

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
ET DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS
DEPARTEMENT D'ECOLOGIE ET ENVIRONNEMENT



Projet de Fin d'Étude pour l'Obtention du Diplôme de Master
en Ecologie et Environnement

Laboratoire des Produits Naturels

Thème:

*Impact des stations de dessalement de l'Eau de mer sur le
littoral cas de la Station Souk Tlata
(Tlemcen)*

Présenté par :

Mr BENSALÉM Mohammed

Soutenu en Octobre 2012 devant le jury composé de :

Présidente Mme BENDIMERAD N.

Professeur

Examineur Mr LAZOUNI H.

Maître de conférences A

Promoteur Mr BENMANSOUR A.

Professeur

Table des matières

Introduction générale	01
------------------------------------	----

Partie théorique

Chapitre 1 : Sources des eaux

1.1 Introduction.....	03
1.2 Le cycle de l'eau.....	03
1.2.1. Précipitations.....	03
1.2.2. Ruissellement.....	03
1.2.3. Evatranspiration.....	03
1.2.4. Infiltration.....	04
1.2.5. Cycle de l'eau.....	04
1.3. Différentes sources d'eau	05
1.3.1. Eaux souterraines.....	05
1.3.2. Eaux de surface.....	06
1.3.3. Eaux salines.....	06
1.3.3.1. Origine de la salinité.....	06
1.3.3.2. Eaux saumâtres.....	07
1.3.3.3. Eaux de mer.....	08
1.4. Adéquation entre ressources et besoin en eau.....	10
1.5. Conclusion.....	11

Chapitre 2 : Généralité sur le dessalement de l'eau de mer

2.1. Historique.....	12
2.2. Définition.....	13
2.3. Les principales technologies de dessalement de l'eau de mer.....	13
2.4. Les différents procédés de dessalement.....	14
2.4.1. Procédés par évaporation et distillation.....	14
-distillation à simple effet.....	14

-distillation à multiples effets.....	15
-distillation par détente successives (multi-flash).....	16
-distillation par compression de vapeur.....	17
2.4.2. Procédés utilisant les membranes.....	19
-Electrodialyse.....	20
-Osmose inverse.....	21
2.4.3. Comparaison entre distillation et osmose inverse.....	22
2.4.4. Procède divers.....	23
-Echange ionique	23
-Dessalement par congélation.....	24
-Distillation solaire.....	24
2.5. Dessalement de l'eau de mer en Algérie.....	26

Partie expérimentale

Chapitre 3 : Présentation de la zone d'étude

3.1. Situation géographique.....	27
3.2. Relief.....	27
3.3. Facteurs géologique.....	27
3.4. Facteur géomorphologique.....	28
3.5. Facteur physico-chimique du milieu.....	28
1. cadre climatique.....	28.
2. Les vents.....	28
3. Salinité.....	29
3. 4. Courants.....	29
3. 5. Economie.....	30
3.6- Infrastructure touristique.....	30
3.7- La pêche.....	30

Chapitre 4 : Matériel et Méthode

4. A/Matériel biologique et méthode d'analyse	31
1-Matériel.....	31
2-Prélèvement des échantillons.....	31
3-Points d'échantillonnages.....	32
4-Méthode de prélèvement.....	32
4. B/Détermination des paramètres physico-chimiques.....	32
1-Paramètres organoleptique.....	32
2-paramètres physico-chimiques.....	32
2.1. Température.....	32
2.2. Acidité de l'eau (pH).....	33
2.3. Turbidité.....	33
2.4. Conductivité.....	33
2.5. Sels dissous totaux	34
*Méthode pour approcher les valeurs des sels dissous totaux à partir de la conductivité.....	34
2.6. Salinité.....	34
*Relation conductivité-salinité.....	34
-2.7.Détermination du chlorure et de sodium.....	34
-2.8.Détermination du taux de nitrates (NO ₃).....	35
-2.9.Détermination du taux de nitrites (NO ₂).....	35
-2.10.Dosage de carbone et bicarbonate.....	35
-2.11.Détermination de la dureté totale.....	36

Chapitre 5 : Résultat et discussion

5.1. Résultat.....	37
5.1.1. Résultat physico-chimique.....	37
5.2. Discussion.....	37
5.2.1. PH.....	37

5.2.2. La résistivité électrique et conductivité.....	37
5.2.3. Salinité-TDS-.....	38
5.3. Interprétation des résultats.....	39
5.3.1. Concernant l'eau de mer.....	40

Chapitre 6 : Impact sur l'environnement

6.1-Origine et type des émissions et rejets.....	43
6.1.1Emissions atmosphérique.....	43
1.1. Rejets chimique.....	43
1. Produit de la corrosion.....	43
2. Agents anti taire.....	44
3. Agents antisalissure.....	44
4. Agents anti mousse.....	45
6.1.3. La saumure concentrée.....	45
6.2-Impact sur l'environnement.....	46
6.2.1. Effets dus au produit de la corrosion	47
6.2.2. Effets dus aux additifs antitartres.....	48
6.2.3. Effets de l'additif antisalissure.....	48
6.2.4. Effets de l'additif anti mousse.....	48
6.2.5. Effets du concentre (saumure).....	48
Conclusion.....	52

Références bibliographiques

Liste des tableaux

Tableau 01 : Bilan du cycle de l'eau suivant la saison.....	04
Tableau 02 : Composition chimique d'une eau saumâtre (région Ouargla).....	08
Tableau 03 : Composition chimique de l'eau de mer.....	09
Tableau 04 : Procédés de distillation.....	19
Tableau 05 : Procédés utilisant les membranes.....	22
Tableau 06 : Comparaison entre distillation et osmose inverse.....	23
Tableau 07 : Autre procédés.....	26
Tableau 08 : Résultat des analyses physico-chimique (Mars, Avril, 2012).....	39
Tableau 09 : Grille d'impacts néfastes sur l'environnement associés aux procédés de dessalement.....	46

Liste des abréviations

OI : Osmose Inverse.

Ppm : partie par million.

Q : débit.

SDI : Silt Densité Indexe.

TDS : Taux Des Sels dissout.

UV : Ultra Violet.

TH : Dureté Totale.

TAC : Titre Alcalimétrique Complet.

CMA : Concentration Maximale Admissible.

NG : Niveau Guide.

OMS : Organisation Mondiale de la santé.

ADE : Algérienne Des Eaux.

EB : Eau Brute.

ET : Eau Traité.

ER : Eau Rejeté.

Cl_{resd} : Chlore résiduelle.

STEP : Station d'épuration.

ISO : Organisation Internationale de standardisation.

QSP : Quantité Suffisante Pour.

OMS : Organisation Mondiale de la santé.

% : Pourcentage.

C° : Degré Celsius

M.S.F : Multi-Stage-Flash.

ME : Multiple effet.

ADE : Algériennes des eaux.

Liste des figures

Figure 1 : Cycle de transformation de l'eau dans la nature.....	05
Figure 2 : Distillation à simple effet.....	15
Figure 3 : Distillation à multiples effets.....	16
Figure 4 : Distillation par détente successives.....	17
Figure 5 : Distillation par compression de vapeur.....	18
Figure 6 : Principe de l'électrodialyse.....	20
Figure 7 : Principe de dessalement par osmose inverse.....	21
Figure 8 : Déminéralisation totale.....	24
Figure 9 : Distillation solaire.....	25
Figure 10 : Situation géographique de la commune de Souk Tlata.....	29
Figure 11 : Carte géologique de la commune de Souk Tlata.....	31

Dédicaces

Grâce à la volonté dévotée d'Allah notre Dieu tout puissant et bien veillant qui nous a permis d'achever et de présenter ce modeste travail que je dédie à :

La lumière de mes yeux et le bonheur de mon existence « mes parents » pour l'amour qu'ils m'ont porté et pour leurs soutiens et conseils m'ont donné confiance, courage et sécurité.

Qu'ils trouvent ici le témoignage de ma grande affection et amour.

❖ Mes frères : Samir, Farid, Mourad ;

❖ Ma sœur Khadija et son Mari Abdelhakim ;

A Yacine, Ismail, Abdesslam, Rachid, Sofiane, Aziz, Oussama, Fatima, Maghnia, Siham

Sans oublier tous les autres membres de ma famille, ainsi qu'à tous mes amis et collègues.

Enfin, à notre bien aimée- Algérie-



Introduction Générale

INTRODUCTION GENERALE

Les sécheresses répétées qui frappent notre région maghrébine ont accru d'une manière considérable les difficultés d'approvisionnement des populations en eaux tant en quantité qu'en qualité. Ces insuffisances hydriques constituent un risque majeur pour la santé et l'environnement. Nous sommes au 21^{ème} siècle et malgré les considérables avancées

Technologiques, près d'un milliard et demi de la population mondiale n'a pas encore pas d'installations sanitaires élémentaires.

A cet effet, sur le plan de la santé publique, les maladies d'origine hydriques sont responsables du décès d'au moins trois ou quatre millions d'enfants.

Comme l'eau apporte et maintient la vie, elle doit être accessible à tous et être bonne qualité : **L'eau, doit être un droit, car elle est la vie !**

L'Algérie est un pays qui possède des ressources hydriques limitées pour des raisons climatiques, caractérisées par une pluviométrie irrégulière oscillant entre 100 et 600 mm/ans et enregistrant un déficit hydrique estimé à 20% durant les années quatre-vingt-dix.

Ces faits sont aggravés par une période exceptionnelle de sécheresse qui dure depuis une vingtaine d'années. Face à ces graves pénuries d'eau, un programme basé sur de nombreuses stratégies favorables à la diversification des sources en eau potable sont envisagés :

- ✓ Le renforcement des infrastructures hydrauliques (construction de nouveaux barrages).
- ✓ L'interconnexion entre barrages.
- ✓ Les forages.
- ✓ Réalisation des stations de traitement.

Cependant, ces solutions classiques ont retardé la politique de dessalement (dans notre pays) dont les critères suivants plaident en sa faveur :

- ✓ A capacité de production égale, la construction d'un barrage est beaucoup plus Couteuse qu'une station de dessalement.
- ✓ Pour livrer de l'eau aux consommateurs, il faut attendre dix à quinze ans dans le cas d'un barrage et moins de cinq ans dans le cas d'une unité de dessalement.(Maurel A, Jean C-S, Michel R, 2004, Alger).
- ✓ Avec 1600 km de cote, le dessalement offre une ressource inépuisable alors que les barrages dépendent des aléas climatiques.
- ✓ Le programme intensif de construction de barrage a montré ses limites surtout dans les Pays arides et semi-arides comme l'Algérie.
- ✓ Les barrages actuellement en exploitation étant en nombre de 110, connaissent de grands problèmes de gestion :

- L'envasement qui touche la quasi-totalité de ses barrages et qui réduit sensiblement leur capacité de mobilisation d'eau.
- L'eutrophisation de ses barrages, entraînant la dégradation de la qualité de ces derniers.

D'après les propos du ministre A.SELLAL : {.....Sécuriser le pays en matière d'approvisionnement en eau de mer d'une capacité de 40000 à 50000 mètres cubes par jour a été réalisée en 2009, à travers les villes côtières algériennes.

Mais si cette technique permet de dessaler l'eau de mer ; permet-elle réellement de produire une eau potable et quelle est sa qualité ? Et quelle sont les inconvénients sur l'environnement lors du rejet direct de la saumure en eau de mer ?

Dans cet ordre, l'étude qui va suivre a pour objectif de déterminer la qualité de l'eau douce produite à partir d'une eau de mer et d'évaluer aussi l'efficacité des différents traitements appliqués au niveau de la station de dessalement choisie, se situant à Souk Tlata. Aussi, des analyses d'eau saumâtre ont été faites pour voir la nature des rejets.

Pour ce faire, notre travail s'organise autour de trois parties essentielles :

- ✓ La première concernant une étude théorique : ou nous décrivons brièvement les sources d'eaux, généralités sur les techniques de dessalement de l'eau de mer et nous étudierons le procédé du dessalement de l'eau de mer par osmose inverse.
- ✓ La seconde partie s'intéressant à la partie pratique qui consiste à suivre les étapes de dessalement, et a testés ainsi la qualité d'eau produite et ce, à travers des analyses physico-chimique déterminant la nature de rejet de la station.
- ✓ La troisième partie s'intéressant a étudié les différents impacts environnementaux dus aux rejets des saumures et la consommation énergétique des stations de dessalement
- ✓ Après Enfin, nous terminons par une conclusion générale.

Partie théorique

Chapitre I

Sources des eaux

1.1: Introduction

L'homme a recours généralement, pour satisfaire ses propres besoins en eau et permettre l'usage de l'eau dans ses diverses activités industrielles et agricoles, à trois types de ressources naturelles :

- ✓ Les eaux de surface (rivières, fleuves et lacs).
- ✓ Les eaux souterraines.
- ✓ Les eaux salines (eaux de mer et saumâtre).

L'eau à l'état naturel (superficielle, souterraine ou saline) n'est jamais « pure » ; c'est un milieu vivant qui se charge très divers éléments en contact des milieux qu'elle traverse et sur lesquels elle ruisselle (Dégréement, 2005).

1.2: Le cycle de l'eau

L'eau sous ses différents états physiques (gazeux, liquide, solide) suit un vaste cycle dans la nature.

1-2-1 : Précipitations

La vapeur d'eau atmosphérique se condense en nuages qui engendrent les précipitations sous forme de pluie, de neige ou de grêle. Ces précipitations constituent actuellement l'origine de presque toutes nos réserves en eau douce. Elles sont les facteurs essentiels. La mesure des précipitations s'exprime par la valeur de la lame d'eau moyenne tombée annuellement à un endroit considéré.

1-2-2 : Ruissellement

Parvenue sur le sol, une partie des précipitations s'écoule à sa surface vers le réseau hydrographique et les étendues d'eau libre (lacs, mers, océans), c'est le ruissellement de surface. Il ne faut pas confondre ce ruissellement avec l'écoulement qui comprend en plus le déversement des nappes souterraines.

1-2-3 : Evapotranspiration

C'est la somme de toutes les pertes par transformation vapeur. On distingue deux composantes :

- ✓ L'évaporation constituée par le retour direct de l'eau à l'atmosphère et qui est un phénomène purement physique dépendant en particulier du déficit hygrométrique, c'est-à-dire de la différence entre la pression de vapeur saturante à la température considérée et la pression de vapeur réelle.
- ✓ L'autre composante est constituée par la transpiration des plantes qui est égale au volume d'eau transitant par les plantes et nécessaire à la croissance. On l'estime de 300 à 100 L d'eau par kilogramme de matière sèche végétale. La transpiration se produisant par les feuilles, l'eau contenue dans la plante est constamment renouvelée

par les racines qui « pompent » l'humidité du sol. La transpiration est loin d'être un phénomène négligeable.

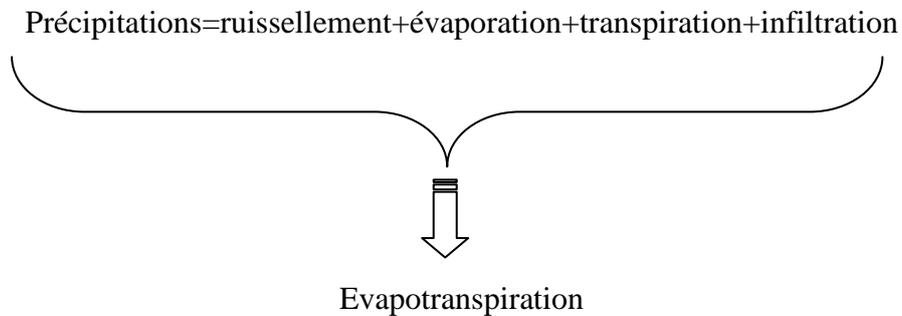
1.2.4. Infiltration

Une partie des précipitations pénètre dans le sol et dans le sous-sol ou elle alimente les eaux souterraines constituant le stock d'eau du sol et les réserves des nappes aquifères. Une partie de ces eaux souterraines retourneront naturellement ou artificiellement à la surface du sol d'où elle participera à l'écoulement générale ou à l'évaporation.

1.2.5. Cycle de l'eau

En définitive, il existe une circulation de l'eau analogue à celle que provoquerait un gigantesque appareil distillatoire.

Le cycle se trouve donc fermé comme le montre le schéma de la figure 1 (Hoepner,H.1999), ce qui traduit par un bilan global exprimant l'égalité des pertes et des gains :



Les éléments du bilan hydrologique peuvent être évalués localement dans des installations expérimentales appelées lys mètres qui utilisent le sol lui-même comme appareil de mesure. Sous nos climats et dans une région de sol sédimentaire, les éléments du bilan se décomposent suivant la saison comme indiqué dans le tableau 1.

Tableau 01-Bilan du cycle de l'eau suivant la saison

Etape	En été	En hiver
Ruissellement.....	15%	25%
Evaporation.....	25%	10%
Infiltration.....	25%	65%
Transpiration.....	35%	

Les chiffres du tableau 1 nous montrent l'influence des précipitations hivernales pour la constitution des réserves, principalement pendant la fonte des neiges. Toutes ces données sont des données moyennes, car elles dépendent de la topographie et de la nature de la roche constitutive du sol.

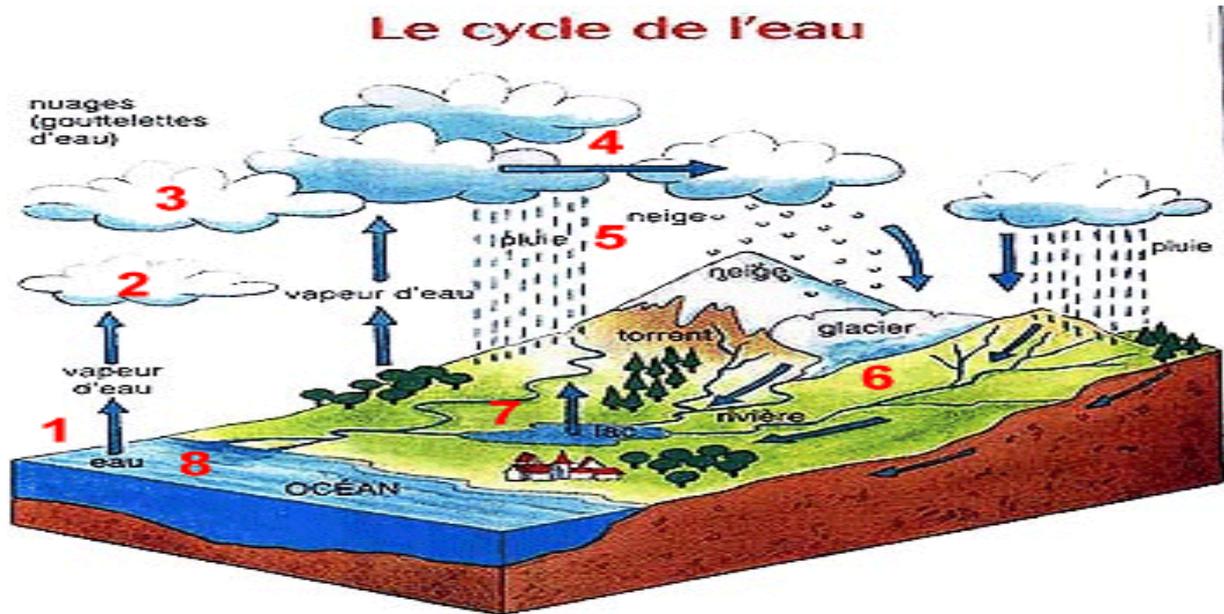


Figure 01 : Cycle de transformation de l'eau dans la nature

1.3. Différentes sources d'eau

1.3.1. Eaux souterraines

Les eaux, qui ne se sont ni évaporées ni retournées à la mer par ruissellement, s'infiltrent dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines. La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains.

En cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs Aquifères appelés nappes (Dégréement, 2005).

La nature géologique du terrain a une influence déterminante sur la composition chimique de l'eau retenue. A tout instant, l'eau est en contact direct avec le sol dans lequel elle stagne ou circule ; il s'établit un équilibre entre la composition du terrain et celle de l'eau. Les eaux qui circulent dans les sols calcaires sont bicarbonatées calciques.

Parmi les caractéristiques des eaux souterraines, on peut remarquer une faible turbidité, une température et une composition chimique constante, ainsi qu'une absence presque totale d'oxygène. Les eaux souterraines sont souvent d'une grande pureté bactériologique. Les eaux souterraines ont pendant longtemps été synonymes des « eaux propres ». Elle répondaient naturellement aux normes de potabilité. Lorsqu'une nappe souterraine se pollue, il lui est très difficile de retrouver sa pureté originelle ; les polluants ayant contaminé la nappe sont en effet non seulement présents dans l'eau mais également fixés, absorbés par les roches et minéraux du sol (Dégerment, 2005).

1.3.2. Eaux de surface

Ce terme englobe toutes les eaux répandues sur la surface des continents : qu'elles soient en stagnation ou stockées. Elles ont pour origine des nappes profondes dont l'émergence constitue soit une source de ruisseau ou de rivière (Dégréement, 2005).

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versants. Au cours de son cheminement, l'eau dissout les différents éléments constitutifs des terrains par échange à la surface et au contact de l'atmosphère ; ces eaux se chargent en gaz dissous (oxygène, azote, gaz carbonique). Les eaux de surface sont rarement potables ; elles sont généralement polluées bactériologiquement, cette pollution est d'origine :

✓ Urbaine : rejets provenant de la collecte des eaux résiduaires urbaines (métabolisme de l'homme, confort domestique) même après leur traitement.

✓ Industrielle : polluants et micropolluants organiques (métaux lourds, ammoniacs, produits toxiques).

✓ Agricole : engrais et autres produits (pesticides en générale) entraînés par les eaux de ruissellement ; à ceux-là, s'ajoutent les rejets organiques dus à la présence d'élevage importants d'animaux (Rapport Technique, 2005).

1.3.3. Eaux salines

1.3.3.1. Origine de la salinité

Les premières théories scientifiques sur l'origine du sel de la mer d'Edmond Halley qui proposa en 1715 que le sel et les autres minéraux y sont amenés par les rivières : l'écoulement de l'eau en surface (eau de pluie) et dans les rivières arrache des ions par dissolution des roches. Les eaux douces souterraines et de surface sont donc très légèrement salées à cause de ses ions ; ces ions sont entraînés jusqu'à l'océan ; ou ils restent, tandis que, l'évaporation entraîne leur concentration (Rapport Technique, 2005).

Le sodium a été arraché au plancher océanique lors de la formation initiale des océans.

La présence de l'autre ion dominant du sel, l'ion chlorure, provient du « dégazage » du chlorure d'hydrogène (sous la forme d'acide chlorhydrique) ainsi que d'autres gaz de l'intérieur de la Terre, via les volcans et les monts hydrothermaux. Les ions sodium et chlorure sont ensuite devenus les constituants majeurs du sel des mers.

La salinité moyenne des océans est stable depuis plusieurs milliards d'années, le plus probablement grâce à un processus tectonique et chimique qui enlève autant de sel en arrive par les rivières.

Les ions chlorure et sodium sont ainsi enlevés par les dépôts d'évaporite ; les « roches salines », La « grésification » (le dépôt de sels dans l'eau interstitielle) et les réactions chimiques avec le basalte des fonds marins (Rapport Technique, 2005).

Depuis la création des océans, le sodium n'est plus arraché au fond des océans, mais capturé dans les couches de sédiments couvrant les fonds marins. D'autres théories affirment que la tectonique des plaques entraîne une partie du sel sous les masses continentales, ou il remonte lentement à la surface (Rapport Technique, 2005).

1.3.3.2. Eaux saumâtres

Les eaux saumâtres ont comme caractéristique une salinité de 1 à 10 g/l. Parfois, même les eaux de surface, le plus souvent souterraines, sont chargées en sels dissous qui proviennent des sols traversés (Metaiche M, Blida 2000).

La composition chimique des eaux saumâtres varie donc en fonction de la nature des sols traversés ; de leur vitesse de circulation et du temps de contact. Etant moins concentrées en sels que l'eau de mer, l'utilisation des eaux saumâtres à des fins moins concentrées en sel que l'eau de mer, l'utilisation des eaux saumâtres à des fins domestiques est plus avantageuse. Il y a lieu de signaler que leur composition chimique varie selon la région et la saison.

Le Tableau 02 donne un exemple de la composition chimique des eaux saumâtres.

Les variations de la composition chimique dépendent de plusieurs paramètres ; l'eau qui pénètre dans le sol dissout les sels qui composent l'écorce terrestre. Les principaux sels qui peuvent être dissous en assez grande quantité sont le CaCO_3 et Na Cl . Indépendamment de la composition chimique et de la structure physique des roches, d'autres facteurs interviennent également parmi les quelles nous citons :

- ✓ Les matières déjà dissoutes (la solubilité varie avec la force ionique). ainsi les eaux chlorurées et gypseuses. Ces dernières peuvent contenir en solution des quantités de sulfate de calcium supérieures à la solubilité de sulfate de calcium dans l'eau pure.
- ✓ Le phénomène d'évaporation, ce paramètre est principalement lié non seulement aux conditions chimiques mais aussi à la profondeur des nappes souterraines (Maurel A, Lavoisier, France, 2001).

Tableau 02. Composition chimique d'une eau saumâtre (région d'Ouargla)
(Rapport d'analyse, Région Touggourt, 2007)

Paramètre	Unité	Concentration
Conductivité	$\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$	2640
Ca^{++}	Mg/L^{-1}	262,65
Mg^{++}	Mg/L^{-1}	52,14
Na^+	Mg/L^{-1}	189
K^+	Mg/L^{-1}	2,37
Cl^-	Mg/L^{-1}	308,19
SO_4^-	Mg/L^{-1}	508,07
HCO_4^-	Mg/L^{-1}	428,2
Dureté Totale (TH)	$^\circ\text{F}$	87,4
Turbidité	NTU	2,43
pH	-	7,14
Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	$^\circ\text{F}$	35,1
NH_4^+	Mg/L^{-1}	0,34
NO_3^-	Mg/L^{-1}	0,05
PO_4^-	Mg/L^{-1}	<0,09

1.3.3.3. Eaux de mer

a) Composition de l'eau de mer

La composition varie d'une saison à une autre et d'une région à une autre. D'une façon générale elle possède la composition suivante :

✓ Salinité : La salinité de l'eau de mer exprimée en g/L^{-1} change à une autre, selon sa

Situation géographique. Les salinités les plus basses se concentrent au voisinage des deux pôles : elles augmentent au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'équateur. (Cheknane B, Blida 2005)

La salinité des mers ouverts, telles que les océans, est de l'ordre de $35 \text{ g}/\text{L}^{-1}$, et est considérée comme une salinité standard. Elle peut être différente dans le cas des mers fermées ou peu ouvertes sur les masses océanique (Maurel A Jaen, 2004, Alger).

- Mer Morte $270 \text{ g}/\text{l}^{-1}$
- Mer Méditerranée $36 \text{ à } 39 \text{ g}/\text{l}^{-1}$, Mer Rouge environ $40 \text{ g}/\text{l}^{-1}$

- Mer Baltique 7 g/l⁻¹, Mer Caspienne 13 g/l⁻¹, Mer Noire 20g.l⁻¹

Le tableau (03) présente la composition chimique de l'eau de mer. En dehors du chlorure de sodium qui représente 85% de la salinité totale, s'ajoute des ions bicarbonate, sulfate et calcium. Ces ions sont des sources potentielles d'entartrage qui est lié aux conditions de température, de concentration et du PH (Zermane F, Blida ,2005).

Tableau 03.Composition chimique de l'eau de mer Zermane F, Blida ,2005).

Elément	Eau de mer standard (mg/l ⁻¹)	Eau méditerranée (mg/L ⁻¹)
Salinité totale	35000	38000
Sodium	11049	13200
Magnésium	1318	1440
Calcium	422	428
Potassium	408	480
Sulfate	2750	18670
Chlorure	19497	19250
Bicarbonate	108	157
Nitrate	0,002	0,008
Bromure	67	58
Fluore	1,3	0,9
Iode	0,06	0,08
Plomb (Pb)	<0,001	<0,001
Ph	7,5-8,5	7,5-8,5

- ✓ Matière organique : elle est responsable de la coloration des eaux. Elle est constituée

D'un ensemble complexe et hétérogène de structure organique, de masse moléculaire et de groupements chimiques différents. Ces matières sont d'origine animale ou végétale. L'eau de mer peut contenir des cellules, des œufs ainsi que des organismes animaux vivants et des substances végétales (Bouguerre S, Blida, 2001).

- ✓ Métaux lourds : Dans les écosystèmes aquatiques naturels, les métaux lourds sont de

Concentration faible généralement de l'ordre du nano gamme ou du microgramme par litre. Ils se trouvent dans les sédiments ou en suspension sous une forme complexe. Parmi les métaux lourds entrant dans la composition de l'eau de mer on trouve le : Mercure, Cadmium, Plomb, Argent, Zinc.....etc. Le taux de toxicité dépend de la forme chimique dans laquelle ils se trouvent. Ils ne sont pas dégradables par les bactéries (Maurel A, Lavoisier, France, 2001)

b) Caractéristique physicochimique de l'eau de mer

L'eau de mer possède plusieurs caractéristiques physicochimiques qui peuvent se résumer de la manière suivante :

- ✓ PH : La variation du pH peut être due à une modification de la concentration des

Formes ionisées et dépend de facteurs multiples dont l'origine de l'eau. Le pH moyen de l'eau de mer varie entre 7,5 et 8,4.

- ✓ Température : elle constitue un paramètre très important qui influence la composition

Des eaux marines. Le domaine des températures océanique s'étend de -20°C (température de congélation des eaux de mer) à plus de 30°C . La température moyenne de l'océan est de 4°C , alors que celle des eaux profondes de la Méditerranée est de l'ordre de 13°C .

La température de l'eau de mer peut varier de quelque degré sur les côtes. Sous l'influence des courants polaires, elle peut atteindre jusqu'à 35°C autour de Péninsule Arabique (Maurel A, Jean C-S, Michel R, 2004, Alger)

- ✓ Conductivité : La masse totale des sels dissous dans un 1kg d'eau de mer varie d'une

Eau à une autre. La conductivité étant une grandeur directement mesurée au même titre que la température, la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouve sous forme d'ions chargés électroniquement. La mesure de la conductivité permet donc d'estimer la quantité des sels dissous dans l'eau. La conductivité varie avec la température de l'eau : elle est plus importante lorsque la température est élevée (Zermane F, Blida, 2005).

- ✓ Turbidité : elle est définie comme étant l'aspect trouble de l'eau ; c'est le contraire de la Limpidité. La turbidité de l'eau provient de la combinaison de diverses matières en suspension telles que l'argile, la matière organique ou inorganique en fines particules .L'eau de mer est un milieu vivant qui véhicule d'une part des matières et d'autre part des organismes vivants. La turbidité de l'eau de mer varie de 2 à 25 NTU (Cheknane B, Blida, 2005).

1.4. Adéquation entre ressources et besoins en eau

Les ressources en eau renouvelables offertes par la nature peuvent être estimées à partir des flux du cycle de l'eau et plus particulièrement des flux de circulation des eaux continentales aux environs de $40\,000\text{ Km}^3/\text{an}$. Compte de la population actuelle de la planète qui est d'environ 6 milliards (Akretche J, 2004, Tunisie).

En faite, les problèmes actuels et futurs sont multiples :

- ✓ La population de la planète ne cesse d'augmenter, alors que la ressource reste constante.
- ✓ Dans certains cas, cette ressource diminue par suite des problèmes de pollution.

Ce problème des pénuries d'eau pour l'ensemble des pays de la Méditerranée méridionale et aussi orientale est déjà préoccupant et ne fera que s'aggraver dans les prochaines décennies. Si l'on considère les seuils officiels admis de consommation, ils se situent au dessus de 1700 m³/an/habitant en situation d'abondance .Au-dessous de 1700m³ surviennent des crises périodique ; au dessous de 1000 m³, les pénuries deviennent chronique et au-dessous de 500 m³, il s'agit de pénurie absolue .Or en 2005, cinq Etats du Sud et à l'Est de la Méditerranée devraient connaître une telle pénurie. Il faudra donc, d'ici la, trouver d'autre ressources en eau : dessalement, épuration des eaux usées...etc. (Akretche J, 2004, Tunisie).

1.5. Conclusion

Si les trois quarts de la surface de la terre sont recouverts d'eau salée et si un habitant sur deux souffre de pénurie d'eau potable, et si l'on peut compter sur les aléas de la pluviométrie, sur la longévité de nos ressources souterraines en eau, il est alors légitime que notre pays s'oriente vers le dessalement de l'eau de mer. C'est une réponse rationnelle et appropriée à la crise hydrique qui nous heurte en plein fouet.

Chapitre II

*Généralité sur le dessalement
de l'eau de mer*

2.1. Historique :

Depuis des temps anciens on avait constaté qu'en portant à ébullition de l'eau saline on obtenait, par condensation de la vapeur, de l'eau douce.

Les marines grecs de l'antiquité distillaient déjà de l'eau de mer en utilisant l'énergie solaire.

La première application industrielle de l'évaporation-condensation a été à bord des navires à vapeur vers 1880. Bien que ce soit en 1920 que la première usine de dessalement par voie thermique fut installée à terre (JEDDAH-ARABIE Saoudite), ce n'est qu'à partir de 1960 que des usines de grande capacité voient le jour, principalement au Moyen-Orient.

Les usines de dessalement d'eau de mer utilisent le principe de l'osmose inverse apparaissent à la fin des années 1970. Elles sont tout d'abord adaptées aux faibles capacités de production, pour devenir petit à petit compétitives par rapport à la distillation, et ceci même pour les grandes capacités, du fait principalement de la diminution du prix des membranes et de leurs besoins en énergie électrique. Ainsi, début 2006, il a été mis en service la plus grande usine de dessalement par OI à Ashkelon, avec une capacité de production moyenne de 280 000 m³/j (OIE au 2006)



Il est certain que les ressources naturelles en eau potable en Algérie sont très limitées pour satisfaire les besoins nécessaires qui sont en augmentation croissante. Il est évident et logique

De réfléchir à l'utilisation d'autres méthodes afin de combler le déficit substantiel par l'extraction de sel de l'eau de mer dans le but de le rendre potable.

Ainsi, l'eau est considérée comme une substance changeable d'un état à un autre.

En fait dessaler l'eau de mer de manière à la rendre consommable est possible.

On dispose même Aujourd'hui de nombreux systèmes sont mis au point et dont beaucoup on atteint le stade industriel (Mébariki-Djoudi, 2006).

2.2. Définitions :

Le dessalement consiste à supprimer le sel d'une eau salée ou d'une eau saumâtre pour la rendre potable ou utilisable pour l'irrigation, c'est l'un des moyens mis en place pour lutter contre le manque d'eau en produisant de l'eau douce à partir de l'eau de mer.

2.3. Les principales technologies de dessalement de l'eau de mer :

Les technologies actuelles de dessalement des eaux sont classées en deux catégories, selon le principe appliqué :

- ❖ Les procédés thermiques faisant intervenir un changement de phase :

La congélation et la distillation.

- ❖ Les procédés utilisant des membranes : l'osmose inverse et l'électrodialyse.

Parmi les procédés citées, la distillation et l'osmose inverse sont des technologies dont 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.

Les autres techniques n'ont pas connu un essor important dans le domaine à cause de problèmes liés généralement à la consommation d'énergie et ou à l'importance des investissements qu'ils requièrent.

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

1-Une prise d'eau de mer par pompage et une filtration grossière

2-Un prétraitement avec une filtration plus fine suivi d'addition de composés biocides et de produits antitartre.

3-Le procédé de dessalement

4-Le post –traitement avec une éventuelle reminéralisations de l'eau produites.

A l'issue de ces 4 étapes, l'eau de mer est rendue potable, elle doit alors contenir moins 0,5g de sels par litre (Danis p, 2003).

2.4. Les différents procédés de dessalement :

Il existe un grand nombre de procédés de traitement et de dessalement dont l'application dépend de la taille de l'installation et de la salinité de l'eau à traiter.

Les différents procédés qui sont actuellement les plus utilisés :

- Procédés par évaporation
- Procédés utilisant les membranes
- Procédés divers

2.4.1. Procédés par évaporation et distillation :

La technique de dessalement la plus courante est la distillation.

