux ou salinité TDS**

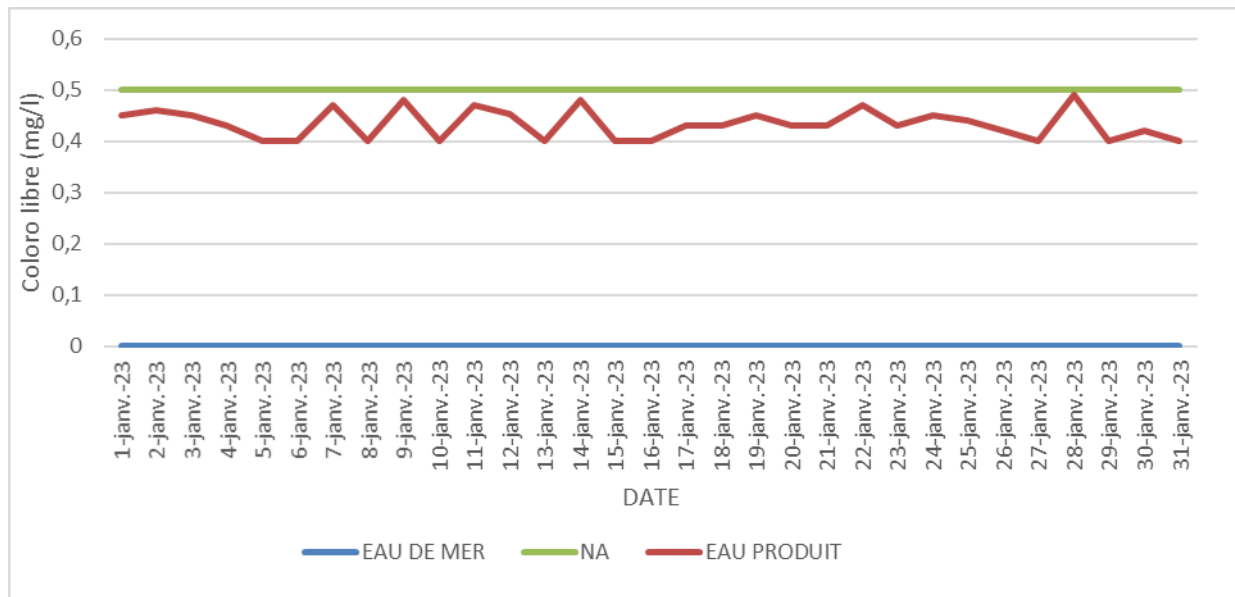
Les résultats d'une période d'un mois de stage ont montré que la quantité de matières solides dissoutes dans l'eau de mer est faible, variant entre (38,7800mg/l et 39,0600mg/l), ce qui est inférieur aux normes algériennes. En ce qui concerne l'eau produite, la quantité de matières solides dissoutes variait entre (319mg/l et 592mg/l), dépassant ainsi les normes algériennes pour l'eau potable fixées à (500mg/l). La concentration totale des matières solides dissoutes représente la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau, comprenant des sels ainsi que certaines substances organiques et inorganiques après traitement. Elle augmente avec la présence de produits chimiques qui se forment naturellement avec les sels inorganiques.



**Figure (29). Comparaison de l'évolution de la TDS en fonction du temps avec la norme algérienne**

- **Chlore libre**

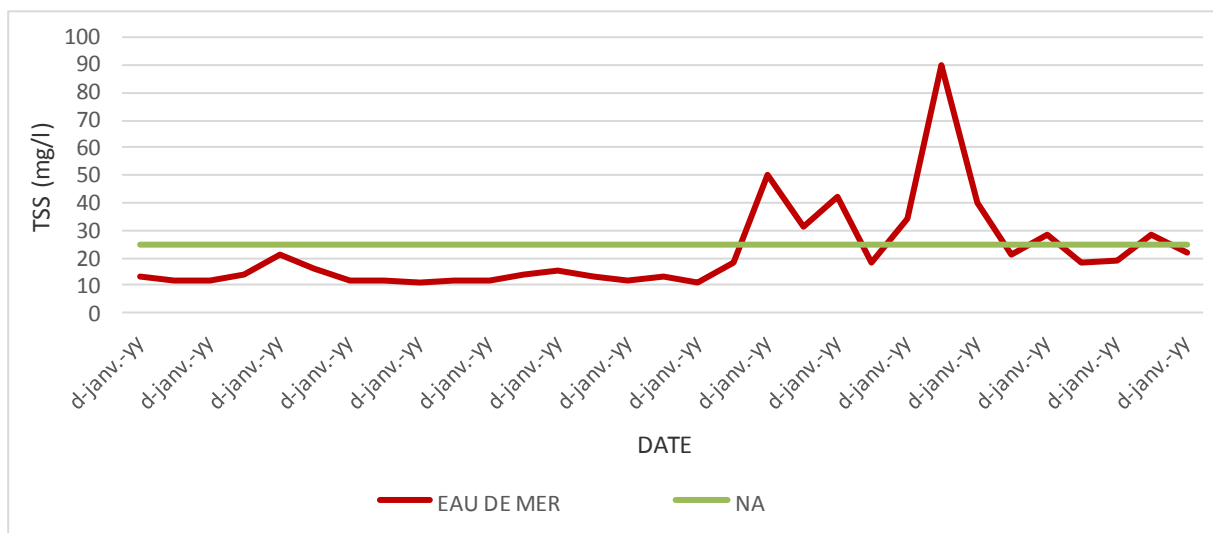
Le chlore est l'un des réactifs le plus utilisé lors de la désinfection. Les résultats d'un période d'un mois de stage ont montré que la concentration de chlore libre dans l'eau de mer était nulle, atteignant une valeur de (0mg/l). cette valeur est très basse par rapport aux normes algériennes. En ce qui concerne l'eau traitée, la concentration de chlore libre variait entre (0.40 mg/l et 0.49mg/l), ce qui est conforme aux normes algériennes fixées à (0.50mg/l). Cette légère augmentation dépend du produit de traitement utilisé.



**Figure (30). Comparaison de l'évolution du chlore libre en fonction du temps avec la norme algérienne.**

- **Total des solides en suspension TSS**

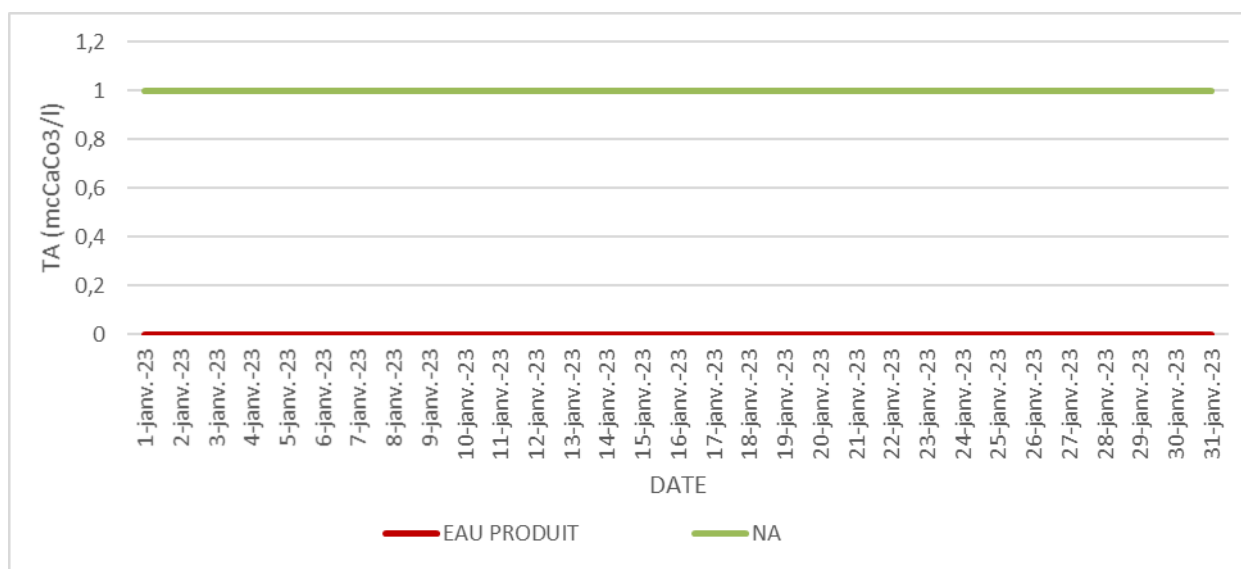
On remarque une élimination totale des solides en suspension avant l'étape de l'osmose inverse. Les résultats d'une période d'un mois de stage ont montré que la TSS des eaux de mer variait entre (11 NTU et 90NTU), dépassant ainsi les normes algériennes fixées (25NTU). La raison de cette augmentation en janvier, qui a dépassé les normes algériennes, est due en partie aux conditions climatiques, car la turbidité est directement liée à la quantité de précipitations, et les rejet d'oued Safsaf



