

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المركز الجامعي بلحاج بوشعيب عين تموشنت

Centre Universitaire Belhadj BOUCHAIB d'Ain-Temouchent



Institut des Sciences

Département de Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire

Pour l'obtention du Diplôme de Master en Biologie

Option : Microbiologie appliquée

Thème :

Etude de la qualité de l'eau dessalée et traitée par la station
Chatt EL Hillal (Ain Temouchent)

Soutenu le : juin 2019

Présenté Par :

- M^r BECHAREF MOURAD
- M^r BENNOURA BOUCHIBA SALEM

Devant le jury composé de :

Président	BELAHCEN Miloud	MCB	C U Ain Temouchent
Encadreur	BOUGHALEM. Mostafia	MCA	C U Ain Temouchent
Examineur	ZERIOUH Meriem	MCB	C U Ain Temouchent

Année universitaire : 2018/2019

REMERCIEMENTS

Nous remercions tout d'abord, le bon Dieu de nous avoir donné la puissance, le courage ainsi que la volonté pour pouvoir réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements et notre profonde gratitude à notre encadreur Mme BOUGALEM M. pour son aide, sa patience et ses précieux conseils.

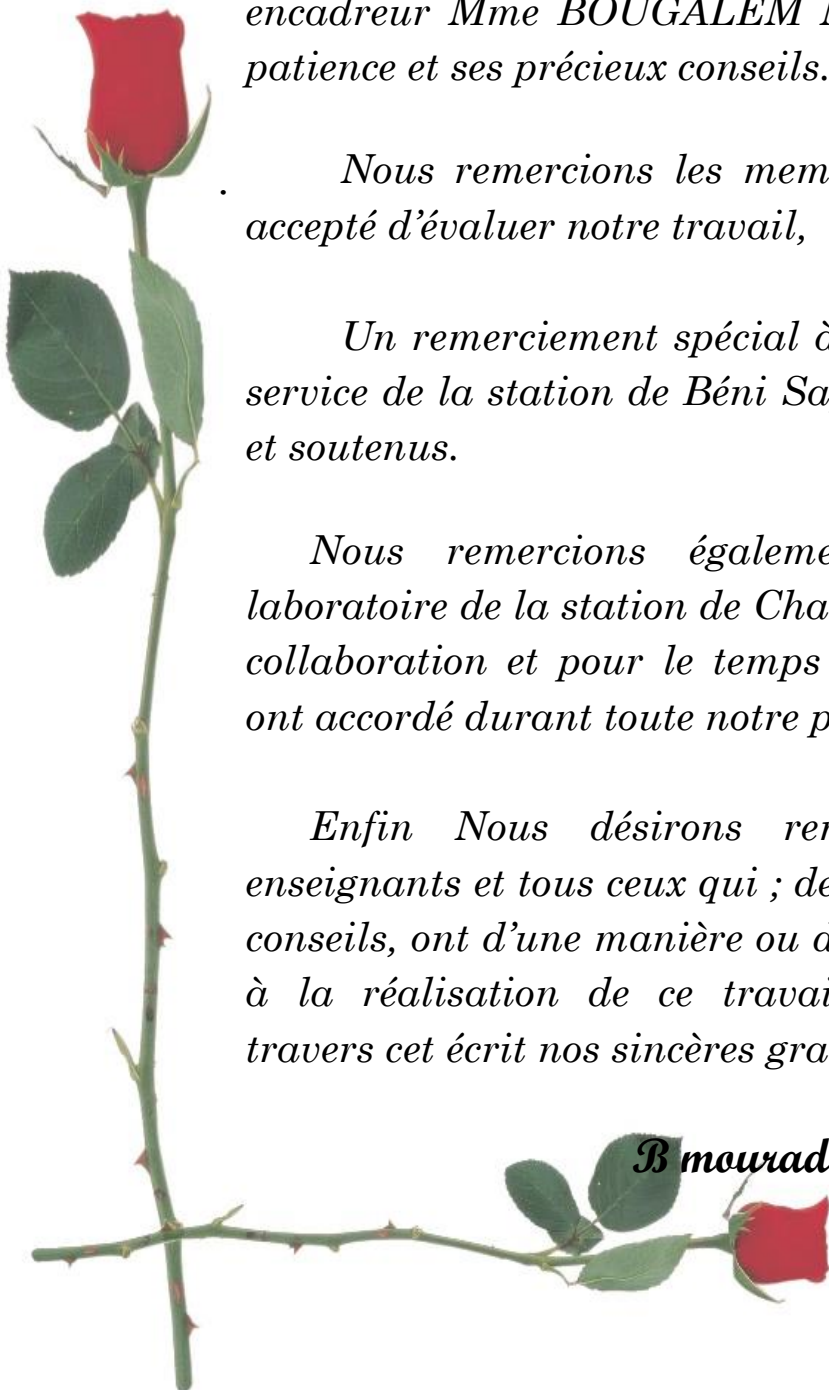
Nous remercions les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer notre travail,

Un remerciement spécial à Mr BOUZADA chef service de la station de Béni Saf de nous avoir aidés et soutenus.

Nous remercions également les dames du laboratoire de la station de Chat El Hillel, pour leur collaboration et pour le temps précieux qu'ils nous ont accordé durant toute notre période de stage.

Enfin Nous désirons remercier tous nos enseignants et tous ceux qui ; de par leur aide et leur conseils, ont d'une manière ou d'une autre, contribué à la réalisation de ce travail Qu'ils trouvent à travers cet écrit nos sincères gratitude.

B mourad / B salem





Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

A mes parents .Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de me combler. Que Dieu leur procure bonne santé et longue vie.

A celui que j'aime beaucoup et qui m'a soutenu tout au long de ce projet : ma sœur B khadra,

A toute ma famille, et mes amis,

A mon binôme Salem et toute la famille BENNOURA BOUCHIBA.

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.

BECHAREF MOURAD







Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

A mes parents .Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour Dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

Et bien sûr A mes sœurs Warda et Rayhane et mon frère Mohamed, sans oublié ma grand-mère et mes tantes.

*A toute ma famille, et mes amis sans oublié SEDIK
Abderahmane,*

A mon binôme Mourad et toute la famille BECHEREF.

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.

BENNOURA BOUCHIBA SALEM



Résumé

Résumé :

Le dessalement par osmose inverse est un moyen industriel fiable qui permet de produire de l'eau potable à partir de l'eau de mer ou des eaux saumâtres et cela dans l'objectif de satisfaire les besoins de l'industrie, l'agriculture et populations par provision de l'eau propre à la consommation.

L'implantation d'un tel procédé passe par le contrôle des performances des unités d'osmose inverse, de l'efficacité des membranes utilisées et la qualité de l'eau produite à l'issue du procédé.

Le présent travail consiste à effectué notre stage pratique dans la station de dessalement de l'eau de mer " Beni Saf "wilaya d'Ain-Temouchent.

L'objectif de notre travail est l'évaluation de l'efficacité du dessalement par osmose inverse pour d'étudier la qualité de l'eau produite par les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques, il en résulte que l'eau traitée répond aux critères nationaux de potabilité.

Mots clés : Eau de mer ; Osmose Inverse ; SDEM de Beni Saf ; Analyses physico-chimiques et bactériologique ; Eau traitée.

Summary:

Reverse seawater desalination is a reliable industrial method for producing drinking water from seawater or salt water to meet the needs of industry, agriculture and Population by providing clean water for consumption.

Implementation of this process involves controlling the performance of reverse osmosis units, the efficiency of membranes used and the quality of water produced at the end of the process. The current work is the implementation of our practical training at the "Bani Safi" desalination plant in the state of Ain Temouchent.

The objective of our work is to evaluate the efficiency of reverse osmosis desalination to study the water quality resulting from physical, chemical and bacteriological analyzes, and consequently the responses of treated water are national capacity standards.

Keywords: Sea water; Reverse Osmosis; SDEM of Beni saf; Physical and chemical analyzes. Water treatment.

Résumé

الملخص :

تحلية مياه البحر هي طريقة صناعية موثوقة لإنتاج مياه الشرب من مياه البحر أو المياه المالحة لتلبية احتياجات الصناعة والزراعة و السكان من خلال توفير المياه النظيفة للاستهلاك. ينطوي تنفيذ هذه العملية على التحكم في أداء وحدات التناضح العكسي ، وكفاءة الأغشية المستخدمة ونوعية المياه المنتجة في نهاية العملية.

العمل الحالي هو تنفيذ التدريب العملي لدينا في محطة "بني صافي" لتحلية المياه في ولاية عين تموشنت. الهدف من عملنا هو تقييم كفاءة تحلية مياه البحر بالتناضح العكسي لدراسة نوعية المياه الناتجة عن التحليلات الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية ، وبالتالي فإن المياه المعالجة هي مطابقة للمعايير الوطنية.

الكلمات المفتاحية: مياه البحر؛ التناضح العكسي *SDEM* بني صاف . التحليلات الفيزيائية والكيميائية. معالجة المياه.

TABLE DES MATIERES

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des photos

Liste des abréviations

Introduction générales.....01

Chapitre 01 : Les Ressource du l'eau en Algérie

1.	Introduction.....	03
2.	L'eau.....	03
2.1.	Définition.....	03
2.2.	Importance de l'eau.....	03
2.3.	Les besoins en eau.....	04
3.	les Ressources en l'eau.....	05
3.1.	Répartition de l'eau sur terre.....	05
3.2.	Catégories d'eaux douces.....	06
4.	Les Différentes eaux salines.....	07
4.1.	Eaux saumâtres.....	07
4.2.	L'eau de mer.....	08
5.	La qualité de l'eau de mer.....	09
5.1.	Les différents types de la pollution marine.....	09
5.2.	Composition de l'eau de mer.....	11
6.	L'eau en Algérie.....	13
6.1.	Potentialités des ressources en eau de l'Algérie.....	15
	Conclusion.....	16

Chapitre 02 : Le dessalement en Algérie

1.	Introduction.....	17
2.	Historique de dessalement.....	17
3.	Définition du dessalement.....	17
4.	Situation du dessalement dans le monde.....	18
5.	Les étapes de dessalement de l'eau de mer.....	18
5.1.	Prise d'eau de mer.....	19
5.2.	Prétraitement.....	19
5.3.	Les différents procédés de dessalement.....	20
5.4.	Le traitement.....	21
6.	Cout de l'eau dessalée.....	22
7.	Impacte de rejets de dessalement.....	22

7.1. La saumure.....	23
7.2. Conséquence de rejet de saumure.....	23
7.3. La solution.....	24
8. Le dessalement en Algérie.....	24
8.1. Les stations monobloc.....	25
8.2. Les mégas stations.....	26
Conclusion.....	27

Chapitre 03 : Milieu d'étude : La station dessalement chat El Hillel

1. Introduction.....	28
2. Présentation de la station de dessalement chat El Hillel.....	28
3. Situation géographique.....	30
4. Le processus de dessalement appliqué dans la station.....	31
4.1. L'osmose inverse.....	31
5. Description du fonctionnement de la station.....	32
5.1. La captation l'eau de mer.....	33
5.2. Le prétraitement.....	35
5.3. L'osmose inverse.....	39
5.4. Le post de traitement.....	42

Matériel et méthode

1. Station de dessalement.....	44
1.1 Prélèvement des échantillons.....	44
1.2 Mode de prélèvement.....	44
2. Les analyses physico-chimiques.....	45
2.1 Mesure du Ph.....	45
2.2 Mesure la température.....	46
2.3 La conductivité.....	46
2.4 La turbidité.....	47
2.5 Dureté totale (TH).....	47
2.6 Le calcium.....	48
2.7 Alcalinité totale.....	49
2.8 Le carbonate et bicarbonate.....	50
2.9 Mesure de l'indice de Langelier ou pH de saturation (LSI).....	51
2.10 Le chlore libre.....	51
3. Analyses bactériologiques.....	52
3.1 Dénombrement les germes Revivifiable.....	53
3.2 Dénombrement des coliformes totaux et fécaux thermotolerants.....	55

Résultats et discussion

I.	Les analyses physico-chimiques.....	60
	I.1 Température.....	61
	I.2 Potentiel d'hydrogène (pH).....	61
	I.3 Conductivité électriques.....	61
	I.4 Turbidité.....	61
	I.5 Dureté totale (TH).....	61
	I.6 calcium (Ca ²⁺).....	61
	I.7 Alcalinité totale.....	62
	I.8 carbonates (CO ₃ ⁻²).....	62
	I.9 bicarbonates (HCO ₃ ⁻).....	62
	I.10 Indice de saturation de Langelier (LSI).....	62
	I.11 Le chlore (Cl ₂).....	62
	Conclusion	62
II.	Les analyses bactériologiques.....	63
	II.1 L'eau de mer (l'eau de l'entrée).....	63
	II.1.1 Les germes totaux ou revivifiable à 37°C et 22°C.....	63
	II.1.2 Les coliformes totaux et fécaux.....	64
	II.1.3 Interprétation.....	64
	II.2 L'eau traitée dessalée (expédition).....	65
	II.2.1 Les germes totaux ou revivifiable à 37°C et 22°C.....	65
	II.2.2 Les coliformes totaux et fécaux.....	66
	Conclusion générale	68

Référence bibliographique

Annexe

Liste des Tableaux

Chapitre 01

«Tableau -01-» : ordres de grandeur des quantités d'eau utilisées dans certaines industries.....	04
«Tableau -02-» : Composition standard de l'eau de mer océanique (Kholté, 2011).....	08
«Tableau -03- » : Salinité des types des ressources en eau (site internet in CHAIB Et BENKRAMA, 2014)	09
«Tableau -04- » : Principales maladies d'origine hydrique et agents microbiologiques. responsables d'après (HASLAY et LECLERC, 1993 in BOUKELLAL et HANANE, 2015).....	10
«Tableau-05-» : Concentration moyenne des principaux éléments métalliques présents dans une eau de mer (Brown et al 1997 in kholte, 2011).....	11
«Tableau -06-» : Teneurs moyennes en principaux éléments nutritifs dans l'eau de mer (Kholté, 2011).....	12
«Tableau -07-» : Disponibilités en eau potable dans l'espace Euro- Méditerranéen (BOUTRIAA, 2009).....	14
«Tableau -08- » : Bilan des ressources en eau potentielle de l'Algérie (unité : hm ³) (2014).....	16

Chapitre 02

«Tableau -09-» : Techniques de dessalement utilisées (WDR, 2007 in ABSAR, 2007).....	21
«Tableau -10-» : Stations monoblocs (ADE, 2007 in BOUKELLAL et HANANE, 2015).....	25

Liste des Tableaux

«Tableau -11-» : Les grandes unités de dessalement (ADE 2007 in BOUKELLAL et HANANE, 2015).....	26
---	----

Matériel et méthode

«Tableau -12-» : la détermination de la valeur de carbonate et bicarbonate.....	50
---	----

«Tableau 13» : système d'ensemencement n°1.....	58
---	----

«Tableau 14» : système d'ensemencement n°3.....	59
---	----

Résultats et discussions

«Tableau 15» : les résultats des analyses au niveau de laboratoire de la station de dessalement	60
---	----

Annexe

«TABLEAU A1» : Paramètres physico-chimiques (Normes Algérienne mars 2011).

«TABLEAU A2» : Lignes directrices de l'OMS 2003 et OMS 2006 en ce qui concerne la Qualité de l'eau potable.

«TABLEAU A3» : les normes bactériologiques des eaux potables selon l'OMS.

Liste des Figures

Chapitre 01

«Figure 1» : répartition en % des 2.8% d'eau douce du globe (Mostefaoui, 2016).....	06
«Figure 2» : Schéma de la taille des matières organiques dans l'eau de mer (Kholté, 2011).....	13

Chapitre 02

«Figure 3» : Evolution de la production mondiale d'eau dessalée (WDR, 2007 in ABSAR, 2012).....	18
«Figure 4» : Schéma général d'une installation de dessalement (MAUREL, 2006 in Abderrazak, 2014).....	19
«Figure 5» : Les divers procédés de dessalement (Maurel, 2006 in AMITOUICHE, 2016).....	20

Chapitre 03

«Figure 6» : les différents collaborateurs de la station BWC (Mfaosteoui, 2016).....	29
«Figure 7» : présentation de la station de BWC (Mfaosteoui, 2016).....	29
«Figure 8» : Situation géographique de la station dessalement de Beni Saf.....	31
«Figure 9» : le principe d'osmose inverse (DHT, 2014 in Mostefaoui, 2016).....	32
«Figure 10» : Schéma générale d'une installation le processus de la station. (CHAIB et BENKRAMA, 2014).....	33

Liste des Figures

«Figure 11» : membrane d'osmose inverse (Bushnak2012 in AMITOUCHE, 2016).....	40
«Figure 12» : Caractéristiques des procédés membranaires (SOUFI et BOUDJEMA, 2011 in CHAIB et BENKRAMA, 2014).....	40
«Figure 13» : Le système de récupération d'énergie. (CHAIB et BENKRAMA, 2014).....	41

Liste des Photos

Chapitre 03

«Photo 1» : la grille de station de captage.....	34
«Photo 2» : les filtres rotatif.....	34
«Photo 3» : zone des filtres à sable et à anthracite de la SDEM de Béni Saf.....	36
«Photo 4» : Les filtres à cartouches.....	37
«Photo 5» : Le changement de couleur des cartouches.....	38
«Photo 6» : le cabinet de teste SDI.....	38
«Photo 7» : les modules de l'osmose inverse (Racks).....	39
«Photo 8» : Les chambres de l'eau produite et la calcite.....	42
«Photo 9» : Bâtiment d'eau produite.....	43

Matériel et méthode

«Photo 1» : site de prélèvement (l'expédition).....	44
«Photo 2» : la mesure de Ph par PH-mètre et un PH-mètre numérique.....	45
«Photo 3» : la mesure de la conductivité par conductimètre.....	46
«Photo 4» : mesure de la turbidité par un turbidimètre.....	47
«Photo 5» : Le virage de couleur au bleu.....	48
«Photo 6» : le virage de couleur au pourpre.....	49
«Photo 7» : le virage de couleur au verre.....	50
«Photo 8» : le réactif utilisé dans la mesure de chlore et le spectrophotomètre.....	52
«Photo 9» : Le colorimètre numérique de station.....	52
«Photo 10» : la stérilisation de la hotte.....	53

Liste des Photos

«Photo 11» : mettre l'eau d'échantillon se forme des gouttes.....	54
«Photo 12» : la coule des biotes.....	54
«Photo 13» : Incubateur à 37 °C.....	54
«Photo 14» : Inoculation d'échantillon dans les tubes.....	56
«Photo 15» : l'incubation des tubes à 37°C.....	57

Résultat et discussion

«Photo 01» : le résultat des germes totaux à 37°C.....	63
«Photo 02» : le résultat des germes totaux à 22°C.....	63
«Photo 03» : le résultat des coliformes totaux incubé à 37°C.....	64
«Photo 04» : le résultat des germes totaux à 37°C.....	65
«Photo 05» : le résultat des germes totaux à 22°C.....	66
«Photo 06» : le résultat des coliformes totaux incubé à 37°C.....	67

Liste des Abréviations

LISTE DES ABREVIATIONS	
SIGNIFICATION	ABREVIATION
ABH	Agence de Bassin Hydrographique
ACE	Algerian Energy Company
ADE	Algériennes Des Eau
AHS	Algérois-Hodna-Soummam
ANRH	Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
BWC	Béni Saf Water Company
Cd	cadmium
CSM	Constantinois-Seybousse-Mellegue
CZ	Cheliff-Zahrez
D.F.I	Département fédéral de l'intérieur, confédération suisse
D/C	Double concentration
DHT	Département d'Hydraulique, Tlemcen
DDT	Dichorodiphényltrichloroéthane
<i>E.coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
EDTA	éthylènediaminetétraacétique
GEA	Gestion de l'eau en Algérie
Hg	mercure
ISO	organisation internationale de standardisation
N	Normalité
NPP	Nombre le plus probable
OCC	Oranie-Chott-Chergui
OI	Osmose inverse
OMS	organisation mondiale de la sante
Pb	plomb
S/C	simple concentration
SDEM	station de dessalement d'eau de mer
SDI	indice de colmatage
T°	Température
TH	Titre hydrométrique

Liste des Abréviations

UV	Ultra-violet
WDR	Water Desalination Report

L'eau, l'or bleu, l'élixir de vie est tout simplement omniprésente, elle est l'élément vital pour tout organisme vivant.