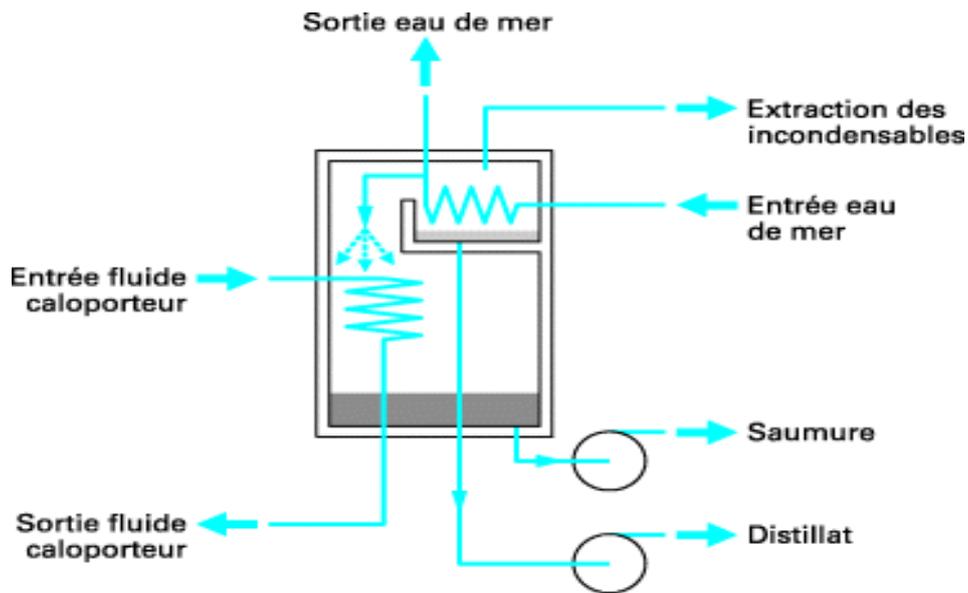
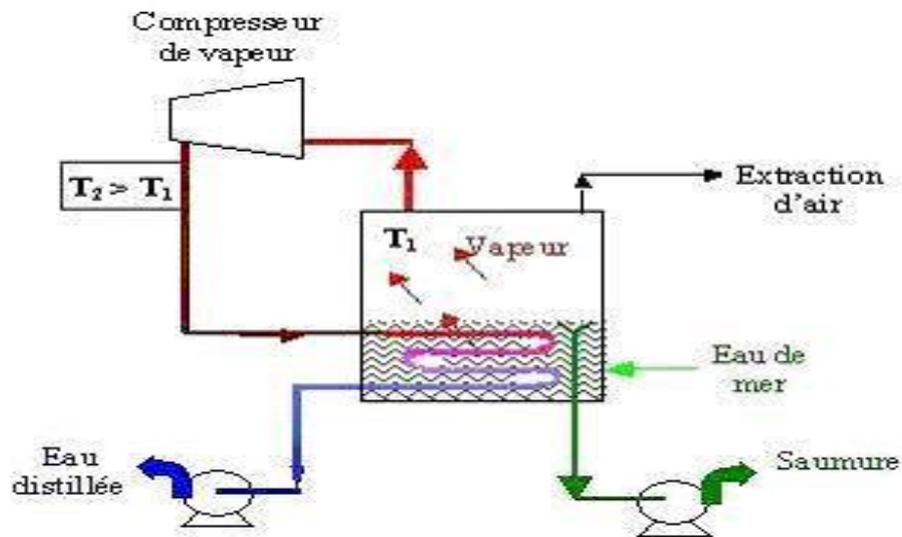
Le principe étant simple, il suffit de faire bouillir l'eau salée de condenser la vapeur ainsi produite tout en s'efforçant en cours de route d'utiliser au maximum de l'énergie thermique apportée, d'où la multiplicité des étages de condensation. Les sels éliminés sont recueillis puis évacués sous forme de solution concentrée appelée saumure (Mébarki-Djoudi, 2006).

-Distillation à simple effet :

Ce procédé consiste à chauffer l'eau de mer mise dans un excipient par la vapeur circulant un faisceau tubulaire plongé dans l'eau de mer.

La vapeur formée est récupérée dans un autre faisceau tubulaire d'érigéant vers un autre récipient. La vapeur condensée dans ce dernier est parcourue par l'eau de mer froide.

Du fait de l'existence d'un seul bouilleur d'où le nom de simple effet (Figure2).



Figure(02) : Distillation à simple effet (Mébarki et Djoudi, 2006).

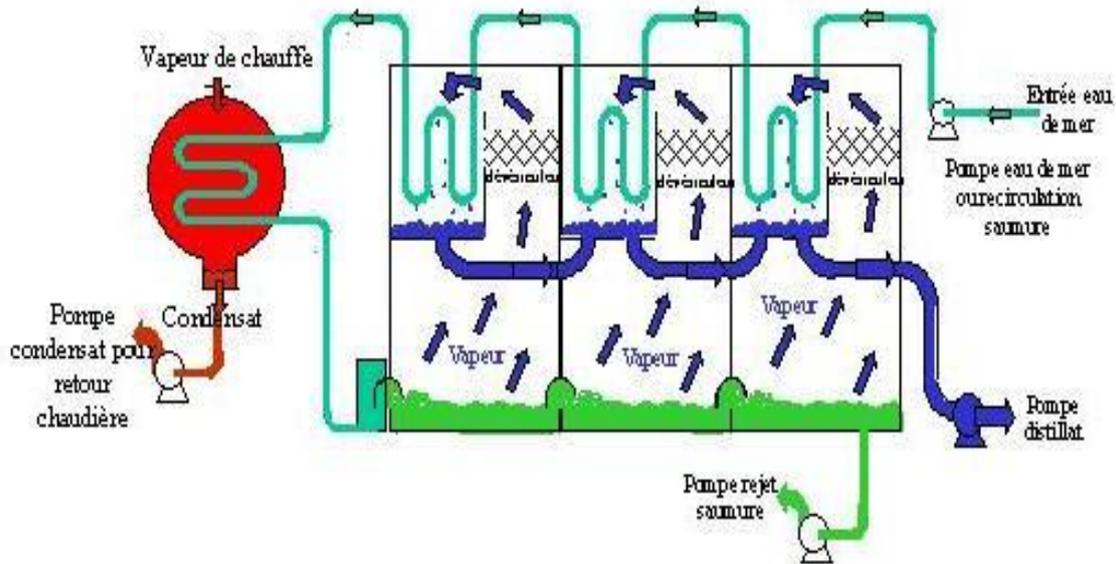
2.4.1.2. Distillation à multiples effets :

La distillation à multiples effets consiste à bouillir dans un premier bouilleur l'eau de mer, il en résulte une vapeur d'eau pure légèrement surchauffée qui est dirigée vers un second bouilleur où elle se condense dans un évaporateur.

La chaleur latente de vaporisation est récupérée pour échauffer l'eau de mer introduite dans ce second bouilleur et qui entoure l'évaporateur.

La vapeur d'eau pure s'échappe du second bouilleur pour gagner un troisième appareil identique dans lequel les mêmes opérations se répètent. La pression de la vapeur diminue légèrement à chaque étage.

L'eau condensée issue de chaque bouilleur est dirigée vers un collecteur général d'eau distillée.



Figure(03) : Distillation à multiples effets (Mébarki et Djoudi, 2006).

4.1.3. Distillation par détente successive (multi-flash)

Dans l'évaporation éclair ou évaporation flash, l'eau chauffée est introduite dans une chambre à l'intérieur de laquelle règne une pression plus faible que la pression de saturation de l'eau admise. Il en résulte une vaporisation immédiate.

L'eau se condense sur des tubes parcourus par circulation de l'eau de refroidissement et l'eau douce est recueillie en dessous du faisceau tubulaire.

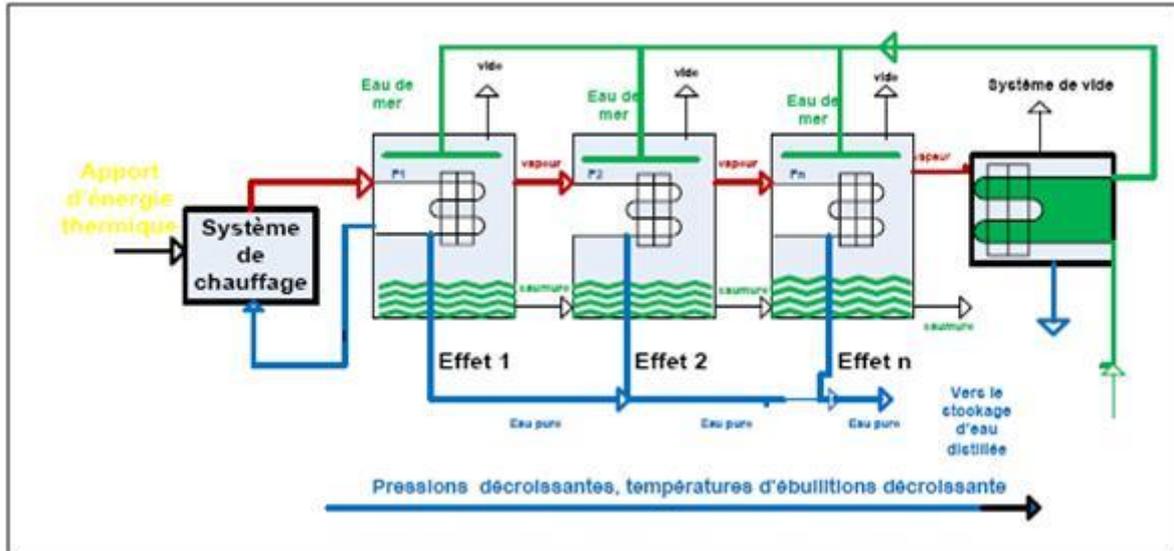
Pratiquement, plusieurs chambres identiques se font suite, ces chambres à l'intérieur desquelles la température et la pression vont en décroissant, si l'on appelle la chute de température provoquée par la vaporisation à l'intérieur d'une cellule.

Le schéma de la (Figure 4), comportant cinq cellules, montre que dans la première, l'eau pénètre à la température $t+5$ pour devenir t à la sortie de la saumure issue de la cinquième cellule.

Parallèlement, l'eau de mer apportée à l'entrée de l'appareil à la température T_0 , avec le même débit, s'échauffera de la même quantité à l'intérieur de chaque cellule.

L'échauffement de l'eau d'appoint est donc égale au refroidissement engendré par l'évaporation à l'intérieur de chaque cellule.

L'appareil est celui de distillation par détente successive.



Figure(04) : Distillation par détente successives

2.4.1.4. Distillation par compression de vapeur :

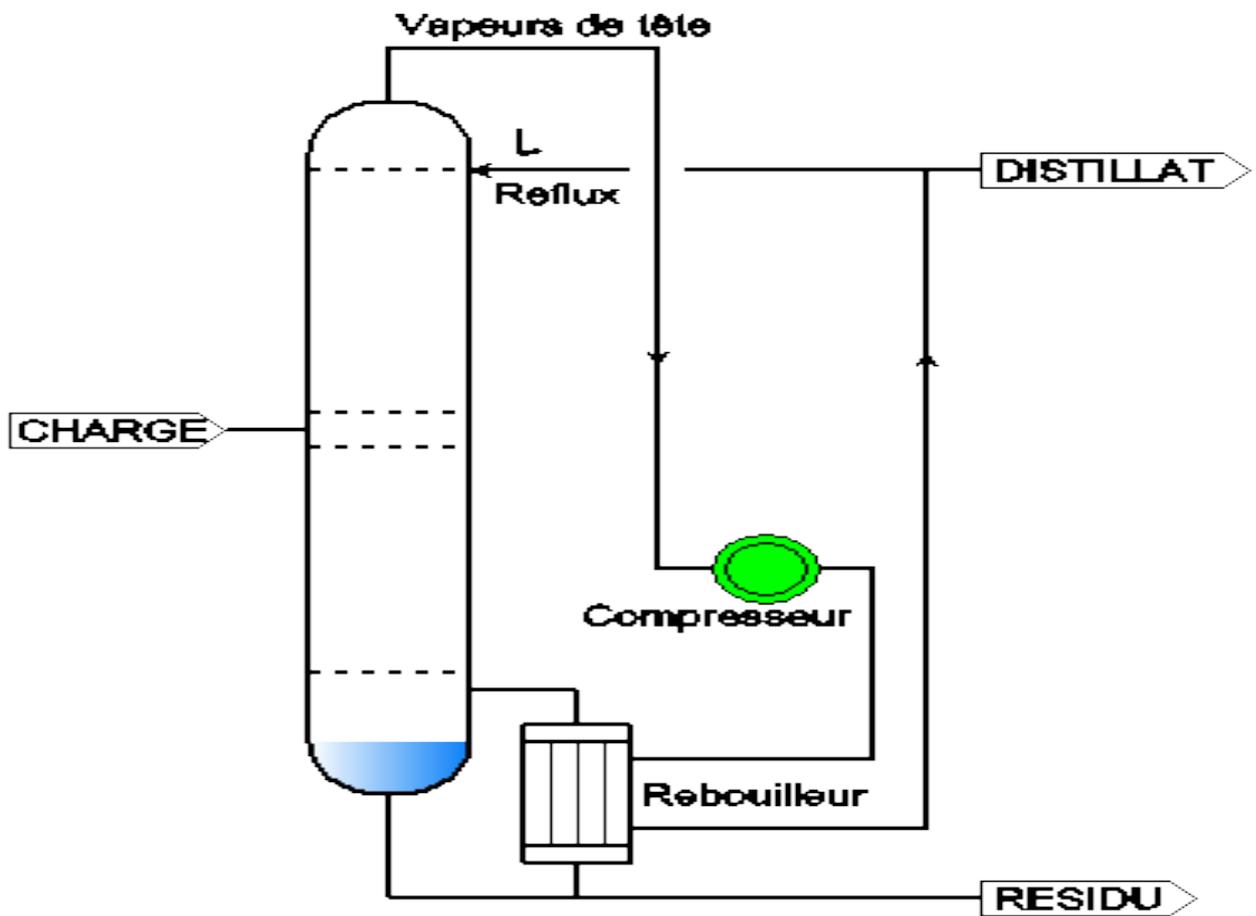
Ce procédé consiste à faire aboutir la condensation de la vapeur dans un échangeur situé au sein même de l'eau salé dont on provoque l'évaporation.

Pour que cette condition se réalise, il est nécessaire que la vapeur introduite dans cet échangeur, se trouve à une température supérieure à celle de l'eau dans laquelle il baigne.

A cette fin, la vapeur de l'enceinte est reprise dans un compresseur et portée à une pression qui correspond à une température de saturation supérieure de quelques degrés, 6 C° environ, à la température de la cellule.

La condensation peut alors s'effectuer et la chaleur ainsi libérée pourra être utilisée pour saumure pour un second cycle (Figure06).

Rectification continue avec recompression mécanique des vapeurs de tête



Figure(05) : Distillation par compression de vapeur (Rouba, 2008)

Tableau 04 : Procédés de distillation (Allaoui, 2008)

Procédés	Performances et conditions d'utilisation
Procédés par distillation	<ul style="list-style-type: none"> -Ces procédés ne sont pas appliqués économiquement qu'aux eaux de mer -Présence de rejets concentrés en sels, éventuellement valorisables. -Prétraitement anticorrosion et antitartres nécessaires. -Eau distillée non potable directement. -Nécessitent un changement de phase de l'eau
Distillation à détente successive (Multi-stage flash) MSF	<ul style="list-style-type: none"> -utilisée pour les installations de moyenne et grande capacité. -Fiable pour la production d'eau dessalée, aussi bien quantitative que qualitative.
Distillation à effet simple ou Multiple(ME)	<ul style="list-style-type: none"> -Une grande stabilité de fonctionnement. -Possibilité de faire varier le débit de production sans varier la consommation spécifique. -Souvent adaptée pour les installations dont le débit de production suit des demandes variables. -La capacité de production du procédé est moins importante que celle du MFS.
Compression de vapeur	<ul style="list-style-type: none"> -Permet de réduire considérablement la consommation énergétique car elle ne rejette aucune calorie dans un circuit de refroidissement. -La capacité de production peut atteindre jusqu'à 1500 m³/j

2.4.2. Procédés utilisant les membranes :

Les membranes sont utilisées dans les procédés d'électrodialyse et d'osmose Inverse.

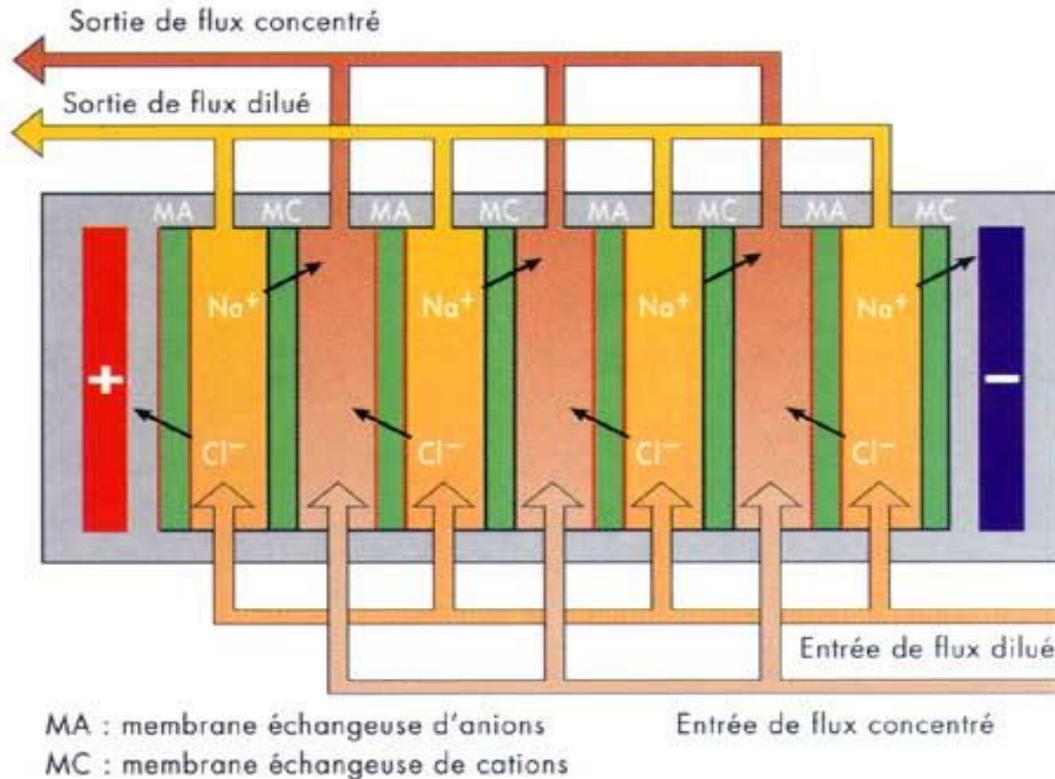
2.4.2.1. Electrodialyse :

Il s'agit d'une technique électro-membranaire qui permet un transfert sélectif des ions à travers des membranes à perméabilité sélective.

Sous l'action d'un champ électrique, seuls les cations peuvent traverser une membrane cationique et seuls les anions peuvent traverser une membrane anionique. Le but de l'opération est d'extraire les sels d'une solution en obtenant alors d'un côté une solution saumure sur concentrée et de l'autre une eau dessalée.

Cela consiste à placer entre les électrodes un ensemble de membranes de dialyse sélectives :

- Les unes cationiques, perméables aux cations seulement et les autres anioniques. Perméables aux anions. (Figure 06)
- Les compartiments 1, 2, 3,4 et 5 comportent trois paires des membranes alimentées par une solution de chlorure de sodium.
- Les ions du compartiment 1,3et 5 passent dans les compartiments 2 et 4 sous l'effet du champ électrique crée par les électrodes.
- -La solution dans les compartiments 1,3 et 5 s'appauvrit en sels (se déminéralise) tandis que celle des compartiments 2 et 4 se concentre.
- Les ions Na^+ et Cl^- observés à la partie de chaque compartiment de déminéralisation (1,3 et 5) viennent s'ajouter à ceux déjà présent dans les compartiments de concentration(2,4)



Figure(06) : Principe de l'électrodialyse

2.4.2.2. Osmose inverse :

Parmi les procédés membranaires, seule l'osmose inverse est adaptée au dessalement de l'eau de mer. Le traitement membranaire reproduit le phénomène d'osmose inverse. Lorsque l'eau de mer est poussée grâce à une très forte pression (entre 50 et 80 bars), à travers une membrane, le sel et les impuretés sont piégés par la membrane et seules les molécules d'eau peuvent la traverser, fournissant de l'eau douce (OIE, 2006).