**Figure (31). Comparaison entre l'évolution du TSS de l'eau de mer en fonction du temps avec la norme algérienne.**

- **Alcalinité**
  - **Titre alcalimétrique TA**

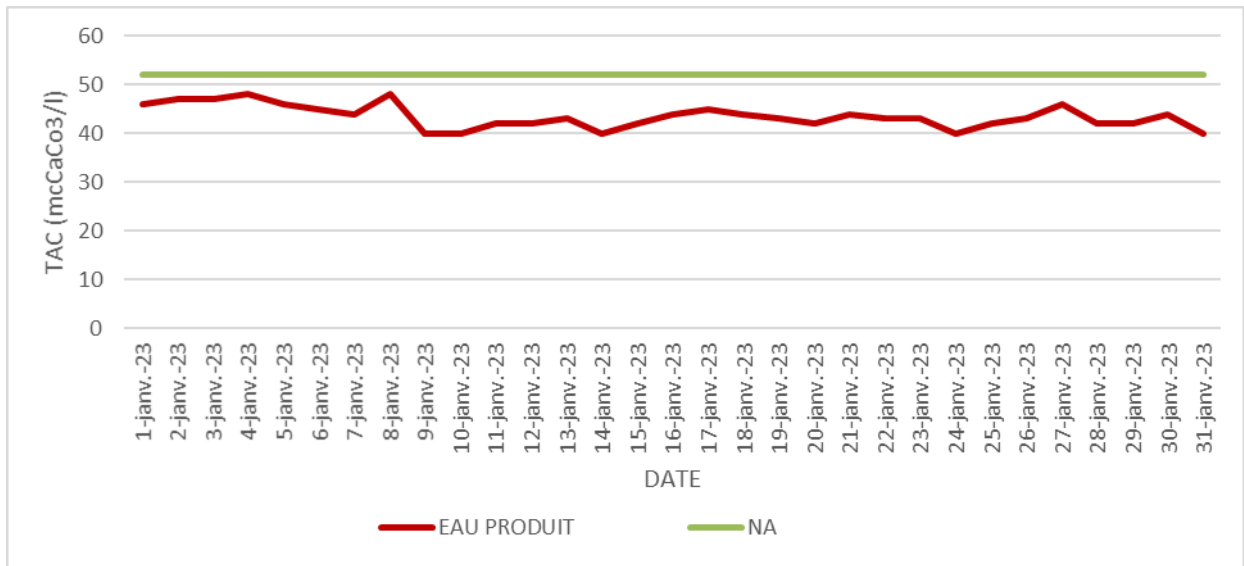
Les résultats montrent que titre alcalimétrique de l'eau produites dans période d'un mois de stage constant à une valeur de (0) et cette valeurs ne dépassent pas les normes algériennes pour l'eau potable entre (0 et 1).



**Figure (32). Comparaison de l'évolution du TA en fonction du temps avec la norme algérienne**

- Titre alcalimétrique complet TAC

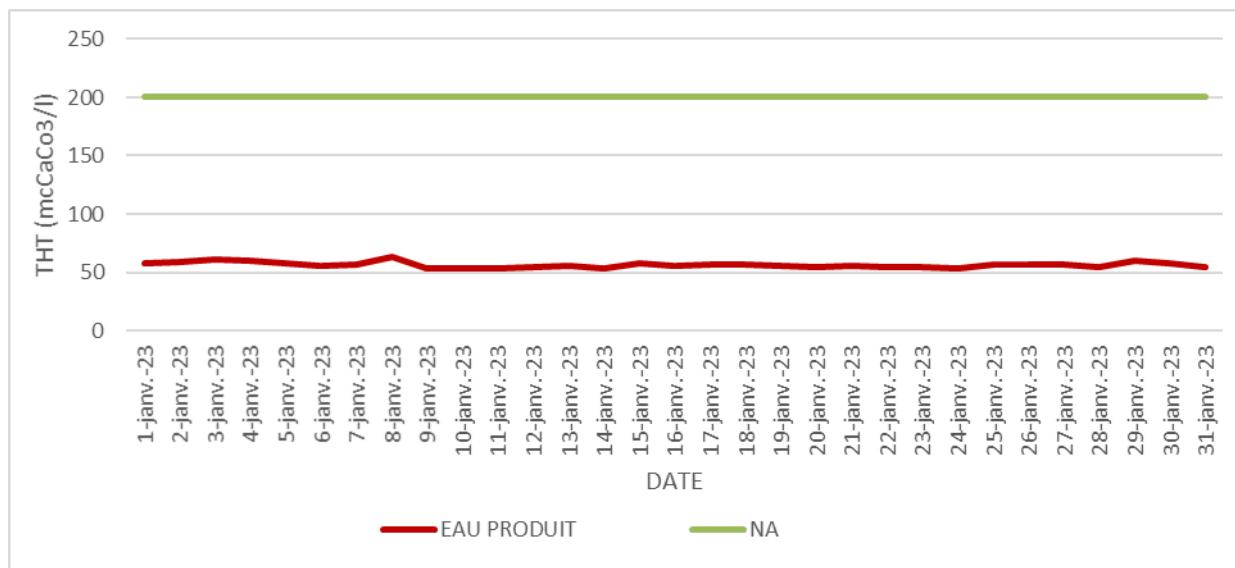
Les résultats montrent que titre alcalimétrique de l'eau produites dans période d'un mois de stage variait entre (42 et 48 mgCaCO<sub>3</sub>/l). ces valeurs ne dépassent pas les normes algériennes d'eau potable et estimées (53 mgCaCO<sub>3</sub>/l).



**Figure (33). Comparaison de l'évolution du TAC en fonction du temps avec la norme algérienne.**

- La dureté totale (THT)

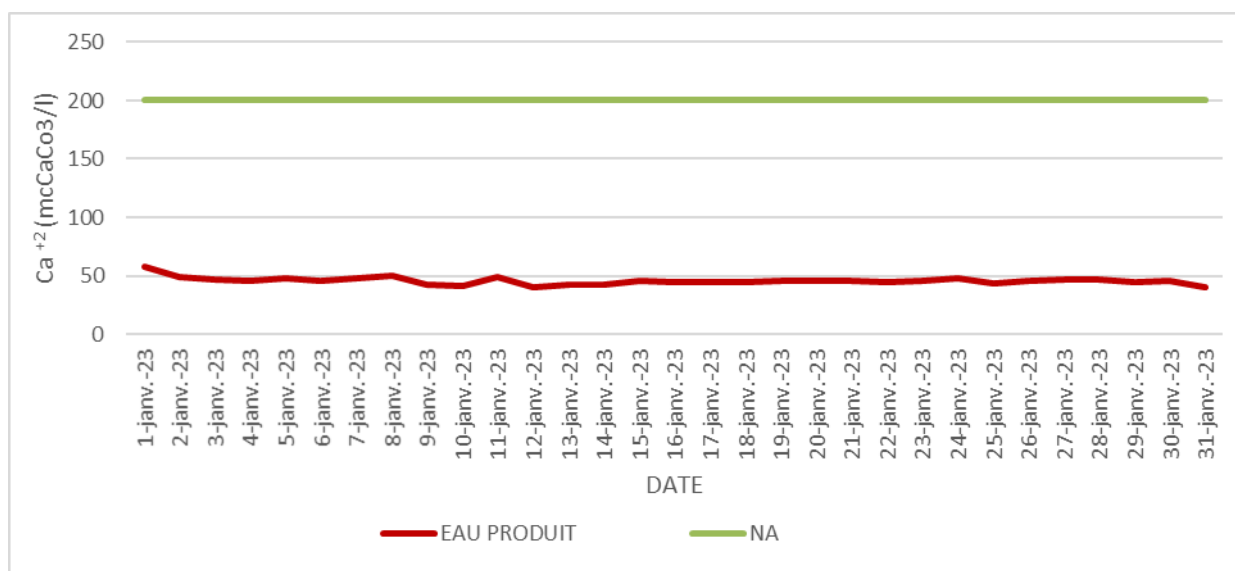
Lorsque nous abordons le sujet de la dureté totale (THT), nous parlons de sa composition, qui est constituée des minéraux essentiels pour l'organisme humain. Les résultats d'un période d'un mois de stage ont montré que la dureté totale (THT) de l'eau produite pendant une période d'un mois d'entraînement variait entre (53 et 61 mgCaCO<sub>3</sub>/l), ces valeurs ne dépassant pas les normes algériennes pour l'eau potable, qui sont estimées à (200 mgCaCO<sub>3</sub>/l).



