



وزارة البحث العلمي والتعليم العالي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم
Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem
كلية العلوم و التكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie
قسم هندسة الطرائق
DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCÉDES



N° d'ordre : M2...../GPE/2023

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DEMASTER ACADEMIQUE

Filière : Génie des procédés de l'environnement
Option : Génie des procédés de l'environnement

Thème

**DESSALEMENT DE L'EAU A MOSTAGANEM
CONTROL DES PARAMETRES DE POTABILITE**

Présenté par :

Melle ZIANE Bakhta
Melle BENFATMA Aicha Bothaina

Soutenu le 26/06/ 2023 devant le jury composé de :

Président :	Mme KHELADI. M	Grade : M C B	Université de Mostaganem
Examineur :	Mme MOHAMED SGHIR. Z	Grade : M C B	Université de Mostaganem
Rapporteur :	Mr MEKHATRIA. D	Grade : M C B	Université de Mostaganem

Année Universitaire 2022/2023

Remerciements

Avant tout, j'exprime mes remerciements au bon Dieu, le tout puissant, qui nous a donné la santé, la force et le courage pour accomplir ce modeste travail.

On adresse également nos profondes gratitude et à toute nos reconnaissance à notre encadreur, Monsieur MEKHATRIA Djilali.

On tien aussi à remercier Monsieur BENDBIZA Mohammed responsable du laboratoire de contrôle de la qualité ainsi qu'à Madame BEN OUISSSE Noura cheffe service de laboratoire de contrôle de la qualité pour leur accueil chaleureux et la confiance qu'elle nos ont accordée

On saisi aussi, cette opportunité pour remercier l'ensemble des enseignants qui ont contribué à notre formation et à toutes les personnes qui de près ou de loin, aidé à la réalisation de ce travail et aux membres du jury pour la lecture et les critiques de ce rapport.

Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à mon amour papa BENFATMA
laid pour son soutien et son encouragement durant mon
parcours scolaires et ma vie maman ABDOUNE Samira qui
était toujours à mes cotés et que dieu les protèges .*

*Joffre ce travail a mes très chères frères et sœur Aymen ,
Samidou et ma petite Meriem*

Aicha

*C'est avec un cœur plein de joie que je dédie ce modeste travail :
Aux deux bougies qui s'allument rien que pour éclaircir mon
chemin ; mon très chère mère et mon très cher père. Je prie Dieu
le tout puissant de les protéger du mal et de les récompenser.*

A mes très chères sœurs ; Zohra , Hanane, Assia et Chaimaà

A mon frère ; Mohammed

A mes petits neveux ; Adam et Amira

Bakhta

ملخص

محطة تحلية مياه البحر سونكتار- مستغانم واحد من اكبر المشاريع من اجل التزود بالمياه الصالحة للشرب بسعة 500 000 م³ في اليوم. هذا البحث يهدف الى متابعة تطور النوعية الفيزيوكيميائية والبكتيرية للمياه المنتجة من تحلية مياه البحر بواسطة تقنية الضغط الاسموزي العكسي. في ضوء النتائج التي تم الحصول عليها تمتاز المياه المنتجة من تحلية مياه البحر بسونكتار- مستغانم بجودة فيزيوكيميائية وبكتيرية ملائمة على العموم مقارنة بالمعايير المعمول بها من طرف منظمة الصحة العالمية.

الكلمات الرئيسية : التحلية, الجودة, الضغط الاسموزي العكسي, الفيزيوكيميائية, البكتيرية .

RESUME

La station de dessalement de l'eau de mer de SONACTER -Mostaganem , constitue l'un des plus grands projets en matière d'approvisionnement en eau potable, avec une capacité de 500.000 m³/jour. Ce travail a pour objectif de faire un suivi de l'évolution de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau obtenue par le dessalement de l'eau de mer en utilisant la technique d'osmose inverse. Dans ce contexte, quatre (4) prélèvements, ont été effectués au cours du mois de mars 2023. A la lumière des résultats obtenus, les eaux issues du dessalement de l'eau de mer de sonacter présentent une qualité physico-chimique et bactériologique adéquate vis-à-vis de la réglementation de l'OMS.

Mots clé : Dessalement, Qualité, Physico-chimique, bactériologique , Osmose inverse.

ABSTRACT

The desalination station of seawater from SONACTER-Mostaganem , is one of the largest projects undertaken in drinking water, with a capacity of 500 000 m³/day. This work aims to follow the evolution of the physicochemical and Bacteriological quality of the water produced by desalination of seawater by reverse osmosis technique. In this context, four (4) samples were conducted during the months mars 2023. In light of the results obtained, the water from desalination of seawater from sonacter has an adequate physicochemical and Bacteriological quality with the World Health Organization.

Keywords: Desalination, Quality, Reverse osmosis, Physicochemical, Bacteriological .

LISTE DES FIGURES

Figure II.1 : Station de dessalement de l'eau de mer Unité de Mostaganem

Figure II.2 : Tours de captage et tuyauterie de captage

Figure II.3 : Système de pompage de l'eau de mer

Figure II.4: Etape de prétraitement chimique

Figure II.5 : Filtres à sable et anthracite

Figure II.6: Systèmes de filtration a sable

Figure II.7: Principe des phénomènes d'osmose et d'osmose inverse

Figure II.8: Membrane modèle spirale

Figure II.9 : Structure des membranes d'osmose inverse

Figure II.10: Pompes BOOSTER

Figure II.11: Pompe à haute pression

Figure II.12: membranes avant nettoyage

Figure II.13: Lits de calcite

Figure II.14: Différentes photos des deux blocs de Le laboratoire d'analyses

Figure III.1: Lieu et transport de prélèvement

Figure III.2 : Turbidimètre

Figure III.3 : Multi-paramètres à sonde

Figure III.4 : Colorimètre

Figure III.5 : Boite LCK et le mode opératoire

Figure III.6 : Spectrophotomètre DR 5000

Figure III.7 : photométrie de la flamme

Figure III.8 : Variations mensuelles du potentiel hydrogène

Figure III. 9 : Variations mensuelles de la Conductivité électrique

Figure III.10 : Variations mensuelles de température

Figure III.11: Variations mensuelles du titre hydrotimétrique

Figure III.12 : Variations mensuelles de la dureté calcique

Figure III.13 : Variations mensuelles du Titre alcalimétrique complet

Figure III.14: Variations mensuelles de l'Alcalinité totale

Figure III.15 : Variations mensuelles de la teneur en Chlore libre

Figure III.16 : Variations mensuelles du Total des solides dissous

Figure III.17 : Variations mensuelles du résides secs

Figure III.18 : L'évolution des chlorures en fonction du temps

Figure III.19 : Variations mensuelles de l'ammonium en fonction du temps

Figure III.20 : Variations mensuelles de la teneur en nitrites

Figure III.21 : Variations mensuelles de la teneur en nitrates

Figure III.22 : Variations mensuelles de la teneur en Sulfates

Figure III.23 : Variations mensuelles de la teneur en fer

Figure III.24 : Variations mensuelles de la teneur en Potassium

Figure III.25 : Variations mensuelles de la teneur en sodium

Figure III.26 : Variations mensuelles de la teneur en magnésium

Figure III.27 : Variations mensuelles de la teneur en HCO_3^-

Figure III.28 : Variations mensuelles de la teneur en CaCO_3

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I .1 Réserves d'eau de la planète

Tableau I.2: Concentrations des éléments principaux (mg/kg) et éléments mineurs dont la concentration est supérieure à 1 µ g/l pour une eau de mer de salinité de 35‰

Tableau I.3 : Le type d'eau en fonction de la salinité

Tableau I.4 : Salinité des eaux de mer

Tableau II.1 : Les caractéristiques de ces membranes utilisées dans la station de Mostaganem

Tableau.III.1 : Code article et plage de mesure de chaque paramètre (LCK)

Tableau III.2 : Résultats physico-chimiques

Tableau III.3 : Résultats bactériologies

LISTE DES ABREVIATIONS

ADE : Algérienne Des Eaux

BEA : Bile Esculine Agar

DPD : Diéthyl-p-Phénylène-Diamine

EDTA : Acide éthylène Diamine Tétracétique

m.c.e : mètre de colonne d'eau

MES : Matières En Suspension

NET : Noir d'Eriochrome T

NTU : Nephelométric Turbidity Unit (unité de Turbidité Néphélométrique)

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

P : Pression

pH : Potentiel d'Hydrogène

P_{tm} : pression trans-membranaire

P_{ppm} : Partie Par Million

UTEO&M MTM : Temporaire des Entreprises Opération & Maintenance Mostaganem

RO ou *OI* : Reverse Osmosis ou Osmose Inverse

R.S : Résidés Secs

SDI : Silt Density Index (le test d'indice de densité limon)

T : Température

TA : Titre alcalimétrique

TAC : Titre Alcalimétrique Complet

Tca : Titre Calcique

TDS : Total des Solides Dissous

TH : Titre Hydrométrique

TTC : Triphenyl Tetrazolium Chloride (Chlorure de Triphenyl Tetrazolium)

VBL : Bouillon Lactosé bilié au Vert brillant

Table des Matières

INTRODUCTION GÉNÉRALE	9
I-1 Introduction	10
I-2 Sources d'eau de la planète	10
I-2.1 Eaux douces de surface	10
I-2.2 Eaux souterraines	10
I-2.3 Eaux de mer	10
I-3. Répartition de l'eau sur la planète	11
I-4 Composition de l'eau de mer	11
I-4.1 Eléments principaux :	11
I-4.2 Autres éléments minéraux	12
I-5 Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de mer et des eaux saumâtres	12
I-5.1 Salinité	13
I-5.1.1 Salinité de l'eau de mer	13
I-5.1.2 Salinité des eaux saumâtres :	13
I-5.2 Densité	14
I-5.3 Solubilité	14
I-5.4 Potentiel Hydrogène (pH)	14
I-5.5 Température	15
I-5.6 Turbidité	15
I-5.7 Conductivité électrique	15
I-5.8 Dureté	15
I-5.9 Matières en suspension	15
I-6 Pollution des eaux par les métaux lourds	15
I-7 paramètres organoleptiques	15
I-7.1 Couleur	15
I-7.2 Goûts et odeurs	16

I-7.3 Turbidité	16
I-8 Paramètres microbiologiques	16
II.I UNITE DE DESSALEMENT DE MOSTAGANEM	17
II.I.1 Introduction.....	17
II.I.2 Définition de dessalement :	17
II.I.3 Stations de dessalement en Algérie	17
II.I.4 Description de la station de Mostaganem	17
II.I.5 Systèmes général d'une installation de dessalement unité Mostaganem	18
II.I.5.1 Captage et pompage de l'eau de mer	18
II.I.5.1.1 Tours de captage et tuyauterie de captage.....	18
II.I.6.1.2 Système anti-méduses	19
II.I.6.1.3 Système d'amorçage des pompes de l'eau de mer.....	19
II.I.6.1.4 Système de pompage de l'eau de mer	19
II.I.5.2 Système de Prétraitement.....	20
II.I.5.2.1 Conditionnement chimique.....	20
a-Dosage d'Hypochlorite de sodium	20
b-Dosage de permanganate de potassium	20
c -Dosage d'acide sulfurique	20
d-Dosage de coagulant (chlorure ferrique).....	21
e-Dosage de poly-électrolyte	21
j-Dosage de la soude caustique	21
h-Dosage de métabisulfite de sodium.....	21
i-Dosage de dispersant	22
II.I.5.2.2 Système de Filtration.....	22
II.I.5.2.3 Système de microfiltration.....	22
II.I.6 Système d'osmose inverse	23
II.I.6.1 Osmose Inverse	23

II.I.6.2 Châssis d'osmose inverse :	23
II.I.6.3 Système de pompage haute pression, pompes Booster et Récupérateurs d'Energie.....	25
II.I.6.4- Nettoyage des membranes	26
II.I.7 Système de reminéralisation et conditionnement de l'eau osmosée	26
II.I.8 Stockage et impulsion de l'eau produit.....	27
II.II L'ALGERIENNE DES EAUX (ADE).....	27
II.II.1 Création de l'ADE.....	27
II.II.2 Laboratoire :	28
II.II.3 Organisation de laboratoire :	29
II.II.3.1 Personnel :.....	29
II.II.3.2 Machine et équipement :.....	29
III.1 Matériels et méthodes	30
III.1.1 Mode de prélèvement.....	30
III.1.2 Protocole expérimentale et analyses physico-chimique.....	30
III.1.2.1 Paramètres organoleptiques.....	30
III.1.2.1.1 Test de la couleur.....	30
III.1.2.1.2 Test de l'odeur et la saveur	30
III.1.2.1.3 Mesure de la turbidité	31
III.1.2.2 Paramètres physico-chimiques	31
III.1.2.2.1 Mesure de la conductivité, de la température et du pH.....	31
III.1.2.2.4 Mesure de la teneur en chlore	32
III.1.2.2.5 Mesure de l'Alcalinité	32
III.1.2.2.6 Détermination du taux de Calcium	34
III.1.2.2.7 Détermination le Dosage du Magnésium (Mg^{2+}).....	35
III.1.2.2.8 Détermination le Dosage de l'hydrogencarbonate HCO_3^-	35
III.1.2.2.9 Détermination du carbonate de calcium ($CaCO_3$)	36
III.1.2.2.10 Mesure de TDS.....	36

III.1.2.2.11 Détermination des résidus secs R.S.....	36
III.1.2.3 Paramètres chimiques	37
III.1.3 Protocole expérimentale des Analyses bactériologique	38
III.1.3.1 Germe totaux.....	38
III.1.3.2 Coliformes totaux	39
III.1.3.3 Escherichia Coli	39
III.1.3.4 Streptocoques fécaux.....	39
III.1.3.5 Clostridium	40
III.2 Résultats et discussions	40
III.2.1 Résultats physico-chimiques de l'analyse de l'eau produite (l'eaux osmosé)	41
III.2.2 Résultats bactériologiques de 4 prélèvements avec les (Norme Algérienne de potabilité de l'eau).	52
III.3 Discussions des résultats des paramètres chimiques et physico-chimiques et bactériologiques :	53

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Dans Al-Quran Allah est dit : " وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً بِقَدَرٍ فَأَسْكَنَّاهُ فِي الْأَرْضِ وَإِنَّا عَلَى ذَهَابٍ بِهِ لِقَادِرُونَ " [1]

Vivre c'est utiliser de l'eau. Malheureusement, l'eau douce comme la plupart des autres ressources naturelles, est inégalement répartie dans l'univers. L'eau pour vivre a été la deuxième préoccupation la plus pressante au XXI^e siècle après la croissance démographique. La terre est riche en eau, couvrant 1,38 milliard de kilomètres carrés (71%). Cependant, la majeure partie est composée d'eau de mer (97 %) et de glace (3 %) qui ne peuvent pas être utilisées directement. Seulement moins de (1%) de l'eau douce disponible est facilement accessible, c'est-à-dire l'eau que l'on trouve dans les lacs, les rivières, les réservoirs, les glaciers et les sources souterraines. En outre, les eaux souterraines sont profondément enfouies avec l'explosion de la population mondiale et le niveau excessif de concentration de sels dissous ne permet même pas son utilisation industrielle. Les scientifiques et les chercheurs ont exploré la possibilité d'utiliser la plus grande source d'eau, la mer, en utilisant diverses méthodes de dessalement.