Le système d'osmose inverse est constitué par un bac séparé en deux compartiments par une membrane semi-perméable, remplis d'eau de concentration en sels dissous différents, les molécules d'eau ont tendance à migrer de l'eau la moins concentrée vers la plus concentrée de façon à diminuer sa salinité, le phénomène est appelé « osmose inverse », Cette migration s'arrête lorsque la différence des niveaux des deux compartiments a atteint une valeur correspondant à la pression osmotique .

Pour réduire la concentration en sels dissous d'une eau il suffit de lui appliquer une pression supérieure à la pression osmotique afin de forcer les molécules d'eau à traverser la membrane semi-perméable. Il s'agit alors d'osmose inverse (figure 07)

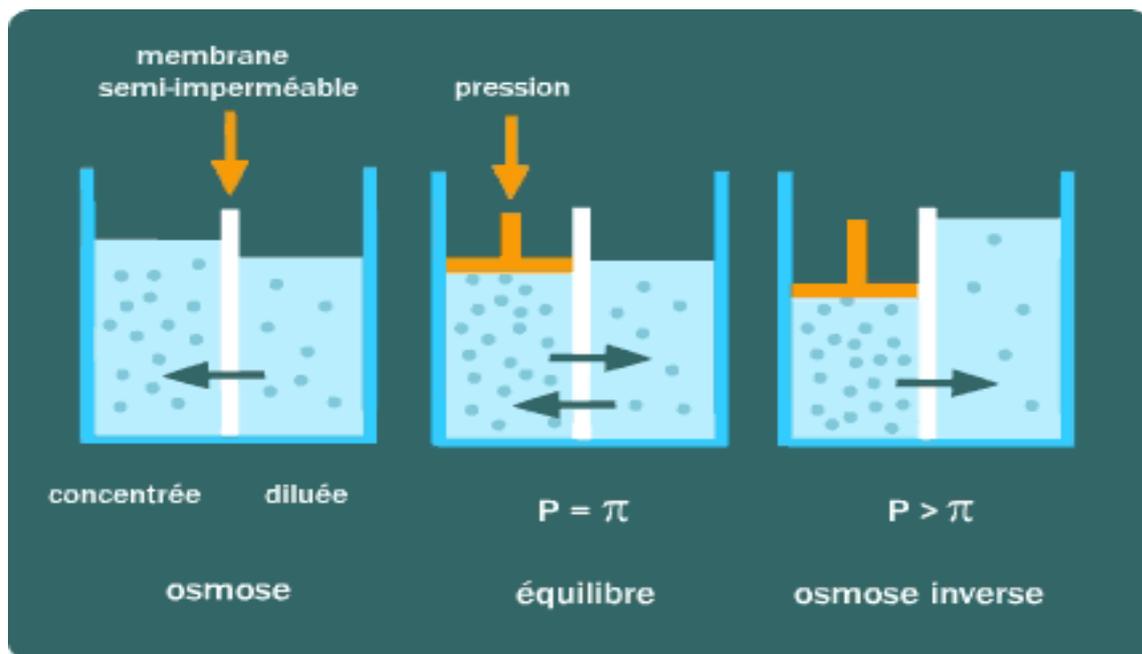
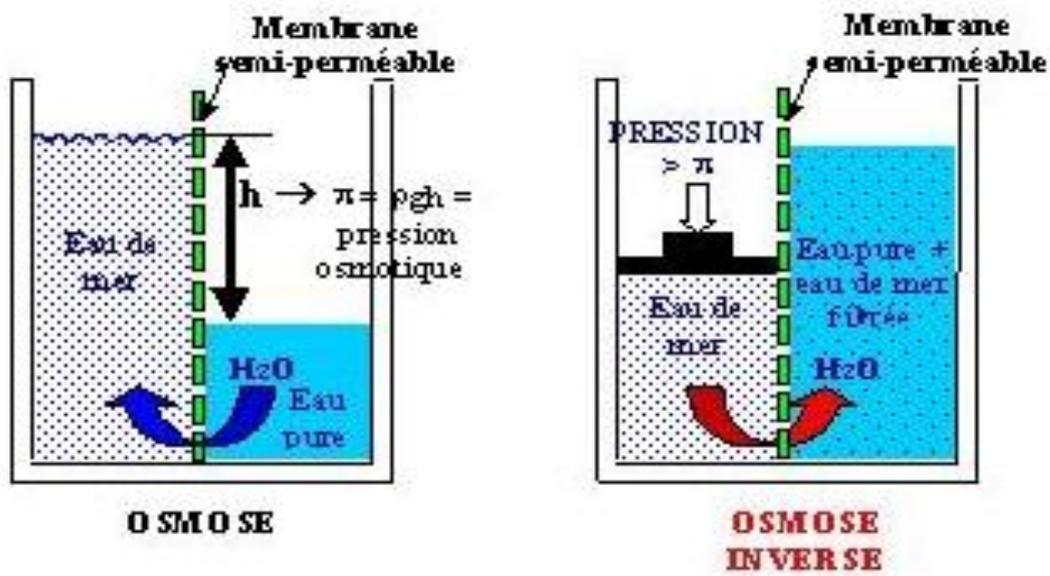


Figure (07) : Principe de dessalement par osmose inverse (Mébarki-Djoudi, 2006).

Tableau(05) : Procédé utilisant les membranes (Allaoui, 2008)

Procédés	Performances et conditions d'utilisation
Procédés utilisant les membranes	<ul style="list-style-type: none"> -Ne nécessitent pas un changement de phase De l'eau. -Assurent la relation sélective qui permet de retenir les sels toxiques (nitrates, sulfates) -Permettent de diminuer le temps de circulation -Abaissent les couts de traitement des eaux encore élevés. -Ne nécessitent pas une déminéralisation après traitement. -Cout des membranes est important. -Utilisés pour les petites installations de dessalement.
Electrodialyse	<ul style="list-style-type: none"> -Le procédé n'est économique que pour les eaux Saumâtre de minéralisation totale inferieure à 3g/l -Qualité d'eau traitée sensible aux débits et salinité d'eau brute -Présence de rejets concentrés. -Prétraitement nécessaires (élimination de matière en suspension, matière colloïdale, fer ; chlore résiduel, adoucissement).
Osmose inverse	<ul style="list-style-type: none"> -s'applique aussi bien aux eaux saumâtres qu'à l'eau de mer. -très efficace pour toutes les salinités -simplicité et peu d'encombrement des installations. -présence de rejets concentrée -des prétraitements de l'eau brute sont nécessaires pour protéger les membranes (matières en suspension, colloïdales, fer, silice, chlore et prévenir l'entartrage de carbonate et sulfate de calcium).

2.4.3. Comparaison entre distillation et osmose inverse :

Le tableau 08 donne des éléments de comparaison entre la distillation thermique et l'osmose inverse.

Tableau 06 : Comparaison entre distillation et osmose inverse : (OIE, 2006)

	DISTILLATION	OSMOSE INVERSE
Consommation de vapeur (kg/m ³ produit)	100 à 140	0
Besoins en eau de mer (m ³ /m ³ produit)	3 à 4	1,7 à 2,5
Température de fonctionnement	70 à 110°C	=température eau de mer
Consommation électrique (kW/m ³)	2 à 4	3 à 4
Température de l'eau produite	Température de la mer + 25° C	=température eau de mer
Salinité de l'eau produite (mg/l)	10 à 50 mg/l	200 à 500 mg/l

2.4.4. Procédés divers :

2.4.4.1/Echange ionique :

L'échange d'ions est un phénomène d'interface se produisant entre les solutions de produits plus ou moins ionisés et la surface des échangeurs. Les échangeurs d'ions sont des substances granulaires insolubles ou des liquides immiscibles comportant dans leur structure moléculaire des radicaux anioniques ou cationiques susceptibles de permuter, sans modification apparente de leur aspect physique et sans altération ou solubilisation. Des ions positifs ou négatifs fixés sur les radicaux contre des ions de même signe se trouvent en solution dans le liquide à leur contact. Cette permutation

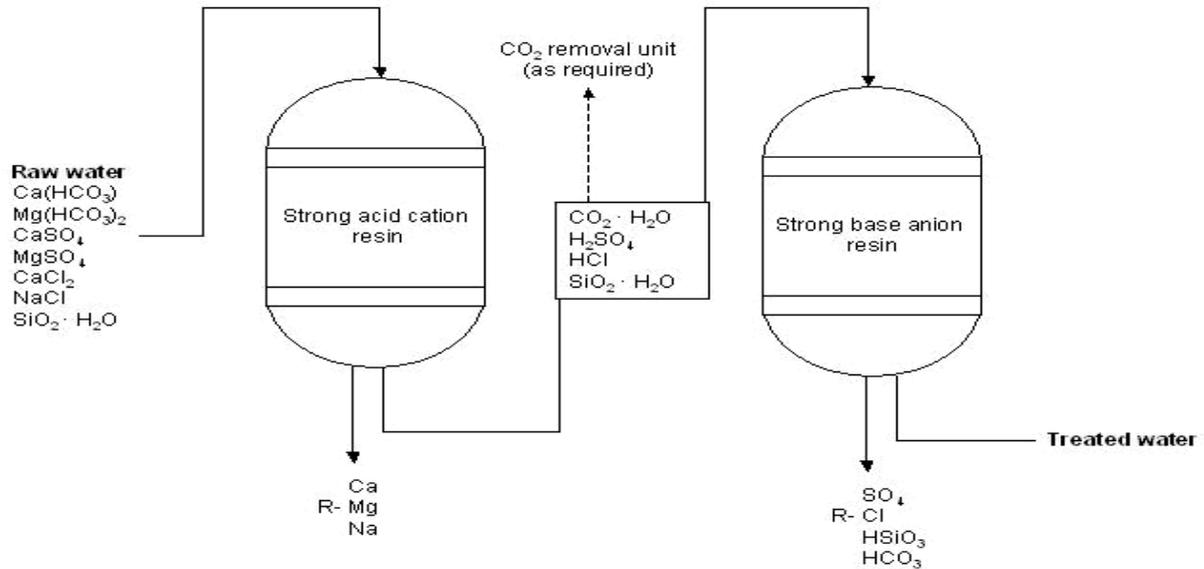
Appelée « échangeur d'ions » permet de modifier la composition des liquides « eaux de mer », objet de traitement.

L'eau douce obtenue contient le même nombre total de charges existantes dans le liquide avant l'échange.

Les échangeurs de cations se classent comme suit (Dégremont, Paris, 2005)

- Les échangeurs de cations fortement acides (CF)
- Les échangeurs de cations faiblement acides(CF) et les échangeurs d'anions.
- Les échangeurs d'anions fortement basiques(AF) ou des échangeurs faiblement Basiques (AF).

La (figure 08) présente une chaine de deux échangeurs (CF+AF).qui permet d'obtenir une eau minérale.



Figure(08) : Déminéralisation totale

2.4.4.2/Dessalement par congélation :

Le dessalement par congélation dérive du principe que la glace après congélation d'une solution aqueuse contenant des particules solides permet d'obtenir une phase solide de l'eau pure excluant les éléments étrangers de la structure cristalline.

L'eau de mer refroidie à environ 2°C donne des cristaux de glace d'eau douce.

Plus la température de refroidissement augmente, plus la production de glace augmente. Par conséquent, à une température de -9°C l'eau pure est obtenue.

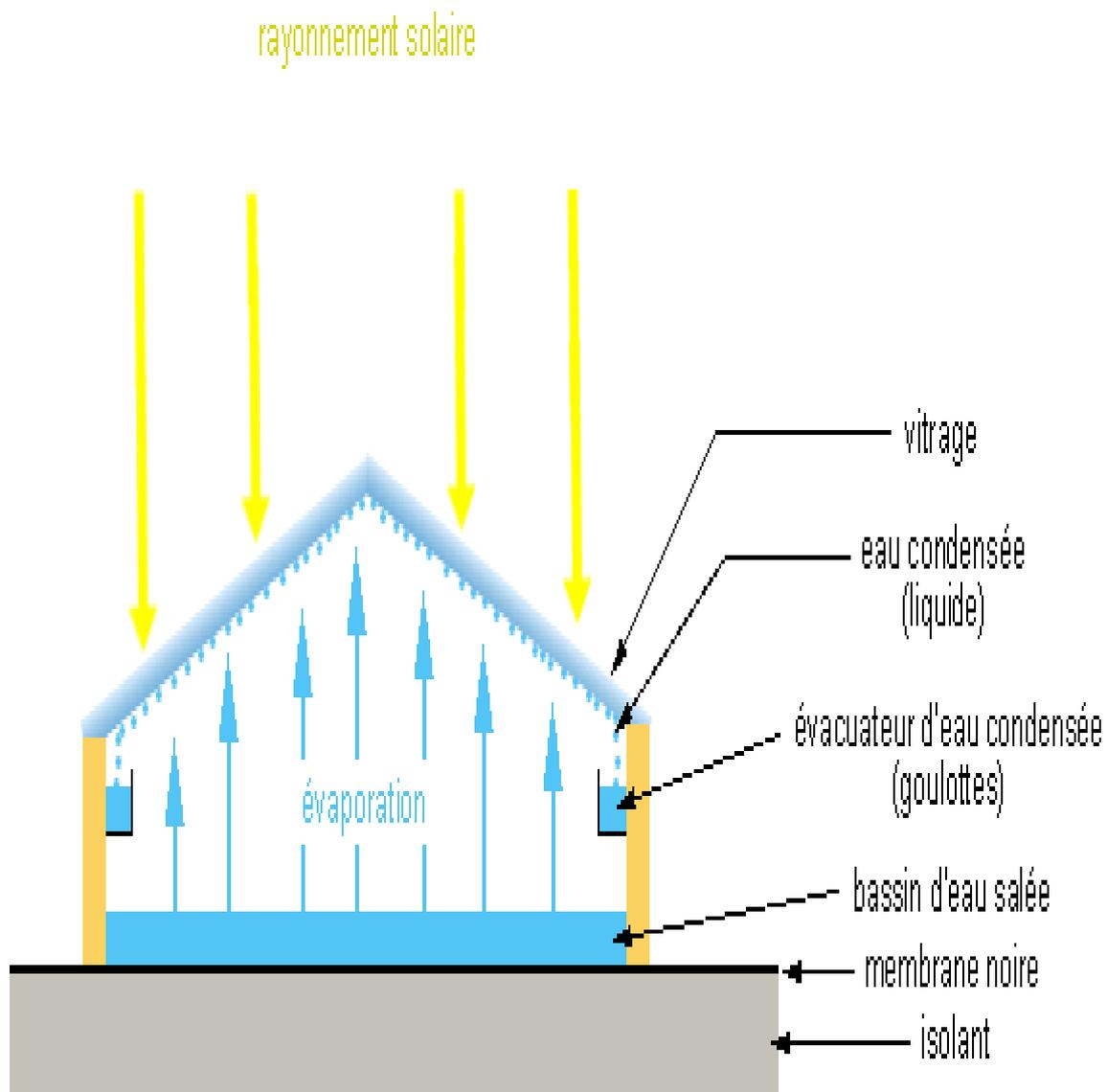
Les procédés de congélation présentent divers avantages ; ils suppriment les surfaces métallique d'échanges thermique, ne nécessitent que frais la main-d'œuvre d'exploitation et D'entretien très réduits grâce a l'automaticité et fournissent de l'eau fraiche.

2.4.4.3/Distillation solaire :

La distillation solaire est un procédé simple et pouvant être appliqué de façon rustique mais elle ne convient évidemment qu'aux régions où l'ensoleillement est suffisant.

Ce procédé de dessalement solaire est basé sur le principe du dessalement « serre »

Soit une serre fermée et exposée au soleil à l'intérieur de laquelle se trouve une d'eau de mer ou d'eau saumâtre de quelques centimètres d'épaisseur. L'air à l'intérieur de la serre est surchauffé et saturé de vapeur d'eau douce qui conduit au contact de la paroi relativement fine de verre, et les gouttes d'eau douce peuvent être recueillies dans une gouttière (Figure 9)



Figure(09) : Distillation solaire

Tableau 07 : Autre procédés (OIE, 2006):

Procédés	Performances et condition d'utilisation
Echange ionique	-Ce procédé ne s'applique pas pour de grandes productions car il est très onéreux -il peut être utilisé pour obtenir de faible quantité d'eau de boisson ou pour l'alimentation des chaudières.
Distillation solaire	-Convient pour de faible besoins. -utilise dans les pays chaud (nécessaire un ensoleillement convenable)
Congélation	-s'applique également aux sa maitre et à l'eau de mer

Après l'examen des résultats du tableau ci-dessous, il ressort que dans le choix du procédé de dessalement il faut prendre en considération. (Figure 10)

- ❖ L'aspect économique dans le but de produire de l'eau potable on industrielle a des taux de consommation d'énergie et des couts faibles.
- ❖ La simplicité de construction et d'exploitation de ces installations est un facteur très important, car il n'existe pas de dimension optimales pour une unité de dessalement tous dépend de la taille de la collectivité ou complexe à alimenter.

2.5. Dessalement de l'eau de mer en Algérie :

A la suite d'une sécheresse vécue par l'Algérie depuis plus de deux décennies et la demande en eau croissante, les pouvoirs public-t-on décidé de s'orienter vers une politique de mobilisation des ressources en eau non conventionnelles, à savoir le dessalement d'eau de mer afin de pouvoir compenser le déficit en eau enregistré.

C'est ainsi que le recours au dessalement d'eau de mer comme solution alternative s'avère de plus nécessaire et présente les avantages suivants ;

- Un littoral de 1200 km ;
- La population actuelle concernée dans littoraux est de 11 millions habitants ;
- Les industries grandes consommatrices d'eau se trouvent a proximité de la mer, Ce qui réduit davantage les prix de revient du m³ d'eau ;
- Le domaine de dessalement de l'eau de mer connu ces dernières années une avancée technologique remarquable, grâce au développement des différents procédés ;
- La disponibilité de la ressource énergétique ou la combinaison de sa production
- Le cout du m³ d'eau dessalée est en nette régression, alors que le cout du m³ d'eau conventionnelle est en nette progression (grands transferts) (ADE, 2007).