**Figure (34). Comparaison de l'évolution du THT en fonction du temps avec la norme algérienne**

- **La dureté calcique (Ca<sup>2+</sup>)**

Les résultats montrent que dureté calcique de l'eau produites dans période d'un mois de stage variait entre (41et 58). Ces valeurs ne dépassent pas les normes algériennes d'eau potable et estimées (200).

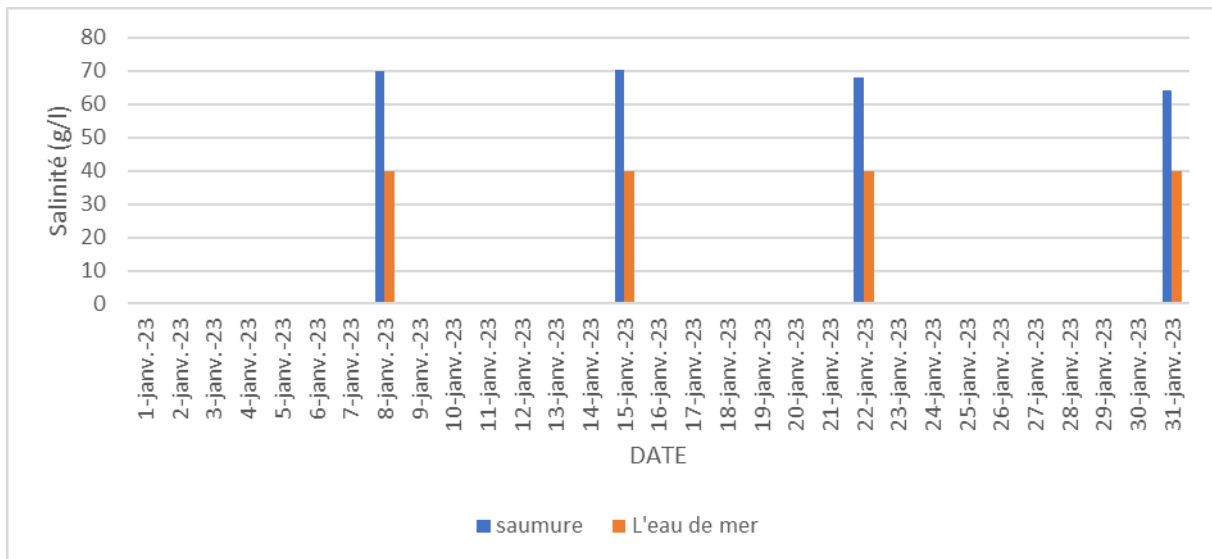


**Figure (35). Comparaison de l'évolution du Ca<sup>2+</sup> en fonction du temps avec la norme algérienne**

## 1.2. Qualité physico-chimique de l'eau rejetée (saumure)

- La salinité

Les résultats d'une période d'un mois de stage ont montré que la saumure est élevée entre (64mg/l et 70,50 mg/l). Ces valeurs dépassent la norme de salinité de la mer méditerranéenne, qui varie entre (38,4 et 41,2). Par conséquent, le traitement des eaux rejets avant leur rejet dans la mer est obligatoire.



**Figure ( 36). Comparaison de l'évolution de la salinité de la saumure en fonction du temps avec la salinité de l'eau de mer.**

- Température

Les résultats d'une période d'un mois de stage ont révélé que la température de la solution saumure est basse, variant entre (19C° et 20C°). Ces valeurs ne dépassent pas les normes de rejet algériennes qui sont estimées à (30C°). Par conséquent, l'exploitation de la station doit respecter les normes en ce qui concerne le rejet des liquides dans l'environnement naturel, et la température doit être surveillée avant le rejet.

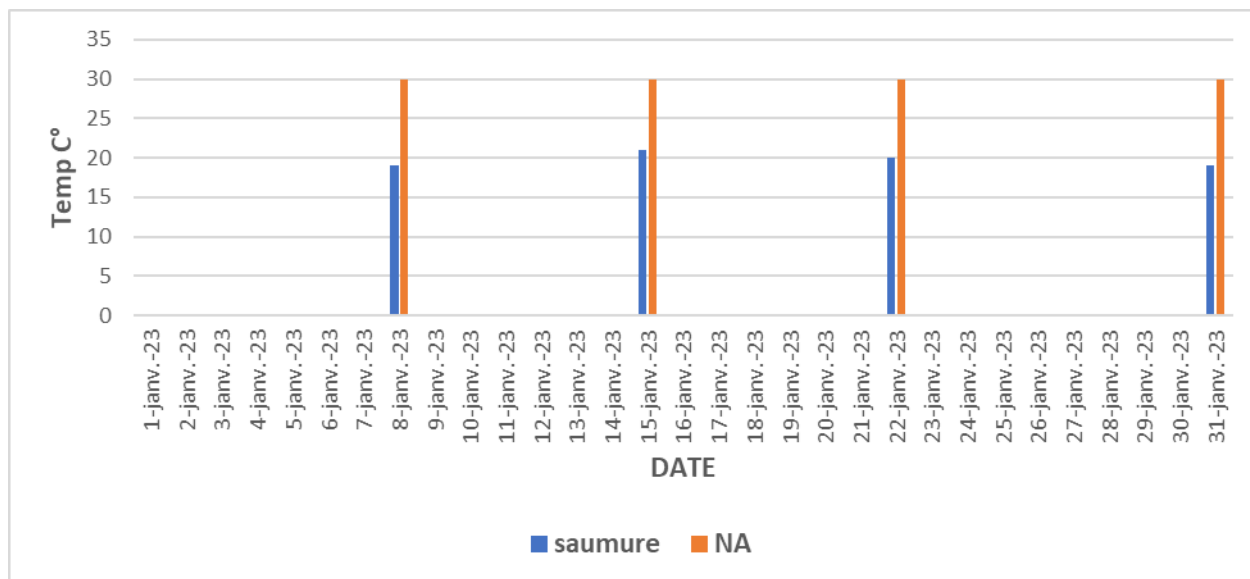


Figure (37). Comparaison de l'évolution de la température de la saumure en fonction du temps avec la norme algérienne.

- Potentiel d'hydrogène pH

Le pH d'une eau naturelle dépend de l'origine de celle-ci et de la nature des terrains traversés. Les résultats d'une période d'un mois de stage ont montré que les potentialités de l'eau dans la station saumure étaient élevées, variaient entre (9,15 et 9,30). Ces valeurs dépassent les normes de rejet algériennes, estimées à (8,5).

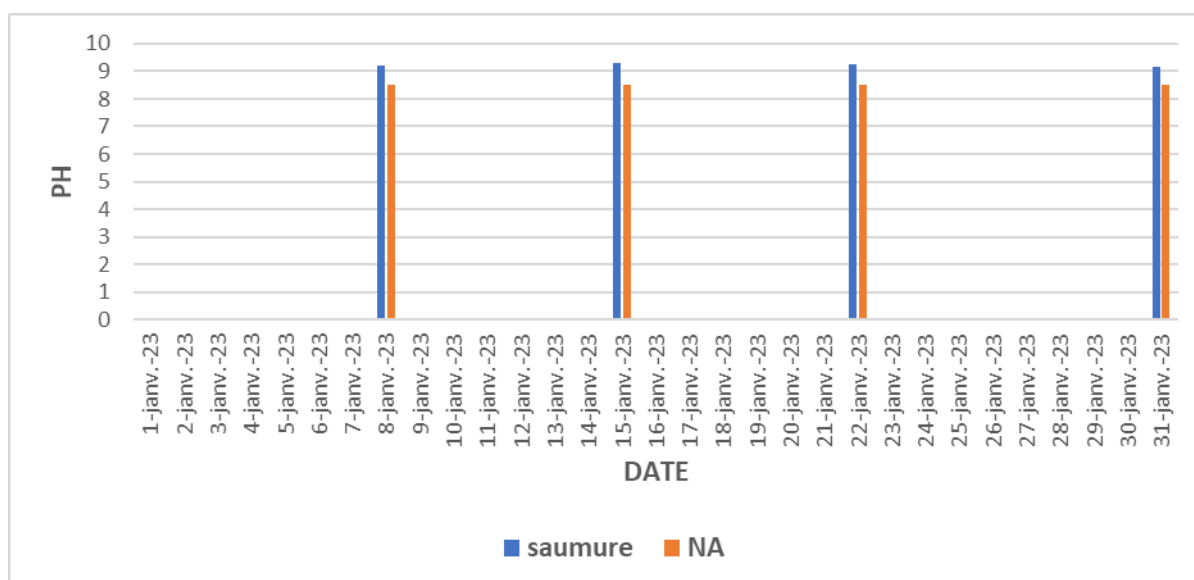
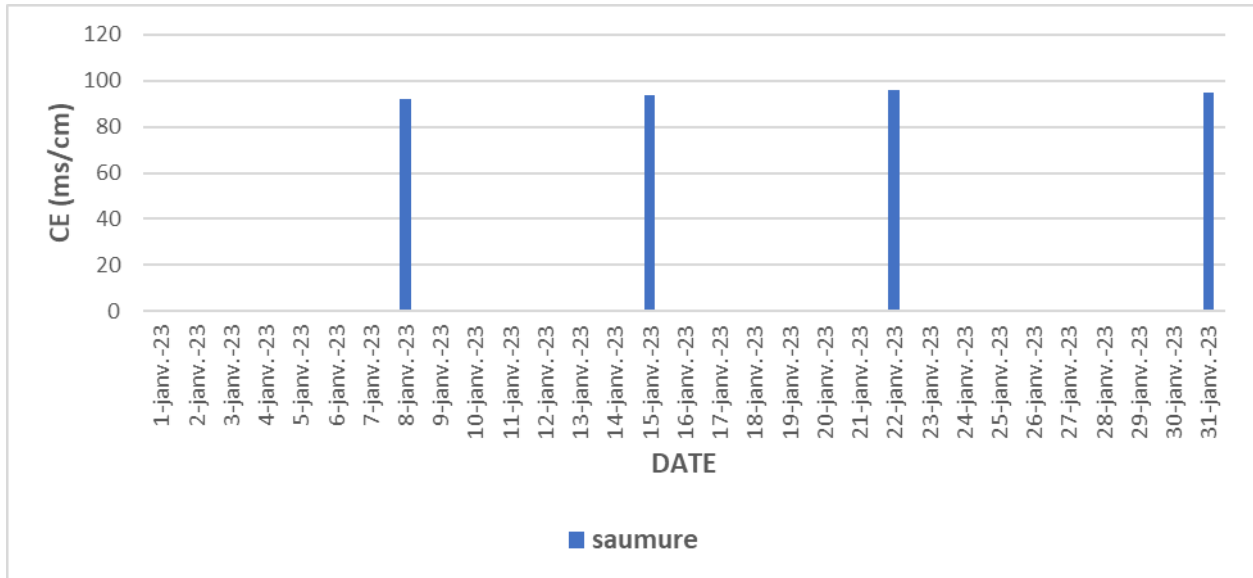