De nombreux pays, en particulier le Moyen-Orient, souffrent de la demande croissante en eau douce et des ressources naturelles limitées en eau disponibles. Cet écart devrait se creuser considérablement dans un proche avenir, en raison principalement du taux élevé de croissance démographique et de l'amélioration du niveau de vie, qui nécessite une grande quantité d'eau de bonne qualité par habitant. Ce qui nécessitait une solution urgente de trouver des sources alternatives.

Le dessalement de l'eau de mer ou de l'eau saumâtre est la solution logique ou la seule solution disponible pour protéger l'approvisionnement en eau afin que le robinet ne soit pas sec.

Au cours des quatre dernières décennies, l'industrie du dessalement de l'eau s'est développée à un rythme très élevé. Le nombre d'usines de dessalement en 1960 était de 5 unités avec un taux de production total de 5000 m³/j, alors qu'en 1995 le nombre d'unités était de 11000 avec une capacité de 186106 m³/j En 2018, le nombre total d'usines de dessalement dans le monde est de 18500 avec une capacité globale de plus de 90 millions de mètres cubes par jour, [2]

Une étude du procédé de dessalement et les caractéristiques chimiques et physicochimiques de l'eau potable traitée et dessalée par la station de dessalement de l'eau de mer de Mostaganem a fait l'objet de ce travail. Cet objectif principal se décline en deux sous-objectifs qui définissent ces axes d'études :

Une étude du procédé de dessalement dans la station de dessalement Mostaganem

Une exploration des caractéristiques physico-chimiques et biologique selon les normes d'O.M.S.

Ces deux objectifs vont permettre à clarifié deux interrogation :

1. Est-ce que la filtration par osmose inverse est elle suffisante comme méthode ?
2. Produit' on une eau de qualité ?

CHAPITRE I

Propriété de l'eau de mer

I-1 Introduction

L'eau douce ne représente que 3 % du volume total d'eau sur la planète. Elle est inégalement distribuée dans le globe car 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 par ans. 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. [3]

I-2 Sources d'eau de la planète

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

I-2.1 Eaux douces de surface

Leur volume total est très faible et 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. [4]

I-2.2 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. Là, 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. [5]

I-2.3 Eaux de mer

La mer s'étend sur 71% environ de la surface du globe. L'hémisphère sud est le principal communiquant 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. [6]

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.

Les masses terrestres sont en grande partie concentrées dans l'hémisphère nord.

Hémisphère nord : 61% de mer, hémisphère sud : 81 % de mer. 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.

I-3. Répartition de l'eau sur la planète

L'eau constitue les trois quarts de la surface de la terre. , deux tiers de l'eau douce est gelée dans les régions polaires ou les glaciers. Donc, toute la population mondiale doit partager la petite fraction d'eau douce disponible dans les lacs et les rivières. [7]

Tableau I.1 Réserves d'eau de la planète [7] :

Réservoirs	Volume (10 ¹⁵ m ³)	%Total	Temps de résidence
Océans	1350	97,0%	2500 ans
Glaciers (calotte glacier)	33	2,4%	1000 à 10000 ans
Eau souterraines	08	0,6%	1500 ans
Lacs	0.1	< 0,01%	17 ans
Eau dans le sol	0.070	< 0,01%	01 an
Eau dans l'atmosphère	0.013	< 0,001%	08 jours
Rivières	0.0017	0,0001%	16 jours
Eau dans la matière vivante	0.0011	0,0001%	Quelques heures
Total	1391	100%	-

I-4 Composition de l'eau de mer

I-4.1 Eléments principaux :

Si la masse totale des sels dissous peut varier, le rapport des concentrations des différents éléments est constant Cette constance des proportions est souvent appelée loi de *Marcet* ou de *Dittmar*. Les éléments principaux, c'est-à-dire ceux qui contribuent à la masse de sels dissous dans les océans, représentent 11 éléments différents.

I-4.2 Autres éléments minéraux

L'eau de mer contient de nombreux autres éléments à des concentrations beaucoup plus faibles. 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 I.2: Concentrations des éléments principaux (mg/kg) et éléments mineurs dont la concentration est supérieure à 1 µg/l pour une eau de mer de salinité de 35‰ [8] :

Eléments principaux		Autres éléments minéraux	
Eléments	Concentration (mg/kg)	Eléments	Concentration (µg/l)
Chlorure (Cl ⁻)	19353	Lithium (Li)	170
Sulfate (SO ₄ ²⁻)	2712	Aluminium (Al)	10
Bicarbonate (HCO ₃ ⁻)	142	Silicium (Si)	3000
Bromure (Br ⁻)	67	Phosphate (P)	70
Fluorure (F ⁻)	1	Titan (Ti)	1
Bore (B ³⁺)	4	Vanadium (V)	2
Sodium (Na ⁺)	10160	Manganèse (Mn)	2
Magnesium (Mg ²⁺)	1249	Fer (Fe)	10
Calcium (Ca ²⁺)	413	Cuivre (Cu)	3
Potassium (K ⁺)	387	Zinc (Zn)	10
Strontium (Sr ²⁺)	8	Arsenic (As)	3
		Rubidium (Rb)	120
		Molybdène (Mo)	10
		Iode (I)	60
		Barium (Ba)	30
		Uranium (U)	30

I-5 Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de mer et des eaux saumâtres

Les principales caractéristiques physico-chimiques de l'eau de mer sont les suivantes :

I-5.1 Salinité

La salinité est la quantité totale des résidus solides (en g ou mg) contenu dans 1 L 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.

Tableau I.3 : Le type d'eau en fonction de la salinité [9]

Type d'eau	Salinité en (mg/l)
- Eau douce	< 500
- Eau légèrement saumâtre	1000-5000
- Eau modérément saumâtre	5000-15000
- Eau très saumâtre	15000-35000
- Eau de mer	35000-42000

I-5.1.1 Salinité de l'eau de mer

La salinité des mers ouvertes sur les océans (Atlantique, Manche, Mer du Nord, Pacifique) est de l'ordre de 35 g/l et c'est cette valeur qui est considérée comme salinité constant de l'eau de mer. Des variations plus ou moins importantes autour de cette valeur moyenne existent en fonction du bilan précipitations– évaporations. La salinité peut être très différente dans le cas des mers fermées ou peu ouvertes sur les masses océaniques. [10]

Tableau I.4 : Salinité des eaux de mer :

Mer	Salinité en g/l
Mer Méditerranée	36 à 39
Mer Rouge	~ 40
Mer Baltique	7
Mer Caspienne	13
Mer Morte	270
Golfe Arabo-persique	40 à 70
Mer Noire	20

I-5.1.2 Salinité des eaux saumâtres :

Généralement on appelle eau saumâtre une eau saline non potable, de salinité inférieure à celle de l'eau de mer. En fait, la plupart des eaux saumâtres ont une salinité comprise entre 1

et 10 g/l. Elles se présentent soit, sous forme d'eau de surface, soit sous forme d'eaux souterraines.

Leur composition chimique varie énormément d'une région à l'autre et pour une même région d'une saison à l'autre. Ces variations de composition chimique dépendent de plusieurs paramètres : l'eau qui pénètre dans le sol dissout les sels qui composent l'écorce terrestre. [10]

I-5.2 Densité

Rapport de la masse volumique de l'eau de mer à celle de l'eau distillée à une température de 4 C°. La densité des océans est en moyenne de l'ordre de 1,035 à 1,036. elle varie avec la salinité, la température et la pression. [11]

I-5.3 Solubilité

La solubilité d'un composé ionique ou moléculaire, appelé soluté, est la quantité maximale de moles de ce composé que l'on peut dissoudre ou dissocier, à une température donnée, dans un litre de solvant. La solution ainsi obtenue est saturée.

- Les sels de Sodium Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , et F^{2+} sont très bien solubles.
- Les Nitrates Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Ba^{2+} et Sr^{+2} sont très bien solubles.
- Les sels de Calcium et Strontium SO_4 , CO_3 , et du F ont une solubilité très limitée.
- Les carbonates ont aussi une solubilité très limitée pour les Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Ba^{2+} et S^{2+}

Les sels ayant une solubilité basse peuvent causer l'entartrage dans les stations d'osmose inverse provoqué par la précipitation. [8]

I-5.4 Potentiel Hydrogène (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 CO_2 et par conséquent d'une augmentation du pH ; l'oxydation de la matière organique diminue la teneur en oxygène de l'eau en produisant du CO_2 et par conséquent abaisse le pH.

Dans certaines conditions le pH peut prendre des valeurs particulières. Notamment dans les bassins isolés où il peut y avoir production d' H_2S . 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 choralité 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. [12]

I-5.5 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), froide aux pôles (1 à 3°C) en surface. [5]

I-5.6 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. [13]

I-5.7 Conductivité électrique

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 1cm². 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. [14]

I-5.8 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 Ca²⁺ et Mg²⁺. La présence de ces deux cations dans l'eau tend souvent à réduire la toxicité des métaux. [14]

I-5.9 Matières en suspension

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. [14]

I-6 Pollution des eaux par les métaux lourds

La pollution des eaux se fait par des métaux lourds souvent sous forme de traces, qui peuvent provoquer des intoxications chez l'homme par la consommation de l'eau contaminée en dépassant les limites fixées par la réglementation et l'OMS. Ces métaux lourds sont en particulier : Le cadmium(Cd), Arsenic(As), Mercure (Hg) le fer(Fe), le plomb(Pb), l'arsenic, le nickel(Ni), le bore(Br) et Sélénium (Se).

I-7 paramètres organoleptiques

Les différents paramètres organoleptiques se traduisent comme suit :

I-7.1 Couleur

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

I-7.2 Goûts et odeurs

Les eaux de consommation doivent posséder un goût et une odeur agréable. La plupart des eaux, qu'elles soient ou non traitées, dégagent une odeur plus ou moins perceptible et ont une certaine saveur. Ces deux propriétés, purement organoleptiques, sont extrêmement subjectives et il n'existe aucun appareil pour les mesurer. Selon les physiologistes, il n'existe que quatre saveurs fondamentales : salée, sucrée, aigre et amère. [16]

I-7.3 Turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment Colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, la pluviométrie joue un rôle important vis-à-vis de ce paramètre dans les eaux superficielles et souterraines selon leur origine. [13]

I-8 Paramètres microbiologiques

Le risque microbiologique d'origine hydrique (ou risque infectieux) correspond à dans l'eau de micro-organismes 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. [17]

CHAPITRE II

Unité de dessalement de Mostaganem et laboratoire d'ADE

II.I UNITE DE DESSALEMENT DE MOSTAGANEM

II.I.1 Introduction

Les installations de dessalement par osmose inverse se sont développées à partir de la fin des années 90, avec des capacités de production de plusieurs dizaines de m³/j, aboutissant à des débits pouvant atteindre

500 000 m³/j.

Durant ces dernières années les techniques ont évolué.

Dans cette partie nous présentons une application du procédé Osmose inverse dans la station de dessalement au niveau de la Wilaya de Mostaganem.

Des données générales et des fiches techniques nous ont été procurées par les responsables de la station, et des photos numériques ont été prises pour mieux illustrer les composants de cette usine.

II.I.2 Définition de dessalement :

Le dessalement s'appelle dessalage ou désalinisation. Il consiste à séparer l'eau et les sels à partir d'une eau brute, qui peut être de l'eau de mer ou une eau saumâtre d'origine continentale. [18]

II.I.3 Stations de dessalement en Algérie

Le littoral de l'Algérie compte 21 stations de dessalement d'eau de mer réparties sur les 14 wilayas côtières et 2 autres en construction, qui relèvent du Ministère des Ressources en Eau (MRE). Elles fournissent 17% de l'eau consommée dans le pays et alimente 6 millions de personnes avec un volume de 2,6 millions m³/jour.

II.I.4 Description de la station de Mostaganem

La wilaya de Mostaganem exploite le système MAO (barrages de CHLEFF et KHADERA), le barrage de Kramis et la station de dessalement de l'eau de mer de "SONACTER" et les forages pour couvrir les besoins quotidiens en eau potable estimés à plus de 200.000 m³/j. L'usine de dessalement d'eau est conçue pour fournir l'eau potable satisfaisant les exigences de qualité conformément aux prescriptions exigées et enfin avoir une consommation spécifique d'énergie électrique inférieure à la consommation spécifique d'énergie électrique garantie (3.40 kWh/m³).

GS INIMA et AQUALIA sont des sociétés espagnoles spécialisées dans des activités associées au traitement de l'eau avancée. En partenariat avec l'Union Temporaire des Entreprises Opération & Maintenance Mostaganem UTEO&M MTM, ils ont créé une station de dessalement des eaux en 2005 qui se trouve à SONACTER dans la ville de Mostaganem. Son exploitation fut en 2010. [19]



Figure II.1 : Station de dessalement de l'eau de mer Unité de Mostaganem

II.1.5 Systèmes général d'une installation de dessalement unité Mostaganem

Le procès de traitement d'eau de cette station consiste à :

- Un système de captage et pompage d'eau de mer
- Un système de prétraitement de l'eau de mer par filtration et microfiltration
- Un système de déminéralisation de l'eau micro-filtré par osmose inverse
- Un système de reminéralisation et conditionnement de l'eau déminéralisé
- Stockage de l'eau produite

II.1.5.1 Captage et pompage de l'eau de mer

Le système de captage a pour but d'approvisionner en eau de mer en quantité et à la pression nécessaire pour produire la quantité d'eau potable désirée. Le système de captage comprend les 4 sous-systèmes suivants :

II.1.5.1.1 Tours de captage et tuyauterie de captage

Le captage de l'eau de mer se fait à travers de deux tours de prise connectées au réservoir de pompage d'eau de mer par deux tuyauteries, en polyéthylène de haute densité, de 1.800 mm de diamètre où l'eau doit circuler à une vitesse d'environ 1 m/s. Les tours de prise sont submergées à une distance de la côte d'environ 2 500 m et 16,5 mètres de profondeur.

