



MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMEN
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 Plage EL
Hilal*

(AIN Témoühent)

Présenté par :

Mr HADJALI Yassine

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

Année universitaire : 2011 / 2012

Résumé :

Bien qu'elles soient considérables les ressources en eau ne sont pas infinies et même l'Algérie, qui fut longtemps un pays riche en eau, a dû prendre conscience du problème de l'eau.

Une des solutions pour pallier le manque d'eau potable sont les stations de dessalement. Celles-ci permettent de produire de l'eau potable à partir de l'eau de mer ou d'eaux saumâtres grâce à des techniques particulières.

Notre étude est basée sur la technique de l'osmose inverse de dessalement de l'eau de la mer méditerranée de plage El Hilal située dans la wilaya de Ain Témouchent.

On a effectué des analyses physico-chimique et organoleptique de l'eau de mer, de l'eau dessaler pour essayer d'expliquer l'influence de ces différents paramètres sur l'environnement et aussi jusqu'à quel degrés ils peuvent influencer sur les problèmes environnementaux.

A la suite des analyses physico-chimiques, on constate qu'il y a diminution significative de la concentration de certains éléments de l'eau traitée, à savoir la salinité et la matière organique, ce qui peut être expliquée fort probablement par l'efficacité du procédé de traitement et, en même temps, on enregistre une grande baisse des minéraux tels le calcium, le magnésium et la dureté totale.

Concernant l'eau rejetée, on remarque qu'il y a une augmentation importante de la salinité, la conductivité, les chlorures ainsi que la matière organique.

Mots clés : Dessalement, eau de mer, saumâtres, plage El Hilal, Osmose Inverse.

Abstract:

Although considerable water resources are not infinite and even Algeria, which was long a country rich in water, had become aware of the water problem.

One way to overcome the lack of drinking water are desalination plants. These can produce drinking water from seawater or brackish water through special techniques.

Our study is based on the technique of reverse osmosis desalination of water from the Mediterranean Sea beach El Hilal located in the wilaya of Ain Temouchent. We carried out physico-chemical and organoleptic seawater desalinated water to try to explain the influence of these parameters on the environment and also to what degree they can influence on environmental issues.

Following the physico-chemical analyzes, we see that there is decrease Significant concentration of certain elements of the treated water, namely salinity and organic matter, This can be explained by the likely effectiveness of the treatment process and, at the same time, there was a large decrease in minerals such as calcium, magnesium and total hardness. Rejected on water, we note that there is a significant increase in salinity, conductivity, chlorides and organic matter.

Key words : Desalination, sea water, brackish, El Hilal beach, Reverse Osmosis.

الأسئلة:

1- ما هي أهمية التخطيط في الأعمال؟
2- كيف يمكن أن يساعد التخطيط في تحقيق الأهداف؟

3- ما هي الخطوات الأساسية للتخطيط؟
4- كيف يمكن أن يساعد التخطيط في تحديد الأولويات؟
5- ما هي الفوائد الرئيسية للتخطيط؟
6- كيف يمكن أن يساعد التخطيط في تحسين الأداء؟

7- ما هي التحديات الشائعة في التخطيط؟
8- كيف يمكن التغلب على هذه التحديات؟
9- ما هي الأدوات والتقنيات المستخدمة في التخطيط؟
10- كيف يمكن أن يساعد التخطيط في اتخاذ القرارات؟

11- ما هي أهمية التخطيط في الأعمال؟
12- كيف يمكن أن يساعد التخطيط في تحقيق الأهداف؟
13- ما هي الخطوات الأساسية للتخطيط؟
14- كيف يمكن أن يساعد التخطيط في تحديد الأولويات؟
15- ما هي الفوائد الرئيسية للتخطيط؟
16- كيف يمكن أن يساعد التخطيط في تحسين الأداء؟
17- ما هي التحديات الشائعة في التخطيط؟
18- كيف يمكن التغلب على هذه التحديات؟
19- ما هي الأدوات والتقنيات المستخدمة في التخطيط؟
20- كيف يمكن أن يساعد التخطيط في اتخاذ القرارات؟

21- ما هي أهمية التخطيط في الأعمال؟
22- كيف يمكن أن يساعد التخطيط في تحقيق الأهداف؟
23- ما هي الخطوات الأساسية للتخطيط؟
24- كيف يمكن أن يساعد التخطيط في تحديد الأولويات؟
25- ما هي الفوائد الرئيسية للتخطيط؟
26- كيف يمكن أن يساعد التخطيط في تحسين الأداء؟
27- ما هي التحديات الشائعة في التخطيط؟
28- كيف يمكن التغلب على هذه التحديات؟
29- ما هي الأدوات والتقنيات المستخدمة في التخطيط؟
30- كيف يمكن أن يساعد التخطيط في اتخاذ القرارات؟

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 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.

Dédicaces

Au Nom de Dieu tout puissant, qui nous a éclairé les chemins du savoir et de la sagesse , je dédie ce travail ,avec toute mon affection :

Aux deux être les plus chères de ma vie, qui ont su m'apporter tendresse et amour, mes très chères parents et ma tante Zakia, toujours soucieux de ma réussite, en témoignage du respect et de la gratitude que je leurs porte.

A :

Ma grande mère : Oum El Khir

Mon frère Rachid et ma Sœur Imane

Mes oncles : Abdelkader , Mohammed , Yahia

Mes cousins : Youssef , Imad , Djelloul , Karim , Amine

Mes cousines : Abir , Asma , Fatna , Farida , Rania , Dounia , Fedoua

Mes Amis : Mohammed , Ismail , Abdeslam , Sofiane , Aziz , Fatima , Siham , Sabah , Amel .

Sommaire

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

Partie théorique :

Chapitre I : Notion d'eau

Généralités sur l'eau	03
1.1. Définition de l'eau.....	03
1.2. Importance de l'eau.....	03
1.3. Les besoins en eau.....	03
1.3.1. Besoins physiologiques.....	03
1.3.2. Besoins domestique.....	04
1.4. Propriétés physico-chimique de l'eau.....	04
1.4.1. Qualité physique.....	04
1.4.2. Qualité chimique et physico-chimique.....	05
1.4.3. Les normes de qualités physico-chimiques tolérées dans l'eau de boisson...	05
1.5. Qualité bactériologique.....	07
1.6. Les normes bactériologiques tolérées dans l'eau de consommation.....	08
1.7. Besoins et consommation de l'eau dans le monde.....	08

Chapitre II : Dessalement de l'eau de mer

2.1. Histoire du dessalement.....	10
2.2. Dessalement en Algérie.....	10
2.3. Différentes procédés de dessalement.....	11
2.3.1. Procédés de distillation.....	11
2.3.2. Procédés à membranes.....	11
2.4. Étude de l'osmose inverse(OI).....	13
2.5. Généralités sur les membranes.....	15
2.6. Conception d'une usine de dessalement de l'eau de mer par OI.....	15
2.7.étapes de dessalement par osmose inverse.....	16
2.7.1. Postes de prétraitements.....	16
2.7.1.1. Prétraitements physicochimique.....	16
2.7.1.2. Prétraitements chimiques.....	21
2.8.1. Poste d'osmose inverse.....	22
2.8.1.1. Caractéristiques principales.....	22

2.8.1.2. Constitution d'un système d'osmose inverse.....	24
2.8.1.3. Fonctionnement d'un poste d'osmose inverse.....	24
2.8.2. Poste de conditionnement d'eau produite.....	24
2.8.2.1. Correction de ph.....	24
2.8.2.2. Reminéralisations.....	26
2.8.2.3. La désinfection.....	28
2.8.2.4. L'aération.....	28
2.9. Problèmes techniques rencontrés dans le dessalement.....	29
2.9.1. Entartrage.....	29
2.9.2. Corrosion.....	29
2.9.3. Colmatage ou fouling.....	29
2.10. Coût énergétique.....	30
2.11. Conclusion.....	31

Partie pratique :

Chapitre III : Situation biogéographique de la station de dessalement de l'eau de mer de plage el Hilal

3.1. Situation géographique.....	33
3.2. Géomorphologie et sédimentologie	34
3.3. Climatologie	34
3.4. Facteurs physico-chimique du milieu	34
3.4.1. Températures	34
3.4.2 Pluviométrie	34
3.4.3/ Vents	35
3.4.4 /Salinité	35
3.4.5/ Courants	35
3.5. L'action anthropique	36

Chapitre IV : Matériels et méthodes

-4.1. Les prélèvements.....	38
4.2. Méthodes analytiques.....	38
4.2.1. Analyses physico-chimiques.....	38
4.2.1.1. Le Ph.....	38
4.2.1.2. La salinité et la conductivité.....	38
4.2.1.3. La température et l'oxygène dissous.....	39
4.2.1.4. La turbidité.....	39
4.2.2. Les sels nutritifs.....	39
4.2.2.1. Dosage de Nitrite (NO ²⁻).....	40
4.2.2.2. Dosage de Nitrate (NO ³⁻)	40
4.2.2.3. Dosage de l'ammonium (NH ⁴⁺).....	40
4.2.2.4. Dosage d'ortho phosphate (PO ⁴⁻).....	40
4.2.2.5. Dosage de silicium (SiO ₂)	40

Chapitre V : Résultats et interprétations.

