

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DEL'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة 20 أوت 1955 - سكيكدة
UNIVERSITE 20 AOUT 1955-Skikda



Département des Sciences de la Nature et de la Vie

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

Filière : Ecologie et Environnement

Option : Protection des Ecosystèmes

Intitulé

Évaluation de la qualité physicochimiques du rejet de la
station de dessalement sur l'environnement
- Cas de la station du GNL de Skikda -

Présenter par:

BERGUELLAH Rayane, BERROUAG Bouchra,

BOUZITOUNE Kifah et DOUADI Nour Djihane

Membre de jury :

Dr DZIRI H	Président	Maître de conférences B	Université 20 août 1955 SKIKDA
Dr GUEDDAH D	Examinatrice	Maître de conférences B	Université 20 août 1955 SKIKDA
Dr BOUHAYENE	Encadreur	Maître de conférences A	Université 20 août 1955 SKIKDA

Année universitaire 2021/2022

Dédicace

A mon cher père Cherif : Je remercie le Dieu parce que j'ai la chance d'avoir un papa exceptionnel, ce travail est le tien. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien-être.

Ce travail et le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation. Que Dieu te donne longue de vie, santé et bonheur éternel.

A ma chère mère Hafida : Maman comment je pourrais t'exprimer toute ma reconnaissance, ma joie et ma fierté de t'avoir comme mère.

Ce mémoire je te la dédie, elle est le fruit de ton soutien permanente, ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Puisse Dieu le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

A mes très chères sœurs: Malak et Alaa , je leur souhaite le bonheur et la réussite dans leurs études et vies.

Merci à ma cousine Nour qui m'a aidé dans mon mémoire, Merci à toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et me fuit de votre soutien infallible, Merci d'être toujours là pour moi.

A mes collègues Bouchra, Nour djihane, Kifah, merci pour tous les moments qu'on a passé ensemble.

Merci a tous.

B. RAYANE

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

*À mes chers parents Sources de mes joies, secret de ma force spécialement mon
père que dieu le guérisse*

Mes chers frères : Bachir, Yahia, Wassim

Ma chère sœur Nour El Houda

*Mes grands-parents : ma grande mère que dieu la protège et mon grand-père
que dieu fasse miséricorde.*

*A mes chers amis qui ont tout le temps été à mes côtés pour me soutenir dans les
moments, les plus difficiles*

*A mes collègues Rayene, Nour Djihane, Kifah, merci pour tous les moments
qu'on a passé ensemble.*

A toute ma famille ainsi qu'à mes amies.

B. BOUCHRA

Dédicace

Avec mon grand amour je dédie mon travail à ma chère maman Nadia,

A mon cher père et mon cher grand père Baba EL -Haj,

Qui n'ont jamais cessé de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

A Mon frère Zakaria

A mes deux adorables sœurs, Malek et Rayane.

A ceux qui m'ont dit :

« Je serai toujours avec toi ! Si dieux le veut »

Pour leurs soutiens et leurs patiences infinies

A mes chères amis, Djihane, Nouha, Maissa, Insaf, Rayane ,Asma

A mes chères tantes

Pour leurs aides et supports dans les moments difficiles.

B.KIFAH

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à ma très chère mère Fatiha ,

A mon cher père Hocine ,

Qui n'ont jamais cessé de formuler des prières à mon égard , de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs .

A mes chers frères , Med Allaa Eddine et Chiheb Eddine

A mes chères trinômes Bouchra , Kifah , et Rayene

Pour leurs soutiens et leurs patiences

A mon mari Zinou

A mes chers amis , Rima , Abir , Souhaya , Yousra , Nesrine et Youba

Pour leurs aides et supports dans les moments difficiles

A tous ceux qui me sont chers et qui m'aiment

D.NOUR DJIHANE

Remerciement

Ces quelques lignes nous permettrons de remercier les responsables et les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail tant au niveau scientifique qu'au niveau personnel, sans leurs aides, ce travail n'aurait pas pu aboutir à sa fin.

*Nous tenons tout d'abord à remercier notre Encadreur, Docteur **BOUHAYENE SALAH**, qui a dirigé ce travail, ça ne sera jamais suffisant pour lui exprimer Notre grande reconnaissance pour la confiance qu'il nous a accordé pour faire avancer ce travail, pour sa patience, sa gentillesse et son esprit responsable, critique et rigoureux.*

*Nous tenons à remercier Docteur **DZIRI HAMDI** pour avoir accepté de présider le Jury de notre mémoire. Nous remercions vivement Docteur **GUEDDAH DORIA** de bien vouloir accepter de juger notre travail.*

*Un grand merci au Mr **BERGUELLAH CHERIF** qui nous à faciliter et aider pour notre stage au sein de la GL/IK, Skikda*

*Nous remercions aussi Mme **BOUSSIOUF NARDJESS**, ingénieur du Laboratoire EPE prémix, El Harrouch, Skikda, ainsi que tous le personnel du laboratoire de la GL/IK. Skikda.*

Nous remercions nos parents, nos frères et sœurs pour L'encouragement et toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Résumé

L'Algérie a lancé ces dernières années, un programme ambitieux d'installations de stations de dessalement pour faire face à ses problèmes d'alimentation en eau qui s'accroissent par l'explosion démographique, le développement industriel et agricole ainsi que la sécheresse.

L'objectif de cette recherche est de décrire les effets des décharges d'usines de dessalement sur la faune, la flore et les fonds marins et de passer en revue les solutions permettant de réduire son effet négatif sur l'environnement. Notre étude concerne la station du dessalement GL/1K répartie sur le littoral de Larbi Ben M'hidi Skikda. On a effectué des analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de mer, de l'eau dessalée et pour l'eau de saumure pour essayer d'expliquer l'influence de ces différents paramètres sur l'environnement marin et aussi jusqu'à quel degré ils peuvent influencer sur les problèmes environnementaux.

Nos résultats montrent une diminution significative de la concentration de certains éléments de l'eau traitée, ce qui peut être expliqué fort probablement par l'efficacité du procédé de traitement. Sauf que pour la température (32,3°C), nitrite (190 mg/l) et les chlorures (570 mg/l). Concernant l'eau de saumure, on remarque qu'il y a une augmentation importante de la salinité (45857,14 mg/l), la conductivité (58040 µS/cm), les chlorures (27550 mg/l), ainsi que une grande augmentation des minéraux tels le calcium (4804,57 mg/l), le magnésium (3824,23 mg/l), la dureté totale (2713,43°F).

Mots clés: Dessalement, Algérie, littoral Larbi Ben M'hidi Skikda , l'environnement marin.saumure.

Summary

Algeria has launched in recent years an ambitious program of desalination plant installations to deal with its water supply problems which are accentuated by the demographic explosion, industrial and agricultural development as well as drought.

The objective of this research is to describe the effects of desalination plant discharges on the fauna, flora and seabed and to review solutions to reduce its negative effect on the environment. Our study concerns the GL/1K desalination station spread over the coast of Larbi Ben M'hidi Skikda. Physico-chemical and bacteriological analyzes of sea water, desalinated water and brine water were carried out to try to explain the influence of these different parameters on the marine environment and also up to to what degree they can influence environmental problems.

Our results show a significant decrease in the concentration of certain elements in the treated water, which can most likely be explained by the efficiency of the treatment process. Except for temperature (32.3°C), nitrite (190 mg/l) and chlorides (570 mg/l). Regarding brine water, we note that there is a significant increase in salinity (45857.14 mg/l), conductivity (58040 $\mu\text{S}/\text{cm}$), chlorides (27550 mg/l), as well as a great increase in minerals such as calcium (4804.57 mg/l), magnesium (3824.23 mg/l), total hardness (2713.43°F).

Keywords: Desalination, Algeria, Larbi Ben M'hidi Skikda coastline, marine environment. brine.

ملخص

أطلقت الجزائر في السنوات الأخيرة برنامجًا طموحًا لمنشآت محطات تحلية المياه للتعامل مع مشاكل إمدادات المياه التي تفاقمت بسبب الانفجار السكاني والتنمية الصناعية والزراعية وكذلك الجفاف.

الهدف من هذا البحث هو وصف آثار تصريفات محطات التحلية على الحيوانات والنباتات وقاع البحر ومراجعة الحلول للحد من تأثيرها السلبي على البيئة. تتعلق دراستنا بمحطة التحلية GL / 1K المنتشرة على ساحل العربي بن مهدي سكيكدة. تم إجراء التحليلات الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية لمياه البحر والمياه المحلاة والمياه المالحة لمحاولة شرح تأثير هذه العوامل المختلفة على البيئة البحرية وأيضًا إلى أي درجة يمكن أن تؤثر على المشاكل البيئية.

تظهر نتائجنا انخفاضًا كبيرًا في تركيز بعض العناصر في المياه المعالجة ، والذي يمكن تفسيره على الأرجح من خلال كفاءة عملية المعالجة. باستثناء درجة الحرارة (32.3 درجة مئوية) والنترت (190 مجم / لتر) والكلوريدات (570 مجم / لتر). فيما يتعلق بالمياه المالحة ، نلاحظ أن هناك زيادة كبيرة في الملوحة (45857.14 ملغم / لتر) ، والتوصيلية (58040 ميكرو ثانية / سم) ، والكلوريدات (27550 مجم / لتر) ، وكذلك زيادة كبيرة في المعادن مثل الكالسيوم (4804.57 ملجم / لتر) ، مغنيسيوم (3824.23 ملجم / لتر) ، صلابة كلية (2713.43 درجة فهرنهايت).

الكلمات المفتاحية: تحلية المياه - الجزائر - ساحل العربي بن مهدي - بيئة بحرية - محلول ملحي

Sommaire

Page

Introduction	01
---------------------------	----

Chapitre I: synthèse bibliographique

1- Généralité sur l'eau	03
1-1. Sources d'eaux	03
1-1-1. Eaux douce de surface	03
1-1-2. Eaux souterraines.....	04
1-1-3. Eaux de mer	04
2- Composition de l'eau De Mer	05
2-1. Elément principaux	05
2-2. Elément minéraux	06
2-3. Matière organique	06
3- dessalement en algérie	06
3-1. Mer méditerranéenne.....	07
3-2. Stations de dessalements en algérie.....	08
4- Délérents procédés de dessalements.....	10
4-1. Procédés de distillations.....	11
4-1-1. Distillation a simple effet.....	12
4-1-2. Distillation a multiples effet.....	12
4-1-3. Distillation par détentés successives (multi stage flash, msf).....	13
4-1-4. Distillation par compression de vapeur	13
4-1-5. Perspectives de distillation	14
5 - Autres procédés de dessalement	15
5-1. Procèdes membranaires	16
5-1-1. Généralités	16
5-1-2. Osmose inverse.....	18
5-1-3. Consommation énergétique.....	29
6- Rejets et impacts de dessalements :	30
6-1. Saumure.....	30
6-2. Effets dus aux produits de la corrosion	32
6-3. Effets dus aux additifs antitartres	32
6-4. Effets des additifs antisalissure.....	32
6-5.Effets des additifs anti-mousses	33
6-6 .Impact de bruit	33
6-7. Effets Dus Au Prélèvement d'eau De Mer	33
6-8. Effets potentiels des rejets de saumures concentrées	33
6-9 .Impacts Des Rejets De Saumures Sur l'écosystème Marin	34
7- paramètres etudies	34
7-1. Les paramètres physicochimiques	34
7-1-1.Température.....	34
7-1-2. pH	35
7-1-3. Conductivité électriques.....	35
7-1-4. Salinité TDS.....	35
7-1-5.Turbidité	35
7-1-6.Résistivités.....	36
7-1-7.Matières en suspensions	36
7-1-8. Dureté.....	36

7-1-9. Nitrites	36
7-1-10. Chlorures	36
7-2. Paramètres bactériologique.....	37

Chapitre II : matériel et méthodes

1-Description de la zone d'étude.....	38
1-1. Situation géographiques.....	38
1-2. Présentation de complexes gl/1k de skikda	38
1-3. Présentation de l'unité 50.....	39
2- Objectif de l'étude.....	39
2-1. Prélèvement de l'eau de mer	40
2-2. Prélèvement d'eau Produite	40
2-3. Prélèvement de l'eau de saumure.....	41
2-4. Point d'échantillonnage	41
3- paramètres physicochimiques	42
3-1. Mesure de température.....	42
3-2. Mesure Du pH.....	42
3-3. Mesure de la conductivité.....	43
3-4. Mesure de turbidité	43
3-5. Mesure de résistivité.....	44
3-6. Mesure de salinité (tds).....	44
3-7. Mesures des matières en suspensions	44
3-8. Mesure de l'alcalinité.....	45
3-8-1. Titre alcalimétrique simple (ta).....	45
3-8-2. Titre alcalimétrique complet (tac).....	46
3-9. Détermination des bicarbonates (hco3) et carbonates (co3)	46
3-10. Mesure de la dureté total (th).....	46
3-11. mesure de calcium (ca 2+).....	48
3-12. Mesure de magnésium (mg2+)	48
3-13. Mesure De l'indice De Langelier ou ph De Saturation (LSI)	48
3-14. Mesure De l'indice De Ryznar.....	49
4- Paramètres chimiques.....	49
4-1. Dosage de nitrite (no2).....	49
4-2. Dosage de chlorures	50
5- Méthodes d'analyse Microbiologique.....	50
5-1. Recherche et dénombrement des germes totaux	51
5-2. Recherche et dénombrement des coliformes	52
5-3. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux	54
5-4. Recherche et dénombrement des colstridium sulfito-réducteur.....	55

Chapitre III : résultats et discussions

Résultats et discussions	57
1. Résultats et interprétation des analyses physico-chimique de l'eau de mer, l'eau traitée et l'eau de rejet	57
1-1. Résultats et interprétation des paramètres physico-chimiques de l'eau produite...	57
1-1-1. Température	58
1-1-2. Potentielle hydrogène	59
1-1-3. Conductivité électrique	59

1-1-4. Turbidité	59
1-1-5. Résistivité	59
1-1-6. Totale des solides dissous tds	59
1-1-7. Matières en suspensions	59
1-1-8. Titre alcalimétrique complet.....	60
1-1-9. Nitrites	60
1-1-10. Chlorures	60
1-1-11. Les ions carbonates et les ions bicarbonates.....	60
1-2. Résultats et interprétation des paramètres physico-chimiques de l'eau mer et l'eau de saumure.....	60
1-2-1. Température.....	61
1-2-2. Potentielle hydrogène	62
1-2-3. Conductivité électrique.....	62
1-2-4. Turbidité	63
1-2-5. Résistivité	63
1-2-6. Totale des solides dissous	64
1-2-7. Matières en suspensions	64
1-2-8. Dureté totale	65
1-2-9. Titre alcalimétrique.....	65
1-2-10. Titre alcalimétrique complet.....	65
1-2-11. Dureté calcique	66
1-2-12. Dureté manganèse.....	66
1-2-13. Nitrites	67
1-2-14. Chlorures	67
1-2-15. Les ions carbonates et les ions bicarbonates	68
1-2-16. Calcium.....	69
1-2-17. Magnésium	69
2. Résultats et interprétation des analyses bactériologique de l'eau de mer, l'eau produite et l'eau de saumure	70
2-1. Germes aérobies a 37°c	71
2-2. Germes aérobies a 22°c	71
2-3. Coliformes totaux.....	72
2-4. Coliformes fécaux, streptocoque, clostridium sulfite réducteur.....	73
3. Discussions.....	73
4. Effets de dessalement sur l'environnement.....	76
5. Impacts liés aux rejets	76
5-1. Pollution de la saumure.....	77
5-2. Dispersion des sels concentrés	78
5-3. Impacts de salinité.....	79
Conclusion Et Perspectives.....	82
Références bibliographiques	84
Annexes	89

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Concentrations des éléments principaux pour une eau de mer de salinité de 35‰ (HENRI et KAMEL, 2008)	05
02	Concentrations des différents éléments mineurs dont la concentration est Supérieure à 1 µg/l (HENRI et KAMEL, 2008).	06
03	Les grandes stations de dessalement en Algérie	08
04	Stations réalisées par LINDE-KCA	09
05	Stations réalisées par HYDRO-TRAITEMENT	10
06	Transfert des stations monoblocs	10
07	Consommation électrique de filières de production d'eau potable (Vince et Debatz, 2007)	29
08	Grille d'impacts néfastes sur l'environnement associés aux procédés de dessalement (PNUE, 2001).	31
10	Points des prélèvements	39
11	Détermination de CO ₃ ⁻ et HCO ₃ ⁻ à partir du TA et TAC	46
12	Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau produite. \bar{X} Moyenne de concentrations sur 7jours, $X_{Min.}$: Valeurs minimales, $X_{Max.}$: Valeurs Maximales. (JORA n° :14-96,2014 et l'OMS, 2006)	58
13	Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de mer et l'eau de saumure. \bar{X} : Moyenne de concentrations sur 7jours, $X_{Min.}$: Valeurs minimales, $X_{Max.}$: Valeurs Maximales	61
14	Résultat des analyses bactériologique de l'eau de mer, l'eau produite et eau de saumure. \bar{X} : Moyenne de concentrations sur 7jours, $X_{Min.}$: Valeurs minimales, $X_{Max.}$: Valeurs Maximales	70
15	Les limites de la salinité pour différents écosystèmes et espèces présentes en Méditerranée.	80

Liste des Figures

N°	Titre	page
01	Carte des Hémisphères : A : Continental (Nord), B : Hémisphère maritime (Sud) (Le CALVÉ, 2002).	05
02	Répartition géographique des grandes stations de dessalement sur le littoral Algérien. (Moustiri, 2011)	09
03	Les divers procédés de dessalement (Maurel, 2006)	11
04	Principe de distillation à simple effet (Danis, 2003)	12
05	Distillation à multiples effets (Danis, 2003)	13
06	Principe de fonctionnement d'un système par détentes successives (MSF) (UNEP/MAP, 2003)	13
07	Compression mécanique de vapeur (Danis, 2003)	14
08	Distillation solaire (Maurel, 2006)	16
09	Principe de dessalement par l'électrodialyse (Bushnak, 2012)	17
10	Principe de l'osmose et de l'osmose inverse (Bushnak, 2012)	18
11	Membrane d'osmose inverse (Bushnak, 2012)	19
12	Mécanisme de transfère de matière (Maurel, 2006).	20
13	Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse (Lattemann, 2010)	20
14	Module d'osmose inverse à enroulement spiral (Rovel, 2012).	22
15	Module des membranes (Rovel, 2012)	25
16	Situation du complexe GL1K dans la zone industrielle	38
17	Point de Prélèvement d'eau de mer.	40
18	Point de Prélèvement d'eau produite.	41
19	Point de Prélèvement d'eau rejet.	41
20	Appareil de mesure la température	42
21	Multi-paramètres à sonde	43
22	Un Turbidimètre.	44
23	Technique de la MES	45
24	Préparation des solutions.	45
25	Technique de titrage par l'EDTA	47
26	Dénombrement des germes aérobies totaux.	51
27	Dispositif de l'appareil de filtration sur membrane	52
28	Dénombrement des coliformes fécaux.	53
29	Dénombrement des streptocoques fécaux	55
30	Variabilité de la température des eaux. EM : Eau de mer, ES : Eau de saumure	61
31	Variabilité du pH des eaux. EM : Eau de mer, ES : Eau de saumure	62
32	Variabilité de la conductivité des eaux. EM : Eau de mer, ES : Eau de saumure	63
33	Variabilité de la turbidité des eaux. EM : Eau de mer, ES : Eau de saumure	63
34	Variabilité de TDS des eaux. EM : Eau de mer, ES : Eau de saumure	64
35	Variabilité de MES des eaux. EM : Eau de mer, ES : Eau de saumure	64

36	Variabilité de la dureté totale des eaux. EM : Eau de mer, ES : Eau de saumure	65
37	Variabilité de la Titre alcalimétrique des eaux. EM : Eau de mer, ES : Eau de saumure	65
38	Variabilité de Titre alcalimétrique complet des eaux. EM : Eau de mer, ES : Eau de saumure	66
39	Variabilité de dureté calcique des eaux. EM : Eau de mer, ES : Eau de saumure	66
40	Variabilité de dureté manganèse des eaux. EM : Eau de mer, ES :Eau de saumure	67
41	Variabilité de nitrite des eaux. EM : Eau de mer, ES :Eau de saumure	67
42	Variabilité de Chlorure des eaux. EM : Eau de mer, ES :Eau de saumure	68
43	Variabilité de bicarbonate des eaux. EM : Eau de mer, ES :Eau de saumure	68
44	Variabilité de carbonate des eaux. EM : Eau de mer, ES : Eau de saumure	69
45	Variabilité de calcium des eaux. EM : Eau de mer, ES : Eau de saumure	69
46	Variabilité de magnésium des eaux. EM : Eau de mer, ES : Eau de saumure	70
47	Evolution journalière des germes aérobies à 37°C des trois types d'eaux	71
48	Evolution journalière des germes aérobies à 22°C des trois types d'eaux.	72
49	Evolutions journalières des coliformes aérobies à 22°C des trois types d'eaux	72
50	Rejet de l'usine de dessalement d'eau de mer d'Al-Doha, Koweït	79
51	Photo des herbiers de <i>Posidonia oceanica</i> de la méditerranée	80
52	Photo des Mussels de la méditerrané	81
53	Photo des herbiers de la <i>Caulerpa prolifera</i> de la méditerrané.	81
54	Photo des herbiers de la <i>Cymodocea nodosa</i> de la méditerrané.	81
55	Photo des herbiers de la <i>Zostera noltii</i> de la méditerrané	82

Introduction

Introduction

Une quantité équivalant à 97,5% du stock d'eau de la planète est salée et seule une fraction correspondant à 2,5 % se compose d'eau douce. Environ 70% de cette eau douce de la planète est fixée dans les calottes glaciaires des pôles et une partie importante des 30% restants est constituée par des nappes aquifères souterraines de régions reculées. En effet, seule une fraction minuscule de l'eau douce (moins de 1% de l'eau douce totale, soit 0,007 % du stock d'eau mondial) est disponible dans les cours d'eau, les lacs et les réservoirs et est facilement accessible à l'homme pour son utilisation directe. En outre, la répartition spatiale et temporelle du stock et du débit d'eau douce est très inégale (Bennet *et al.*, 1999)

Au cours de la période 1950 -1990, la consommation mondiale d'eau a triplé. Chaque jour, à chaque seconde, la population de la planète augmente de 2,3 habitants, ce qui signifie que les consommateurs d'eau augmentent de 150 par minute, de 9 000 par heure, de 216 000 par jour ou de 28,8 millions par an. Où pourra-t-on trouver les deux trillions de mètres cubes d'eau nécessaires pour répondre aux besoins des 2,6 milliards de consommateurs qui vont venir s'ajouter à une population mondiale dépassant les 5 milliards? (Linsky, 1999).

Les ressources en eau de la région méditerranéenne sont limitées, fragiles et menacées. Elles font déjà l'objet d'une exploitation intensive, notamment dans le sud et à l'Est où la saison sèche se caractérise par sa longueur, avec une pluviométrie annuelle faible (Plan Bleu, 1992). Le dessalement se représente une solution efficace face au sérieux problème de pénurie d'eau. Mais, cette solution, selon WWF (Fond Mondial pour la Nature), représente une menace potentielle pour l'environnement à cause de la composition des rejets qui modifié les paramètres de la mer, qui influe également négativement sur la faune et la flore. Jusqu'à ce jour les procédés de dessalement en grande masse d'eau de mer se présentent comme un moyen industriel fiable de production d'eau auquel ont recours de nombreux pays.

Le dessalement de l'eau de mer est, dans les pays méditerranéens comme l'Algérie, une industrie enessor constant. Cette forme de ressource en eau pratiquement illimitée consomme de l'énergie et elle a des impacts sur l'environnement. Ces impacts proviennent principalement du concentré (saumure) produit au cours du dessalement, mais aussi des rejets de produits chimiques utilisés dans les procédés de dessalement. Bien que le nombre de publications scientifiques consacrées à la question soient restreint, le rejet de concentré dans la mer appelle une vigilance particulière et une évaluation scientifique des impacts possibles sur le milieu marin.

Ce mémoire s'articule sur l'impact des rejets chimiques saumure sur l'environnement, dont notre travail est structuré en trois chapitres:

Dans le premier **chapitre I**, nous avons consacré une synthèse bibliographique sur des généralités sur l'eau et les procédés de dessalement en Algérie ;

Le second **chapitre II**, qui englobe les matériels et méthodes mises en œuvre tout au long de la réalisation de ce travail au niveau de la station de dessalement de GL1K – Sonatrach, Skikda ;

Le troisième **chapitre III**, pour **présenter et** interpréter et à discuter l'ensemble des résultats physicochimiques et bactériologiques obtenus,

Nous terminerons ce mémoire avec une **conclusion**, qui rassemble les points essentiels obtenus par ce modeste travail et par des perspectives à envisager pour des recherches ultérieures.

Chapitre I
Synthèse Bibliographique

1- Généralité sur l'eau :

L'eau douce ne représente que 2,5 % du volume total d'eau sur la planète. Elle est Inégalement distribuée dans la mesure où certaines régions bénéficient d'excédents Considérables, alors que de pénuries chaque année de plus en plus longue avec un taux de 1000 m³ par personne et par an. Ces régions vulnérables, souvent situées dans les pays en voie de développement, sont d'autant plus exposées que la croissance rapide de la population crée, sur les ressources en eau, une pression supplémentaire (UNEP, 2001).

1-1. Sources d'eaux :

Les sources d'eau naturelles se subdivisent en trois groupes :

1-1-1. Eaux douces de surface :

Leur volume total est très faible : il représente 0,18 millions de km³, soit 0,013 % de l'hydrosphère. Elles sont présentes dans les cours d'eau (ruisseaux, rivières, fleuves) et les lacs. Elles sont très vulnérables à la pollution car elles reçoivent directement les eaux de ruissellement, c'est-à-dire les eaux de pluie ruisselant sur le sol, qui s'infiltrent dans le sol ou dans le sous-sol, ou qui rejoignent un cours d'eau.

a) Rivières et fleuves :

En très haute montagne, les cours d'eau naissent de la fonte des glaciers. La glace qui Fond donne naissance à des ruisseaux ou à des torrents qui glissent sous les glaciers et émergent à Leur pied : c'est le régime glaciaire. Les autres cours d'eau proviennent du ruissellement des pluies excédentaires et/ou de L'émergence, sous la forme de sources, de nappes d'eaux souterraines : ce type de régime est dit Pluvial. Tous les cours d'eau descendent le long des pentes, se rejoignent pour former des rivières De plus en plus imposantes qui finissent par se jeter dans un océan ou une mer intérieure. Tout au Long de leur périple, les cours d'eau sont aussi alimentés par les eaux de ruissellement et parfois Par des eaux souterraines.

b) Lacs :

Les lacs se forment lorsque les eaux qui coulent le long des pentes, cours d'eau ou eaux De ruissellement, rencontrent un obstacle qui les empêche de poursuivre leur course. Les eaux Envahissent alors la dépression ainsi créée, formant des étendues parfois immenses, à tel point Que certains grands lacs sont appelés des mers. Les lacs sont alimentés par un cours d'eau ou par des eaux de ruissellement et dans certains cas par des eaux souterraines.

1-1-2. Eaux souterraines :

Elles proviennent de l'infiltration des eaux de pluie dans le sol. Celles-ci s'insinuent par gravité dans les pores, les microfissures et les fissures des roches constituant le sous-sol, humidifiant des couches de plus en plus profondes, jusqu'à rencontrer une couche imperméable où, les eaux s'accumulent, remplissant le moindre vide, saturant d'humidité le sous-sol, formant ainsi un réservoir d'eau souterraine appelé nappe. La roche plus ou moins poreuse et donc plus ou moins perméable contenant cette eau est appelée aquifère.

Les eaux souterraines constituant la nappe cheminent en sous-sol sur la couche imperméable, en suivant les pentes, parfois sur des dizaines voire des centaines de kilomètres, avant de ressortir à l'air libre, alimentant une source ou un cours d'eau nommés exutoires. Les nappes souterraines fournissent presque le tiers du débit total des cours d'eau de la planète, soit Environ 12 000 kilomètres cubes d'eau par an.