L'eau de mer passe à l'intérieur de chaque tour de prise à travers quatre grilles rectangulaires de 3,89 x 1,42 mètres et trous de 3,54 x 1,30 cm installées pour éviter le passage de poissons, méduses, cailloux et des autres éléments de grand taille pouvant nuire au procédé de traitement. Ces grilles peuvent être extraites par plongeurs pour éliminer des éventuelles incrustations.

Les plongeurs peuvent aussi accéder aux tuyauteries de prise à travers des trous d'homme installées au long des tuyauteries et/ou à travers des tours de captage pour inspecter leur intérieur

et réaliser des activités d'entretien. Chaque une des tuyauteries de prise peut être isolé pour réaliser des activités d'entretien à l'intérieur sans arrêter l'usine avec l'aide des vannes murales installées dans le réservoir de captage [20]



Figure II.2 : Tours de captage et tuyauterie de captage

II.1.6.1.2 Système anti-méduses

Une des raisons pour la quelle le niveau dans le réservoir de captage d'eau de mer peut être éventuellement trop bas est l'obturation des grilles des tours de captage occasionnée par des méduses, algues et/ou poissons. Le système anti-méduses a été conçu pour générer un rideau d'air au tour des grilles pour faire flotter ces animaux et(ou) éléments vers la surface.

Le système anti-méduses se compose de deux compresseurs à vis chargés de souffler un débit d'air de 4.900 l/min (à 1bar et 20°C) au travers de deux filtres en série séparés par un séchoir. Ce courant d'air, stocké dans un réservoir de 900 l, sera conduit ultérieurement jusqu'aux tours de prise

Normalement le système anti-méduses sera à l'arrêt. Pour obtenir un débit d'air adéquat le nettoyage des grilles des tours de prise doit se faire alternativement.

II.1.6.1.3 Système d'amorçage des pompes de l'eau de mer

L'aspiration des pompes d'eau de mer sera normalement plus haute que le niveau d'eau du réservoir de captage. le système d'amorçage des pompes d'eau de mer à pour objet extraire l'air des conductions d'aspiration des pompes d'eau de mer.

Le système pour amorçage des pompes d'eau de mer composé de deux groupes à vide équipés avec deux pompes de 4kW chaque un. Le démarrage et l'arrêt des pompes sont commandés par un détecteur du vide installé dans le réservoir du groupe. Le détecteur du vide placé dans la ligne de raccordement aux pompes de captage fait un signal d'amorçage des pompes nécessaire pour son démarrage. Le système ne peut pas amorcer qu'une pompe à la fois.

II.1.6.1.4 Système de pompage de l'eau de mer

Le système de pompage d'eau de mer a pour objet de fournir au prétraitement de l'eau de mer en quantité et à la pression nécessaire pour produire la quantité d'eau potable désirée.

Les pompes de captage de l'eau de mer ont été conçues pour pomper un débit de 2380 m³/h à une pression de 67 m.c.e. Néanmoins ces pompes sont équipées avec des variateurs de fréquence

pour permettre le changement du point de travail pour maintenir une pression au niveau de l'aspiration des pompes d'haute pression. L'aspiration des pompes de haute pression préalable à l'osmose est maintenue à une pression de 2.5 bars grâce à des échangeurs de fréquence.



Figure II.3 : Système de pompage de l'eau de mer

II.1.5.2 Système de Prétraitement

L'objectif du système de prétraitement est de conditionner l'eau de mer du point de vu physique, biologique et chimique pour protéger et maximiser la performance du système d'osmose inverse. [20]

Le système de prétraitement comprend les sous-systèmes suivants :

II.1.5.2.1 Conditionnement chimique

Le conditionnement de l'eau est réalisé par l'ajout des suivants réactifs :

a-Dosage d'Hypochlorite de sodium

Il s'agit d'un système de dosage pour la désinfection de l'eau de mer qui se compose de 3 réservoirs de 60.000 l chaque un et un *skid* de dosage de 2+1 pompes à membrane chargées du dosage de hypochlorite de sodium dans les tours de captage et dans le réservoir de captage.

La détermination de la dose d'hypochlorite de sodium nécessaire doit se faire par analyse de l'eau de mer en laboratoire.

b-Dosage de permanganate de potassium

Il s'agit d'un système de dosage pour l'oxydation et la désinfection de l'eau de mer. Normalement l'emploi d'hypochlorite est plus efficace, mais il y a quelques macro-incrustations pouvant apparaitre dans les tours de captage et/ou les tuyauteries de prise.

c -Dosage d'acide sulfurique

L'efficacité du procès de coagulation-floculation décrit ci-dessous est normalement plus élevée pour valeurs du pH bas. La fonction du système de dosage d'acide sulfurique est réduire le pH de l'eau de mer pour optimiser le rendement de ces procès.

Le système est composé de 2 réservoirs de 60.000 l chaque un (fabriqués en acier au carbone) et d'un *skid* de dosage composé de 2+1 pompes à membrane chargées du dosage d'acide sulfurique dans les mélangeur statiques précédant l'étape de filtration (un par ligne).

La dose d'acide sulfurique nécessaire sera déterminée par analyse en laboratoire du pH de l'eau de mer du réservoir de captage et/ou mesurant l'efficacité des systèmes de coagulation-floculation-filtration avec le mesureur automatique de SDI placé à l'aval de la microfiltration.

d-Dosage de coagulant (chlorure ferrique)

Il s'agit d'un système de dosage qui vise la coagulation de l'eau brute préalablement à l'étape de filtration. Il se compose de 2 réservoirs de 40.000 l chaque un et d'un *skid* de dosage composé de 4+1 pompes à membrane chargées du dosage du chlorure ferrique à l'entrée de chaque une des étapes de filtration et pour chaque ligne.

La dose de chlorure ferrique nécessaire sera déterminée en laboratoire ou indirectement mesurant l'efficacité du système de filtration avec le mesureur automatique de SDI placé à l'aval de la microfiltration.

e-Dosage de poly-électrolyte

Il s'agit d'un système de dosage de floculant dans l'eau brute. Il est composé de 2 réservoirs de traitement de 2.500 l chacun et d'un *skid* de dosage composé de 2+1 pompes à membrane pour le dosage de floculant par injection dans le mélangeur statique à l'entrée de chaque étape de filtration. Chaque réservoir de traitement est équipé d'un agitateur pour améliorer la répartition du produit solide et de l'eau de dilution.

La dose de poly-électrolyte nécessaire sera déterminée en laboratoire ou indirectement mesurant l'efficacité du système de filtration avec le mesureur automatique de SDI placé à l'aval de la microfiltration.

j-Dosage de la soude caustique

L'élimination de certains ions par le système d'osmose inverse, comme le bore, est plus efficace pour valeurs de pH élevés. La fonction du système de dosage de soude caustique est d'augmenter le pH de l'eau micro-filtrée.

Le système est composé de 1 réservoir de 40.000 l et d'un *skid* de dosage composé de 2+1 pompes à membrane chargées du dosage de la soude caustique par injection dans les mélangeurs statiques à la sortie des filtres à cartouches.

La dose soude caustique nécessaire sera déterminée avec le pH-mètre situé à l'aval du système de microfiltration.

h-Dosage de métabisulfite de sodium

Il s'agit d'un système de dosage pour la réduction et l'élimination des résidus de chlore dans l'eau d'entrée aux membranes. Il est composé de 2 réservoirs de traitement de 10.000 l chacune et d'un *skid* de dosage composé de 2+1 pompes à membrane chargées du dosage de métabisulfite de sodium par injection dans le mélangeur statique à la sortie des filtres à cartouche. Les réservoirs de traitement sont munis d'un agitateur pour améliorer la répartition du produit solide et de l'eau de dilution.

La dose de bisulfite de sodium sera déterminée avec le mesureur de la teneur en chlore de l'eau de mer placé à l'aval des pompes d'eau de mer.

i-Dosage de dispersant

Il s'agit d'un système de dosage pour inhiber le tartre dans le procès d'osmose inverse qui s'applique à l'eau d'entrée aux membranes. Il est composé de 2 réservoirs de traitement de 2.500 l chacun et d'un skid de dosage composé de 2+1 pompes à membrane chargées du dosage d'un agent dispersant par injection dans le mélangeur statique à la sortie des filtres à cartouches. Les réservoirs de traitement sont équipés d'un agitateur pour améliorer la répartition du produit solide et de l'eau de dilution.



Figure II.4: Etape de prétraitement chimique

II.1.5.2 Système de Filtration

Le système de filtration sert à éliminer les flocons formés par lors de la coagulation-floculation et les particules en suspension de l'eau de mer pour protéger et améliorer la performance du système d'osmose inverse.

L'usine est équipée avec deux (2) étapes de filtration, une première étape avec des filtres mixtes à sable - anthracite et une seconde étape avec des filtres à sable.

Pour optimiser la durabilité des membranes d'osmose et des cartouches des micro-filtres, il est recommandé maintenir la SDI en aval du système de filtration et en amont du système de microfiltration au-dessous de 3.

Si la valeur de SDI recommandée est atteinte à la sortie de la première étape de filtration, la deuxième pourra être by passé.



Figure II.5 : Filtres à sable et anthracite

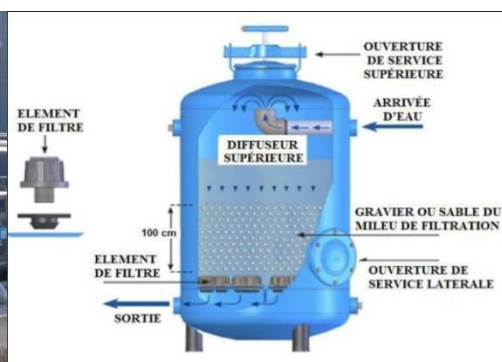


Figure II.6: systèmes de filtration a sable

II.1.5.2.3 Système de microfiltration

Ce système sert à protéger le système d'osmose inverse empêchant le passage des particules suspendues dans l'eau filtrée non-retenues par les filtres au système de pompage d'haute

pression. La microfiltration ne permet pas passer que des particules de taille inférieure à 5 microns. [20]

II.1.6 Système d'osmose inverse

II.1.6.1 Osmose Inverse

L'osmose inverse est un procédé de filtration tangentielle qui permet l'extraction d'un solvant, le plus souvent l'eau, par perméation sélective à travers une membrane dense sous l'action d'un gradient de pression. Elle s'oppose au phénomène naturel d'osmose qui tend à transférer le solvant d'une solution diluée vers une solution concentrée mises en contact par une membrane sélective sous l'action du gradient de concentration (*Figure II.3*).

Lorsqu'une pression est appliquée sur le compartiment le plus concentré, le flux de solvant diminue jusqu'à s'annuler pour une pression égale à la pression osmotique de la solution.

Lorsque la pression appliquée est supérieure à cette pression osmotique, le flux s'inverse c'est le phénomène d'osmose inverse. La pression efficace correspond donc à la pression de part et d'autre de la membrane (pression transmembranaire, P_{tm}) diminuée de la différence de pression osmotique ($\Delta\Pi$) de part et d'autre de la membrane. [21]

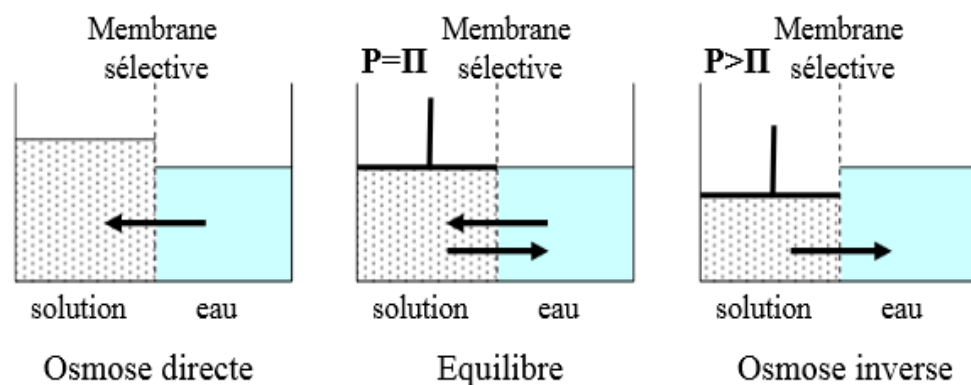


Figure II.7: Principe des phénomènes d'osmose et d'osmose inverse

Pour les solutions diluées, considérées comme thermodynamiquement idéales, la pression osmotique est calculée à partir de l'équation de Van'tHoff [7] :

$$\Pi = CRT$$

Π : pression osmotique de la solution, Pa

C : concentration de la solution, mol.m^{-3}

R : constante des gaz parfait, $8,31 \text{ J.mol}^{-1}\text{K}^{-1}$

T : température, K

II.1.6.2 Châssis d'osmose inverse :

Les membranes d'OI sont des membranes denses et pour obtenir des flux de transfert élevés et vaincre la pression osmotique des solutions traitées, des pressions relativement élevées doivent être utilisées.

Les applications principales de l'osmose inverse sont l'élimination de sels organiques ou inorganiques ou des molécules dans l'eau.

Les membranes d'osmose inverse se présentent aujourd'hui presque exclusivement sous forme des modules spirales qui sont des cylindres multicouches constitués d'une superposition de feuillets de membranes enroulés autour d'un tube percé qui collecte le perméat (**Figure II.4**).

Ce dernier s'écoule selon un chemin spiralé vers le tube central tandis que le retentât circule le long de l'axe dans les canaux formés par les feuillets de membranes.

Il existe également des modules en fibres creuses. Les membranes sont en général en Polyamide aromatique déposée sur un support polysulfone sur polyester, présentant une meilleure tenue mécanique, chimique et thermique et générant des densités de flux plus élevées.