Figure (38). Comparaison de l'évolution du pH de la saumure en fonction du temps avec la norme algérienne.

- **Conductivité électrique (CE)**

Les résultats d'une période d'un mois de stage ont montré que la conductivité électrique de la solution saumure variait entre (92ms/cm et 96ms/cm). Ces valeurs ne dépassent pas les normes algériennes pour les eaux rejet.



**Figure (39). L'évolution de la CE de la saumure en fonction du temps**

- **Matière en suspension (MES)**

Les résultats d'une période d'un mois de stage ont montré que les valeurs des matières en suspension de la saumure ont varié entre (0,3mg/l et 0,5mg/l). Ces valeurs ne dépassent pas les normes algériennes de rejet des liquides dans l'environnement naturel, qui sont estimées à (30mg/l).

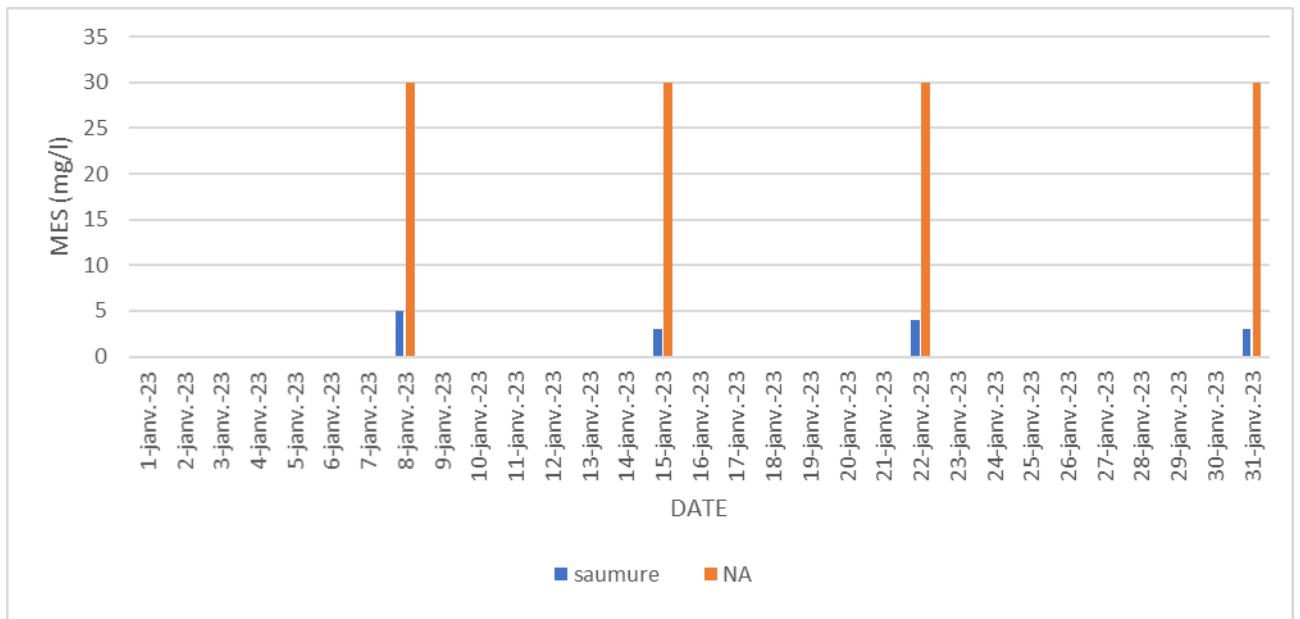


Figure (40). Comparaison de l'évolution de la matière en suspension de la saumure en fonction du temps avec la norme algérienne.

• Turbidité

Les résultats d'une période d'un mois de stage ont montré que la turbidité de l'eau de mer la saumure variait entre (0,13NTU et 0,25NTU) et ces valeurs ne dépassant pas les normes algériennes en matière de rejets liquide, estimée à (0,50 NTU).