5.1. Les résultats de l'eau de mer(EB) ; l'eau de saumure (ER) ; et l'eau traité (ET)...	42
5.2. Interprétations des résultats.....	44

Chapitre VI : Impacts écologiques

6.1.évaluation de l'impact sur l'environnement –phase d'exploitation-	49
6.1.1. Environnement marin.....	49
6.1.2. Impact sur la qualité de l'eau.....	53
6.1.3. Captage par contact et entrainement potentiels de la flore et de la faune la prise d'eau de mer.....	53
6.1.4. Impact lié aux déchets solides.....	53
6.1.5. Impact sur le paysage.....	54
6.1.6. Impact visuel.....	55
6.1.7. Impact sonore.....	56
6.1.8. Aspects socio-économiques.....	57
6.2. Mesures d'atténuation des impacts sur l'environnement.....	59
-Phase de construction-	
6.2.1. Environnement marin.....	59
6.2.2. Qualité de l'air.....	59
6.2.3. Sols géologique.....	59
6.2.4. Bruit.....	60
6.2.5. Transport.....	60
6.2.6. Déchets.....	61
6.2.7. Risques d'inondation.....	61
-Phase d'exploitation-	
6.3.Mesure d'atténuation des impacts sur l'environnement	62
6.3.1. Environnement marin.....	62
6.3.2. Bruit.....	63
6.3.3. Ressources en eau.....	63
6.3.4. Respect de paysage et de l'esthétique.....	63
6.3.5. Perte de superficie exploitable dans l'emprise.....	64
6.3.6. Aspects socio-économiques.....	64
6.3.7. Déchets.....	64
6.3.8. Risque d'incendie.....	65
6.3.9. Risques sismiques.....	65
6.3.10. Risque d'inondation.....	65
Conclusions générale	67
Références bibliographiques	70

Liste des figures

Figure 01 : Les différents procédés existant pour le dessalement d'eau de mer.....	12
Figure 02 : Principe d'osmose inverse (OI).....	13
Figure 03 : Principe du fonctionnement d'une membrane.....	15
Figure 04 : Distribution ionique autour d'une particule colloïdale.....	18
Figure 05 : Coagulation- Flocculation.....	19
Figure 06 : Localisation géographiques de la zone d'étude.....	33

Liste des tableaux

Tableau 01 : Les normes physico-chimiques tolérées dans l'eau de consommation..	06
Tableau 02 : Les substances indésirables.....	06
Tableau 03 : Autres substances.....	07
Tableau 04 : Substances toxiques.....	07
Tableau 05 : Qualité bactériologique et normes.....	08
Tableau 06 : Situation mondiale des procédés de dessalement.....	13
Tableau 07 : Conversion des débits spécifiques.....	23
Tableau 08 : Consommation des réactifs de correction de ph (neutralisation).....	26
Tableaux 09 : Les résultats d'analyses de l'eau de mer (brute) (EB) et l'eau de rejet (concentrât de l'OI) (ER)	42
Tableaux10 : Ambiance sonore.....	56

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 international de standardisation.

QSP : Quantité suffisante pour.



INTRODUCTION GENERALE :

La nécessité de dessaler l'eau de mer se fait de plus en plus pressante dans de nombreuses parties du monde. Au cours des années 1950 – 1990, la consommation mondiale d'eau a triplé, tandis que la population de la planète augmentait de 2,3 milliards d'habitants.

En Méditerranée, les besoins en eau présents et futurs accusent une croissance effective. On estime que, d'ici à 2014, les demandes en eau augmenteront de 32% au moins pour les pays du sud et de l'est. Il va de soi que des besoins d'une telle ampleur ne peuvent être couverts et satisfaits que si l'on a recours à des ressources en eau non conventionnelles, comme le recyclage et le dessalement de l'eau.

Le dessalement est depuis longtemps une source d'eau importante dans certaines parties de la Méditerranée. Les usines de dessalement se trouvent dans les régions ayant un climat chaud, une pluviométrie relativement faible et imprévisible et où les ressources en eau ne peuvent répondre aux demandes de pointe de la période touristique.

Le dessalement de l'eau de mer est, dans les pays méditerranéens, une industrie en essor constant. Cette forme de ressource en eau, pratiquement illimitée, consomme de l'énergie et a des impacts sur l'environnement. Ces impacts proviennent principalement du concentré (saumure) produit au cours du dessalement, mais aussi des rejets de produits chimiques utilisés dans les procédés de dessalement.

Bien que le nombre de publications scientifiques consacrées à la question soient restreint, le rejet de concentré dans la mer appelle une vigilance particulière et une évaluation scientifique des impacts possibles sur le milieu marin.

Il ne fait aucun doute que les pays méditerranéens qui utilisent le dessalement pour couvrir leurs besoins en eau douce devraient appliquer des lignes directrices ou des procédés appropriés pour l'élimination de la saumure, conformément aux dispositions des Protocoles «tellurique» et «immersions».



GENERALITES SUR L'EAU :

L'eau est une ressource vitale essentielle conditionnant la vie et l'existence des êtres vivants. Sans cet élément, la terre ne serait qu'un astre mort, semblable à ce que la lune est demeurée depuis sa formation.

La terre est souvent appelée la planète bleue parce que l'eau recouvre la majorité de la surface de la terre ; environ 71%. De plus, le volume d'eau sur terre est estimé à environ 1,4 milliard de km³ ; (Clement, 1979).

1.1. Définition de l'eau :

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

Une eau pure est une eau de haute qualité garantissant une bonne santé. La qualité de l'eau doit impérativement être conforme aux normes de potabilité au niveau bactériologiques et physico-chimique. (Moll, 1990).

1.2. Importance de l'eau :

L'eau est indispensable à tous les êtres vivants, il est possible de jeuner un mois sans danger considérable, mais on ne peut être privé d'eau plus de 48 heures sans risque.

L'eau nous permet d'éliminer nos déchets par les urines, de lutter contre la chaleur par sudation et la ventilation pulmonaire, de transporter des vitamines hydrosolubles qui seront grâce à l'eau mieux absorbées par les muqueuses intestinales. En revanche, une perte d'eau de 12% peut provoquer la mort. (Michelle et Dominique, 1994).

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

Comme toutes les cellules vivantes, les cellules microbiennes ne vivent que dans un milieu répondant à certaines caractéristiques. L'eau compose la plus grande partie de nos aliments.

1.3. Les besoins en eau :

Les besoins en eau des hommes sont de nature variée, physiologiques pour une part, liés à leurs cultures et à leurs industries d'autre part. (Marins, 1993).

1.3.1. Besoins physiologiques :

L'eau est un nutriment puisqu'il répond à un besoin essentiel de l'organisme.

Premièrement, on distingue les besoins physiologiques qui sont faibles, Il suffit, en climat tempéré, d'un litre et demi de boissons chaque jour . Alors que durant les temps chauds, (l'été) les besoins sont multipliés et dépassent parfois les 5 litres.