Elles sont donc en général composées de 3 couches (**Figure II.5**) :

- **La base** (~100 μm), formée d'un matériau inerte type textile tissé ou non (ex: poly-ester téréphtalique), assure la résistance physique du film. Elle est trop grossière pour permettre le dépôt en couche mince de la partie active.
- **Le support** (~50 μm) est une membrane d'ultrafiltration aux pores plus fins, calibrés (ex: poly-sulfone). Il assure la résistance mécanique de l'ensemble ;
- **La couche active superficielle** (~0,1 à 0,2 μm) permet la séparation des espèces. Elle est déposée sur le support. Le polymère le plus employé est le polyamide-aromatique. Il est traité différemment selon les fabricants et les modèles employés

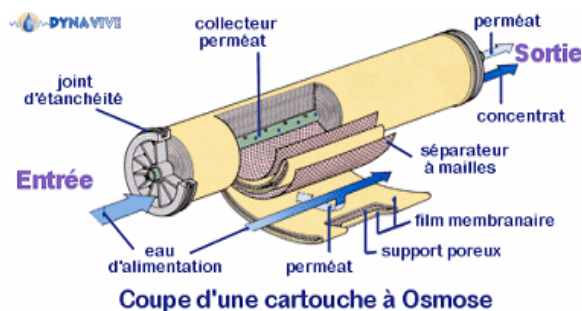


Figure II.8: Membrane modèle spirale [22]

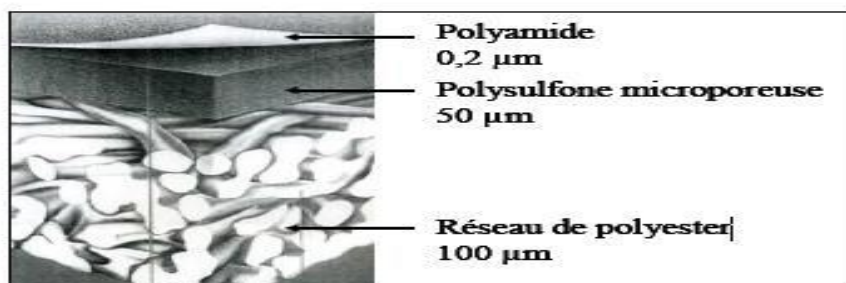


Figure II.9 : Structure des membranes d'osmose inverse

Tableau II.1 : Les caractéristiques de ces membranes sont les suivantes :

Fabricant de la membrane	FILMTEC
Modèle	SW 30 HR LE-400i
Configuration	Spirale
Capacité initiale	28 m ³ /d
Rejets des sels (%)	99,6 ¹
Pression Maximale	83 bar
Température maximale d'opération	45 °C
pH de l'opération	2-11
Max. Perte de pression par membrane	0,90 bar
Diamètre	201 mm
Longueur	1.016 mm

II.I.6.3 Système de pompage haute pression, pompes Booster et Récupérateurs d'Énergie

La fonction du système de pompage d'haute pression est d'impulser l'eau micro-filtrée vers les châssis d'osmose inverse avec la pression nécessaire pour vaincre la pression osmotique en assurant la production du débit d'eau déminéralisée désirée, approximativement le 65% du débit d'eau micro-filtrée requis sera impulsé vers les châssis par les pompes d'haute pression.

Le reste du débit d'eau micro-filtrée requis sera pressurisé jusqu'à atteindre la pression d'attaque aux membranes nécessaire avec les échangeurs de pression et des pompes dans les chambres isobariques l'énergie hydraulique résiduelle de la saumure est transmise à l'eau micro-filtrée. Suite, les pompes Booster augmentent la pression de l'eau de mer poussée, jusqu'à atteindre la pression d'alimentation aux châssis requis.

L'eau micro-filtrée pressurisée par les pompes d'haute pression et les pompes booster est impulsé vers un collecteur commun qu'alimente toutes les châssis de membranes d'osmose inverse. [20]



Figure II.10: Pompes BOOSTER **Figure II.11: Pompe à haute pression**

II.I.6.4- Nettoyage des membranes

a. Lavage des membranes

Périodiquement les membranes doivent être nettoyées pour les débarrasser de tous les dépôts qui tendent à diminuer les performances qualitatives et quantitatives du système. Cette élimination est obtenue en faisant recirculer des solutions chimiques acides pour les dépôts de carbonate de calcium, d'hydroxydes métalliques et des solutions basiques pour les dépôts biologiques et bactériens.

L'injection de la solution de lavage dans l'eau de mer se fait dans trois points différents, avant :

- La pompe à haute pression
- Le système de récupération d'énergie
- Le châssis de membranes d'osmose inverse

L'efficacité relative d'une membrane est un paramètre qui sert d'indicateur pour guider le cycle de nettoyage. Il faut déclencher un cycle de nettoyage le plus tôt possible à chaque chute de débit de production normalisé et à chaque augmentation de la différence de pression normalisée de façon à limiter l'activité microbienne. Les fabricants des membranes suggèrent qu'un nettoyage soit fait lorsqu'une diminution du débit de filtrat de 10 à 15 % est observée le comportement de la solution pendant le nettoyage. [4]

b. Procédure de nettoyage des membranes

- Nettoyer le circuit de nettoyage (bâche, filtre...).
- Faire dissoudre les produits de nettoyage en agitant le mélange. Au cours de nettoyage, suivre le comportement de la solution et essayer de corriger les paramètres.
- Entre chaque nettoyage acide ou basique, rincer convenablement le circuit de nettoyage, et les membranes avec de l'eau osmosée jusqu'à atteindre son PH.
- Après chaque nettoyage il faut bien rincer les membranes avant de les mettre sous production.
- Au moment de la production il est préférable de jeter la première production au rejet. [4]



Figure II.12: membranes avant nettoyage

II.I.7 Système de reminéralisation et conditionnement de l'eau osmosée

L'eau issue du traitement de l'osmose inverse est débarrassée de tous les minéraux, c'est à- dire non consommable, une reminéralisation est nécessaire pour rendre cette eau potable.

L'injection automatique avec une dose de 25 ppm de CO₂ pour réduire le pH à une valeur proche de 5 qui permet de rendre plus efficace le processus de reminéralisation. Ce dernier est réalisé dans la chambre CO₂

L'eau est ensuite acheminée vers la tour de reminéralisation qui comporte à l'intérieur 32 lits de calcite (carbonate de calcium) de 2 m de hauteur (*Figure II.14*), équipés par des tuyaux de distribution.

A travers ces lits de calcite l'eau traitée passe et s'enrichit du carbonate de calcium qui se dissout dans l'eau pour atteindre le fond (réservoir) par un canal à l'intérieur de la tour.

Après et à l'aide d'un doseur automatique, il y aura un ajout d'hypochlorite de sodium (15 l/h) à partir d'un tank (citerne) de capacité de 20 000 L.

A l'aide des pompes l'eau traitée est pompée vers le réservoir de stockage afin de la distribuer par l'ADE. [20]



Figure II.13: Lits de calcite

II.I.8 Stockage et impulsion de l'eau produit

Le système de stockage et impulsion de l'eau commercialisable a pour objet pomper l'eau produite vers le réseau de distribution A travers du Réseau de Transport d'Eau Externe géré par Algérienne des eaux, le système d'impulsion et stockage d'eau produite est composé par

- Un réservoir d'eau reminéralisée
- Un système de pompage d'eau reminéralisée
- Un regard de livraison

Le réservoir d'eau reminéralisée a une capacité de 4000 m³ et il est fabriqué en béton armé, le réservoir est muni avec des capteurs de niveau, des interrupteurs de niveau et des transmetteurs de pH. L'eau commercialisable est pompé vers le réseau de distribution par 8+1 pompes assurant 1150 m³/h par pompe, dans le pompage s'installent : un débitmètre, des transmetteurs de pH, un analyseur de chlore, un transmetteur de conductivité et un turbidimètre.

II.II L'ALGERIENNE DES EAUX (ADE)

II.II.1 Création de l'ADE

Sous la tutelle du ministère des ressources en eau, l'Algérienne des eaux est un établissement public national à caractère commercial et industriel doté de la personnalité moral et de l'autonomie financière.

Elle a été créée à la suite de la réforme institutionnelle en gagé par les pouvoirs publics en vue d'assurer une gestion rationnelle de la ressource en eau. C'est de cette réforme institutionnelle qu'un décret exécutif N°01-101 du 27 moharrem 1422 correspondant au 21 Avril 2001 a officialisé la création de l'Algérienne des Eaux.

II.II.2 Laboratoire :

Le laboratoire d'analyses d'eau a pour but d'assurer la qualité d'eau destinée a la consommation en passant par le contrôle dans le réseau de distribution et réservoirs jusqu'au robinet des consommateurs.

Pour cela des prélèvements des échantillons se font quotidiennement suivant un planning de sorties établie par monsieur le chef du laboratoire.

La mission du control étant fini des fiches de prélèvement et réception sont remplies par le personnel désigné dans le planning du travail.

Les analyses physicochimiques et bactériologiques se font le jour même de la prise d'échantillon pour avoir des résultats exacts.

L'ensemble du personnel du service laboratoire ADE Mostaganem a pour missions en premier lieu la prévention et l'intervention en cas de grosse connexion.

Le laboratoire d'analyses est composé de deux blocs :

- Le premiers bloc assure le contrôle les paramètres physicochimiques liées à la qualité d'eau.
- Le deuxième bloc pour la détection, identification et classification de l'ensemble des bactéries présente dans l'eau (en cas d'une mauvaise désinfection).



Figure II.14: différentes photos des deux blocs de Le laboratoire d'analyses

II.II.3 Organisation de laboratoire :

II.II.3.1 Personnel :

- Chef de laboratoire.
- chimiste pour les analyses physico-chimiques.
- 2 biologistes pour les analyses bactériologiques.

II.II.3.2 Machine et équipement :

Le laboratoire de l'ADE contient deux sales, une sale pour les analyses physico-chimiques, et l'autre pour les analyses bactériologiques. Ils existent dans ces sales le matériel suivant :

a) Laboratoire bactériologique:

Hotte bactériologique -Réfrigérateur-Rampe de filtration-Autoclave-Milieu de culture -Pompe à vide - Bain marie.

b) Laboratoire physico-chimique:

Etuve universelle -Distillateur-Dessiccateur-Hotte chimique -Plaque chauffante -Agitateur chauffant-Agitateur non chauffant-Conductimètre- ph mètre- turbidité mètre- balance analytique-Spectrophotomètre.

CHAPITRE III

Résultats et discussions

III.1 Matériels et méthodes

Objectif

Notre travail consiste à suivre la qualité physico-chimiques et bactériologie des eaux de mer traité par l'unité de dessalement SONACTERE de Mostaganem. Quatre échantillons ont été étudiés au niveau laboratoire d'ADE.

III.1.1 Mode de prélèvement

Les échantillons d'eau ont été prélevés pour être analysés. Les échantillonnages ont été réalisés comme suit :

- Le contenant doit être en verre, propre d'un volume de 500 ml pour les analyses bactériologique et physico-chimiques. Les flacons sont au préalable rincés avec de l'eau distillée trois fois au minimum.
- Il faut laisser 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 le flacon, le remplir et le fermer immédiatement.
- L'échantillon doit être conservé dans une glacière entre 4 °C à 6 °C.



Figure III.1: Lieu et transport de prélèvement

III.1.2 Protocole expérimentale et analyses physico-chimique

III.1.2.1 Paramètres organoleptiques

III.1.2.1.1 Test de la couleur

Le contrôle de la coloration se fait par simple observation à l'œil-nu dans des flacons en verre transparents.

III.1.2.1.2 Test de l'odeur et la saveur

L'odeur a été évaluée par sensation lors du prélèvement de l'eau et 48 h après un stockage des échantillons. La saveur est estimée par une simple dégustation six fois de suite.

III.1.2.1.3 Mesure de la turbidité

La mesure de la turbidité a été effectuée à l'aide d'un Turbidimètre (HACH, TL23) étalonné à 0,02 NTU (**Figure III .2**). L'échantillon est analysé en utilisant des capsules en verre propres et sèches. Le résultat est affiché en NTU (Nephelométric Turbidity Unit).



Figure III.2 : Turbidimètre

III.1.2.2 Paramètres physico-chimiques

III.1.2.2.1 Mesure de la conductivité, de la température et du pH

La mesure de la conductivité se fait à l'aide d'un appareil multi-paramètres à sonde comme indiqué sur (**Figure III.2**). Cette détermination renseigne sur la concentration des ions conducteurs en solution

- Mode opératoire
 - Mettre l'appareil en marche.
 - étalonner le avec de l'eau distillée.
 - plonger la sonde de l'appareil dans l'échantillon tout en agitant la solution.
 - laisser stabiliser et lire ensuite la conductivité en $\mu\text{s}/\text{cm}$.
 - rincer la sonde après chaque mesure.
 - Faire de même pour la mesurer la température, le TDS et le pH.



Figure III.3 : Multi-paramètres à sonde

III.1.2.2.4 Mesure de la teneur en chlore

La concentration en chlore peut être exprimée en chlore libre, chlore combiné et chlore total. La mesure du chlore libre est la plus importante et est réalisée au DPD, réactifs sous forme de pastilles.

Le chlore libre réagit avec la molécule DPD (Diéthyl-p-Phénylène-Diamine) et produit une coloration rose. L'intensité de cette couleur produite est proportionnelle à la concentration en chlore libre recherchée.

➤ Matériels et Réactifs

- Cuve propre.
- Colorimètre.
- Pipette graduée.
- Pastille DPD (chlore).

➤ Mode opératoire (Méthode Colorimétrique)

On utilise un colorimètre, en choisissant la mesure "paramètre chlore libre". Mettre 10 ml de l'échantillon dans une cuve propre et la mettre dans le colorimètre et étalonner ce dernier à 0 mg/l ; et 10 ml de l'échantillon dans une autre cuve propre et ajouter une pastille de DPD (**Figure III.4**), introduire la cuve dans le colorimètre et effectuer la lecture immédiatement. Le résultat (concentration du chlore libre) est exprimé en mg/l



Figure III.4 :
Colorimètre

III.1.2.2.5 Mesure de l'Alcalinité

a- Mesure de la Dureté Total (TH)

Appelée aussi le titre hydrométrique (**TH**), elle détermine la concentration en sel de calcium et de magnésium dissout dans l'eau. Elle se détermine par titrage par l'**EDTA**, à pH=10, en utilisant le **N.E.T**, comme indicateur de fin de réaction. La méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium.

➤ Matériels et Réactifs

- Fiole
- Burette
- solution de **NaOH**
- d'Eriochrome T (**N.E.T**)
- solution d'**EDTA**.

- Mode opératoire
 - Mettre dans un erlenmeyer 100 ml d'eau à analyser
 - Ajouter 5 ml de la solution de NaOH (pH = 9.5 à 10)
 - Ajouter trois gouttes d'indicateur coloré N.E.T (Noir d'Eriochrome).
 - La solution se colore en rouge ou violet, à ce stade, un titrage par la solution d' EDTA (0,02 N).
 - Agitation jusqu'au virage au bleu permet de mesurer la TH .

Les résultats sont exprimés par la formule suivante :

$$\text{TH} = \frac{N_{\text{EDTA}} V_{\text{EDTA}} \cdot 1000}{V_0}$$

Avec :

N_{EDTA} : Normale de la solution EDTA

V_{EDTA} : Volume en millilitres, de la solution EDTA, utilisé pour le dosage

V_0 : Volume en millilitres, d'échantillon dosé

b-Titre alcalimétrique simple (TA)

Le titre alcalimétrique d'une eau correspond à la mesure des concentrations des ions carbonates (CO_3^{2-}) et des ions hydroxydes (OH^-) par la méthode de titrage, basée sur la neutralisation des carbonates présents dans l'échantillon par l'acide chlorhydrique (HCl) dilué en présence de phénophtaléine et un indicateur coloré.