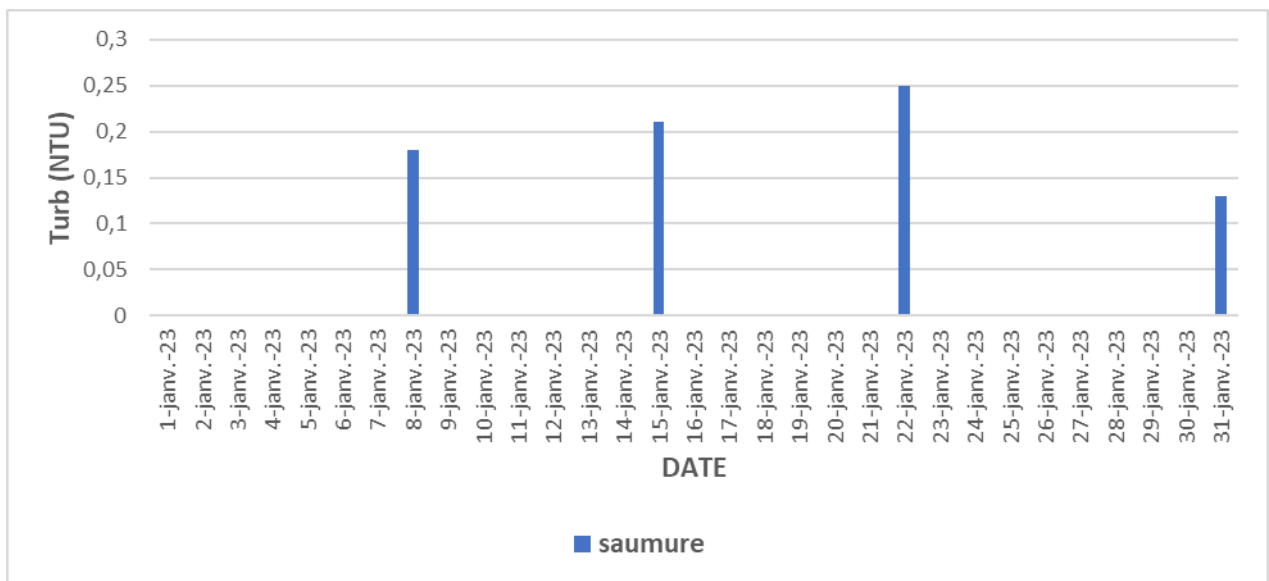
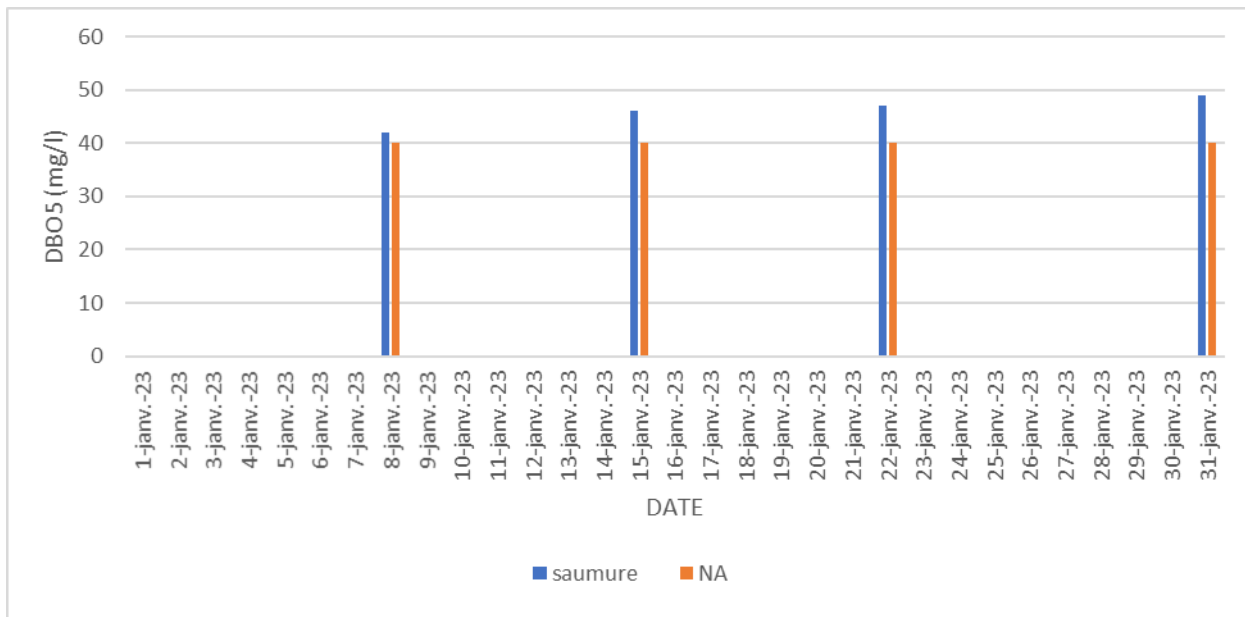
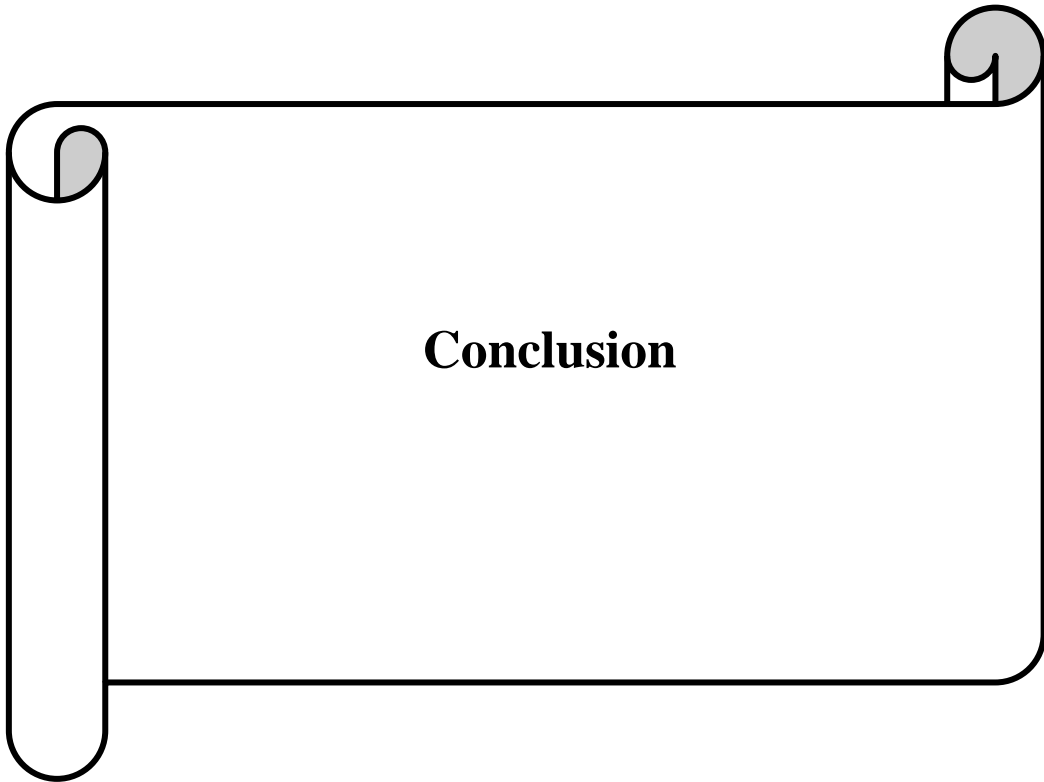


Figure (41). L'évolution de la turbidité de la saumure en fonction du temps.





**Figure (43). Comparaison d'évolution de DBO5 de la saumure en fonction du temps avec la norme algérienne.**



**Conclusion**

## Conclusion Générale

---

### Conclusion

Le dessalement revêt une importance cruciale pour l'avenir des régions confrontées à des pénuries d'eau. Il s'agit d'une méthode prometteuse pour résoudre les problèmes d'approvisionnement en eau douce. Elle permet une utilisation et une gestion économes des ressources en eau, ainsi que la mise en œuvre de moyens appropriés pour faciliter l'accès à l'eau potable.

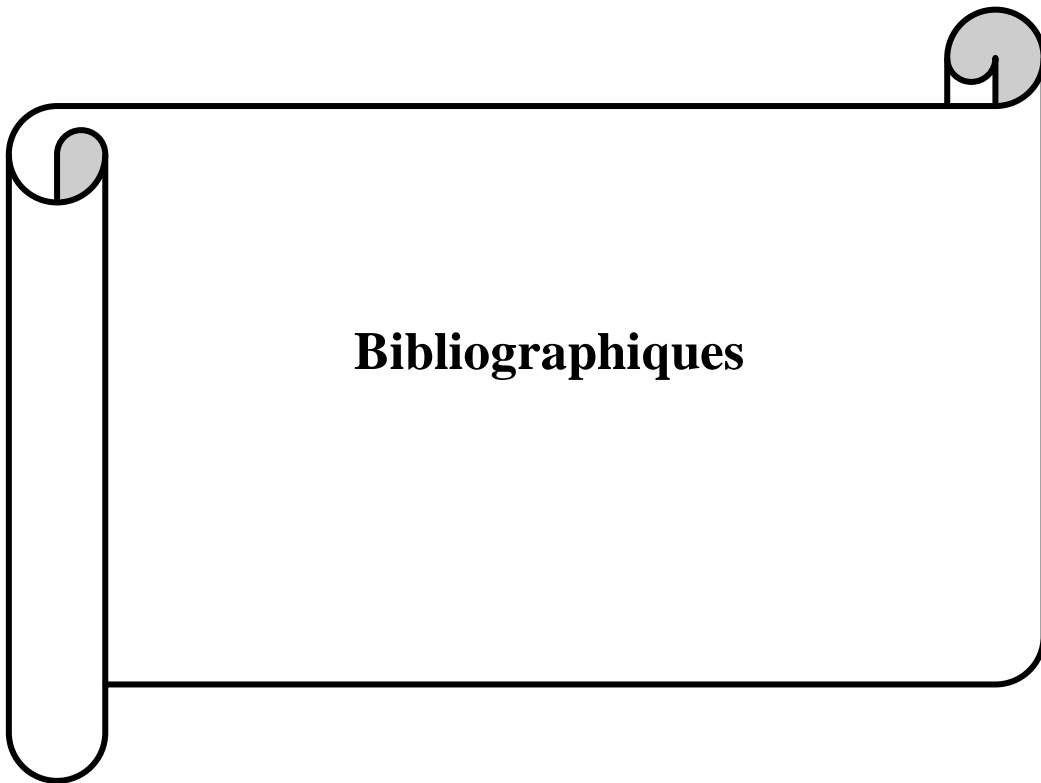
Le procédé de dessalement de l'eau de mer par osmose inverse a connu un développement considérable et présente de nombreux avantages. Du point de vue environnemental, il fonctionne à basse température, prévenant ainsi toute pollution thermique. Sur le plan énergétique, ce procédé utilise principalement de l'énergie électrique, ce qui le rend relativement simple et plus performant, avec un taux de récupération d'énergie du concentra de 95%.

Au sein de la station de dessalement, les étapes de prétraitement utilisées garantissent un bon entretien de l'équipement, ce qui permet de produire une eau douce de qualité.