Partie expérimentale

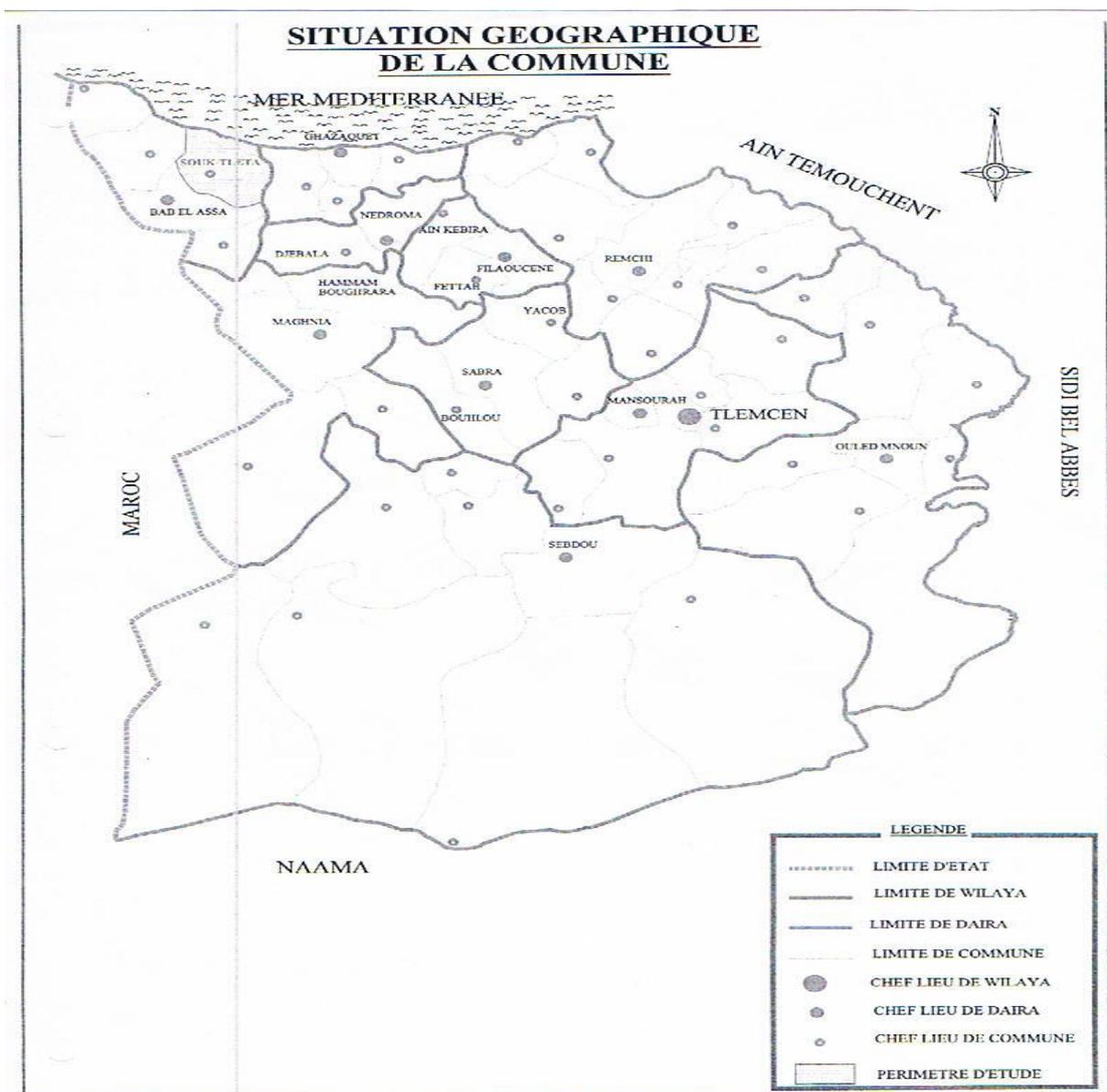
Chapitre III

Présentation de la zone d'étude

3.1. Situation géographique :

Le site de l'usine de dessalement d'eau de mer de Souk Tleta est localisé dans la wilaya de TLEMCCEN, Daira de Bâb El Assa, commune de Souk Tleta au niveau de la ZET de Ouled Ben Aïd. A 90 km du chef lieu de wilaya, la commune de Souk Tleta s'étend sur une superficie de 8,500 hectares et se situe au Nord Ouest de la ville de Tlemcen, elle est frontalière de par sa proximité par rapport à la limite Algéro-Maroc, Elle est limitée :

- Au Nord : par la mer méditerranée
- Au l'Est : par la commune de Souahlia
- Au l'Ouest : par la commune de M'sirda
- Au Sud : par la commune de Bâb El Assa (Etude d'impact, 2007).



Figure(10) : Situation géographique de la commune

3.2. Relief :

Le relief de la commune de Souk Tleta est très accidenté, il est marqué par des monts, Djorfs, montagne, crêtes, ravins et oueds.

Au milieu de ce relief s'intercale une vallée étroite de direction Sud-Nord. Cet ensemble montagneux s'inscrit dans la grande partie Nord-Ouest des monts de Traras de la région des M'sirda fouaga et Thata.

Il est représenté comme suit :

Au nord, le long de la cote d'Est en Ouest, s'étend une petite plaine, ou s'étale la zone éparse d'Ouled Béni Aide. L'altitude moyenne est d'environ 120 mètres.

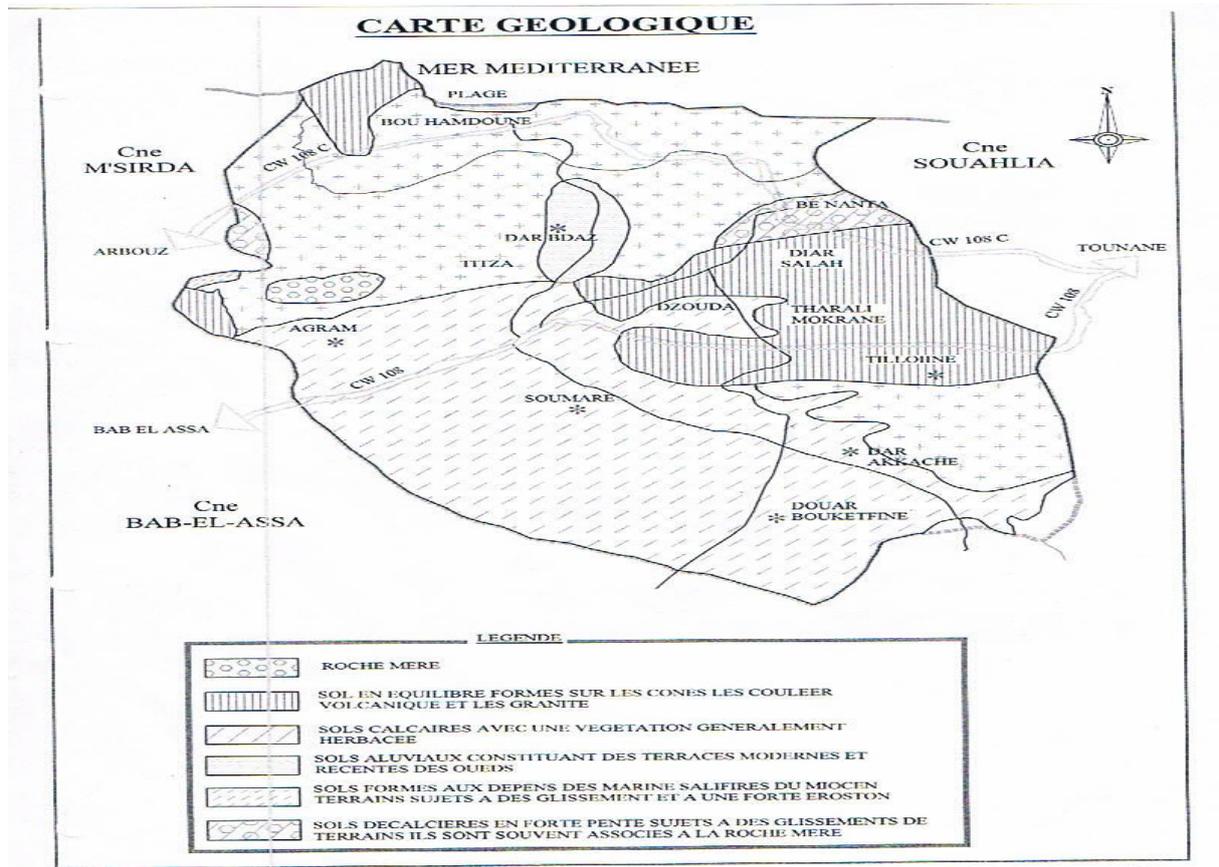
Au Sud, de cette plaine, on trouve une chaîne de montagne étendue d'Est en Ouest composée du Djebel Zendel (618m), le Djebel Trasmout(599m),le Djebel Hacem(476m),le Djebel Ali ben Salah (520m) et le Djebel Mahdi (304m).

Au Sud d'Est en Ouest, s'étale une plaine en forme d'une vallée (Bled Bou-Metire et Bled Argoub et Hafia, L'altitude moyenne avoisine les 260 mètres.

Au centre de la commune, ou s'étend l'agglomération Chef lieu, l'altitude moyenne est de 150 mètres (Etude d'impact, 2007).

3.3. Facteurs géologique :

La composition du sol et du substratum est de nature à aggraver les conséquence d'un séisme, Les sols mous et les sols fermes ne transmettent pas de la même manière les ondes sismiques, Ainsi les terrains meubles constitués d'alluvions ramollies non consolidées, de sables peu denses à lâches ,saturés ou non saturés de roches tendres fissurées ou diaclases, de sols cohérents tels que les argiles et les marnes raides ont une teneur en eau moyennement élevée, et sont très sensibles aux secousses telluriques. Toute construction érigée sur ceux-ci court un plus grand risque que celle implantée sur des terrains fermes composés de roches calcaires, gréseuses ou granitique, saines et non technicisées.



Figure(11) : Carte géologique de la commune

3.4. Facteurs géomorphologique :

Les tremblements de terre influent beaucoup sur la morphologie du terrain. Les risques de glissement occasionnés par un séisme sont plus grands sur les terrains instables, donc en pente, que sur les terrains stables. Il peut se produire de grands changements dans la topographie, aidés par les forces de cisaillement du séisme, Des glissements en masse sont possibles sur les pentes raides, en bordure des talus et des ravins profonds surtout si le terrain est caractérisé par un sol meuble à relief accentué.

3.5. Facteurs physico-chimique du milieu :

3.5.1-Cadre climatique :

Le climat de la commune de Souk Tlata est de type semi-aride, caractérisé par un hiver assez froid et pluvieux et un été sec et chaud, C'est le climat caractéristique des monts des traras occidentaux.

Le climat de la zone côtière se caractérisé par une saison relativement pluvieuse s'étalant du mois d'octobre à mai, la saison sèche s'étale sur une période de cinq mois (juin à septembre).la température moyenne mensuelle oscille entre 13,3°C et 26,1°C au moi d'aout.

La pluviométrie moyenne annuelle est de 363 mm avec 78 mm au mois de Novembre et 0,3 mm au mois le plus sec juillet.

L'humidité est assez importante au cours de l'année : elle varie entre 70,5% et 74,7% avec une moyenne de 72,5% (Etude d'impact, 2007).

3.5.2- Les vents :

La fréquence des vents Nord (19,4%) est supérieure à celle enregistrée au large (6,8%). Une partie des vents Nord ressentis sur la côte est liée aux effets de brise de vents.

Les mois de juillet et août sont en générale les mois les plus calmes de l'année.

Le sirocco souffle sur cette région souvent en été, son impact est marqué par son pouvoir desséchant. Il souffle en moyenne dix jours par an répartis entre juin, juillet, août.

Les vents dominants prennent des directions SW à 27,5% et Nord à 26,6%

Les houles : Les zones côtières se caractérisent par :

-Un semestre hivernal où les houles dominantes proviennent des secteurs Sud-ouest (25,43%), Ouest (19,74%) et Nord (18,04%)

Des houles provenant des secteurs Ouest, ouest Nord-Ouest et Nord de hauteur supérieure à 4 m ont été enregistrées dans la zone d'étude.

Les houles de Nord-est n'ont aucun effet sur le site.

- Un semestre hivernal où les houles dominantes, de hauteur supérieure à 4 m proviennent des secteurs Nord-est (30,42%) de Sud-ouest (14,72%) et Ouest (11,05%)

L'analyse climatique de la zone de Souk Tlata a été effectuée à partir des données de la station de Ghazaouet sur une période de (1996-2005) (Etude d'impact, 2007).

3.5.3-Salinité :

Les mesures de courants et les précipitations dans le bassin méditerranéen montrent que les rapports fluviaux et atmosphériques sont insuffisants pour maintenir le taux de salinité et le niveau de la mer, D'après les données de la littérature, il existe d'importantes variations de la salinité entre les différentes masses d'eau qui superpose dans le bassin algérien (Maillot al 1989).

L'eau atlantique superficielle est représentée par une salinité à 37,10%

A 20m le taux de salinité diminue nettement et atteint une valeur de 36,42 %, les eaux de surface algérienne se caractérisent par une salinité avoisinant le 37900 mg/l.

A 20m cette salinité diminuait et atteint son seuil le plus bas. Et la salinité décroît entre 50 et 100m car les courants algériens s'éloignent des côtes 36380 mg/l.

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont : les sels calcium (Ca^{+2}) de magnésium et de sodium.....

La salinité est une mesure biologique importante car le sel ce dissous dans les liquides organiques de tout les êtres vivants elle est également importante en océanographie avec la température, elle permet au océanographe de déterminer la densité de l'eau mer.

3.5. 4- Courants :

La valeur moyenne des eaux atlantiques entrainent en méditerranée est en effet de 1 million m^3/s . Ce flux détermine par son importance l'allure de la circulation générale de l'hydrologie et même des variations de niveau dans toute le méditerranéenne occidentale parmi les principaux qui affectant la circulation générale.

Les vents, l'évaporation, et la rotation de la terre qui jouent un rôle important avec les agents atmosphériques (précipitations, température, vents) agissent sur la nature en apportant des modifications mécaniques et physico-chimique.

3.5.5-Economique :

L'un des plus importants déterminant de la zone des visiteurs d'été.

3.6-Infrastructure touristique :

La zone d'étude apparait au littoral et de surcroit intégré dans un espace classé ZET (zone d'expansion touristique).

La ZET de Sidi Lahcen

Elle est délimitée :

- Au Nord par la mer méditerranée
- Au sud par le chemin de wilaya CW 108
- A l'Ouest par le puits Bir Zaoui
- A L'Est par l'oued Laarife

D'une superficie de 100 ha, la Zet de Sidi Lahcen n'a fait 'jusqu'a l'heure actuelle d'aucun plan d'aménagement.

3.7-La pêche :

Les activités de pêche sont inexistantes mise à part la pêche touristique (pêche à la ligne)

Chapitre IV

Matériel et Méthodes

4- A /Matériel biologique et méthodes d'analyse :

Notre travail a été réalisé au niveau de la station de dessalement de l'eau de mer de SOUK TLATA wilaya de Tlemcen.

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées au niveau de laboratoire de la station.

Pour bien connaître l'impact de cette station sur l'environnement nous avons choisie deux points de prélèvement :

- L'eau de mer, au niveau de la plage
- Le rejet de cette station

1/Matériel :

Pour les analyses effectuées sur terrain, il faut savoir :

- un thermomètre
- un PH mètre

Au niveau de laboratoire :

1) Spectrophotomètre DR/2

- cellules en verre
- carte des éléments

2) Dosage volumétrique :

- burette
- pipette
- Erlen
- bécher

2/ Prélèvement des échantillons :

Pour une eau baignade, il y a lieu d'effectuer des prélèvements à chacun des points définis au mois à 2 mètres du rivage (sable, galets) à une profondeur située entre 20 et 50 cm au dessous de la surface .Plusieurs points de prélèvement et plusieurs échantillons à différentes profondeurs permettent de tenir compte de l'hétérogénéité verticale et horizontale de la contamination bactérienne des eaux de mer de la cote ouest

3/Points d'échantillonnage :

Les points d'échantillonnage ont été choisis de telle façon qu'ils reflètent la qualité de l'eau à l'intérieur de la zone à usage récréatif. Un critère a été pris en considération, c'est d'établir les points d'échantillonnages aux endroits connus.

- 1- le point de prélèvement de l'eau de mer a été effectué entre 0 et 2 m de distance vers le large de la conduite de prise en mer, et entre 20 et 30 cm en dessous du niveau

de l'eau. Sans oublier que les échantillons ont été prélevés dans les heures de la matinée, généralement entre 10 heures et midi.

2- le point de prélèvement de l'eau de rejet se situe au niveau de la conduite de rejet en procédant au même protocole de l'échantillonnage de l'eau brute.

Tout prélèvement doit être accompagné d'une fiche de renseignements sur la quelle est noté :

1. L'origine de l'eau
2. L'adresse exacte du prélèvement
3. La date et l'heure de prélèvement
4. La température de l'eau
5. Le pH de l'eau

4/ Méthode du prélèvement :

Nous avons utilisé la méthode la plus simple qui consiste à tenir la bouteille près de sa base, de l'introduire sous la surface de l'eau à 30 cm de profondeur. La bouteille est poussée doucement dans l'eau pendant le remplissage pour éviter toute contamination de la main. Une fois la bouteille pleine, elle est fermée immédiatement.

4-B-Détermination des paramètres physico-chimiques (Rodier J,Paris,1996) :

1-Paramètre organoleptique :

Il s'agit de la saveur, de la couleur, de l'odeur et de la transparence de l'eau .ils n'ont pas de signification sanitaire, mais par leur dégradation peuvent indiquer une pollution ou un mauvais fonctionnement des installations de traitement ou de distribution. Ils permettent aux consommateurs de porter un jugement succinct sur la qualité de l'eau.

2- Paramètre physico-chimique :

Les paramètres à analyser sont choisis en fonction de l'objectif recherche.

2.1 Température :

La température de l'eau est un paramètre physique très important pour les usages. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température.

La température doit être mesurée in situ. Les appareils de mesure de la conductivité ou du pH possèdent généralement un thermomètre intégré.

2.2 Acidité de l'eau (pH) :

Le pH représente le degré d'acidité (ou d'alcalinité) du milieu aquatique. Un pH compris entre 6 et 9 garantit un développement correct des êtres vivants suivant leur environnement.

Les variations brutales du pH sont néfastes pour les organismes aquatiques. Les fluctuations journalières sont typiquement $< 0,4$. Les carbonates ont un pouvoir tampon et évitent les variations brusquées du pH. Ces variations sont en partie dues à l'activité biologique, ainsi, la respiration des plantes et des microorganismes produit du CO_2 dissous qui se combine avec l'eau pour former l'acide carbonique (H_2CO_3) entraînant la baisse du pH en revanche. L'assimilation du CO_2 par les plantes diminue la quantité d'acide carbonique dans l'eau ce qui augmente le pH.

La mesure du pH à l'aide d'un pH-mètre permet notamment de vérifier les précipitations de sels sur les membranes.

2.3 Turbidité

La mesure de la turbidité permet d'avoir des appréciations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopique.....). Cependant une turbidité forte peut permettre à des microorganismes de se fixer sur les particules en suspension.

Cette mesure permet donc de mesurer l'efficacité des traitements, notamment des prétraitements dans le cas d'une installation d'osmose inverse. La turbidité est déterminée par le terrain à l'aide d'une néphélométrie (turbidimétrie).

Cette appareil mesure la lumière dispersée par les particules en suspension avec un angle de 90° par rapport un faisceau de la lumière incident ou en laboratoire par un spectrophotomètre, à une absorbance négative pour l'eau distillé a une longueur d'onde de 620 nm.

Le domaine d'application de situe entre 0,1 et 1000 unités de turbidité néphélométrique (UTN).

2.4 Conductivité :

La conductivité électrique d'une eau la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. On mesure la résistance opposée au passage du courant entre les deux électrodes plongées dans le liquide à analyser. Cette conductibilité s'exprime en micro/siemens/ cm, et mesurée à l'aide d'un conductimètre. Elle est proportionnelle à la salinité. La relation salinité-conductivité n'est donc ni linéaire ni univoque.