- Matériels et Réactifs :
 - Erlenmeyer
 - Burette
 - solution d' HCl (0.02N)
 - solution de phénophtaléine 0.5 %
- Mode opératoire :
 - Dans un erlenmeyer de 250 ml, prélever 100 ml d'eau à analyser
 - Ajouter 2 à 3 gouttes de phénophtaléine.
 - Titrer et agiter avec la solution de HCl de 0.02N jusqu'à décoloration complète de la solution.

dans le cas contraire le TA est nul. Les résultats sont exprimés par la formule suivante :

$$\text{TA} = \frac{N_{\text{HCl}} V_{\text{HCl}} \cdot 1000}{V_0}$$

Avec :

N_{HCl} : Normalité de HCl

V_{HCl} : Volume de HCl

V_0 : Volume de l'échantillon

c-Titre alcalimétrique complet (TAC)

Le **TAC** mesure la teneur en hydrogénocarbonate, hydroxyde libre et en carbonate contenus dans l'eau. Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un volume d'eau par l'acide chlorhydrique (**HCl**) dilué en présence de méthyle orange.

➤ Matériels et Réactifs

- Erlenmeyer
- Burette
- solution d' **HCl** (0.02N)
- solution de phénophtaléine 0.2 %

➤ Mode opératoire

- On Préleve 100 mL d'eau à analyser dans un Erlenmeyer de 250 mL.
- On ajoute 2 à 3 gouttes de solution de méthyle orange.
- Titrer avec la solution de **HCl** de 0.02N.
- En agitant constamment, jusqu'au virage du jaune au jaune orangé (Ph = 4.3) de la solution.

Les résultats sont exprimés par la formule suivante :

$$TAC = \frac{N_{HCl} V_{HCl} \cdot 1000}{V_0}$$

Avec :

N_{HCl} : Normalité de **HCl**

V_{HCl} : Volume de **HCl**

V_0 : Volume de l'échantillon

III.1.2.2.6 Détermination du taux de Calcium

Cette manipulation consiste à la détermination de la teneur en calcium et en magnésium présentes dans l'échantillon par la méthode complexométrique.

L'agent complexant utilisé est l'E.D.T.A (Ethyle-Diamine-Tétra-Acétique) appelé souvent de sel dissodique ou complexant (III) (**Na₂H₂Y**).

L'action de l'E.D.T.A sur les cations métalliques et des métaux alcalins, surtout le calcium et le magnésium, donne naissance à deux complexes appelés : E.D.T.A-calcique et E.D.T.A magnésique.

➤ Principe

Le dosage de **TH** calcique s'effectue avec une solution aqueuse d'E.D.T.A en présence de solution tampon et du rouge de muréxcide comme indicateur spécifique à pH élevé (12-13). Il réagit tout d'abord avec les ions de calcium libres, puis avec les ions combinés avec l'indicateur qui vire du rose au violet.

Réactifs

- Solution titrée d'E.D.T.A à (0.02N).
- Solution tampon (pH= 9,2).
- Indicateur rouge de muréxide.

➤ Mode opératoire

- On prend 100 ml de l'eau à analyser dans un bicher de 250 ml
- On ajoute 4 ml solution Hydroxyde de sodium *NaOH* à (2N),
- On ajoute 0.2 g de poudre de l'indicateur rouge Muréxide.
- On titre avec une solution EDTA (0.02N) goutte à goutte jusqu'au de virage de l'indicateur

Les résultats sont exprimés en mg/l, est donnés par l'expression suivante :

$$[Ca^{2+}] = Tca^{2+} * 4.008$$

Avec :

40.08 g/mol= c'est la masse molaire du calcium.

III.1.2.2.7 Détermination le Dosage du Magnésium (Mg^{2+})

La concentration en magnésium, exprimée en mg/l, est donnée par la relation suivante :

$$[Mg^{2+}] = TH- Tca^{2+} * 2,43$$

III.1.2.2.8 Détermination le Dosage de l'hydrogénocarbonate HCO_3^-

La concentration en hydrogénocarbonate, exprimée en mg/l, est donnée par la relation suivante :

Si TA = 0 :

Si TA ≠ 0 :

$$[HCO_3^-] = TAC * 12.2$$

$$[HCO_3^-] = 0.2 X [TAC - (2 * TA)] * 12.2$$

Avec :

La masse molaire de HCO_3^- = 61 donc $61 * 0.2 = 12.2$

III.1.2.2.9 Détermination du carbonate de calcium (CaCO_3^-)

Pour déterminer la concentration en carbonate de calcium qui exprimé en mg/l est donnée par la relation suivante :

Si $\text{TA} = 0$:

$$[\text{CaCO}_3^-] = \text{TAC} * 10$$

Si $\text{TA} \neq 0$:

$$[\text{CaCO}_3^-] = (\text{TAC} - 2\text{TA}) * 10$$

III.1.2.2.10 Mesure de TDS

Les sels dissous totaux représentent une évaluation totale des sels minéraux contenus dans l'échantillon d'eau. Elle représente le rapport de la conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$) et de la concentration ionique (ppm). Son expression est :

La conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm} = K * \text{TDS}$ en ppm (partie par million)

- Pour l'eau **produite** $K = 0,5$

- Pour l'eau **de mer** $K = 0,61$

➤ Matériels et réactifs

- Un Becher.
- conductimètre

➤ Mode opératoire

- On mettre 100mL d'eau à analyser dans un bécher.
- On plonge l'électrode du conductimètre dans le bécher
- On lire le résultat directement (en mg/L).

III.1.2.2.11 Détermination des résidus secs R.S

Elle est réalisée par élimination de l'eau par évaporation suivie de la pesée du résidu qui subsiste. Ainsi on peut simplement évaluer la teneur en matières dissoutes et matières totales (dissoutes et en suspension dans l'eau).

➤ Matériels et réactifs

- Fiole jaugée.
- Capsule en porcelaine, en verre borosilicaté ou de préférence.
- Balance permettant la pesée à 0,1 mg près.
- Étuve dont la température est réglable à $105\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$ ou $180\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$.
- Eau distillée ou de qualité équivalente.
- Acide chlorhydrique dilué à environ 10 % (v/v).

➤ Mode opératoire

- Prélever dans une fiole jaugée, un volume d'échantillon connu (noté V).
- Nettoyer la capsule à l'acide chlorhydrique dilué tiède puis à l'eau distillée.
- Sécher par passage à l'étuve à 180 °C.
- Faire évaporer progressivement la prise d'essai introduite dans la capsule.
- Laisser refroidir la capsule et son contenu presque jusqu'à la température ambiante, puis la placer dans un dessiccateur pendant 15 min environ et peser.

Le calcul du résidu sec à 180 °C ± 5 °C, se fait selon l'équation suivante :

$$RS = \frac{(M1 - M0) * 1000}{V}$$

Avec :

RS (180 °C) : le résidu sec à 180 °C ± 5 °C, en milligrammes par litre.

M₁ : La masse de la capsule et de son contenu, après chauffage à 180 °C ± 5 °C en milligrammes.

M₀ : La masse de la capsule vide, en milligrammes.

V : Le volume de la prise d'essai en millilitres.

III.1.2.3 Paramètres chimiques

Ces paramètres sont obtenus avec deux méthode :

- **Le dosage par spectrophotomètre DR 5000 .**

Les paramètres mesurés sont les nitrite, les nitrates, l'ammonium, les chlorures, le fer, les sulfates et l'orthophosphore.

L'appareil utilisé est du type DR 5000 doté d'un support pour les tests en cuve. Un laser identifie la cuve insérée grâce à son code-barres (IBR = IntegratedBarcode Reading System). Le DR 5000 (*Figure III.6*) commence la mesure automatiquement et affiche le résultat en mg/l.

Tableau.III.1 : Code article et plage de mesure de chaque paramètre

Paramètre	Code article	Plage de mesure (mg/l)
Ammonium	LCK303	2 – 47
Bore	LCK307	0,05 - 2,50
Chlorure	LCK311	1 – 70 70 – 1000
Fer	LCK320	0,2 - 6,0
Nitrate	LCK339	0,23 - 13,5
Nitrite	LCK342	0,6 - 6,0
Sulfate	LCK353	150 – 900

Les tests en cuve LCK permettent de déterminer le dosage des paramètres chimiques de l'eau en suivant le mode opératoire représenté à l'intérieur de la couverture de chaque boîte LCK (**Figure III.5**) qui indique la quantité de l'eau à ajouter, la manière d'agitation de la solution dans la cuve et le temps de réaction, la cuve contient la quantité exacte de réaction



Spectrophotomètre DR 5000



Boîte LCK et le mode opératoire

Figure III.5 : spectrophotomètre et pack LCK

- **Dosage par photométrie de la flamme**

Le dosage par spectrophotométrie à flamme est un procédé rapides utilisé pour le dosage des éléments alcalins et alcalinoterreux.

Les éléments à analyser (sodium, potassium , calcium... etc.) sont sous forme de sels. L'analyse est réalisé sur leurs solutions.

Le résultat est donné par lecture directe en mg/l.



Figure III.6 : photométrie de la flamme

III.1.3 Protocole expérimentale des Analyses bactériologique

Après la réception des échantillons, les analyses se font immédiatement pour la recherche et le dénombrement des germes suivants :

III.1.3.1 Germe totaux

Le dénombrement des *Germe totaux* se fait par la méthode de filtration membranaire de filtre d'un volume d'échantillon de 100 ml d'eau à analyser est filtré à travers une membrane du filtre de 0.22µm qui retient les micro-organismes. La membrane est ensuite placée sur le milieu du TGEA.

➤ **Lecture**

Après incubation à 37°C durant 24h, des colonies blanches se forment à la surface de la membrane

III.1.3.2 Coliformes totaux

Le dénombrement des *coliformes totaux* se fait par la même méthode des *germe totaux* sauf que ils sont placée sur le milieu du TTC tergitol.

➤ **Lecture**

Après incubation à 37°C durant 24h, des colonies jaune orange se forment à la surface de la membrane.

➤ **Test confirmatif**

Pour effectuer une confirmation les colonies formées à la surface de la membrane sont repiquer dans un autre milieu liquide (VBL), les tubes de VBL seront ainsi incubés à 37°C durant 24h. Dans le cas positif de présence des *coliformes totaux*, on aura une présence du gaz (1/10) du volume avec un trouble.

III.1.3.3 Escherichia Coli

Escherichia Coli fait partie du groupe des *coliformes totaux* et consiste le seul membre de ce groupe que l'on trouve spécialement dans les matières fécales des humaines et des animaux. Leur présence dans l'eau indique en présence de matières fécales. Elle est capable de fermenter le lactose à 44°C.

➤ **Technique**

Le principe de dénombrement s'effectue de même manière que la recherche des *coliformes fécaux* sauf la température d'incubation dans ce cas est de 44°C/24 heure.

➤ **1^{er} lecture** : Après 24 heures, on observe des colonies jaunes.

On va faire le test confirmatif c'est-à-dire le repiquage sur un milieu liquide de Schubert muni d'une cloche de durham et incubé à 44°C/24 heure.

➤ **2^{eme} lecture** : On observe un anneau rouge sur la surface de milieu avec une production de gaz dans la cloche de durham. Donc on peut dire qu'il existe d'*E. Coli* dans l'eau.

III.1.3.4 Streptocoques fécaux

➤ **Technique**

- Filtrer 100 ml d'échantillon sur une membrane de 0.22µm µm de diamètre
- Placer la membrane sur une boîte de pétri contenant du milieu slanetz et bartley préalablement coule et refroidi.
- Le milieu slanetz et bartley et un support nutritif contenant des substances inhibitrices qui laissent se développer préférentiellement colonies de *streptocoques fécaux*.
- Incuber les boîtes à 37 °C pendant 24heures.

➤ **Lecture**

Après 24 heures on compte les colonies rouge violettes.

➤ **Test confirmatif**

On transfère la membrane de la boîte contenant le milieu slant à la boîte pétri contenant milieu BEA (Bile Esculine Agar)
on incube à 37 °C pendant quelque heure présence des points noir.

III.1.3.5 Clostridium

➤ **Technique**

- chauffer l'échantillon à 80°C pendant 10 min pour la destruction des formes végétatives (formation des spores).
- Filtrer 100 ml d'échantillon sur membrane de 0.22µm de porosité pour permettre de retenir les spores des bactéries.
- Placer la membrane à l'envers sur la boîte de pétri.
- Couler au dessus la gélose viande foie.
- Incuber à 37 °C les *Clostridium* pousse dans des conditions en anaérobiose.

➤ **Lecture**

On procède à une lecture des 24heures considérer comme résultant d'une spore de bactérie anaérobie tout colonie noir entourée d'un halo noir exprimer le résultat en nombre de spores par 100 ml.

III.2 Résultats et discussions

La présentation et la discussion des résultats de l'analyse de l'eau traitée est structurée selon 4 fois fixant la nature, la périodicité et les méthodes d'analyse de l'eau de consommation de l'eau humaine à savoir: la description des paramètres organoleptiques des eaux de dessalement traitées, les paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle de l'eau, l'exploration des paramètres chimiques dont le profil en certains polluants et les paramètres bactériologique.

Ces paramètres sont évalués selon les normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

III.2.1 Résultats physico-chimiques de l'analyse de l'eau produite (l'eaux osmosé)

Tableau III.2 Résultats physico-chimiques :

Echantillons Paramètre	Unité	Ech 01 16/03/2023	Ech 02 23/03/2023	Ech 03 30/03/2023	Ech 04 06/04/2023	Norme OMS
Odeur	/	In odeur	In odeur	In odeur	In odeur	/
Couleur	/	In couleur	In couleur	In couleur	In couleur	/
Saveur	/	Aucun	Aucun	Aucun	Aucun	/
Turbidité	NTU	0.249	0.563	0.729	0.148	< 5
PH	/	7.85	.834	8.12	8.12	6,5-8,5
Conductivité	µs/cm	480	506	460	516	2000
Température	°C	19	13.1	15.5	14	12 -25
TH	°F	9.2	6.4	6.2	4.4	< 500
T ca ⁺⁺	°F	6.3	6	7.1	6.9	< 75
TAC	°F	6.2	6.8	6.2	6.14	< 65
TA	°F	00	.01	0.11	00	/
Chlore	mg/l	0.4	0.2	0.1	0.2	0.2-0.6
T.D.S	mg/l	280.12	273.2	259.2	291.7	150-500
R.S	mg/l	300	240.11	297.4	283.19	< 2000
Chlorure	mg/l	128	128.12	120	131	<600
Ammonium	mg /l	0.01	00	0.01	0.04	0,2 – 0,3
Nitrite	mg/l	00	00	0.019	00	< 0,1
Nitrate	mg/l	00	.140	1.20	0.3	< 50
Sulfate	mg/l	00	2.40	2.62	00	< 400
Orthophosphore	mg/l	00	00	00	00	/
Fer	mg/l	0.12	0.12	0.10	.003	< 0,3
Potassium	mg/l	4.1	4.5	7.8	5.9	< 15
Sodium	mg/l	30	90	85.1	46	< 250
Magnésium	mg/l	0.91	0.48	0.48	0.71	< 150
Hydrogénocarbonate	mg/l	75.64	16.10	14.59	74.90	< 600
Carbonate de calcium	mg/l	62	66	59.8	61.4	/

Le tableau dégage les résultats suivants :

Odeur

La perception des substances responsables des odeurs est un critère indispensable aussi.