Cette étude vise à contribuer à l'analyse des impacts du dessalement de l'eau de mer sur l'environnement, en examinant l'évolution de la qualité de l'eau brute au moyen d'analyses physiques effectuées au laboratoire de la station de Skikda, ainsi que l'influence de la qualité des rejets sur l'environnement.

La saumure, qui est le liquide rejeté par la station, présente une salinité beaucoup plus élevée que l'eau de mer, constituant ainsi le principal inconvénient du dessalement. Cela entraîne l'extinction et la mortalité des poissons, ainsi qu'une influence sur la qualité de l'eau due aux eaux polluées mélangées dans la mer. Par conséquent, ces eaux ne doivent pas être rejetées dans la mer sans avoir été neutralisées afin de réduire au minimum leur impact sur l'environnement.

La saumure, en tant que principal rejet, est traitée à l'aide d'un système de diffuseurs placés à une distance de 1200 mètres du point de prélèvement, ce qui permet sa dilution avec l'eau de mer.



**Bibliographiques**

## Bibliographiques

---

### Références bibliographiques

[1] **Fathalli .B, 2011.** Influence des paramètres opératoires sur la performance d'un système de dessalement par osmose inverse école national des ingénieurs de Tunis ; Master professionnel source alternatives en eau.

[2] Eau, Energie, Environnement ; SYMBIOSE ; N° :22 ; Oct-Nov-Dec 2005/ISSN : 1111-4851.

[3] Viviane Renaudin, « le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres », CNRS, Nancy, 2003.

[4] **Moussea.F,** Article URL<http://eau.apinc.org/spip.php?article510>, Libération du 8 Aout, 2007.

[5] **Mandr.Y,** « Etude paramétrique du procédé de dessalement de l'eau de mer par congélation sur paroi froide : Alimentation et Nutrition », Université Claude Bernard- Lyon I, Français, 2011.

[6] **Cherif ,2012.** « L'influence de la coagulation-floculation et décantation sur le prétraitement des eaux saumâtre ». Mémoire de projet de fin d'étude pour de Diplôme de Master en Hydraulique. Université Aboubakr Belkaid, Tlemcen.

[7] <http://www.cieau.com/tout-sur-l-eau/>

[8]<http://www.technique-ingenieur.fr/base-documentaire/environnement-securite-th5/eauproprites-qualite-valeurs-d-usage-4256210/caracteristiques-et-proprietes-des-eaux-w110/>

[9] **Roidies.J, 1996.** « Analyses des eaux naturelles eau résiduaires et eaux naturels ». Paris : la Découverte. 31p.

[10] Iver Duedall, Notes de cours-Océanographie, Florida Institute of Technology.

[11] **Henri. L, Kamel.F,** Dessalement de l'eau de mer et des saumâtres par osmose inverse, Middle East Desalination Research Centere en collaboration avec l'université Saad Dahlab de Blida, Algérie, Janvier 2008.

## Bibliographiques

---

- [12] **Le Calve. O**, propriétés physiques du Milieu Marin, Institut des Sciences de l'ingénieur de Toulon et du var, France, 40p, mai 2002.
- [13] **Valliron.F**, « Gestion des eaux : alimentation en eau d'assainissement », presses de l'école national des ponts et chaussés, paris, 1989.
- [14] **Maurel. A, 2006**. « Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres ». 2<sup>ème</sup> édition, paris, Ed. Tec &Doc-Lavoisier. 286p.
- [15] **Bushnak.A**, « évaluation des meilleures technologies disponibles pour le dessalement en zones rurales/locales », version 2, projet financé par l'Union européenne.
- [16] **Berroudja. K**, Contribution à l'étude de l'évolution des qualités physico-chimiques et microbiologique de l'eau de robinet du centre-ville de chlef. Mémoire d'ingénieur, 2003
- [17] **Dunglas. J**, 2014, le dessalement de l'eau de mer, une nouvelle méthode pour accroître la ressource eau, groupe eau. Académie d'agriculture de France.
- [18] **Helal. A, M, 2004**. Optimal design of hybrid RO, MSF desalination plant, Desalination 160, 13-27
- [19] **karagiannis.I, C, Soldatos. P, G, 2008**. Water desalination cost literature: review and assessments, Desalination, 223, 448-456.
- [20] **Oussedik. (2001)**. Déminéralisation de l'eau saumâtre du forage Albien Ain Sahara pour l'alimentation en eau potable de la ville de Touggourt. Elsevier. Désamination. 137 :103-111.
- [21] **Hector. R, H, 2006** Supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable, Thèse de Doctorat. Institut national de sciences appliquées de Toulouse, 2006.
- [22] **Binnie. E, A, (2002)**. <http://www.Lenntech.fr/bibliothèque/osmose-inverse/osmose-inverse-définition>.
- [23] **Aimar. P, Bachin. P, Maurel. A, (2010)**. Filtration membranaire (OI, NF, UF, MFT) Techniques de l'ingénieur. J 2 789.
- [24] Ministère des ressources en eaux et de l'environnement Algérienne des eaux.

## Bibliographiques

---

- [25] **Bensalem. M**, 2012 . « Impact des stations de dessalement de l'eau de mer sur le littoral cas de la station Souk Thatta » ; projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master en Ecologie et environnement, Université Abou Belkaid, Tlemcen.
- [26] **Alpha.S, M**, Qualité organoleptique de l'eau de consommation produit et distribuée par l'EDMSA dans la ville de Bamako, Thèse de doctorat en pharmaci, université de Bamako, 2005.
- [27] **Monique. H**, Les eaux naturelles et les eaux de consommation, Saint Laurent, 1991.
- [28] **Savary. P**, Guide des analyses de la qualité de l'eau, territorial éditions, pp75-115, 2010.
- [29] **Hamed.M, Guettache. A, et Bouamer.L**, « Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage ». Mémoire d'ingénieur d'état en Biologie. Université de Bechar, 2020.
- [30] **Rodier.J**, « L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer », 8<sup>ème</sup> éd. Ed. DUNOD, Paris, 1996.
- [31] **Rejsek.M**, « Analyse des eaux, aspect réglementaire et technique », série science et technique de l'environnement, Paris, 2002.
- [32] **Gaujour. D**, « la pollution des milieux aquatiques : Aide- mémoire » 2<sup>ème</sup> édition : Lavoisier, p 49, 1995.
- [33] **Atallah.A**, précédé de dessalement et qualité physico-chimique de l'eau dessalé de la station. HONAINÉ. Mémoire de fin d'étude, Master, Université Abou Berk Belkaid Tlemcen, 99 pages, 2014.
- [34] Laboratoire départemental d' analyses, Analyses physico-chimiques des eaux, sur le site Internet [ida.lozere.fr](http://Ida.lozere.fr) uploada<<http://Ida.lozere.fr>>.
- [35] **Tahar, A, Chebki. M**, Etude de performances de fonctionnement d'un ouvrage hydraulique : Cas de la station de dessalement d'eau de Chatt El Hilal de Beni Saf. Mémoire de fin d'étude, Master, université Aboubakr Belkaid Tlemcen, 12,13 pages, 2020.

## Bibliographiques

---

[36] **Gasmi. W, Refice. M**, Caractéristiques physico-chimiques de l'eau Potable de la région de M'sila (Dréat, Souama, Newar). Mémoire de fin d'étude, Master, Université MOHAMED BOUDIAF - M'SILA, 10, 11,13 pages, 2020.

[37]. Canada.ca, Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique – le chlore, Sur le site Interne <https://www.canada.ca/fr.html>

[38] **Abberton. C, L, Bereschenko. L, Van Der Wielen. P, W, J, J et Smith. C, J**, Survival, biofilm formation, and growth potential of environmental and enteric Escherichia coli strains in drinking water microcosms. Apple Environ Microbial 82:5320–5331. Doi: 10.1128/AEM.01569-16, 2016.

[39] **Delarras. C**, Pratique en microbiologie de laboratoire. 1er Ed Lavoisier. Paris. ISBN : 978-2-7430-1565-7. Pp234-652, 2014.

[40] **Ouachita.C, Hamadi-cherghi, F, F, Hamed.M, S, Saidi.F**, Qualité bactériologique de l'eau potable des différents réservoirs et chez les consommateurs de la commune de Tipaza alimentés par la station de sidi Amar à partir de l'eau de surface du lac-barrage de boukourdane. Larhyss Journal. ISSN 1112-3680. n°23. Pp 139-154. ONM.2018. «Office National de Météorologique». Stati, 2015.

[41] eau rance, spores de clostridium sulfite-réducteurs, sur le site interne <https://www.eaufrance.fr/>.

[42] **Chelli.M, Chetibi. N, E**, Etude physico-chimique et bactériologique de l'eau potable de la ville de Jijel alimentée par la station kissir. Mémoire de fin d'études, Master, Université Med –Seddiki Benyahia – Jijel, 5, 7 page, 2018.