2.5 Sels dissous totaux (SDT) :

Cette valeur est importante puisqu'il en découle une valeur de pression osmotique, et donc une valeur de pression d'alimentation nécessaire pour l'alimentation des osmoseurs.

Méthode pour approcher les valeurs des sels dissous totaux à partir de la conductivité :

La conductivité dépend directement de la minéralisation de l'eau.

La relation suivante donne la valeur des sels dissous totaux à partir de la conductivité :

$SDT \text{ (mg/l)} = K \cdot \text{conductivité (us/cm) à } 25^\circ \text{ c}$ ou le coefficient K dépend du type d'eau (eau de mer, concentrât)

En première approximation :

- K = 0,70 pour l'eau de mer
- K = 0,75 pour le concentrât

2.6 Salinité

La salinité est la masse en grammes des substances solides dans un kilogramme d'eau

Relation conductivité-salinité :

La conductivité est directement liée à la quantité de sels présents dans une eau. Chaque type de sel apporte une conductivité différente et la relation entre les deux mesures est propre à chaque solution saline. Il existe des relations empiriques pour déterminer la minéralisation.

D'une façon générale, le résultat ainsi obtenu pour la minéralisation est différent de celui obtenu par la mesure directe de l'extrait sec. Pour une eau de mer, la relation salinité – conductivité est donnée par l'équation suivante (ADE 2007) :

$Salinité \text{ (mg/l)} = 0,70 \cdot \text{Conductivité à } 25 \text{ C}^\circ \text{ (US / cm)}$

2.7 Détermination du chlorures et sodium :

Ces deux paramètres sont déterminés à partir de la salinité (Na Cl).

Salinité = Na Cl

$Na \text{ Cl} \rightarrow Na^+ + Cl^-$

↓

23+35,5 ↓

58,5 mg/l → 35,5 mg /l

2.8 Détermination du taux de nitrate (NO₃⁻) :

- Introduire 10 ml d'eau dans une capsule de 60 ml.
- Alcaliniser faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium.
- Ajouter 1 ml de solution de salicylate de sodium puis pour suivre le dosage de la courbe d'étalonnage.

- Préparer de la même façon un témoin avec d'eau bi distillée effectuer les lectures au spectrophotomètre à longueur d'onde λ 20 u m et tenir compte de la valeur pour le témoin, se reporter à la courbe d'onde de 420 u m et tenir compte de la valeur pour le témoin, se reporter a la courbe d'étalonnage.

Mesure :

Pour une prise d'essai de 10 ml. La courbe donne directement la teneur en nitrate (NO_3) multiplié ce résultat par 4,43.

2.9 Détermination des nitrites (NO_2^-) :

- Prendre 10 ml d'eau à analyse dans un tube à essai.
- Ajouter 2 ml d'acide acétique cristallisable et 3 à 4 gouttes de réactifs de **KOVACS** chauffé a 45°C , si le NO_2 est présent l'échantillon va prendre la coloration jaune.

2.10 Dosage des carbonates et bicarbonates (méthode volume trique) :

L'alcalinité d'une est mesurée par la somme des anions bicarbonates (HCO_3^-), carbonates (CO_3^{2-}) et hydroxydes (OH^-).

Mode opératoire :

Détermination du titre alcalimétrique (TA) :

- Pipeter 10 ml de l'échantillon d'eau à analyse dans une fiole de 50 ml.
- Ajouter 1 à 2 gouttes de phénophtaléine, et agiter .S'il y a un virage de couleur au rose, titrer avec H_2SO_4 (0,02 N) jusqu' à la décoloration.
- On multiplie le nombre de millilitre d'acide sulfurique par 100 pour obtenir l'alcalinité à la phénophtaléine en milligramme.
- S'il n y a pas un virage au rose le taux des carbonates est nul.

Détermination du titre Alcalimétrique complet (T_{ac}) :

- On utilise l'échantillon traité précédemment au dosage de carbonates, titré avec l'indicateur '**méthyle orange**'.
- On continue le titrage avec l'acide sulfurique jusqu'à ce que la couleur change.

2.11 Détermination de la dureté totale (TH) :

La dureté totale ou titre hydrométrique (TH) représente la somme des concentrations en cations calcium (Ca^{++}) et magnésium (Mg^{++}). Ces derniers rendent l'eau dur, ce qui pourrait nuire à des canalisations par suite de formation de dépôts incrustant.

Mode opératoire :

-Prélever dans un bécher 10 ml d'eau à analyser

-Ajouter quelque goutte de NET

-Ajouter 5 ml de tampon ammoniacal

-Titrer avec l'EDTA (Acide éthylène dinitrotétracétique), jusqu'au virage de mauve au bleu (on considère V_1 =volume d'EDTA versé).

Mesure de magnésium :

-On procède d'abord à la filtration

-pipeter 100 ml d'eau à analyser.

-ajouter 100 ml d'eau $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$

-laisser à sédimenter pendant 30mn

-filtrer à l'aide de papier filtre.

Procéder au dosage :

-Prélever 10 ml de filtrat.

-Ajouter 5 ml de tampon ammoniacal.

-Ajouter quelque goutte de NET.

-Doser avec l'EDTA à (0,01 N), (on considère V_2 =volume de l'EDTA versé)

Calcul du taux de magnésium :

$$(\text{Mg}^{+2}) \text{ g/l} = 0,01.$$

$$(\text{Mg}^{+2}) \text{ mg/l} = V_2 \times 24,3$$

Calcul du taux de calcium :

$$(\text{Ca}^{++}) \text{ g/l} = 0,01/10 \times (V_1 - V_2) \times 40$$

$$(\text{Ca}^{++}) \text{ g/l} = (V_1 - V_2) \times 40$$

Chapitre V

Résultat et discussion

5-1/ Résultat :

Le travail que nous avons effectué pour le suivi du fonctionnement de la station de dessalement de Souk Tlata. Nous avons observé in situ ; le déversement des eaux rejetées contenant de la saumure sur le pourtour de la station. Les différentes manipulations, nous ont permis la détermination des paramètres physico-chimiques différentes étapes depuis l'eau brute de la mer ; en passant par le processus de dessalement sensu stricto jusqu'à l'eau de rejets.

A ce titre, le prélèvement d'eau ont été effectués au niveau de 2 station : un lieu témoin des rejets et un autre au niveau des rejets.

5.1.1/ Résultat physico-chimique :

Durant plusieurs jours de suivi et analyses de l'eau de la station de Souk Tlata dans laboratoire de contrôle de qualité au niveau de station .On observe que les valeurs varient suivant les points de prélèvement.

Les résultats physico-chimiques obtenus d'expérimentation sont mentionnés dans le tableau 08.

5.2/ Discussion :

La lecture du tableau 08 des résultats obtenus durant notre partie expérimentale nous fournit les informations suivants :

5.2.1/ Le pH

C'est un élément très important pour la recherche de l'agressivité de l'eau pour le ciment. C'est-à-dire qu'elle peut se charger en plomb (Pb) au passage dans les canalisations, lorsque le PH est inférieur à 7. Le pH doit être compris entre 6,5 et 9.

Dans le cas de notre station il répond OMS dictées par les législations soit avant ou après le traitement et aux rejets. Ou on constate que le milieu est basique (8,4-8,8).

5.2.2 - La résistivité électrique et conductivité :

C'est-à-dire l'état de minéralisation de l'eau, toutes les valeurs intermédiaires étant possible entre une résistivité $\leq 10,000$ ohms (eau dure). La teneur en chlorures, sulfates magnésium, sodium, potassium et aluminium doit être inférieure à des valeurs déterminées.

A titre d'exemple, pour le chlorure la norme de potabilité exige une teneur admissible qui ne dépasse pas 200 mg/l (OMS, 2004)

Tableau (08) : Résultats des analyses physico-chimiques (Mars, Avril 2012)

Type de l'analyse	Paramètre	Mars		Avril		Les normes D'eau de Mer(OMS)
		R	M	R	M	
	ESH	R	M	R	M	
	pH	8,4	8,8	8,6	8,7	
	Conductivité $\mu\text{S}/\text{Cm}$	19500	18000	48500	40000	49000
	T °c	20	20	22	22	
	Salinité mg/l	36550	35000	45000	32500	35000
	TH (dureté total) mg/l	10 000	7200	11 000	7500	
	Calcium mg/l	200	150	250	180	45,3
	Magnésium mg/l	800	570	850	570	132,9
	Tac bicarbonate mg/l	120	50	140	50	
	Ta carbonate mg/l	0	0	0	0	
	Phosphate mg/l	0,2	1,2	0,20	1,17	
	Sulfate mg/l	4000	3000	4250	2750	
	Chlorure mg/l	42500	21550	45000	23120	21500
	Sodium mg/l	10690	13500	17350	13520	
	SDT (sel dissous Totaux mg/l)	14625	12600	36375	28000	
	NO_3^- nitrate (mg/l)	4,4	44	4,4	35,2	
	NO_2^- nitrite (mg/l)	0,033	2,64	0,0033	0,0033	
	Turbidité(UNT)	1	1,09	0	1,31	

M : eau de mer

R : rejets

Echa : échantillon

5.2.3 -La salinité SDT :

Les résultats de l'eau qui proviennent de la mer répondent aux recommandations mais l'eau de rejet dépasse la concentration établie par l'OMS et la législation algérienne et même la Française soit 35,5 g/l.

Les autres éléments comme les nitrates, nitrites et le sodium montrent une augmentation assez importante mais qui reste toujours avec des valeurs presque identique aux valeurs de l'eau de mer.

Selon le tableau on constate aussi que la valeur de phosphate et sulfate reste presque identique dans le rejet et ils présentent une diminution dans l'eau de mer. Il y a une augmentation de taux de bicarbonate dans les rejets et une absence de taux de carbonate.

5.3/Interprétation des résultats :

1) Concernant l'eau de mer :

On constate une élévation du paramètre énuméré ci-dessous

- ❖ **Le pH** : est aussi inférieur à 8,5
- ❖ **T°** : toujours inférieur à 30 C° qui a une grande importance car elle influe fortement sur la performance des membranes ;
 - A température basse (≤ 10 C°) l'eau devient moins visqueuse et pour le dessaler il faut plus d'énergie.
 - A haute température (≥ 30 C°) la qualité de l'eau produite n'est pas de bonne qualité
- ❖ **Les chlorures** :

On pense qu'ils proviennent des différentes sources telles les altérations des roches, et des pollutions liées aux rejets des eaux usées.

- ❖ **Le sodium** :

Est dissout lors des pluies et que contenues dans les roches émergées.
-La somme hydrogénéocarbonates varie légèrement du fait de l'implication du carbone dans les processus biologique.

-Les sels de potassium sont peu présents et légèrement moins solubles que les sels de sodium

En plus, on sait que le potassium est utilisé par les plantes marines pour leur croissance, par contre les ions sodium sont peu ou pas utilisés.

- ❖ **Conductivité et salinité** :

Elles sont élevées car comme nous avons que ces paramètres représentent la minéralisation globale d'une eau, et que l'eau de mer est riche en sels minéraux.

Pour les rejets d'eau saumâtre, Le taux de tous les éléments minéraux est plus élevé par rapport au taux de l'autre échantillon témoins.

La salinité est plus élevée, du probablement à la rétention des différents sels par les membranes d'osmose inverse, ce qui peut influencer directement sur la conductivité et la minéralisation de ces influents.

On a remarqué aussi un taux élevé des différents sels et une augmentation de la turbidité qui est très significative à celle de l'eau de mer qui peut être interprété à la présence des matières en suspension ainsi qu'au colmatage des membranes.

Le taux de nitrates reste toujours avec des valeurs minimales, ce qui peut expliquer l'absence de conséquences néfastes sur l'écosystème marin.

Les saumures rejetées ont une température ambiante qui ne dépasse guère 25 °C. A noter aussi, le taux des chlorures du vraisemblablement à l'utilisation de l'acide chlorhydrique pendant le prétraitement, ainsi qu'à son absence dans l'eau de mer. -Notre étude a fait ressortir des éléments très importants à noter.

Impact sur le plan environnement

Les points noirs de cette récente technologie un peu maîtrisée sont les rejets de la station qui dépassent largement les normes dans la quasi-totalité des cas qui représente un impact non négligeable sur l'écosystème aquatique.

Le principal impact associé aux procédés de dessalement provient de la production de saumure : solution à forte teneur en sel qui résulte de la concentration de l'eau de mer ou de l'eau saumâtre dessalé.

Il convient de traiter avec précaution la problématique qui est liée à ces résidus car le volume de saumure produit par litre d'eau salée, ainsi que sa teneur en sels, dépendra de la technique de dessalement employée et de la composition saline de l'eau traitée. Habituellement, le rejet des saumures résultant du dessalement de l'eau marine s'effectue dans la mer, soit directement près de la côte, soit au moyen d'un émissaire sous marin. L'impact des saumures ainsi déversées dans la mer sur le système récepteur n'est guère connu avec précision encore qu'à l'heure actuelle de nombreuses études sont en cours. Le dessalement de l'eau de mer a inévitablement un impact à la fois positif et à la fois négatif sur l'environnement.

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

Les activités de construction et d'exploitation peuvent se traduire par une série d'impacts sur les zones littorales, affectant notamment la qualité de l'air, la qualité de l'eau, la flore et la faune marines, la perturbation d'écosystèmes importants (dunes de sable, herbiers marins et autres habitats vulnérables par suite de l'emplacement choisi pour le trajet des canalisations), le dragage et l'élimination des déblais qui en résultent, le bruit, les entraves à l'accès du public et aux loisirs. Les plus importants de ces impacts concernent la qualité de l'air et la qualité de l'eau qui retentissent ensuite sur la flore, la faune et les écosystèmes marins.

En dépit du fait que des procédés différents ont été mis au point pour le dessalement

– osmose inverse, distillation, électrodialyse, congélation sous vide, etc. -, ils ont tous en commun de consister à ôter de l'eau de mer les substances minérales – et notamment mais pas exclusivement les sels - qui y sont dissoutes. Il en résulte donc, dans tous les cas, un effluent (concentré) qui a une composition chimique similaire à l'eau de mer d'alimentation mais dont la concentration est de 1,2 à 3 fois plus élevée (Vanhems, 1992), avec en plus les produits chimiques utilisés au cours des phases de prétraitement et de post-traitement.

Toute une série de produits chimiques et d'additifs servent en effet, lors du dessalement, à prévenir ou combattre l'entartrage ou la prolifération de microorganismes dans les circuits, faute de quoi la bonne marche de l'exploitation serait entravée.

Les constituants présents dans ces eaux résiduaires rejetées par les usines de dessalement dépendent dans une large mesure de la qualité de l'eau d'alimentation, de la qualité de l'eau douce produite et de la technique de dessalement adoptée. Cependant, les rejets des usines de dessalement ne comprennent pas seulement l'effluent de saumure concentrée, les désinfectants et les agents antisalissure (antifouling) (Abu Qdais, 1999) mais également des eaux chaudes et des effluents aqueux tels que les distillats et condensats d'éjecteur.

Impact sur le plan environnement

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

6.1-Origine et type des émissions et rejets :

6.1.1 : Émissions atmosphériques :

En général, les émissions atmosphériques des usines de dessalement consistent Seulement en azote et oxygène provenant d'usines de distillation qui utilisent des procédés de désaération pour réduire la corrosion, en rejets des éjecteurs (usines MSF) ou des dégazeurs (usines OI).

En outre, la production d'énergie destinée à être utilisée dans les usines de dessalement accroît les émissions atmosphériques. Des augmentations substantielles des émissions atmosphériques peuvent également se produire si une centrale thermique ou une installation de production couplée est construite dans le cadre d'un projet de dessalement.

Une méthode permettant d'évaluer l'énergie destinée au dessalement, (Wade, 1995)

.

6.1.2 Rejets chimiques

Toutes les usines de dessalement utilisent des produits chimiques pour le prétraitement de l'eau d'alimentation ainsi que le post-traitement de l'eau produite. La plupart des produits sont utilisés avant tout comme agents biocides, antitartre, antisalissure et anti mousse, et ils finissent par modifier la composition de la saumure concentrée.

La présence de certains métaux, qui sont des produits de la corrosion du circuit, influent aussi sur la composition de la saumure concentrée.

Ces produits chimiques ne sont pas les mêmes pour les principaux procédés de dessalement, à savoir MSF et l'osmose inverse.

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

1) Produits de la corrosion

Les usines de dessalement à procédé thermique rejettent du cuivre, du nickel, du fer, du chrome, du zinc et d'autres métaux lourds en fonction des alliages présents dans la filière de production, comme par ex. le titane (Schippner, 2000). En termes de concentrations, celles du cuivre et du fer sont les plus élevées (Hoepner, 1999). Par exemple, la plus faible valeur de cuivre relevée dans l'effluent de l'usine de dessalement d'Al-Khobar était de 20ppb, contre des concentrations naturelles de base dans l'eau de mer de 0,12 ppb et de 0,07ppb (Laone,1992). Pour la Méditerranée, les niveaux de cuivre dans l'eau de mer couvrent une large gamme de valeurs: l'intervalle des concentrations dans les eaux du large est de 0,04-0,70 ppb, alors que pour les eaux côtières l'intervalle est de 0,01-50 ppb (UNEP, 1995). Si l'on admet une valeur de 20 ppb de cuivre dans l'effluent de saumure d'une usine de dessalement ayant une capacité de 50 000 m³ par jour et un taux de conversion de l'eau de

Impact sur le plan environnement

10%, alors plus de 10 kg de cuivre seront rejetés sur le site avec les 500 000 m³ de saumure par jour.

Cet aspect est très préoccupant puisque, en Méditerranée, le nombre des usines MF de dessalement d'une capacité de production de 40 000 et 50 000 m³/jour s'accroît rapidement. Les produits de la corrosion ne sont pas si importants dans le procédé OI puisque celui-ci se déroule à des températures ambiantes et que les parties métalliques du système sont surtout en acier inoxydable. Ainsi, à l'usine de dessalement de Dhekelia (Chypre), la concentration de cuivre que l'on a relevée dans l'eau de mer, près de l'émissaire de la saumure, était inférieure à 1 ppb (Zimmerman, 1999).

2) Agents antitartre

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

L'additif antitartre le plus largement utilisés semble être des polymères de l'acide maléique. Ces polymères empêchent les matières dissoutes de précipiter, décanter et former une croûte sur les surfaces et ils entravent la formation de cristaux en altérant la structure réticulaire, permettant ainsi la formation d'une boue molle qui n'adhère pas ou ne se développe pas sur les surfaces métalliques. Bien que le taux d'application de cet acide soit de 1 à 3 ppm, la concentration habituelle

Dans le rejet est de 0,53 ppm (Morton, A, J, 1996). Dans les usines OI, l'acide sulfurique est utilisé avec des adjuvants polymères pour prévenir la formation de tartre.

3) Agents antisalissure

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

Depuis longtemps, les composés de chlore sont utilisés pour désinfecter les Systèmes d'apport d'eau de mer et l'usine située en amont, afin de prévenir les salissures. Habituellement, on ajoute du chlore à raison de 2ppm. Un procédé bien conduit vise à obtenir une concentration de chlore nulle à l'émissaire. À l'usine de Sitra (Phase I) de Bahreïn, de l'eau de Javel est ajoutée en continu pour conférer une teneur équivalant à 2 ppm de chlore. Le taux d'injection est contrôlé de manière à maintenir un niveau de chlore résiduel de 0, 2 ppm à l'émissaire.