1.3.2. Besoins domestique :

Les besoins domestiques sont des besoins liés à la culture et à l'industrie Ces besoins la sont plus divers. Les propriétés calorifiques de l'eau sont utilisées pour la cuisson aussi bien pour les usages industriels le refroidissement et le chauffage.

A partir de cela, on constate l'utilité et l'importance de l'eau dans la création et le maintien de la vie, dans l'essor techno-industriel devient évident.

1.4. Propriétés physico-chimique de l'eau :

L'eau est' elle une molécule originale, un composé vital, un véhicule fatal, un enjeu mondial ou une question de chimie banale ?

L'eau est tout à la fois une originalité physique, ainsi qu'une curiosité chimique.

1.4.1. Qualité physique :

Une eau destinée à l'alimentation doit être limpide et fraîche (absence de couleur ainsi que d'odeur et de saveur désagréable).

La température optimale d'une eau d'alimentation se situe entre 9 C et 12°C. Elle ne devra pas dépasser les 15 C. (Maya T,1998).

Les variations de la température, selon la saison ou le climat, tendent à faire suspecter une consommation. (Khechab, 1995).

La saveur et l'odeur constituent des qualités organoleptiques de l'eau.

Les principaux corps pouvant donner a l'eau une saveur désagréable sont le fer, le magnésium, chlore actif. La saveur se dégrade avec l'augmentation de la température. (Pert Muter, 1981).

La concentration en ions hydrogènes ou pH indique l'intensité de la réaction acide ou alcaline de l'eau. Le pH d'une eau qui est ni acide ni basique est dit neutre, et est compris entre 6,5 et 8,5.

1.4.2. Qualité chimique et physicochimique :

La minéralisation d'une eau c'est-à-dire sa concentration en sel solubles s'acquit généralement avec la profondeur à laquelle circule pour les eaux d'alimentation. La minéralisation totale, ou la salinité ou l'extrait sec, ne doivent pas dépasser 2g/l. (Clement, 1979). L'eau d'alimentation doit être pauvre en matière organique et en nitrates car une concentration supérieure à 10mg/l de nitrates peut provoquer des troubles chez les nourrissons. (Clement, 1979).

1.4.3. Les normes de qualités physico-chimiques tolérées dans l'eau de boisson :

Selon l'OMS 2004, les eaux destinées à la consommation humaine doivent satisfaire aux exigences de qualités.

Tableau 01 : Les normes physico-chimiques tolérées dans l'eau de

consommation. (OMS, 2004).

Les paramètres	Normes (national)
Température	≈25°C
pH	6,5 à 8,5
Chlorure (Cl ⁻)	20 à 200 mg/L
Sulfate (SO ₄ ⁻)	2,5 à 200 mg/l
Carbonate(CO ₃)	Absence des normes
Calcium	100 à 200 mg/l
Bicarbonate (HCO ₃)	30
Magnésium (MG ⁺)	30 à 50 mg/l
Titre hydrométrique-dureté total	100 à 500 mg/l
Sodium (Na ⁺)	20 à 150 mg/l
Potassium (K ⁺)	10 à 12 mg/l
aluminium	0,2 mg/l

(OMS, 2004).

Tableau 02 : Les substances indésirables :

Paramètres	Normes
Nitrates(NO ₃)	25 à 50 mg/l
Nitrites(NO ₂)	≤0,1 mg/l
Ammonium (NH ₄ ⁺)	≤0,5 mg/l
Azote (N)	≤1mg/l
Matières organiques	≤205mg/l

(OMS, 2004).

Tableau 03 : Autres substances :

Paramètres	Normes
Fer (Fe)	≤0,2 mg/l
Manganèse (M n)	≤0,05 mg/l
Cuivre (Cu)	≤1mg/l
Zinc (Zn)	≤5mg/l
Argent (Ag)	≤0,01mg/l

(OMS, 2004).

Tableau 04 : Substances toxiques :

Paramètres	Normes
Arsenic (As)	0,05 mg/l

Cadmium(Cd)	0,05 mg/l
Cyanures (CN)	0,15 mg/l
Chrome total (Cr)	0,05 mg/l
Mercuré (Mg)	0,01 mg/l
Nickel (Ni)	0,05 mg/l
Plomb (Pb)	0,05mg/l

1.5. Qualité bactériologique :

C'est par la recherche de la présence éventuelle ou non de certains germes tests, facile à identifier, que l'on peut avoir une idée de la qualité bactériologique d'une eau.

La mise en évidence de ces germes est alors l'indice d'une contamination d'origine fécale et doit déclencher les mesures de protection nécessaires. (Alloui Fatma, 2008).

Les germes-testes à rechercher, sont les suivants :

- Coliformes totaux et coliformes fécaux ;
- Streptocoques fécaux ;
- Vibrions cholériques ;
- Clostridie Polito réducteur.

1.6. Les normes bactériologiques tolérées dans l'eau de consommation :

Les normes tolérées sont mentionnés dans le tableau 5 :

Tableau 05 : Qualité bactériologique et normes :

Germes	Normes
Germes pathogènes	Absence de germes
Coliformes	3germes/100ml
Escherichia-coli	1germes/100ml
Streptocoque fécale	1germes/100ml
Salmonelles	1germes/100ml

Vibrion cholérique	1germes/100ml
--------------------	---------------

1.7. Besoins et consommation de l'eau dans le monde :

Au plan mondial, la question de l'approvisionnement en eau devient chaque jour plus préoccupante et cela pour plusieurs raisons : la première d'entre elles est l'augmentation démographique que connaît notre planète depuis 2 siècles.

Cet essor. S'est, en outre, accompagné d'un formidable développement industriel lequel a engendré de nouveaux usages d'eau.

L'apparition de ces nouveaux besoins, l'augmentation des niveaux de vie et l'accès facile à l'eau potable ont contribué à une demande croissante en eau par habitant.

Un approvisionnement suffisant en eau de boisson saine est universellement reconnu comme un besoin fondamental de l'être humain.



2.1. Histoire du dessalement :

L'idée de fabriquer de l'eau pure à partir de l'eau de mer tourmente les populations assoiffées depuis des centaines, pour ne pas dire des milliers d'années. La prémisse originale reposait sur l'idée que, par ébullition ou évaporation, l'eau pouvait être séparée du sel. Cette théorie – évaporation ou distillation – constituait le fondement de la technologie des premières installations de dessalement à grande échelle qui apparurent dans les années 50 et 60, principalement au Moyen- Orient. Ces régions, pauvres en eau mais riches en combustible, convertissaient leurs ressources énergétiques en ce qui leur manquait le plus : de l'eau.

Cependant, les technologies qui emploient la chaleur requièrent de grandes quantités d'énergie.

2.2. Dessalement en Algérie :

L'Algérie est un pays qui possède des ressources hydriques limitées pour des raisons climatiques capricieuses, caractérisé par une pluviométrie irrégulière oscillant entre 100 et 600 mm/an et enregistrant un déficit hydrique estimé à 20% durant les cinq dernières années.

Ces faits sont aggravés par une période exceptionnelle de sécheresse qui dure depuis une vingtaine d'années. La mobilisation des ressources en eau depuis l'indépendance a été axée en premier lieu sur les ressources souterraines. L'accroissement rapide de la demande en eau dans les secteurs de l'irrigation, de l'industrie ainsi que besoins incompressibles de la population ont amené les pouvoirs publiques à mobiliser de en plus de ressources superficielles. (Khirani S, 2007).

Mais la mobilisation des eaux souterraines au nord du pays a atteint son seuil maximal,

D'où une surexploitation des nappes superficielles et la détérioration de la qualité de l'eau notamment dans l'ouest du pays. Le recours au dessalement d'eau de mer devient alors indispensable pour sécuriser l'alimentation en eau potable dans cette région.

Pour assurer une alimentation pérenne en eau potable, l'Algérie a choisi de se tourner résolument vers la mer. Ce faisant, notre pays entend profiter au maximum de l'expérience déjà acquise dans d'autres pays. Dans le cas algérien, le dessalement réduit de manière durable les pénuries d'eau car plus de la moitié de la population réside sur la longue bande littorale de 1600km, théâtre, d'un déficit chronique en eau potable.