[43] **Larbi.N, E, E, Saadaoui. S**, impact environnement de la station de Dessalement de l'eau de mer de Sonachter (wilaya de Mostaganem). Mémoire de fin d'études, Master, UNIVERSITE ABDEL-HAMID IBN BADIS DE MOSTAGANEM, 23 pages, 2019.

[44] Département de Maine-et-Loire, MATIÈRES AZOTÉES (HORS NITRATES), Sur le site Interne <https://www.maine-et-loire.fr/le>

[45] Document des stations de dessalement, « Etude sur les rejets et les produits du processus ».

[46] **Henri Boyé, 2010**. Dessalement de l'eau de mer dans les pays méditerranéens.

[47] **Finan. M, S, Smith. Evans and Muir. J, 1989**. Desalination.

[48] Wade ET Fletcher 1995, Energy allocation and other factors in the intended water cost in desalination and dual-purpose power/water plants. Of the sea. WHO course on desalination March, 2000.

## Bibliographiques

---

[49] **Chebki. M, Tahar.M, A, 2020.** Etude des performances de fonctionnement d'un ouvrage hydraulique : cas de la station de dessalement d'eau de Chatt El Hilal de Béni Saf. Université Aboubakr Belkaid- Tlemcen P37.

[50] **Boumehres. M, 2019.** Evaluation de la pollution due au dessalement de l'eau de mer par la saumure et qualité physico-chimique de l'eau dessalée : cas de la station de dessalement Désaladora. Université 20 aout 1955-Skikda.

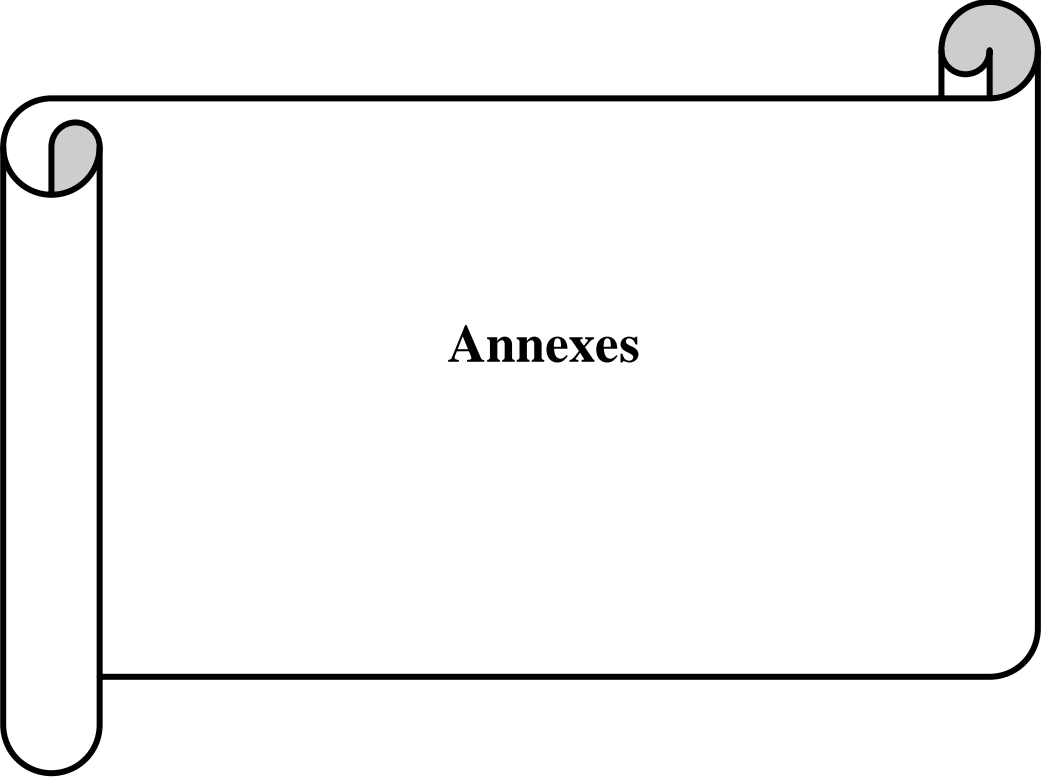
[51] **Castaing. J, 2011.** Procédés de traitement de l'eau de mer en conchyliculture pour la sauvegarde et le maintien de la qualité des mollusques bivalves. Thèse de doctorat. Génie des procédés. Université de Nantes. France, P296.

[52] **CHenaoui. B, 2010.** Dessalement de l'eau de mer à la station de MAINIS et son impact sur l'environnement .Séminaires 2010. Université HASSIBA BENBOUALI CHLEF. Algérie. [http://www.univ-chlef.dz/uhbc/seminaires\\_2010/chenaoui\\_bakhta\\_OUARGLA\\_2010.pdf](http://www.univ-chlef.dz/uhbc/seminaires_2010/chenaoui_bakhta_OUARGLA_2010.pdf).

[53] **Nisan. S, 2007.** « Dessalement nucléaire : une source alternative pour la production d'eau et d'électricité à bas cout ». Sciences 2(2<sup>o</sup> trimestre).

[54] **Armas. I, 2014.** Qualité des eaux de la station de dessalement de l'eau de mer de Souk Tlata-Bah Al Assa. Master Biologic, UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID-TLEMCEM. Algérie <http://despace.univ-telemeccen.dz/handle/112/7344>.





**Annexes**

## Annexe 01 : Normes de la qualité de l'eau produite (norme algérienne, 2014).

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				
GRUPE 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 <sub>2</sub>	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	
	Mercuré	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 (11,12) 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 (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
	- Heptachlorepoxyde	µg/l	0,03
	Pesticides (Totaux)	µg/l	0,5
	Bromates	µg/l	10
	Chlorite	µg/l	0,07
	Tribalométhanes par substance individualisée :	-Chloroforme	µg/l
- 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

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 <sub>3</sub>	65 pour les eaux désalées 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 <sub>3</sub>	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

Décret exécutif n° 14-97 du 2 Jomada El Oula 1435 correspondant au 4 mars 2014 portant dissolution de l'agence de gestion du système hydraulique de Beni Haroun.

Le Premier Ministre,

Sur le rapport du ministre des ressources en eau,

Vu la Constitution, notamment ses articles 85-3° et 125 (alinéa 2),

Vu le décret présidentiel n° 13-312 du 5 Dhou El Kaâda 1434 correspondant au 11 septembre 2013 portant nomination des membres du Gouvernement ;

Vu le décret exécutif n° 94-294 du 19 Rabie Ethani 1415 correspondant au 25 septembre 1994 relatif aux modalités de dissolution et de liquidation des entreprises publiques non autonomes et des établissements publics à caractère industriel et commercial ;

Vu le décret exécutif n° 07-337 du 19 Chaoual 1428 correspondant au 31 octobre 2007 portant création de l'agence de gestion du système hydraulique de Beni Haroun ;

Après approbation du Président de la République ;

Décrète :

Article 1er. — L'agence de gestion du système hydraulique de Beni Haroun, créée par les dispositions du décret exécutif n° 07-337 du 19 Chaoual 1428 correspondant au 31 octobre 2007 portant création de l'agence de gestion du système hydraulique de Beni Haroun est dissoute.

Art. 2. — La dissolution de l'agence prévue à l'article 1er ci-dessus, donne lieu à l'établissement d'un inventaire quantitatif, qualitatif et estimatif dressé conformément aux lois et règlements en vigueur par une commission dont les membres sont désignés conjointement par le ministre des finances et le ministre chargé des ressources en eau.

Art. 3. — Le présent décret sera publié au *Journal Officiel* de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger le 2 Jomada El Oula 1435 Correspondant au 4 mars 2014.

Abdelmalek SELLAL.