La terre, surnommée planète bleu, donne l'impression d'une ressource renouvelable et inépuisable, puisque 72% de sa surface est recouverte d'eau. Toutefois, 97,2% de cette eau malheureusement est salée et il n'en reste que 2,8% d'eau douce dont la majeure partie se trouve dans les calottes polaires, les glaciers et dans des aquifères inatteignables, ce qui nous laisse avec un faible pourcentage d'eau douce accessible à l'homme.

Cependant, l'eau douce accessible sur terre n'est pas répartie de manière homogène entre les pays et provoque même des tensions entre des états ayant des ressources en eau en commun, à cela s'ajoutent la croissance démographique, les activités humaines, les aléas pluviométriques qui ensemble pèsent sur la disponibilité de ce précieux élément qui est l'eau.

L'augmentation des besoins d'une région en eau demande une planification innovatrice des ressources hydriques. L'Algérie enregistre d'un côté, un manque énorme en ressources au moment où les besoins augmentent et d'un autre côté le volume d'eau mobilisable est en diminution. L'Algérie Depuis plus de deux décennies vit la sécheresse, et les ressources conventionnelles en eau deviennent de plus en plus insuffisantes.

Aujourd'hui, elle se trouve parmi les pays au monde qui sont sous le seuil de pénurie (1000 m³/an) ou les ressources en eaux sont estimées à 19400 milliards m³/an.

Afin de répondre aux demandes de plus en plus croissantes en eau et aux graves pénuries d'eau d'alimentation des populations auxquelles doit faire face la plupart des pays du monde, l'Algérie devait trouver une alternative à l'eau douce directement prélevée dans le milieu naturel. En effet, les autorités algériennes ont décidé que la solution la plus adéquate pour notre pays qui dispose d'un littoral de 1200 Km, était le dessalement d'eau de mer.

Parmi les différents procédés de dessalement, l'osmose inverse est une technologie fiable dont les performances ont été attestées et le plus répons sur le marché mondial et en Algérie.

L'objectif de notre travail est d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau traitée et dessalée dans la station dessalement de l'eau de mer de Chat El Hillel "Béni Saf" et la performance de l'osmose inverse.

Introduction générale

Ainsi, nous avons structuré notre mémoire en 3 chapitres :

Le premier chapitre présente les ressources en eau dans le monde et notamment en Algérie.

Le deuxième chapitre expose le processus de dessalement de l'eau de mer en générale et l'historiques de dessalement en Algérie ;

Le troisième chapitre est entièrement livré à la présentation de la station de dessalement d'eau de mer de Béni Saf qui utilise le procédé d'osmose inverse.

Une Partie pratique concernons matériel et méthodes avec les résultats et discussion.

Enfin nous terminons notre travail par une conclusion générale.

1. Introduction

Les mers et les océans recouvrent 71 % de la surface de la terre et jouent un rôle essentiel dans l'équilibre climatique de l'environnement. L'eau douce ne représente que 2,5% du volume total d'eau sur la planète. Les pays au sud du bassin méditerranéen font partie de ces régions du monde où les ressources en eau potable sont extrêmement limitées. Une grande partie des réserves d'eau est constituée d'eau saumâtre.

2. L'eau

2.1. Définition :

L'eau est un corps incolore, inodore et sans saveur à l'état pure, et est liquide à température ordinaire. Elle est formée de deux volumes hydrogènes et un volume d'oxygène (Clement, 1979 in Hadjali, 2012).

Une eau pure est une eau de haute qualité garantissant une bonne santé. La qualité de l'eau doit impérativement être conforme aux normes de potabilité au niveau bactériologiques et physico-chimique (Moll, 1990 in Hadjali, 2012). L'eau a accompagné la vie des êtres humains. Elle est au cœur de nos pratiques sociales, économiques et sanitaires ; l'eau s'inscrit au cœur même du vivant et conditionne la civilisation humaine (Olivaux, 2007 in Hachemaoui, 2014).

2.2. Importance de l'eau :

L'eau nous permet d'éliminer nos déchets par les urines, de lutter contre la chaleur par sudation et la ventilation pulmonaire, de transporter des vitamines hydrosolubles qui seront grâce à l'eau mieux absorbées par les muqueuses intestinales. En revanche une perte d'eau de 12% peut provoquer la mort (Michelle et Dominique, 1994 in Hadjali, 2012). Puisqu'elle ne contient ni protéines, ni glucides et ni lipides, l'eau n'est pas un aliment. Elle ne fournit pas d'énergie brute. Par contre, l'eau est essentielle à la vie. C'est grâce à l'eau que le corps peut utiliser l'énergie présente dans les aliments (Dumoulin et Mantha, 2009 in Abderrazak 2014).

En cas de manque totale d'eau, de graves troubles apparaissent dès le 3^{ème} jour et la mort suivra entre le 5^{ème} et le 6^{ème} jour (Michelle et Dominique, 1994 in Hadjali 2012).

2.3. Les besoins en eau :

2.3.1. Usages domestiques :

Les usages domestiques concernent l'alimentation (environ 3 litre par jour pour une personne, les diverses activités de lavage, d'évacuation des déchets, l'hygiène personnelle, l'arrosage des jardins. À travers le monde, la consommation journalière pour les besoins domestiques est très variable suivant les pays. Elle est de 600 litre aux États-Unis, 250 à 300 litre en Europe, 30 litre en Afrique et 5 litre à Madagascar (Maurel, 2006).

2.3.2. Usages agricoles :

A l'échelle de la planète, les usages agricoles représentent près des trois quarts des consommations d'eau. L'eau constitue en effet un facteur limitant de la production végétale. L'eau est présente en abondance dans les tissus végétaux (jusqu'à 95 % de leur poids). Elle maintient leur turgescence et assure le transport et les échanges de matières dissoutes à l'intérieur des plantes. L'eau est également partiellement métabolisée puisqu'elle, avec le gaz carbonique, l'une des matières premières des réactions de photosynthèse (Maurel, 2006).

2.3.3. Usages industriels :

Dans l'industrie, l'eau est employée comme réfrigérant, comme solvant, comme diluant ou comme vecteur de dispersion des polluants les plus divers. Les industries de transformation sont de grosses consommatrices d'eau comme le montre le **tableau 01** (Maurel, 2006).

Tableau 01 : ordres de grandeur des quantités d'eau utilisées dans certaines industries.

Industrie	Eau nécessaire
Raffinage d'1t de pétrole	10 t d'eau
Distillation d'1t d'alcool	100 t d'eau
Fabrication d'1t de pâte à papier	250 t d'eau
Fabrication d'1t d'acier	270 t d'eau
Fabrication d'1t de fibres synthétiques	5000 t d'eau

Source : (Maurel, 2006).

Sur le plan quantitatif, les activités humaines consommatrices d'eau traitée sont réparties selon les domaines :

- ❖ L'agriculture : 68 % (pour l'irrigation)
- ❖ La consommation humaine : 24 %
- ❖ L'industrie : 5 %
- ❖ productions d'énergie : 3 % (Jean-Marie, 2009 in Abderrazak, 2014).

3. Les ressources en eau :

3.1. La répartition de l'eau sur la terre :

On surnomme la terre la planète bleue, puisque 72% de sa surface est recouverte d'eau, 97.2% de cette eau est salée et se trouve dans les océans, les mers intérieures, mais aussi dans certaines nappes souterraines (Mostefaoui, 2016).

Selon (Dittman, 2009 in Abderrazak, 2014), le volume approximatif de l'eau de la Terre (tous les réserves d'eau du monde) est de 1 360 000 000 km³.

Dans ce volume, la répartition est la suivante :

- 1320 000 000 Km³ (97,2 %) se trouve dans les océans.
- 25 000 000 Km³ (1,8 %) se trouve dans les glaciers et les calottes glaciaires.
- 13 000 000 km³ (0,9%) sont des eaux souterraines.
- 250 000 Km³ (0,02%) sous forme d'eau douce dans les lacs, les mers intérieures, et les fleuves.
- 13 0000 Km³ (0,001%) sous forme de vapeur d'eau atmosphérique à un moment donné.

L'eau douce représente 2,8% de l'eau totale du globe (Société publique de gestion de l'eau, 2016 in Mostefaoui, 2016).

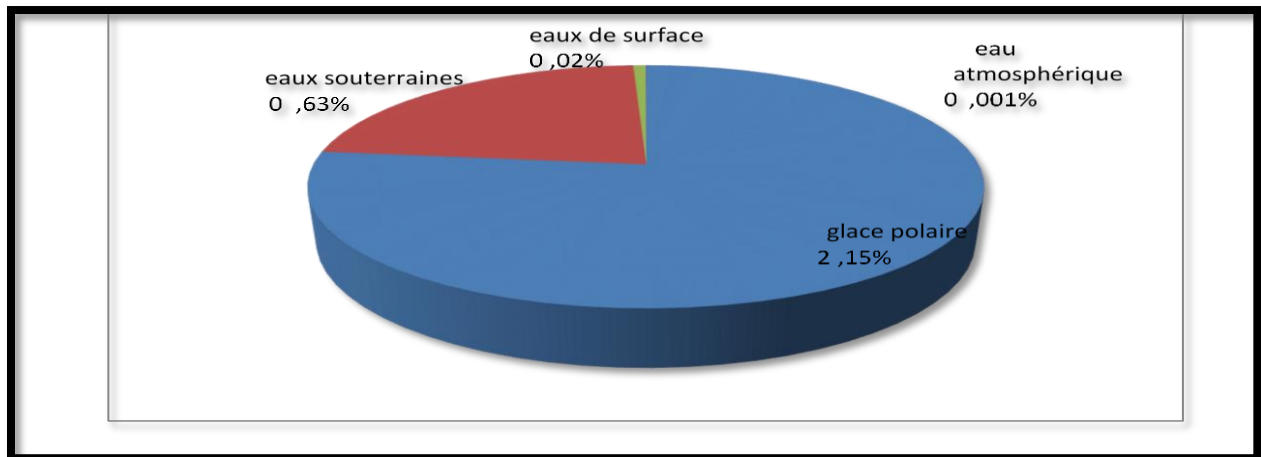


Figure 1 : répartition en % des 2.8% d'eau douce du globe (Mostefaoui, 2016).

La majorité de l'eau douce est sous forme de glace polaire (**figure 1**) qui est inutilisable. Il ne reste donc que environ 1/4 de l'eau douce pour que tous les habitants de la planète bleue puissent assouvir leurs besoins, c'est donc très peu.

3.2. Catégories d'eaux douces :

Les différents types d'eaux douces sont définis par (D.F.I., 2005 in Abderrazak, 2014). On distingue :

- ❖ L'eau potable
- ❖ L'eau de source
- ❖ L'eau minérale naturelle

1) L'eau potable :

La définition d'une eau potable repose sur des normes établies par une réglementation.

Cette dernière varie d'une communauté économique ou d'un pays à l'autre et est évolutive (Olivaux, 2007 in Hachemaoui, 2014).

1.1) Définition réglementaire : une eau potable et une eau conforme aux normes réglementaires. Dans cette optique, l'eau du robinet et les eaux minérales embouteillées sont généralement potables, sauf accident (Hachemaoui, 2014).

1.2) Définition médicale : une eau potable et une eau qui ne rend pas malade, même à long terme. Dans cette optique médicale, ni l'eau du robinet ni les eaux minérales embouteillées ne sont pas potables, sauf exception (Olivaux, 2007 in Hachemaoui, 2014).

2) L'eau de source :

On entend par eau de source, de l'eau potable conditionnée directement à la source, non traitée ou uniquement traitée au moyen des procédés admis pour l'eau minérale naturelle (Abderrazak, 2014).

3) L'eau minérale naturelle :

C'est une eau souterraine microbiologiquement irréprochable, provenant d'une ou de plusieurs sources naturelles ou de captages souterrains artificiels (Abderrazak, 2014).

4. Les différentes eaux salines :

La distinction entre les types d'eau repose sur la concentration globale en sels. D'après l'OMS une eau est considérée comme potable si sa salinité est comprise entre 100 et 1000 mg/l, soit 0,1 et 1g/l. La salinité de l'eau produite pour la consommation se situe en général autour de 400 mg/l (Mostefaoui, 2016).

4.1. Eaux saumâtres :

On appelle eau saumâtre une eau salée non potable de salinité inférieure à celle de l'eau de mer, la plupart des eaux saumâtres contiennent entre 1 et 10 g de sels par litre. Ce sont parfois des eaux de surface, mais le plus souvent des eaux souterraines qui se sont chargées en sels en dissolvant certains sels présents dans les sols qu'elles ont traversés. Leur composition dépend donc de la nature des sols traversés et de la vitesse de circulation dans ces sols. Les principaux sels dissous sont le CaCO_3 , le CaSO_4 , le MgCO_3 et le Na Cl (Tansakul, 2009 in Chaib et Benkrama, 2014).

4.2. L'eau de mer :

Le terme l'eau de mer regroupe l'eau salée des mers et des océans à la surface de la terre, elles occupent un volume estimé à 1 340 millions de km³, ce qui représente 97 % de la capacité totale des grands réservoirs d'eau à la surface de la terre (Chaib et Benkrama, 2014).

L'eau de mer est une solution complexe qui contient tous les éléments indispensables à la vie (calcium, silicium, carbone, azote, phosphore, oligo-éléments), des matières organiques (teneur comprise entre 0.5 et 2mg) et, naturellement à l'état dissous, les gaz présents dans l'atmosphère. L'eau de mer est faiblement alcaline. Son pH étant compris entre 7,5 et 8.4 (Rapinat, 1982 in Abderrazak, 2014). La caractéristique la plus importante des eaux de mer est leur salinité, c'est-à-dire leur teneur globale en sels (chlorures de sodium et de magnésium, sulfates, carbonates). La salinité moyenne des eaux des mers et océans est de 35 g/L. Cette salinité peut être différente dans le cas de mers fermées (Huot, 2001 in Abderrazak, 2014). Voir les **Tableaux (02 et 03)**.

Tableau 02 : Composition standard de l'eau de mer océanique.

Cations	mg/L	Anions	mg/L
Sodium	11 035	Chlorures	19 841
Magnésium	1330	Sulfates	2769
Calcium	418	Bicarbonates	146
Potassium	397	Bromures	68
Strontium	14	Fluorures	1.4
Salinité totale : 36,047 g/L			

Source : (Kholté, 2011).

Tableau 03 : Salinité des types des ressources en eau.

Type d'eau	Salinité (g/litre)
Eau douce	< 0.500
Eau légèrement saumâtre	1,00 - 5,00
Eau modérément saumâtre	5,00 - 15,0
Eau très saumâtre	15,0 - 35,0
Eau de mer	35,0 - 42,0

Source : (Site internet in Chaib et Benkrama, 2014).

5. La qualité de l'eau de mer :

5.1. Les différents types de la pollution marine :

5.1.1. Pollution chimique :

C'est une pollution due au déversement de substances chimiques telles que les hydrocarbures, les détergents, les biocides, les pesticides (DTT, Lindane,...), les métaux lourds (Pb, Cd, Hg...) (Chemloul & Medjadji 1997 ; Gis, 1996 in Ghali et Hammou, 2017).

5.1.2. Pollution physique :

On parle de pollution physique lorsque le milieu marin est modifié dans sa structure physique par divers facteurs. Il peut s'agir d'un rejet d'eau douce qui fera baisser la salinité d'un lieu (par une centrale hydroélectrique). Un rejet d'eau réchauffée ou refroidie (par une centrale électrique ou une usine de regazéification de gaz liquide), d'un rejet liquide ou solide de substances modifiant la turbidité du milieu (boue, limon, macro déchets...), d'une source de radioactivité (Gravez & Bernard, 2006 in Ghali et Hammou, 2017).

5.1.3. Pollution biologique :

Il peut s'agir de pollution par des micro-organismes (bactéries, virus, champignons) provenant des égouts qui peuvent proliférer à leur arrivée dans le milieu marin, même s'il est vrai qu'il s'agit d'un milieu qui ne favorise pas la vie de la plupart des agents pathogènes (Gravez & Bernard, 2006 in Ghali et Hammou, 2017).

5.1.4. Pollution microbiologique :

Cette pollution peut résulter du rejet dans les eaux littorales d'une grande variété de substances organiques fermentescibles d'origine diverses (effluents urbains, matières fécales, industries, élevages, etc.). Elle soulève dans bien des cas de redoutables problèmes d'hygiène publique. Cette extension microbiologique (Bactéries, virus et champignons) dans les eaux littorales a pour conséquences l'altération de la qualité des eaux de baignade et certaines ressources halieutiques habituellement consommées par l'homme et provoquant ainsi pas mal de maladies (Vincent, 2006 in Ghali et Hammou, 2017). Voir **tableaux 04**.

Tableau 04 : Principales maladies d'origine hydrique et agents microbiologiques responsables.

Origine	Maladies	Agents pathogènes
Parasitaire	Dysenterie amibienne	<i>Entamoeba histolyca</i>
	Gastro-entérites	<i>Giardia lamblia</i> <i>Cryptosporidium parvum</i>
Bactérienne	Fièvres typhoïde et paratyphoïde	<i>Salmonella typhi</i> <i>Salmonella paratyphi A et B</i>
	Dysenterie bacillaire	<i>Shigella</i>
	Cholera	<i>Vibrio cholerae</i>
	Gastro-entérites	<i>Escherichia coli</i> <i>enterotoxinogene</i> <i>Campylobacter jejuni</i> <i>Yersinia enterocolitica</i>
Virale	Hépatites A et E	Virus hépatite A et E
	Poliomyélite	Virus poliomyélitique
	Gastro-entérites	Rota virus Entérovirus Calicivirus Adénovirus...