Les aquifères représentent un réservoir d'eaux souterraines correspondant à un volume d'environ 8 millions de km³, soit 0,6 % de l'hydrosphère. Elles constituent notre principale ressource en eau douce (BAKALOWICZ, 1999).

1-1-3. Eaux de mer :

La mer s'étend sur 71% environ de la surface du globe. L'hémisphère sud est le principal réservoir d'eau de mer. Dans l'hémisphère nord on trouve plusieurs mers salées qui communiquent pour certaines avec l'océan (mer Méditerranée, mer Baltique, etc...) On trouve 30 à 40 grammes de sels dissous pour un kilogramme d'eau de mer (MOULIN, 2004).

La répartition des terres et des mers est inégale et singulière. L'océan glacial arctique s'oppose au continent antarctique et la masse continentale Eurasie + Afrique s'oppose à l'océan Pacifique. En fait, toute saillie qui émerge au-dessus de la surface des océans a 19 chances sur 20 d'avoir un creux pour point diamétralement opposé.

Les masses terrestres sont en grande partie concentrées dans l'hémisphère nord, avec 61% de mer dans l'Hémisphère nord et 81% de mer en hémisphère sud. Cette disparité dans la répartition Devient encore plus évidente si l'on place la Terre sur un axe Nord-Sud passant par l'Ouest de la France vers l'embouchure de la Vilaine et le Sud Est de la Nouvelle-Zélande. On a alors un hémisphère continental qui comprend 80% de la masse terrestre globale (Fig.01).

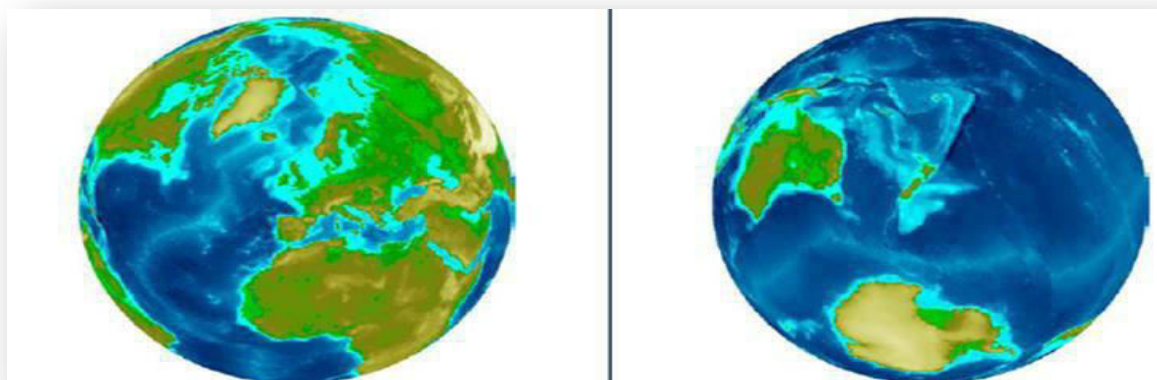


Figure 01: Carte des Hémisphères : **A** : Continental (Nord), **B** : Hémisphère maritime (Sud)
(Le CALVÉ, 2002).

2. Composition de l'eau de mer :

2-1. Élément 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 appelée loi de *Marcetou de Dittmar*. 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. Leurs concentrations Sont données dans le tableau 01 :

Tableau 01 : Concentrations des éléments principaux pour une eau de mer de salinité de 35‰(HENRI et KAMEL, 2008)

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

2-2. Élément minéraux :

L'eau de mer contient de nombreux autres éléments à des concentrations beaucoup plus Faibles (Tab.02). 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).

Tableau 02 : Concentrations des différents éléments mineurs dont la concentration est Supérieure à 1 µ g/l (HENRI et KAMEL, 2008).

Eléments	Concentration (mg/kg)	Eléments	Concentration (mg/kg)
Litium (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

Un litre d'eau de mer contient entre 30 à 40g de sels alors que les matières en suspension représentent 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.

2-3. Matière organique :

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 contenant beaucoup d'autres éléments à de plus fortes concentrations. Par convention, on sépare par filtration sur des filtres de 0,5µm 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.

3. Dessalement en Algérie :

L'expérience algérienne en matière de dessalement des eaux est étroitement liée au développement de l'industrie et tout particulièrement de l'industrie pétrolière et sidérurgique. Le recours au dessalement en vue d'un usage destiné exclusivement l'alimentation de la population en eau potable est quasi-inexistante. Une seule expérience a été tentée dans une situation où il n'existait aucune autre solution. Il s'agit de l'unité de déminéralisation d'Ouled Djellaba dans la Wilaya de Biskra (Sud- Est Algérien).

En 1964, trois petits blocs de 8 m³/h chacun ont été installés au complexe Gaz liquéfié d'Arzew (ville côtière à l'ouest du pays). Le procédé utilisé est la distillation à multiple effet. En 1969, une autre installation a vu le jour à Arzew avec une capacité de production de 4560 m³/j, où le procédé utilisé est le multi stage flash (Amitouche et Remini, 2014).

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

L'Algérienne des Eaux (ADE) c'est l'entreprise nationale qui a amorcé la première expérience en matière de dessalement de l'eau de mer par la réalisation de 23 stations monobloc, d'une capacité totale de 57.500 m³/j, dans le cadre d'un programme d'urgence, dans les wilayas de Tlemcen, Oran, Tipaza, Alger, Boumerdès, Skikda et Tizi Ouzou et 14 grandes stations d'une capacité totale de 1.940.000 m³/j sont mises en service en 2003 et 2005. (Algerian of Water, 2012). Des autres stations sont mises en service dans les années 2009, 2010 et 2011. Il s'agit notamment des stations de Skikda (100 000 m³/j), Beni Saf (200 000 m³/j), Souk Tlata et Honaine à Tlemcen (200 000 m³/j de chacune), Mostaganem (200 000 m³/j), Fouka et Oued Sebt à Tipaza (respectivement 120 000 m³/j et 100 000 m³/j) et Cap Djinet à Boumerdès (100 000 m³/j). Des autres stations sont, également, en cours de réalisation à la wilaya de Chlef (200 000 m³/j), El Taraf (50 000 m³/j) et la plus importante station est celle de Magtaâ, à Mostaganem, avec une capacité de production de 500 000 m³/j. (Mozas et Ghosn, 2013)

La production en eau dessalée sera, selon les experts, passe de 500 000 m³/j en 2008 à 1100 000 m³/j en 2009 et 2260 000 m³/j en 2011 pour atteindre 4 m³/j en 2020 (Moustiri, 2011; Lattemann, 2010).

3-1. Mer méditerranéenne :

En Méditerranée, la production totale de dessalement de l'eau de mer est d'environ 4,0 Mm³/j (14% de la capacité mondiale de dessalement). L'Espagne, avec environ 8% de la production totale du monde (2,2 Mm³/j), est le troisième plus grand producteur d'eau dessalée à l'échelle mondiale et le plus grand dans la région. Cependant, environ 25% de la capacité espagnole est situé sur les îles Canaries dans l'océan Atlantique, et «seulement» environ 65% en Méditerranée (Lattemann, 2010). Le programme espagnol AGUA permettra d'accroître encore l'approvisionnement en eau sur la côte méditerranéenne par l'augmentation de la capacité de dessalement, de 1,4 M m³/j (2005) à plus de 2,7 Mm³/j (1000 hm³ / an) jusqu'en 2010. Bien que les processus thermiques : Multi-Effet-Distillation (distillation à effet multiple) et Multi-Stage-Flash distillation (distillation à détente étagées) dominant dans la mer Rouge du Golfe, le processus principal dans la Méditerranée est le dessalement de l'eau de mer par l'osmose inverse (OI) (SWRO) « **Sea Water Reverse Osmosis** ». En 2002, à la fois les installations d'OI et de distillation avaient encore de parts de marché égales dans la Méditerranée (UNEP/MED, 2002). Aujourd'hui, le procédé d'OI représente 70% de la production en Méditerranée et pour 99% de la production espagnole en Méditerranée. Les installations de distillation se trouvent

encore en Libye et l'Italie (en ordre décroissant de priorité), mais de nouvelles usines dans ces pays sont aussi des installations souvent en OI. Un grand exemple sur l'évolution dans le domaine de dessalement actuellement qui est en Algérie, marché le plus dynamique de dessalement de l'Afrique du Nord, où aussi la première grande usine d'OI (200 000 m³/j) a été ouvert en Février 2008. Cet est la première dans une série d'autres grands projets qui augmentera la capacité de dessalement du pays à 2 Mm³/j en 2008 et à 4 Mm³/j d'ici 2020. Sur la côte méditerranéenne, deux grandes installations d'OI sont mises en service avant 2010- l'usine d'Ashkelon avec une capacité de 330 000 m³/j qui est aussi celle des plus grands projets de dessalement d'eau de mer par OI (SWRO) dans le monde, et l'usine de Palmachin (83 270 m³/j).(Lattemann, 2010) et (UNEP/MAP,2003).

3-2. Stations de dessalements en Algérie :

12 stations de dessalements d'eau de mer pour une capacité de 5000.000 m³/j ont été réalisées et réparties à travers 08wilayas qui sont présenté dans le tableau 03, dont les grandes stations données sont présentées sur la carte du littoral algérien (Fig. 02):

Tableau 03 : Les grandes stations de dessalement en Algérie.

Nº	Station	Wilaya	Capacité m³/j	Mise en Service
01	Kahrama Arzew	Oran	90.000	3 ^{ème} trimestre 2005
02	Hamma	Alger	200.000	3 ^{ème} trimestre 2007
03	Skikda	Skikda	100.000	3 ^{ème} trimestre 2007
04	BeniSaf	AinTimouchent	200.000	4 ^{ème} trimestre 2007
05	Mostaganem	Mostaganem	200.000	1 ^{ème} trimestre 2008
06	Douaouda	AlgerOuest	100.000	1 ^{ème} trimestre 2008
07	Sidnaouchaa	Telemcen	200.000	2 ^{ème} trimestre 2008
08	Honain	Telemcen	200.000	2 ^{ème} trimestre 2008
09	CapBlanc	Oran	200.000	3 ^{ème} trimestre 2008
10	El-Taref	El-Taref	50.000	3 ^{ème} trimestre 2008
11	Ténès	Chlef	200.000	3 ^{ème} trimestre 2008
12	Magtaâ	Mostaganem	500.000	4 ^{ème} trimestre 2014
Total = 12stations			2 200000	

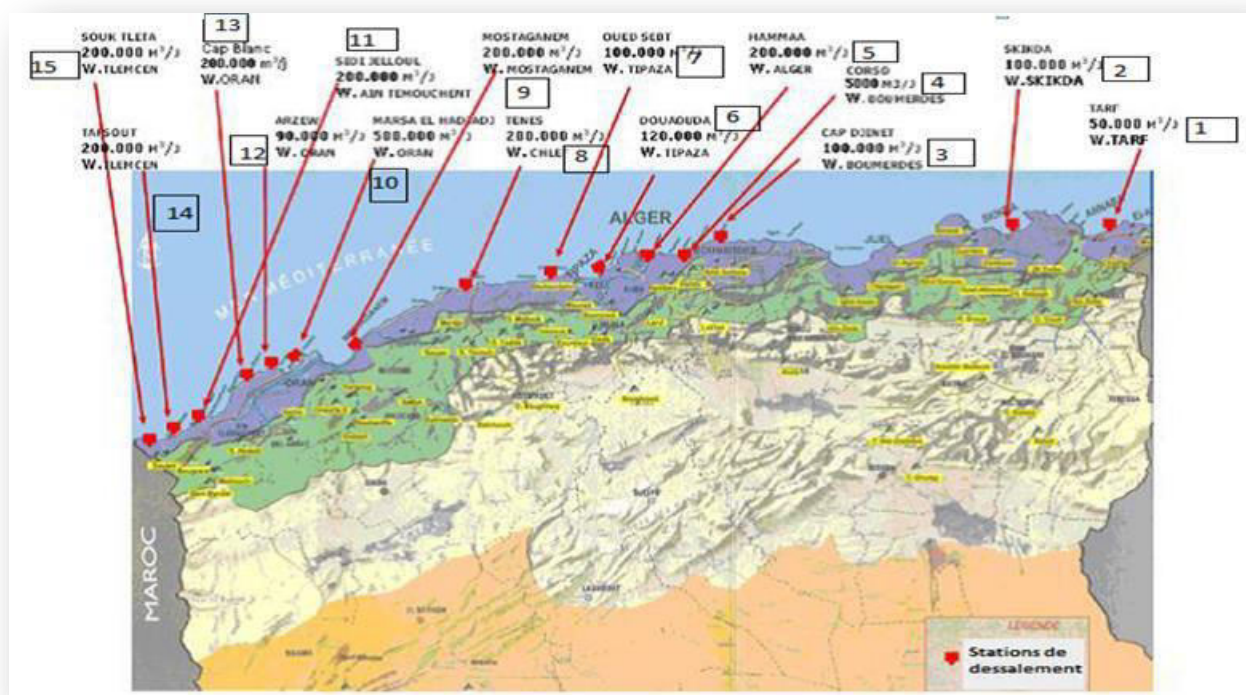


Figure 02 : Répartition géographique des grandes stations de dessalement sur le littoral Algérien. (Moustiri, 2011).

a) Stations monoblocs :

20 petites stations de dessalement d'eau de mer pour une capacité de 53 000 m³/j ont été réalisées et réparties à travers 08 wilayas. Cette opération a fait l'objet d'une passation de deux marchés.

08 stations du tableau 04, sur 05 sites d'une capacité globale de 22 500 m³/j ont été réalisées par l'entreprise Allemande LINDE-KCA.

Tableau 04: Stations réalisées par LINDE-KCA.

Nº	Wilaya	Site	Commune	Capacité(m ³ /j)
01	Tlemcen	Ghazaouet	Ghazaouet	2 500
02		Ghazaouet II	Ghazaouet	2 500
03	Tipaza	Bou-Ismaïl	Bou-Ismaïl	5 000
04	Alger	Champdetir	Zeralda	2 500
05		Champ de tir2	Zeralda	2 500
06		PalmeBeach	Staouali	2 500
07		LaFontaine 1	AinBenian	2 500
08		LaFontaine 2	AinBenian	2 500
Total	8stations			22500

11station sur 07 sites d'une capacité globale de 30 500 m³/j ont été réalisées par l'entreprise Algérienne HYDRO-TRAITEMENT données dans le tableau 05.

Tableau 05: Stations réalisées par HYDRO-TRAITEMENT.

Nº	Wilaya	Site	Commune	Capacité(m ³ /j)
01		La Fontaine3	Ain Benian	2 500
02		CapCaxine	Hammamet	2 500
03		BateauCassé1	Bordj El kifane	2 500
04		BateauCassé2	Bordj El kifane	2 500
05		BateauCassé3	Bordj El kifane	2 500
06		Reghaiaplage	Reghaia	2 500
07	Boumerdes	Corso	Corso	5 000
08	Skikda	LarbiBen M'hidi 1	Skikda	2 000
09		LarbiB.M'hidi2	Skikda	3 000
10		LarbiB.M'hidi3	Skikda	2 500
11		LarbiB.M'hidi4	Skikda	2 500
12	Tizi-Ouzou	Tigzirt	Tigzirt	2 500
Total		12 stations		30500

b) Transfert des stations monoblocs :

Suite à la sécheresse persistante au niveau de la région Ouest il a été procédé à la délocalisation de certaines stations vers Oran, AinTemouchent et Ténès (Tab.06).

Tableau 06: Transfert des stations monoblocs.

Nº	Station	Affectation	Wilaya
01	Skikda3	Bousfer	Oran
02	BateauCassé 3	Bousfer	
03	Réghaia	Les dunes	
04	BateauCassé 2	Bouzedjar	AinTemouchent
05	Ainbenian 3	Bouzedjar	
06	BateauCassé 1	Chatt ElWard	
07	CapCaxine	Chatt ElWard	
08	Corso	Ténès	Chlef

4. Différents procédés de dessalements :

Pour dessaler l'eau il existe diverses techniques ; adaptables selon la nature de l'eau à dessaler, l'environnement et les besoins à pouvoir. Plusieurs procédés de dessalement ont été mis au point sur le marché mondial ; le choix d'utilisation de chacun d'eux est relatif à la disponibilité de la source d'énergie qui fait fonctionner l'appareillage de dessalement.

Plusieurs méthodes permettent la séparation de l'eau de mer en une eau douce contenant une faible concentration des sels dissouts, et une solution concentrée en sels. On citera notamment la distillation, l'osmose inverse, la congélation et l'électrodialyse. Cependant, les deux technologies utilisées actuellement, à l'échelle industrielle, sont celles basées sur la distillation et l'osmose inverse (Mandri, 2011).

Le dessalement de l'eau est un processus qui permet de supprimer les sels de l'eau salée ou saumâtre. . Plusieurs procédés de dessalement ont été mis au point sur le marché mondial ; le choix d'utilisation de chacun d'eux est relatif à la disponibilité de la source d'énergie qui fait fonctionner l'appareillage de dessalement, les principales techniques de dessalement mondialement connues sont (Fig. 03) : (Maurel, 2006)

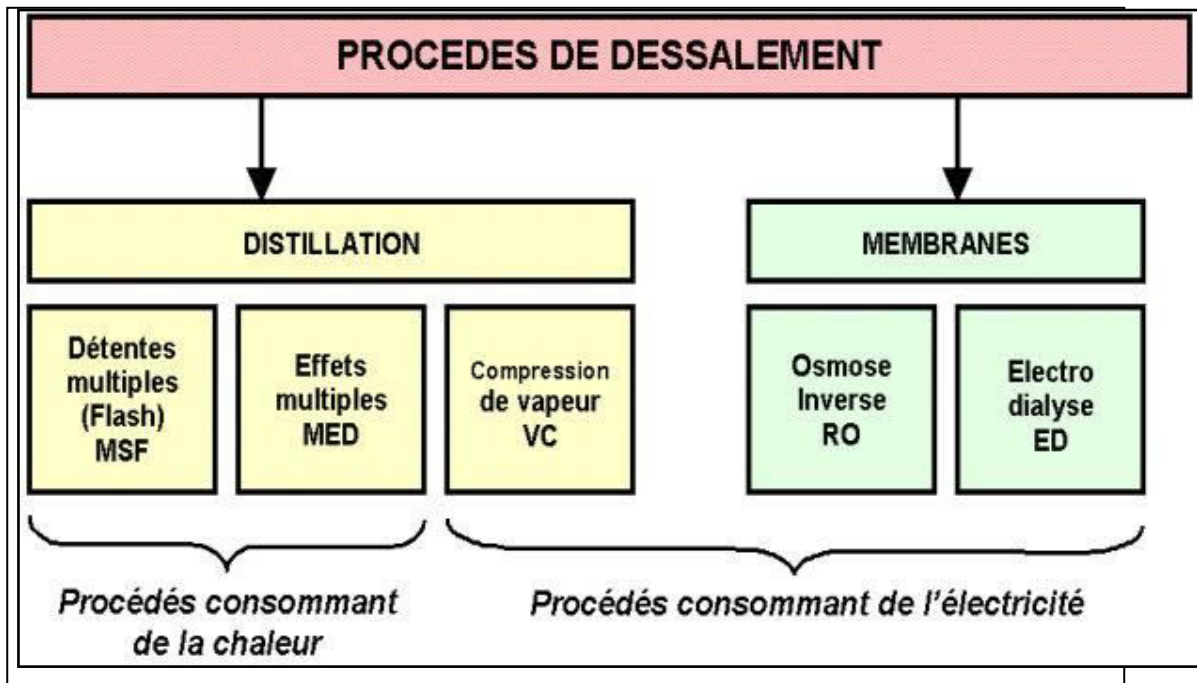


Figure 03: Les divers procédés de dessalement (Maurel, 2006)

4-1. Procédés de distillations :

Les techniques de dessalement de l'eau de mer les plus utilisées La distillation ou dessalement thermique. L'eau de mer est chauffée jusqu'à évaporation. Seules les molécules d'eau s'échappent, laissant en dépôt les sels et les autres substances. La vapeur d'eau est condensée pour obtenir de l'eau douce. Ce principe de dessalement très simple est utilisé depuis longtemps.

Le principe fondamental mis en œuvre dans les procédés de distillation est le fait que la température d'ébullition de l'eau diminue avec la pression. il s'agit dans tous les cas de

distillation sous vide qui permet de travailler à des températures inférieure à 120°C (Méricq, 2009) et (UNEP/MAP, 2003).

4-1-1. Distillation a simple effet :

Un faisceau tubulaire, alimenté par un fluide chauffant est plongé dans l'eau de mer à la Partie basse d'une enceinte étanche et sous vide. Le fluide chauffant provoque alors une évaporation de l'eau de mer.

La vapeur ainsi formée est condensée sur un faisceau tubulaire, placé dans la partie haute de l'enceinte et dans lequel circule l'eau de mer froide. L'eau distillée et condensée s'écoule du faisceau et est recueillie dans une goulotte d'où elle est pompée pour des usages divers. La température d'ébullition de l'eau de mer varie avec la pression donnée, il est important de noter que, pour une pression donnée, il existe un écart entre la température d'ébullition de l'eau pure et celle d'une eau saline (Fig. 04). (Danis, 2003)

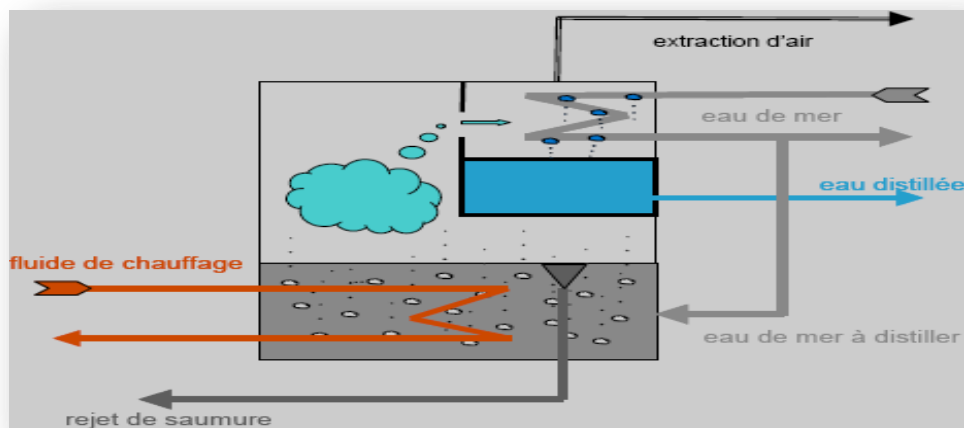


Figure 04: Principe de distillation à simple effet (Danis, 2003).

4-1-2. Distillation a multiples effets

On utilise la distillation à multiples effets pour améliorer le rendement thermique du cycle évaporation-condensation. La chaleur de condensation de la vapeur produite dans une première chambre d'évaporation réchauffe une seconde chambre à pression et température plus faibles et ainsi de suite L'eau de mer est chauffée dans le premier effet, vaporisant une fraction d'eau de mer, une partie de cette vapeur est condensée par le faisceau tubulaire où circule de l'eau de mer froide. L'autre partie de la vapeur est renvoyée dans l'effet suivant, Maintenu à une pression plus faible que le premier. De même, une partie de la saumure chauffée dans le premier effet est également utilisée pour chauffer l'eau de mer dans le second. À chaque effet, l'eau distillée est envoyée dans un collecteur (Fig. 05) (Danis, 2003).

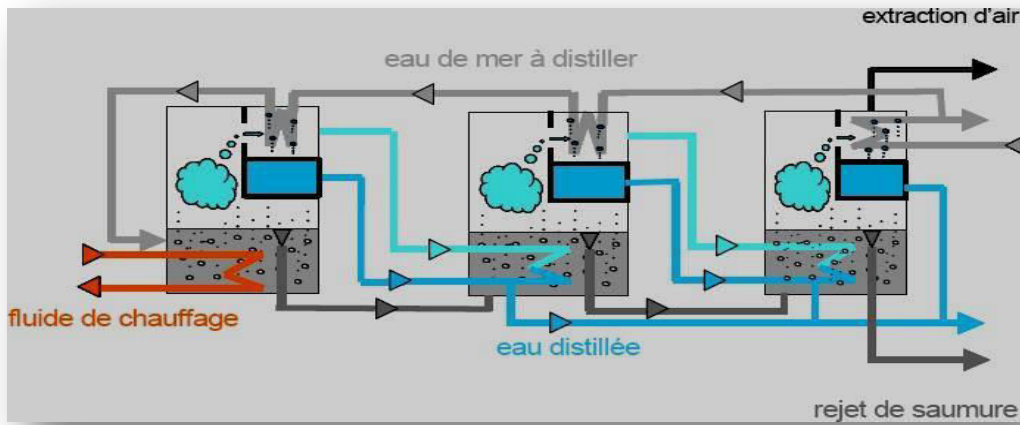


Figure 05: Distillation à multiples effets (Danis, 2003).

4-1-3. Distillation par décharges successives (Multistage Flash, Msf) :

Ce procédé dit Flash consiste à maintenir l'eau sous pression pendant toute la durée du Chauffage ; lorsqu'elle atteint une température de l'ordre de 120°C, elle est introduite dans une enceinte (ou étage) où règne une pression réduite. Il en résulte une vaporisation instantanée par détente appelée Flash. Une fraction de l'eau s'évapore puis va se condenser sur les tubes condenseurs placés en haut de l'enceinte, et l'eau liquide est recueillie dans des réceptacles en Dessous des tubes (Fig. 06). (Maurel, 2006).

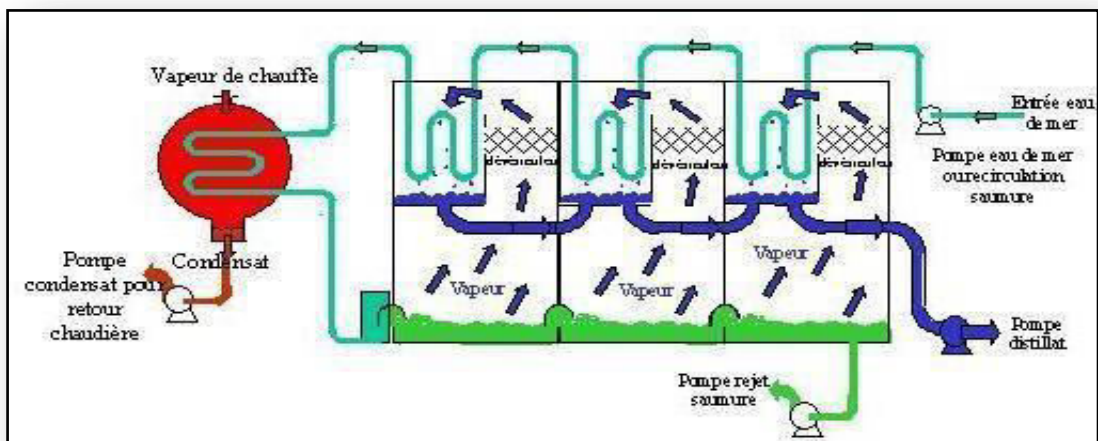


Figure 06: Principe de fonctionnement d'un système par décharges successives (MSF) (UNEP/MAP, 2003).