**Annexe 02** : les normes algériennes de rejet.

Polluants	Valeur limite de rejet	Polluants	Valeur limite de rejet
Température	30	Nickel, mg/l	5
PH	5,5 à 5,8	Plomb, mg/l	1
Matière en suspension MES, mg/l	30	Cuivre, mg/l	3
DBO <sub>5</sub> , (sur effluent non décante), mg/l	40	Zinc, mg/l	5
DCO (sur effluent non décante), mg/l	120	Huile et graisse, mg/l	20
Azote Kjeldahl, mg/l	40	Hydrocarbures totaux, mg/l	110
Phosphate, mg/l	2	Phénols, mg/l	10,5
Cyanure, mg/l	0,1	Solvants organiques, mg/l	20
Aluminium, mg/l	5	Chlore actif, mg/l	1
Cadmium, mg/l	0,2	PCB, mg/l	0,001
Chrome III, mg/l	3	Détergents, mg/l	2
Chrome VI, mg/l	0,1	Tensioactifs anioniques, mg/l	18
Fer, mg/l	5	Coliformes totaux, nb/100ml	10 000
Manganèse, mg/l	1	Coliformes fécaux, nb/100ml	2 000

**Annexe 03 : Résultats des analyses physique-chimique de l'eau mer de complexe.**

		<b>Eau de mer</b>						
		<b>PH</b>	<b>Temp</b>	<b>CE</b>	<b>TDS</b>	<b>Chlore livre</b>	<b>Turb</b>	<b>TSS</b>
<b>Date</b>	<b>Hora</b>	<b>U</b>	<b>C°</b>	<b>mS/cm</b>	<b>g/l</b>	<b>mg/l</b>	<b>NTU</b>	<b>mg/l</b>
1-janv.-23	08:00	8.19	17.20	55.20	38.78	0	0.80	13
2-janv.-23	08:00	8.13	17.80	55.50	38.99	0	0.54	12
3-janv.-23	08:00	8.26	16.00	55.30	38.99	0	0.54	12
4-janv.-23	08:00	8.16	16.10	55.40	38.85	0	0.60	14
5-janv.-23	08:00	8.17	16.20	55.20	38.92	0	6.21	21
6-janv.-23	09:00	8.10	17.30	55.20	38.78	0	1.80	16
7-janv.-23	08:00	8.16	16.50	55.20	38.99	0	0.47	12
8-janv.-23	08:00	8.10	16.40	55.50	39.06	0	0.60	12
9-janv.-23	08:00	8.16	16.30	54.90	38.90	0	0.47	11
10-janv.-23	08:00	8.18	16.00	54.90	38.78	0	0.40	12
11-janv.-23	08:00	8.17	16.10	55.10	38.92	0	0.45	12
12-janv.-23	08:00	8.22	16.20	55.20	38.99	0	0.42	14
13-janv.-23	08:00	8.18	17.30	55.40	38.85	0	0.50	15
14-janv.-23	08:00	8.17	16.50	54.90	39.00	0	0.48	13
15-janv.-23	08:00	8.17	16.40	55.60	38.92	0	0.50	12
16-janv.-23	09:00	8.20	16.30	55.70	38.99	0	0.58	13
17-janv.-23	08:00	8.19	16.00	55.50	38.85	0	0.42	11
18-janv.-23	08:00	8.19	16.10	55.30	38.92	0	4.06	18
19-janv.-23	08:00	8.14	16.20	55.40	39.06	0	23.60	50
20-janv.-23	08:00	8.16	17.30	54.80	39.00	0	14.71	31
21-janv.-23	08:00	8.17	16.50	55.40	38.92	0	21.00	42
22-janv.-23	08:00	8.22	16.40	55.20	38.99	0	4.17	18
23-janv.-23	08:00	8.13	16.30	55.50	38.85	0	8.68	34
24-janv.-23	08:00	8.20	16.00	54.90	38.92	0	27.60	90
25-janv.-23	08:00	8.18	16.10	54.90	39.06	0	9.00	40
26-janv.-23	08:00	8.17	16.20	55.10	39.06	0	5.34	21
27-janv.-23	08:00	8.22	16.10	55.20	39.06	0	2.80	28
28-janv.-23	08:00	8.18	16.20	55.40	38.92	0	0.48	18
29-janv.-23	08:00	8.17	17.30	55.10	38.92	0	5.00	19
30-janv.-23	08:00	8.15	16.50	55.10	39.06	0	5.00	28
31-janv.-23	08:00	8.22	16.40	55.40	38.78	0	3.00	22

**Annexe 04 : Résultats des analyses physique-chimique de l'eau produite de complexe.**

		<b>Eau produite</b>									
		<b>PH</b>	<b>Temp</b>	<b>TA</b>	<b>TAC</b>	<b>Dureza T</b>	<b>Dza ca+ +</b>	<b>CE</b>	<b>TD S</b>	<b>Cloro R</b>	<b>Tur b</b>
<b>Date</b>	<b>Hora</b>	U	C°		mg CaCO3/l			µS/cm	mg/l	mg/l	NT U
1-janv.-23	08:00	8.21	18.10	0	46	58	58	892	499	0.45	0.25
2-janv.-23	08:00	8.21	18.30	0	47	59	49	977	558	0.46	0.25
3-janv.-23	08:00	8.26	18.00	0	47	61	47	980	519	0.45	0.12
4-janv.-23	08:00	8.38	17.80	0	48	60	46	974	545	0.43	0.17
5-janv.-23	08:00	8.14	17.80	0	46	58	48	994	592	0.40	0.12
6-janv.-23	09:00	8.26	17.80	0	45	56	46	871	486	0.40	0.20
7-janv.-23	08:00	8.17	17.50	0	44	57	48	999	574	0.47	0.18
8-janv.-23	08:00	8.19	18.00	0	48	63	50	904	509	0.40	0.15
9-janv.-23	08:00	8.24	17.08	0	40	53	42	799	458	0.48	0.23
10-janv.-23	08:00	8.11	17.70	0	40	53	41	870	468	0.40	0.20
11-janv.-23	08:00	8.17	16.90	0	42	53	49	997	573	0.47	0.18
12-janv.-23	08:00	8.27	18.00	0	42	55	40	757	423	0.45	0.11
13-janv.-23	08:00	8.16	18.10	0	43	56	42	781	436	0.40	0.25
14-janv.-23	08:00	8.10	16.90	0	40	53	42	800	448	0.48	0.19
15-janv.-23	08:00	8.20	16.80	0	42	58	46	806	449	0.40	0.21
16-janv.-23	09:00	8.25	17.40	0	44	56	45	732	400	0.40	0.20
17-janv.-23	08:00	8.12	17.00	0	45	57	45	712	398	0.43	0.15
18-janv.-23	08:00	8.15	17.30	0	44	57	45	733	410	0.43	0.13
19-janv.-23	08:00	8.24	16.80	0	43	56	46	640	358	0.45	0.10
20-janv.-23	08:00	8.22	18.20	0	42	54	46	689	385	0.43	0.15
21-janv.-23	08:00	8.17	16.60	0	44	56	46	717	371	0.43	0.20
22-janv.-23	08:00	8.15	16.20	0	43	55	45	626	350	0.47	0.20
23-janv.-23	08:00	8.20	16.30	0	43	54	46	748	381	0.43	0.20
24-janv.-23	08:00	8.15	16.20	0	40	53	48	700	392	0.45	0.20
25-janv.-23	08:00	8.17	16.20	0	42	57	43	870	483	0.44	0.20
26-janv.-23	08:00	8.18	16.10	0	43	57	46	733	410	0.42	0.20
27-janv.-23	08:00	8.16	16.00	0	46	57	47	786	440	0.40	0.17
28-janv.-23	08:00	8.19	16.30	0	42	55	47	748	418	0.49	0.18
29-janv.-23	08:00	8.18	15.70	0	42	60	45	700	392	0.40	0.15
30-janv.-23	08:00	8.20	15.80	0	44	58	46	657	319	0.42	0.20
31-janv.-23	08:00	8.26	16.00	0	40	54	40	758	420	0.40	0.20

### Annexe 05 : Résultats des analyses physico-chimiques de la saumure rejet effluent liquide dans le complexe.

**Echantillon:** point de rejet final (embouchure de la mer).

		Eau de rejet liquide							
		Salinité	Température	PH	Conductivité Electrique	MES	Turbidité	DCO	DBO5
Date	Heure	Non définite	30°C	6.5 - 8.5	Non définite	30 mg/L	Non définite	120 mg/L	40 mg/L
08/01/2023		70 mg/l	19°C	9.20	92 ms/cm	5 mg/l	0.18 NTU	11	32
15/01/2023	08:00	70.50 mg/l	21°C	9.30	94 ms/cm	3 mg/l	0.2 NTU	8	36
22/01/2023	08:00	68 mg/l	20°C	9.25	96 ms/cm	4 mg/l	0.25 NTU	13	41
31/01/2023	08:00	64 mg/l	19C°	9.15	95 ms/cm	3 mg/l	0.13 NTU	10	39

**Annexe 06 : Composition physique-chimique des eaux de complexe.**

Paramétré	Résulta	Les norms		
		Algérienne	Français	Cee
<b>PH</b>	8.15	8.2	6.5<<9	6.5-8.5
<b>Température</b>	18.30	Varie	25	12
<b>Conductivité</b>	626	2800us/cm		400
<b>Turbidité</b>	0.25	0.2NTU	/	1
<b>Chlore</b>	0.49mg/l	54mg/l	200mg/l	25mg/l
<b>TDS</b>	319	500mg/l	/	/
<b>TA</b>	0	0.1mg/l	/	/
<b>TAC</b>	48	53	>2.5	>2.5
<b>Durete T</b>	58	200	/	/
<b>Dureté Ca++</b>	58	200	/	/