Source : (HASLAY et LECLERC, 1993 in BOUKELLAL et HANANE, 2015).

5.2. Composition de l'eau de mer

5.2.1. Température :

La température de l'eau de mer peut varier de quelques degrés sur les côtes sous l'influence des courants polaires, à la surface ces variations sont inférieures à 0,3°C et peuvent atteindre les 2 à 3°C en profondeurs (Chaib et Benkrama, 2014).

5.2.2. Élément trace métallique :

Les « éléments traces métalliques » (ETM) sont définis comme les éléments métalliques présents avec une concentration d'environ une partie par billion (10^{-3} mg/kg) en masse, ou moins. Le tableau suivant présente les principaux éléments traces métalliques dans l'eau de mer (Kholte, 2011).

Tableau 05 : Concentration moyenne des principaux éléments métalliques présents dans une eau de mer.

Constituent	Concentration ($\times 10^{-3}$ mg.kg ⁻¹)
Titane (Ti)	1
Zinc (Zn)	0.5
Nickel (Ni)	0.48
Aluminium, (Al)	0.4
Chrome, (Cr)	0.3
Cadmium, (Cd)	0.1
Cuivre, (Cu)	0.1
Fer, (Fe)	0.055
Manganèse, (Mn)	0.03
Plombe, (Pb)	0.002

Source : (Brown et al 1997 in Kholte, 2011).

5.2.3. Éléments nutritifs :

Le carbone est un élément essentiel à la vie sur terre. Cependant, du fait de la prédominance du dioxyde de carbone parmi les gaz dissous, la disponibilité du carbone dissous n'est généralement pas considérée comme un facteur limite pour l'assimilation biologique, et le carbone n'est donc pas classifié comme un nutriment. Le terme « éléments nutritifs » comprend donc principalement le nitrate (NO_3^-) et l'ammoniac NH_4^+ , le phosphore sous forme phosphate (PO_4^{3-}) et le silicium tel que la silice (SiO_2). Les nutriments sont utilisés par les phytoplanctons, cellules végétales de taille d'un quelques centaine de microns qui dérivent à la surface des océans et photo synthétisent des hydrates de carbone, de l'oxyde de carbone et de l'eau.

Tableau 06 : Teneurs moyennes en principaux éléments nutritifs dans l'eau de mer.

Éléments nutritifs	Espèce dissoutes possibles	Concentration (mg. kg ⁻¹)
Azote	N_2 , NO_3^- , NH_4^+	11.5
Silicium	$\text{Si}(\text{OH})_4$	2
Phosphore	HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} , H_2PO_4^-	0.06

Source : (Kholté, 2011)

5.2.4. Matière organique :

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres microorganismes de l'eau. (Ghali et Hammou, 2017).

L'océan est le réservoir principal du carbone organique sur terre, qui contient environ 10 g de carbone (Hedges, 1992 in Kholté, 2011). Seulement 1% du carbone organique est de la matière organique particulaire. Environ 75 % du carbone organique dissous est de la matière organique dissoute de faible poids moléculaire.

La **figure 2** donne une représentation très schématique et simplifiée de la gamme de taille et des types de matières organiques dans l'eau de mer. La concentration des matières organiques dissoutes et particulaires dépend de la profondeur de l'océan : l'eau de mer surfacique a une concentration plus élevée que l'eau en profondeur (Kholté, 2011).

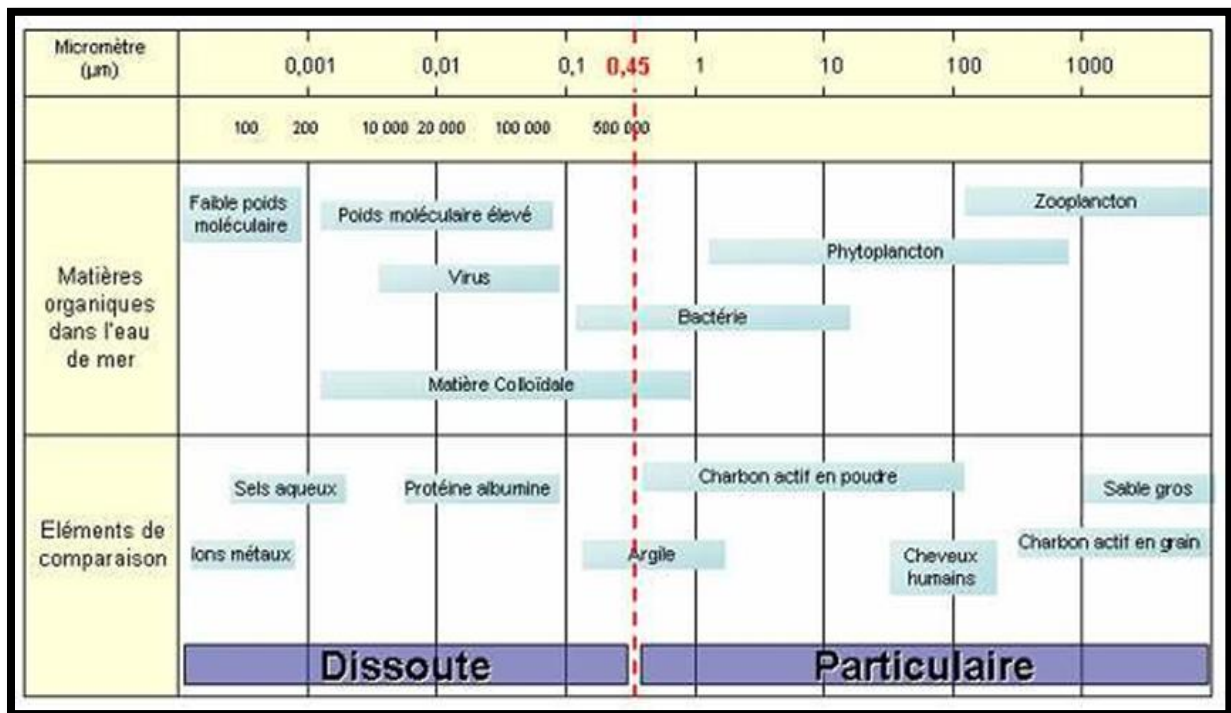


Figure 2 : Schéma de la taille des matières organiques dans l'eau de mer (Kholté, 2011).

6. L'eau en Algérie :

L'Algérie est un pays semi-aride et aride, dans lequel les ressources en eau sont généralement faibles et surtout extrêmement irrégulières (Hachemaoui, 2014). Avec une superficie de 2 381 741 km² dont près de 90% est un désert, la littérature relative à l'eau révèle que l'Algérie figure parmi les pays les plus pauvres en matière des ressources en eau. C'est même dire que le pays est en dessous du seuil théorique de rareté, fixé par la Banque mondiale à 1000 m³ par habitant et par an (Djermoune et al, 2017). (Voir **tableau 07**).

Pour assurer une sécurité hydrique pour tous les secteurs, il faudrait disposer entre 15 à 20 milliards de m³ par an et ce, en réservant 70 % à l'agriculture, alors que l'Algérie ne mobilise que 5 milliards de m³ par an (GEA, 2001 in Djermouane et al, 2017).

Tableau 07 : Disponibilités en eau potable dans l'espace Euro- Méditerranéen.

Pays		Disponibilité en eau (m ³ /hab.)	
		1990	2025
SUD	Algérie	720	430
	Maroc	1117	590
	Tunisie	540 1017	324
	Libye	1123	359
	Egypte	2087	630
	Syrie		732
NORD	Turquie	3626	2186
	Espagne	2849	2733
	France	3262	3044
	Italie	3243	3325
	Grèce	5826	5840

Source : (Boutriaa, 2009).

Selon Chaib et Benkrama, cette situation s'est aggravée par :

- ❖ Les irrégularités des pluies.
- ❖ Mauvaise gestion des ressources et mal distribution d'eau.
- ❖ Manque de maintenance des réservoirs et des barrages.
- ❖ Fuites d'eau dues au vieillissement des réseaux de distribution (40% d'eau est perdue dans les systèmes de distribution : 32% techniques et 8% connections).
- ❖ Pollution.
- ❖ Infrastructures insuffisantes.
- ❖ Puits illicites.

6.1. Potentialités des ressources en eau de l'Algérie

La mobilisation des eaux en Algérie se fait actuellement à deux types de ressources :

6.1.1. Ressources superficielles :

Dépendent des précipitations et elles sont fortement sensibles à la sécheresse. Une région orientale riche et des régions occidentales et sahariennes pauvres. Les eaux superficielles sont, pour leur plus grande part, entraînées, par ruissellement et par écoulement torrentiels, vers la mer ou les dépressions fermées (Djermoune et al, 2017). Sur l'ensemble du territoire national, il y a seulement 49 barrages en exploitation totalisant actuellement une capacité de 4,48 milliards de m³ pour l'alimentation en eau potable (Boutriaa, 2009). **Tableau 08.**

6.1.2. Ressource souterraine :

Les eaux souterraines sont généralement faibles et localisées dans le Sahara.

1) nord : Les potentialités en eaux souterraines directement exploitables sont évaluées, par les services techniques de l'ANRH, à 1,8 milliards de m³ dans la région Nord (Djermoune et al, 2017). Ces ressources sont relativement faciles à mobiliser et sont, aujourd'hui, exploitées à plus de 90 %. En surexploitation critique, 12000 forages, 9000 sources et 100000 puits (Chaib et Benkrama, 2014).

2) Sud : les ressources en eau souterraines sont beaucoup plus importantes et sont contenues principalement dans des aquifères, qui s'étendent, pour certains, au-delà même des frontières algériennes : il s'agit des nappes du Continental Intercalaire (CI), et du Complexe Terminal (CT) (Djermoune et al, 2017). Les lits d'oueds alimentent quelques nappes phréatiques souvent saumâtres : Ghir, M'zeb, Saoura, ou encore des nappes profondes, semi - fossiles ou fossiles comme l'Albien (Kettab et al, 2004 in Boutriaa, 2009). Exploitation actuelle 1,7 milliards m³/an et qui peut être portée à 5 milliards m³/an avec la possibilité de transfert vers le nord (Chaib et Benkrama, 2014). **Tableau 08.**

Tableau 08 : Bilan des ressources en eau potentielle¹ de l'Algérie (unité : hm³).

ABH	Eau de surface	Eau souterraine	Total ABH
OCC	702	547	1 249
CZ	1 340	346	1 686
ASH	3 359	1 063	4 422
CSM	4 908	667	5 575
Sahara	611,6	2 696,4	3 308
Total général	10 920,6	5 319,4	16 240

Source : (Kherbache, 2014).

Conclusion

A travers les statistiques sur la répartition des eaux dans l'Algérie on remarque un manque des ressources en eau qui est liée avec les conditions climatiques irrégulières, on va constater que l'Algérie fait face au défi de l'eau. L'Algérie dispose d'une littorale de 1200 Km peut être l'une des solutions pour pallier le manque d'eau consiste à dessaler l'eau de mer.

1. Introduction

Le recours au dessalement de l'eau de mer constitue une solution urgente pour satisfaire l'alimentation en eau des villes côtières surpeuplées. Ces dernières années la consommation en eau est toujours croissante, pour pallier à cette demande en ressources hydriques engendrée par la situation de sécheresse répétée qu'a connue le monde et particulièrement ici en Algérie pendant les dix dernières années. Le choix de réaliser des stations de dessalement d'eau de mer pour alimenter les populations des villes côtières en eau potable est une solution judicieuse.

2. Historique de dessalement :

Dès le IV^{ème} siècle avant JC, Aristote observe le principe de la distillation. Au XII^{ème} siècle, Abélard de Bath décrit deux expériences dans les questions naturelles « au soleil, après l'évaporation sur une roche, l'eau de mer se transforme en sel ; lorsque le soleil fait défaut, on chauffe l'eau de mer et sous l'effet de la cuisson, on la voit également se transformer en sel. Cette métamorphose explique que la mer soit plus salée l'été que l'hiver ». Depuis les temps les plus anciens, les marins ont dessalé l'eau de mer à partir de simples bouilleurs sur leurs bateaux, mais l'utilisation à des fins industrielles est récente. Dans les années 60, les procédés thermiques sont mis au point et utilisés pour dessaler l'eau de mer. Par ailleurs, des recherches sont développées sur les procédés de dessalement (Halloufi, 2010 in Hachemaoui, 2014).

3. Définition du dessalement :

Le dessalement (désalinisation ou dessalage) consiste à produire de l'eau douce à partir d'une eau salée ou saumâtre, généralement par extraction de l'eau douce et plus rarement par extraction du sel (Bougis, 2013).

Le dessalement s'appelle dessalage. 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 (Dunglas, 2014 in Abderrazak, 2014).

4. Situation du dessalement dans le monde :

La capacité installée de dessalement augmente chaque année en moyenne de plus de 10%. Aujourd'hui, plus de 15 000 unités de dessalement dans 120 pays produisent environ 40 millions de m³/j, dont les trois quarts issus de l'eau de mer et un quart des eaux saumâtres. Sur ces 40 millions, 75% sont destinés à la consommation humaine, 25% à un usage industriel ou agricole (Abderrazak 2014). (Voire la **figure 03**).

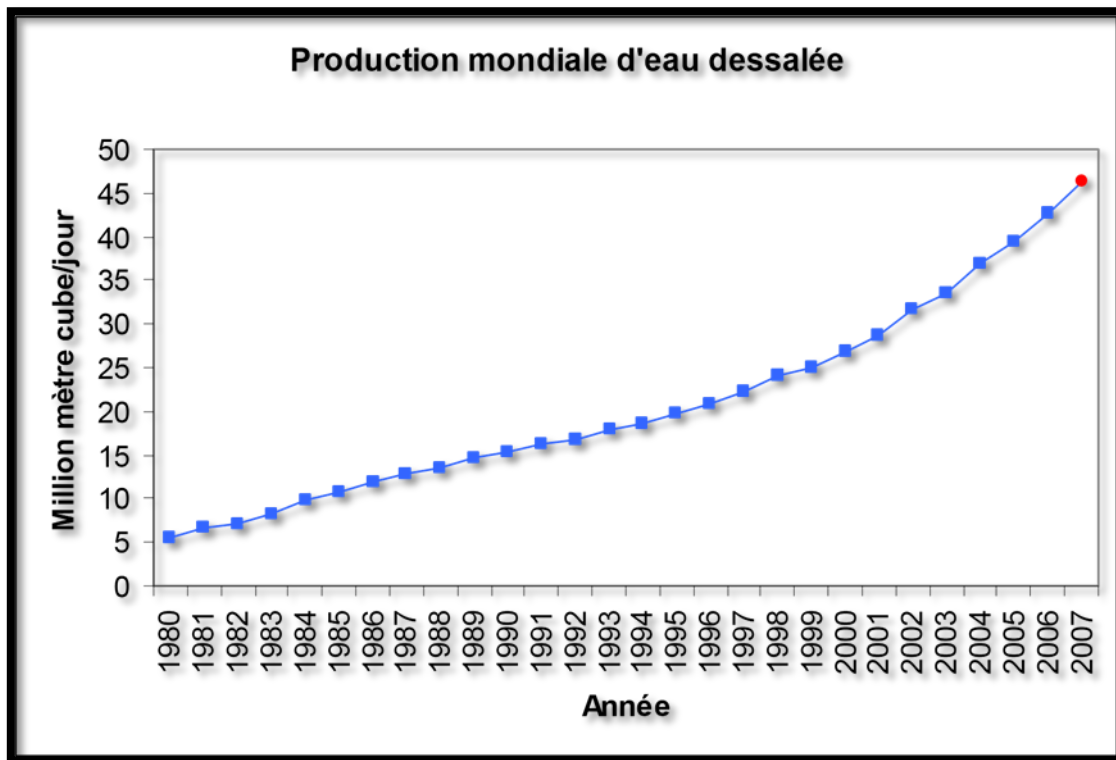


Figure 3 : Evolution de la production mondiale d'eau dessalée (WDR, 2007 in Absar, 2012).

5. Les étapes de dessalement de l'eau de mer :

L'eau traitée dans les stations de dessalement est à 60% de l'eau de mer. Les eaux saumâtres ne représentent que 22% (Absar, 2012).

Le processus de dessalement d'eau de mer se fait en quatre étapes :

- 1 Une prise d'eau de mer
- 2 Un poste de prétraitement
- 3 Les différents procédés de dessalement
- 4 Un post-traitement.

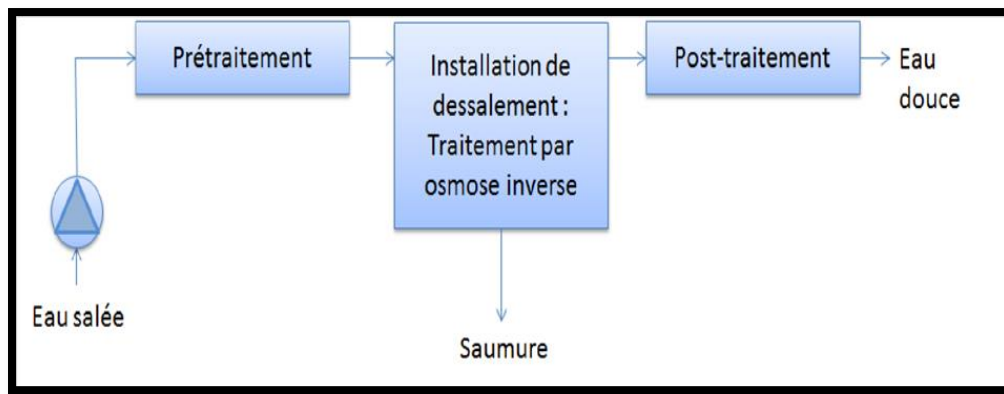


Figure 4 : Schéma général d'une installation de dessalement (Maurel, 2006 in Abderrazak, 2014).

5.1. Prise d'eau de mer :

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

5.1.1. Les forages côtiers :

Soit verticaux soit sous forme de galeries horizontales permettent d'obtenir une eau de très bonne qualité et relativement stables.

5.1.2. La prise d'eau de surface :

Peut être faite en pleine mer. Dans le cas idéal, le captage doit être effectué en zone profonde, éloigné de la côte, protégé des pollutions et des forts courants (Maurel, 2006).

5.2. Prétraitement :

Le prétraitement est nécessaire pour tous les procédés de dessalement d'eau de mer. L'eau à dessaler doit être traitée avant de passer dans les filières de dessalement. Ce prétraitement consiste à enlever les matières en suspension, les matières organiques et tous les autres corps indésirables pouvant détériorer les membranes utilisés dans l'osmose inverse (Absar, 2012). Les procédés de prétraitement peuvent être divisés en deux catégories : les prétraitements physico-chimiques et les prétraitements chimiques.