En vertu d'une réforme institutionnelle engagée en 2001, l'Algérienne Des Eaux (ADE) à lancé la réalisation d'une série de 21 petites unités de dessalement de 2500m³/j chacune totalisant une production de 57500m³/j. (Akretch J, 2004).

2.3. Différents procédés de dessalement :

Ces différents procédés peuvent être classés en trois grandes familles :

- 1) Les procédés faisant intervenir un changement de phase :
 - Évaporation
 - Congélation
- 2) Les procédés de péremption sélective à travers une membrane :

Ces procédés consistent en :

- Un transfert d'ions sous l'action d'un champ électrique (électrodialyse) ou d'un gradient de pression (piezodialyse)
 - Un transfert d'eau sous l'action d'un gradient de pression (osmose inverse) ou sous l'action d'un gradient de température (thermo-osmose).
- 3) Les procédés chimiques :
 - Echanges d'ions
 - Extraction par solvant

En fait, la totalité des installations actuellement en service fait appel à deux grandes familles de procédés : les procédés par évaporation et les procédés de séparation par membranes qui sont plus récents.

2.3.1. Procédés de distillation

L'eau de mer chauffée émet une vapeur d'eau pure qu'il suffit de condenser pour obtenir de l'eau douce. Ce principe de dessalement très simple est utilisé depuis la nuit des temps.

Les procédés de distillation qui peuvent être utilisés sont les suivants :

- Distillation à simple ou multiples effets
- Distillation par détente successive appelée aussi multi flash ou flash
- Distillation par compression de vapeur.

2.3.2. Procédés à membranes

Au lieu d'extraire par évaporation l'eau douce de l'eau de la mer, on peut envisager une séparation de l'eau et des sels dissous au moyen de membranes sélectives. De tels procédés sont, a priori, séduisants puisqu'ils doivent pouvoir fonctionner à température ambiante et qu'ils n'impliquent pas un changement de phase.

Deux procédés utilisant de telles membranes sont actuellement commercialisés : l'électrodialyse et l'osmose inverse.

Au départ ces procédés se sont surtout développés pour le dessalement des eaux

saumâtres, c'est-à-dire d'eaux de salinité inférieure à celle de l'eau de mer, et en général comprise entre 1 et 10 g/l. De telles eaux se rencontrent très fréquemment en Afrique du Nord, au Moyen-Orient et dans certaines zones des Etats Unis. (Maurel A, 2006).

Les différents procédés existant pour le dessalement de l'eau de mer peuvent être résumés dans le schéma suivant.

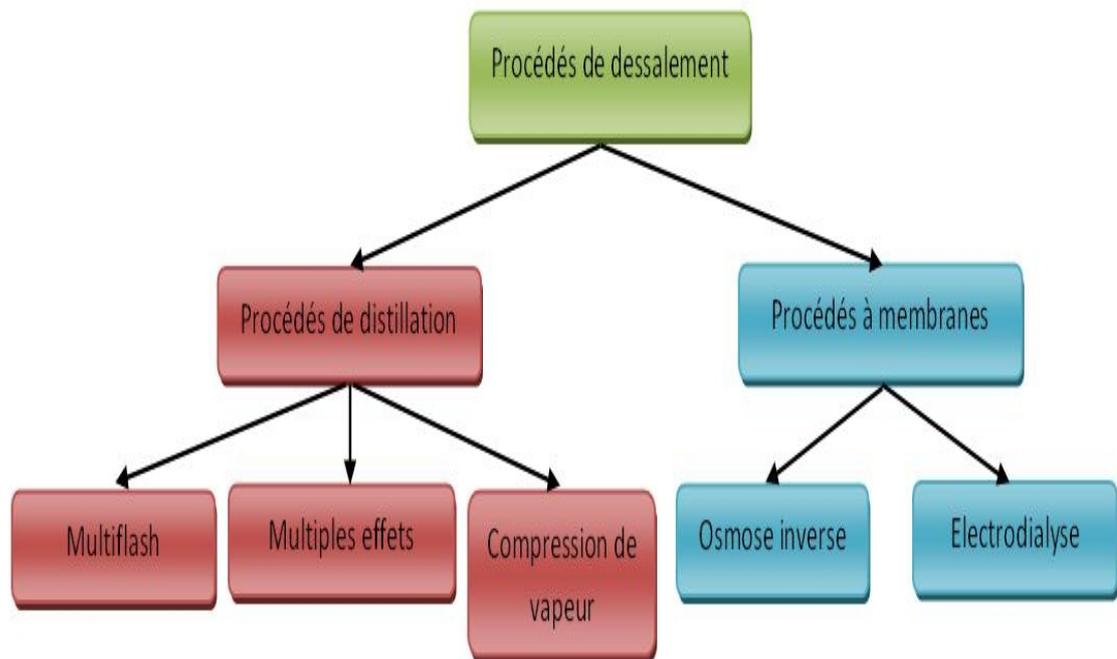


Figure 01 : Les différents procédés existants pour le dessalement de l'eau de mer.

Parmi les procédés de dessalement illustrés en figure (1), il a été constaté que l'osmose inverse est, de nos jours, le procédé le plus utilisé et ce pour les raisons suivantes : Maitrisable techniquement

- Réduction du coût des membranes utilisées de presque la moitié au cours des 6 dernières années.
- Amélioration indéniable du rendement des machines tournantes à savoir pompes moteur et turbines.
- Progrès substantiels en termes de récupération d'énergie.

Ainsi, ces raisons ont motivé notre pays à adopter principalement ce procédé Tableaux 06.

Tableau 06 : Situation mondiale des procédés de dessalement.

Année de contrat	MSF(%)	OI(%)	Autres (%)
1969	75	2	23
1972	72	8	20
1974	70	12	18
1976	64	20	16
1978	64	22	14
1980	65	23	12
1984	65	23	12
1985	52	37	11
1986	33	7	20
1987	11	65	24
1988	0	87	13
1989	3	85	12

C'est pourquoi nous nous intéressons spécifiquement, dans notre étude, à l'osmose inverse comme procédé de dessalement.

2.4. Etude de l'osmose inverse :

L'osmose est le transfert de solvant à travers une membrane sous l'effet d'un gradient de concentration. Si on considère un système à deux compartiments séparés par une membrane semi-perméable et contenant deux solutions de concentrations différentes, l'osmose inverse se traduit par un flux d'eau dirigé de la solution la plus concentrée lorsqu'on inverse le flux, l'eau brute passe alors à travers les membranes qui retiennent les sels et les contaminants (Figure 02) : c'est le principe de base de l'osmose inverse. (voileau V-J, 1999).

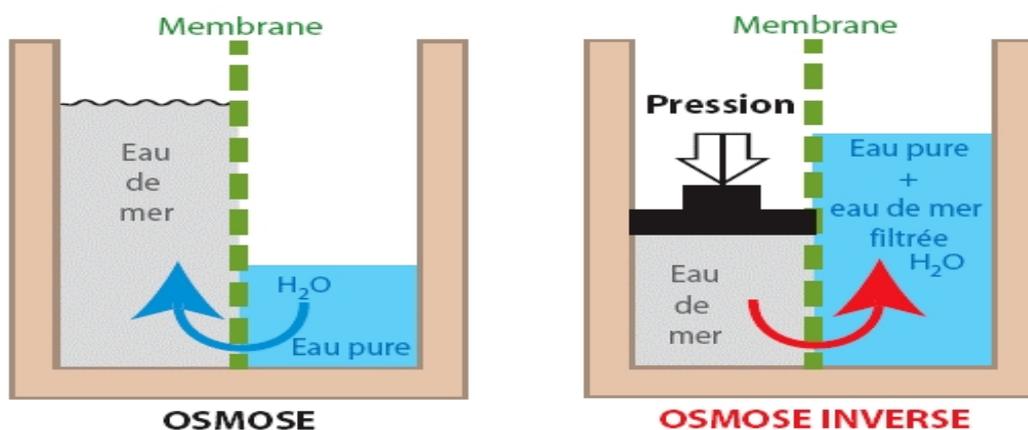


Figure 02 : Principe d'osmose inverse.