4-1-4. Distillation par compression de vapeur :

L'eau de mer à dessaler est portée à ébullition dans une enceinte thermique isolée. La vapeur produite est aspirée par le compresseur qui élève sa température de saturation. Cette

vapeur traverse ensuite un faisceau tubulaire placé à la base de l'enceinte et se condense en provoquant l'ébullition de l'eau salée (Fig. 07). (Rovel, 2012)

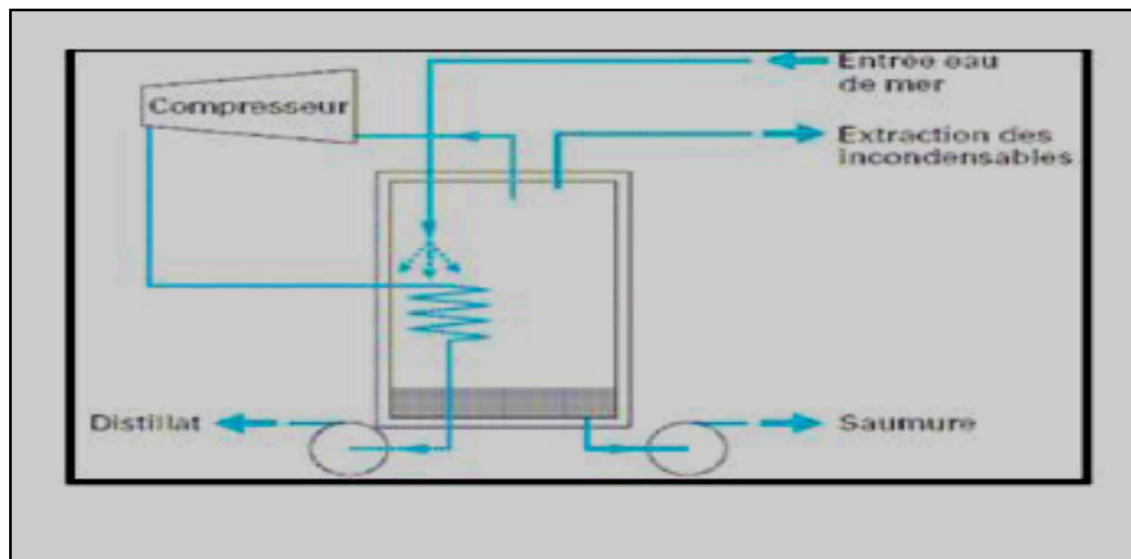


Figure 07: Compression mécanique de vapeur (Danis, 2003).

4-1-5. Perspectives de la distillation :

Les perspectives de développement de la distillation pour le dessalement de l'eau de mer sont importantes, nous citerons les points forts de ce procédé :

- Les performances et les coûts de la distillation sont pratiquement indépendants de la salinité de l'eau de mer à traiter ;
- Les procédés de distillation ne nécessitent pas de prétraitement sophistiqué de l'eau de mer : une filtration classique et une chloration pour éviter la prolifération d'organismes marins sont généralement suffisantes ;
- La salinité de l'eau produite par distillation est très faible (de 5 à 30 mg/l), on peut même atteindre 1mg/l, grâce à l'utilisation de séparateurs performants dans les évaporateurs ;
- Une grande partie de l'énergie nécessaire est constituée par l'énergie à bas niveau (température comprise entre 80 et 110°C) que l'on peut obtenir dans certains cas à des coûts très faibles.
- unité de distillation moins sensible aux problèmes de colmatage
- site disposant d'énergie dégradée a cout très faible
- obtention d'une eau pure pour l'industrie qui atteint 5 à 30 ppm de salinité

La distillation même si elle comporte quelques inconvénients ou même si coute assez chère est un procédé couramment utilisé pour le dessalement de l'eau de mer. C'est aussi un des plus connus et un des plus simples à reproduire. Cette technique restera longtemps en « 1 » place

dans la catégorie « dessalement d'eau de mer » jusqu'à la découverte d'un procédé plus performant et moins coûteux.

5. Autres procédés de dessalement :

a) Congélation :

La congélation de l'eau de mer fournit des cristaux de glace exempte de sel, le dessalement par congélation nécessite trois étapes :

- Congélation partielle de l'eau de mer ;
- Séparation des cristaux de glace pure avec la saumure ;
- Fusion des cristaux de glace.

Lorsqu'on refroidit une eau de mer jusqu'à environ (-2°C), il y a une formation de cristaux de glace qui sont constitués d'eau douce. L'eau de mer étant alors plus concentrée, elle résiste mieux à la congélation, si on fait baisser l'avantage la température, la production de glace augmente, aux environs de la température (-9°C), de surface de sodium déca-hydraté à tendance à participer pour produite de l'eau au- dessous de cette température. (Maurel, 2006).

b) Echange d'ion :

Certaines résines, insolubles, ont la propriété d'échanger certains de leurs ions avec ceux des sels dissous dans la solution (l'eau de mer) avec laquelle on met ces résines en contact. On utilise les résines anioniques pour échanger les anions de la solution par des ions OH⁻ et les résines cationiques qui permettent de remplacer les cations (Na⁺) par des ions H⁺. Ce procédé est plutôt utile pour déminéraliser l'eau de faible teneur en sel. (Maurel, 2006).

c) Distillation solaire :

On utilise surtout la distillation solaire pour obtenir des petites quantités d'eau douce. Cette méthode est fréquemment utilisée dans les îles grecques et en Polynésie par l'énergie solaire globale qui atteint le sol dans les régions tropicales et «équatoriales et qui est d'environ 58.6 kJ (m².min) et un évaporateur solaire constitué d'un bac pour contenir l'eau à faire évaporer et pour absorber l'énergie solaire, une toiture de verre ou de matière plastique ainsi que deux rigoles destinées à recevoir l'eau douce produite. L'énergie rayonnante de faible longueur d'onde traverse la toile de verre, absorbée en grande partie par l'eau et par le fond du bac pour être convertie en énergie thermique produisant ainsi de l'eau douce qui s'infiltre vers les rigoles se trouvant latéralement au bac (Fig. 08). (Maurel, 2006)

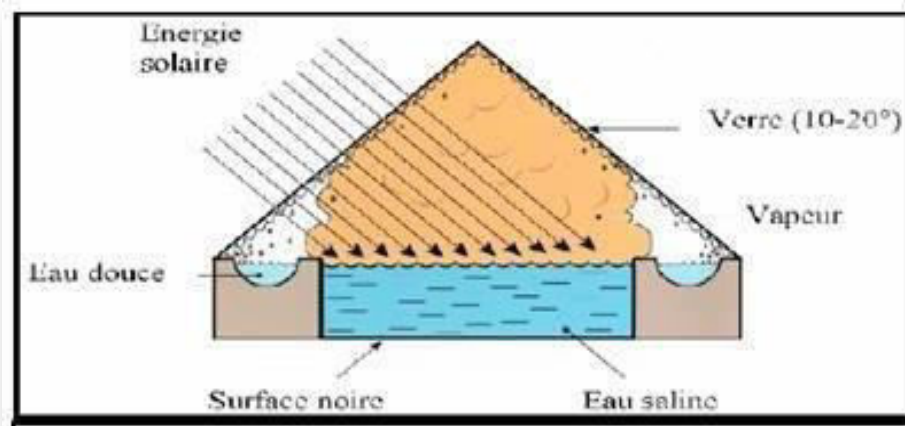


Figure 08 : Distillation solaire (Maurel, 2006).

5-1. Procèdes membranaires :

5-1-1. Généralités :

Le procédé de traitement des eaux par membrane d'osmose inverse est une des techniques de filtration membranaire. Il est utilisé en dessalement des eaux saumâtres, des eaux de mer et également pour la réutilisation des eaux usées urbaines et industrielles. L'objectif principal de cette technologie est l'élimination des sels et des substances organiques présentes dans les eaux ainsi qu'une partie des bactéries et des virus. En dessalement des eaux de mer, l'osmose inverse reste en compétition avec les procédés thermiques (multi flash ou multi effet). Le choix entre ces deux technologies dépend essentiellement des coûts énergétiques (électricité et vapeur), de la qualité de l'eau brute à traiter ou de l'eau dessalée à obtenir. (Jamaly et *al.*, 2014) et (PNUE, 2001)

a) L'ultrafiltration (UF) :

L'ultrafiltration a pour objet de séparer deux constituants en solution en fonction de leurs masses moléculaires. La membrane utilisée a des micropores de dimensions comprises entre 0,02 et 0,05 mm, cette technique a des applications très divers, tels que les industries agroalimentaires, Textiles et pharmaceutiques ainsi que dans le traitement des eaux.

b) La microfiltration (MF) :

Cette technique s'apparente à l'ultrafiltration mais s'en distingue par la nature des espèces à arrêter. De ce fait elles concernent la clarification et la stérilisation des eaux et des liquides alimentaires ou biologiques.

c) Osmose inverses :

Ce procédé fait l'objet de notre étude, OI est un procédé de séparation des sels dissous, la matière organique, les virus et bactéries de l'eau au moyen de membranes semi- perméables sous l'action de la pression (54 à 80 bar pour le traitement de l'eau de mer)

d) L'électrodialyse :

L'électrodialyse consiste à transférer des ions de sels dissous à travers des membranes qui ne laisse pas passer l'eau épurée, le mouvement des ions est provoqué par un champ électrique, l'électrode négative (cathode) attire les cations, tandis que les anions se déplacent vers l'électrode positive (anode) (Fig. 09).

Les installations sont formées d'empilements compartimentés de membranes alternativement anionique et cationique, un compartiment sur deux renferme des saumures concentrées et un sur deux du permet épuré.

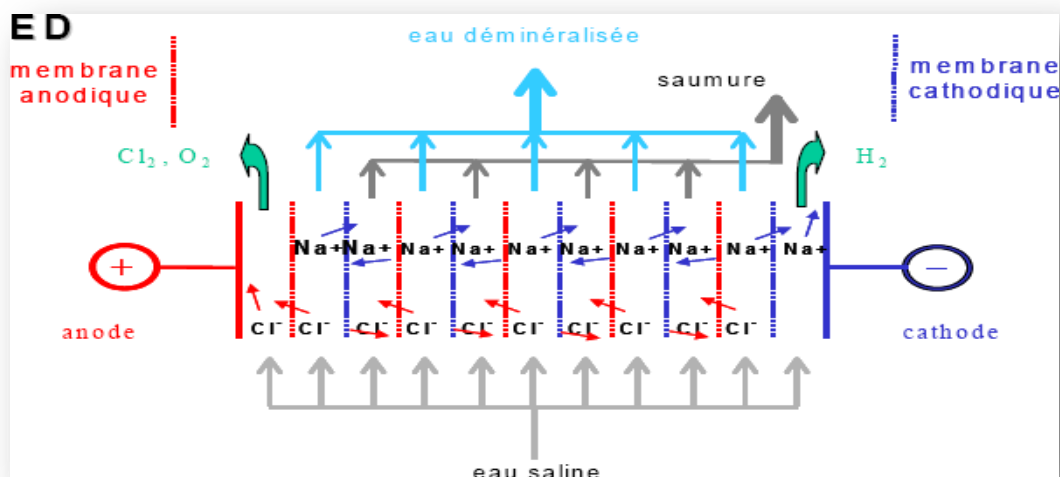


Figure 09: Principe de dessalement par l'électrodialyse (Bushnak, 2012).

❖ **Les membranes d'électrodialyse :**

Les membranes utilisées en électrodialyse sont des membranes échangeuses d'ions qui se présentent sous la forme de feuilles dont l'épaisseur est comprise entre 0.1 et 0.8mm. Du point de vue propriétés on distingue deux types de membranes :

- Les membranes échangeuse de cations qui sont perméables uniquement aux cations et dont le groupement fonctionnel est en général un groupement acide sulfonique (SO_3^-).
- Les membranes échangeuse d'anions qui sont perméables uniquement aux anions et

Dont le groupement fonctionnel est en général un groupement ammonium quaternaire (NR_3^+). (Maurel, 2006).

5-1-2. Osmose inverse :

- a) **L'osmose:** est un principe naturel. Si deux solutions aqueuses ayant une concentration saline différente, sont séparées par une membrane, l'eau passe spontanément de la solution la moins concentrée en sel à la plus concentrée.
- b) **L'osmose inverse :** est basée sur le principe opposé. Elle consiste à appliquer à cette eau salée une pression importante supérieure à la pression osmotique. qui nécessite une consommation énergétique élevée, pour la faire passer à travers une membrane. au terme de l'opération, seules les molécules d'eau traversent la membrane, fournissant ainsi de l'eau douce (Fig. 10).

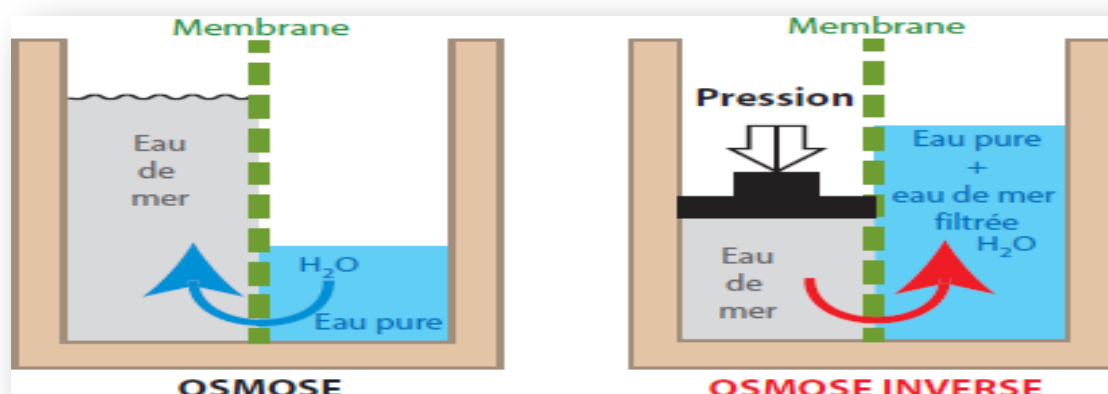


Figure 10: Principe de l'osmose et de l'osmose inverse (Bushnak, 2012).

L'écoulement s'effectue en continu tangentiellement à la membrane. Une partie de la solution à traiter (débit Q_0) se divise au niveau de la membrane en deux parties de concentrations différentes (Fig. 11):

- une partie (débit Q_p) passe à travers la membrane (perméat)
- une partie qui ne passe pas à travers la membrane (concentrât ou retentât) et qui Contient les molécules ou particules retenues par la membrane.

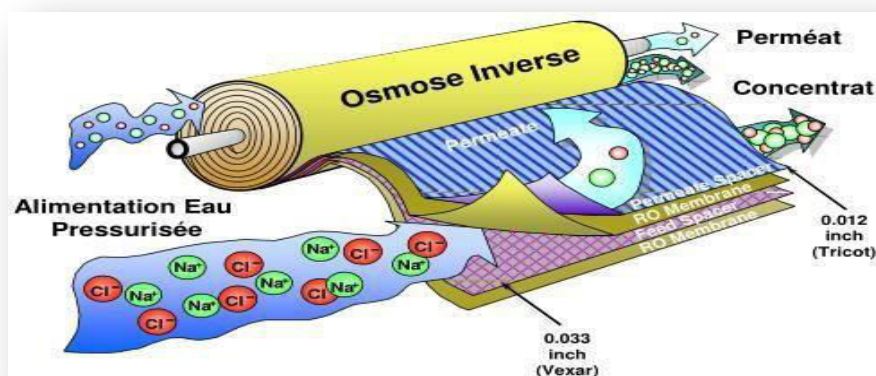


Figure 11: Membrane d'osmose inverse (Bushnak, 2012).

✚ *Osmose inverse Procédé de choix (Maurel, 2006) :*

L'osmose inverse progresse sur le marché de dessalement pour les raisons suivantes :

- Amélioration des performances des membranes d'osmose inverse (augmentation de la surface, réjection, perméabilité, matériaux...)
- Amélioration des performances des technologies de récupération d'énergie.
- Mise en œuvre plus facile
- Effet de tailles des projets
- Baisse des prix des équipements et des membranes.
- éprouvé et maîtrisable techniquement
- Modulable et flexible eu égard la demande en eau

✚ *Mécanisme de transfert de matière :*

Plusieurs théories ont été avancées pour décrire les transferts de matière à travers les membranes semi-perméables et expliquer le mécanisme de sélectivité (Fig.12) :

- Le modèle de type « solubilisation - diffusion » où le soluté et le solvant se dissolvent dans la membrane et y diffusent.
- Le modèle basé sur la notion de « capillaires » qui s'applique pour les membranes de microfiltration et moins l'ultrafiltration.

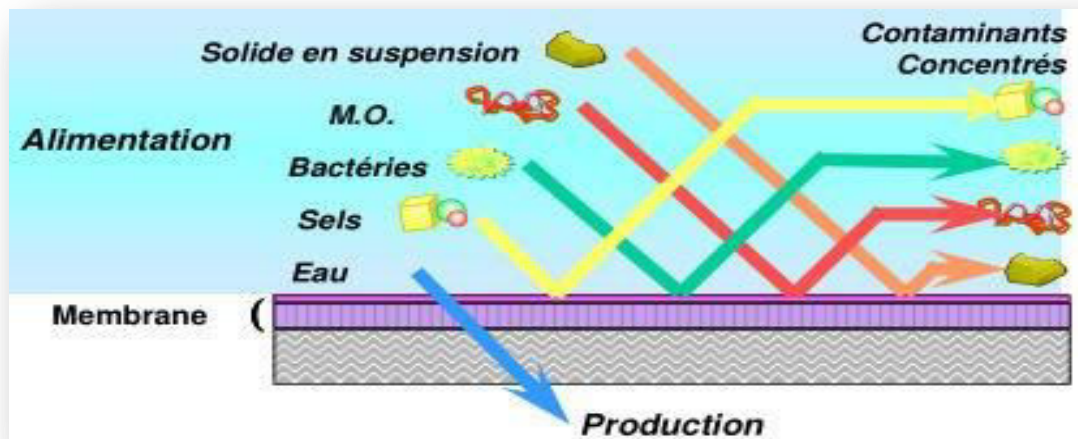


Figure 12: Mécanisme de transfert de matière (Maurel, 2006).

✚ Schéma général d'une installation d'osmose inverse :

Les principaux constituants d'une installation d'osmose inverse sont les suivant (Fig. 13) :

- Le poste de prétraitement ;
- Module avec la membrane ;
- La pompe haute pression ;
- Un système de récupération d'énergie

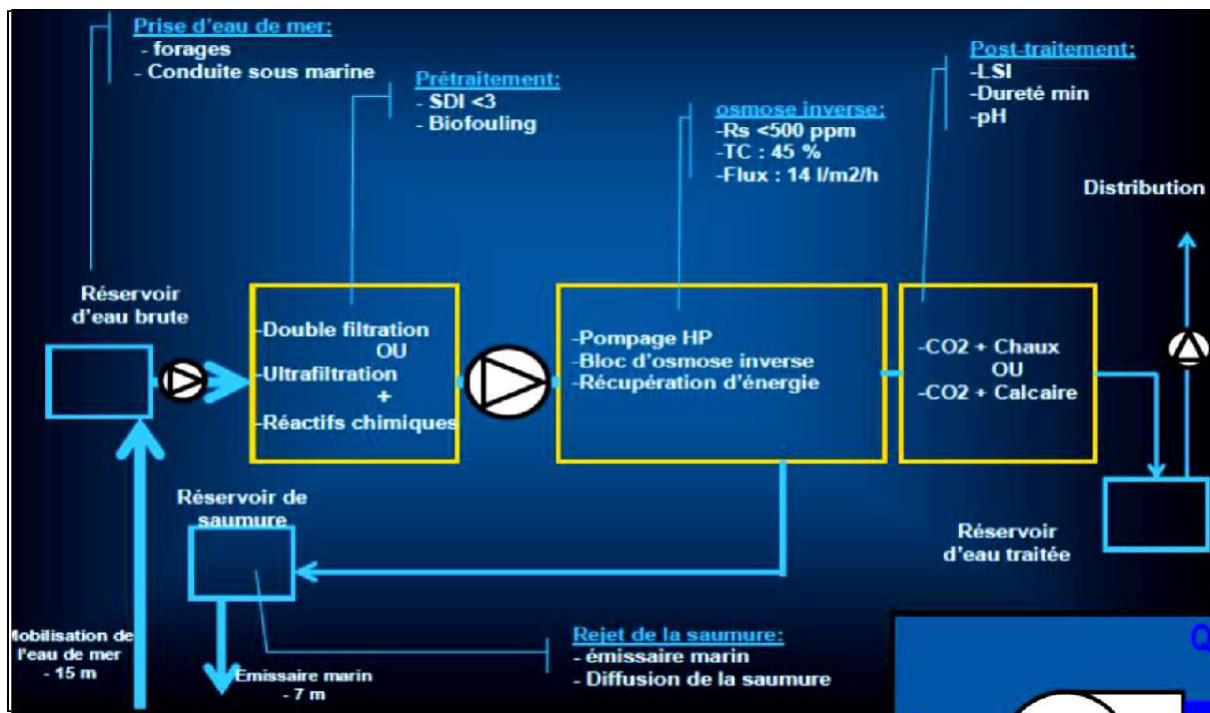



Figure 13: Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse (Lattemann, 2010).

 **NOTE :**

- 1) **Le prétraitement :** est essentiel dans le procédé d'osmose inverse parce que les surfaces des membranes doivent rester propres. Tous les solides en suspension sont donc éliminés et l'eau est traitée afin d'éviter la précipitation des sels ou le développement de micro-organismes.
- 2) **L'étape de prétraitement :** comprend une filtration très fine (maintenant à l'aide des membranes de nano filtration) et un traitement acide (ou l'addition d'autres produits chimiques) qui empêche le développement des micro-organismes. La pompe à haute pression fournit la pression nécessaire pour faire passer l'eau douce à travers la membrane.

 **Membranes d'osmose inverse :**

a) Les membranes :

- Est appelée membrane tout matériau qui mis sous la forme de parois minces a la propriété d'opposer une résistance sélective au transfert des différents constituants d'un fluide et donc de permettre la séparation de certains des éléments composant ce fluide
- La membrane est constituée d'une surface plane dont la perméabilité est sélective. Son objectif principal est d'éliminer le sel. Elle assure également la rétention des composants indésirables dans l'eau (micro algues, bactéries, certains virus, microorganismes, micropolluants), supprime la turbidité (eaux troubles), limite les sous-produits de désinfection et permet la production d'une eau épurée.

b) Caractérisations des membranes :

La caractérisation d'une membrane revient à mesurer les paramètres suivant :

- la distribution des tailles des pores
- la perméabilité à l'eau
- la sélectivité de la membrane

c) Les modules des membranes d'OI :

Actuellement quatre types de modules sont commercialisés et les membranes les plus couramment utilisées pour le dessalement de l'eau de mer sont la membrane à fibre creuse et la membrane de type spirale

✚ Modules spirales :

Les modules de type spiralés sont constitués d'une membrane plane et des espaceurs qui sont enroulés sur un tube destiné à recueillir le perméat, de manière à former des canaux permettant l'écoulement du perméat et de la solution (Fig. 14).

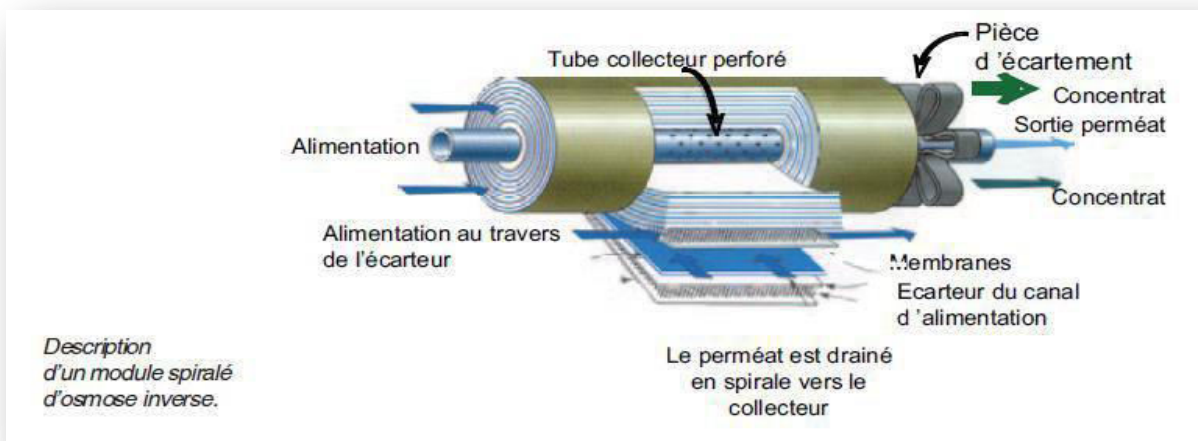


Figure 14: Module d'osmose inverse à enroulement spiral (Rovel, 2012).

- **Modules à fibres creuses :**

Les modules à fibres creuses sont constitués de paquets de minuscules tubes capillaires poreux, les ions sont rejetés lorsque l'eau traverse les parois des tubes et le perméat est recueilli à l'intérieur du canal central de fibres, les saumures se concentrent à l'extérieur des fibres contenues dans un réservoir.

- **Modules tubulaires :**

Ce type de module est constitué de tubes métalliques ou plastiques sur lesquels est fixée la membrane semi-perméable. Le diamètre du tube est de 5 à 15 mm. En générale l'eau de mer sous pression circule à l'intérieur du tube et l'eau douce produite est récupérée à l'extérieur du tube, le tube est soit poreux, soit perforé de trous pour permettre l'évacuation du perméat.

- **Modules plans :**

Ce type de module qui est le plus simple, est aussi le plus ancien. Il peut se présenter soit sous forme de plaques unitaires, soit sous forme de cartouches, un des paramètres importants est la distance entre membranes :

- faible épaisseur : nécessite de pré-filtration et difficulté de nettoyage.
- forte épaisseur : volume mort important et énergie de pompage élevée.

* **Choix des paramètres de fonctionnement :** (Maurel, 2006) et (Rovel, 2012)

a) Choix du taux de conversion :

Le taux de conversion Y est le rapport entre la quantité d'eau douce produite et la quantité d'eau de mer

$$Y = \text{Débit perméat} / \text{Débit d'alimentation}$$

- du point de vue économique, on a en effet intérêt à adopter un taux de conversion le plus élevé possible, de manière la quantité d'eau brute entrant dans l'installation, d'où des investissements plus faibles et une consommation d'énergie réduite
- un taux de conversion élevé a pour conséquence une concentration du circuit saumure plus importante d'où des risques de précipitation des sels peu solubles et une augmentation de la salinité de l'eau produite

b) Choix de la pression :

Comme pour tout procédé de séparation, le choix de la pression de fonctionnement doit faire l'objet d'une optimisation entre le cout de la consommation énergétique et le cout lié à la surface de membranes , en effet , lorsque la pression augmente la consommation d'énergie devient plus importante, par contre pour une production donnée, la surface de membranes nécessaire devient plus faible .

- La pression de fonctionnement doit être supérieure à la pression osmotique
- la sélectivité d'une membrane d'OI augmentant avec la pression on pourra dans certain cas être amenée à choisir la pression en fonction de la sélectivité souhaitée pour la membrane
- lorsque la pression est très élevée se pose des problèmes de tenue mécanique des membranes (compactage), ainsi que des modules .actuellement la pression maximale se situent aux environs de 70 – 80 bars.

c) Choix de la température :

Pour une pression donnée le compactage d'une membrane est d'autant plus important que la température est élevée le débit d'eau à travers la membrane augmente avec la température par suite de la diminution de la viscosité, cette augmentation est environ 3% par degré Celsius

d) Consommation de l'énergie :

Le procédé d'osmose inverse ne faisant pas intervenir de changement de phase, doit présenter une consommation d'énergie plus faible que l'autre procédé de séparation telle que la distillation.

- *Qualité de l'eau traitée par osmose inverse :*

L'eau obtenue par traitement sur membranes d'osmose inverse est exempte de toute particule solide et de tout colloïde

- l'eau sortante de l'osmoseur est complètement déminéralisée, sont ainsi éliminés totalement ou en quasi- totalité, nitrates, amiante, herbicides, calcaire, mercure, plomb, et autres métaux lourds ainsi que tout ce qui est dissous, dans les conditions standard d'évaluation des performances ,des performances ,le pouvoir de rendons des membranes polyamide d'OI
- l'eau traitée par l'OI et une eau apyrogène, puisque les endotoxines pyrogènes, de masse molaire très élevée sont en totalité retenues par les membranes, dans la pratique cette théorie est presque toujours vérifiée
- les expériences montre que l'eau traité par l'OI est presque toujours une eau stérile, il impossible de garantir de façon absolue une telle stérilité

- ***Les paramètres influençant le fonctionnement d'un système d'osmose inverse***

(Maurel, 2006 ; NRC, 2008 ; Rovel, 2012) :

a) Le vieillissement des membranes :

La productivité des membranes diminue avec le temps, cette diminution est due au compactage et au vieillissement des membranes, pour prédire la baisse des performances des membranes on peut se baser sur :

- une diminution du flux de 7% par an
- une augmentation du passage en sels de 10% par an

b) Le dimensionnement :

Un bon dimensionnement du système d'osmose inverse permet d'optimiser son exploitation, par diminution des risques de colmatage rapide ; le bon dimensionnement permet aussi de diminuer le compactage naturel des membranes.

c) condition d'exploitation :

Un système d'OI doit fonctionner le plus possible en continu afin d'éviter les arrêts et les démarrages brusques qui entraînent des cycles répétés de compression et de relâchement des membranes ce qui accéléré leur vieillissement il faut aussi éviter les coups de bélier qui endommagent la couche active des membranes, ce qui se caractérise par l'empreinte des espaceurs sur la surface visible des membranes.