5.2.1. Les prétraitement physico-chimique : incluent les préfiltres mécaniques, les filtres à cartouche, la filtration à sable et la filtration membranaire (Abderrazak, 2014).

5.2.2. Les prétraitement chimique : consiste en l'addition d'inhibiteurs d'entartrage, de désinfectants et acidification et injection de séquestrant (Tansakul, 2009 in Boukellal et Hanane, 2015).

5.3. Les différents procédés de dessalement :

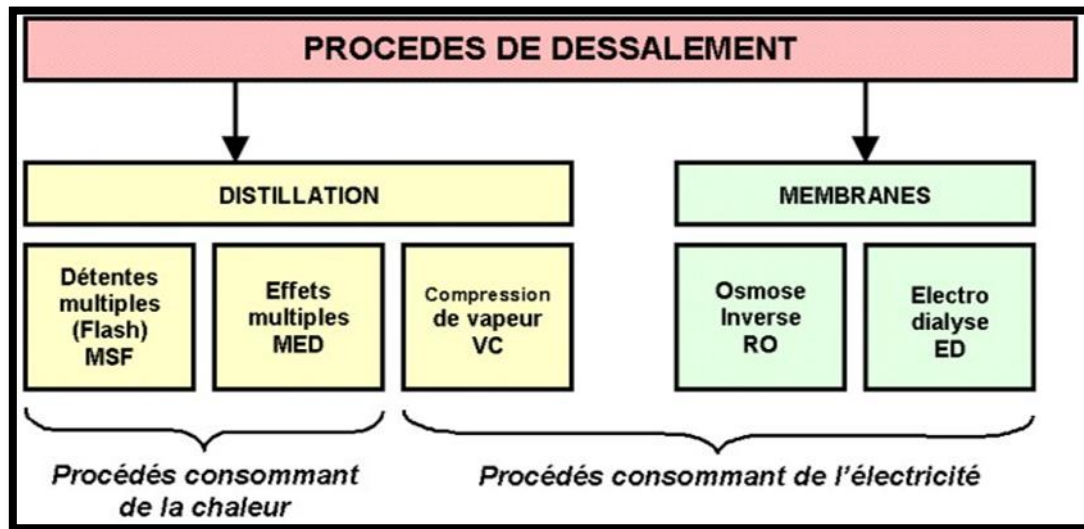


Figure 5 : Les divers procédés de dessalement (Maurel, 2006 in Amitouche, 2016)

5.3.1. Les procédés de distillation :

Les techniques de dessalement de l'eau de mer les plus utilisées sont la distillation ou dessalement thermique. L'eau de mer est chauffée jusqu'à évaporation. Seules les molécules d'eau s'échappent, laissant en dépôt les sels et les autres substances. La vapeur d'eau est condensée pour obtenir de l'eau douce. Ce principe de dessalement très simple est utilisé depuis longtemps (Amitouche, 2016). D'après Maurel, 2006, On distingue essentiellement plusieurs techniques de distillation dont on cite :

5.3.1.1. Distillation à simple ou multiples effets.

5.3.1.2. Distillation par détente successive.

5.3.1.3. Distillation par compression de vapeur.

5.3.2. Les procédés à membrane :

Au lieu d'extraire par évaporation l'eau douce de l'eau de mer, on peut envisager une séparation de l'eau et des sels dissous au moyen de membranes sélectives. Deux procédés utilisant de telles membranes sont actuellement commercialisés (Maurel, 2006).

5.3.2.1 Électrodialyse.

5.3.2.2 Osmose inverse.

Voire le **tableau 09** qui montre le classement par pourcentage les technique de dessalement les plus utilisée dans le monde :

Tableau 09 : Techniques de dessalement utilisées.

Techniques utilisées	Pourcentage
Electro dialyse	5%
Distillation multi-effet	3%
Distillation flash à plusieurs étages	35 %
Osmose inverse	46 %
Compression de vapeur	5 %
Procédés divers (congélation et autres)	5 %

Source : (WDR, 2007 in Absar, 2007)

Il apparait clair que la distillation et l'osmose inverse restent des technologies dont les performances ont été prouvées pour le dessalement d'eau de mer. En effet, ces deux procédés sont les plus commercialisés dans le marché mondial du dessalement.

5.4. Le traitement :

L'eau produite d'un procédé de dessalement nécessite un post-traitement pour qu'elle soit potable. En général, l'étape de poste traitement comporte deux phases principales L'ajustement de pH et la chloration :

5.4.1. L'ajustement de pH :

L'eau produite par un des procédés de dessalement est agressive. Son pH est inférieur au pH de saturation. La correction du pH se fait par une solution alcaline, automatiquement par une fonction du pH (Chenaoui, 2010 in Abderrazak, 2014).

5.4.2. La chloration :

Il est nécessaire d'assurer une étape de désinfection pour éviter toute contamination et développement biologique. Dans ce contexte, il existe de nombreuses méthodes de désinfection de l'eau, mais la plus utilisée est la chloration de l'eau par l'utilisation d'une solution d'hypochlorite de sodium (eau de Javel). La chloration permet de détruire les organismes pathogènes présents dans l'eau et protéger l'eau contre de nouvelles contaminations ultérieures au cours de son transport ou de son stockage (Tahraoui et al. 2010 in Abderrazak, 2014)

6. Cout de l'eau dessalée :

Dans le cas de l'eau de mer, les couts des deux techniques (osmose inverse ou distillation) sont voisins et se situent dans le meilleur des cas, pour de très grandes installation de capacité supérieure à 100 000 m³/jour, aux environs de 0,6-0,80 \$/m³. Le choix entre distillation et osmose inverse dépend de critères locaux : qualité de l'eau de mer, salinité de l'eau déminéralisée souhaitée, disponibilité de calories à bas prix....

Dans le cas des eaux saumâtre, le cout de l'eau dessalée est égal à environ 0,2-0,40 \$/m³, soit 40 % du cout du dessalement de l'eau de mer. Ces dernières années, le cout de dessalement sont élevés, compte tenu principalement des investissements nécessaire et des couts de fonctionnement (main d'œuvre, maintenance, énergie). (Maurel, 2006).

7. Impacte de rejets de dessalement :

Dans le cas d'installation de dessalement d'eau de mer, des problèmes peuvent éventuellement se poser dans le cas où les rejets de saumure ne sont pas évacués au large et dilués par les courants marin.

7.1. La saumure :

C'est une solution à forte teneur en sels qui résulte de la « concentration » de l'eau de mer ou de l'eau saumâtre dessalée (Boukellal et Hanane, 2015). La saumure contenant divers sels, métaux lourds et composés organiques. Elle est deux fois plus salée (entre 50 et 80 g/L) que l'eau de mer habituelle (35 g /L en mer Méditerranée). Il s'agit de déchets aux composants multiples qui peuvent contenir des produits chimiques résiduels du prétraitement, de métaux lourds dus à la corrosion ou d'agents chimiques utilisés par intermittence pour le nettoyage, auxquels s'ajoutent l'augmentation de la salinité et de la température. Actuellement, les rejets de saumure se diluent rapidement dans l'eau de mer et ne présentent pas de graves conséquences sur l'environnement (Amitouche, 2016).

7.2. Conséquence de rejet de saumure :

- la formation d'un système stratifié de couches de plus en plus salées en allant vers le fond, ce qui diminue les brassages entre eau de fond et eau de surface.
- affectant ainsi la photosynthèse des espèces marines végétales par la diminution de la lumière
- stimulent la productivité primaire car la présence des éléments nutritifs (phénomène d'eutrophisation)
- Certains métaux lourds, en plus, bioaccumulables, et peuvent donc se retrouver très concentrés en haut de la chaîne alimentaire, dans les poissons notamment
- Les détergents ont des effets nocifs sur les organismes en altérant le système membranaire
- L'altération de la qualité de l'eau de mer par l'augmentation de la salinité et de la température
- L'augmentation de la salinité peut transformer les côtes en désert sans vie, entraînant la disparition de villages ou d'activités maritimes locales.

7.3. La solution :

Il existe deux concepts identifiés réalistes pour l'élimination de la saumure :

7.3.1. Mélange :

Afin d'éviter l'effet panache, il est avantageux de placer la sortie de la conduite au niveau d'un courant fort, optimisant ainsi le mélange de la saumure et de l'eau de mer.

7.3.2. Dilution :

La dilution de ces saumures dépend instantanément de leur dispersion dans le cas d'une mer agitée et de leur localisation dans le cas d'une mer calme. Comme par exemple, les saumures prennent beaucoup de temps pour se diluer quand la mer est calme. Ce qui influe directement sur le milieu aquatique.

8. Le dessalement en Algérie :

L'Algérie a vécu plus d'une décennie la sécheresse, les ressources conventionnelles en eau étaient insuffisantes pour subvenir aux besoins de la population, ce qui a incité les autorités algériennes à chercher d'autres ressources pour garantir l'alimentation en eau potable de cette population. La solution la plus adaptée et qui ne dépend pas des aléas climatiques, était le dessalement d'eau de mer. Le dessalement de l'eau de mer en Algérie revêt un caractère stratégique, il remplacera les ressources naturelles dans la majorité des villes du nord algérien (Boukellal et Hanane, 2015). L'expérience algérienne en matière de dessalement des eaux est étroitement liée au développement de l'industrie et tout particulièrement de l'industrie pétrolière et sidérurgique, qui est couvert par les eaux censées alimenter les villes à partir des barrages.

Mais la crise économique et financière en décennies 80 et 90 a reporté ce type de projets.

En 1964, trois petites unités de 8m³/j chacune ont été installées dans le complexe de gaz liquéfié d'Arzew, suivies en 1969 d'une unité monobloc de 4560 m³/j (Kehal, 2000 in Mostefaoui, 2016).

En 2001, l'Algérienne des Eaux (entreprise nationale) a amorcé la première expérience en matière de dessalement de l'eau de mer par la réalisation de 23 stations monobloc, d'une capacité totale de 57.500 m³/j, dans le cadre d'un programme d'urgence, dans les wilayas de Tlemcen, Oran, Tipaza, Alger, Boumerdès, Skikda et TiziOuzou et 14 grandes stations d'une capacité totale de 1.940.000 m³/j sont mises en service en 2003 et 2005 (Algerian of Water, 2012 in Amitouche, 2016).

8.1. Les stations monobloc :

Sont des petites stations de dessalement d'eau de mer pour une capacité de 53 000 m³/J jusqu'à 57 500 m³/J et 5,60 Hm³/an réparties à travers 08 wilayas Solon **tableau (10)**.

Tableau 10 : Stations monoblocs (ADE, 2007 in Boukellal et Hanane, 2015)

Wilaya	Site	Commune	Capacité m ³ /j	Population à servir
Alger	Champ de tir	Zéralda	5 000	33 330
Alger	Palm Beach	Staoueli	2 500	16 660
Alger	La Fontaine	Ain Benian	5 000	33 330
Tlemcen	Ghazaouet	Ghazaouet	5 000	33 330
Tipasa	Bou Ismail	Bou Ismail	5 000	33 330
Skikda	L.Ben Mhidi	L.Ben Mhidi	7 000	47 000
Tizi –Ouzou	Tigzirt	Tigzirt	2 500	16 660
Oran	Bou Sfer	Bou Sfer	5 000	33 330
Oran	Les Dunes	Ain Turk	2X2 500	33 330
Ain-Temouchent	Bou Zdjer	Bou Zdjer	5 000	33 330
Ain-Temouchent	Chatt el Ward	Bou Zdjer	5 000	33 330
Boumerdes	Corso	Corso	5 000	33 330

8.2. Les mégas stations :

Sont des grandes stations de dessalement de l'eau de mer pour une capacité totale de production 1 940 000 m³/J et 105,85 Hm³/an le **tableau 11** représente c'est station.

Tableau 11 : Les grandes unités de dessalement

N°	Localisation s	Capacité m ³ /j	Population à servir	Echéancier prévisionnel
01	Kahrama (Arzew)	90 000	540 000	En Exploitation
02	Hamma (Alger)	200 000	L'Algérois	En Exploitation
03	Skikda	100 000	666 660	En Exploitation
04	BeniSaf A.Temouchent	200 000	1 333 320	En Exploitation
05	Mostaganem	200 000	1 333 320	En Exploitation
06	Douaouda (Alger Ouest)	120 000	666 660	En Exploitation
07	Cap Djenet (Alger Est)	100 000	666 660	En Exploitation
08	Souk Tleta (Tlemcen)	200 000	1 333 320	En Exploitation
09	Honaine (Tlemcen)	200 000	1 333 320	En Exploitation
10	Mactaa (Oran)	500 000	1 333 320	1er T 2014
11	El Tarf	50 000	-	-
12	Ténès	200 000	999 990	-
13	Oued Sebt (Tipaza)	100 000	-	-

Source : (ADE 2007 in Boukellal et Hanane, 2015).

Total Stations : 13
Capacité m ³ /j : 2 260 000
Population : 11 873 220

La station à grande capacité est celle d'El-Hamma (fonctionnelle en 2007) à Alger produit 200 000 m³ par jour (plus grande usine de dessalement d'Afrique). Elle permettra de couvrir le tiers des besoins en eau de la capitale Alger.

Le projet de Mactaa près de Mers El Hadjadj, d'une capacité estimée à 500 000 m³ par jour est considéré comme l'un des plus grands projets dans le monde (Hachemaoui, 2014).

Selon les experts la production en eau dessalée passe de 500 000 m³/jour en 2008 à 1 100 000 m³/jour en 2009 et 2 260 000 m³/jour en 2011 pour atteindre 4 m³/j en 2020 (Lattemann, 2010) et (Moustiri, 2011) in (Amitouche, 2016).

CONCLUSION

Le dessalement est l'une des solutions efficaces et maîtrisées techniquement, pour la mobilisation des ressources en eaux supplémentaires. En ce siècle, le dessalement sera un enjeu majeur partout dans le monde. Cependant, il ne faut pas négliger l'impact écologique des rejets de concentrât. L'osmose inverse a connu un développement technologique avec l'apparition des nouvelles membranes sur le marché l'une des techniques de dessalement la plus utilisée dans les stations de dessalement de l'eau de mer en Algérie par exemple la station de dessalement chat El Hilal de Beni Saf Ain Temouchent.

1. Introduction

Dans le cadre d'étude de banc de dessalement de l'eau de mer par Osmose Inverse, il nous a paru intéressant et pratique de prendre comme exemple la station de dessalement de l'eau de mer de Beni Saf ; elle a été réalisée en mois de Mars 2014 à proximité de la plage Chat El Hillel a la Wilaya d'Ain-Temouchent, d'une capacité de production de 200.000.m³/j, assurant l'approvisionnement en eau potable des Wilayas d'Ain- Témouchent et d'Oran.

2. Présentation de la station de dessalement chat El Hillel :

Le projet de la station de dessalement d'eau de mer de Beni Saf fait partie d'un large programme de construction d'usines de dessalement entrepris par le gouvernement algérien pour fournir à l'Algérie une ressource stable en eau potable et permettre à la nappe phréatique de se renouveler.

Le 26 mai 2004, l'espagnole GEIDA a remporté l'Appel d'Offre International N°05/AEC/2003 relatif à la conception, la construction, le financement, la possession et l'exploitation de l'usine de dessalement de Beni Saf, d'une capacité de production d'eau de 200.000 m³/jour.

L'usine a été réalisée par une société de projet « Beni saf Water Company Spa » constituée à partir du consortium GEIDA, de l'ADE et de l'AEC. **(Figure 6)**

Le groupe GEIDA est un consortium qui a été constitué au début de l'année 2003 à partir de quatre importantes compagnies espagnoles d'études, de construction et d'experts spécialisées dans le développement des infrastructures dans le domaine d'énergie et de l'eau :

- **COBRA ;**
- **BEFESA ;**
- **CODESA; SADYT.**

Sonatrach, la société nationale de pétrole et de gaz d'Algérie et Sonelgaz, la régie de production et de distribution de gaz et d'électricité de l'état algérien ont été incorporées dans l'AEC en mai 2001, chacune détient 50% du capital-actions d'AEC. (Figure 7)

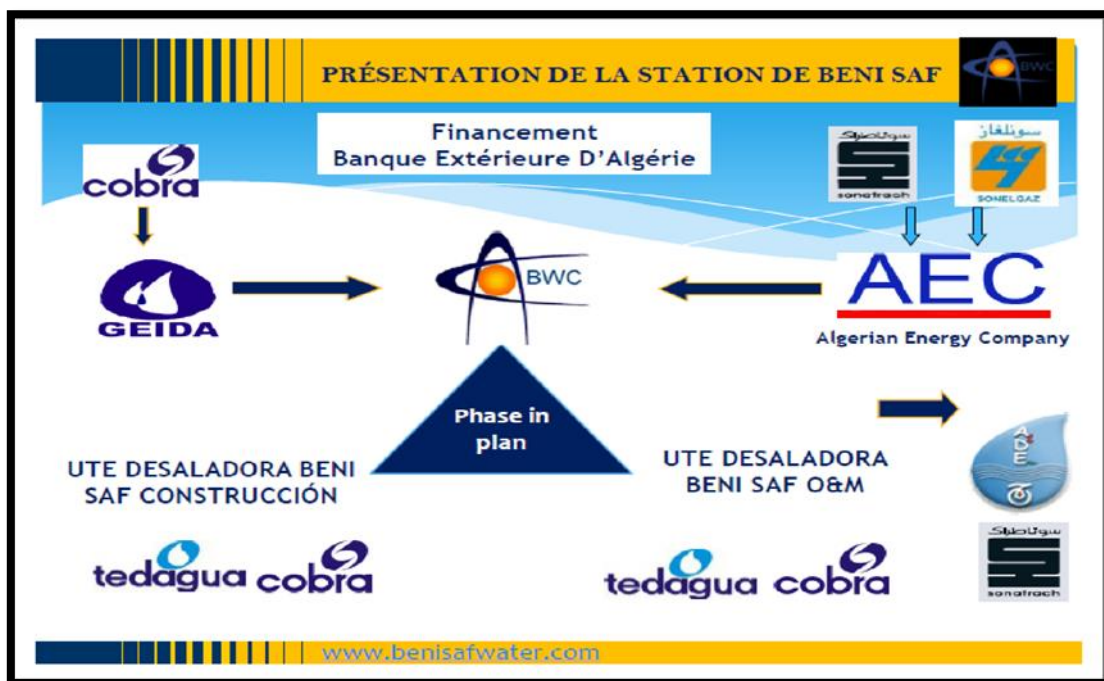
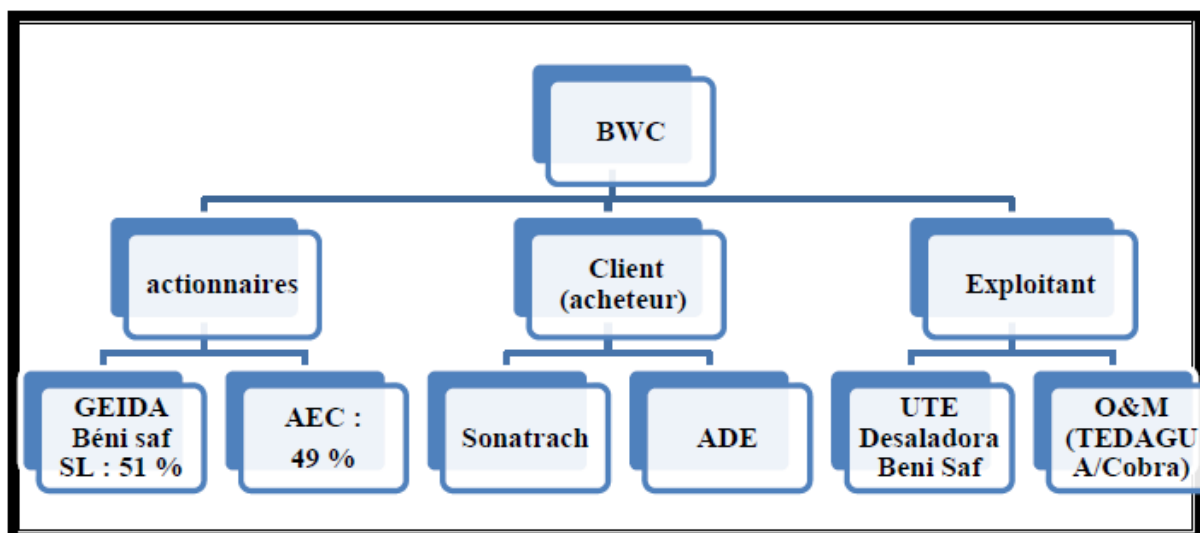


Figure 6 : les différents collaborateurs de la station BWC (Mostefaoui, 2016).