Après traitement, l'eau devient inodore et ne présente aucune odeur désagréable.

Couleur

Le changement de couleur d'une eau potable peut être le premier signe d'un problème de qualité. Les analyses des échantillons de l'eau traitée ont indiqué que cette eau est incolore et claire.

Saveur

L'eau traitée ne présente aucun goût étrange et donc se comporte comme une eau normale au goût.

Turbidité

La turbidité désigne la teneur d'une eau en particules en suspension organiques et/ou inorganiques qui la troublent. La concentration maximale admissible, fixée par l'OMS est de

5mg /l. Dans notre cas les valeurs obtenues ne dépassent pas cette norme, ce qui veut dire que l'eau n'est pas turbide

Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions (H^+) de l'eau. Il traduit ainsi l'acidité ou la basicité de l'eau et dépend de la température et l'origine de l'eau. C'est une indication importante en ce qui concerne l'agressivité de l'eau.

Norme [6.5 à < 8.5]

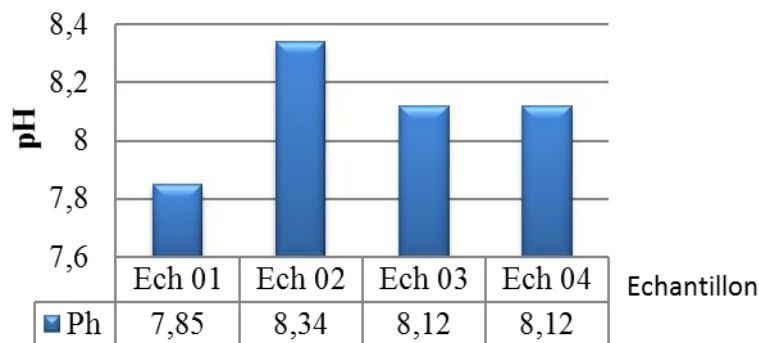


Figure III.7 : Variations mensuelles du potentiel hydrogène

Les valeurs du potentiel Hydrogène des eaux traitées sont comprises entre 7.85 et 8.12 (Figure III.7). Comparées aux normes de qualité de l'eau potable, les valeurs du pH des eaux traitées sont conformes à la norme de l'OMS dont les valeurs sont fixées entre 6,5 à 8,5.

Conductivité électrique

La conductivité est également en fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente. Elle sert aussi d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau.

Les valeurs enregistrées pendant les analyses se situent entre 460 et 516 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figure III.9), Ces valeurs sont, donc, conformes à la norme de l'OMS, dont les concentrations maximales admissibles sont respectivement inférieures à 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

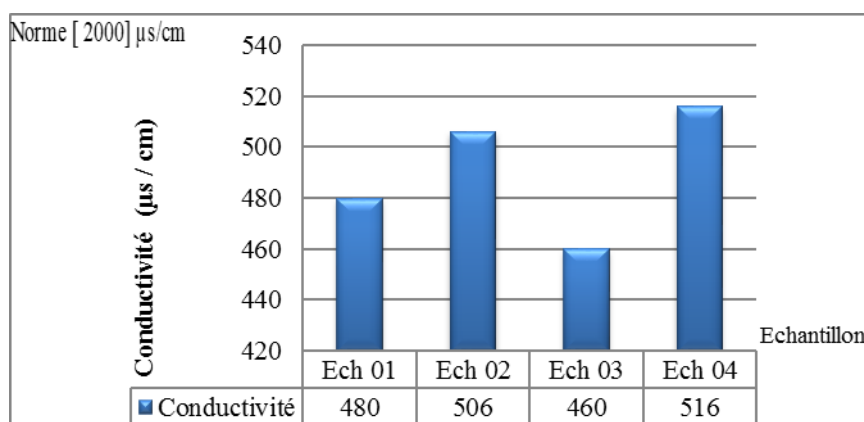


Figure III.8: Variations mensuelles de la Conductivité électrique

Température

La température de l'eau joue un rôle important dans la solubilité des gaz, dans la dissociation des sels et dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et les mélanges éventuels.

Les valeurs de température sont comprises entre 13,1 et 19 °C (*Figure III.8*). L'OMS ne mentionne aucune référence quant à la température de l'eau potable. Dans la zone d'étude, nous avons remarqué que la température indique 19°C.

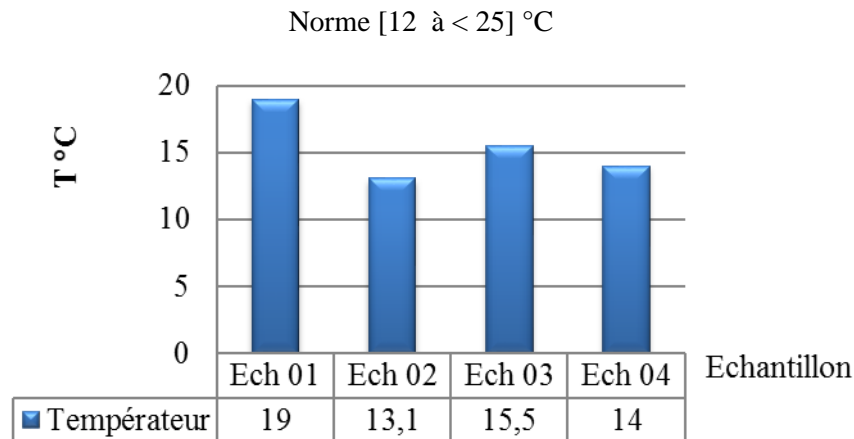


Figure III.9 : Variations mensuelles de température

Dureté hydrométrique TH

Dans les eaux étudiées (*Figure III.10*), cet élément présente des valeurs de dureté allant de 4.4 à 9.2°F. Les valeurs enregistrées s'avèrent inférieures à la valeur minimale admissible recommandée par les normes de l'OMS qui est 65°F.

La présence des ions Ca^{2+} dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles : soit la dissolution des formations carbonatées ($CaCO_3$), soit la dissolution de formations gypseuses ($CaSO_4$).

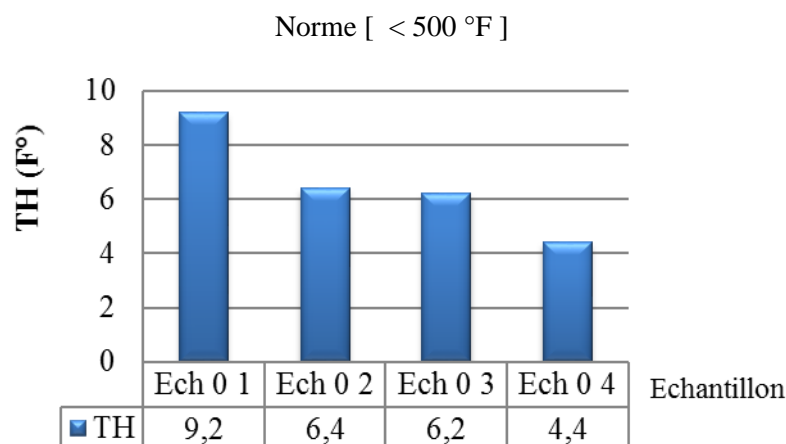


Figure III.10: Variations mensuelles du titre hydrotimétrique

Dureté calcique Tca

Le calcium est présent dans les eaux de mer et contribue de façon importante à leur dureté. Les résultats montrent des valeurs comprises entre 6 et 7.1 °F (**Figure III.11**). Ces valeurs sont également conformes aux normes de l’OMS dont les concentrations maximales admissibles sont inférieures à 75°F.

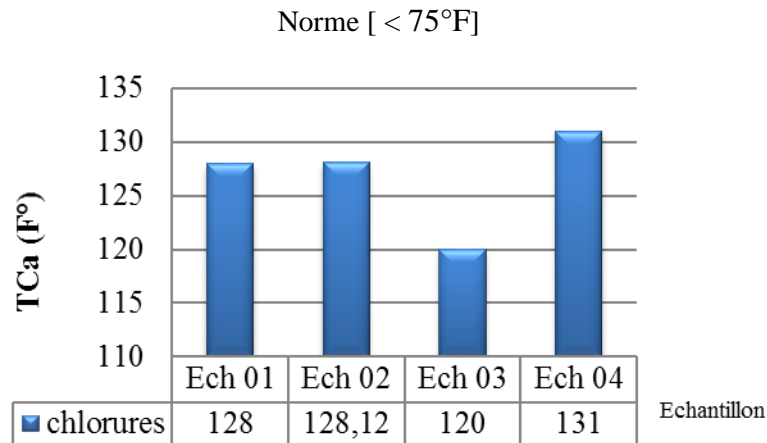


Figure III.11 : Variations mensuelles de la dureté calcique

Titre alcalimétrique complet TAC

L’alcalinité correspond à la présence d’espèces basiques telles que les ions hydrogène (OH^-), les ions carbonates (CO_3^{2-}) et les ions bicarbonates (HCO_3^-).

Nos résultats d’analyses montrent une présence du titre alcalimétrique complet qui varie entre 6.14 et 6.8 °F (**Figure III.12**). Ces valeurs sont également conformes aux normes de l’OMS qui limitent le taux de titre alcalimétrique complet des eaux de consommation de 65 °F

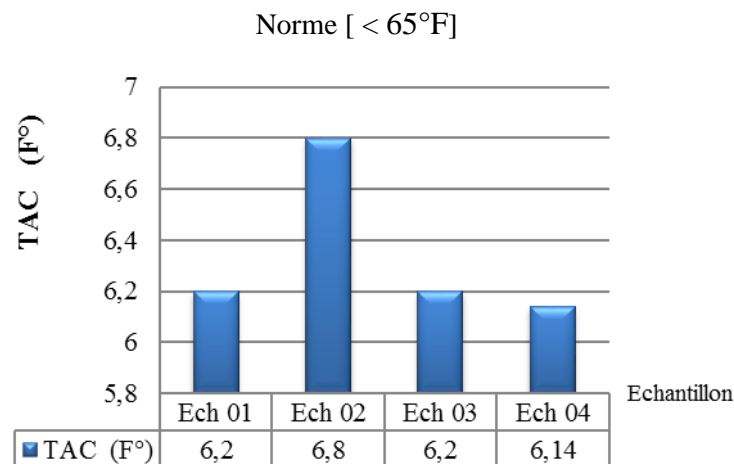


Figure III.12 : Variations mensuelles du Titre alcalimétrique complet

Titre alcalimétrique simple TA

Les résultats montrent des valeurs comprises entre 0.0 et 0.11°F (**Figure III.13**). L’OMS ne mentionne aucune référence quant au titre alcalimétrique TA de l’eau potable.

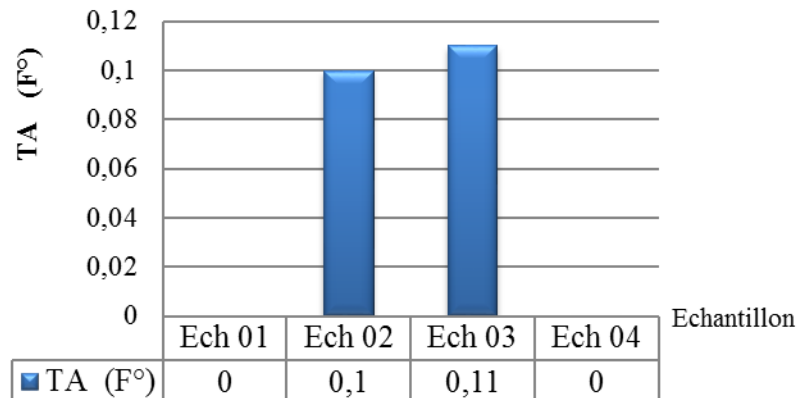


Figure III.13: Variations mensuelles de l’Alcalinité totale

Chlore (Cl₂)

Le chlore résiduel est le chlore resté libre après 30 minutes de contact ; il constitue une forme de sécurité pour traiter des petites contaminations éventuelles de l’eau. Le taux de chlore libre fluctue entre 0,1 et 0,4 mg/l (**Figure III.14**)

Cette valeur est largement inférieure à la valeur préconisée par l’OMS qui est de 0.6mg/l

Norme [< 0.6 mg/l]

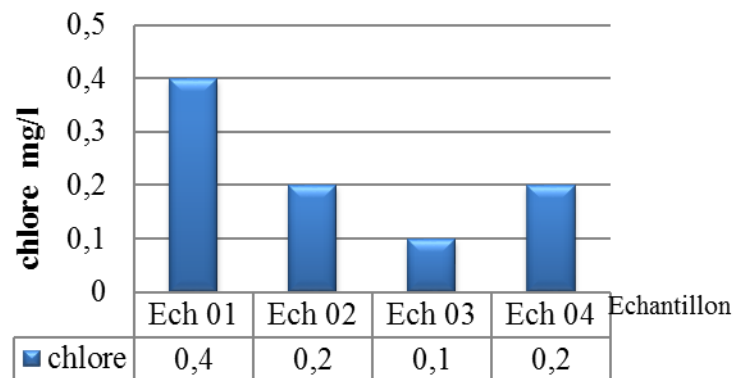


Figure III.14 : Variations mensuelles de la teneur en Chlore libre

Total des solides dissous (TDS)

Le total des solides dissous ou TDS représente la concentration totale des substances dissoutes dans l’eau. Le TDS est composé de sels inorganiques et de quelques matières organiques.

Les résultats obtenus après l’analyse des eaux de consommation ont montré que le taux du TDS varie entre 259.2 et 291.7 mg/l (**Figure III.15**)

Les valeurs de TDS se révèlent conformes aux normes préconisées par l’OMS qui sont de 150 à 500 mg/l dans les eaux traitées par dessalement.