- La pression osmotique. (Maurel A, 2006).

En première approximation, la pression osmotique peut être calculée en assimilant le comportement des molécules du soluté à celles de molécules gazeuses.

Dans le cas d'une solution diluée, on peut appliquer la loi des gaz parfaits : **$\Pi V = nRT$**

- Π** : pression osmotique ;
- V** : volume de la solution ;
- n** : nombre de moles de soluté ;
- R** : constante des gaz parfaits
- T** : température absolue.

La loi de Van't Hoff exprime la pression osmotique exercée par le soluté est égale à la pression que ce corps aurait exercée dans l'état gazeux parfait dans le même volume **V** et à la même température **T**. Si le soluté est dissocié en **i** ions la pression osmotique sera **i** fois supérieure.

La pression osmotique d'une solution est directement proportionnelle à la concentration en soluté : **$\Pi = iCRT$**

- Π** : pression osmotique en bar ;
- i** : nombre d'ions dissociés dans le cas d'un électrolyte ;
- C** : concentration molaire en mol/l ;
- R** : constante des gaz parfaits (0,082 l.bar./mol)
- T** : température absolue en °K

Dans le cas d'une solution saline, la pression osmotique peut être, en première approximation, estimée à 0,7 bar/g/l de salinité : **Π** : pression osmotique en bar ; **C** : concentration en sel en g/l

Dans le cas de solutions concentrées, la pression osmotique peut être calculée à partir des pressions partielles. Mais l'expérience montre que le domaine de validité de loi de Van't Hoff recouvre assez bien celui du dessalement des eaux.

2.5. Généralités sur les membranes

Une membrane peut être définie comme tant une couche mince de polyéthylène, permettant l'arrêt ou le passage sélectif de substances dissoutes ou non, sous l'action d'une force motrice de transfert. Les critères de séparation des particules, des molécules et /ou des ions peuvent être : la dimension et la forme, la nature chimique, l'état physique, la charge électrique....etc. (Tomas A-P, 2004).

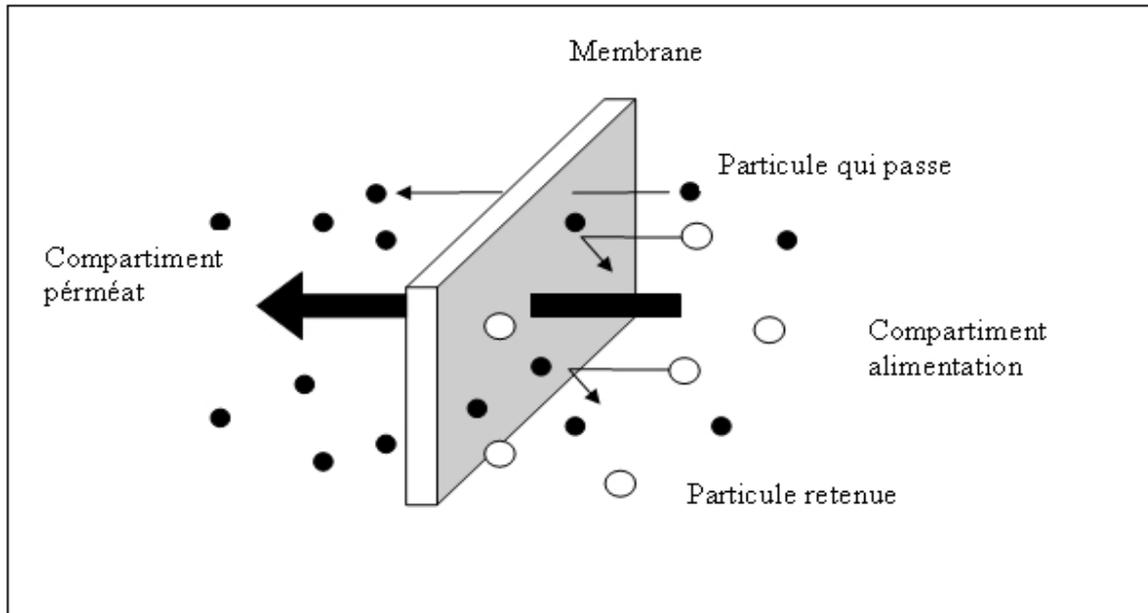


Figure 03 : Principe du fonctionnement d'une membrane. (Tomas A-P, 2004).

2.6. Conception d'une usine de dessalement d'eau de mer par osmose inverse :

Une usine de dessalement par osmose inverse comprend essentiellement (Figure 04) :

- Un système d'alimentation en eau de mer ;
- Un ensemble de prétraitement physicochimique de l'eau de mer ;
- Un dispositif de mise en pression de l'eau prétraitée ;
- Un osmoseur proprement dit ;
- Un système de récupération de l'énergie du concentrât ;
- Un ensemble de post-traitements du per méat ;
- Un poste de nettoyage chimique des membranes.

2.7. Etapes de dessalement par osmose inverse :

Le dessalement d'eau de mer est une solution pour obtenir des réserves en eau potable mais elle doit passer par plusieurs étapes qui sont résumées en :

- Le prétraitement d'eau de mer ;
- Le poste d'osmose inverse ;
- La reminéralisation ;
- La désinfection ;
- l'aération ;

2.7.1. Poste des prétraitements

Il est rappelé que les étapes de prétraitements de l'eau de mer ont pour rôle d'améliorer la qualité de l'eau d'alimentation du système d'osmose inverse (OI) afin de protéger les membranes contre leur.

- ✓ Entartrage par précipitation de certains sels des zones « concentrât »
- ✓ Colmatage par les matières en suspension (MES)
- ✓ Encrassement (biofouling) par des matières biologiques (zooplancton, bactéries ...etc.) ;

Et ceci de façon à limiter la fréquence des nettoyages chimiques et à assurer leur pérennité car des nettoyages fréquentes ont tendance à détériorer leur performances.

2.7.1.1. Prétraitements physicochimiques

Les prétraitements physicochimiques ont pour rôle essentiel de fournir une eau d'alimentation présentant la turbidité la plus faible possible. Il est rappelé que la valeur à atteindre doit être inférieure ou égale à 0,5 NTU. Les prétraitements physicochimiques ont un second rôle à savoir leur participation à la réduction du pouvoir colmatant de l'eau, afin d'atteindre un indice de colmatage (Silt Density Index ou Fouling Index) de l'ordre de 3,00. (Akretche J, 2004).

a) La filtration mécanique

Pour une alimentation par prise directe en mer, il convient d'éliminer toutes les matières grossières avant qu'elles ne pénètrent dans le système. Pour ce faire, la conduite de prise en mer doit être équipée d'une crépine.

Pour ne pas avoir à nettoyer manuellement les crépines, il est préférable de choisir des crépines à fentes, obtenues par enroulement d'un fil de section triangulaire, dont l'angle est orienté vers l'intérieur de la crépine, dans le sens de la filtration, ce qui les rend peu sensibles au colmatage.

Plus la largeur des fentes de la crépine sera petite, meilleur sera l'efficacité, mais plus la perte de charge sera importante, et plus importants seront les risques de colmatage. Une largeur de fente de 3mm est un bon compromis.

Pour soulager les prétraitements, l'apport en matières en suspensions peut être réduit en installant des filtres mécaniques fonctionnant sous-pression et à lavage automatique.

b) Clarification

L'un des objectifs majeurs du prétraitement de l'eau de mer, c'est la clarification, c'est-à-dire éliminer les matières en suspension (MES) qui la troublent. Pour éliminer ces particules, nous avons recours aux procédés de coagulation/floculation. (Degrement, 2005).

- Particules en suspension :

Les particules en suspension dans une eau de surface proviennent de l'érosion des terres, de la dissolution des substances minérales et la décomposition des substances organiques.

A cet apport naturel, il faut ajouter les déversements d'eaux d'égouts domestiques, industrielles et agricoles. (Desjardins R, 1997).