« Figure 7 » : présentation de la station de BWC (Mostefaoui, 2016).

L'unité de dessalement de Beni Saf a été créée pour éliminer la déficience en matière d'alimentation en eau potable de la wilaya d'Ain-Temouchent, d'une capacité journalière de 200 000 m³.

Elle a été mise en service partiel le mois de novembre 2009, et en service final le mois d'avril 2010.

Elle est nettement réalisée pour améliorer la dotation quotidienne par habitant qui est de 90 L en 1999 à 125 L à fin 2009.

La station fonctionne selon le procédé de traitement d'Osmose Inverse, ce procédé a connu un grand développement durant les dernières décennies, et présente beaucoup d'avantages.

Cette dernière comprend une station de pompage d'eau brute, une station de production un logement de services, un local de stockage d'eau, atelier, bassin de saumure, équipements de nettoyage, système de communications, système de contrôle et un laboratoire.

La consommation électrique c'est $\leq 4,15$ kWh/m³, le prix de l'eau est 0,6994\$

La SDEM de Beni Saf vient d'obtenir sa certification en management de la qualité ISO 9001: 2015.

3. Situation géographique :

Cette unité de dessalement a été implantée au Nord-Ouest de la ville d'Ain-Temouchent à environ 16 Km. Le site est localisé sur la rive gauche de la plage Chat El Hillel, commune de Sidi Ben Adda, wilaya d'Ain-Temouchent, elle s'étend sur une superficie de 657 000 m².

(Figure 8)



Figure 8 : Situation géographique de la station de dessalement de Beni Saf.

4. Le processus de dessalement appliqué dans la station :

4.1. L'osmose inverse

4.1.1. Définition :

L'osmose inverse est un procédé de séparation en phase liquide à travers des membranes semi-sélectives sous l'effet d'un gradient de pression.

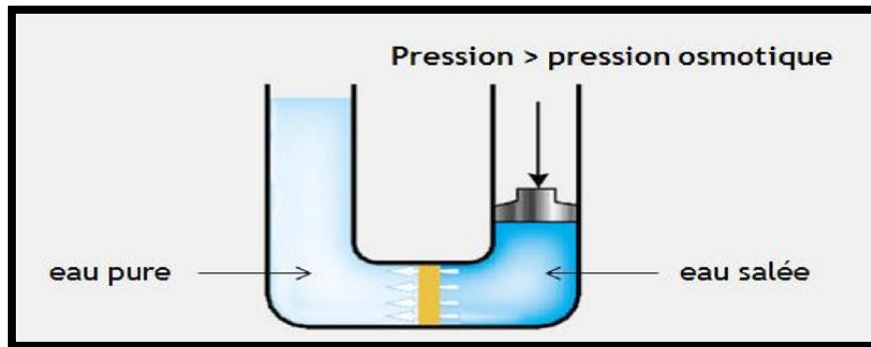
L'écoulement s'effectue en continu, une partie de la solution à traiter (débit Q_0) se divise au niveau de la membrane en deux parties de concentrations différentes :

- Une partie (débit Q_p) passe à travers la membrane (perméat)
- Une partie qui ne passe pas à travers la membrane (concentrat)

4.1.2. Principe de l'osmose inverse :

L'osmose est le transfert de solvant (eau dans la plupart des cas) à travers une membrane sous l'action d'un gradient de concentration. Si on considère un système à deux compartiments séparés par une membrane permselective et contenant deux solutions de concentrations différentes, l'osmose va se traduire par un flux d'eau dirigé de la solution diluée vers la solution concentrée.

Si on applique une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Avec une pression suffisamment forte, le flux d'eau va s'annuler : cette pression est appelée pression osmotique P (en faisant l'hypothèse que la solution diluée est de l'eau pure). Si on augmente de la pression au-delà de la pression osmotique va se traduite par un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique, c'est-à-dire de la solution concentrée vers la solution diluée : c'est le phénomène d'osmose inverse (**figure 9**) (Maurel, 2006).



« **Figure 9** » : le principe d'osmose inverse (DHT, 2014 in Mostefaoui, 2016).

4.1.3. La pression osmotique :

La pression osmotique d'une solution saline est directement proportionnelle à la nature des sels dissous et la concentration en soluté : (Maurel, 2006).

$$\Pi = i.C.R.T$$

i : nombre d'ion dissociés dans le cas d'un électrolyte

C : concentration molaire en mol/l

R : constante des gaz parfait (0,0821.bar.mol⁻¹.K⁻¹)

T : température absolue en k

Π : pression osmotique en bar

5. Description du fonctionnement de la station :

Le fonctionnement de l'usine est automatisé, grâce à un ordinateur industriel et plusieurs

Automates. Le processus de dessalement dans la station comporte quatre étapes montrées dans la (**Figure 10**) :

- 1) captation de l'eau de mer.
- 2) le prétraitement.
- 3) l'osmose inverse.
- 4) le post de traitement.

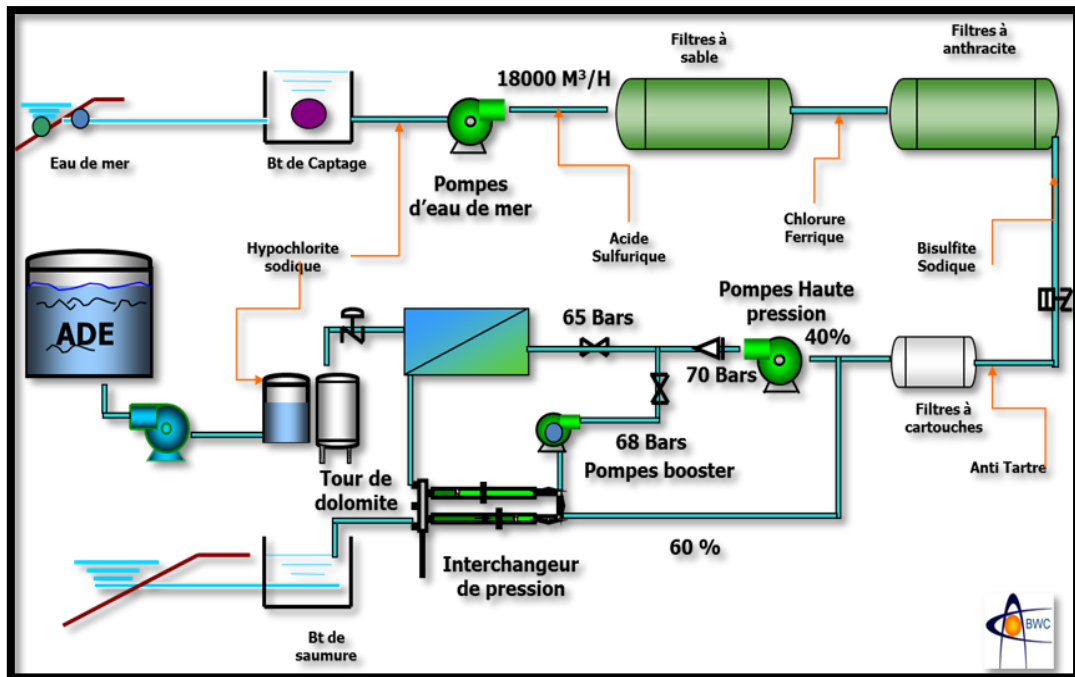


Figure 10 : Schéma générale d'une installation le processus de la station (Chaib et Benkrama, 2014).

5.1. La captation l'eau de mer :

Dans notre cas, la prise d'eau est à 1 Km en pleine mer, elle se fait par un tuyau d'aspiration qui se termine par une crépine adaptée d'un diamètre de 2400 mm.

Le captage est effectué en zone profonde d'environ 18 m, éloigné de la côte, pour protéger contre les pollutions, les forts courants et l'influence des rejets.

En parallèle, un autre émissaire de rejet de saumure est installé d'un diamètre de 1800 mm, avec une longueur de 500 m et une profondeur de 8 m.

L'eau est véhiculée à l'intérieur de la conduite par gravité avec une vitesse d'écoulement inférieure à 1m/s.

Après, l'eau va passer sur un grilleur pour éviter les grands agrégats (**Photo 1**).



Photo 1 : la grille amovible.

Le système de filtrage composé de deux filtres rotatifs (400 microns de passage), avant d'être pompée à partir du bassin de captage vers le prétraitement, sur une distance de 900 mètres. (**Photo 2**).

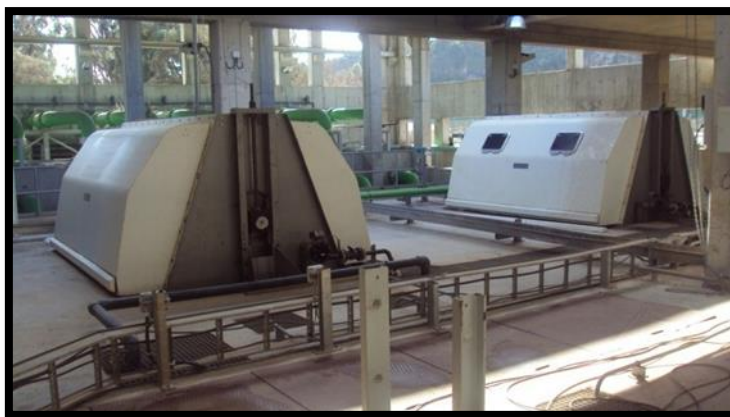


Photo 2 : filtres rotatifs.

5.1.1. Station de pompage :

La station de pompage est composée de :

- 1) 11 pompes centrifuges disposées verticalement et seront à chambre à séparations pour faciliter leur maintenance. 10 pompes en marche et une en réserve
- 2) Le système d'amorçage de ces pompes composé de deux pompes à amorçage
- 3) Le système d'amortisseurs de chocs hydrauliques (anti-bélier) composé de 2 réservoirs identiques.

- 4) L'injection de l'hypochlorite (NaOCl) de sodium dans le bassin de stockage avant le prétraitement pour but l'élimination des matières organiques.

5.2. Le prétraitement :

C'est la deuxième étape après la captation de l'eau de mer dont le but est d'éliminer :

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

Cette étape est nécessaire pour éviter la détérioration des pompes et la dégradation des membranes de l'osmose inverse par les bactéries et leur colmatage.

5.2.1. Le prétraitement chimique :

- ❖ Acide sulfurique : Il s'agit d'un équipement doseur d'acide sulfurique destiné à réduire le pH de l'eau de mer et à éviter les précipitations de carbonates et de bicarbonates dans les membranes, ce traitement est effectué en amont des filtres à sable.
- ❖ Chlorure ferrique (FeCl_3) :

C'est un coagulant qui est utilisé par la station de Beni Saf. Le traitement effectué avant les filtres à sable pour la coagulation des colloïdes et des matières en suspension, afin que ces substances soient retenues lors du filtrage par un système de lavage.

- ❖ Bisulfite de sodium (Na_2SO_3) :

Traitement effectué avant le filtre à cartouche pour donner un maximum de temps de contact possible avec l'eau de mer avant son arrivée aux membranes d'osmose inverse/ IL permet d'éliminer le chlore résiduel et de prévenir l'oxydation des membranes.

- ❖ Anti incrustant ou (Anti Tartre) :

Traitement effectué avant les filtres cartouches pour éviter les incrustations sur les membranes.

5.2.2. Le prétraitement physique :

❖ Le filtre à sable :

Le filtrage à sable consiste à retenir les solides en suspension présents dans l'eau de mer et les floes formés à l'étape de coagulation.

Le filtrage est un processus suffisamment connu, au cours duquel l'eau traverse un milieu filtrant poreux, qui retient mécaniquement les solides en suspension. Dans ce cas, le milieu filtrant utilisé est le sable de silice de deux grosseurs (bicouche).

- ✓ Une couche de sable grossier (couche support) est située en bas du filtre.
- ✓ Une couche de sable plus fin (couche filtrante) la recouvre et retient les particules les plus fines.

Après ce passage, l'eau va être prête à la deuxième filtration à anthracite.

❖ Filtrage à anthracite :

Le système de filtrage à anthracite a pour fonction de retenir les agents résiduels et cancérigènes, la matière organique et en général, les composés causant des problèmes de mauvaises odeurs et de mauvais goût dans l'eau.

L'eau est ainsi prête à passer par les filtres à cartouches, d'où elle est envoyée aux appareils d'osmose inverse. Le milieu anthracite utilisé dans la station contient un taux élevé de charbon supérieur à 90 %. (**Photo 3**).



« **Photo 3** » : Zone des filtres à sable et à anthracite de la SDEM de Béni Saf.

❖ Filtration par cartouche ou microfiltration :

Situé à l'intérieur du bâtiment de production, le système de filtration par cartouches est conçu pour retenir les particules de plus petite taille (jusqu'à 5 microns absolus) qui n'ont pas été retenues par les filtres à sable et à anthracite et qui pourraient endommager les installations des modules d'OI.

En règle générale, les filtres doivent retenir des particules solides d'une taille microscopique et il est nécessaire pour l'installation d'OI qu'il n'existe pas de solides supérieurs à 5 micron nominaux. **(Photo 4)**



Photo 4 : Les filtres à cartouches.

Remarque :

Les cartouches avant utilisation sont de couleur blanche mais après l'utilisation elles prennent la couleur marron par ce qu'elles captent toutes les particules (matière organique, solide en suspension, microorganisme, sel) de taille supérieur à 5 micron qui vont charger la couleur. Les cartouches ont une capacité de rétention limitée et, une fois que celle-ci est atteinte, les cartouches doivent être remplacées. **(Photo 5)**.



Photo 5 : Le changement de couleur des cartouches.

Teste de SDI :

Avant l'entrée de l'eau à la seconde étape de l'osmose inverse on mesure l'indice d'encrassement ou colmatage pour préserver la membrane de l'osmose inverse contre le colmatage, Plus le SDI est élevé, plus le colmatage est rapide.

La valeur requise pour l'osmose d'eau de mer est généralement $SDI \leq 3$ en moyenne. Cette valeur correspond à une eau parfaitement limpide.

Quand on trouve une valeur supérieure à 3 dans ce cas on arrête l'étape de l'osmose inverse pour protéger les membranes et améliorer le prétraitement pour diminuer la valeur de SDI.

(Photo 6)



Photo 6 : le cabinet de test SDI.

5.3. L'osmose inverse :

Le processus de dessalement s'effectue par le passage de l'eau de mer d'alimentation à travers des modules (rack). Qui se dispose en tube à membrane dont on trouve dans chaque tube à pression sept membranes en séries. Le système d'OI est composé de (**Photo 7**) :

- 10 unités de production de 20 000 m³/j chacune ;
- 256 tubes à pression par unité ;
- 1792 membranes dans chaque unité, soit 7 membranes dans chaque tube à pression ;
- 01 pompe centrifuge de haute pression par unité ;
- 01 pompe de recirculation par unité ;
- 22 récupérateurs d'énergie par unité.



Photo 7 : les modules de l'osmose inverse (Racks).

5.3.1. La membrane :

Les membranes d'osmose inverse ont une structure dense sans porosité et on la capacité de retenir les ions monovalents de très faible masse molaire comme Na^+ et Cl^- et dont le diamètre est aux alentours de $0.001\mu\text{m}$ même les virus et bactérie. Elles sont constituées de films de polyamide à enroulement en spirale avec une feuille de séparation entre deux membranes. Cette feuille se comporte comme un canal dans lequel circule l'eau d'alimentation/saumure qui alimente l'élément suivant de membrane à l'intérieur du tube de pression voire la (Figure 11 et12).

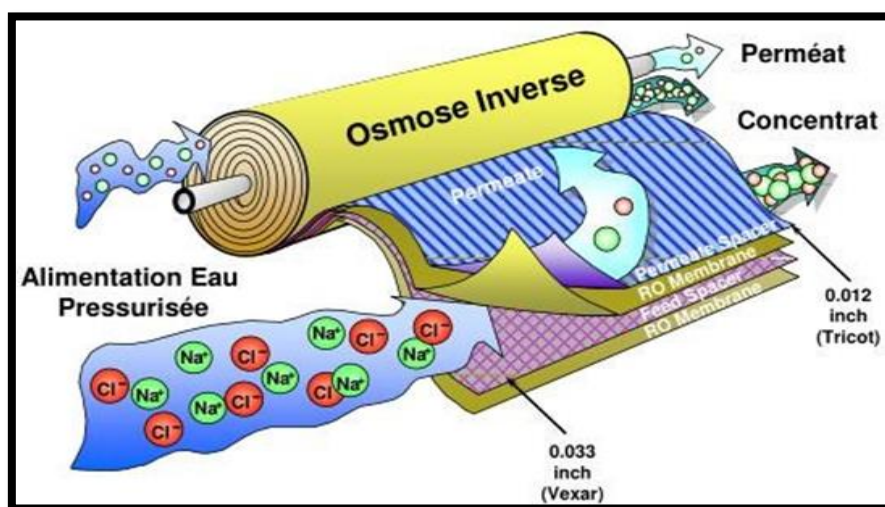


Figure11: membrane d'osmose inverse (Bushnak, 2012 in Amitouche, 2016).