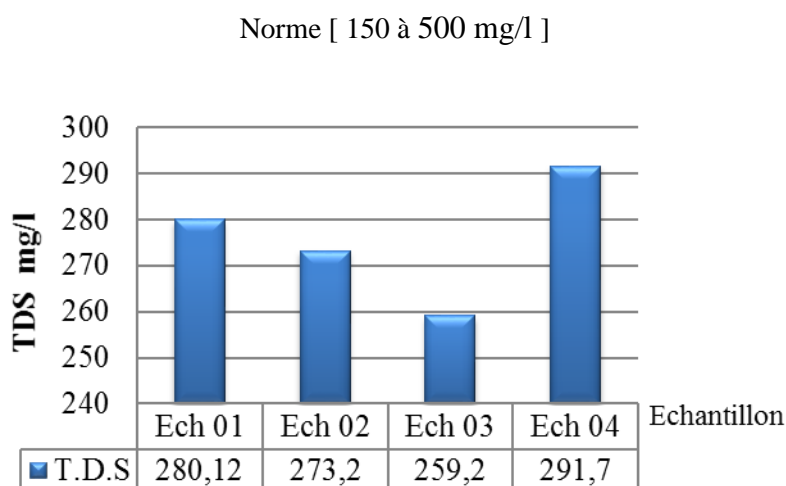


Figure III.15 : Variations mensuelles du Total des solides dissous

Résidus secs (R.S)

Le paramètre R.S présente des valeurs convenables pour une eau de consommation humaine, selon l’OMS.

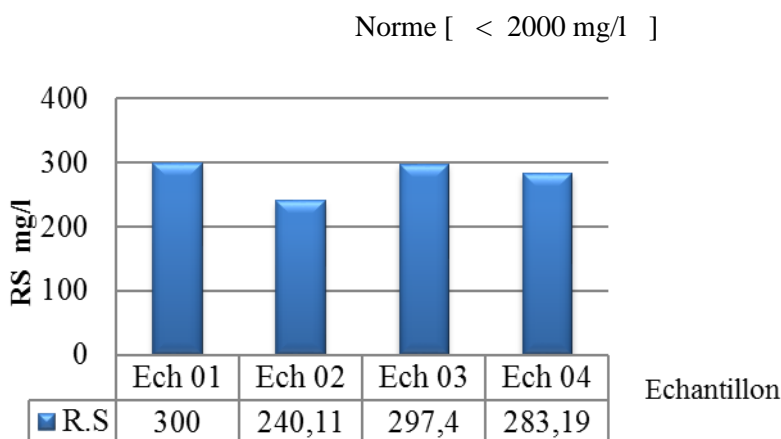


Figure III.16 : Variations mensuelles du résides secs

Paramètres chimiques

Chlorures (Cl^-)

Les chlorures sont très solubles dans l’eau, leurs éliminations sont difficiles et les méthodes classiques de traitement sont inefficaces. 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 inférieur à 600 mg/l (norme OMS).

Nos résultats d’analyses montrent une présence d’une teneur en chlorure qui varie entre 120 et 131 mg/l (*Figure III.17*). Cette variation est due à l’étape de poste chloration qui enrichie également cette eau en chlorures

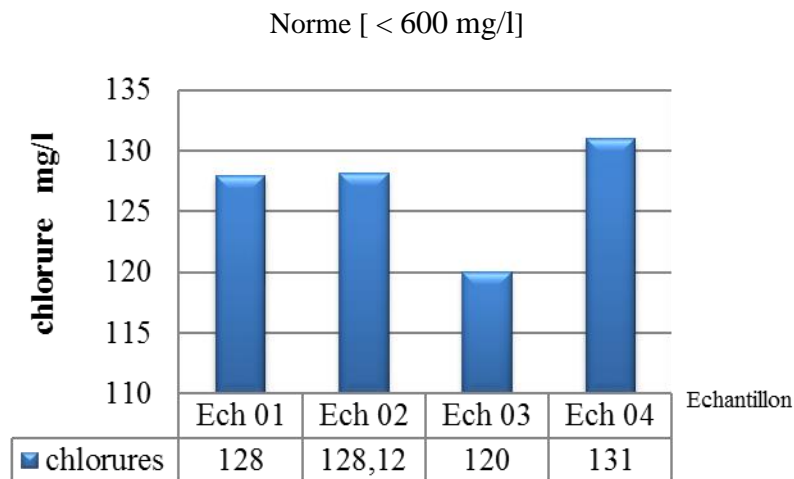


Figure III.17: L'évolution des chlorures en fonction du temps

Ammonium (NH_4^+)

Nos résultats d'analyses montrent une présence faible d'ammonium qui varie entre 00 et 0.04 mg/l (*Figure III.18*). Ces valeurs sont également conformes aux normes de l'OMS.

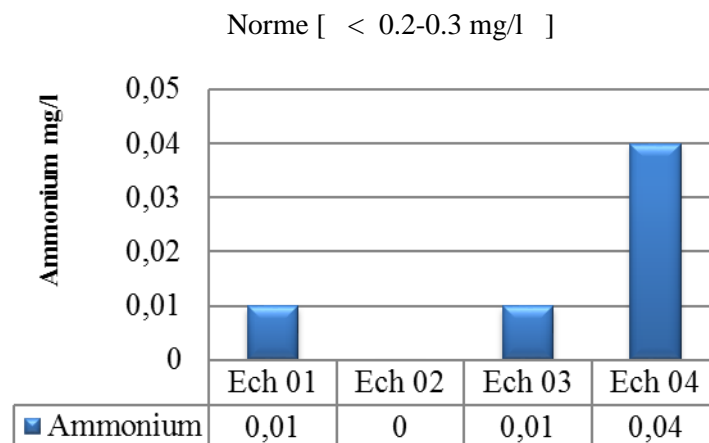


Figure III.18 : Variations mensuelles du ammonium en fonction du temps

Nitrites (NO_2^-)

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.

La mesure des teneurs en nitrites montre des valeurs de 0.0 à 0.019 mg/l, (*Figure III.19*), valeurs qui restent relativement inférieures à la valeur recommandée en nitrites selon l'OMS (0.1 mg/l).

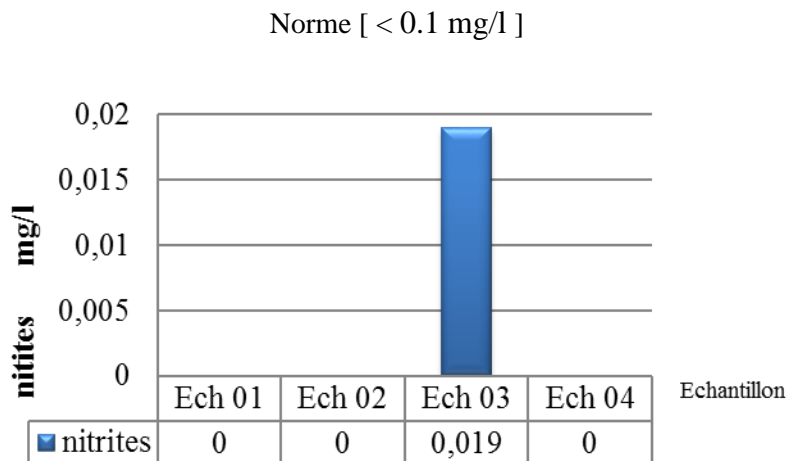


Figure III.19 : Variations mensuelles de la teneur en nitrites

Nitrates (NO_3^-)

Les nitrates transformés en nitrites, peuvent provoquer la transformation de l'hémoglobine en "méthémoglobine" et provoquer un mauvais transfert d'oxygène vers les cellules. Cette pathologie peut affecter les nourrissons de moins de 6 mois. La norme de potabilité pour l'eau est fixée à 50 mg/l. Au-delà de 100mg/l l'eau ne doit pas être consommée.

Cependant les eaux traitées ne sont pas assujetties à un risque de pollution par les nitrates du fait que les valeurs enregistrées lors des analyses oscillent entre un minimal de 0.0 mg/l et un maximal de 1.40 mg/l (**Figure III.20**) et qui restent d'ailleurs inférieures à la valeur admissible de la norme de l'OMS 50 mg/l .

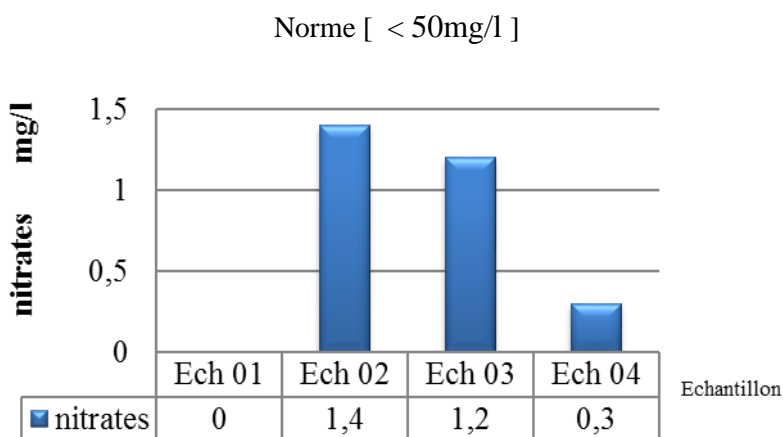


Figure III.20 Variations mensuelles de la teneur en nitrates

Sulfates (SO_4^{2-})

L'eau destinée à la consommation humaine, en raison de problèmes particuliers susceptibles d'introduire une gêne pour le consommateur (goût, corrosion). L'OMS recommande comme valeur limite inférieure 400 mg/l. Leur teneur élevée dans l'eau de boisson entraîne des

nuisances d'ordre organoleptiques et sanitaires. En effet, ils provoquent des troubles gastro-intestinaux et peuvent donner un goût désagréable.

La présence des sulfates résulte de l'oxydation des sulfures répandus dans les roches.

Cette eau à une teneur en sulfate qui varie entre 0.0 et 2.62 mg/l (**Figure III.22**). Les teneurs élevées en sulfates dépendent généralement de l'étape de dosage de réduction du chlore par le bisulfite de sodium qui enrichie également cette eau en sulfate.

Norme [< 400 mg/l]

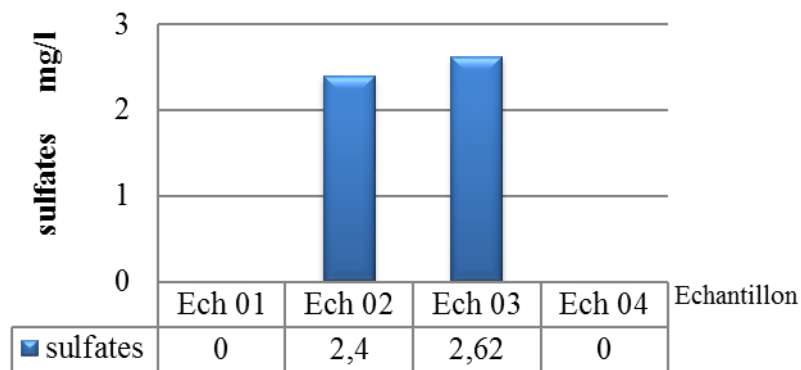


Figure III.22 : Variations mensuelles de la teneur en Sulfates

Orthophosphore

Nos résultats montrent une absence totale de la concentration d'orthophosphore dans l'eau des échantillons étudiée.

Fer (Fe^{2+})

Les concentrations des eaux traitées en Fer varient de 0,03 à 0,12 mg/l (**Figure III.23**). Ces valeurs sont inférieures à la norme algérienne de potabilité de l'eau qui est de 0.3mg/l.

Norme [< 0.3 mg/l]

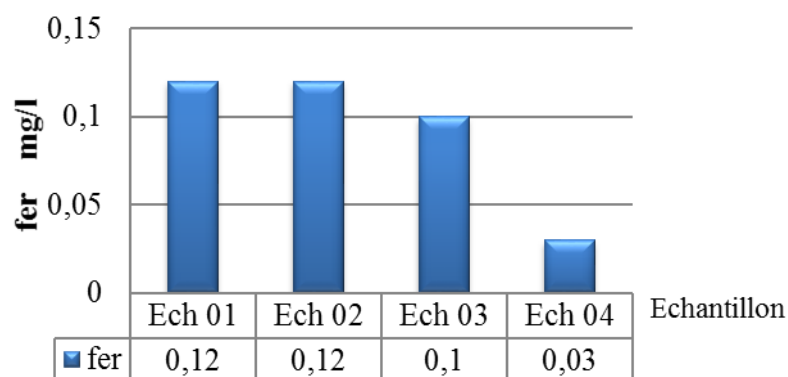


Figure III.23 Variations mensuelles de la teneur en fer

Potassium (K^+)

Les sources les plus fréquentes de cet élément dans l'eau potable sont les systèmes de traitement de l'eau qui utilisent du chlorure de potassium. Il s'agit d'un élément indispensable, en petites quantités, à tous les organismes vivants.

La mesure des teneurs en potassium montre des valeurs variant de 4.1 à 7.8 mg/l (*Figure III.2*). Ces valeurs restent relativement inférieures à la valeur recommandée selon l'OMS, fixée à 15 mg/l.

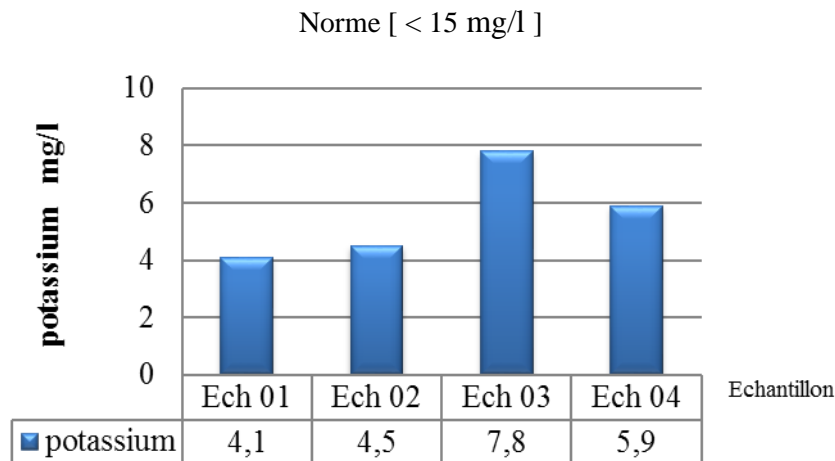


Figure III.24 Variations mensuelles de la teneur en Potassium

Sodium Na^+

L'OMS fixe une norme de ($[Na^+] = 150$ à 200 mg/l) pour une eau convenable à la consommation humaine, et les normes Algériennes de la potabilité des eaux à (250 mg/l).