On peut aussi constater le vieillissement ou le mauvais fonctionnement des membranes en surveillant l'évolution de la perte de charge tout au long des éléments.

Le procédé d'OI semble être la technologie du futur pour le traitement de l'eau. En effet, ce procédé non polluant permet de produire une qualité constante quelque soit la qualité de l'eau brute.

d) La durée de vie d'une membrane :

La durée de vie d'une membrane dépend évidemment de ses qualités chimiques et ses conditions d'emploi :

- Pression de fonctionnement
- Température de
- pH
- Qualité du pré traitement



Figure 15: Module des membranes (Rovel, 2012).

• **Les paramètres influençant sur les membranes :**

La membrane est le point clef des installations par osmose inverse. Or la séparation membranaire possède un talon d'Achille : le colmatage de la membrane.

• **Que peut-il causer l'encrassement des systèmes d'osmose inverse?**

Quatre différents types d'encrassement sont identifiés:

- Encrassement par les particules
- Biofouling (encrassement biologique)
- Encrassement Organique
- Colmatage

a) Biofouling :

- Défini comme l'accumulation des bactéries, y compris sur la surface due à l'attachement et la croissance bactérienne.

- L'accumulation de biomasse/ formation du biofilm à tel niveau que des problèmes opérationnels surviennent, est appelée (**Biofouling**) (Maurel, 2006).
- Le Biofouling dans les systèmes d'Osmose Inverse et nanofiltration est causé par les bactéries, sont partout. Même dans l'eau potable. La taille d'une Bactérie est petite entre 0.1–10 µm (Maurel, 2006).
- Les Bactéries ont tendances pour adhérer aux surfaces, y compris les surfaces membranaires. Elle produisent des substances polymères extra cellulaire (Polysaccharides, Protéines, Glycoprotéines, Lipoprotéines, autres macromolécules), ces substances sont à l'extérieur des cellules et agissent comme une "colle".

- **Compréhension du problème :**

- La raison fondamentale du biofouling est la présence de la nourriture dans l'eau d'alimentation .La bactérie dans l'eau à besoin de la matière organique pour survivre et se multiplier. Quand un excès de nourriture est disponible le nombre des bactéries augmente. (Jamaly *et al.*, 2014)
- Le chlore oxyde la matière organique et la transforme en matière organique assimilable, et ces matières formés par chloration de l'eau brute.
- En effet, le Chlore réagit avec la matière organique naturelle tel que l'acide humique pour former du carbone organique assimilable / biodégradable.
- Le Chlore coupe les molécules larges de l'acide humique en petits morceaux, qui sont assimilables (peuvent être mangés) par les bactéries
- La nourriture peut être introduite par : l'acide sulfurique contaminée ou l'acide Chlorhydrique, due au nettoyage insuffisant des citernes de stockage ou acide utilisé ailleurs.
- Les séquestrant qui sont biodégradables (les acides poly carboxyliques, Les acides poly maléiques, Les acides poly acryliques, Les phosphorâtes) (Jamaly *et al.*, 2014)

b) L'encrassement organique :

Il peut être provoquée par la matière organique naturelle : acides humiques due à :

- L'adsorption ou la réaction chimique avec le matériau de la membrane
- Précipitation due au changement du pH dans l'eau d'alimentation (dose d'acide) dépassant la solubilité due à la concentration dans les saumures

« Produits de pétrole, Polymères organiques utilisés dans le prétraitement »

c) L'entartrage :

Les composés inorganiques faiblement solubles présents l'eau brute, voient leurs concentrations augmenter dans la saumure (concentrât)

- La précipitation peut avoir lieu quand la solubilité va être dépassée par exemple :

- 1) Carbonate de calcium Sulfate de calcium
- 2) Silice (SiO₂) Sulfate de baryum
- 3) Sulfate de strontium

- **Comment éviter l'entartrage :**

- Ne pas dépasser la solubilité d'aucun composé.

Cette approche limite le taux de conversion, ce qui engendre un prétraitement plus important et une perte d'eau et d'énergie.

- Dosage d'un acide pour éliminer la super saturation.

- Ceci est applicable seulement pour le carbonate de calcium.

- Dosage d'un séquestrant (en combinaison avec un acide)

- Le séquestrant permet un taux de super saturation Sr significatif des composés inorganiques faiblement solubles. (Maurel, 2006)

d) L'encrassement par particules :

- Les particules en suspension et colloïdales ex :

- | | |
|--|--|
| ❖ Argile | ❖ Bactérie, sans multiplication |
| ❖ Matières organiques | ❖ Fer (II) adsorbé et oxydé en Fe(OH) ₃ |
| ❖ Coagulants « Fe (OH) ₃ , Al (OH) ₃ » | ❖ Manganèse (II) adsorbé et oxydé en Mn ₃ O ₄ MnO ₂ |
| ❖ Algues | |

e) Colmatage des membranes :

- ✓ Le dépôt de matières entraîne la formation d'une couche à la surface de la membrane ce qui a pour conséquence de réduire le débit de filtration et donc les Performances de l'opération. Le colmatage est responsable dans trois quarts des cas du vieillissement de la membrane
- ✓ Le colmatage est un des problèmes les plus importants que l'on rencontre lors de la mise en œuvre des techniques à membranes.
- ✓ Il peut être défini comme une diminution de débit de perméat au cours du temps qui associée en générale à une variation de la sélectivité.
- ✓ Les dépôts qu'ils rencontrent peuvent être de nature très diverses :
- ✓ les sels minéraux (carbonate de calcium, sulfate de calcium, sulfate de magnésium).
- ✓ Les hydroxydes (hydroxyde de fer).
- ✓ Les matières organiques (protéine, gels divers).
- ✓ Les films biologiques provenant de développement, bactérien.

- ✓ La concentration top élevée (soit la concentration moyenne, soit les surconcentrations local dues aux phénomènes de polarisation.
- ✓ La présence des matières en suspension qui se déposent sur les membranes par suite de conditions hydrodynamiques favorables (vitesse faible).
- ✓ La réaction d'adsorption entre certaines molécules et les matériaux membranaires.
- ✓ Moyens de prévention du colmatage :
- ✓ Les moyens de prévention doivent être adaptés à la nature de phénomène qui est à l'origine de colmatage. (Jamaly *et al.*, 2014) et (Maurel, 2006)

- **Nettoyage des membranes :**

Le choix des solutions de nettoyage dépend, d'une part, de la nature des dépôts qui sont à l'origine du colmatage et d'autre part, de la nature des membranes : il faut en effet dissoudre des dépôts sans détériorer ces dernières. (Maurel, 2006 ; Rovel, 2012)

- On comprend dans ces conditions que chaque fournisseur de membrane préconise pour chaque cas une solution de nettoyage fonction de la nature de la membrane et de la nature du dépôt.
- Quand les membranes sont encrassées une pression plus élevée est nécessaire pour maintenir les flux (capacité).
- Pour éviter un encrassement irréversible les fabricants des membranes recommandent de nettoyer chimiquement les membranes quand la pression augmente de 10-15%.

- **Nettoyage par contre pression:**

Cette procédure appelée en anglais « back flushing » consiste à employer une pression dirigée du circuit de perméat vers le circuit de concentrât. Un volume contrôlé de perméat traverse la membrane en sens inverse et, dans de nombreux cas, élimine une partie des dépôts, l'efficacité de ce nettoyage dépend beaucoup d'une part de type de dépôt, et d'autre part de la fréquence et de l'amplitude des impulsions de la pression appliquée à contre-courant.

- **Les produits chimiques utilisés pour le nettoyage des membranes :**

- 1) Acide citrique pour éliminer le fer
- 2) Soude caustique avec EDTA (pH=10, non acétate cellulose) pour éliminer la matière organique et le biofouling.
- 3) Produits Commerciaux (détergents)

- **Avantages des procédés à membranes :**

Avant tout, ils permettent de diminuer par 3 ou 4, les consommations énergétiques par rapport au dessalement thermique. Toutefois, les chercheurs travaillent à améliorer certains points: gérer les résidus (concentrât) pour améliorer le bilan environnemental,

- Augmenter le rendement : le volume d'eau pompée est 2 à 3 fois supérieur au volume d'eau potable produite par le dessalement,
- Maîtriser les phénomènes de colmatage,
- Réduire les coûts de fonctionnement

5-1-3. Consommation énergétique :

- **Consommation énergétique d'une usine de dessalement :**

Pour le calcul de la consommation énergétique de l'usine, nous prendrons en compte les éléments suivants :

- Pompes de captage
- Pompes Hautes Pression (HP)
- Autres sources (éclairage, ventilation, ...)
- Récupérateurs d'énergies (échangeurs de pression, turbines, ...)

Moyennes de consommation énergétique de procédés de traitement de l'eau :

Il existe des valeurs moyennes calculées par Veolia Environnement et présentées dans le tableau 07.

Tableau 07: Consommation électrique de filières de production d'eau potable (Vince et Debatz, 2007)

Filière de production d'eau potable	Consommation Electrique (Wh/m3 d'eau potable)
Traitement conventionnel	50 –150
Traitement membranaire (UF ou MF)	100 –200
Traitement membranaire avancé d'eau de surface ou de nappe	250 –700
Dessalement d'eau saumâtre (NF ou OI)	600 –1500
Dessalement d'eau de mer avec système de récupération d'énergie (OI)	3000 – 5000
Dessalement d'eau de mer sans système de récupération d'énergie (OI)	5500 – 8000
Dessalement thermique (distillation)	> 6000
Réutilisation d'eau usée	250 –1500
Traitement des boues	5 – 15

Pour le procédé de dessalement d'eau de mer par osmose inverse (OI) avec système de récupération d'énergie, la consommation moyenne d'électricité est de **3 à 5 kWh/m³** d'eau produite.

6. Rejets et impacts de dessalements :

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 activités de construction et d'exploitation peuvent se traduire par une série d'impacts sur les zones littorales, affectant notamment la qualité de l'air, la qualité de l'eau, la flore et la faune marines, la perturbation d'écosystèmes importants (dunes de sable, herbiers marins et autres habitats vulnérables par suite de l'emplacement choisi pour le trajet des canalisations), le dragage et l'élimination des déblais qui en résultent, le bruit. Toute une série de produits chimiques et d'additifs servent en effet, lors du dessalement, à prévenir ou combattre l'entartrage ou la prolifération de microorganismes dans les circuits, faute de quoi la bonne marche de l'exploitation serait entravée (Maurel, 2006) et (PNUE, 2001).

6-1. Saumure :

La saumure est un sous-produit du dessalement inévitable, qui est déchargée, généralement dans l'environnement marin. Les constituants présents dans ces eaux résiduelles 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 anti-salissures (anti-fouling), mais également des eaux chaudes et des effluents aqueux tels que les distillats et condensats d'éjecteur (Dawoud *et al.*, 2012).

Composition de la saumure Toutes les usines de dessalement utilisent des produits chimiques pour le prétraitement de l'eau d'alimentation ainsi que le post-traitement de l'eau produite. La plupart des produits sont utilisés avant tout comme agents biocides, antitartre, antisalissure et 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. Ces produits chimiques ne sont pas

les mêmes pour les principaux procédés de dessalement, à savoir MSF et l'osmose inverse. Les différents produits chimiques des phases de pré- traitement et post- traitement au cours de la production d'eau potable par dessalement est reproduite sur le tableau 08. (Bleninger, et Jirka, 2010) et (PNUE, 2001).

• **Rejet des eaux de lavage à contre-courant des membranes dans les usines OI :**

Dans les usines d'osmose inverse, le nettoyage 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. Ces produits chimiques sont normalement épurés avant leur rejet dans la mer (PNUE, 2001) et (Mabrook, 1994).

Tableau 08 : Grille d'impacts néfastes sur l'environnement associés aux procédés de dessalement (PNUE, 2001). E : Impact de degré élevé, M : Impact de degré moyen, F : Impact de degré faible.

Impact	Origine de l'impact	Degré d'impact
-Pollution thermique, Réduction de l'oxygène dissous dans les eaux réceptrices, -Effets nocifs pour les espèces thermorésistantes	- Saumure chaude	M
		M
Salinité accrue Effets nocifs pour les espèces résistantes aux sels	- Saumure concentrée	M
Désinfectants	Chlore et ses composés Réaction du chlore avec des composés organiques hydrocarbures principalement	E
Métaux lourds	Corrosion du matériel de l'usine	M
Produits chimiques : - Eutrophisation des eaux réceptrices - Toxicité - Hausse du pH	-Adjonction d'agents -Anticorrosion et antitartre	E E F
-Pollution atmosphérique -Pluies acides -Effet de serre -Poussières	Utilisation de combustibles et activités d'élimination	F
		M
		M
chez les animaux aquatiques	Excavation et de dragage	M
Bruit	-Activités de construction -Pompes et autres appareils au cours de l'exploitation de l'usine	F

6-2. Effets dus aux produits de la corrosion :

Sont rejetés par les unités de dessalement et peuvent constituer une menace pour les organismes d'estuaire en raison de leur toxicité. Nous avons :

- **Les traces de métaux :**

Le Ni, Mo, Fe, Cr, Zn, provenant de la dissolution de tuyauterie et système de condensateur de refroidissement et autres dépendants des alliages présents dans la ligne du process. Ces métaux provoquent des stressés au niveau des communautés aquatiques et leurs effets seront plus marqués au niveau des habitats benthiques soumis à un enrichissement plus élevé de métaux trace (Hoepner, 2003).

- **Le Cuivre :**

A forte concentration, le Cuivre est très toxique et joue le rôle d'inhibiteur d'enzymes au niveau de l'organisme et peut entraîner le décès d'un nombre important d'espèces susceptibles. Pour le phytoplancton, le Cuivre inhibe la photosynthèse, limite l'absorption et l'assimilation du nitrate et l'adsorption du silicate. Au niveau des poissons d'estuaire, des changements apparaissent dans la physiologie de l'organisme, la reproduction et le développement (Rashad, 2007).

- **Le Fer :**

Le Fer est contenu dans certains additifs entrants dans le processus de dessalement. En présence d'une forte salinité peut conduire à un accroissement de la turbidité qui risquera de perturber la photosynthèse (Rashad, 2007).

6-3. Effets dus aux additifs antitartres :

Les produits utilisés contre l'entartrage sont les phosphates polymères. Dans une zone marine oligotrophe comme la mer méditerranée, le rejet de ces produits peut avoir des effets drastiques tels que des efflorescences algales, des proliférations d'algues macroscopiques, etc. Ces dernières années, les agents antitartre les plus largement utilisés ont été les polymères de l'acide maléique pour empêcher l'apparition d'effets eutrophisants (Hoepner, 2003).

1-6-4. Effets des additifs antisalissure :

Si le chlore est un agent antisalissure à large spectre, il présente aussi des effets étendus sur le milieu marin quand il est rejeté avec la saumure. Il occasionne des effets biologiques par son action stérilisante intrinsèque et des effets chimiques en halogènes les constituants organiques de l'eau de mer (Rashad, 2007). D'autres agents anti-salissures comme les sels de cuivre entraînent des rejets de cuivre dans la saumure, et ce métal, même à de très faibles

concentrations (moins de 1ppm), peut avoir des incidences sur l'environnement par suite de son accumulation (Hoepner, 2003).

6-5. Effets des additifs anti-mousses :

Les agents anti-mousses sont des détergents. Ces derniers ont des effets nocifs sur les 5 organismes en altérant le système membranaire intracellulaire. Les effets sur l'écosystème marin n'ont pas été étudiés mais pourraient être négligeables (Hoepner, 2003).

6. Impact de bruit :

Une usine de dessalement par filtration membranaire est plus bruyante, et la majeure partie de ce bruit provient des pompes haute pression et des turbines de récupération d'énergie qui présente un danger pour les travailleurs de la station (PNUE, 2001).

6-7. Effets dus au prélèvement d'eau de mer :

Les usines de dessalement de l'eau de mer ont des dispositifs d'admission situés au large qui leur permettent de prélever de grosses quantités d'eau à proximité de certains habitats marins. Par exemple, des tambours tamiseurs sont souvent disposés entre le dispositif d'apport et les pompes d'alimentation afin d'empêcher des débris flottants, des organismes marins volumineux et autres matières de pénétrer dans le circuit de pré-traitement de l'usine de dessalement. Le prélèvement représente deux sources potentielles d'impact, à savoir le heurt du poisson sur les tambours et l'introduction de biotes dans le circuit d'eau d'alimentation qui représente une menace importante pour le phytoplancton et le zooplancton, pour conséquences des dommages physiques comme l'écaillage et des troubles tels qu'une désorientation. Ce phénomène entraîne une augmentation de la mortalité par maladie et une vulnérabilité accrue à la prédation (NRC, 2008).

6-8. Effets potentiels des rejets de saumures concentrées :

Une variation de la salinité et/ou de la température due au rejet de saumure retentit aussi sur les habitudes migratoires du poisson le long des côtes. Si certaines espèces de poissons ressentent une variation de la salinité ou de la température, elles peuvent éviter la zone du panache et s'éloigner au large. Il s'ensuit que le poisson peut être forcé de nager sur une plus longue distance, de quitter la zone de plus grande disponibilité alimentaire et devenir davantage exposé aux prédateurs. Les impacts de ces modalités nouvelles sont incertains car notre connaissance de la migration du poisson le long des côtes reste limitée et que l'on ne sait pas avec certitude quelle est la taille du panache susceptible d'occasionner ces effets (Lattemann, et . Hoepner, 2003).

La température d'effluent a une influence importante sur les propriétés physiques de l'eau de mer et peut détériorer sa qualité. La solubilité d'oxygène diminue avec l'augmentation de la

température, cette température élevée de l'eau accélère la respiration de bactéries et peut promouvoir l'anoxie ou l'hypoxie contribuant à l'élimination de la vie aquatique, en particulier durant l'été. (Fernández-Torquemada, Sánchez-Lizaso, 2013) et (UNEP/MAP, 2003).

6-9. Impacts des rejets de saumures sur l'écosystème marin :

En ce qui concerne l'impact des saumures, il faut souligner que la salinité des saumures est comprise entre 68 et 90 g/l. Cette différence de salinité avec l'eau de mer explique le comportement du rejet hyper-salin, la masse d'eau très dense forme une couche sur le fond marin et se déplace suivant les lignes de pente maximale. Le degré de stratification est tellement élevé que la dilution de cette masse d'eau avec la couche d'eau supérieure de salinité ambiante est très difficile, même avec un certain degré d'exposition hydrodynamique. Le concentrât contient également les résidus des produits chimiques ayant servi aux prétraitements. Ils entraînent en particulier une acidification de l'eau (pH compris entre 6 et 6.5) ce qui a un impact sur la matière biologique, et en particulier sur les coraux. Si l'on utilise du métabi-sulfite de sodium pour la déchloration de l'eau d'alimentation ou en tant que traitement biocide, ce produit a un impact sur le phytoplancton en particulier (Cooley et al., 2006).

7. Paramètres étudiés

7-1. Paramètres physicochimiques :

7-1-1. Température :

L'eau de mer est, en général, plus ou moins froide suivant la latitude. Chaude à l'Équateur (26°C en surface dans l'océan, plus de 30°C dans les mers intérieures l'été), froid aux pôles (1 à 3°C) en surface. L'océan Indien à latitude égale est plus chaud que l'Atlantique. A la même latitude dans un même océan les températures sont différentes.

Dans l'hémisphère Sud le phénomène est inverse : ce sont les façades Ouest des continents qui sont plus froides que les côtes Est. Les différences de température sont également importantes suivant les profondeurs.

Les couches superficielles de la mer peuvent être réchauffées ou refroidies par l'air ambiant. Dans les régions polaires, la température des eaux est plus basse au pôle Sud qu'au pôle nord. Les échanges thermiques entre la surface de l'eau de mer et l'atmosphère sont très importants : le climat est influencé par la température de l'eau de mer. Les océans se réchauffent moins vite et se refroidissent moins vite également que la terre. Pour cette raison, les régions qui bordent l'océan jouissent d'un climat océanique, plus tempéré (doux et humide) (MOULIN, 2004).

7-1-2. pH :

L'eau de mer faiblement alcaline et son pH moyen est de 8,2 avec des variations entre 7 et 8,4. Les variations de pH ont une certaine analogie avec celle d'oxygène dissous. Ceci s'explique en considérant l'activité synthétique de certains organismes : une forte production d'oxygène s'accompagne d'une diminution de la teneur en CO₂ et par conséquent d'une augmentation du pH ; l'oxydation de la matière organique diminue la teneur en oxygène de l'eau en produisant du CO₂ et par conséquent abaisse le pH.

Dans certaines conditions le p peut prendre des valeurs particulières. Notamment dans les bassins isolés où il peut y avoir production d'H₂S. Le pH peut approcher des valeurs voisines de 7 ou tomber à des valeurs nettement plus acides.

Le pH des eaux de mer décroît avec une augmentation de température. Pour une eau chlorinité de 19,5‰ et de pH=8, une élévation de température de 1°C, entre 10°C et 20°C, diminue le pH de 0,0109. De même, une augmentation de pression de 100 bars produit une diminution du pH de l'ordre de 0,02 (HABET, 2012).

7-1-3. Conductivité électriques :

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise, entre deux électrodes métalliques (Platine) de 1cm² de surface et séparée l'une de l'autre de 1cm. L'unité de la conductivité est le *Siemens* par mètre (S/m). La conductivité donne une idée de la minéralisation d'une eau et est à ce titre un bon marqueur de l'origine d'une eau (ATALLAH, 2014).

7-1-4. Salinité TDS :

La salinité est la quantité totale des résidus solides (en grammes) contenu dans 1 kg d'eau de mer, quand tous les carbonates ont été transformés en oxydes, le brome et l'iode remplacé par le chlore et que toute la matière organique a été oxydée.

Il est très difficile d'estimer la salinité par analyse chimique directe (séchage et pesée du résidu solide), car certains corps présents, notamment les chlorures, s'échappent au cours du dernier stade de séchage. On utilise le fait que, dans l'eau de mer, les proportions relatives des principaux constituants sont pratiquement constantes. Le dosage de l'un d'entre eux est donc susceptible de donner la teneur de tous les autres, ainsi que la salinité. Les ions chlore, brome et iode peuvent aisément être dosés, avec précision, par titrage au nitrate d'argent (Le CALVÉ, 2002).

7-1-5. Turbidité :

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, la pluviométrie joue un rôle

important vis-à-vis de ce paramètre dans les eaux superficielles et souterraines selon leur origine (SAVARY, 2010)

7-1-6. Résistivités :

La résistivité est l'inverse de la conductivité. Les unités les plus souvent employées sont le kilo hm x cm ou le Mégohm x cm.

7-1-7. Matières en suspensions :

Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques 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 (ATALLAH, 2014).

7-1-8. Dureté :

La dureté d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, excepté celles des métaux alcalins (Na^+ , K^+) et H^+ . Elle est souvent due aux ions Ca^{++} et Mg^{++} .

La présence de ces deux cations dans l'eau tend souvent à réduire la toxicité des métaux. La dureté se mesure en mg de CaCO_3 par litre.

Dans l'eau, sont déterminées :

- 1) La dureté totale ou titre hydrotimétrique TH qui est la somme des concentrations calcique et magnésienne ;
- 2) La dureté calcique qui correspond à la teneur globale en sels de calcium ;
- 3) La dureté magnésienne qui correspond à la teneur globale en sels de magnésium ;
- 4) La dureté carbonatée correspond à la teneur en hydrogénocarbonate et carbonate de calcium et de magnésium (ATALLAH, 2014).

7-1-9. Nitrites :

Les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, ce qui explique les faibles concentrations rencontrées en milieu aquatique.

7-1-10. Chlorures :

Les chlorures sont très solubles dans l'eau, leurs éliminations sont difficiles et les méthodes classiques de traitement sont inefficaces. On signale un taux d'élimination de 87% dans le cas dispositif de traitement basé sur l'absorption sur charbon actif granulaire et l'osmose inversée. Les concentrations de chlorure dans l'eau peuvent augmenter pendant le traitement si on utilise du chlore pour la désinfection et des sels de chlore. Les eaux destinées à la consommation humaine, ont une teneur en chlorure de 500 mg/l et des fois 600 mg/l (norme Algérienne) (Rodier, 2005).

7-2. Paramètres bactériologiques :

Le risque microbiologique d'origine hydrique (ou risque infectieux) correspond à la présence dans l'eau de microorganismes pathogènes, ou potentiellement pathogènes (opportunistes) et ce en quantité supérieure au seuil d'infection fixé par l'OMS. Parmi ces microorganismes, on distingue les virus, les bactéries et les protozoaires.

Le risque microbiologique provient donc du pouvoir pathogène de ces germes qui est conditionné par les propriétés de l'agent infectieux.

Il convient de préciser que la mise en œuvre de procédés élémentaires de désinfection telle que la chloration de l'eau, permet d'éradiquer totalement les fléaux tels que le choléra, la dysenterie bacillaire ou les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes (LEBLEU, 2007).

Chapitre II
Matériel et Méthodes

Chapitre II : Matériel et Méthodes

1- Description de la zone d'étude :

La construction du complexe GL1K rentre dans le cadre d'une stratégie de « Sonatrach » à vendre le maximum de gaz naturel vers ses clients potentiels, à savoir, les états unis et l'Europe.

Hormis les gazoducs existants, celui de l'Italie et l'Espagne (projet en finalisation) et à l'effet que la liquéfaction du gaz naturel est un moyen efficace (1 volume de gaz liquide correspond à 600 fois le volume de gaz vapeur), l'objectif est d'exporter le gaz, par navire méthaniers, où le GNL est produit dans des usines situées sur le littoral du pays.

Le GL1K est l'un de la série de Sonatrach et joue un rôle primordial en matière de production et commercialisation du GNL, c'est l'un des complexes qui permet à SONATRACH d'exporter environ 24 % de l'ensemble de ses exportations gaz.

1-1. Situation géographique :

L'usine est située à 3 km à l'est de la ville de Skikda, elle s'étend actuellement sur 92 hectares (Fig. 16).



Figure 16 : Situation du complexe GL1K dans la zone industrielle.

1-2. Présentation du complexe GL1/K de Skikda :

Le complexe de liquéfaction du gaz naturel GL1 /K de Skikda est implanté à environ 3,8 km à l'est de Skikda ; ville côtière au nord-est de l'Algérie ; il occupe une superficie totale de 93hectares ; l'usine est limitée au nord par la mer méditerranée à l'est par le CP1/K, sud par la raffinerie et terminale et l'ouest par la SONEGAS. La réalisation du projet de construction de complexe GL1/K s'est opérée en trois phases selon un planning élaboré comme suite :

En 1967 a été lancé l'appel d'offre dont les soumissionnaires étaient des sociétés étrangères. Dont le démarrage des travaux de construction à débute en 1967.

D'autre manière brève on peut citer certaines sociétés qui participant à l'implantation des différentes unités du complexe « Techip. Pritchard Rhodes; Pullman Kellogg »; I.H.Tetc....

Le complexe GL1/K est alimenté en gaz naturel (GN) à partir du gisement de HASSI RAMEL est acheminé jusqu'au complexe par un gazodique d'une longueur de 580 km et de 40 pouces (1 pouce = 2,54 cm) de diamètre. Après traitement, liquéfaction et stockage ; puis chargement des méthaniers.

La capacité annuelle de production de gl1/k est de 13,2 millions m³ de (GNL) ; et une capacité de stockage de 308 milles m³ de (GNL).

En plus du GNL le complexe produit :

- 1029 t/j d'éthane (C₂).
- 978 t/j de propane (C₃).
- 680t/j de butane (C₄).
- 373 t/j de naphta léger (C₅).

1-3. Présentation de l'unité 50 : Unité de dessalement :

L'unité 50 à un rôle très important dans le bon déroulement de la production au sein de notre complexe, et ça mission consiste à la fourniture des utilités (l'eau de mer, l'azote, eau produite, la vapeur, air comprimé).