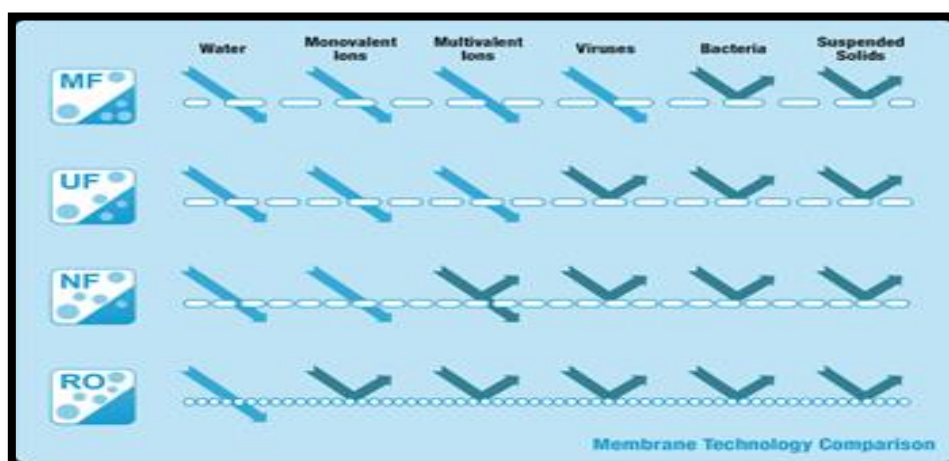


Figure12 : Caractéristiques des procédés membranaires (Soufi et Boudjema, 2011 in Chaib et Benkrama, 2014).

Après le passage de l'eau dans l'osmose inverse va donner comme résultat :

- ✓ 40 % d'eau produite on reminéralisé pour rendre potable
- ✓ 60 % de saumure qui est concentré de sel et caractérisé par forte pression jusqu'à 67 bar, avant de rejété dans la mer on va récupères cette énergie.

5.3.2. Le système de récupération de l'énergie :

C'est un système permet de récupérer 95% de l'énergie du rejet de saumure. Le rejet des membranes est dirigé vers le PX (the pressure Exchanger), qui transfère la pression du rejet à l'eau d'alimentation, et la renvoie vers les membranes. Le PX fournit donc en eau de mer prétraitée vient à des filtres à cartouche.

Le travail du rotor peut être vu comme deux longueurs de tuyaux en rotation. L'eau d'alimentation à basse pression entre dans un tuyau, puis est transférée sur le côté haute pression du PX, grâce à la rotation du rotor. En même temps, le rejet de la membrane à haute pression entre dans l'autre tuyau puis est transférée vers le côté basse pression (Figure 13). (Mostefaoui, 2016)

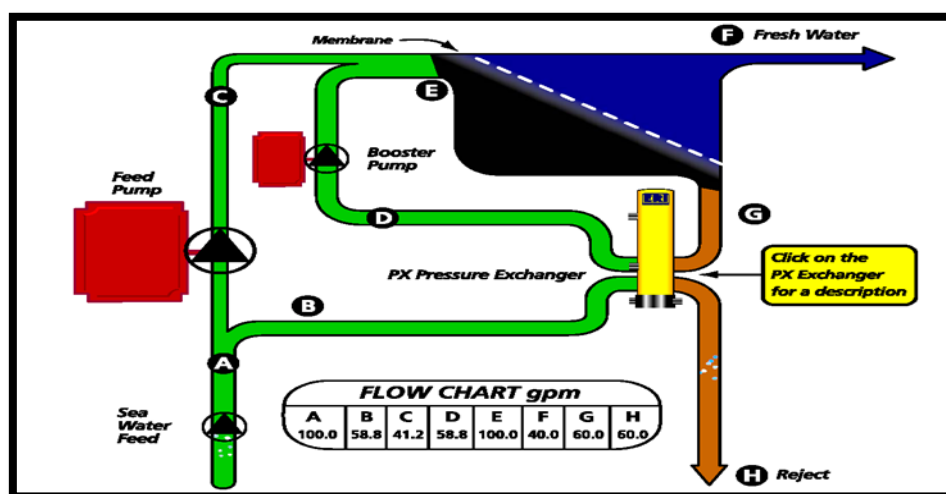


Figure 13 : Le système de récupération d'énergie. (Chaib et Benkrama, 2014).

5.4. Le post de traitement :

L'eau provenant du bloc de l'osmose inverse va passer sur dernière étape de traitement pour assurer leur qualité avant le pompage vers l'ADE, cette étape comporte deux étapes :

5.4.1. Ajustement de pH :

L'eau produite par osmose inverse agressive va passer dans des chambre qui est remplie par le carbonate de calcium (CaCO_3), c'est une roche naturellement contient les sels minéraux et leur PH est basique donc va faire la correction de pH de l'eau rendre basique et le reminéralisé.

(Photo 8)



Photo 8 : Les chambres de l'eau produite et la calcite.

5.4.2. La chloration :

Par l'injection de l'hypochlorite de sodium dans le bâtiment de stockage d'eau produite, il est nécessaire d'assurer un résiduel de désinfection pour éviter toute contamination et développement biologique. Et pour raisons de sécurité la stérilité de l'eau à la cour de transport dans les réseaux jusqu'à arriver à l'ADE. **(Photo 9)**



Photo 9 : Bâtiment d'eau produite.

Matériel et méthodes

1. Station de dessalement: elle est localisée sur la rive gauche de la plage Chat El Hillel (voir chapitre 03)

1.1 Prélèvement des échantillons :

1.1.1) Sites de prélèvement :

Nous avons effectué deux prélèvements dans le mois de mars au niveau de la station de dessalement, comme suit:

- a) A l'entrée de la station : c'est l'eau avant traitement (l'eau de mer).
- b) A l'expédition la sortie de station : c'est l'eau après dessalement.

1.2 Mode de prélèvement :

1.2.1) Analyses physico-chimiques :

Le contenant doit être propre, mais ne doit pas être nécessairement stérile. Nous avons utilisé un flacon en verre de 1 litre, pour le prélèvement de l'eau de l'expédition (l'eau dessalée).

Il faut laisser couler l'eau à un débit maximal pendant 5 à 10 secondes. Par la suite, ouvrir le flacon, le remplir et le fermer immédiatement. **(Photo 01)**



Photo 1 : site de prélèvement (l'expédition)

1.2.2) Analyses bactériologiques :

Contrairement aux analyses physico-chimiques, le contenant doit être propre et nécessairement stérile. Nous avons utilisé deux flacons stériles en verre de 1 litre, l'un pour le prélèvement de l'eau à l'entrée (l'eau de mer), et l'autre pour l'eau de l'expédition (l'eau dessalée). Le prélèvement doit suivre les étapes suivantes :

Matériel et méthodes

Utilise un coton qui va contenant une quantité d'alcool, rincer le tuyau du robinet à l'extérieur, puis laisser l'eau couler pendant 5 à 10 secondes. On ouvrir le flacon mais mettre le coton à la place du bouchon pour garder les conditions stériles, le remplir et le refermer immédiatement.

Les échantillons des l'analyses physico-chimiques et bactériologiques sont transportés dans une glacière isotherme (4°C) au laboratoire, et l'analyse est faite le même jour.

2. Les analyses physico-chimiques :

Après le prélèvement de l'eau dessalée, nous avons effectué les analyses des paramètres suivants :

- 1) pH
- 2) Température
- 3) Conductivité
- 4) Turbidité
- 5) Dureté totale
- 6) Calcium
- 7) Alcalinité totale
- 8) Carbonate et bicarbonate
- 9) LSI
- 10) Clore résiduel

2.1 Mesure du pH :

Le pH est mesuré au laboratoire, à l'aide d'un appareil multi-paramètres qui mesure à la fois le pH et la T°, même la station étudiée est équipée par un pH-mètre introduit directement dans la canalisation, où nous pouvons prendre la valeur du pH directement.

2.1.2 Mode opératoire :

Mettre 100 ml d'eau dessalée dans un bécher, ensuite plonger l'électrode de pH mètre dans le bécher pour obtenir la valeur du pH correspondant. **(Photo 02)**



Photo 2 : la mesure de pH par le pH-mètre et le pH-mètre numérique.

Matériel et méthodes

2.2 Mesure la température :

La température est mesurée au laboratoire, à l'aide d'un appareil multi-paramètres qui mesure à la fois le pH et la T. La station est équipée par un thermomètre numérique introduit directement dans la canalisation, qui nous donne la température directement.

2.3 La conductivité :

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm (Rodier et al, 2009 in Hachemaoui, 2014). L'unité de la conductivité est le siemens par mètre(S/m), elle est une relation proportionnelle avec la minéralisation de l'eau.

2.3.2 Mode opératoire :

Après étalonnage du conductimètre, verser un volume de 100 ml d'eau dessalée dans le bécher, on plonge l'électrode de conductimètre dans le bécher pour mesurer la valeur de la conductivité qui est exprimée en (S/m). (**Photo 03**)



Photo 3 : mesure de la conductivité par le conductimètre.

Matériel et méthodes

2.4 La turbidité :

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc (Rodier et al, 2009 in Hachmaoui, 2014). Donc la transparence est important pour une eau de consommation, l'appareil utilisé pour mesurer la turbidité 'est le Turbidimètre.

2.4.2 Mode opératoire :

L'appareil est Degas étalonné : prendre la cuve en verre qui est bien nettoyée et bien séchée à l'avance, la remplir de 30 ml de l'eau dessalée, placer la cuve à l'intérieur de turbidimètre, le résultat est affiché en NTU (Néphéломétrie Turbidité Unit). (**Photo 04**).

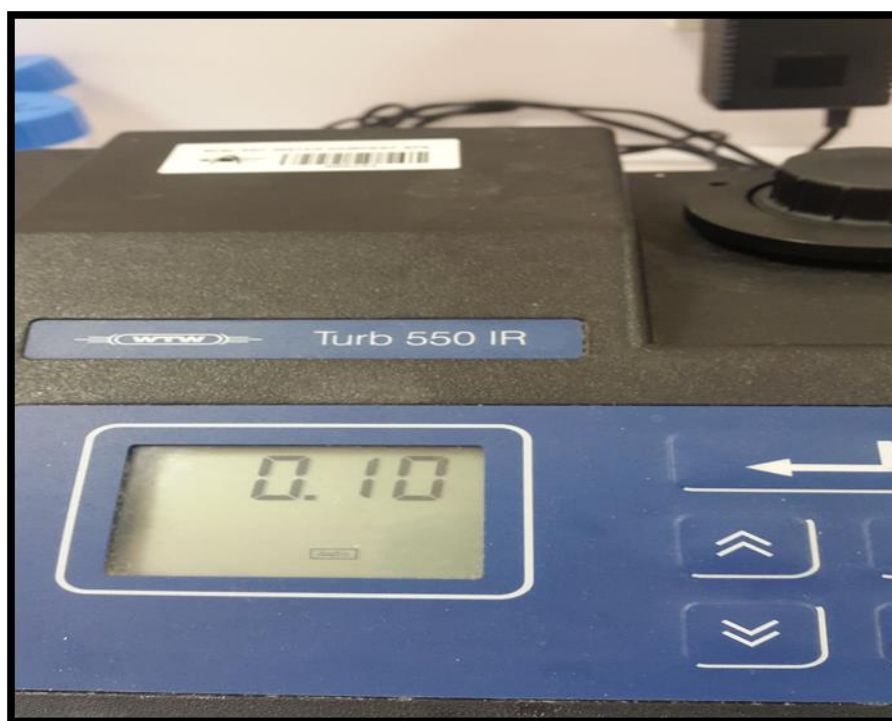


Photo 4 : mesure de la turbidité par un turbidimètre.

2.5 Dureté totale (TH) :

Le mot dureté fait référence à la quantité de composés de calcium et magnésium dissous dans l'eau, correspondants à la teneur en ions alcalino-terreux. Ces minéraux ont leur origine dans les formations rocheuses calcaires, on peut les trouver, en grande ou faible quantité, dans la majeure partie des eaux de source. Ces minéraux amenés à former un complexe de type chélate par le sel disodique de l'acide éthylène diamintetracétique (EDTA). A pH=10 la disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique, le noir d'Eriochrome.

Matériel et méthodes

2.5.2 Mode opératoire :

Dans un erlenmeyer de 250 ml, mettre 50 ml de l'eau dessalée, ajouter 4 ml de solution tampon de NaOH pour fixer le pH à 10, ajouter trois goutte de l'indicateur coloré Noir d'Eriochrome T (NET). La solution se colore en rouge ou violet, faire un titrage par la solution d'EDTA de 0,02N avec une agitation jusqu'à le virage de couleur au bleu (**Photo 05**), noter le volume d'EDTA et calculé le TH par la formule suivant :

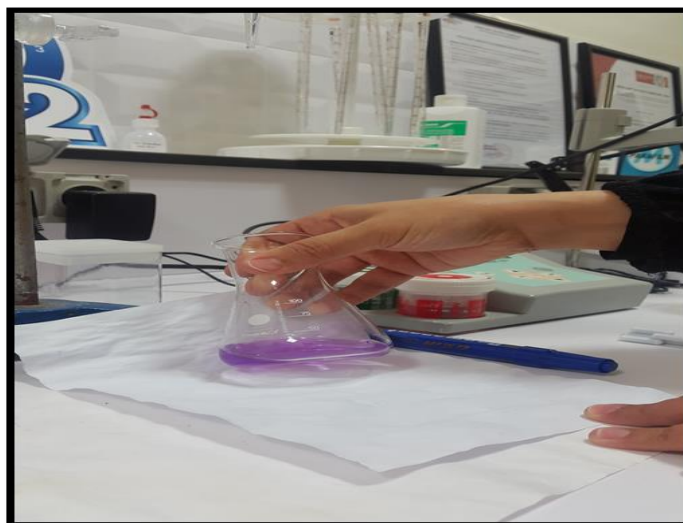
$$TH (f^{\circ}) = (N \text{ EDTA} \times V \text{ EDTA}) \times 1000 / V_0 \text{ d'échantillon.}$$


Photo 5 : Le virage de la couleur vers le bleu.

2.6 Le calcium :

Lorsqu'on ajoute à un échantillon d'eau de l'acide éthylènediaminetétracétique (EDTA) ou son sel, les ions de Calcium et Magnésium contenant dans l'eau sont associés à l'EDTA. On peut déterminer le calcium directement en ajoutant du NaOH pour élever le pH de l'échantillon entre 12 et 13 unités de sorte que le magnésium précipite et n'intervient pas dans la réaction, on utilise aussi un indicateur combiné seulement avec le calcium.

2.6.2 Mode opératoire :

Mettre 50 ml d'eau dessalée dans un erlenmeyer de 250ml, ajouter 5 gouttes de la solution NaOH 4N, ou une quantité suffisante pour atteindre une valeur de pH de l'échantillon entre 12 et 13, Ajouter une petite quantité de l'indicateur coloré Murexide, après l'homogénéisation de la solution une couleur rose est obtenue, après faire une titration par l'EDTA de (0,02N) jusqu'à le virage de couleur ver le pourpre, (**Photo 06**). Noter le volume de l'EDTA pour calculer le calcium par la formule suivante :

$$Ca^{+2} (mg/l) = (N \text{ EDTA} \times V \text{ EDTA}) \times 1000 / V_0 \times 20$$

V_0 : volume de l'échantillon

20 : masse atomique de calcium.

Matériel et méthodes



Photo 6 : le virage de la couleur au pourpre.

2.7 Alcalinité totale :

L'alcalinité d'une eau est sa capacité à neutraliser les acides et constitue la somme de toutes les bases titrables. L'alcalinité d'une eau correspond à la somme des concentrations des ions carbonates (CO_3^{2-}) et des ions hydroxydes (OH^-) et les ions bicarbonates (HCO_3^-). La mesure alcalimétrique se fait par méthode titrimétrique, cette détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau à analyser par l'acide chlorhydrique (HCl) dilué en présence de phénophtaléine (RODIER, 2009 in Abderrazak.). Pour mesurer la teneur en hydrogénocarbonate, la même méthode est suivie en présence du bleu de bromophénol.

2.7.2 Mode opératoire :

Placer 5 ml d'échantillon (l'eau dessalée) dans un matras d'Erlenmeyer de 100 ml.

Ajouter 3 gouttes de phénophtaléine à 0,25 %.

S'il apparaît une couleur rose, titrer avec HCl 0.01N jusqu'à un virage incolore, coïncidant avec la valeur de pH 8,3. Si la couleur rose n'apparaît pas, inscrire carbonates égal à zéro. Noter le volume (**Volume 1**).

Ajouter 3 gouttes de bleu de bromophénol à 0,04 % au même matras et une couleur bleue apparaîtra.

Continuer à titrer avec de l' HCl 0.01N jusqu'à l'apparition d'une couleur verte. Le point de virage du titrage coïncidera avec les valeurs de pH entre 4,3 et 4,7. Noter le volume (**Volume 2**). (**Photo 7**)

Matériel et méthodes

Les résultats sont exprimés par la formule suivante :

$$P = \text{Alcalinité } 1 \text{ mg/l CaCO}_3 = (\text{N HCl} \times \text{Volume } 1 \text{ (ml)} \times 50.044 \times 1000) / \text{ml d'échantillon}$$

- ✓ 50,044 : masse atomique de CaCO₃
- ✓ P = Alcalinité résultant du premier titrage.

Où : T = Alcalinité résultant du deuxième titrage

$$T = \text{Alcalinité totale mg/l CaCO}_3 = (\text{NHCl} \times (\text{Volume } 1 \text{ (ml)} + \text{Volume } 2 \text{ (ml)}) \times 50.044 \times 1000) / \text{ml d'échantillon.}$$



Photo 7 : le virage de couleur au vert.

2.8 Le carbonate et bicarbonate :

Les carbonates sont les sels de l'acide carbonique, les sels ont en commun l'anion (CO₃²⁻). Le carbonate le plus abondant est le carbonate de calcique (CaCO₃). Les bicarbonates sont des sels dérivés de l'acide carbonique qui contiennent l'anion (HCO₃⁻). (RODIER, 2009 in abderrazak). La détermination de carbonate et de bicarbonate est faite selon le **tableau 12** suivante qui bassé sur les calcule précédant de l'alcalinité :

RÉSULTAT TITRAGE	DU	ALCALINITÉ D'HYDROXYDES COMME CaCO ₃	ALCALINITÉ DE CARBONATES COMME CaCO ₃	CONCENTRATION DE BICARBONATES COMME CaCO ₃
P = 0	0	0	0	T
P > 1/2 T	0	0	2P	T - 2P
P = 1/2 T	0	0	2P	0
P < 1/2 T	2P - T	0	2(T - P)	0
P = T	T	0	0	0

Matériel et méthodes

2.9 Mesure de l'indice de Langelier ou pH de saturation (LSI) :

Selon le décret royal 140/2003 établissant les critères sanitaires de qualité des eaux de consommation humaine, à aucun moment, l'eau ne pourra être agressive ni incrustante. Le résultat du calcul de l'indice de Langelier devra se situer entre 0 et 0,5.