À l'usine de dessalement de Dhekelia (Chypre), le niveau de chlore dans la saumure

Impact sur le plan environnement

Est effectivement nul. Quand l'eau de lavage à contre-courant est rejetée avec la saumure, le niveau de chlore est de 0,23 ppm.

D'autres biocides comme les sels de cuivre ont été essayés avec un succès variable. Et, en de nombreux sites, le rejet de cuivre dans la saumure est très inférieur à 1 mg/l. Cependant, ce niveau est encore peu satisfaisant en raison du dommage qui peut en résulter pour l'environnement par suite de l'accumulation du métal (Morton, A., J. *et al.* 1996).

4) Agents anti mousse

La mousse produite par l'eau de mer aux étages du procédé de distillation multi flash est imprévisible mais a tendance à poser un problème plus grave quand les séparateurs sont proches de la surface du courant de saumure, ce qui ne permet de séparer qu'un volume réduit en phase aqueuse et phase vapeur.

Les agents anti mousse sont habituellement des poly glycols alkylés, des acides gras et des esters d'acides gras. Les agents sont tensio-actifs à l'interface eau-vapeur et empêchent la formation de mousse. On ajoute habituellement ces produits à raison de 0,1 ppm, mais on observe fréquemment un surdosage. La formation de mousse est une fonction des constituants organiques de l'eau de mer qui sont principalement des produits d'excrétion et de dégradation d'algues planctoniques. Dans le cas de l'OI, il est nécessaire d'ajouter des agents anti mousse.

6.1.3 La saumure concentrée

Les usines de dessalement rejettent en fait la même charge de constituants de l'eau de mer que celle qu'elles ont reçue, mais dans un volume d'eau moindre.

Avec le procédé MSF, un taux de récupération habituel sur la base de l'eau d'alimentation est de 10% et la salinité de la saumure concentrée est donc 1,1 fois plus élevée que celle de l'eau d'alimentation. Le concentré est généralement dilué par deux avec l'eau de refroidissement avant d'être rejeté, et par conséquent le facteur de concentration est de 1,05, ce qui réduit les impacts sur l'environnement.

Avec le procédé OI, le facteur de conversion varie de 30 à 70%. Dans ce cas, la salinité du concentré est de 1,3 à 1,7 fois plus élevée que celle de l'eau d'alimentation. Si l'on admet une salinité type de 39 ‰ pour la Méditerranée orientale, cela signifie que la saumure issue des usines OI varie en moyenne d'environ 51 à 66 ‰. Le rendement et les données environnementales d'une usine OI ayant une production de 10 000 m³/jour à Fujairah (Émirats arabes unis) sont communiqués par [30]. Le tableau illustre la concentration significativement plus élevée de la saumure par comparaison avec une usine MSF.

La composition chimique de la saumure rejetée par rapport à celle de l'eau de mer d'alimentation dans le cas des unités de dessalement OI des îles Canaries est reproduite sur le tableau 14 (Zimmerman, R. 1999). La salinité totale de la saumure est de 63,8, contre 38,95 pour l'eau d'alimentation, soit un rapport saumure/eau alimentation de 1,64. Des progrès récents intervenus dans le procédé IO avec des taux de récupération beaucoup plus élevés se traduisent par des concentrés présentant une salinité très supérieure (dépassant 70 ‰).

Impact sur le plan environnement

6. 2-Impacts sur l'environnement :

Les divers types de polluants résultant des différents procédés appliqués dans les usines de dessalement (distillation et osmose inverse) ont déjà été identifiés et décrits.

Une grille présentant les impacts néfastes sur l'environnement associés aux procédés de dessalement est reproduite sur le tableau 09. Selon ce tableau, les impacts les plus prononcés sont dus aux produits chimiques qui favorisent les phénomènes d'eutrophisation dans les eaux réceptrices ainsi qu'aux désinfectants.

Tableau 09 :
Grille d'impacts néfastes sur l'environnement associés aux procédés de dessalement

Impact	Degré d'impact	Origine de l'impact	Techniques d'atténuation
Pollution thermique Réduction de l'oxygène dissous dans les eaux réceptrices, Effets nocifs pour les espèces thermorésistantes	M M	- saumure chaude	Mélange de la saumure avec de l'eau froide avant le rejet Bassins de retenue
Salinité accrue Effets nocifs pour les espèces résistantes aux sels	M	- saumure Concentrée	Dilution de la saumure avant rejet Récupération de sels Bon choix de l'emplacement pour l'émissaire afin de permettre le maximum de brassage et de dispersion
Désinfectants	E	Chlore et ses composés Réaction du chlore avec des composés organiques – hydrocarbures principalement	Utilisation d'autres désinfectants. Mesures de protection contre les polluants au prélèvement de l'usine
Métaux lourds - toxicité	M	Corrosion du matériel de l'usine	Conception et choix judicieux du matériel de l'usine en recourant à des matériaux résistants à la corrosion
Produits chimiques : - Eutrophisation des eaux réceptrices - Toxicité - Hausse du Ph	E F F	Adjonction d'agents Anticorrosion et Antitartre	Réduction au minimum de l'utilisation de produits chimiques Utilisation d'additifs sans danger pour l'environnement
Pollution atmosphérique Plus acides	F	Utilisation de combustibles et	Utilisation d'énergies propres et renouvelables

Impact sur le plan environnement

Effet de serre Poussières	M M	activités d'élimination	autant que possible Application de systèmes mixtes et de production couplée. Purification des gaz avant émission dans l'atmosphère
Sédiments Turbidité et limitation de la photosynthèse Difficultés de respiration	M	Perturbation des sables par des activités	Réduction au minimum et contrôle des activités d'excavation et remblayage
chez les animaux aquatiques	M	d'excavation et de dragage	Bonne maîtrise du ruissellement dans la zone du site
Bruit	F	Activités de construction Pompes et autres appareils au cours de l'exploitation de l'usine	Limitation des activités de construction aux seuls horaires de travail Choix du matériel le moins Bruyant

E- Impact de degré élevé, M- de degré moyen, F-de degré faible (Abu Qdais Hani, A. 1999),

6.2.1 Effets dus aux produits de la corrosion

Comme on l'a déjà relevé, les usines de dessalement par distillation rejettent des métaux tels que le cuivre, le nickel, le fer, le chrome et le zinc dans le milieu marin.

Ces métaux ne se trouvent pas à l'état d'ions libres mais forment des complexes inorganiques et organiques qui sont adsorbés sur les matières en suspension et déposent en s'accumulant dans les sédiments. Comme, dans ce cas, le problème ne réside pas dans la concentration effective du métal mais dans sa charge totale atteignant l'environnement, on ne peut atténuer les effets en diluant le rejet.

Une étude d'impact sur l'environnement, menée à une usine de dessalement MSF en service à Key West (Floride, USA) au cours des années 1960 et jusqu'au milieu des années 1970, a montré que les concentrations de cuivre, qui étaient souvent 5 à 10 plus élevées que les concentrations ambiantes, s'avéraient toxiques pour les organismes marins (California Coastal Commission, 1991) De même, la contamination de sédiments par des métaux lourds a été établie à la proximité d'un site de rejet de saumure concentrée à une usine de dessalement OI d'Arabie saoudite.

Il convient de bien préciser qu'il est encore difficile d'établir une corrélation entre des concentrations de métaux lourds dans l'eau de mer et les sédiments, d'une part, et les conséquences écologiques de l'autre. Cependant, dans l'ensemble, des concentrations de métaux lourds dépassant significativement les concentrations naturelles de base sont considérées comme une pollution de l'environnement, même si des effets biologiques n'ont pas été démontrés. Il n'est pas encore possible de fixer une limite en deçà de laquelle la pollution serait inoffensive et au delà de laquelle elle serait nocive (Hoepner, H. 1999).

Impact sur le plan environnement

6.2.2 Effets dus aux additifs antitartres :

Une action précoce contre l'entartrage est obtenue avec l'adjonction de phosphates polymères. L'ortho phosphate, produit de l'hydrolyse des poly phosphates, est un macroélément nutritif qui stimule la productivité primaire. Dans une zone marine oligotrophe comme la mer Méditerranée, le rejet d'un macroélément nutritif peut avoir des effets drastiques tels que des efflorescences algales, des proliférations d'algues macroscopiques, etc. Ces dernières années, les agents antitartre les plus largement utilisés ont été les polymères de l'acide maléique. L'utilisation de ces produits permet d'empêcher l'apparition d'effets eutrophisants.

Il convient de prendre en compte le recours à l'acide sulfurique pour faciliter l'action des agents antitartre sur les membranes d'usines OI. Une étude d'impact sur l'environnement de l'effluent de l'usine de dessalement OI TIGNE à Malte a montré que les valeurs du pH de la saumure étaient plus basses (7,3) que celles du pH de l'eau de mer ambiante (8,28).

6.2.3 Effets de l'additive antisalissure :

La chloration est un bon auxiliaire mais un mauvais maître en ce sens qu'elle est très économique et efficace mais qu'elle n'est pas correctement maîtrisée; elle donne naissance à des dérivés tels que des thiolométhanes qui sont soumis à réglementation en raison de leurs effets cancérogènes.

Si le chlore est un agent antisalissure à large spectre, il présente aussi des effets étendus sur le milieu marin quand il est rejeté avec la saumure. Il occasionne des effets biologiques par son action stérilisante intrinsèque et des effets chimiques en halogénant les constituants organiques de l'eau de mer (Hoepner, H. 1999).

D'autres agents antisalissure comme les sels de cuivre entraînent des rejets de cuivre dans la saumure, et ce métal, même à de très faibles concentrations (moins de 1ppm), peut avoir des incidences sur l'environnement par suite de son accumulation.

6.2.4 Effets de l'additif anti mousse

Les agents anti mousse sont des détergents. Les détergents ont des effets nocifs sur les organismes en altérant le système membranaire intracellulaire. Les effets sur l'écosystème marin n'ont pas été étudiés mais pourraient être négligeables.

6.2.5 Effets du concentré (saumure)

Il est indubitable que c'est la saumure qui exerce le plus fort impact sur le milieu marin. Le volume total de saumure libéré dans ce milieu est déterminant pour les dommages qu'il peut induire. Un rejet de saumure concentrée en grandes quantités appelle un examen plus soigneux des impacts potentiels sur l'environnement que s'il s'agit d'un rejet en petites quantités.

À part le volume proprement dit, les modalités et l'emplacement du rejet sont essentiels pour les impacts qui peuvent en résulter. La longueur de l'émissaire, sa distance au rivage, son niveau au-dessus du fond de la mer, l'existence ou non d'un diffuseur, ainsi que la profondeur de l'eau et les caractéristiques hydrologiques (courants, vagues) peuvent conditionner la

Impact sur le plan environnement

dispersion de la saumure et l'efficacité de la dilution au point de rejet et, par voie de conséquence, l'impact potentiel sur l'environnement.

Par exemple, à l'usine de dessalement de Dhekelia (Chypre), qui a une capacité de production de 40 000 m³/jour, la saumure, d'une salinité d'environ 72 ‰, est rejetée dans la mer par un émissaire doté à son extrémité d'un multi diffuseur, à une profondeur d'environ 5 m et à une distance de 250 m du rivage; il en résulte un accroissement de la salinité dans un rayon de 200 m à partir du rejet. De fait, la plus forte salinité (» 54 ‰) a toujours été décelée au point de rejet et il était possible de relever une salinité supérieure à celle de l'eau de mer (» 39 ‰) jusqu'à 200 m du rejet..

La zone d'impact présentant une forte salinité varie selon la saison, l'impact le plus marqué se produisant durant les mois d'été (Argyrou, M. 2000)

Le rejet de 11,25 millions de litres de saumure à 62‰ de salinité par l'usine OI TIGNE (Malte) dans une fosse de calcaire tendre d'environ 30 mètres de profondeur entraîne une hausse de la salinité atteignant 58‰ dans la zone de rejet (Falzon, L. and B. Gingell 1990)

À la nouvelle usine OI de Larnaka (Chypre) d'une capacité de 40 000m³/jour (dont la mise en service est prévue pour le début 2001), l'émissaire de 81 cm de diamètre a une longueur d'environ 1500m. L'emplacement du point de rejet est à une profondeur d'environ 15 m. Les résultats d'une prévision de la dispersion de la saumure au moyen d'un modèle de convection-diffusion à trois dimensions a montré que la salinité maximale au fond sera d'environ 42, 7‰.

Parmi les usines en service en Espagne, celle installée à Ceuta (procédé OI), avec une capacité de 16 000 m³ /jour, rejette sa saumure par un émissaire à 450 m du rivage, et celle installée à Suresta (également OI), avec une capacité de 10 000m³/jour, rejette sa saumure par un émissaire à 500 m du rivage. Les nouvelles usines en construction dotées d'une capacité supérieure sont conçues de manière à ce que la saumure soit rejetée loin de la côte. L'usine OI d'Almeria, de 50 000m³/jour, rejettera sa saumure à 1200 m du rivage, et celle de Cartagena le fera à 4 650 m du rivage.

Le rejet du concentré dans la mer aboutit à la formation d'un système stratifié avec un courant de concentré à la couche du fond puisqu'il contient des concentrations en sel supérieures à celles de l'eau de mer ambiante. Le courant de fond à plus forte salinité peut affecter sérieusement le milieu marin et en particulier les biotes benthiques (Argyrou, M. 2000)

La salinité accrue affecte les organismes marins par le processus d'osmose qui consiste en la diffusion d'eau pure à travers une membrane qui est perméable à l'eau mais non aux ions qui y sont dissous. Par conséquent, le contenu en sels diffère de part et d'autre de la membrane, l'eau pure diffusera à travers la membrane à partir du compartiment ayant une faible concentration d'ions dissous vers le compartiment ayant une concentration supérieure d'ions dissous. Quand des organismes marins sont exposés à une variation de la salinité (contenu en sels plus élevé dans le milieu externe que dans les fluides de l'organisme) ils sont soumis à un choc osmotique qui est préjudiciable pour la plupart d'entre eux en fonction de leur tolérance à la salinité.

Dans le cas de l'usine de dessalement de Dhekelia (Chypre), une étude sur trois années de l'impact du concentré sur le macro benthos marin a révélé que les salinités élevées causaient des dommages importants aux communautés de l'algue macroscopique *Cystoseira barbata* à proximité de l'émissaire du concentré, alors que d'autres espèces d'algues microscopiques disparaissaient de la zone environnante (à une distance de 100 m du point de rejet). En outre, il en est résulté une diminution importante de la diversité et de

Impact sur le plan environnement

l'abondance de la macrofaune benthique au site de rejet du concentré, par comparaison avec celles relevées avant la mise en service de l'usine de dessalement. Surtout, les modifications de la salinité de l'eau ont induit des changements dans la composition des formations macro faunistiques à proximité du point de rejet. Alors que la communauté benthique avant la mise en place de l'émissaire se composait pour 27% de polychètes, pour 27% d'échinodermes, pour 26% de scaphopodes et pour 20% de gastropodes, au bout de trois années d'exploitation de l'usine, les seuls taxons observés étaient les polychètes et les crustacés représentant respectivement 80 et 20% de l'ensemble de la macrofaune .

La hausse de la salinité de l'eau de mer devrait stimuler la fixation de métaux en traces dissous par les animaux marins. Blust (1992) a indiqué que le taux de fixation de cadmium par la crevette *Artemia franciscana* augmenterait avec la salinité de l'eau.

Del Bebe *et al.* (1994) ont exploré plusieurs scénarios de rejet de saumure au moyen d'un programme de simulation information EPA CORMIX. Ils en ont conclu que:

- Des rejets de saumure très concentrée peuvent avoir des incidences sur le milieu benthique;
- une dilution de l'effluent à 1 ppt au-dessus de la salinité ambiante est une première indication prudente en vue de limiter les incidences, mais il conviendrait de réaliser des évaluations spécifiques du site;
- il est possible d'obtenir une dilution d'effluents de saumure très concentrée à 1ppt à des distances raisonnables;
- le rejet concomitant de saumure et d'eaux usées semble avoir des effets bénéfiques.

Hon-machi et Sibuya-ka (1977) ont étudié les problèmes de pollution occasionnés par un procédé de distillation d'eau de mer. Ils en ont conclu qu'il était possible de réduire les impacts de la saumure dans la baie de Tokyo grâce à une conception judicieuse du dispositif de rejet.

Mabrouk (1994) (Technologie de l'eau ,2006) a montré que la flore et la faune marines de la région de Hurghada (façade égyptienne de la mer Rouge) sont gravement atteintes par le rejet de saumure d'usines de dessalement. La majeure partie du corail a disparu des zones côtières, de nombreux organismes planctoniques ont disparu des eaux attenantes à l'usine, les populations de nombreuses espèces de poisson ont décliné et même disparu et les espèces provenant d'autres zones marines n'ont pas été en mesure de s'établir dans la région de Hurghada.

Il convient de signaler que la région de Hurghada est classée en 5 zones biologiques :1) zone du rivage; 2) zone à styloporos, 3) zone à herbiers d'algues rouges; 4) zone à pocilloporas; 5) zone à millépores et aéropores. Cette classification a été établie selon les types de récif de corail existant dans chaque zone.

Shunya *et al.* (1994) ont étudié *in vitro* (expérimentations en laboratoire) les effets létaux d'une solution hypertonique sur les organismes marins dans le but d'accroître l'impact de la saumure sur la flore et la faune marine. Ils en ont conclu que la salinité létale initiale et la sensibilité de chaque organisme diffèrent d'une espèce à l'autre.

CONCLUSION

Bien que le dessalement de l'eau de mer soit une industrie en développement constant dans de nombreux pays du monde.

Le dessalement de l'eau de mer deviendra en Algérie dans les prochaines années une industrie en essor constant. Cette ressource en eau pratiquement illimitée consomme une grande quantité d'énergie et elle a des impacts sur l'environnement.

L'unité de dessalement (Souk Tlata) utilise le procédé d'osmose inverse pour séparer l'eau et les sels dissous au moyen de membranes sous l'action d'un gradient de pression.

L'osmose inverse est une technologie éprouvée mais évolutive, qui a encore des marges de progrès. Cette étude a permis d'affirmer l'efficacité de la technique d'osmose inverse puisqu'elle déminéralise l'eau de mer à un taux d'élimination global de 81,7%.

Le dessalement de l'eau a un impact à la fois positif et négatif sur l'environnement. Le principal effet positif direct est un accroissement des disponibilités en eau. L'impact positif indirect sur l'environnement découle d'une salinisation réduite du sol grâce à une irrigation à base d'eau dessalée par rapport à l'utilisation d'eau saumâtre. Les répercussions négatives sur l'environnement peuvent tenir à divers éléments : évacuation de la saumure ou des eaux résiduelles produites par le dessalement ; additifs chimiques antisalissure ou anticorrosion ; impact visuel au niveau du paysage : bruit ; émission de gaz à effet de serre dérivant de la consommation d'énergie ; etc. Par ailleurs, l'évacuation des saumures résiduelles dans les zones côtières ou intérieures n'a pas la même incidence, l'opération étant plus complexe dans le second cas tandis que les rejets côtiers directs ont des retombées sur l'écosystème marin.