2. Objectif de l'étude

Le présent travail effectué au laboratoire des analyses affiliées à GL1/K de la zone industrielle la wilaya de Skikda, consiste d'une part à déterminer les différents paramètres physico-chimiques et de la qualité bactériologique de l'eau échantillonnée au niveau de la station de dessalement (Unité 50) pour différents points de prélèvements (Tab. 09), afin de d'étudier l'impact Impact des rejets chimiques (saumures) de la station de dessalement sur l'environnement (littoral de Larbi Ben M'hidi Skikda) .

Tableau 09 : points des prélèvements

N°	Point de Prélèvement	Code
01	Eau de Mer	EM
02	Eau produite (dessalée)	EP
03	Eau de Saumure	ES

2-1. Prélèvement de l'eau de mer :

On utilise des Flacons en verres ou en plastiques à usage unique

→ On rince avec l'eau à analyser plusieurs fois

→ La bouteille doit être conservée à l'abri de la lumière et la chaleur



Figure 17 : Point de Prélèvement d'eau mer.

2-2. Prélèvement d'eau produite :

L'étude expérimentale consiste à effectuer des analyses physico-chimiques de l'eau traitée après le processus de dessalement (Fig. 18)

→ Point de prélèvement : robinet du réservoir

→ Le prélèvement se fait après l'écoulement de l'eau de robinet pendant 5 mn

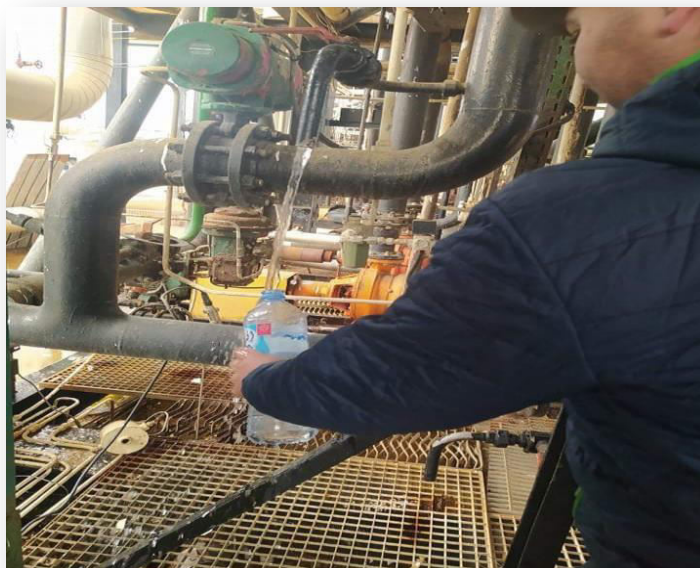


Figure 18 : Point de Prélèvement d'eau produite.

2-3.Prélèvement de l'eau de saumure :

- Flacons en verre ou en plastiques à usage unique
- Rincer avec l'eau à analyser plusieurs fois
- Conservée les bouteilles doit être à l'abri de la lumière et la chaleur.



Figure19 : Point de Prélèvement d'eau saumure.

2-4. Point d'échantillonnage :

Les échantillons d'eaux traitée ont été prélevés en vue de l'analyse physico-chimique. Le Prélèvement d'un échantillon d'eau pour l'analyse physico-chimique est soumis à la procédure suivante :

- le contenant doit être propre, mais ne doit pas être nécessairement stérilisé, on a utilisé des bouteilles en plastique de 1,5 litres.
- On a laissé couler l'eau à un débit maximal pendant 5-10 secondes et ensuite 2-5 minutes à débit moyen avant de prélever un échantillon.
- Ouvrir l'emballage, le remplir et le fermer immédiatement.
- Puis transporter immédiatement au laboratoire de la station pour les analyses.

Nous avons effectué vingt-et-un (21) des prélèvements au cours du mois de mars du 07/03/2022 jusqu'au 15/03/2022, au niveau de trois points de la station.

- A l'entrée de la station (eau de mer) ;
- A la sortie de la station en deux points : **1-** Eau produite après dessalement
2- Eau saumurée (Saumure).

3. Paramètres physicochimiques :

3-1. Mesure de la Température :

Mettre l'appareil en marche ; étalonner le avec de l'eau produite ; plonger ensuite la sonde tout en agitant légèrement dans un bécher qui comporte environ 100 ml de notre échantillon, laissé stabiliser et lire ensuite la température en (°C). (Fig. 20)

Il faut également rincer la sonde après chaque mesure.

Cet appareil nous a permis de mesurer le pH.



Figure 20 : Appareil de mesure la température.

3-2. Mesure du pH :

Le pH permet de mesurer l'acidité d'une solution, cette mesure est faite avec un appareil multi-paramètres à sonde qui mesure la T° et le pH, en suivant le même mode opératoire que la température.

3-3. Mesure de la conductivité :

La mesure de la conductivité se fait à l'aide d'un appareil multi-paramètres à sonde.

a) Mode opératoire :

Mettre l'appareil en marche, étalonner le avec de l'eau produite ; plonger ensuite la sonde
Tout en agitant légèrement dans un bécher qui comporte environ 100 ml de notre échantillon,
laissé stabiliser et lire ensuite la conductivité en $\mu\text{s}/\text{cm}$.

Il faut également rincer la sonde après chaque mesure.

Cet appareil nous a permis de mesurer la résistivité, le TDS avec la même méthode.



Figure 21 :Multi-paramètres à sonde.

3-4. Mesure de turbidité :

La turbidité est due à la présence dans l'eau de particules en suspension minérales ou organiques ,vivantes ou détritiques .Ainsi ,plus une eau est chargée en biomasse phytoplancton que ou en particules sédimentaires, plus elle est turbide .

La mesure de la turbidité a été effectuée à l'aide d'un turbidimètre qui est étalonné d'avance à 0,02 L'échantillon sera analysé en utilisant des capsules en verre bien nettoyées et bien séchées, remplis de l'eau à analyser et le résultat est affiché en NTU (Nephelométric Turbidity Unit).

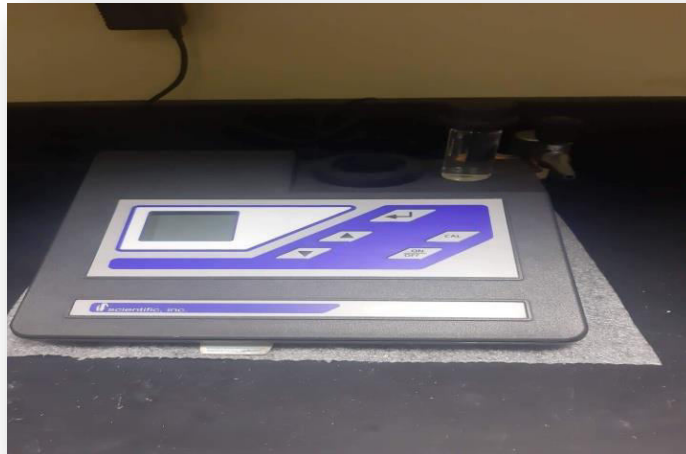


Figure 22: Un Turbidimètre.

3-5. Mesure de résistivité :

La mesure de résistivité en suivant le même mode opératoire que la conductivité le résultat est affiché en (Ω .cm).

3-6. Mesure de salinité TDS :

Les sels dissous totaux représentent une évaluation totale des sels minéraux contenus dans l'eau (en solution).Même mode opératoire que la conductivité le résultat est en mg/l.

3-7. Mesure des matières en suspensions :

Les matières en suspensions caractérisent la teneur des éléments non dissous de diverses Granulométries transportées par l'eau de mer. Ces matières peuvent être d'origine minérale ou organique.

a) Mode opératoire :

Un échantillon représentatif est filtré à travers une membrane filtrante en fibre de verre Ayant une porosité nominale de 2,2 μ m. Lesmatières retenues sur le filtre sont séchées dans l'étuve à 105°C pendant 1heur puis pesées anouveau. La quantité des MES est la différence de masse entre la masse initiale et la masse finale.



Figure 23: Technique de la MES

3-8. Mesure de l'alcalinité :

3.8.1. Titre alcalimétrique simple(TA) et complet(TAC) :

a) Mode opératoire :

Prendre une prise d'échantillon de 200 ml, ajouter quelques gouttes de phénolphtaléine à 5g/l, deux cas peuvent se présenter :

❖ Premier cas

La solution reste incolore : TA = 0

1. Ajouter quelques gouttes d'hélianthine à 5 g/l, la solution se colore en jaune.
2. Doser avec une solution d'acide sulfurique à 0,04 N jusqu'à la coloration rose,
3. Noter le volume V.
4. En calcul le TAC selon la formule suivante :

$$TAC = \frac{V \cdot N}{PE} \cdot 5000 \quad (\text{En } ^\circ \text{ français})$$

Avec :

N : Normalité de l'acide sulfurique

V : Volume de l'acide sulfurique versé

PE : Prise d'échantillon (ml)



Figure 24: Préparation des solutions.

❖ **Deuxième cas**

Si la solution devient rose, en procède au dosage jusqu'à la décoloration avec H₂SO₄ et noter le volume d'acide versé, et en calcul le TA selon la formule suivante :

$$TA = \frac{V * N}{PE} * 5000 \text{ (En } ^\circ \text{ français)}$$

Dans le même échantillon en ajoute quelques gouttes d'hélianthine à 5 g/l, la solution devient jaune paille. Puis en continuer le dosage, jusqu'au virage au rose, et en note le volume V.

$$TAC = \frac{V' * N}{PE} * 5000 \text{ (En } ^\circ \text{ français)}$$

N : Normalité de l'acide sulfurique

V' : Volume ajouté de l'acide sulfurique versé

PE : Prise d'échantillon (ml)

3-9. Détermination des bicarbonates (HCO₃⁻) et Carbonates (CO₃⁻²) :

Les carbonates sont les sels de l'acide carbonique, les sels ont en commun l'anion (CO₃⁻²). Le carbonate le plus abondant est le carbonate de calcique (CaCO₃). Les bicarbonates sont des sels dérivés de l'acide carbonique qui contiennent l'anion (HCO₃⁻).

La détermination de carbonate et de bicarbonate est faite selon le tableau 10 (Rodier, 2010).

Tableau 10: Détermination de CO₃⁻² et HCO₃⁻ à partir du TA et TAC

	TA = 0	TA < TAC/2	TA = TAC/2	TA > TAC/2
OH	0	0	0	2 TA – TAC
CO ₃ ⁻²	0	2 TA	TAC	2 (TA -TAC)
HCO ₃ ⁻	TAC	TAC - 2 TA	0	0

3-10. Mesure de la dureté totale de l'eau (THt) :

a) Principe

Le titre hydrométrique total (TH_T) indique globalement la teneur en sels de Calcium (Ca) et de magnésium (Mg).

b) Réactifs

1. Noir Eriochrome T
2. EDTA est l'acide éthylène-diamine-tétra-acétique($C_{10}H_{14}N_2Na_2.O_8.2H_2O$)
3. Carbonate de calcium ($CaCO_3$)
4. Solution tampon (pH = 10)

c) Mode opératoire

1. Prendre une prise d'échantillon de 50 ml.
2. Ajouter quelques gouttes de solution tampon.
3. Ajouter une pincée de noir eriochrome T.
4. La solution doit devenir rouge, titrer avec EDTA jusqu'au virage bleu vert.

d) Calculs

$$Tht = \frac{N*V}{PE} * 5000 \text{ (Exprimé en } ^\circ \text{ français)}$$

N : Normalité de l'acide sulfurique

V : Volume de l'acide sulfurique versé

PE : Prise d'échantillon (ml)

NB : Le volume versé ne doit pas excéder 14 ml et si cela arrive faire des dilutions. Pour les solutions fortement acides, ajouter de l'eau produite et élever le pH avec de l'ammoniaque 1/4. Tamponner avec quelques gouttes de pH tampon, ajouter le Noir eriochrome T(NET) et doser.

- e) Titrage** : Prendre 10 ml de la solution de $CaCO_3$ préparée, ajouter quelques gouttes de la solution tampon (pH = 10) puis une pincée de NET et titrer avec l'EDTA.



Figure 25: Technique de titrage par l'EDTA.

3-11. Mesure de Calcium (Ca^{2+}) :

a) Principe :

Le titre hydrométrique calcique (TH_{ca}) indique la teneur en sel de calcium (Ca).

b) Réactifs :

1. Solution tampon (pH = 12).
2. EDTA est l'acide éthylène-diamine-tétra-acétique ($\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
3. Solution de murexide.

c) Mode opératoire :

1. Prendre une prise d'échantillon de 50 ml.
2. Ajouter 10 ml de la solution tampon (pH = 12).
3. Ajouter 2 gouttes de la solution de murexide.
4. Titrer avec EDTA jusqu'au virage du rose au violet.
5. En calcul le TH_{ca} selon la formule suivante :

$$\text{TH}_{\text{ca}} = \frac{N * V}{PE} * 5000 \quad (\text{En } ^\circ \text{ français})$$

N : Normalité de l'acide sulfurique

V : Volume de l'acide sulfurique versé

PE : Prise d'échantillon (ml)

NB : Si le volume versé dépasse 14 ml, faire des dilutions.

3-12. Mesure de Magnésium (Mg^{2+}) :

Le magnésium peut être estimé par la différence entre la dureté de l'eau et le calcium exprimé en CaCO_3

$$\text{THt} = \text{TH}_{\text{ca}} + \text{TH}_{\text{mg}}$$

La dureté magnésienne est calculée par la formule suivante :

$$\text{TH}(\text{Mg}^{2+}) = \text{TH} - \text{TH}(\text{Ca}^{2+})$$

3-13. Mesure de l'indice de Langelier ou pH de saturation (LSI) :

L'indice de saturation ou indice de Langelier permettant de déterminer la stabilité du carbonate de calcium dans l'eau, il indique si l'eau va précipiter, dissoudre ou être en équilibre avec le carbonate de calcium. Le calcul de l'indice de saturation est basé sur les valeurs de l'alcalinité, pH, T° et la dureté ; qui se fait à l'aide d'un calcul informatique (intégrateur) selon la norme Standard Méthodes (SM 2330).

3-14. Mesure de l'indice de Ryznar (IR):

Les observations de RYZNAR sur plusieurs circuits industriels lui en permis d'établir une formule empirique à partir pH de saturation (PHs).

$$IR = 2 pHs - pH$$

Il permet de définir la tendance agressive ou entartrant d'une eau.

PH : c'est le PH réel de l'eau mesuré à environ 20°C

pHs : c'est le PH de saturation calculer a l'aide de l'abaque de HOOVER

4. Paramètres chimique :

4-1. Dosage des nitrites :

a) Principe :

En ajoutant un certain volume de $KMnO_4$ à l'échantillon à analyser dans un milieu acide, les ions nitrites réagissent seulement avec les ions permanganates. La solution est ensuite chauffée pour que la réaction soit complète. L'excès de permanganate est dosé par l'oxalate de sodium ajouté qui à son tour est titré par une solution étalon de permanganate de potassium.

b) – Réactifs :

1. Permanganate de potassium ($KMnO_4$) à 0,04 N.
2. Acide sulfurique (H_2SO_4) à 1/2.
3. Oxalate de sodium ($Na_2C_2O_4$) préparé dans des piluliers.

c) Mode opératoire :

Si l'échantillon est trouble, le filtrer de préférence

1. Prendre une PE de 50 ml dans un erlenmeyer de 250 ml.
2. Ajouter 50 ml de $KMnO_4$ à 0,04 N.
3. Ajouter 10 ml de H_2SO_4 à 1/2.
4. Chauffer sur un bain de sable jusqu'à environ 90°C.
5. Retirer l'erien du bain et le mettre sur un agitateur magnétique.
6. Ajouter 50 ml de $Na_2C_2O_4$ préparé au moment du dosage.
7. La solution doit se décolorer après rajout de $Na_2C_2O_4$.
8. Titrer avec $KMnO_4$ à 0,04 N jusqu'au virage au rose.
9. **Blanc** : Même procédure mais avec de l'eau produite.

d) Calculs :

$$[NaNO_2]g/l = \frac{(V_e - V_b)N * 34,5}{PE}$$

V_e : Volume de $KMnO_4$ versé pour titrer l'échantillon.

V_b : Volume de $KMnO_4$ versé pour titrer le blanc.

4-2. Dosage des chlorures :

Cette méthode est applicable pour les eaux industrielles qui ont une concentration en chlorure de 5 ppm et plus, ou des eaux qui ont une grande concentration des métaux lourds qui rendent la méthode mercurimétrique impraticable.

a) Principe :

Le pH de l'échantillon doit être ajusté à 8,3, le titrage sera fait à l'aide d'une solution de nitrate d'argent en présence de l'indicateur chromate de potassium jusqu'au virage rouge brique.

b) Réactifs :

1. Chromate de potassium (K_2CrO_4)
2. Nitrate d'argent ($AgNO_3$)
3. Chlorure de sodium ($NaCl$)

c) Mode opératoire :

Prendre une PE de 50 ml ajuster le pH à 8,3 avec une solution de H_2SO_4 (1+19) et une solution de $NaOH$ à (10g/l), ajouter quelques gouttes de l'indicateur K_2CrO_4 et titrer jusqu'au virage rouge brique.

d) - Calculs

$$[Cl^-]g/l = \frac{T*V}{PE}$$

T : Titre de la solution du nitrate d'argent.

V : Volume versé de la solution nitrate d'argent.

PE : Volume de la prise d'échantillon.

5. Méthodes d'analyse microbiologique :

L'objectif de l'analyse bactériologique de nos échantillons n'est pas d'effectuer un inventaire de toutes les espèces présentes mais de rechercher les pathogènes qui accompagnent les indicateurs de contamination fécale.

Au niveau de la station, des prélèvements d'eau pour les trois points d'échantillonnage ont été effectués pour l'analyse bactériologique, à l'aide des flacons en verre préalablement stérilisés de 500 ml. Un étiquetage précis est élaboré pour une aisance reconnaissance des types

d'eau avant le remplissage des flacons. Tous les échantillons sont ensuite conservés dans une glacière transportable pour des analyses ultérieures au laboratoire.

Le travail effectué au laboratoire des analyses EPE Prémix dans la région d'El-Harouche, Les échantillons doivent être transportés dans des glacières portatives (+4°C), à l'abri de la lumière et les analyses doivent être exécutées dans les 6 heures au maximum qui suivent les prélèvements pour éviter les modifications des caractéristiques de l'échantillon. (Rodier, 2014).

Il peut arriver en effet que les premières lectures bactériologiques, 24 ou 48 heures, après ensemencement donne des résultats inattendus, incitant à vérifier l'analyse. Un tel examen de contrôle n'aura évidemment qu'une valeur indicative.

5-1. Recherche et dénombrement des *germes totaux* à 37°C et à 22°C :

Le dénombrement est réalisé après dilutions en série de raison 1/10, sous un volume final de 10 ml (diluant = eau physiologique stérile) par la méthode d'ensemencement dans la masse d'un milieu gélosé (gélose Plate Count Agar PCA).

1^{er} étape : Préparation des boîtes de pétries.

2^{ème} étape : Ensemencement avec un coulage d'une sur couche de gélose.

3^{ème} étape : Incubation des boîtes de pétrie à 37°C et à 22°C pendant 72heurs.



Figure 26 : Dénombrement des germes aérobies totaux.

5-2. Recherche et dénombrement des coliformes :

Dans notre étude nous avons opté pour la méthode de filtration sur membrane pour estimer la charge bactérienne dans la zone d'étude. C'est la méthode de concentration la plus utilisée au laboratoire, pour sa facilité et sa reproductibilité. Elle consiste en une filtration de l'eau sur des membranes de porosité $0,45\mu\text{m}$ susceptibles de retenir les bactéries avec un quadrillage en surface facilitant les dénombrements.

L'appareil est un simple système de filtration de marque Sortius fonctionnant sous pression réduite (pompe a vide), il contient un support à filtre qui reçoit la membrane de filtration et un flacon pour récupérer l'eau filtrée. Les membranes utilisées sont de marque millipore avec un diamètre de $0,451\mu\text{m}$. (Fig. 27)



Figure 27 : Dispositif de l'appareil de filtration sur membrane.

❖ méthode de dénombrement par filtration sur membrane (Fig. 28):

a) **Milieu de culture** :Gélose Endo, qui ne laisse guère croître que les colonies coliformes.

1^{ère} étape :Filtration de l'eau analysé sur une membrane et mettre cette dernière sur la gélose déjà préparé. Prévoir deux filtres pour chaque échantillon.

1^{ère} boîte : incubation à 37°C pendant 24h, pour le dénombrement des coliformes.

2^{ème} boîte : incubation à 44°C de 16 à 24h (avec atmosphère humide)

Pour les coliformes fécaux qui sont les seuls à se développés à cette température.

2^{ème} étape :Cette étape est essentielle pour les eaux d'alimentation

1. coloration de gram (coliformes sont gram négatifs)

2. recherche de l'oxydase (positif s'il y a coloration violet-brun) les coliformes sont à oxydase (-).
3. repiquage sur les milieux de coliformation :
 - a. Sur B.L.V.B +cloche, incubation à 37°C ----→poussé bactérienne +gaz ---
>**Coliformes**
 - b. Sur B.L.V.B +cloche, incubation à44°C--→poussé bactérienne +gaz ----
>**Coliformes totaux**
 - c. Sur milieu Schubert, incubation 44°C--→poussée bactérienne +gaz+ Kovacs
donne une coloration rouge --→**Escherichia coli.**
 - d. Sur B.L.V.B, incubation 44°Cpendant 24h --→poussée bactérienne +gaz ----
>**Coliformes fécaux.**
 - e. Sur eau péptonée, incubation à 44°C pendant 24h --→poussée bactérienne
+kovacs, donne un anneau rouge --→**présence d'E.coli.**

NB :

B.L.V.B : milieu de confirmation bouillon Lactosé bilié au vert Brillant.

Kovacs : réactif pour mettre en évidence présence d'E-coli



Figure 28: Dénombrement des coliformes fécaux.

5-3. Recherche et dénombrement des *streptocoques fécaux* :

❖ Méthodes de dénombrement par inoculation sur milieu liquide :

a) Milieu de culture :

- Milieu d'inoculation : Bouillon glucosé à l'acide de sodium (Rothe)
- Milieu de confirmation : Litsky (E.V.A)

b) Mode d'opérateur :

1. Test présomptif :

Inoculer le nombre choisi de tubes de milieu de Rothe (constituant les tubes <<primaires>>), en utilisant soit du milieu à double concentration (pour les ensemencements de 10 ou 50ml) soit du milieu à simple concentration (pour les ensemencements de 1ml ou de dilution de l'eau).

Veiller à ce qu'aucune évaporation ne se soit produite dans le milieu depuis sa préparation, car celle-ci entraînerait des produits inhibiteurs.

Homogénéiser soigneusement, par agitation, le contenu des tubes.

Incuber les tubes à 37°C et les examiner après 24 à 48h. Les tubes présentant un trouble microbien pendant cette période sont présumés contenir un streptocoque fécal et sont soumis au test confirmatif.

2. Test confirmatif :

Après agitation des tubes, prélever sur chacun d'eux quelques gouttes de pipette pasteur, et les reporter dans des tubes du milieu de Litsky à l'éthyle violet et acide de sodium.

Incuber à 37°C pendant 24 à 48 h. L'apparition d'un trouble microbien confirme la présence d'un streptocoque fécal. Parfois, la culture s'agglomère au fond du tube pastille violette de signification identique à celle du trouble.

Avec un milieu parfaitement préparé, il n'y a pratiquement pas de fausses réactions. Eventuellement contrôler le diagnostic bactériologique par un simple examen microscopique (direct ou après coloration de Gram) qui doit faire apparaître la présence de cocci à Gram positif en courtes chaînettes.

Expression des résultats : Les résultats de dénombrement des streptocoques fécaux sont exprimés en nombre de germes par 100ml selon le nombre le plus probable.



Figure 29 : Dénombrement des streptocoques fécaux.

5-4. Recherche et dénombrement des *Colstridium sulfito-réducteur* :

❖ Méthodes est basé sur :

- ✓ Filtration d'un volume déterminé d'échantillon à travers un filtre à membrane stérile de 0,45 μm . de pore, sous vide, qui retient les bactéries. Incubation anaérobie postérieure dans un milieu sélectif solide a $44^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, pendant 21 heures
- ✓ Exposition a des vapeurs d'hydroxyde d'ammonium pendant 20 à 30 secondes des colonies qui auront grandi et observation du changement de couleur

*Milieu de culture : comme moyen d'isolation on utilisera l'agar m-Cp

a) Mode d'opérateur :

1. Filtration :

- ✓ Allumer le bec bunsen et flamber les supports microfil de filtration.
- ✓ Ensuite flamber les pinceaux et prendre une membrane stérile par son bord extérieur et la mettre, avec coté quadrillé vers le haut, sur le disque poreux du support en acier
- ✓ Placer l'entonnoir stérile sur le pied de filtration en le tenant par le pourtour et en appuyant sur les deux cotés vers le bas jusqu'à écouter un clic. Mettre la légende a l'entonnoir avec le numéro d'échantillon.
- ✓ Bien mélanger l'échantillon, en agitant vigoureusement pour obtenir une distribution uniforme des microorganismes.
- ✓ Verser le volume d'essai ($V_t \pm 5\%$) dans l'entonnoir, en s'assurant d'arriver jusqu'à la marque correspondante et appliquer le vide pour que le liquide soit filtré.
- ✓ Fermer le robinet qui connecte le vide aussitôt que l'échantillon aura été filtré.

2. Transfert de la membrane :

- ✓ Retirer l'entonnoir et actionner la commande pour élever la membrane.
- ✓ Avec des pinceaux flambés prendre la membrane du support et la mettre dans la plaque pétrie avec le milieu m-Cp, en faisant attention à ce qu'aucune bulle d'air ne reste coincée entre la membrane et le milieu. Puis, on ferme la plaque.

3. Incubation :

- ✓ Ensuite, mettre les plaques dans une jarre d'anaérobiose munie d'une enveloppe génératrice d'atmosphère anaérobie et un indicateur d'anaérobiose. Fermer la jarre et incuber à $44^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, pendant (21 ± 3) heures.
- ✓ Noter l'heure d'incubation sur l'imprimé.

4. Examen des membranes :

- Une fois le temps d'incubation écoulé, sortir la plaque pétri du four et examiner immédiatement la membrane.
- ✓ Réaliser le comptage des colonies de couleur jaune opaque qui passent à la couleur rose ou rouge au bout de 20 à 30 secondes d'exposition à des vapeurs d'hydroxyde d'ammonium.
 - ✓ Noter sur l'imprimé, le volume d'échantillon filtré (V_t), l'heure et la date où l'on a retiré des cultures du four, le nombre de colonies positives et les responsables du comptage.

Chapitre III
Résultats et Discussion

Chapitre III- Résultats et discussions :

La présentation et la discussion des résultats de l'analyse de l'eau de mer sont structurées selon trois volets, en référence du décret exécutif n°09-414 correspondant au 15 décembre 2009 fixant la nature, la périodicité et les méthodes d'analyse de l'eau de consommation de l'eau humaine (J.O.R.A. n° :14-96,2014) (Annexe 01) à savoir: la description des paramètres bactériologiques et physico-chimiques en relation avec la structure naturelle de l'eau.

L'exploration des paramètres chimiques dont le profil en certains polluants tels que les nitrites, les chlorures, la salinité et la conductivité, Ces paramètres sont évalués selon les normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (Annexe 02) et les normes algériennes de consommation en eau potables. Nous présentons aussi les résultats d'une comparaison de quelques éléments étudiés, entre l'eau de mer comme source et les produits de son traitement (eau produite et la saumure).

1. Résultats et interprétation des analyses physico-chimique de l'eau de mer, l'eau produite et l'eau de Saumure :

Dans cette partie, nous présentons les résultats des analyses des différents paramètres physico-chimiques mesurées dans les différentes eaux étudiées : l'eau de mer (EM), l'eau dessalée ou produite (EP) et l'eau de saumure (ES). Dont une valeur moyenne annuelle est calculée pour chaque paramètre, en suite cette moyenne est comparer à d'autres auteurs et les nomes algériennes et européennes.