S'il est égale à 0, l'eau est en équilibre chimique

S'il est inférieur à 0, l'eau a une tendance à être corrosive

S'il est supérieur à 0, eau a une tendance à être incrustante

Permettant de déterminer la stabilité du carbonate de calcium dans l'eau .il indique si l'eau va précipiter, dissoudre ou être en équilibre avec le carbonate de calcium.

Les calculs de l'indice de langelier basé sur les valeurs de (pH, conductivité, température, carbonate et bicarbonate, calcium) après à l'aide d'un calcul informatique nous trouvons la valeur.

2.10 Le chlore libre :

Le chlore libre est le paramètre indicateur de la concentration en désinfectant (biocide) nécessaire pour maintenir l'eau sans micro-organismes pathogènes. Pour mesurer le chlore libre nous utilisons une méthode spectrophotométrie à l'aide d'un réactif Cl₂-1, La station est également équipé par un colorimètre numérique introduit directement dans la canalisation, nous pouvons prendre la valeur directement.

2.10.2 Mode opératoire :

L'échantillon doit avoir une valeur du pH comprise entre 4 et 8.

Pipeter dans une cuvette 5 ml d'échantillon de l'eau dessalée,

ajouter 1 micro cuillère bleue arasée (sur le couvercle du flacon) de réactif Cl₂-1),

laisser reposer 3 minutes, puis,

mesurer sur le photomètre : de (**Chlore libre**). (**Photo 08 et 09**)

Matériel et méthodes

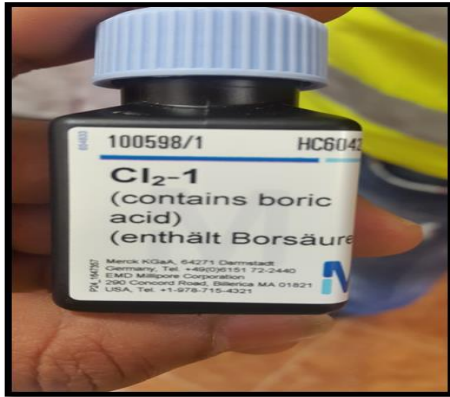


Photo 8 : spectrophotomètre :réactif utilisé dans la mesure de chlore.



Photo 9 : Le colorimètre numérique de station.

3. Analyses bactériologiques :

Le prélèvement de l'eau a été effectué à l'entrée (l'eau de mer) et de l'eau dessalée (expédition). Sont effectuées les analyses bactériologiques suivantes :

- 1) Dénombrement les germes Revivifiable à 22 °C et à 37 °C
- 2) Dénombrement des coliformes totaux et fécaux thermotolerants.

Matériel et méthodes

3.1 Dénombrement les germes Revivifiable :

3.1.1 Définition :

Les bactéries revivifiables ou germes totaux sont des bactéries aérobies mésophile, c'est-à dire qu'elles ont besoin d'oxygène pour se développer Il y'a aussi les moisissures et levures. (Nechakh et al, 2015).

La recherche et le dénombrement de ces germes totaux se réalisent à deux températures différentes afin de cibler à la fois les microorganismes à tendance psychrophiles soit à 22 °C et ceux mésophiles soit 37 °C. (Rejsek, 2002 in Nechakh et al, 2015).

3.1.3 Mode opératoire:

- Allumer la lampe UV pour stériliser la hotte (**Photo 10**)
- A l'aide la pipette stérile, prendre 1ml de l'eau , le mettre dans la boîte Pétrie(01), il se forme des gouttes et avec la même pipette en prendre autre 1 ml et mettre au deuxième boîte où va se forme des gouttes.
- Changer la pipette et prendre 1 ml de l'eau dessalée, le mettre dans la boîte Pétrie(01), et prendre un autre 1ml de l'eau dessalée et le mettre dans la deuxième boîte où va se former des gouttes. (**Photo 11**)
- Couler les 04 boîtes par la gélose nutritif qui est Déjà dans l'état de surfusion, et faire un mouvement de huit pour homogénéiser la solution. (**Photo 12**).
- Laisser les 04 boîtes refroidir, et faire l'étiquetage des boîtes.



Photo 10 : la stérilisation de la hotte.

Matériel et méthodes



Photo 11 : formation des gouttes dans les boites Pétrie.

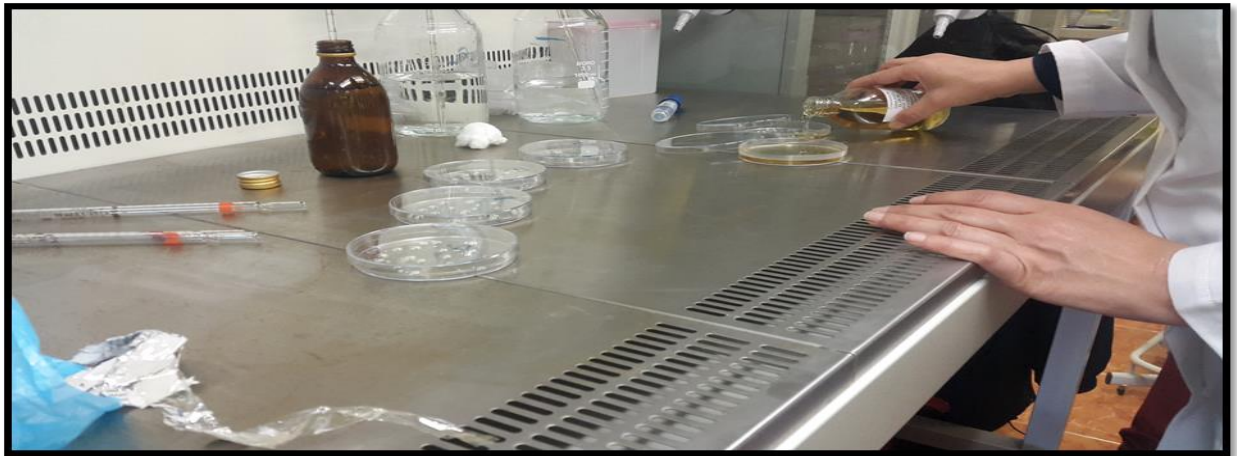


Photo 12 : la coule des boites.

3.1.3.1 Incubation :

- Pour les boites de l'eau de mer, mettre un boite dans un incubateur de température de 21,5 °C et l'autre boite dans un incubateur de température 37 °C pendant 48 H. (**Photo 13**).faire la même opération avec les deux boite de l'eau dessalée.



Photo 13 : Incubateur à 37 °C.

Matériel et méthodes

3.2 Dénombrement des coliformes totaux et fécaux thermotolerants :

3.2.1 Définition :

Sous la dénomination des coliformes est regroupé un certain nombre d'espèce bactérienne appartenant à la famille des Eterobactériaceae, sont des micro-organismes en bâtonnet, non sporogones, gram négatifs, oxydase négatifs, facultativement anaérobies.

Les coliformes comprennent les genres : *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia*.

- ❖ Les coliformes totaux sont des bactéries en forme de bacilles, non sporulantes, Gram négative, aérobies facultatives et qui fermentent le lactose en 48 heures à 35 °C avec production de gaz. Les coliformes totaux ne sont pas nécessairement des bactéries originaires du système intestinal. (BOUCHARD, 2008 in HACHEMAOUI, 2014).

- ❖ Les coliformes fécaux, ou thermotolerants, sont considérés. Les coliformes fécaux sont en fait des coliformes qui poussent à des températures plus élevées, soit à partir de 44,5°C. Ces coliformes fécaux sont des bactéries que l'on retrouve dans la flore intestinale des animaux à sang chaud. La bactérie *Escherichia coli* (E. coli) fait partie des coliformes fécaux. (BOUCHARD, 2008 in HACHEMAOUI, 2014).

3.2.3 Mode opératoire :

Avant de commencer les manipulations, il faut choisir l'un des systèmes suivants :

✚ Premier système

- 3 tubes D/Cinoculum 10 ml
- 3 tubes S/Cinoculum 01ml
- 3 tubes S/Cinoculum 0.1ml

✚ Deuxième système

- 5 tubes D/Cinoculum 10 ml
- 5 tubes S/Cinoculum 01 ml
- 5 tubes S/Cinoculum 0.1 ml

✚ Troisième système

- 5 tubes D/Cinoculum 10 ml
- 1 tube S/Cinoculum 01 ml
- 1 tube S/Cinoculum 0.1 ml

Matériel et méthodes

✚ Quatrième système

- 1 flacon D/Cinoculum 50 ml
- 5 tubes D/Cinoculum 10 ml
- 5 tube S/Cinoculum 01 ml

- Si l'eau est polluée ou brute est de qualité médiocre, le système N01 et N02 sont recommandés.
- Si l'eau est supposée de bonne qualité le système N03 et N04 sont recommandés.

Dans notre cas, nous avons travaillé avec les deux systèmes :

- Pour l'eau de l'entrée ou (l'eau de mer), en applique le système N01
- Pour l'eau dessalée ou (l'eau d'expédition), en applique le système N03

3.2.3.1 premières étapes :

- Inoculer l'échantillon dans un milieu choisi (B.C.P.L) qui est rempli à l'avance dans les tubes, chaque tube contient 9ml avec une cloche. (**Photo 14**).
- Après inoculation, agiter pour homogénéiser sans faire pénétrer d'air dans la cloche de Durham, et placer les tubes dans une étuve à 37°C pendant 24 heures. (**Photo 15**).



Photo 14 : Inoculation d'échantillon dans les tubes.

Matériel et méthodes



Photo 15 : l'incubation des tubes à 37°C.

- Après l'incubation, sont considérés comme « positif » les tubes où il se produit simultanément un trouble dans toute la masse liquide et un dégagement de gaz dans la cloche.

3.2.3.2 Deuxième étape :

Fair le repiquage des tubes d'inoculation positifs est effectuer sur un tube de milieu de Schubert, dès leurs ensemencements les tubes sont mis dans une étuve à 44°C durant 24 heures. Sont considérés comme positifs et pris en compte pour l'évaluation du N.P.P d'E.coli présumés, les tubes où une poussée bactérienne est observée, avec un dégagement de gaz dans la cloche de Durham et ou la coloration rouge résultat de l'addition du réactif de Kovacs témoigne de la production d'indol.

3.2.3.3 Expression des résultats :

Les résultats sont exprimés sous la forme : nombre le plus probable de coliformes, coliformes fécaux, E. coli présumés par 100 ml. (Selon le système choisi). Qui est démontré dans les tableaux suivants :

Matériel et méthodes

Tableau 13 : système denssement n°1

Système d'ensemencement n° 1 : nombre le plus probable et intervalle de confiance					
Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			NPP dans 100 mL	Limites de confiance à 95 %	
3 tubes de 10 mL	3 tubes de 1 mL	3 tubes de 0,1 mL		Limite inférieure	Limite supérieure
0	0	1	3	< 0,5	9
0	1	0	3	< 0,5	13
1	0	0	4	< 0,5	20
1	0	1	7	1	21
1	1	0	7	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	9	1	36
2	0	1	14	3	37
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	89
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	149
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	64	15	379
3	1	0	43	7	210
3	1	1	75	14	230
3	1	2	120	30	380
3	2	0	93	15	380
3	2	1	150	30	440
3	2	2	210	35	470
3	3	0	240	36	1 300
3	3	1	460	71	2 400
3	3	2	1 100	150	4 800

Matériel et méthodes

Tableau 14 : système d'ensemencement n°3

Système d'ensemencement n° 3 : nombre le plus probable et intervalle de confiance					
Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			NPP dans 100 mL	Limites de confiance à 95 %	
5 tubes de 10 mL	1 tube de 1 mL	1 tube de 0,1 mL		Limite inférieure	Limite supérieure
0	0	0	2	0	5,9
0	1	0	2	0,050	13
1	0	0	2,2	0,050	13
1	1	0	4,4	0,52	14
2	0	0	5	0,54	19
2	1	0	7,6	1,5	19
3	0	0	8,8	1,6	29
3	1	0	12	3,1	30
4	0	0	15	3,3	46
4	0	1	20	5,9	48
4	1	0	21	6,0	53
5	0	0	38	6,4	330
5	0	1	96	12	370
5	1	0	240	12	3 700

Résultats et discussion

Résultats et discussion :

Cette étude est menée en vue d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de mer dessalée., traitée par la station de dessalement de de chat El Hilal.

L'interprétation de ces résultats obtenus est effectuée selon trois volets, le guide de la qualité de l'eau commercialisée déterminée dans le contrat de vente de l'eau entre la station et l'ADE, selon les normes de l'Organisation Mondiale de la Santé 2003 et 2006 (OMS 2003 et 2006), et selon les normes Algérienne mars 2011 démontré dans les annexes.

I. Les analyses physico-chimiques

Les résultats des analyses physico-chimiques soutirés sont représentés dans le **tableau 15**.

Tableau 15 : les résultats des analyses au niveau de laboratoire de la station de dessalement.

		PH	T°	Condi	Turb	TH	Ca2+	Alcalinit Totale	CO3-2	HCO3-	LSI	Cl ₂
Echantillon 01	Date Mars		C°	µS/cm	NTU	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	SM 233	mg/ l
		8,39	19,5	735	0,10	55,04	22,04	62,56	00	76,27	0,07	0,57

Résultats et discussion

I.1 Température

La valeur de la température de l'eau analysée obtenue est 19,5 °C, inférieure à 25°C et, par conséquent conforme aux normes algériennes (TABLEAU A1, mars 2011), et aux normes de l'OMS (TABLEAU A2, 2006).

I.2 Potentiel d'hydrogène (pH)

La valeur de PH de l'eau traitée analysée obtenues c'est 8,39. Celle-ci est conforme aux directives fixées par le contrat de vente de l'eau ($8 < \text{pH} < 8,5$) ANNEXE 01. Ce résultat répond aux exigences de la norme algérienne relatif à la qualité de l'eau potable $6,5 < \text{pH} < 8,5$ (TABLEAU A1, mars 2011), et conforme aux normes de l'OMS $6,5 < \text{pH} < 9,5$ (TABLEAU A2, 2006).

I.3 Conductivité électriques

Les mesures de la conductivité électrique de l'eau traitée enregistrée indique la valeur

EC = 735 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Cette valeur est inférieure à la valeur limite fixée par les normes algériennes EC max = 2280 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (TABLEAU A1, mars 2011), et également conforme aux normes de l'OMS EC < 1500 (TABLEAU A2, 2006).

I.4 Turbidité

Le résultat de l'eau traitée analysée obtenues à l'aide d'un Turbidimètre détermine la valeur de 0,10 NTU, cette valeur est inférieure à la concentration maximale admissible, fixée par l'OMS 5mg /L, et conforme aux normes algérienne 5 NTU (TABLEAU A1, mars 2011).

I.5 Dureté totale (TH)

La valeur obtenue de l'eau traitée analysée c'est 55,04 mg/L en CaCO_3 , cette valeur reste dans les normes fixées par le contrat de vendre de l'eau qui est 50 à 65 mg/L en CaCO_3 (ANNEXE 01), et conforme aux normes algérienne qui est 100 mg/L en CaCO_3 (TABLEAU A1, mars 2011). Ce résultat répond aux normes de l'OMS qui est 200 mg/L en CaCO_3 (TABLEAU A2, 2006).

I.6 calcium (Ca_{2+})

Le résultat de l'eau traitée analysée obtenues est 22, 04 mg/L, cette valeur est inférieure à La concentration maximale admissible fixées par les normes algérienne qui est Ca_{2+} max = 200

Résultats et discussion

mg/L (TABLEAU A1, mars 2011), et conforme aux normes de l'OMS qui est 100 mg/L (TABLEAU A2, 2006).

I.7 Alcalinité totale

L'alcalinité de l'eau traitée analysée obtenues c'est 62, 56 mg/L en CaCO_3 , Cette valeur reste dans les limites fixées par le contrat de vendre de l'eau qui est 65 mg/L en CaCO_3 (ANNEXE 01), elle répond aussi aux normes algériennes.

I.8 carbonates (CO_3^{2-})

La valeur des concentrations en carbonates de l'eau traitée enregistrée est 00 mg/L, c'est une valeur qui répond aux normes de la station.

I.9 bicarbonates (HCO_3^{-})

Le résultat de l'eau traitée analysée obtenues c'est 76, 27 mg/L, c'est une valeur qui répond aux normes de la station.

I.10 Indice de saturation de Langelier (LSI)

Le résultat de l'eau traitée analysée obtenues après le calcul c'est 0,07. Cette valeur est conforme aux normes et restent dans l'intervalle de (0 à 0,4) déterminée dans le contrat de vendre de l'eau (ANNEXE 01).

I.11 Le chlore (Cl_2)

La teneur en chlore obtenue dans l'eau traitée analysée est 0,57. Cette valeur est égale la valeur préconisée par le contrat de vendre de l'eau (ANNEXE 01) qui est 0,5 mg/L.

Conclusion

Les résultats des analyses effectuées pendant le stage sont conformes aux normes algérienne et aux normes fixées par l'OMS. Ceci montre que le dessalement est efficace au niveau de cette station car le processus a éliminé la salinité et la turbidité, cette station est nouvelle et les membranes sont en bonne état ce qui traduit le bon rendement de la station.

Résultats et discussion

II. Les analyses bactériologiques

Les photos 1 et 2 résultent des analyses bactériologiques des germes totaux ou revivifiable à 37°C et 22°C, et les coliformes fécaux et totaux de l'eau traitée et l'eau de mer.

L'interprétation de ces résultats est effectuée selon deux volets, les normes algériennes de l'eau potable (2011) et selon les normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (2006).

II.1 L'eau de mer (l'eau de l'entrée)

II.1.1 Les germes totaux ou revivifiable à 37°C et 22°C :



Photo 1 : le résultat des germes totaux à 37°C.

Résultats et discussion

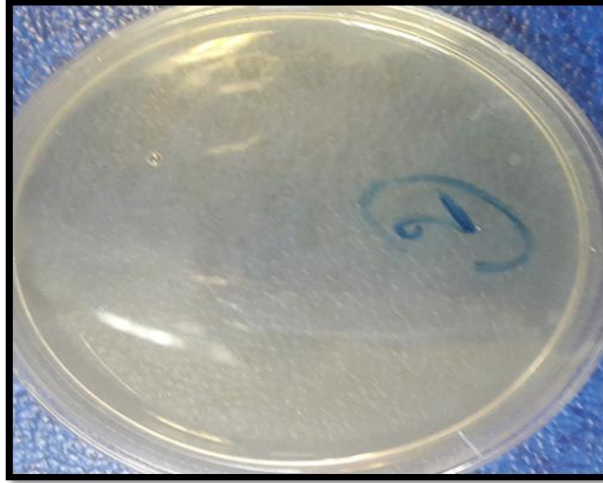


Photo 2 : le résultat des germes totaux à 22°C.