Les particules colloïdales sont soit hydrophiles, soit hydrophobes :

- ✓ Particules hydrophiles : elles présentent une grande affinité avec l'eau, sont le plus souvent de nature organique (les protéines, les savons, les détergents.) les colloïdes hydrophiles sont plus difficiles à déstabiliser que les solutions hydrophobes, car il faut agir d'abord sur l'eau qui les entoure c'est-à-dire les dissolvent pour permettre leur agglomération. (Desjardins R, 1997).
- ✓ Particules hydrophobes : elles n'ont aucune affinité pour l'eau. Leur stabilité est due à la charge électrique que portent ces particules qui engendrent une répulsion mutuelle empêchant toute agglomération. Ce sont en général des particules minérales telles que la silice, les argiles, qui sont la principale cause de la turbidité des eaux brutes. (Desjardins R, 1997).
- ✓ Charge électriques d'une particule colloïdale : une particule colloïdale est supposée être chargée négativement. Les charges négatives attirent les ions positifs en solution dans l'eau. Ceux-ci sont étroitement collés au colloïde et forment la couche liée ou de STERN, qui attire à son tour des anions accompagnés d'une faible quantité de cations : c'est la couche diffuse ou de GOUY. Il y a donc formation d'une couche ionique, l'un accompagnant la particule lors de ses déplacements, l'autre se déplaçant indépendamment ou avec un certain retard (figure 6). (Berné F, 1991).

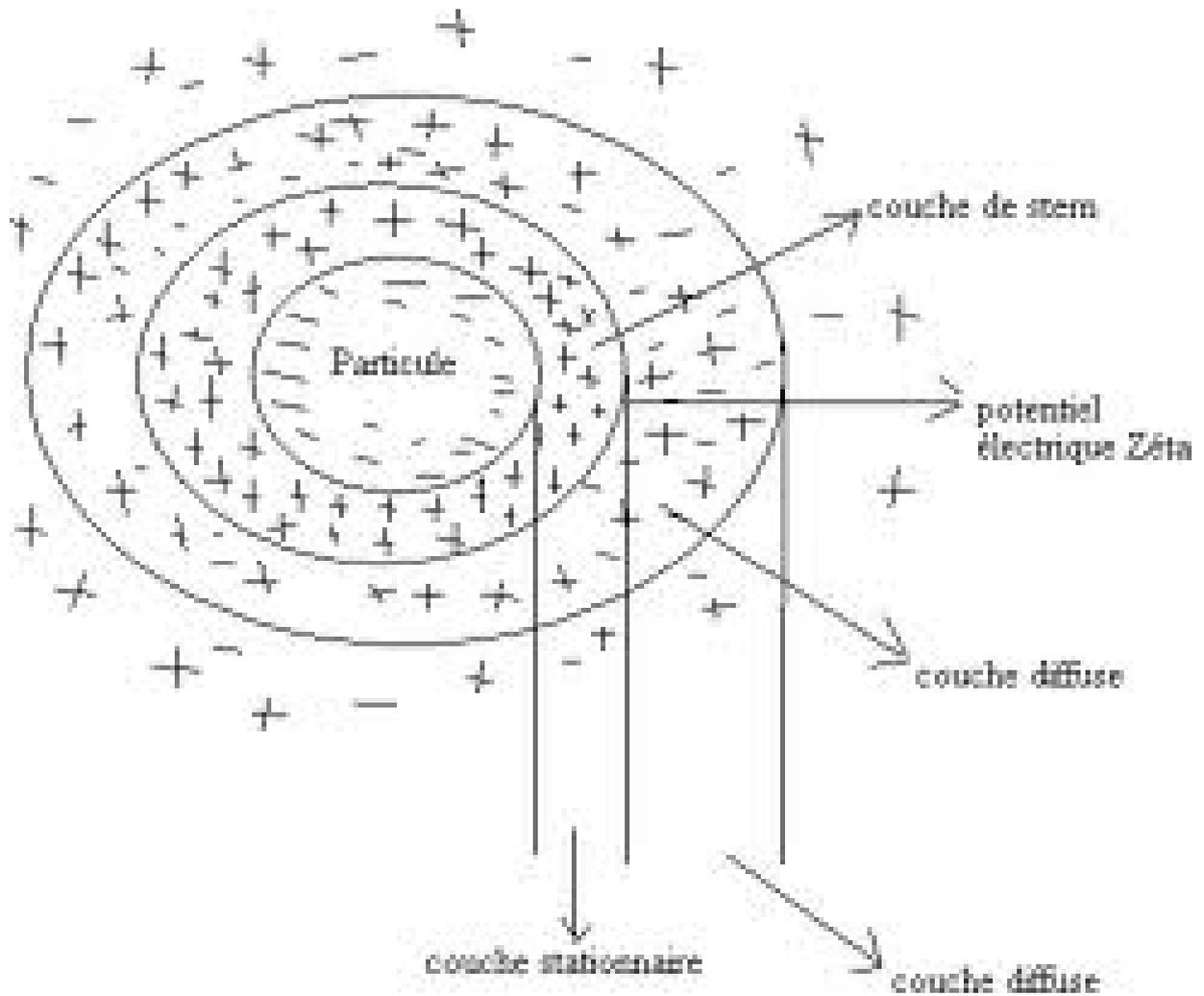


Figure 04 : Distribution ionique autour d'une particule colloïdale.
(Technologie de l'eau, 2006).

- Coagulation et floculation :

L'opérateur de coagulation-floculation a pour but la croissance des particules (qui sont essentiellement de floccs colloïdaux) par déstabilisation des particules en suspension puis formation de floccs par agrégation. (Valliron F, 1989).

Les floccs ainsi formés seront décantés et filtrés par la suite.

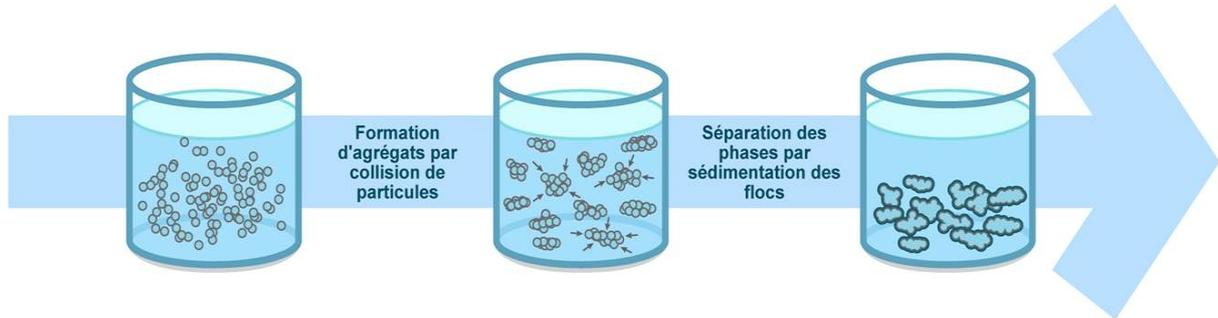


Figure 05: Coagulation floculation. (Valliron F, 1989).

- Coagulation :

La charge électrique et la couche d'eau qui entourent les particules hydrophiles tendent à éloigner les particules les unes des autres et, par conséquent, à les stabiliser dans la solution.

Le but principal de la coagulation est de déstabiliser ces particules pour favoriser leur agglomération. (Desjardins R, 1997).

Les coagulants sont des produits capables de neutraliser les charges des colloïdes présents dans l'eau. Le type de coagulant et la dose ont influence sur ;(Hector R H, 2006).

- ✓ La bonne ou la mauvaise qualité de l'eau clarifiée,
- ✓ Le bon ou mauvais fonctionnement de la floculation et de la filtration,
- ✓ Le cout d'exploitation.

Coagulants utilisée : les principaux coagulants utilisés pour déstabiliser les particules et produire des floccs sont :

- Le sulfate d'Aluminium $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$.
- L'aluminate de sodium $NaAlO_2$.
- Le chlorure ferrique $FeCl_3 \cdot 6H_2O$.

- Le sulfate ferrique $\text{Fe}_2 (\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$.
- Le sulfate ferreux $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.
- Flocculation :

Après la déstabilisation par coagulation, les particules colloïdales ont tendance à s'agglomérer lorsqu'elles entrent en contact les unes avec les autres. Le taux d'agglomération des particules dépend de la probabilité des contacts et de l'efficacité de ces derniers.