1-1. Résultats et interprétation des paramètres physico-chimiques de l'eau produite :

Les résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau produite sont consignés dans le tableau 11.

Tableau 11: Résultats des analyses physico-chimique de l'eau produite. \bar{x} Moyenne de concentrations sur 7 jours, $X_{Min.}$: Valeurs minimales, $X_{Max.}$: Valeurs Maximales. (JORA n° :14-96,2014 et l'OMS, 2006)

Paramètres	Eau produite			Unité	C.M.A (NA)	O.M.S
	\bar{x}	X_{max}	X_{min}			
Température	32,3	34,5	28	°C	< 25	20
pH	6,84	7,2	6,52	/	6,5-8,5	6,5-9,5
Conductivité	12,72	36,3	17	µs/cm	2000	/
Turbidité	0,01	0,02	0,01	NTU	5	/
Résistivité	1	5,837	0,032	Ω.cm	/	/
TDS	1,86	4	0	Mg/l	1000	<1000
MES	0	0	0	Mg/l		/
THt	0	0	0	°F	50	20
TA	0	0	0	°F	/	/
TAC	1,19	1,65	0,77	°F	/	/
TH Ca^{2+}	0	0	0	°F	/	/
TH Mg^{2+}	0	0	0	°F	/	/
Nitrite	190	1080	0	mg/l	0,1	0,2
Chlorure (Cl-)	570	1640	0,4	mg/l	500	>250
CO_3^{-2}	0	0	0	mg/l	/	/
HCO_3^{-}	13,58	20,13	6,6	mg/l	/	/
Ca^{2+}	0	0	0	mg/l	200	/
Mg^{2+}	0	0	0	mg/l	150	/

1-1-1. Température :

D'après les résultats de l'eau produite, nous avons remarqué que tous les échantillons ont une température élevée à la norme avec une valeur moyenne de 32,30°C supérieur à 25°C fournie par le J.O.R.A (2014) et l'OMS (2006), (Tab. 11), avec un minimum de 28°C et un maximum de 34,5°C.

1-1-2. Potentiel hydrogène :

La valeur du pH de l'eau produite est comprise entre 6,52 et 7,2 (Tab.11), dont ils restent dans la norme avec une valeur moyenne de 6,84 fixées par(JORA,2014 ; OMS, 2006).

1-1-3. Conductivité électrique :

Les valeurs de la conductivité électrique enregistrées sont de l'ordre de 17 à 36.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tab.11), avec une valeur moyenne de 12,72 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ne dépassant les normes (JORA, 2014 ; OMS, 2006).

1-1-4. Turbidité :

La turbidité : elle prend des valeurs allant de 0,01 à 0,02 NTU et une valeur moyenne de 0,01 NTU. Dans notre cas la valeur de l'eau produite reste inférieure à la norme mentionnée par la norme Algérienne et l'OMS (Tab.11) qui est (5 NTU), cela nous renseigne sur l'efficacité de l'étape de prétraitement.

1-1-5. Résistivité :

La résistivité de l'eau produite à une valeur minimale d'ordre de 0,032($\Omega.\text{cm}$) et un maximum de 5,837 ($\Omega.\text{cm}$) avec une valeur moyenne de 1,00 ($\Omega.\text{cm}$). La norme Algérienne et l'OMS ne mentionne aucune référence pour ce paramètre (Tab.11).

1-1-6. Totale des solides dissous :

Le total des solides dissous ou TDS représente la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau. Les résultats obtenus après l'analyse de l'eau produite ont montré que le taux du TDS varie entre 0 et 4 mg/l (Tab.11), avec une valeur moyenne de 1.86 mg/l.

Les valeurs du TDS sont conformes aux normes préconisées par la norme algérienne et l'OMS qui est 1000 mg/l dans les eaux traitées par dessalement.

1-1-7.Matières en suspensions :

D'après nos analyses, nous observons une absence totale des matières en suspensions dans l'eau produite, cela nous renseigne sur l'efficacité de l'étape de prétraitement.

1-1-8. Titre alcalimétrique complet :

Les mesures du titre alcalimétrique complet TAC de l'eau produite enregistrés indiquent une valeur minimale de 0,77°F et un maximum de 1,65°F avec une valeur moyenne de 1,19°F(Tab.11).

1-1-9. Nitrites :

La mesure des teneurs en nitrites de l'eau produite montre des valeurs de 0 à 1080mg/l, avec une valeur moyenne de 190 mg/l (Tab.11). Ces valeurs restent largement supérieures à la valeur recommandée en nitrites selon le JORA (2014) et l'OMS (2006), fixée à 0,1 mg/l et 0,2 mg/.

1-1-10. Chlorures :

La teneur de chlorure dans l'eau produite est variée entre 0,4 à 1640 mg/l avec une valeur moyenne de 570 mg/l, cette teneur est conforme à la norme Algérienne qui est 500 mg/let l'OMS qui est 250 mg/l (Tab.11).

1-1-11. Les ions carbonates et les ions bicarbonates :

Les valeurs des concentrations en bicarbonates de l'eau produite sont comprises entre (6,6-20,13 mg/l) et sa valeur moyenne est 13,58 mg/l, par contre aux mesures des concentrations en carbonates qui ont une valeur nulle.

NB :

Et pour les paramètres suivantes : la dureté totale THt, la dureté calcique TH ca²⁺, La dureté manganèse TH mg²⁺, titre alcalimétrique TA, magnésium mg²⁺ et le calcium ca²⁺, leur présence est nul dans l'eau produite ce qui est conforme à la norme Algérienne et l'OMS (Tab.11).

1-2. Résultats et interprétation des paramètres physico-chimiques de l'eau mer et l'eau de saumure :

Les résultats des paramètres physico-chimiques de EM et ES sont consignés dans le tableau 12.

Tableau 12 : Résultats des analyses physico-chimique de l'eau de mer et l'eau de saumure. \bar{X} : Moyenne de concentrations sur 7jours, X_{Min} : Valeurs minimales, X_{Max} : Valeurs Maximales.

Paramètres	Eau de mer			Eau de saumure		
	\bar{x}	X_{max}	X_{min}	\bar{x}	X_{max}	X_{min}
Température	18,71	20	17,3	27,06	30,2	24,5
pH	7,96	8	7,91	7,96	7,99	7,93
Conductivité	55630	56040	54800	58040	59100	57100
Turbidité	0,09	0,19	0,05	0,28	0,55	0,12
Résistivité	0	0	0	0	0	0
TDS	42428,57	50000	38000	45857,14	53000	42000
MES	64,25	74	42	61,57	86	39
THt	1624,57	2352	1176	2713,43	5488	1568
TA	1,66	2,86	1,078	1,77	2,42	1,21
TAC	12,67	13,75	10,78	13,51	14,3	11,85
TH Ca^{2+}	616	784	196	1120	1960	784
TH Mg^{2+}	1008,57	1764	392	1593,43	3528	784
Nitrite	460	1070	47	1110	5740	51
Chlorure (cl-)	17510	27280	2470	27550	33660	2640
CO_3^{-2}	18,82	34,32	7,92	19,56	29,04	2,52
HCO_3^{-}	99,89	132,49	24,02	121,56	135,54	96,74
Ca^{2+}	2464	3136	784	4804,57	7840	3136
Mg^{2+}	2420,57	4233,6	940,8	3824,23	8467,2	1881,6

1.2.1. Température :

La figure ci-dessous montre que le taux de température est élevée dans l'eau de saumure allant de 24,5°C à 30,2°C par apport a l'eau de mer qui à une valeur moyenne de 18,71°C.

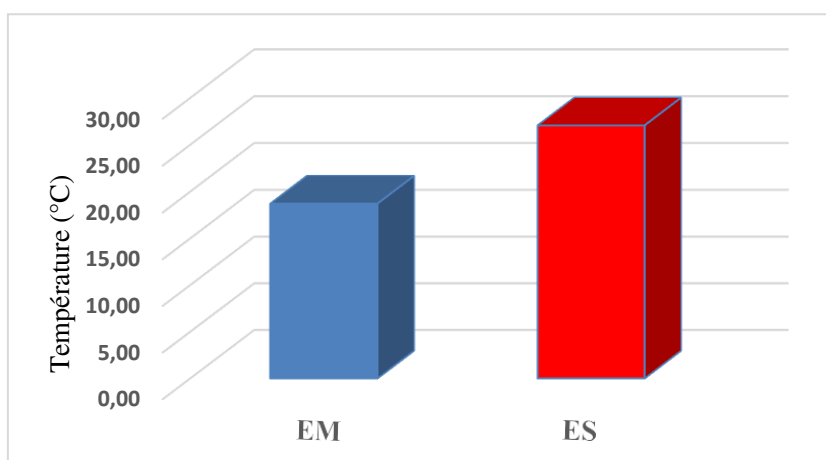


Figure 30: Variabilité de la température des eaux. *EM* : Eau de mer, *ES* : Eau de saumure

1-2-2. potentielle hydrogène :

Les résultats du tableau, montre que l'eau de saumure à une valeur maximale d'ordre 7,99 et un minimum de 7,93. La valeur moyenne enregistrée est 7,96, on remarque une légère différence entre le pH de l'eau de saumure et celui de l'eau de mer qui à une valeur comprise entre 7,91 et 8 (Fig.31).

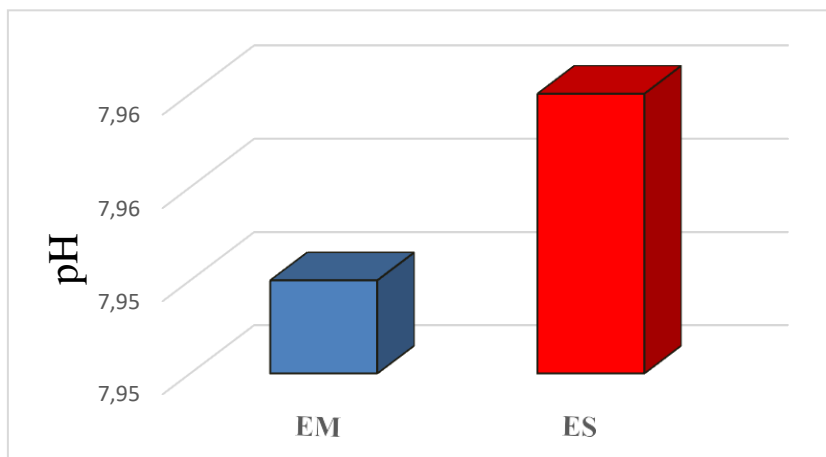


Figure 31: Variabilité du pH des eaux. EM : Eau de mer, ES : Eau de saumure.

1-2-3. Conductivité électrique :

Les mesures de la conductivité électrique de l'eau de saumure enregistrées indiquent les valeurs Suivantes : EC Min=57100 et EC Max = 59100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, avec une minéralisation moyenne de 58040,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$. et pour l'eau de mer ces valeurs sont comprises entre 54800 à 56040 $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec une valeur moyenne de 55630,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

D'après la figure ci-dessous, nous remarquons une petite variation du taux de conductivité entre les deux eaux.

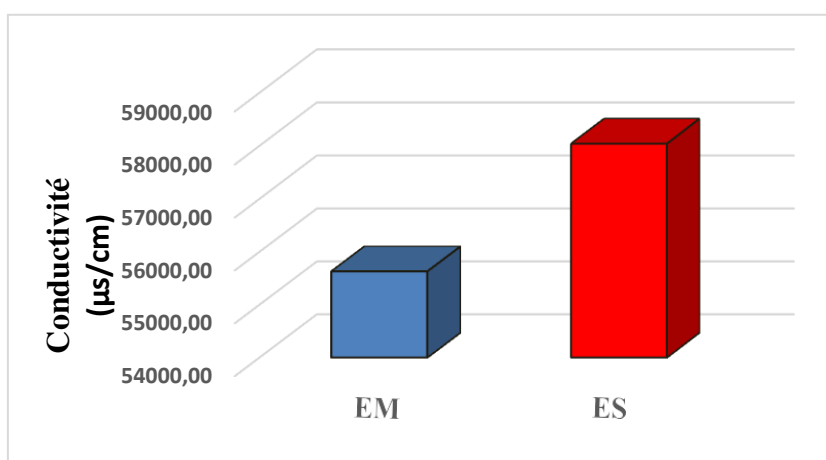


Figure 32: Variabilité de la conductivité des eaux. EM : Eau de mer, ES : Eau de saumure

1-2-4. Turbidité :

Le tableau ci-dessus montre que la turbidité de l'eau de saumure (0,12 NTU à 0,55 NTU) et l'eau de mer de (0,05 NTU à 0,19 NTU) sont faibles (Fig. 33), notons que ce paramètre physique peut changer au cours du temps.

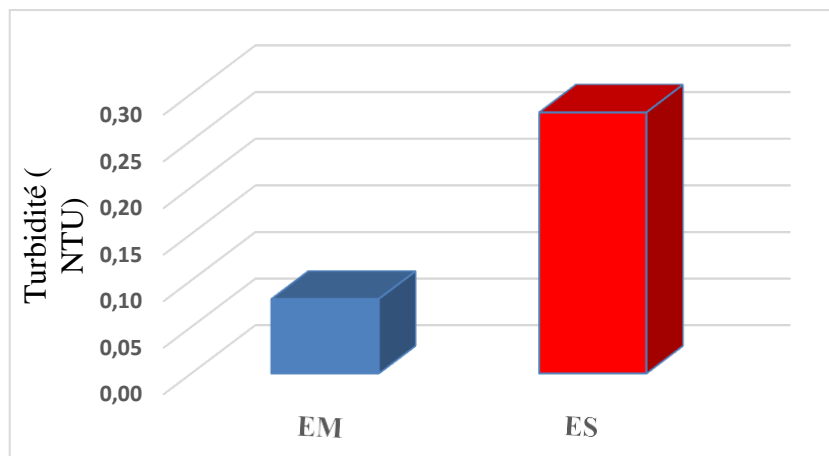


Figure 33: Variabilité de la turbidité des eaux. EM : Eau de mer, ES : Eau de saumure

1-2-5. Résistivité :

Les résultats des analyses de l'eau de mer et l'eau de saumure montrent que les valeurs de la résistivité est nul pour les deux types d'eaux (Tab.12).

1-2-6. Totale des solides dissous :

Le taux du TDS dans l'eau de mer est 42428,57 mg/l est passé de 45857,14 mg/l dans l'eau de saumure (Tab.12), ces valeurs sont élevées pour les deux eaux surtout pour la saumure (Fig. 34).

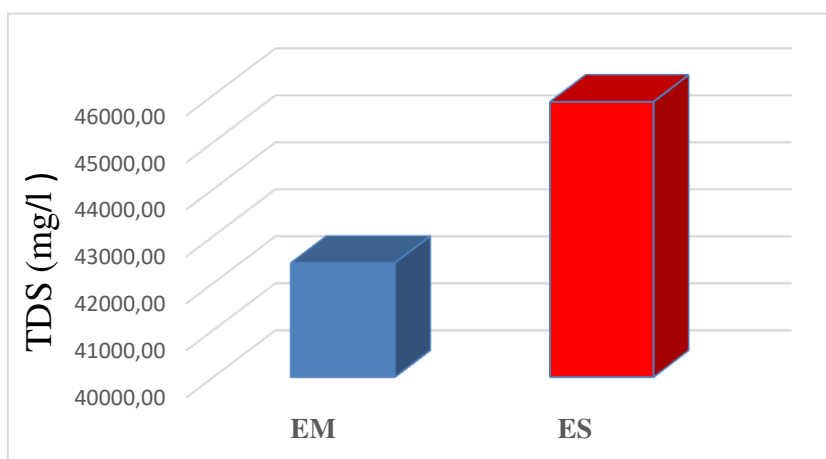


Figure 34: Variabilité du TDS des eaux. EM : Eau de mer, ES :Eau de saumure

1-2-7. Matières en suspensions :

D'après les résultats du tableau qui montre que le taux de MES dans l'eau de mer est de 42 à 74 mg/l avec une valeur moyenne de 64,25mg/l, cette dernière est inférieure dans l'eau de saumure qui ne dépasse pas une valeur moyenne de 61,75 mg/l (Fig. 35).

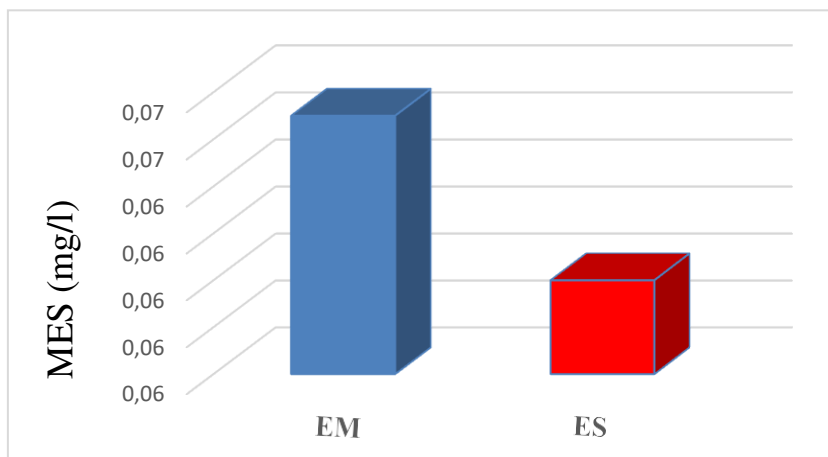


Figure 35: Variabilité du MES des eaux. EM : Eau de mer, ES : Eau de saumure

1-2-8. Dureté totale :

D'après les résultats du tableau12, la valeur la plus élevée est dans la saumure avec une valeur moyenne de 2713,43°F, par rapport à l'eau de mer qui a une valeur moyenne de 1624,57°F (Fig. 36).

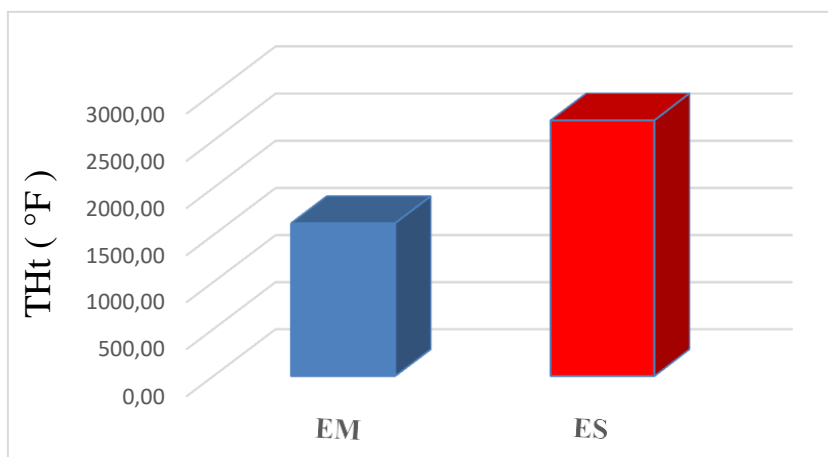


Figure 36: Variabilité de la dureté totale des eaux. EM : Eau de mer, ES : Eau de saumure

1-2-9. Titre alcalimétrique TA :

Nos résultats nous laissent suggérer que la valeur de la saumure est comprise entre (1,21°F à 2,42°F) avec une valeur moyenne de 1,77°F et l'eau de mer (1,07°F à 2,86°F) avec une valeur moyenne de 1,66°F (Tab.12).

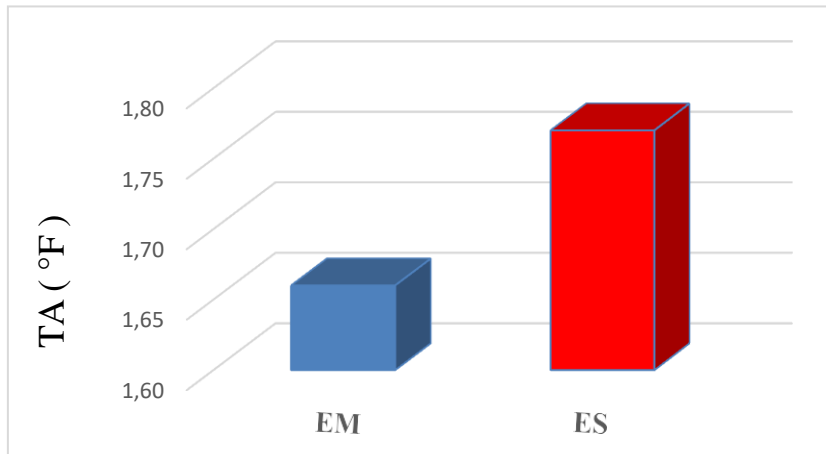


Figure 37: Variabilité de Titre alcalimétrique des eaux. EM : Eau de mer, ES : Eau de saumure

1-2-10. Titre alcalimétrique complet :

Nos résultats d'analyses montrent une présence du titre alcalimétrique complet qui varie entre (11,85°F à 14,3°F) dans la saumure, et l'eau de mer (10,78°F à 13,75°F), nous constatons de légères variations entre eux (Fig. 38).

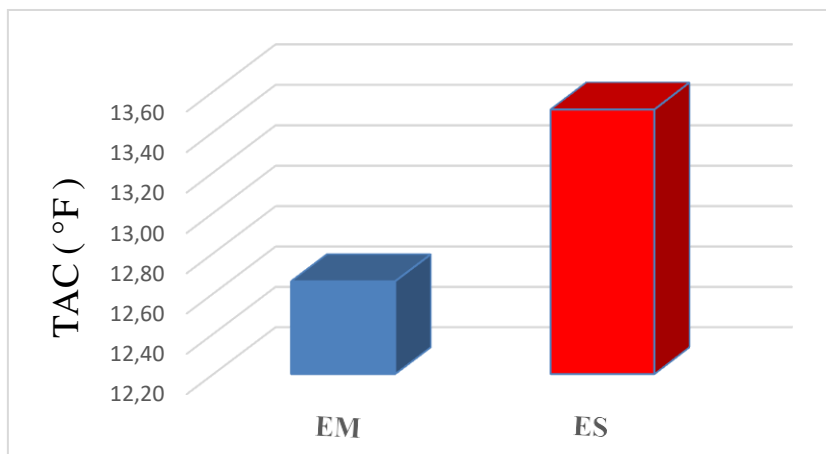


Figure 38: Variabilité de Titre alcalimétrique complet des eaux. EM : Eau de mer, ES :Eau de saumure

1-2-11. Dureté calcique :

les résultats montrent des valeurs comprises entre 784°F à 1960°F avec une valeur moyenne de 1120,00°F dans la saumure qui est la valeur la plus élevée (Fig. 39), dans l'eau de mer les valeurs sont comprises entre (196°F à 784 °F) avec une valeur moyenne de 616,00°F (Tab.12).

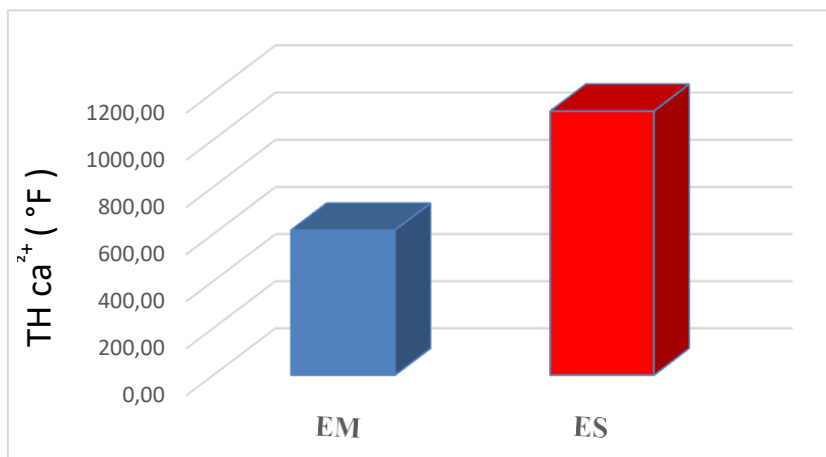


Figure 39: Variabilité de dureté calcique des eaux. EM : Eau de mer, ES : Eau de saumure

1-2-12. Dureté manganèse :

D'après la figure ci-dessous, La valeur la plus augmentée est de l'eau de saumure avec une valeur moyenne de 1593,43°F (Tab.12), quant à l'eau de mer sa valeur moyenne est 1008,57°F.

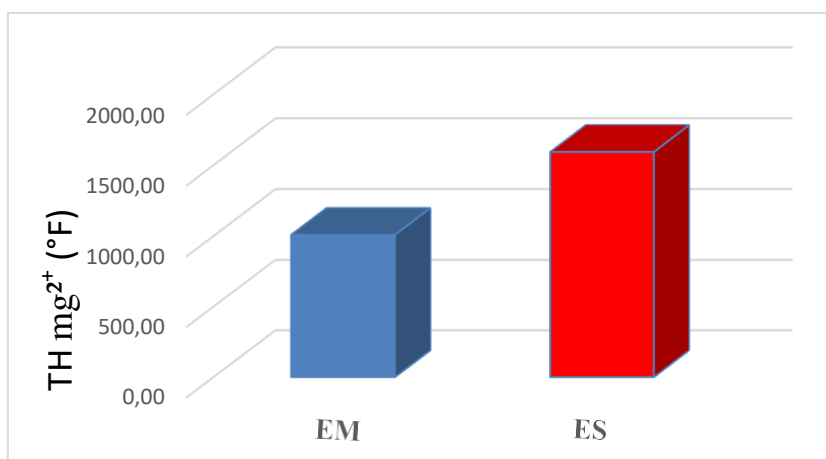


Figure 40: Variabilité de dureté manganèse des eaux. EM : Eau de mer, ES : Eau de saumure

1-2-13. Nitrites :

D'après la figure ci-dessous, la valeur moyenne de l'eau de saumure est comprise entre 51 et 5740 mg/l, nous constatons que la valeur des nitrites dans l'eau de saumure est considérablement élevée par rapport à l'eau de mer qui a une valeur comprise entre 47 et 1070 mg/l.

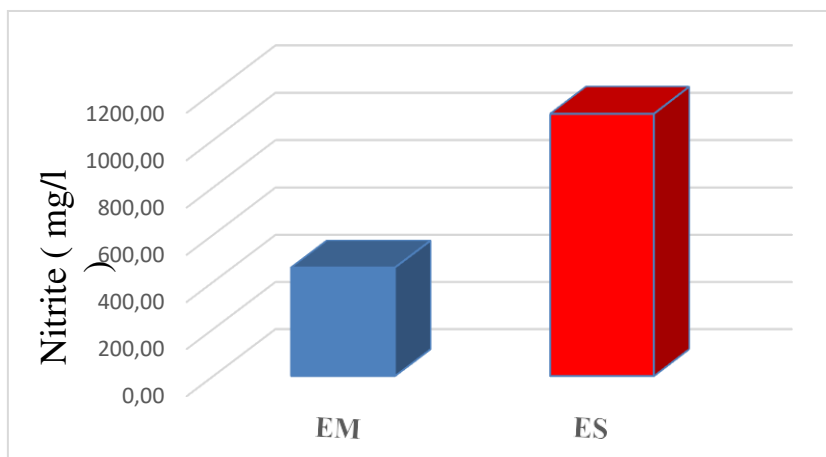


Figure 41: Variabilité de nitrite des eaux. EM : Eau de mer, ES :Eau de saumure

1-2-14.Chlorures :

Nos analyses montrent que le taux de chlorure est en moyenne de 27550 mg/l variant entre une valeur minimale d'ordre de 2640 mg/l et un Maximum de 33660 mg/l, qui est considérablement élevée dans l'eau de saumure (Fig. 42) par rapport à l'eau de mer normale qui a généralement une valeur moyenne de 17510 mg/l (Tab.12).