Références bibliographique

Dégréement « Mémento technique de l'eau », Lavoisier-Lexique technique de l'eau. Tome 1, Paris, 2005.

Rapport Technique « La Détermination des eaux saumâtres et perspectives » .Entreprise Tomel 1, Paris, 2005.

Metaiche M, « Etude d'optimisation des systèmes d'osmose inverse pour le dessalement des eaux de mer sur modèle (la simulation numérique) », Thèse magistère, Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique .Blida 2000.

Maurel A « Dessalement de l'eau de mer et les eaux saumâtres et autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce », Lavoisier Tec et Doc. France, 2001.

Rapport d'analyse « Résultat d'analyse d'une eau saumâtre », Laboratoire chimie des eaux et des sols Ouragla, Région Touggourt, 2007.

Cheknane B, « Elimination des acides humiques par coagulation floculation en lit fluidisé », Mémoire de magister, département de chimie industrielle, Blida .2005.

Maurel A, Jean C-S, Michel R, « Technique à membranes et dessalement de l'eau de l'eau de mer et des eaux saumâtres », Journées de formation au CDER-MEDRC, 11-15 Décembre 2004, Alger .

Zermane F, « Adsorption des acides humiques de l'eau de mer synthétique sur une bentonite algérienne modifiée », Mémoire de magister, département de chimie industrielle. Université de Blida, 2005.

Bouguerre S, « Extraction, caractéristique et aptitude à la coagulation-floculation de la matière organique des eaux de barrage Ghrib (Médéa) », Mémoire de magister, département de chimie industrielle. Université de Blida, 2001.

Akretche J, « Les prétraitements par membranes en dessalement » Journées de formation, Février 2004 au Gabès, Tunis.

OIEau (office international de l'eau) 2006 : formation à l'exploitation et à la maintenance des unités de dessalement de l'eau de mer manuel (titre 3 : généralité sur le dessalement novembre 2006. Alger 244p.

Mébaraki-Djoudi 2006 : l'impact de dessalement sur l'environnement cas de station de bousfer. Mémoire de fin d'étude pour obtention du diplôme d'ingénieur d'état en biologie option E.V.E.P (6-25).

Danis p (2003) : traite génie des procédés de dessalement de l'eau de mer revue technique de l'ingénieur .Paris pp 16-32.

Impact sur le plan environnement

Rouba Fatima zohra 2008 : dessalement de l'eau de mer pour la production de l'eau potable (fonctionnement par le procédé d'osmose inverse).Mémoire de fin d'étude pour obtention diplôme d'étude universitaire appliqué. Université d'Oran p (3-4,49-50-51).

Allaoui Fatima 2008 : le dessalement de l'eau de mer dans la perspective d'une gestion et d'un développement durable (cas de la station de dessalement de Bousfer (W, d'Oran) p 20-35-36-(66-70).Mémoire de fin d'étude pour obtenir le diplôme de magister.

Dégréement (Mémento technique de l'eau), Lavoisier-Lexique technique de l'eau. Tome 1, Paris, 2005.

ADE 2007 : la gestion intégrée des ressources hydrique séminaire international sur la gestion de l'eau Oran 2 avril 2007.

Étude d'impact sur l'environnement de la réalisation et l'exploitation de l'usine de dessalement de l'eau de mer de Souk Tlata septembre 2007.

Rodier J, « L'analyse de l'eau de mer, eau naturel, eau résiduaires, eaux de mer » 8^{eme} édition, DUNOD, Paris, 1996.

Vanhems, C. (1992), Critical Review of Desalination Concentrate Disposal to Surface Water, U.S.A.

Abu Qdais Hani, A. (1999), Environmental Impacts of desalination plants on the Arabian Gulf San Diego Proceeding, 1999 Vol. III, pp.249-260

Wade, N.M. and R.S. Fletcher (1995), Energy allocation and other factors in the inthencing water cost in desalination and dual purpose power/water plants. proc. of IDA World Congress, Abu Dhabi, Nov. 1995, vol. III, pp.363-380

Schipper, J. (2000), Environmental Impact from desalination plants – Pollution of the sea. WHO course on desalination March 2000

Hoepner, H. (1999), A procedure for environmental impact assessments (EIA) for seawater desalination plants

Kennish, M.J. (1994), Practical Handbook of Marine Science

Laone, M. (1992), Concentrations of Natural Compounds in Rivers, Sea water, Atmosphere and Mussels.

UNEP (1995), Assessment of the State of Pollution of the Mediterranean sea by Zinc,Copper and their compounds. Document UNEP((OCA)/MED WG er inf3. 121 p.

Zimmerman, R. (1999), The Larnaca seawater desalination plant . Environmental impact Assessment Report

Impact sur le plan environnement

Finan, M., S. Smith, K. Evans and J. Muir (1989), *Desalination*, 73:341

Morton, A., J. *et al.* (1996), Environmental Impacts of Seawater distillation and reverse osmosis process, *Desalination*, (8):1-10. In: Proceeding of desalination and the Environment Oct. 20-23

California Coastal Commission (1991), Seawater desalination in California Chap. three: Potential Environmental Impacts

Agius, A. (1988), Salinity effects of the effluents from the TIGNE RO plant on the surrounding sea. Diploma thesis, University of MALTE

Argyrou, M. (2000), Impact of Desalination Plant on marine macrobenthos in the coastal waters of Dehkelia bay, Cyprus. Internal Report.

Falzon, L. and B. Gingell (1990), A study of the influence of the effluent from the TIGNE RO plant on algae grow. Dissertation of B.Sc. degree. MALTE University

Del Bebe, J.V., J. Gerhard and J. Largier (1994), Ocean brine disposal. *Desalination*, Vol. 97, pp.365-372

OMS 2004 : organisation mondiale de la santé nitrates et nitrites in directive de la qualité pour les eaux de boisson : volume2-critère d'hygiène et documentation à l'appui, Organisation mondiale de la santé Genève.

Technologie de l'eau, « Osmose inverse, ultrafiltration », Technique de l'ingénieur, Juin 2006.

Remerciements

Mes vifs remerciements s'adressent à Mr BENMANSOUR Abdelhafid Professeur au Département d'Ecologie et Environnement de l'université de Tlemcen qui m'a permis de réaliser cette étude. Je lui témoigne ma profonde reconnaissance pour ses précieux conseils, ses orientations, son infatigable dévouement, sa disponibilité et son soutien moral.

J'exprime ma profonde gratitude à Mme BENDIMERAD N. PROFESSEUR au Département de biologie à l'université de Tlemcen, pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire veuillez trouver ici l'expression de mes sincères remerciements.

Je tiens remercier vraiment les gens de la station de dessalement Souk Tlata.

je tiens à remercier Mr LAZOUNI HAMMADI ABDERAHMANE Maitre de conférences A au département d'Ecologie et Environnement de l'université de Tlemcen, pour l'attention qu'il a bien voulu porter à ce travail en acceptant de faire partie du jury, veuillez trouver ici ma profonde reconnaissance et toute ma gratitude .

Un grand merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ce modeste travail.

Résumé

L'objectif de notre travail est l'étude sur la technique du dessalement de l'eau de mer et ses impacts sur l'environnement. Mais si cette technique permet de dessaler l'eau de mer ; permet-elle réellement de produire une eau potable et quelle est sa qualité ? Et quelle sont les inconvénients sur l'environnement lors du rejet direct de la saumure en eau de mer ?

Pour ce faire, notre travail s'organise autour de trois parties essentielles :

- ✓ La première concernant une étude théorique : ou nous décrivons brièvement les sources d'eaux, généralités sur les techniques de dessalement de l'eau de mer et nous étudierons le procédé du dessalement de l'eau de mer par osmose inverse.
- ✓ La seconde partie s'intéresse à la partie pratique. Elle consiste à suivre les étapes de

Dessalement, et à tester la qualité d'eau produite à travers des analyses physico-chimique déterminant la nature de rejet de la station, à la suite de ses analyses on constate qu'il y a : Le taux de tous les paramètres est plus élevé par rapport aux taux des autres échantillons analysés (eau de mer et eau traitée), ce qui peut expliquer l'efficacité du processus du dessalement.

Parmi ses valeurs, le taux de salinité est plus élevé, ce qui est du probablement à la rétention des différents sels par les membranes d'osmose inverse, ce qui peut influencer directement sur la conductivité et la minéralisation de ces effluents.

A noter aussi, le taux élevé des chlorures du vraisemblablement à l'utilisation de l'acide chlorhydrique pendant le prétraitement, ainsi qu'à son abondance dans l'eau de mer. L'augmentation de la turbidité est très significative à celle de l'eau de mer et l'eau traitée, qui

Peut être interprété par la présence des matières en suspension ainsi qu'au colmatage des membranes. Elle peut être une source d'influence sur la faune et la flore marine.

- ✓ La troisième partie s'intéresse à l'étude des différents impacts environnementaux du aux rejets des saumures et la consommation énergétique qui dépassent largement les normes dans la quasi-totalité des cas qui représente un impact non négligeable sur l'écosystème aquatique.
- ✓ Enfin, nous terminons par une conclusion générale.

Mots clé : Dessalement, Eau de mer, Pénuries d'eau, Osmose inverse, Développement durable.

Abstrat :

The objective of our work is to study the technique of desalinating sea water and its impact on the environment. But if this technique to desalinate seawater can it really produce drinking water and what is it? And what are the disadvantages to the environment during the direct discharge of brine in sea water?

To do this, our work is organized around three basic parts:

- ✓ **The first study on theoretical or briefly describe water sources, general techniques on desalination of seawater and we study the process of desalination of seawater by reverse osmosis.**
- ✓ **The second part focuses on the practical part. It is to follow the steps**

Desalination, and testing the quality of water produced through physical-chemical determination of the content of the discharge station, as a result of his analysis we find that there is: The rate of all parameters is higher compared to the rates of other analyzes samples (sea water and treated water), which may explain the effectiveness of the process of desalination .

Among its values, the salinity is higher, which is probably a retention of various salts by reverse osmosis membranes, which may directly affect the conductivity and mineralization of these effluents.

Also note the high rate of chlorides was probably the use of hydrochloric acid during pretreatment, and has its abundance in sea water turbidity increase is very significant to that of the seawater and treated water, which Can be interpreted by the presence of suspended solids as well as membrane fouling. It can be a source of influence on the fauna and flora.

- ✓ **The third part focuses on the study of environmental impacts deferens releases brines and energy far beyond standards in almost all cases represents a non-negligible impact on the aquatic ecosystem.**
- ✓ **Finally, we conclude with a general conclusion.**

Keywords: Desalination, Seawater, Water Shortages, Reverse Osmosis, Sustainability.

ملخص

والهدف من عملنا هو دراسة تقنية تحلية مياه البحر وأثره على البيئة. ولكن إذا كان يمكن لهذه التقنية لتحلية مياه البحر أن تنتج حقا مياه الشرب و؟ ما هو وما هي سلبياتها للبيئة خلال التصريف المباشر من المياه المالحة في مياه البحر؟

للقيام بذلك، يتم تنظيم عملنا على ثلاثة أجزاء أساسية:

أول دراسة على مصادر المياه أو تقديم وصف موجز نظريا والتقنيات العامة بشأن تحلية مياه البحر وندرس عملية تحلية مياه البحر عن طريق التناضح العكسي.

أما الجزء الثاني يركز على الجانب العملي ذلك في متابعة الخطوات في تحلية واختبار نوعية المياه المنتجة من خلال التحليلات الفيزيائية والكيميائية يحدد طبيعة تصريف المحطة.

نتيجة لتحليله نجد أن هناك نسبة جميع المعايير أعلى بالمقارنة مع معدلات تحليل عينات أخرى (مياه البحر والمياه المعالجة)، وهو ما قد يفسر فعالية عملية تحلية المياه. ومن بين قيمها، نسبة الملوحة أعلى، والتي من المحتمل ان يكون الاحتفاظ بالأملاح المختلفة عن طريق أغشية التناضح العكسي، والتي قد تؤثر بشكل مباشر على الموصلية وتمعدن هذه النفايات السائلة.

نلاحظ أيضا ارتفاع معدل الكلوريدات على الأرجح استخدام حمض الهيدروكلوريك أثناء المعالجة، ولديه وفرة في مياه البحر. الزيادة في التعكر مهم الى حد بعيد مياه البحر والمياه المعالجة، والتي يمكن أن تفسر من خلال وجود المواد الصلبة العالقة، فضلا عن تلوث الغشاء. يمكن أن يكون مصدرا للتأثير على الحيوانات والنباتات.

أما الجزء الثالث يركز على دراسة الآثار البيئية للمحاليل الملحية و تصريفات المحطة واستهلاك الطاقة إلى ما هو أبعد في جميع الحالات تقريبا يمثل تأثير لا يستهان على النظم الإيكولوجية المائية.

وأخيرا، فإننا نختتم مع الاستنتاج العام.

الكلمات المفتاحية: تحلية المياه، مياه البحر، نقص المياه، التناضح العكسي، الاستدامة

Résumé

L'objectif de notre travail est l'étude sur la technique du dessalement de l'eau de mer et ses impacts sur l'environnement. Mais si cette technique permet de dessaler l'eau de mer ; permet-elle réellement de produire une eau potable et quelle est sa qualité ? Et quelle sont les inconvénients sur l'environnement lors du rejet direct de la saumure en eau de mer ?

Pour ce faire, notre travail s'organise autour de trois parties essentielles :

- ✓ La première concernant une étude théorique : ou nous décrivons brièvement les sources d'eaux, généralités sur les techniques de dessalement de l'eau de mer et nous étudierons le procédé du dessalement de l'eau de mer par osmose inverse.
- ✓ La seconde partie s'intéresse à la partie pratique. Elle consiste à suivre les étapes de Dessalement, et à tester la qualité d'eau produite à travers des analyses physico-chimique déterminant la nature de rejet de la station, a la suite de ses analyses on constate qu'il y a : Le taux de tous les paramètres est plus élevé par rapport aux taux des autres échantillons analyses (eau de mer et eau traitée), ce qui peut expliquer l'efficacité du processus du dessalement. Parmi ses valeurs, le taux de salinité est plus élevé, ce qui est du probablement à la rétention des différents sels par les membranes d'osmose inverse, ce qui peut influencer directement sur la conductivité et la minéralisation de ces effluents. A noter aussi, le taux élevé des chlorures du vraisemblablement à l'utilisation de l'acide chlorhydrique pendant le prétraitement, ainsi qu'à son abondance dans l'eau de mer. L'augmentation de la turbidité est très significative a celle de l'eau de mer et l'eau traitée, qui peut être interprété par la présence des matières en suspension ainsi qu'au colmatage des membranes. Elle peut être une source d'influence sur la faune et la flore marine.
- ✓ La troisième partie s'intéresse à l'étude des différents impacts environnementaux du aux rejets des saumures et la consommation énergétique qui dépassent largement les normes dans la quasi-totalité des cas qui représente un impact non négligeable sur l'écosystème aquatique.
- ✓ Enfin, nous terminons par une conclusion générale.

Mots clé : Dessalement, Eau de mer, Pénuries d'eau, Osmose inverse, Développement durable.

Abstrat :

The objective of our work is to study the technique of desalinating sea water and its impact on the environment. But if this technique to desalinate seawater can it really produce drinking water and what is it? And what are the disadvantages to the environment during the direct discharge of brine in sea water?

To do this, our work is organized around three basic parts:

- ✓ The first study on theoretical or briefly describe water sources, general techniques on desalination of seawater and we study the process of desalination of seawater by reverse osmosis.
- ✓ The second part focuses on the practical part. It is to follow the steps

Desalination, and testing the quality of water produced through physical-chemical determination of the content of the discharge station, as a result of his analysis we find that there is: The rate of all parameters is higher compared to the rates of other analyzes samples (sea water and treated water), which may explain the effectiveness of the process of desalination .

Among its values, the salinity is higher, which is probably a retention of various salts by reverse osmosis membranes, which may directly affect the conductivity and mineralization of these effluents.

Also note the high rate of chlorides was probably the use of hydrochloric acid during pretreatment, and has its abundance in sea water turbidity increase is very significant to that of the seawater and treated water, which

Can be interpreted by the presence of suspended solids as well as membrane fouling. It can be a source of influence on the fauna and flora.

- ✓ The third part focuses on the study of environmental impacts deferens releases brines and energy far beyond standards in almost all cases represents a non-negligible impact on the aquatic ecosystem.
- ✓ Finally, we conclude with a general conclusion.

Keywords: Desalination, Seawater, Water Shortages, Reverse Osmosis, Sustainability.

والهدف من عملنا هو دراسة تقنية تحلية مياه البحر وأثره على البيئة. ولكن إذا كان يمكن لهذه التقنية لتحلية مياه البحر أن تنتج حقا مياه الشرب؟ وما هو وما هي سلباتها للبيئة خلال التصريف المباشر من المياه المالحة في مياه البحر؟ للقيام بذلك، يتم تنظيم عملنا على ثلاثة أجزاء أساسية:

[أول دراسة على مصادر المياه أو تقديم وصف موجز نظريا والتقنيات العامة بشأن تحلية مياه البحر وندرس عملية تحلية مياه البحر عن طريق التناضح العكسي. أما الجزء الثاني يركز على الجانب العملي ذلك في متابعة الخطوات في تحلية واختيار نوعية المياه المنتجة من خلال التحليلات الفيزيائية والكيميائية يحدد طبيعة تصريف المحطة.

نتيجة لتحليله نجد أن هناك: نسبة جميع المعايير أعلى بالمقارنة مع معدلات تحليل عينات أخرى (مياه البحر والمياه المعالجة)، وهو ما قد يفسر فعالية عملية تحلية المياه ومن بين قيمها، نسبة الملوحة أعلى، والتي من المحتمل أن يكون الاحتفاظ بالأملاح المختلفة عن طريق أغشية التناضح العكسي، والتي قد تؤثر بشكل مباشر على الموصولة وتمعدن هذه النفايات المسائلة.

تلاحظ أيضا ارتفاع معدل الكلوريدات على الأرجح استخدام حمض الهيدروكلوريك أثناء المعالجة، ولديه وفرة في مياه البحر. الزيادة في التآكل مهم الى حد بعيد مياه البحر والمياه المعالجة، والتي يمكن أن تفسر من خلال وجود المواد الصلبة العالقة، فضلا عن تلوث الغشاء. يمكن أن يكون مصدرا للتأثير على الحيوانات والنباتات.

أما الجزء الثالث يركز على دراسة الآثار البيئية للمحاليل الملحية وتصريفات المحطة واستهلاك الطاقة إلى ما هو أبعد في جميع الحالات تقريبا يمثل تأثير لا يستهان على النظم الإيكولوجية المائية.

وأخيرا، فإننا نختم مع الاستنتاج العام.

الكلمات المفتاحية: تحلية المياه، مياه البحر، نقص المياه، التناضح العكسي، الاستدامة