La flocculation a justement pour but d'augmenter la probabilité des contacts entre les particules, lesquels sont provoqués par la différence de vitesse entre ces particules.

Cette différence de vitesse peut être imputable au mouvement Brownien des particules (flocculation péri cinétique), et au déplacement d'une partie du fluide (flocculation ortho cinétique). (Desjardins R, 1997).

Floculant : pour choisir un floculant, il faut considérer la taille, la cohésion et la vitesse de décantation du floc. Comme pour les coagulants, le taux de traitement à mettre en œuvre est donné par essai de flocculation. (Desjardins R, 1997). Il existe des :

Polymères minéraux : tels que la silice activée (SiO_2), généralement associé au sulfate d'aluminium en eau froide.

Polymères naturels : extraits de substances animales ou végétales : amidons, alginates (obtenus à partir d'algues marines).

Polymères de synthèse : plus récents en apparition, ils ont fait évoluer considérablement les performances de la flocculation. Ils conduisent souvent à un volume de boue très réduit.

c) Décantation :

La décantation est le procédé qu'on utilise dans pratiquement toutes les usines de traitement des eaux (superficielles ou de mer) et d'épuration. Ce procédé a pour but d'éliminer les particules en suspensions dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Selon la teneur en solides et la nature des particules (densité et forme), on distingue quatre types de décantation : (Akretche J, 2004).

- La décantation de particules discrètes,
- La décantation des particules floculantes,
- La décantation freinée,
- La décantation en compression de boue.

De plus, le réglage optimum de la purge des boues (durée et fréquence) évite les remontées de boue, et donc les départs de MES vers les filtres à sable, ce qui

augmenterait les fréquences de leur lavage.

d) Filtration :

La filtration est un procédé physique destiné à clarifier un liquide qui contient des MES en les faisant passer à travers un milieu poreux. Les solides en suspension ainsi retenus par le milieu poreux s'accumulent, il faut donc nettoyer le milieu de façon continue ou de façon intermittente. La filtration, habituellement procédé suivant les traitements de coagulation-floculation et décantation, permet d'obtenir une bonne élimination des bactéries, de la turbidité et de certains goûts et odeurs.

e) Microfiltration :

La microfiltration consiste à éliminer d'un fluide les espèces dont les dimensions sont comprises entre 0,05 à 10µm. Les espèces sous la forme de solutés ou de particules sont retenus à la surface de la membrane par effet d'exclusion.

Les membranes les plus utilisées sont poreuses en polyamides ou polypropylène, ou encore inorganiques (en oxyde métallique ou céramique). La pression transmembranaire varie environ de 0,05 à 3 bars. La microfiltration se prête non seulement à la séparation solide-liquide mais aussi liquide-liquide des émulsions d'huile dans l'eau. (Mejaud C, 1991).

2.7.1.2. Prétraitements chimiques :

Les prétraitements chimiques

Les prétraitements chimiques de l'eau d'alimentation du système d'OI ont pour but essentiel de protéger efficacement les membranes contre. (Akretche J, 2004).

- Le colmatage par les matières biologiques ;
- L'entartage par précipitation et dépôts de sels ;
- Leur dégradation.

L'injection des produits bio acides (produits chlorés ou non) et/ou de produits bio statiques (bisulfate de sodium) limitera l'activité biologique de l'eau. L'acidification réduira les risques d'entartage du au carbonate de calcium. L'injection d'un séquestrant empêchera également la précipitation du carbonate de calcium, mais aussi celle des autres sels liés aux sulfates. Du fait de l'injection éventuelle de produits chlorés, qui pourraient dégrader les membranes, il est nécessaire d'éliminer toutes les traces résiduelles d'oxydants en injectant un produit dé chlorant (bisulfate de sodium). (Akretche J, 2004).

a) Acidification et injection de séquestrant

L'acidification et l'injection de séquestrant (c'est un produit qui retient dans un milieu

une substance fermé) ont pour but d'éviter la précipitation des sels normalement dissous dans la zone alimentaire/concentration des éléments d'OI, Si leur concentration dépasse leur produit de solubilité. Mais il peut apparaitre des précipitations ponctuelles même si le produit de solubilité n'a pas été atteint en prenant en considération le système membranaire complet, car à certains endroits la valeur du facteur de conversion peut être très élevée, comme par exemple dans les irrégularités de la surface des membranes. (Maurel A, Jean Michelle, 2004).

C'est pour cette raison qu'une marge de sécurité doit être prise. Ainsi, il est à envisager toujours un conditionnement chimique de l'eau d'alimentation pour que la concentration des sels concernés soit au maximum égale à 70% de leur solubilité maximales. (Akretche J, 2004).

Pour conditionner chimiquement l'eau afin d'éviter les phénomènes d'entartage, il est utilisé :

- ✓ Soit un acide (acide sulfurique, acide chlorhydrique) qui empêchera la précipitation du carbonate de calcium,
- ✓ Soit un séquestrant, pour les autres sels (sulfate de calcium, sulfate de strontium...etc.),
- ✓ Soit une combinaison de deux produits.

b) Désinfection :

Le but de la désinfection est d'éliminer tous les micro-organismes pathogènes présents dans l'eau, a fin d'empêcher le développement de maladies hydriques. Le principe de la désinfection est de mettre en contact un désinfectant à une certaine concentration pendant un certain temps avec une eau supposé contaminée. Cette définition fait apparaitre trois notions importantes : les désinfectants, le temps de contact et la concentration en désinfectant. Les trois principaux désinfectants utilisés en eau potable sont les suivants : le chlore, l'ozone et le rayonnement par l'ultra violet. (Hector R H, 2006).

2.8. POSTE d'osmose inverse :

2.8.1. POSTE d'osmose inverse

2.8.1.1. Caractéristiques principales :

Les caractéristiques principales d'une unité d'osmose inverse sont :

a) Taux de conversion :

Le taux de conversion (Y) est, par définition, la fraction du débit de liquide qui

traverse la membrane : $Y=Q_p/Q_0$

Q_p : débit de la solution à traiter (débit a l'entrée)

Q_0 : débit de la partie qui passe a travers la membrane ou per méat (débit a la sortie).

b) Sélectivité :

La sélectivité d'une membrane est en générale définie par le taux de rétention ou le taux de rejet de l'espèce (sel, macromolécules, particule) que la membrane est censée retenir :

$$TR= (C_0-C_p)/C_0=1-(C_p/C_0)$$

C_0 : concentration de l'espèce à retenir dans la solution ;

C_p : concentration de la même espèce dans le per méat

Le soluté de référence est souvent le chlorure de sodium (NaCl), compte tenu du fait que la déminéralisation des eaux est l'application la plus importante de l'osmose inverse. On trouve ainsi couramment des membranes qui ont été développées soit pour le dessalement de l'eau de mer et qui ont un taux de rejet au (NaCl) de 99% environ, soit pour le dessalement des eaux saumâtres et qui ont un taux de rejet au (NaCl) de 96% et ceci pour des conditions opératoires déterminées (pression, température, taux de conversion...). (Maurel A, 2006).

c) Débit spécifique ou densité du flux volumique

Pour une sélectivité donnée, le débit par unité de surface (densité de flux volumique) doit être le plus élevé possible de manière a minimisé la surface de membrane à mettre en œuvre d'où la réduction de l'investissement.

Le débit spécifique s'exprime le plus souvent en La conversion en unités SI () ainsi qu'en d'autres unités est donnée par le tableau 7.

Tableau 07 : Conversion des débits spécifiques.