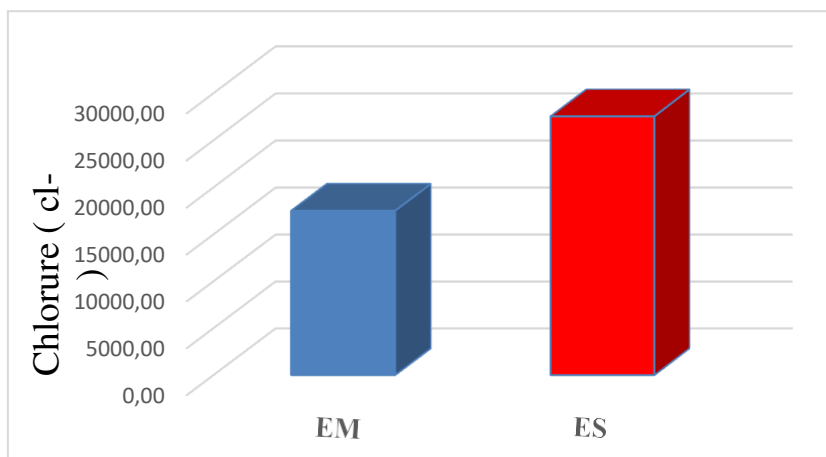


Figure 42: Variabilité de Chlorure des eaux. EM : Eau de mer, ES :Eau de saumure

1-2-15. Les ions carbonates et les ions bicarbonates :

Les valeurs des concentrations en bicarbonates de la saumure enregistrées se varient dans un intervalle de 96,74-135,45 mg/l avec une valeur moyenne de 121,56 mg/l, sa valeur est un peu élevée par rapport à l'eau de mer dont la valeur est comprise entre 24,02-132,49 mg/l avec une valeur moyenne de 99,89 mg/l (Fig. 43).

Les mesures des concentrations en carbonates de la saumure s'échelonnent de 2,52-29,04 mg/l avec une valeur moyenne de 19,56 mg/l, nous retenons une légère différence entre celle-ci et celle de l'eau de mer qui atteint une valeur moyenne de 18,82 mg/l (Fig. 44).

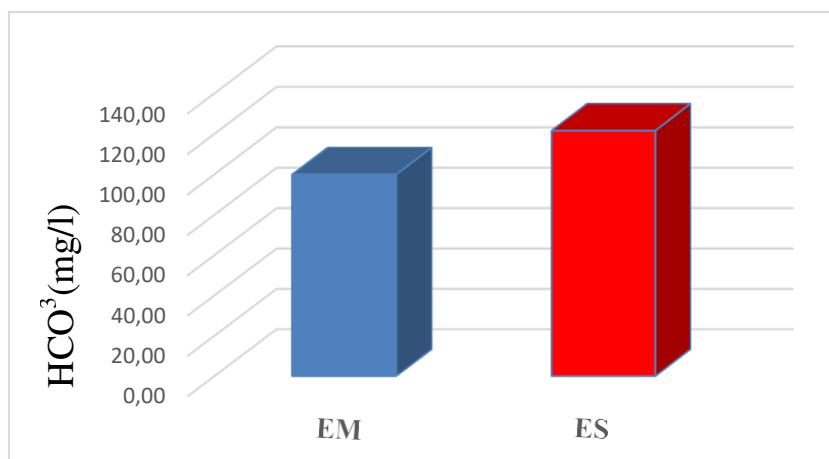


Figure 43: Variabilité de bicarbonate des eaux. EM : Eau de mer, ES : Eau de saumure

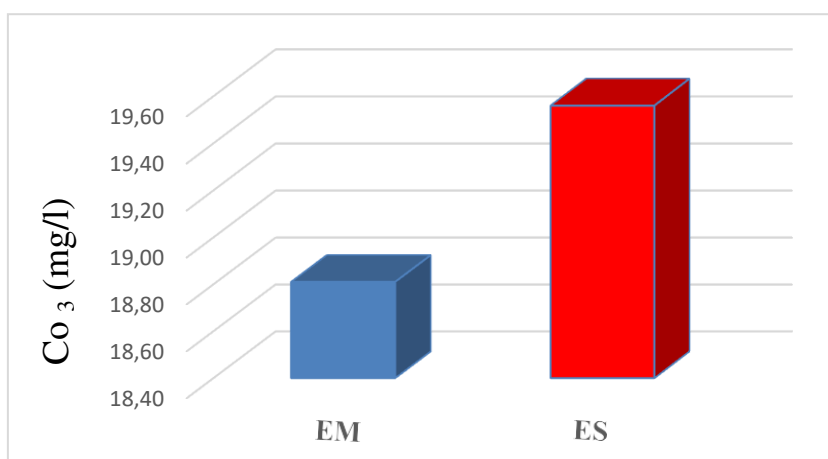


Figure 44: Variabilité de carbonate des eaux. EM : Eau de mer, ES : Eau de saumure

1-2-16 Calcium :

D'après les résultats du tableau, nous constatons que la valeur moyenne du calcium (4804,57mg/l) dans l'eau de saumure est élevée d'environ deux fois de plus par rapport à celui de

l'eau de mer (2464,00 mg/l) (Fig. 45), cela est due à la forte présence du calcium dans l'eau de saumure.

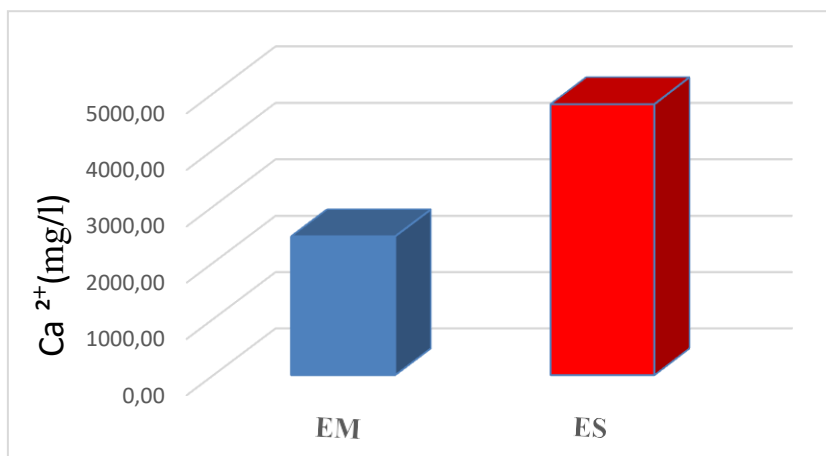


Figure 45: Variabilité de calcium des eaux. EM : Eau de mer, ES : Eau de saumure

3-1-2-17. Magnésium :

La valeur moyenne de magnésium de l'eau de saumure variant entre une valeur minimale d'ordre de 1881,6 mg/l et un Maximum de 8467,2 mg/l avec une valeur moyenne de 3824,23 mg/l, sa valeur est un peu élevée par rapport à l'eau de mer dont la valeur est comprise entre 940,8-4233,-mg/l avec une valeur moyenne de 2420,57 mg/l.

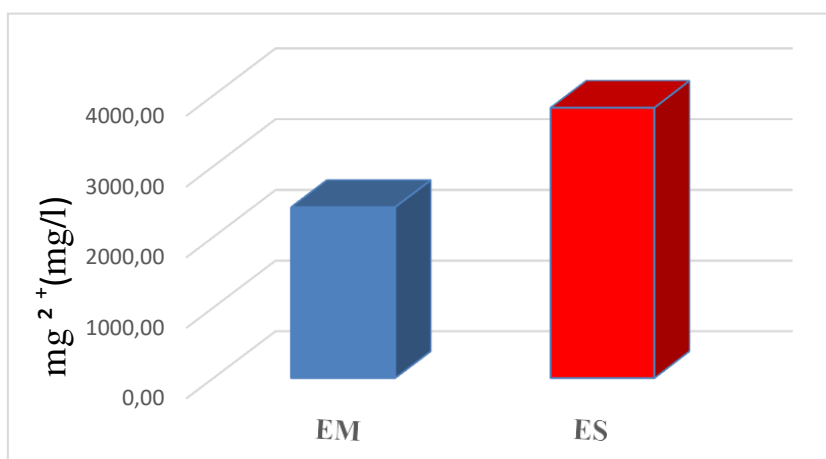


Figure 46 : Variabilité de magnésium des eaux. EM : Eau de mer, ES : Eau de saumure

2. Résultats et interprétation des analyses bactériologique de l'eau de mer, l'eau produite et l'eau de saumure :

Dans cette partie, nous présentons les résultats des analyses des différents paramètres bactériologiques mesurées pendant la période d'échantillonnage qui est structurées en une

semaine en calculant la moyenne des concentrations sur 7 jours. Une valeur moyenne annuelle est présentée pour chaque type de germe. Les résultats des paramètres bactériologiques de EM, EP, ES sont consignés dans le tableau 13.

Tableau 13: Résultat des analyses bactériologique de l'eau de mer, l'eau produite et eau de saumure. \bar{X} : Moyenne de concentrations sur 7 jours, X_{Min} : Valeurs minimales, X_{Max} : Valeurs Maximales.

Paramètres	Eau de mer (EM)			Eau produite (EP)			Eau de saumure (ES)			Normes d'analyse
	\bar{X}	X_{max}	X_{min}	\bar{X}	X_{max}	X_{min}	\bar{X}	X_{max}	X_{min}	
Germes aérobies à 37°C	137,14	150	60	61,42	70	70	200	200	200	ISO 6222
Germes aérobies à 22°C	35,71	40	35	32,14	40	20	221,42	230	200	ISO 6222
Coliformes aérobies à 37°C	0	0	0	34,28	120	0	4,28	10	0	ISO 4831
Coliformes fécaux	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ISO 4831
Streptocoque	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ISO 7899
<i>Clostridium sulfitoréducteur</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NF T90-415

2-1. Germes aérobies à 37°C :

Concernant les résultats bactériologiques, les germes totaux enregistré des valeurs élevée pour l'eau de saumure, qui est 200 UFC/100ml, aussi la figure 47 montre que la concentration des germes dans l'eau de mer est plus élevée que celle de l'eau produite, ce dernier sa valeur est comprise entre 60 et 150 UFC/100ml avec une moyenne de 137.14 UFC/100ml par rapport à l'eau produite qui a une valeur moyenne de 61.42 UFC/100ml avec un minimum de 40 UFC/100ml et un maximum de 70 UFC/100ml qui reste conforme à la norme ISO N°: 6222 recommandée de 200 UFC/100ml.

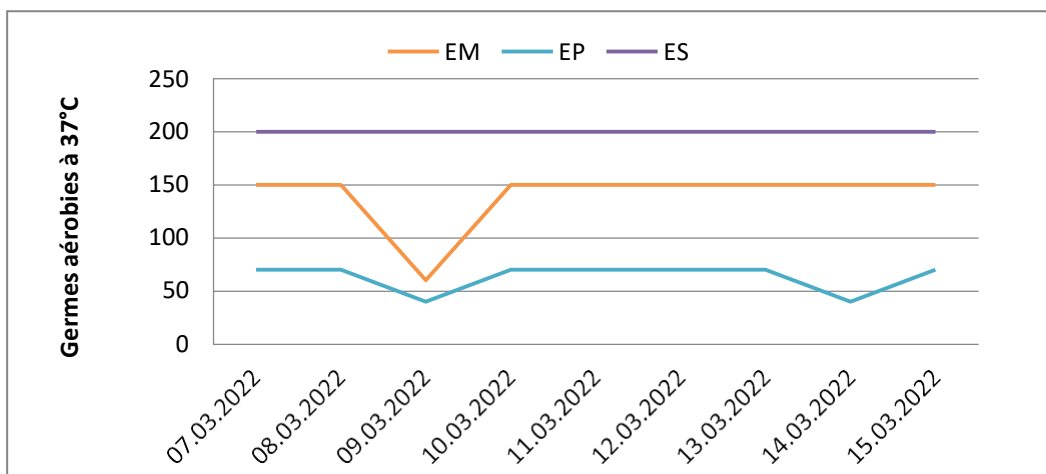


Figure 47 : Evolution journalière des germes aérobies à 37°C des trois types d'eaux.

2-2.Germes aérobies à 22°C :

Les valeurs de l'eau de saumure sont les plus élevées par rapport aux deux autres échantillons avec une valeur entre 200 et 230 UFC/100ml et d'une moyenne de 221 UFC/100ml (Fig. 48), par contre l'eau de mer qui a une valeur d'ordre Maximale de 40 UFC/100ml et d'un minimum de 35 UFC/100ml, la figure ci-dessous montre que il y a une légère différence entre l'eau de mer et l'eau produite, ce dernier sa valeur est comprise entre 20 et 40 UFC/100ml avec une moyenne de 32,14 UFC/100ml, ces valeurs ne dépasse pas la norme ISO N°: 6222recommandée de 200.(Tab.13).

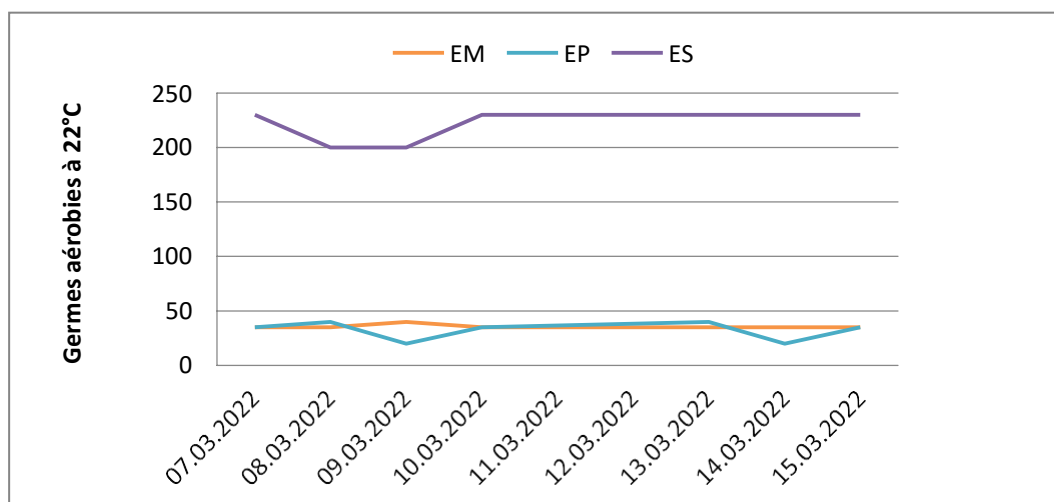


Figure 48: Evolution journalière des germes aérobies à 22°C des trois types d'eaux.

2-3. Coliformes totaux :

Le tableau ci-dessus montre que l'eau produite a une valeur plus élevée par rapport à l'eau de saumure qui est comprise entre 0 et 120 UFC/100ml avec une moyenne de 34.28 UFC/100ml (Fig. 49), par contre à l'eau de saumure qui à un maximum de 10 UFC/100ml et un minimum nul expliquant l'absence totale des germes, avec une moyenne de 4.28 UFC/100ml, nous notons que la valeur de l'eau de mer est inexistante, donc ces valeurs obtenues sont conformes à la norme ISO N°: 4831 recommandée de 300.

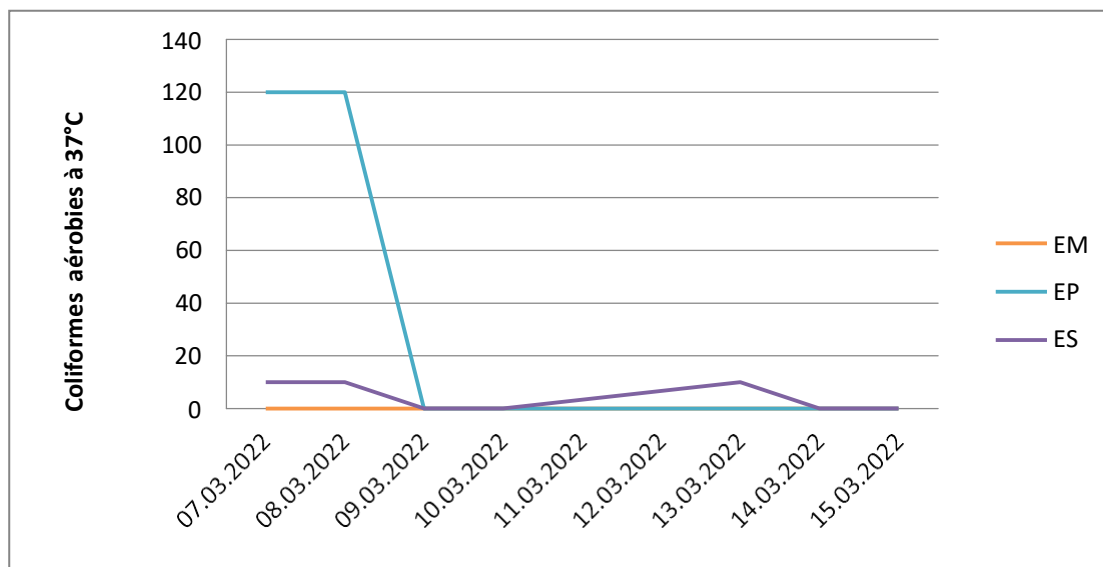


Figure 49: Evolutions journalières des coliformes aérobies à 22°C des trois types d'eaux.

2-4. Coliformes fécaux, Streptocoque et Clostridium sulfito réducteur :

Concernant les concentrations moyennes de ces germes au cours de la période d'étude enregistre une absence totale des germes qui ne dépassent pas les valeurs requises par les normes ISO. (Tab.13).

3. Discussions des interprétations :

Nous avons évalué entre le 07 mars 2022 et le 15 mars 2022, la qualité physico-chimique à travers les mesures des températures, TDS, pH, conductivités électrique, résistivité, turbidité, THt, TA, TAC, TH Ca^{2+} , TH Mg^{2+} , nitrite, chlorures, matières en suspension, HCO_3 , CO_3 , et la composition bactériologique en quantifiant les germes aérobies, les coliformes aérobies, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux et *Clostridium sulfitoréducteur* dans trois différents types d'eaux : l'eau de mer, l'eau produite et l'eau de la saumure.

Le taux de tous les paramètres physico-chimiques de l'eau de saumure à l'issue du procédé de dessalement demeurent élevés par rapport au taux de l'eau de mer, à l'exception de quelques paramètres tels que le pH, la température, la turbidité et la résistivité qui restent inférieurs.

Si on compare les résultats des analyses de l'eau de saumure de la station GL/1K avec les trois autres stations qui sont la station de Zeralda, et la station de Mostaganem et de la région d'ouest Tlemcen.

Concernant les mesures de la température de l'eau de saumure de notre station GL/1K la valeur moyenne est $27,06^{\circ}C$, cette valeur est inférieure des deux autres stations, la station de Zeralda (Bessenasse et BelkacemFilali, 2014) et la région d'ouest Tlemcen (Benmoussat et Habi, 2009) qui ont des valeurs moyennes similaires de $41,7^{\circ}C$ et $41,8^{\circ}C$, par contre nous remarquons que notre valeur reste supérieure à celle de la station de Mostaganem (Amitouche et al., 2002) qui a une valeur moyenne de $17,08^{\circ}C$. La température élevée peut favoriser des goûts ou odeurs désagréables, de plus, elle accélère la plupart des réactions physico-chimiques et biologiques dans le réseau hydrologique et qui favorise la croissance bactérienne et la corrosion en diminuant l'effet du chlore résiduel (Celerier et Faby, 2003).

Généralement, le pH est un facteur d'investigation de l'acidité ou de l'alcalinité d'une eau (Kassim, 2005). D'autre part ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques (Heriarivony et al., 2015),

Lors de notre interprétation nous pouvons voir que le pH de l'eau de saumure de la station GL/1K est d'une moyenne de 7,96, par contre pour la station de Zeralda (Bessenasse et BelkacemFilali, 2014) qui a une valeur moyenne de 8,62, et la station de Mostaganem (Amitouche et al., 2002) qui a une valeur moyenne de 7,45, et la région d'ouest Tlemcen (Benmoussat et Habi, 2009) qui a une valeur moyenne de 8,41. Hade (2007) a rapporté que lorsque le pH est élevé, l'azote ammoniacal (NH_4^+) devient toxique tandis que pour un pH inférieur à 8, l'azote ammoniacal a peu d'influence sur la faune et la flore.

Pour la variation de la conductivité, nous pouvons retenir que la conductivité est d'une moyenne égale à $58040 \mu s/cm$, nous observons que la station de Zeralda (Bessenasse et

Belkacem Filali, 2014) et la région d'ouest Tlemcen (Benmoussat et Habi, 2009) ont des valeurs moyennes supérieures à la station GL/1K qui sont 63300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 67030 $\mu\text{S}/\text{cm}$, et pour la station de Mostaganem (Amitouche *et al.*, 2002) elle a une valeur moyenne de 94800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ qui est largement supérieur à notre valeur. D'après Barnabe and Barnabe-Quet (2000), une conductivité électrique supérieure à 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ fait considérer une eau comme inutilisable dans les zones irriguées car ayant un impact sur le développement des organismes et sur les équilibres chimiques, suivant l'affinité de chaque organisme avec la concentration des ions.

Les mesures des teneurs de la turbidité au niveau de la station de GL/1K pour l'eau de saumure montrent une valeur moyenne de 0,28 NTU, cette valeur reste relativement inférieure à la valeur de la station de Zeralda (Bessenasse et Belkacem Filali, 2014) qui est 0,82 NTU et à celle de la station de Mostaganem (Amitouche *et al.*, 2002) qui est 0,37 NTU. Bien que ce paramètre affecte beaucoup la potabilité d'une eau de boisson car les consommateurs sont très sensibles par rapport à ce paramètre et qu'est une cause majeure de changement de la coloration de l'eau (Andriamihaja, 2014). La turbidité exprime le degré de présence des matières en suspensions finement divisées : argiles, limons, grains de silice, matières organiques (Kassim, 2005); elle est aussi influencée par l'abondance des précipitations (Couillard *et al.*, 1992).

La valeur de taux des sels dissouts (TDS) de l'eau de saumure au niveau de la station GL/1K est 45857,14 mg/l, nous observons que la station de Mostaganem (Amitouche *et al.*, 2002) et la région d'ouest Tlemcen (Benmoussat et Habi, 2009) ont des valeurs moyennes supérieures à notre station GL/1K qui sont 63300 mg/l et 71250 mg/l, et pour la station de Zeralda (Bessenasse et Belkacem Filali, 2014) elle a une valeur moyenne de 613501 mg/l qui est largement supérieur à notre valeur. Il est confirmé que la salinité élevée cause des graves dommages aux flores et faunes marines, une étude des effets létaux d'une solution hypertonique sur les organismes marins indique que la salinité létale initiale et la sensibilité de chaque organisme diffèrent d'une espèce à l'autre au travers d'expérimentations en laboratoire (Shunya *et al.*, 1994).

Concernant les mesures de la matière en suspension de l'eau de saumure de notre station GL/1K la valeur moyenne est 61,57 mg/l, Cet élément chimique est analysé uniquement au niveau de la station de CL/1K. Des teneurs élevées en matières en suspension peuvent empêcher la pénétration de la lumière, diminuer l'oxygène dissous, ce qui engendre des conséquences graves sur l'état biologique des cours d'eau telles que la mort des végétaux (Herne *et al.*, 2009), (Ferretto, 2014).

Pour le taux de THT de l'eau de saumure, la valeur moyenne est 2713.43°F pour notre station GL/1K qui est supérieur à des deux autres stations, la station de Mostaganem (Amitouche

et *al.*, 2002) et la région d'ouest Tlemcen (Benmoussat et Habi, 2009), qui ont des valeurs de 1410°F et 820°F.

Concernant le TA de l'eau saumure de la station de GL/1K est d'une moyenne de 1.71°F, Cet élément chimique est analysé uniquement au niveau de la station de CL/1K.

La valeur de TAC de l'eau de saumure dans notre station GL/1K est 13.51°F inférieur à des deux autre station de la région d'ouest Tlemcen (Benmoussat et Habi, 2009) qui a une valeur moyenne de 20°F et la station de (Amitouche et *al.*, 2002) qui a une valeur moyenne de 14°F.

Pour le titre Dureté calcique (THca²⁺), dans notre station GL/1K, la valeur moyenne est 1120°F, cette valeur est supérieur à celle de la station de la région de ouest Tlemcen (Benmoussat et Habi, 2009) qui a une valeur moyenne de 120°F.

Pour la variation de THmg²⁺, dans notre station GL/1K la valeur moyenne est 1593.43°F qui est supérieur à celle de la station de la région d'ouest Tlemcen (Benmoussat et Habi, 2009) qui a une valeur moyenne de 700°F.

Ces paramètres (dureté et alcalinité) ont un impact négatif sur l'environnement qui est toxique pour les êtres vivants et les poissons en particulier gênant la production d'eau et modifier la salinité de l'eau (Ben Hadj, 2011).

Concernant les mesures de concentration du Chlorure dans notre station GL/1K la valeur moyenne est 27550 mg/l, Cette valeur supérieur par rapport à deux station : la station de la région d'ouest Tlemcen (Benmoussat et Habi, 2009) qui a une valeur moyenne de 19880 mg/l et la station de Mostaganem (Amitouche, 2002) qui a une valeur moyenne de 20680 mg/l. Mais au comparaison à la station de Zeralda (Bessenasse et BelkacemFilali, 2014) elle a une valeur moyenne de 3126 mg/l qui est inférieur à notre valeur.

Pour la variation de concentration du Nitrite, dans notre station GL/1K la valeur moyenne est 1110 mg/l, cette valeur reste supérieur à la valeur de la station de Mostaganem (Amitouche, 2002) qui à une valeur de < 0,02 mg/l. Les nitrites est la forme intermédiaire entre l'ammonium et les nitrates, issus de processus de nitrification. Sa présence dans le milieu aquatique est à l'origine d'un déséquilibre d'oxygénation de la flore bactérienne dans le milieu aquatique, ou à des températures faibles ralentissant les processus bactériens. (Kalle, 1963).

Pour la variation de concentration du Carbonate [CO₃⁻²], nous pouvons voire que la concentration carbonate de l'eau de saumure de la station GL1/K est d'une moyenne de 19,56

mg /l, cette valeur reste relativement inférieure à la valeur de la station de Mostaganem (Amitouche , 2002) qui a une valeur moyenne de 144 mg /l (Amitouche,2002) .

Pour la variation de la concentration Bicarbonate [HCO_3^-] , nous pouvons voir que la valeur moyenne dans notre station GL1/K est 121,56 mg/L presque la même valeur de la station de la région d'ouest Tlemcen (Benmoussat et Habi , 2009) qui est 129,32 mg/l, pour la station de Mostaganem (Amitouche et *al.*, 2002) et la station de Zeralda (Bessenasse et Belkacem Filali, 2014) ont des valeurs moyennes supérieures à notre station GL/1K qui sont 144 mg/l et 139,7.

Pour la variation de la concentration [Ca^{2+}], nous remarquons que la valeur moyenne dans notre station GL1/K est 4804,57 mg/l, cette valeur reste très élevée par rapport aux trois stations : la station de Zeralda (Bessenasse et Belkacem Filali , 2014) qui a une valeur moyenne de 452 mg/l et la station de la région d'ouest Tlemcen (Benmoussat et Habi , 2009) qui est 440 mg/l (Benmoussat et Habi , 2009) , la station de Mostaganem (Amitouche et *al.*, 2002) qui est 302,5 mg /l.

Pour la variation de la concentration [Mg^{+2}], nous pouvons voir que la valeur moyenne dans notre station GL1/K est 3824,23 mg/l, cette valeur reste largement supérieure aux autres stations : la station de Zeralda (Bessenasse et Belkacem Filali , 2014) qui a une valeur moyenne de 1444 mg/l et la station de la région d'ouest Tlemcen (Benmoussat et Habi , 2009) qui est 1315 mg/l (Benmoussat et Habi , 2009) , la station de Mostaganem (Amitouche et *al.*, 2002) qui est 934 mg /l.

Concernant les analyses microbiologiques de l'eau de saumure de notre station GL/1K sont de bonne qualité microbiologique suivant les normes ISO (Annexe 03).

4. Effet de dessalement sur l'environnement :

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 ou les sols ainsi qu'à des dommages potentiels pour le milieu récepteur. (Noureddine et *al.*, 2016)).

5. Impacts liés aux rejets :

Les scientifiques s'accordent sur le fait que les impacts des effluents (=eaux rejetées) issus de ces usines sont principalement dus à la forte concentration en sel et dans une moindre mesure à la présence de produits chimiques (utilisés pour le fonctionnement de l'usine) et à la température potentiellement élevée de ces eaux.

La principale caractéristique des eaux rejetées par les usines de dessalement est sa forte salinité. On la qualifie ainsi de saumure (=eau de mer concentrée). Pour les usines à procédé thermique, le taux de conversion de l'eau de mer en eau douce est en moyenne de 10%, c'est à dire qu'avec 10l d'eau salée est produit 1l d'eau pure. Ainsi, la concentration des effluents issus de ces usines est en moyenne 10 % plus concentrée que l'eau d'alimentation (UNEP, 2003).