II.1.2 Les coliformes totaux et fécaux :



Photo 3 : coliformes totaux incubé à 37°C.

II.1.3 Interprétation :

1) Pour la boîte des germes totaux à 37°C nous avons trouvé quatre colonies dans 1 ml, ce résultat est conforme aux normes de l'OMS qui est 20 UFC/ 1 ml (TABLEAU A3, 2006).

Résultats et discussion

2) pour la boîte des germes totaux à 22°C nous avons trouvé un résultat négatif (pas de colonie).

3) pour les tubes des coliformes totaux nous observons un changement de couleur dans trois tubes vers le jaune, Mais pas de dégagement de gaz important, donc le résultat est négatif.

Remarque :

L'eau de mer qui est pompée à la station répond aux normes, la qualité hygiénique est excellente.

II.2 L'eau traitée dessalée (expédition) :

II.2.1 Les germes totaux ou revivifiable à 37°C et 22°C :

Pour la boîte des germes totaux à 37°C et à 22°C, nous avons trouvé un résultat négatif, aucune colonie (photos 4 et 5).

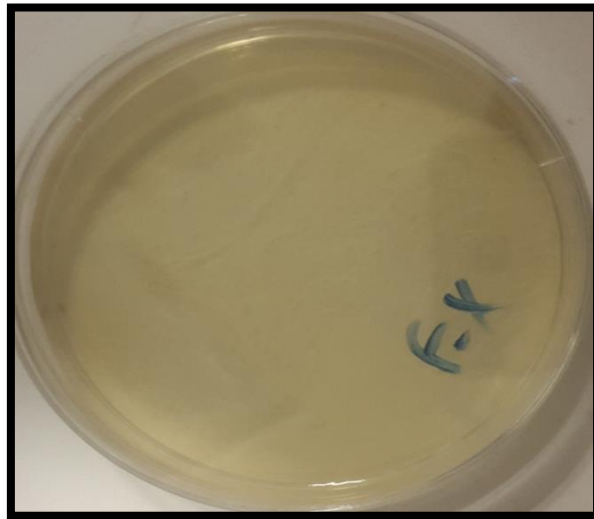


Photo 4 : le résultat des germes totaux à 37°C.

Résultats et discussion

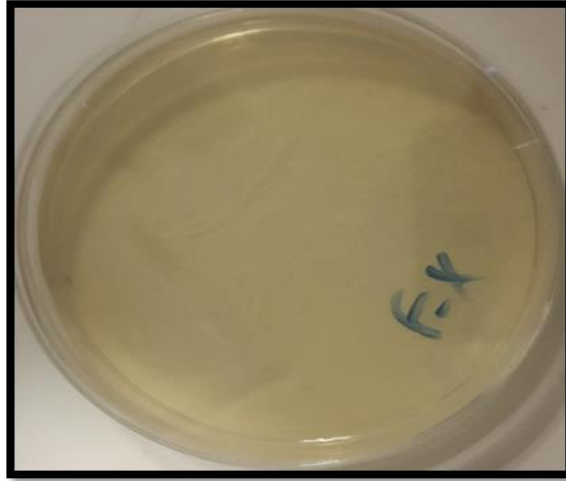


Photo 5 : le résultat des germes totaux à 22°C.

II.2.2 Les coliformes totaux et fécaux :

Pour les tubes des coliformes totaux (photo 6), nous n'avons observé aucun changement de couleur ni dégagement de gaz, c'est un résultat négatif conforme aux normes de l'OMS qui est zéro CT/100ml (TABLEAU A3, 2006).

Résultats et discussion



Photo 6 : le résultat des coliformes totaux incubé à 37°C.

Remarque :

D'après les résultats bactériologiques obtenus nous pouvons dire que les eaux dessalées issues de la station dessalement chat EL Hilal sont propres à la consommation humaine, sans danger pour la santé.

Nos résultats concordent et conforme avec ceux d'autres études (Zouag et Belhadj, 2017).

Conclusion générale

Le dessalement d'eau de mer est devenu un enjeu important pour pallier le manque d'eau dans certaines régions du monde où la ressource en eau devient rare. Avec le développement technologique, l'osmose inverse prend de l'avance sur les autres techniques de dessalement à savoir la distillation thermique.

Des stations de dessalement de l'eau de mer ont été réalisées en Algérie pour assurer une disponibilité permanente en eau potable, saine et salubre.

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre projet de mémoire de fin d'étude réalisé à la station de dessalement de CHAT EL HILLEL qui est conçue pour produire 200 000m³/j.

En vue d'évaluer la qualité de l'eau produite par cette station, nous avons effectué des analyses physico-chimiques et bactériologiques à travers lesquelles nous avons jugé le fonctionnement du procédé adopté par la station.

Les résultats des analyses effectuées pendant le mois de Mars 2019 démontrent que le procédé de dessalement est efficace au niveau de cette station. En effet, il a éliminé la salinité et la turbidité de l'eau de mer.

Les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques sont conformes aux normes algériennes et à celles de l'OMS. L'eau traitée a une bonne qualité hygiénique.

Les étapes de prétraitement utilisées dans la station garantissent le bon entretien des équipements de l'usine, une longue durée de vie des membranes et une production d'eau douce en quantité et qualité remarquables.

La maîtrise de l'énergie est un paramètre important dans le rendement de l'installation par la récupération de l'énergie.

Enfin, la station de dessalement a réglé le problème d'alimentation en eau potable de la wilaya d'Ain-Temouchent et ces régions.

Conclusion générale

Bibliographie

- ✚ **Abderrazak, A**, « procédé de dessalement et qualité physico-chimique de l'eau dessalée par la station de dessalement de l'eau de mer de Honaine », Tlemcen, 2014.
- ✚ **ABSAR, B**, «Modélisation et Simulation de Systèmes de Dessalement d'Eau de Mer par Osmose Inverse et Energies Renouvelables », Mostaganem, 2012.
- ✚ **AMITOUCHE, M**, «IMPACTS DES REJETS DES STATIONS DE DESSALEMENT SUR LE MILIEU RECEPTEUR », Biskra, 2016.
- ✚ **Algerian of Water (2012)**, Desalination of seawater, Algiers.
- ✚ **ALGERIENNE DES EAUX (ADE)**, rapport, 2007.
- ✚ **Bushnak, A. (2012)**, Évaluation des meilleures technologies disponibles pour le dessalement en zones rurales/locales. Rapport final, Gestion Intégrée Durable de l'Eau – Mécanisme de Soutien (SWIM - SM)
- ✚ **BOUTRIAA, A**, «EFFET DES PARAMETRES DE FONCTIONNEMENT SUR LES PERFORMANCES D'UN DISTILLATEUR SOLAIRE », Constantine, 2009.
- ✚ **BOUKELLAL, I, Et HANANE, A**, «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 », Bejaia, 2015.
- ✚ **BOUGIS, J**, «Revue des aspects maritimes du dessalement d'eau de mer », Revue Paralia, Vol. 6, 2013.
- ✚ **BOUCHARD M. (2008)**. Évolution temporelle et modélisation des coliformes dans une source d'eau potable. Mémoire (M. Sc). Université de Laval. Québec. 98p.
- ✚ **Brown et al, 1997**
- ✚ **Clement 1979** « Larousse agricole » édition Larousse p48.
- ✚ **Chemloul & Medjadji 1997 ; GIS, 1996** : De nombreuses substances de synthèse issues du génie humain ont la capacité d'engendrer les détergents, les biocides, les pesticides (DDT, Lindane...), les métaux lourds (Pb, Cd, Hg...),
- ✚ **CHENAOUI B. (2010)**. Dessalement de l'eau de mer à la station de MAINIS et son impact sur l'environnement. Séminaire Ouargla. Université de Chlef.
- ✚ **CHAIB, F, Z, & BENKRAMA, F, Z**, « Dessalement d'eau de mer dans la willaya d'AIN TEMOUCHENT (cas de la station de Chat El Hillel "Béni Saf") », Ain Témouchent, 2014.

Bibliographie

- ✚ **D F I. (2005).** Département fédéral de l'intérieur, confédération suisse .Ordonnance sur l'eau potable, l'eau de source et l'eau minérale du 23 novembre 2005 (Etat le 1er janvier 2014). N 817.022.102
- ✚ **Département d'Hydraulique, Tlemcen** « l'influence de la force ionique sur le dessalement des eaux faiblement saumâtres », 2014, 171p
- ✚ **DUNGLAS J. (2014).** Le dessalement de l'eau de mer, une nouvelle méthode pour accroître la ressource en eau. Groupe eau. Académie d'agriculture de France.
- ✚ **DUMOULIN L. MANTHA M .M.** Boire de l'eau pourquoi et combien ? Révision médicale : D Paul Lépine, M.D., D.O. Le 26 septembre 2005, Mise à jour : mai 2009.
- ✚ **DJERMOUNE, L, & KHERBACHE, N, & YAICHE, S,** « Calcul du coût de revient d'un titre de transport urbain Gestion et valorisation des ressources en eau : Cas de la Daïra de Kherrata Cas de l'ETUSB (Béjaia) », Béjaia, 2017.
- ✚ **DITMAN M. (2009).** L'eau introduction.
- ✚ **Gravez & Bernard, 2006 :** pollution marine : les définitions www.com.univ.mrs.fr.
- ✚ **Gestion de l'eau en Algérie :** Analyse sur les acteurs, la demande et la tarification de l'eau », thèse de doctorat d'état en sciences économiques. 21/02/2001.
- ✚ **Ghali, F, & Hammou, F,** «Etude de la qualité physico-chimique de l'eau de mer des trois sites « Salamandre, Sablette et Sidi Medjdoub », Mostaganem, 2017.
- ✚ **HUOT A. (2010).** Eau et santé. La revue Biocontact, n°200.
- ✚ **HACHEMAOUI, B,** «QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU DESSALEE ET TRAITEE PAR LA STATION DE DESSALEMENT DE L'EAU DE MER DE SOUK TLATA - *TENEURS EN BORE, NITRITES, NITRATES ET METAUX LOURDS* - », TLEMCEN, 2014.
- ✚ **HASLAY C. et LECLERC H.,** Microbiologie des eaux d'alimentation, technique et documentation, édition Lavoisier, Paris, 1993.
- ✚ **HALLOUFI O. (2010).** Etude de la performance d'un distillateur solaire par un système de préchauffage solaire de l'eau saumâtre. Mémoire de Magister. Université Mentouri. Algérie. 82 p.
- ✚ **Hedges, 1992 in Kholté, 2011**
- ✚ **Kettab A., Ait Mouhoub D., Ouarda T., Bobbee B.,** Contribution à l'étude du phénomène de la sécheresse sur les régions littorales de l'Algérie, février (2004).

Bibliographie

- ✚ **Kholté, F**, « Etude du procédé de dessalement de l'eau de mer par Osmose Inverse au sein de la SAMIR Optimisation de la clarifloculation », Sidi Mohammed Ben Abdellah, 2011.
- ✚ **KHERBACHE, N**, «La problématique de l'eau en Algérie : Enjeux et contraintes », BÉJAIA, 2014
- ✚ **Kehal, S**, « rétrospectives et perspectives du dessalement en Algérie », Alger, 2000.
- ✚ **MAUREL A. (2006)**. Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres, 2eme édition, TEC & doc.286p.
- ✚ **Moll 1990** circulations in the western méditerranéens se oceanologica acta (2) 134149.
- ✚ **Michelle et Dominique 1994** « dictionnaire des constantes physique et biologique » édition maloine p99.
- ✚ **Mostefaoui, L**, «Dessalement d'eau de mer par osmose inverse, fonctionnement et effets des paramètres sur le rendement », Ain-Temouchent, 2016.
- ✚ **NECHAKH, F, & REFFAD, S, & TLIDJANE, A**, « caractérisation physico-chimiques et bactériologiques de quelques sources principales d'approvisionnement en eau potable dans la région de dahouara (hammam N'Bail) », GUELMA, 2015.
- ✚ **OLIVAUX Y. (2007)**. La nature de l'eau. Ed. Marco Pietteur. France. 563 p.
- ✚ **Rejsek F. (2002)**. Analyse des eaux ; aspects règlementaires Et techniques. Sceran. Paris.360p.

- ✚ **RODIER J., LEGUBE B., MERLET N., BRUNET R., MIALOCQ J C., LEROY P., HOUSSIN M., LAVISON G., BECHEMIN C., VINCENT M., REBOUILLON P., MOULIN L., CHOMODÉ P.,DUJARDIN P.,GOSSELIN S., SEUX R., ALMARDINI F. (2009)**. L'analyse de l'eau. 9^{ème} Ed. Dunod. France. 1511 p.
- ✚ **RODIER J. (2009)**. L'analyse de l'eau .9eme édition© Dunod, Paris, 2009. ISBN 978-2-10- 054179-9. 1526p.
- ✚ **RAPINAT M. (1982)**. L'eau. Presse universitaire de France.1re édition : 1982 ISBN 2130375626.127 p.

- ✚ **SOUFI, N, et BOUDJEMA, H, (2011)** «Mémoire de fin d'étude des ingénieurs en génie des procédés de l'environnement université des sciences et la technologie (étude des performances d'une station de dessalement) (station de BOUSFER-Oran). »

Bibliographie

- ✚ **Société publique de gestion de l'eau**, « l'eau sous différentes formes », page consultée le 1er février 2016.
- ✚ **TANSAKUL, C, 13 novembre 2009**. «Pdf doctorat de l'université de toulouse, spécialité : Génie des Procédés et de l'Environnement Ecole doctorale MEGEP, (Procédés hybrides à membranes pour le prétraitement d'eau de mer avant dessalement par osmose inverse). »
- ✚ **TAHRAOUI D.N. (2010)**. Qualité des eaux de mer après dessalement au niveau de la station de dessalement de la ville de Ténès (Chlef) et l'impact de dessalement sur l'environnement (milieu aquatique). WATMED5, lille-France.
- ✚ **VINCENT, 2006** : étude d'expertise en aquaculture – environnement – pêche pollution. Saint-Maximin- France.
- ✚ **Water Desalination Report**, WDR Volume 43, Issue N°44- Novembre 2007
- ✚ **ZOUAG, B, & BELHADJ, Y** « Analyse physico-chimique et bactériologique et parasitologique de l'eau de mer traitée par la station de dessalement de Souk Tleta«Tlemcen», Telemcen, 2017.

Bibliographie

ANNEXES

ANNEXE 1 (TABLEAU A1) : Paramètres physico-chimiques (Normes Algérienne mars 2011).

Paramètre	Unité	Niveau guide	Concentration Max-admissible	Observation
pH		6.5 à8.5		
Température	C°	25		
Conductivité	µS/cm à 20°C	-	2280	
Résidu Sec	mg/l après séchage à105°C	-	2000	En Correspondance avec la normalisation Des eaux
Dureté total	mg/l CaCO ₃	100	500	
Turbidité	NTU	–	5	/
Calcium	mg/l		200	
Chlorure	mg/l		500	

ANNEXE 2 (TABLEAU A2) : Lignes directrices de l'OMS 2003 et OMS 2006 en ce qui concerne la qualité de l'eau potable.


Elément/ substance	Symbole	Concentration normalement trouvée dans l'eau de surface	Lignes directrices OMS 2003	Lignes directrices OMS 2006
Dureté	mg/l en <u>CaCO₃</u>		500 ppm	200 ppm
pH			Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5	Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5
Chlore	Cl		Pas de valeur mais on peut noter un goût à partir de 250	Pas de valeur mais on peut noter un goût à partir de 250

			mg/l	mg/l
Température	°C			25
Conductivité électrique	µS/cm		/	< 1500
Calcium	mg/l		/	100

ANNEXE 3 (Tableau A 3) : les normes bactériologiques des eaux potables selon l'OMS.

Paramètres	Unités	Norme Algérienne (2011)	Norme de l'OMS (2006)
Germes totaux à 37°C	UFC/1ml	/	20
Germes totaux à 22°C	UFC/1ml	/	100
Coliformes totaux	CT/100ml	/	0
Coliformes fécaux	CF/100ml	0	0
Sterptocoques fécaux	SF/100ml	0	0
ASR	Spore /20ml	0	0

ANNEXE 4 : contrat de vendre de l'eau entre la station et ADE.

	CONTROLE DE QUALITE DE L'EAU COMMERCIALISEE	VERSION 1.1
IMP .008		Février 11

Date et Heure de prise d'échantillon : le .../.../... à ...H.....	Nom et Prénom de l'opérateur :	Signature :
---	--------------------------------------	-------------

<u>Analyse effectuée</u>	<u>Unité</u>	<u>Qualité garantie</u>	<u>Résultat des analyses</u>	<u>Observation</u>
PH		8 à 8.5		
<u>Alcalinité</u>	ppm CaCO ₃	65		
Dureté	ppm CaCO ₃	50 à 65		
<u>Indice Langelier</u>		0 à 0.4		
<u>Chlore résiduel</u>	ppm	0.5		

Résumé :

Le dessalement par osmose inverse est un moyen industriel fiable qui permet de produire de l'eau potable à partir de l'eau de mer ou des eaux saumâtres et cela dans l'objectif de satisfaire les besoins de l'industrie, l'agriculture et populations par provision de l'eau propre à la consommation.

L'objectif de notre travail est l'évaluation de l'efficacité du dessalement par osmose inverse pour d'étudier la qualité de l'eau produite par les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques, il en résulte que l'eau traitée répond aux critères nationaux de potabilité.

Mots clés : Eau de mer ; Osmose Inverse ; SDEM de Beni Saf ; Analyses physico-chimiques et bactériologique ; Eau traitée.

Summary:

Reverse seawater desalination is a reliable industrial method for producing drinking water from seawater or salt water to meet the needs of industry, agriculture and Population by providing clean water for consumption.

The objective of our work is to evaluate the efficiency of reverse osmosis desalination to study the water quality resulting from physical, chemical and bacteriological analyzes, and consequently the responses of treated water are national capacity standards.

Keywords: Sea water; Reverse Osmosis SDEM of beni saf; Physical and chemical analyzes. Water treatment.

الملخص:

تحلية مياه البحر هي طريقة صناعية موثوقة لإنتاج مياه الشرب من مياه البحر أو المياه المالحة لتلبية احتياجات الصناعة والزراعة و السكان من خلال توفير المياه النظيفة للاستهلاك.

الهدف من عملنا هو تقييم كفاءة تحلية مياه البحر بالتناضح العكسي لدراسة نوعية المياه الناتجة عن التحليلات الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية ، وبالتالي فإن المياه المعالجة هي مطابقة للمعايير الوطنية.

الكلمات المفتاحية: مياه البحر؛ التناضح العكسي SDEM بني صاف . التحليلات الفيزيائية والكيميائية. معالجة المياه .