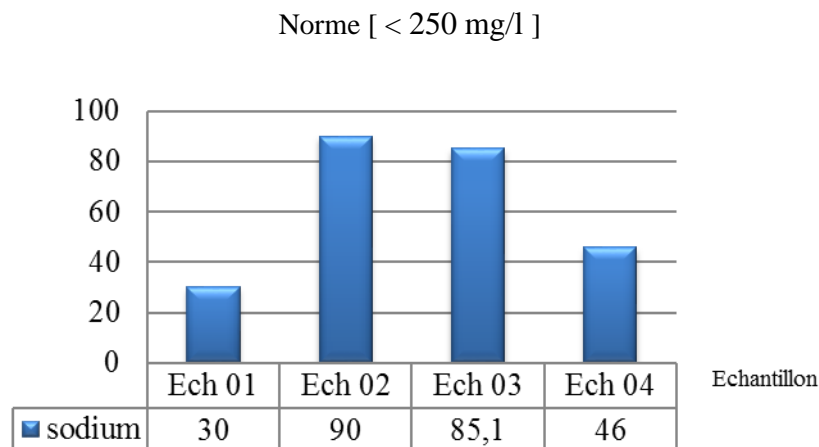


Figure III.25 Variations mensuelles de la teneur en sodium

Magnésium Mg^{+2}

Le magnésium est présent dans toutes les eaux naturelles. Il s'agit d'un élément indispensable, en petites quantités, à tous les organismes vivants. Le magnésium contribue de

façon importante à la dureté de l'eau. Une eau trop dure peut avoir des effets sur le fonctionnement et la durée de vie d'un système de plomberie et des appareils ménagers. Les valeurs enregistrées pendant les analyses sont entre 0.48 et 0.91 mg/l (**Figure III.26**). Les valeurs de la dureté magnésienne pour l'eau de consommation sont conformes à la norme de l'OMS, dont les concentrations maximales admissibles sont inférieures à 150 mg/l

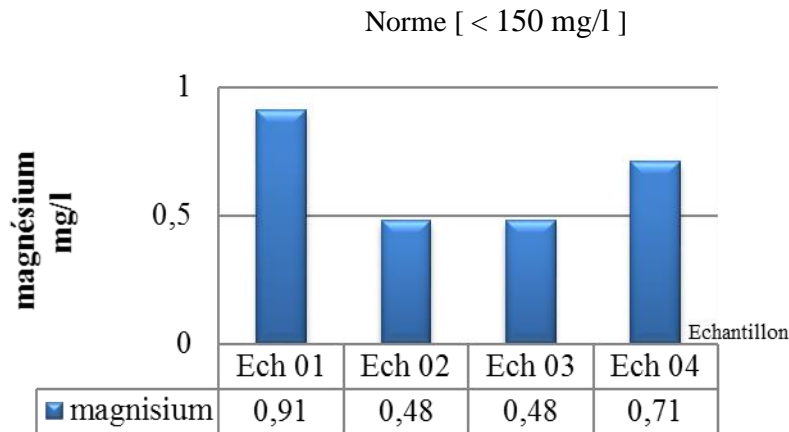


Figure III.26 : Variations mensuelles de la teneur en magnésium

Hydrogénocarbonate (HCO_3^-) :

Nos résultats montrent que la teneur de hydrogénocarbonate dans les 04 échantillons 01, 02, 03 et 04 légèrement inférieure aux normes Algériennes et l'OMS (< 600 mg/l)

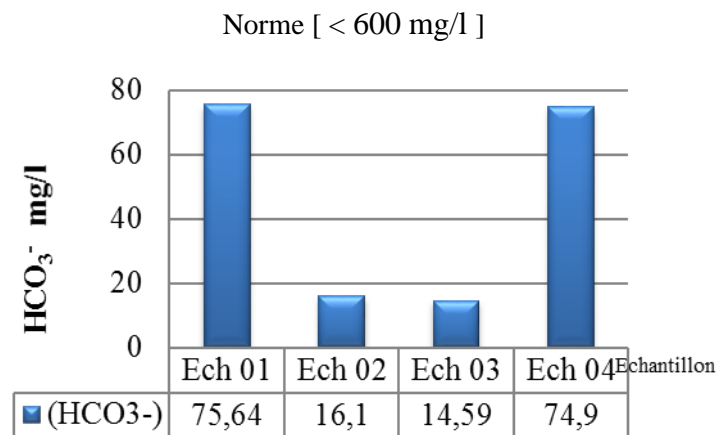


Figure III.27 : Variations mensuelles de la teneur en HCO_3^-

Carbonate de calcium (CaCO_3)

Les résultats montrent des valeurs comprises entre 59.8 et 66 mg/l (**Figure III.28**).

L'OMS ne mentionne aucune référence quant au carbonate de calcium de l'eau potable

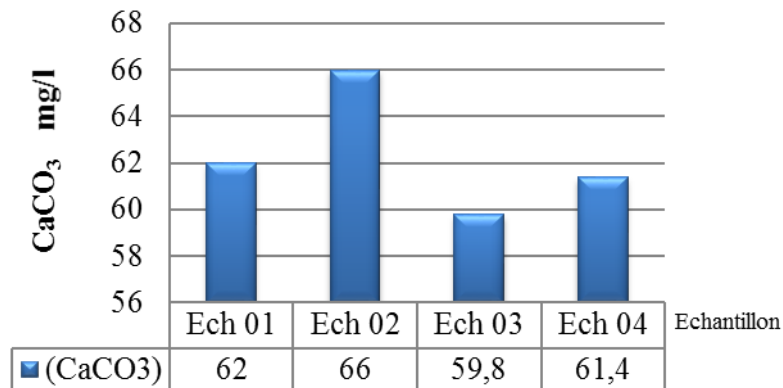


Figure III.28 : Variations mensuelles de la teneur en CaCO_3

III.2.2 Résultats bactériologiques de 4 prélèvements avec les (Norme Algérienne de potabilité de l'eau).

Tableau III.3 : Résultats bactériologiques :

Les paramètres	Les échantillons				Les normes
	01	02	03	04	
<i>Germes totaux</i>	0	4	3	0	10
<i>Coliformes totaux</i>	0	1	0	2	0
<i>Escherichia. coli</i>	0	0	0	0	0
<i>Streptocoques fécaux</i>	0	0	1	0	0
<i>Clostridium</i>	0	0	0	0	0

Germes totaux : montrent une absence totale des *Germes totaux* dans l'eau de l'échantillon 1, 4 de l'échantillon 2 ,3 de l'échantillon 3 et 0 de l'échantillon 4 qui est identifier avec les normes d'OMS et Algérienne.

Coliformes totaux : absence des coliformes totaux dans é1et 3 avec 1 dans l'échantillon 2 et 2dans l'échantillon 4

E. coli : montrent que une absence totale de *E. coli* dans l'eau analysé 1, 2, 3 et 4 ce qui répond aux normes d'OMS et Algériennes.

Streptocoques fécaux : montrent une absence totale de *Streptocoque* dans toutes les échantillons exception la 3 ème échantillon 1 , et ça identifié aux normes d'OMS et Algérienne

Clostridium : montrent que une absence totale de *Clostridium* dans les quatre échantillons ce qui répond aux normes d'OMS et Algériennes.

III.3 Discussions des résultats des paramètres chimiques et physico-chimiques et bactériologiques :

Dans le cas général, les résultats répondent aux normes de qualité physico-chimiques. Le profil en certains cations et anions spécifiquement le calcium, le magnésium et les sulfates témoigne d'une diminution notable quant aux besoins de l'organisme et les normes OMS. Il serait nécessaire de corriger cette teneur lors de la reminéralisation.

La dureté de l'eau est essentiellement due à la présence de calcium et de magnésium sur le plan composition de l'eau dessalée, les teneurs respectives en calcium et magnésium, se sont révélées très faibles. Les besoins de consommation en eau augmentent avec l'âge du consommateur et son environnement, pendant la grossesse et l'allaitement, et sont affectés par des états pathologiques tels que le diabète insipide ou les maladies de sueurs profuses (OMS, 1978).

Le calcium, un composant des os et des dents, joue un rôle dans la contractilité cardiaque et musculaire, la transmission de l'information intracellulaire et à la coagulation du sang. D'un autre côté, le magnésium joue un rôle important en tant que cofacteur ou activateur de plus de 300 réactions enzymatiques incluant la glycolyse, le métabolisme de l'ATP, l'excitabilité musculaire et la contraction musculaire, etc. Un manque en magnésium augmente le risque pour diverses conditions pathologiques telles que l'hypertension, l'arythmie cardiaque et la possibilité de diabète de type II.

Un manque à la fois de calcium et de magnésium peut également entraîner certains types de cancers. Par ailleurs, noter qu'une « eau dure », n'étant pas aussi corrosive que l'eau « douce

» risque moins de se charger, lors de son passage dans les canalisations en certains métaux potentiellement nocifs tels que le plomb, le cadmium, etc.

De façon générale, les résultats de notre étude montrent que les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques de l'eau produite par la station de Mostaganem sont conformes aux normes de l'OMS à la norme Algérienne et peuvent répondre aux besoins des consommateurs.

Il est important de rappeler que des valeurs respectant les normes de l'OMS ne traduisent pas forcément une très bonne qualité de l'eau produite. En effet, selon Membratéc (Membratéc, 2008), une entreprise Suisse qui conçoit, construit et commercialise des installations de traitement d'eau par procédés membranaires pour la production d'eau potable, la teneur en chlorure inférieure à 20 mg/l serait idéale sachant que selon l'OMS, la norme est fixée aux environs de 250 mg/l. Il en est de même pour les nitrates où la norme selon l'OMS est de l'ordre de 50 mg/L alors que selon Membratéc, une eau idéale ne devrait pas dépasser 25 mg/l.

Conclusion Générale

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

Le procédé de dessalement de l'eau de mer par osmose inverse a connu un grand développement et présente beaucoup d'avantages.

Sur le plan environnemental, il fonctionne à basse température, ce qui prévient une pollution thermique. Sur le plan énergétique, ce procédé utilise principalement de l'énergie électrique; il est relativement simple et plus performant, récupération d'énergie du concentrât de 95 %.

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

Ces résultats montrent bien, l'intérêt de l'implantation de cette station pour résoudre le problème de pénurie en eau potable de la ville de Mostaganem et même les villes limitrophes.

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

A l'heure actuelle, le dessalement d'eau de mer à travers notre pays se fait par les mêmes procédures que celles de la station de SONACTER . Il serait alors intéressant de souligner les recommandations suivantes :

- Restituer à l'eau de façon équilibrée les minéraux en phase de reminéralisation. Sachant qu'une eau faiblement minéralisée est plus corrosive pour la tuyauterie.
- Aussi, recourir à une eau de dessalement pour alimenter une région devra être pris avec la plus grande prudence et après une étude approfondie de l'apport total de minéraux dont bénéficie la population cible.

L'idéal serait d'entreprendre des études épidémiologiques occasionnelles, en vue de mesurer les effets que peut avoir sur la santé.

- les saumures doivent impérativement passer un contrôle exhaustif de toxicité qui tient compte des caractéristiques du système récepteur et prêter une attention particulière à la dilution du concentrât.

Références bibliographique

[1] Le Saint Coran : [Chapitre 23 - Sourate Al-Mu'minun, Partie -18, Verset-18]

[2] **INTERNATIONAL WATER SUMMIT: ENERGY EFFICIENT DESALINATION**, 15 - 18 JANUARY 2018 | ADNEC

[3] **(UNEP) UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME** , Dessalement de mer dans les pays méditerranéens, Plan d'action pour la méditerranée, Réunion des Points Focaux du PAM Athènes, 11-14 septembre 2001.

[4] **BOUKELLAL. I , HANANE .A** , mémoire fin d'étude , ETUDE DU PROCEDE DE DESSALEMENT DE L'EAU DE MER ET DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU DESSALEE DE LA STATION DE CAP DJINET DE LA WILAYA DE BOUMERDES. Université Abderrahmane MIRA de Bejaia 2015.

[5] **BAKALOWICZ.M** , Connaissance et gestion des ressources en eaux souterraines dans les régions karstiques, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée, Corse, 1999

[6] **MOULIN. B**, Le kayak et la mer, édition le Canotier, 2004.

[7] **MAUREL. A**, Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres, 2eme édition, TEC & doc. 286p, 2006.

[8] **HENRI. L, KAMEL. F**, 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, Janvier 2008.

[9] **AMMOUR F., KETTAB A. et OUSSEDIK S**, Le dessalement des eaux de mer en Algérie : Expérience et perspectives. Hydrotop ,1-8. (2001).

[10] **HAMANIA.A** , Etude des performances du pilote d'électrodialyse dans la déminéralisation des eaux saumâtres, Mémoire de fin d'études, Ecole nationale supérieure de l'hydraulique Abraoui Abdelah, 100 pages, 2013.

[11] **HERVÉ. M** , Composition et Salinité de l'eau de mer, pp.1-8, mars 2014.

[12] **HABET. L**, Contribution à l'étude des impacts du dessalement des eaux de mer sur l'environnement, Mémoire de Magister, Université M'Hamed Bougara Boumerdes, 153pages, 2012.

[13] **SAVARY P**, Guide des analyses de la qualité de l'eau, territorial éditions, pp75-115, 2010

[14] **ATALLAH .A** , Procédé de dessalement et qualité physico-chimique de l'eau dessalée de la station HONAIN. Mémoire de fin d'étude, Master, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, 99 pages, 2014.

[15] **ALPHA. S. M.**, 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, 2005.

[16] **MONIQUE. H.**, Les eaux naturelles et les eaux de consommation, Saint Laurent, 1991.

[17] **LEBLEU. N.**, 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, 2007.

[18] **J.DUNGLAS**, « Le dessalement de l'eau de mer, une nouvelle méthode pour accroître la ressource en eau ». Groupe eau. Académie d'agriculture de France, 2014.

[19] **M.BESSENASSE**. Dessalement d'Eau de Mer : Etude de Trois Stations du Littoral Algérois; Université SAAD Dahleb (Blida), B.P 26 D Hadjout – W.Tipaza – 42200 – Algérie

[20] **ALBERTO.J** MANUEL D'EXPLOITATION ET D'ENTRETIEN DE L'USINE DE DESSALEMENT DE MOSTAGANEM Vérifié par: Zael Sanz Approuvé par: Oscar Alvarez 20/05/2010

[21] **SAGNE.C**, Etude des mécanismes de transfert de molécules organiques en osmose inverse, Thèse de doctorat, Spécialité génie des procédés, Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech), 2008.

[22] **DANIS.P**, Dessalement de l'eau de mer, Technique de l'ingénieur, Traité génie des procédés référence ; J 2700-18, 2003.