Dans ce procédé, les eaux de rejets sont souvent diluées par deux avec des eaux de refroidissement (eau de mer classique), ce qui donne donc un effluent seulement 5% plus concentré que l'eau de mer naturelle. Pour les usines à procédé membranaire en revanche, l'eau de rejet est de 30 % à deux fois plus concentrée. (Elimelech et Phillip, 2011).

Lorsque la saumure est rejetée sans dilution ni traitement, elle induit une augmentation de la concentration en sels autour de la zone de rejet. Des travaux de recherche ont ainsi montré que les rejets de saumure issus des usines de dessalement du golfe persique augmentaient localement la concentration en sels de 5 à 10 mg/l, la concentration moyenne de l'eau de mer dans cette région avoisinant les 45mg/l. (Elimelech et Phillip, 2011).

La forte salinité des eaux de rejets est à l'origine des principaux impacts des usines de dessalement sur les écosystèmes marins. Le rejet de saumure dans la mer aboutit en effet à la formation d'un système stratifié de couches de plus en plus salées en allant vers le fond, ce qui diminue les brassages entre eau de fond et eau de surface. Dans certains cas et en fonction des courants marins locaux, 40% de la zone environnante est recouverte de sel.

Ce phénomène peut conduire à des modifications du milieu local-Anoxie (absence d'oxygène) au niveau des fonds marins : la diminution des brassages associée à la présence d'espèces consommatrices d'oxygène peut conduire à des périodes d'anoxie du fond marin (Freixa ,2009).

5-1. La pollution de la saumure :

La saumure est un sous-produit du dessalement inévitable, qui est déchargée, généralement, dans l'environnement marin. Les implications environnementales de cette solution de sel fortement concentrée (TDS) est autour de 70.000 ppm sur les écosystèmes marins locaux qui ont été discutées de façon contre-versée pendant beaucoup d'années.

Cependant, c'est maintenant qu'elle est reconnue comme une décharge étendue de saumure, comme elle constitue une couche hyper saline au fond de la mer dû à sa plus grande densité. Elle a un potentiel qui affect fortement la faune et la flore marines.

Evidemment, l'importance des impacts sur l'environnement dépend des caractéristiques du processus du dessalement- détermination de la composition chimique de la saumure produite mais également des conditions hydrodynamiques et bathymétriques normales aussi bien que des facteurs biologiques de l'environnement marin.(Sebki e tAissaoui, 2006).

5-2. Dispersion des sels concentrés :

Le principal problème environnemental lié à une usine de dessalement est comment se débarrasser de l'excédent des saumures concentrées. Dans la plupart des cas, ces saumures ne peuvent pas rester sur la terre en raison du danger qu'elles posent aux eaux souterraines et en raison d'autres potentiels grave set impact sur l'environnement. Une décharge normale pour ces saumures est la mer (Fig. 50), mais une technologie appropriée est exigée afin d'assurer la dispersion appropriée des solutions concentrées et réduire au minimum ainsi leurs effets nuisible sur l'environnement marin.



Figure 50 : Rejet de l'usine de dessalement d'eau de mer d'Al-Doha, Koweït.

5-3. Impacts de salinité : (Miri et Chouikhi, 2005)

a) Sur la qualité de l'eau du milieu récepteur :

La concentration élevée de salinité entraîne une augmentation de la turbidité de l'eau. Ce genre de pollution est probable à empêcher la pénétration de la lumière, et perturbe le processus de photosynthèse. L'effluent de saumure contient des substances dissoutes concentrées provenant de l'eau de mer, son poids spécifique élevé lui fait couler au fond de mer et empêchera son mélange, de ce fait créant un désert de sel à proximité du canal de décharge.

b) Sur les organismes marins :

- **Plancton** : une augmentation de la salinité du milieu du plancton peut réduire leur production jusqu'à leur extinction (principalement aux niveaux des larves et de jeunes individus) La susceptibilité des invertébrés varie, principalement chez les crustacées, mais en générale, ceux avec l'estomac long sont plus sensibles a une élévation de salinité que ceux avec courte. Les larves crustacées et invertébrées flottant dans la colonne d'eau sont également plus sensibles aux variations de niveaux de salinité que les individus entièrement développés.

- **Poisson** : la susceptibilité a l'élévation de salinité varie de l'espèce a l'espèce d'un en droit à l'autre, et apparemment, aucun travail ou recherche n'ont été effectués pour examiner systématiquement la résistance des diverses espèces trouvées dans le secteur méditerranéen ou du Golf.

En Méditerranée occidentale par exemple, La salinité naturelle de l'eau de mer se situe entre 37 et 38 (g/l), alors que la salinité du concentré osmotique peut atteindre les 70 g/l. Or, en Espagne, des études menées en laboratoire et sur le terrain, ont montré que la plante à fleurs aquatique « *Posidoniaoceanica* » (Fig. 51) est très sensible aux variations du taux de salinité de ses habitats naturels. Des effets notables sur la structure de la plante ont été observés à des taux de salinité d'à peine 38,4 g/l et sur sa vitalité dès 39,1 g/l. La forte teneur en sel du concentré rejeté avec l'osmose inverse risque de porter préjudice aux bancs de *Posidonia* classés habitat prioritaire par la directive Européenne pour la conservation des habitats de la faune et de la flore.



Figure 51 : Photo des herbiers de *Posidonia oceanica* de la Méditerranée.

Tableau 14 : les limites de la salinité pour différents écosystèmes et espèces présentes en Méditerranée.

Les organismes marins	La limite de salinité	Références.
<i>Posidonia oceanica</i>	Ne doit pas dépasser 40g/l	(Sánchez Lizaso et al., 2008)
<i>Cymodocea nodosa</i>	Ne doit pas dépasser 41g/l	Ministère espagnol d'environnement
<i>Caulerpa prolifera</i>	Autour de 50-60g/l	(Terrados & Ros, 1992)
<i>Zostera noltii</i>	Ne doit pas dépasser 41g/l	(Fernández & Sánchez, 2006)
Mussels	Autour de 50-70g/l	-



Figure 52: Photo des Mussels de la méditerrané.



Figure 53: Photo des herbiers de la *Caulerpa prolifera* de la Méditerranée.



Figure 54: Photo des herbiers de la *Cymodocea nodosa* de la Méditerranée.



Figure 55: Photo des herbiers de la *Zostera noltii* de la Méditerranée.

Conclusion

Conclusion :

L'eau produite par la station de dessalement du GNL présente une conformité aux normes algériennes et celles de l'OMS. Ces résultats montrent bien, l'efficacité de ce procédé de traitement.

Néanmoins, il reste le problème des rejets de cette unité, le cas de la salinité qui est directement lié à l'impact sur l'environnement.

Les paramètres évalués pour l'eau saumure rejetée en mer ont montrés des valeurs très élevées par rapport à l'eau de mer ce qui influe négativement sur l'environnement marin. Les rejets de saumures fortement chargées ont pour conséquence la variation de la composition chimique de l'eau de mer qui altère l'équilibre des écosystèmes et l'environnement marin. Par conséquence, ces répercussions conduisent à une perturbation de la vie aquatique locale. Ce phénomène s'atténue rapidement au fur à mesure que l'on s'éloigne du point de rejet par diminution de la concentration.

Le taux saumures fortement élevés en contact avec la mer descendraient au fond de la mer et prolongeraient sur un rayon d'une dizaine de mètres représentent une source continue et cumulative de pollution, qui aurait comme conséquence des détriments continus sur la vie aquatique à proximité de zone hyper saline. Pour réduire au minimum ces effets nuisibles des usines de dessalement de l'eau de mer.

La solution du dessalement a été mise en œuvre en Algérie avec succès, depuis quelques Années grâce au partenariat étranger, et à de nombreux petits projets financés sur le budget de L'Etat. Ces alternatives peuvent se séparer en:

Processus de dilution : Dans ce cas, la saumure générée est diluée avec les effluents d'autres stations de traitement qui ont pour destination leur déversement à l'océan, dont la concentration saline est très faible et dont le débit de sortie est plus élevé que pour la saumure, afin d'assurer la bonne dilution. On utilise généralement des effluents de stations de traitement des eaux usées ou de centrales thermiques.

Processus de gestion : Ces processus comprennent différents processus de traitement des effluents salins produits dans les stations de dessalement ainsi que dans d'autres secteurs. Le traitement des saumures permet de garantir une plus grande durabilité écologique et une diminution de leur impact sur le milieu naturel. Ensuite, les processus de gestion d'effluents salins les plus remarquables sont traités.

Et comme perspectives :

- 1- Pour la bonne gestion des rejets des eaux salées de la station et la prise en charge complète du problème de la pollution à ce niveau, on doit éviter tout conflit entre la direction de la station et les agriculteurs, concernant les différents problèmes liés aux rejets des eaux chargées de saumure.
- 2- Un strict respect de l'application des règlements ayant trait aux rejets des effluents liquides.
- 3- La protection du sol contre tout type de pollution peut contribuer à la réduction des dépenses pour le traitement spécifique de l'état de salinisation des terres cultivables, afin de préserver l'environnement et la santé publique qui reste l'objectif primordial.
- 4- L'installation de bassins de rétention de rejet reliés à des canalisations en relation directe avec le lieu de rejet choisi (ex : sebkha d'Oran) à la sortie de la station et ce, afin d'éviter sinon limiter toute pollution d'origine industrielle.
- 5- Les responsables de la station de traitement doivent veiller scrupuleusement au contrôle de la qualité des eaux rejetées à l'extérieur.

En outre, l'étude effectuée sur ce phénomène a montré que :

Les risques encourus suite à ces rejets des eaux déminéralisées induit une dégradation de l'environnement, qui se manifeste par la prolifération des bactéries, des coliformes et des pathogènes ; ce qui a un impact direct sur l'être humain ; vu qu'il le premier consommateur des produits de l'agriculture, ensuite le bétail se trouve touché ainsi que toute la culture faite par les agricultures, habitant ce genre d'emplacement, où s'effectue les rejets sans contrôle. Pour cela on parle de risque sanitaire et environnemental.

*Références
Bibliographiques*

Références Bibliographiques

Alpha S.M., (2005). Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par L'EDMSA dans la ville de Bamako, Thèse de doctorat en pharmacie, université de bamako, 77p.

Atallah A., (2014). Procédé de dessalement et qualité physico-chimique de l'eau dessalée de la station HONAINA. Mémoire de fin d'étude, Master, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, 99p.

Amitouche M. and Remini B., (2014). Operation of Cap Djinet desalination plant and dilution of brine with power station cooling water. *Desalination and Water Treatment*, 1–8p.

Andriamihaja O., (2014). Mise en place d'un filtre a eau anti bactériologique à partir des matériaux locaux. Université de Madagascar. Mémoire de Master, 28p.

B

Bakalowicz, M., (1999). Connaissance et gestion des ressources en eaux souterraines dans les Régions karstiques, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée, Corse, 44p.

Barnabe Get Barnabe-Quet R., (2000). Ecology and Management of Coastal Waters: The Aquatic Environment. Springer: UK, 365p.

Ben Hadj Khaled Z., (2011). Réalisation d'une synthèse sur la qualité des milieux aquatiques sur le territoire du SIVOM de région mulhousienne, Mémoire en vue d'obtenir, Ingénierie du développement durable, Ingénierie Durable de L'Environnement. INPL Nancy.France. 94p.

Bennet T. and M Cuccinello., (1999). Saltwater desalination in *Water Treatment Primer*, 84p.

Bessenasse M., Kettab A et Moulla S.A., (2012). Desalination of seawater, Algiers : Algérien of Water. Volume 250, Issue 1, 423-427p.

Bleninger T et Jirka G.H., (2010). Environmental Planning, Prediction and Management of Brine Discharges from Desalination Plants, Final report, MEDREC Project: 07-AS-003, Muscat, Sultanate of Oman, 237p.

Blue Plan., (1992). Overview of the Mediterranean (Development and Environment), 462p.

Bushnak A., (2012). Évaluation des meilleures technologies disponibles pour le dessalement en zones rurales/locales. Rapport final, Gestion Intégrée Durable de l'Eau – Mécanisme de Soutien (SWIM - SM), 74p.

C

Celerier J. L. et Faby J. A., (2003). La dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux. FNDAE. 98p.

Cooley H., Gleick P.H. and Wolff G., (2006). Desalination, with a grain of salt. A California Perspective: Pacific Institute for Studies in Development, Environment and Security: Oakland, California, 100p.

Couillard D., Lafrance P et Lessard, S., (1992). Evaluation de la qualité organoleptique de l'eau potable dans le réseau de distribution de East Broughton (Beauce) et suggestion d'un procédé de traitement. Université du Québec. n° 367, 165p.

D

Danis P., (2003). Dessalement de l'eau de mer. Techniques de l'Ingénieur, traité Génie des procédés, J2 700.

Dawoud Mohamed A. and Al Mulla Mohamed M., (2012). Environmental Impacts of Seawater Desalination: Arabian Gulf Case Study, International Journal of Environment and Sustainability | Vol. 1 No. 3, pp. 22-37.

E

Elimelech M et Phillip W. A., (2011). The future of seawater desalination : energy, technology, and the environment. *Science*. Volume 333, Issue 6043, 712-717.

F

Fernández-Torquemada Y et Sánchez-Lizaso J.L., (2013). Effects of salinity on seed germination and early seedling growth of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile, Estuarine, Coastal and Shelf Science, Volume 119, p. 64-70.

Ferretto N., (2014). Etude de la matière organique dissoute fluorescente et évaluation de la pression anthropique en Méditerranée nord-occidentale. Thèse de Doctorat. Université de Provence Aix-Marseille 1 (France), 267 p.

Freixa C. M., (2009). Benchmarking international en matière de dessalement des eaux - Revue HTE n°142, 2p.

H

Habet L., (2012). Contribution à l'étude des impacts du dessalement des eaux de mer sur l'environnement, Mémoire de Magister, Université M'Hamed Bougara Boumerdes, 153p.

Hade A., (2007). *Nos Lacs: les Connaître pour Mieux les Protéger*. Edition FIDES: Quebec, 359p.

Henri L et Kamel F., (2008). Dessalement de l'eau de mer et des saumâtres par Osmose Inverse, Middle East Desalination Research Center en collaboration avec L'université Saad Dahlab de Blida, Algérie, 88p.

Hernes P.J., Bergamaschi B.A., Eckard R.S. et Spencer R.G.M., (2009). Fluorescence-based proxies for lignin in freshwater dissolved organic matter. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 114p.

Hoepner T et Lattemann S., (2003). Chemical impacts from seawater desalination plants: A case study of the northern Red Sea, *Desalination* 152 (2003) 133–140p.

J

Jamaly S., Darwish N, I. Ahmed et S.W. Hasan., (2014). A short review on reverse osmosis pretreatment technologies, *Desalination* volume 354, 30–38p.

K

Kassim, C., (2005). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. Université de Bamako. Thèse de Doctorat. 55p.

Kalle K., (1963). Über das Verhalten und die Herkunft der in den Gewässern und in der Atmosphäre vorhandenen himmelblauen Fluoreszenz. *Deutsche Hydrografisch Zeitschrift*;16:153–166p.

L

Lattemann S., (2010). development of an environmental impact assessment and decision support system for seawater desalination plants, Phd Thesis in Delft, The Netherlands, 290p.

Lattemann S. and Höpner T., (2003). “Seawater Desalination: Impacts of Brine and Chemical Discharge on the Marine Environment”, *Desalination Publications*, L'Aquila, Italy, 142p.

Lebleu N., (2007). Désinfection des eaux par procédés membranaires, étude des mécanismes de Transfert des bactéries, thèse de doctorat, spécialité génie des procédés et de l'environnement, Université de Toulouse, 272p.

Le Calvé O., (2002). Propriétés Physiques du Milieu Marin, Institut des Sciences de l'Ingénieur de Toulon et du Var, France, 40p.

Linsky R., (1999). “ What is the real value of water? in *IDA NEWS* Vol. 8, 135p.

M

Moulin B., (2004). Le kayak et la mer, édition le Canotier, 190p.

Mabrook B., (1994). Environmental impact of waste brine disposal of desalination plants, Red Sea, ÉGYPTE. Desalination, Vol. 97, 453-465p.

Mandri., (2011). Etude paramétrique du procédé de dessalement de l'eau de mer par congélation sur paroi froide, Thèse de doctorat de l'université Claude Bernard Lyon, 170p.

Maurel A., (2006). Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres, 2e édition TEC&DOC, 286p.

Méricq J.P., (2009). Approche intégrée du dessalement d'eau de mer : distillation membranaire sous vide pour la réduction des rejets salins et possibilités de couplage avec l'énergie solaire. Thèse de doctorat de l'université de Toulouse.

Monique H., (1991). Les eaux naturelles et les eaux de consommation, Saint Laurent, 101p.

Moustiri., (2011). Strategy and Indicators Water Sector in Algeria, Ministry of Water Resources, Algiers, Algeria, 144-155p.

Mozas M. et Ghosn A., (2013). État des lieux du secteur de l'eau en Algérie, IPMEED, 27p.

Sebki M et I. Aissaoui., (2016). « Etude paramétrique pour le dimensionnement du diffuseur de saumure de la méga station de dessalement de Magtâa » ; mémoire fin d'étude Ecole Nationale Polytechnique, 88p.

N

Noureddine H, Dobbi A et Belaid A., (2016). Studay of Enviromental impact of Desalination plant in semi Arid Regions ; International Journal Of Water Resources and Arid Environments 5(1) : 12-17p.

Nrc., (2008). Desalination: A National Perspective, Committee on Advancing Desalination Technology, Water Science and Technology Board, Division on Earth and Life Studies, National Research Council of the National Academies, 312p.

P

Pilar Palomar and Iñigo. J. Losada., (2011). « Impacts of Brine Discharge on the Marine Environment. Modelling as a Predictive Tool » ; Environmental Hydraulics Institute "IH Cantabria", (Universidad de Cantabria) Spain, 33p.

Pnue., (2001). Dessalement de l'eau de mer dans les pays méditerranéens: évaluation des impacts sur l'environnement et lignes directrices proposées pour la gestion de la saumure, UNEP (DEC)/ MED WG.183/Inf.6, Athènes, 8p.

R

Rachid Miri et Abdelwahab Chouikhi., (2005). « Ecotoxicological marine impacts from seawater desalination plants » ; Desalination, Vol. 182, 403-410p.

Rashad D., (2007). Desalination Plants: Potential impacts of brine discharge on marine life, Final Project, The University of Sydney ,Australia.

Rodier J., Legube B et Merlat N., (2005). L'analyse de l'eau « eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer ». 8ème édition. Paris. Edition : Dunod. 1382p.

Rovel J.M., (2012). Dessalement de l'eau de mer, Technique de l'Ingénieur.

S

Savary P., (2010). Guide des analyses de la qualité de l'eau, territorial éditions, pp75-115.

Shunya I.S. Shiger and M.Ayko., (1994). The lethal effect of hypotonic solutions and avoidance of marine organisms in relation to discharged brine from desalination plant. Desalination. Vol.97, 389-399p.

U

UNEP/MAP., (2003). Dessalement de l'eau de mer en méditerranée évaluation et lignes directrices, MAP Technical Reports Series No. 139p, Athens

UNEP/MED., (2002). Recommendations for the preparation of guidelines for the management of sea water desalination in the Mediterranean region. (UNEP(DEC)/MED WG.205/4), Athens, 19p.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP)., (2001). Dessalement de mer dans les pays méditerranéens, Plan d'action pour la méditerranée, Réunion des Points Focaux du PAMA thènes, 8p.

WEBOGRAPHIE :

<http://animal.memozee.com/view.php?tid=3&did=11552>

http://www.ecotoxicologie.fr/notions_bases.php.

http://www.ecotoxicologie.fr/notions_bases.php.

<https://doris.ffesm.fr/Especies/Cymodocea-nodosa-Cymodocee-762>.

<https://doris.ffesm.fr/Especies/Zostera-noltei-Zostere-naine-935>.

Annexes

ANNEXE 01

La norme algérienne de potabilité de l'eau de consommation (journal officiel de la république algérienne 9mars 2014)

Décret exécutif n°14-96 du 2 Joumada El Oula 1435 correspondant au 4 mars 2014 modifiant et complétant le décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.

Tableau N° 1 : Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine (norme algérienne, 2014)

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES
Paramètres chimiques	Aluminium	mg/l	0,2
	Ammonium	mg/l	0,5
	Baryum	mg/l	0,7
	Bore	mg/l	Eaux conventionnelles : 1 Eaux dessalées ou déminéralisées : 1,3
	Fluorures	mg/l	1,5
	Nitrates	mg/l	50
	Nitrites	mg/l	0,2
	Oxydabilité	mg/l O ₂	5
	Acrylamide	µg/l	0,5
	Antimoine	µg/l	20
	Argent	µg/l	100
	Arsenic	µg/l	10
	Cadmium	µg/l	3
	Chrome total	µg/l	50
	Cuivre	mg/l	2
	Cyanures	µg/l	70
	Mercure	µg/l	6
	Nickel	µg/l	70
	Plomb	µg/l	10
	Sélénium	µg/l	10
	Zinc	mg/l	5
	Benzène	µg/l	10
	Toluène	µg/l	700
Ethylbenzène	µg/l	300	
Hydrocarbures polycycliques aromatiques(H.P.A) totaux	µg/l	0.2	

Tableau N° 1 : Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine (norme algérienne, 2014). (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	µg/l	0,1
	- Herbicides	µg/l	0,1
	- Fongicides	µg/l	0,1
	- P.C.B	µg/l	0,1
	- P.C.T	µg/l	0,1
	- Aldrine	µg/l	0,03
	- Dieldrine	µg/l	0,03
	- Heptachlore	µg/l	0,03
	- Heptachlorépoxyde	µg/l	0,03
	Pesticides (Totaux)	µg/l	0,5
	Bromates	µg/l	10
	Chlore	mg/l	5
	Trihalométhanes par substance individualisée :		
	- Chloroforme	µg/l	200
	- Bromoforme	µg/l	100
	- Dibromochlorométhane	µg/l	100

Annexe

	- 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	Picocuriel/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 N° 1 : Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine (norme algérienne, 2014). (Suite)

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS INDICATIVES
Paramètres Organoleptiques	couleur	mg/l platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 25 °C	Taux dilution	4
	Saveur à 25 °C	Taux dilution	4
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Alcalinité	mg/l CaCO ₃	65 pour les eaux dessalées ou Déminéralisées (valeur minimale)
	Calcium	mg/l	200
	Chlorure	mg/l	500
	Concentration en ions hydrogène	Unité pH	≥6,5 et ≤9
	Conductivité à 20 °C	µS/cm	2800
	Dureté (TH)	mg/l en CaCO ₃	500
	Fer total	mg/l	0,3
	Manganèse	µg/l	50
	Phosphore	mg/l	5
	Potassium	mg/l	12
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
	Température	°C	25

Tableau N° 2 : Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, mises à jour en 2006 sont la référence en ce qui concerne la sécurité en matière d'eau potable

Élément/ substance	Symbole/ formule	Concentration normalement trouvée dans l'eau de surface	Lignes directrices fixées par l'OMS
Aluminium	Al		0,2 mg/l
Ammonium	NH ₄ ⁺	< 0,2 mg/l (peut aller jusqu'à 0,3mg/l dans une eau anaérobique)	Pas de contraintes
Antimoine	Sb	< 4 µg/l	0,02 mg/l
Arsenic	As		0,01 mg/l
Amiante			Pas de valeur guide
Baryum	Ba		0,7 mg/l
Béryllium	Be	< 1 µg/l	Pas de valeur guide
Bore	B	< 1 mg/l	0,5mg/l
Cadmium	Cd	< 1 µg/l	0,003 mg/l
Chlore	Cl		Pas de valeur mais on peut noter un goût à partir de 250 mg/l
Chrome	Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶	< 2 µg/l	chrome total : 0,05 mg/l
Couleur			Pas de valeur guide
Cuivre	Cu ⁺²		2 mg/l
Cyanure	CN ⁻		0,07 mg/l
oxygène dissous	O ₂		Pas de valeur guide
Fluorure	F ⁻	< 1,5 mg/l (up to 10)	1,5 mg/l
Dureté	mg/l CaCO ₃		200 ppm
Sulfure d'hydrogène	H ₂ S		0,05 à 1 mg/L
Fer	Fe	0,5 - 50 mg/l	Pas de valeur guide
Plomb	Pb		0,01 mg/l
Manganèse	Mn		0,4 mg/l
Mercure	Hg	< 0,5 µg/l	inorganique : 0,006 mg/l
Molybdène	Mo	< 0,01 mg/l	0,07 mg/l
Nickel	Ni	< 0,02 mg/l	0,07 mg/l
Nitrate et nitrite	NO ₃ , NO ₂		50 et 3 mg/l (exposition à court terme) 0,2 mg/l (exposition à long terme)
Turbidité			Non mentionnée
pH			Pas de valeur guide mais un optimum entre 6,5 et 9,5
Sélénium	Se	< < 0,01 mg/l	0,01 mg/l
Argent	Ag	5 - 50 µg/l	Pas de valeur guide
Sodium	Na	< 20 mg/l	Pas de valeur guide
Sulfate	SO ₄		500 mg/l
Etain inorganique	Sn		Pas de valeur guide : peu toxique
TDS			Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1000 mg/l

Tableau 3 : Liste des méthodes microbiologiques reconnues - version 20 - janvier 2016
LNR pour la microbiologie alimentaire - WIV-ISP, Dr N. Botteldoorn (02/642.51.83,
nadine.botteldoorn@wiv-isp.be)

Germes	Matrices	Méthodes	Intitulé	Année de publication	remarques/bas e légale
Dénombrement des germes totaux à 22°C, 36°C	eau	ISO 6222	Dénombrement des micro-organismes revivifiables - Comptage des colonies par ensemencement dans un milieu de culture nutritif gélosé	1999	AR 8/02/1999AR 14/01/2002
Dénombrement des coliformes totaux	toutes denrées	ISO 4831	Méthode horizontale pour la recherche et le dénombrement des coliformes - Technique du nombre le plus probable	2006	
Dénombrement des entérocoques (streptocoques fécaux)	eau	ISO 7899-1	Recherche et dénombrement des entérocoques intestinaux - Partie 1 : méthode miniaturisée (nombre le plus probable) pour les eaux de surface et résiduares	1998	Cor 1: 2000

Évaluation de la qualité physicochimique du rejet de la station de dessalement sur l'environnement- Cas de la station du GNL de Skikda -

BERGUELLAH R., BERROUAG B., BOUZITOUNE K. et DOUADI N.D.

Résumé

L'Algérie a lancé ces dernières années, un programme ambitieux d'installations de stations de dessalement pour faire face à ses problèmes d'alimentation en eau qui s'accroissent par l'explosion démographique, le développement industriel et agricole ainsi que la sécheresse.

L'objectif de cette recherche est de décrire les effets des décharges d'usines de dessalement sur la faune, la flore et les fonds marins et de passer en revue les solutions permettant de réduire son effet négatif sur l'environnement. Notre étude concerne la station du dessalement GL/1K répartie sur le littoral de Larbi Ben M'hidi Skikda. On a effectué des analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de mer, de l'eau dessalée et pour l'eau de saumure pour essayer d'expliquer l'influence de ces différents paramètres sur l'environnement marin et aussi jusqu'à quel degré ils peuvent influencer sur les problèmes environnementaux.

Nos résultats montrent une diminution significative de la concentration de certains éléments de l'eau traitée, ce qui peut être expliquée fort probablement par l'efficacité du procédé de traitement. Sauf que pour la température (32,3°C), nitrite (190 mg/l) et les chlorures (570 mg/l). Concernant l'eau de saumure, on remarque qu'il y a une augmentation importante de la salinité (45857,14 mg/l), la conductivité (58040 µS/cm), les chlorures (27550 mg/l), ainsi que une grande augmentation des minéraux tels le calcium (4804,57 mg/l), le magnésium (3824,23 mg/l), la dureté totale (2713,43°F).

Mots clés: Dessalement, Algérie, littoral Larbi Ben M'hidi Skikda , l'environnement marin.saumure.