//////////	$m^3.m^{-2}.S^{-1}$	$Cm^3.cm^{-2}.h^{-1}$	gal. $ft^{-2}.jour^{-1}$	$1. m^{-2}.h^{-1}$	$1. m^{-2}.jour^{-1}$
$m^3.m^{-2}.S^{-1}$	1	$3,6.10^{-5}$	$2,1.10^6$	$3,6.10^6$	$8,6.10^7$
$Cm^3.cm^{-2}.h^{-1}$	$2,8.10^{-6}$	1	5,9	10	240
gal. $ft^{-2}.jour^{-1}$	$4,7.10^{-7}$	$1,7.10^{-1}$	1	1,7	41
$1. m^{-2}.h^{-1}$	$2,8.10^{-7}$	0,1	0,59	1	24
$1. m^{-2}.jour^{-1}$	$1,2.10^{-8}$	$4,2.10^{-3}$	$2,5.10^{-2}$	$4,2.10^{-2}$	1

2.8.1.2. Constitution d'un système d'osmose inverse :

Le système d'osmose inverse, est constitué principalement de :

- Une pompe de mise a pression du liquide afin de lui donner la pression efficace de production qui doit être supérieure a la pression osmotique des modules ;
- Un module d'osmose inverse contenant la membrane ;
- Une vanne placée sur la canalisation rejet pour maintenir la pression de rejet à l'intérieur du module qui peut être dans certains cas par une turbine de récupération d'énergie ;
- Une ou plusieurs cuves de stockage ainsi que tous les appareils de mesures nécessaires (pression, débits, température, etc....)

2.8.1.3. Fonctionnement d'un poste d'osmose inverse :

Le fonctionnement d'une telle installation peut se faire selon divers procédés :

- Procédé discontinu ou batch ;
- Procédé continu à recyclage ;
- Procédé continu

Dans le cas du dessalement de l'eau de mer ou des eaux saumâtres, seul le procédé continu est utilisé. (Maurel A, 2006).

2.8.2. Poste de conditionnement d'eau produite :

Dans le cas général l'analyse type per méat a permis de constater que :

- Le per méat est une eau très agressive ; c'est aussi une eau très corrosive étant donné la concentration élevée en chlorures et en sulfate, par apport aux bicarbonates.

De ce procédé, on en déduit que :

- La minéralisation doit être corrigée pour obtenir une eau apte a la distribution, c'est-à-dire agréable a boire, non agressive et non corrosive ;
- L'équilibre calco -carbonique doit être atteint.

2.8.2.1. Correction de pH :

Il faut d'abord rappeler ; pour mémoire ; qu'il est parfois possible de corriger le pH par des procédés physique d'échange gaz-liquide (en particulier pour l'élimination du gaz

carbonique) et qu'on ne considère ici que les cas où on réalise une réaction chimique dans l'eau à traiter. (P Granier et J Bimbenet, 1967).

a) Addition de réactifs basiques :

Pour les eaux destinées à l'alimentation humaine, les réactifs utilisés (voir tableau 6) sont la soude, la chaux, le carbonate de sodium ou le carbonate de calcium ; Avec l'acide carbonique, ces réactifs donnent naissance à des bicarbonates.

En raison de son bas prix, c'est la chaux qui est le réactif le plus fréquemment utilisé dans les cas classiques.

Lorsqu'on utilise la chaux pour l'ajustement final du pH d'une eau claire avant refoulement, il y a intérêt à utiliser un saturateur de chaux qui retient les impuretés et fournit une eau de chaux limpide, alors qu'un lait de chaux confère toujours à l'eau une turbidité dont l'intensité dépend de la qualité du degré de pureté du produit commercial et de la dose de chaux nécessaire. (P Granier et J Bimbenet, 1967).

b) Filtration sur produits alcalino-terreux :

Ce type de traitement, qui utilise des produits à base de carbonate de calcium éventuellement mélangé du carbonate de magnésium ou à de la magnésie, s'applique le plus souvent à la neutralisation du gaz carbonique agressif ; ce dernier, au cours de la filtration, donne naissance à des bicarbonates.

La matière filtrante utilisée a longtemps été le marbre. Toutefois sa faible vitesse de réaction et l'impossibilité d'obtenir par son action un équilibre parfait lui font préférer d'autres produits connus sous les noms commerciaux de « Neutralite, Mangno, Akdolit, etc. », dont la cinétique de réaction permet d'obtenir une totale efficacité avec une masse de contact relativement réduite.

La mise en œuvre de ces réactifs granulés se fait le plus souvent dans les filtres fermés sous pression. On utilise parfois des filtres de type ouvert, dans le cas où l'on dispose d'une charge hydraulique suffisante.

Certains des produits disponibles sur le marché ont été calcinés lors de la préparation : ils contiennent alors une forte proportion d'oxydes alcalino-terreux et confèrent à l'eau traitée, lors de leur mise en service, une très forte alcalinité qui décroît ensuite progressivement avec le temps.

La « neutralité », exemple de bases libres, ne présente pas ces défauts et est stable dans le temps. Elle se présente sous forme de grains calibrés de diverses granulométries et est composée de carbonate de calcium et magnésium ; sa structure spéciale lui confère une solubilité rapide et constante, toujours proportionnelle à la qualité de CO₂, de 3 à 10 m³

d'eau par heure.

Tableau 08 : Consommation des réactifs de correction de pH (neutralisation).

Réactifs	Consommation de produit pure par 1g de CO ₂ agressif
Chaux	0,84 g de Ca (OH) ₂
Soude	0,91g de Na OH
Carbonate de sodium	2,4g de Na ₂ CO ₃

c) Neutralisation :

Dans certains cas particuliers, on peut se passer de réactif chimique en faisant réagir les unes sur les autres, deux ou plusieurs eaux de caractères opposés :

- Eaux agressives et eaux incrustantes ;
- Effluents acide et effluent alcalins.

On peut aussi inclure dans cette catégorie les cas où l'on fait alterner des eaux acides et des eaux alcalines sur des résines carboxyliques. (P Granier et J Bimbenet, 1967).

2.8.2.2. Reminéralisations :

Ce traitement s'applique quand il y a lieu de donner à une eau trop douce une certaine teneur en bicarbonate de calcium, c'est-à-dire un titre alcalimétrique complet (TAC) et une dureté totale (TH) calcique suffisant pour qu'elle soit apte à être bue et capable déposer une couche protectrice carbonatée sur une conduite de fonte ou d'acier non revêtue.

Pour obtenir le TAC et le TH recommandés, plusieurs moyens sont possibles :

- ✓ Gaz carbonique et chaux.
- ✓ carbonate de calcium.

Le plus souvent, on utilise du gaz carbonique et la chaux (préparée dans un saturateur).

Il faut par degré TAC ajouter 8,8g de CO₂ plus 5,5g de CaO par m³ d'eau. Le gaz carbonique peut être prélevé sur l'échappement de moteur ou dans une cheminée, et levé dans une colonne à ruissellement d'eau avant être envoyé par des compresseurs dans l'eau à

traiter. Des brûleurs immergés peuvent assurer la combustion d'un hydrocarbure liquide ou gazeux au sein du même liquide.

Les quantités de combustible nécessaires à la production de 1Kg de CO₂ sont :

Coke..... 350g et Fuel oil.....450g.

L'emploi de CO₂ liquide commercial permet d'assurer d'une meilleure pureté du produit.

L'injection de chaux peut être remplacée par une filtration sur « Neutralité » ; dans ce cas la consommation de gaz carbonique est nettement réduite (environ 5g/m³ par degré de reminéralisations). (P Granier et J Bimbenet, 1967).

✓ Bicarbonates de sodium et sel de calcium :

On introduit dans l'eau, simultanément des ions bicarbonate (HCO³⁻) ; sous forme de bicarbonate de sodium ; et des ions calcium (Ca²⁺) ; généralement sous forme de chlorure de calcium et parfois de sulfate de calcium.

Le pH d'équilibre doit tenir compte de la nouvelle force ionique de l'eau.

Pour enrichir 1m³ d'eau de 1°F, il faut employer 16,8 g de bicarbonate de sodium et :

- Soit 11,1 g de chlorure de calcium en (CaCl₂) ;
- Soit 13,6 g de sulfate de calcium (CaSO₄).

Ces traitements sont mis en œuvre sur des installations de petite ou moyenne importance. (P Granier et J Bimbenet, 1967).

✓ Bicarbonates de sodium et chaux :

Dans les cas traités au paragraphe précédent, il peut être aussi nécessaire d'ajouter de la chaux pour adapter le pH à la valeur d'équilibre qui correspond à la nouvelle minéralisation de l'eau.

Parfois, le TH de l'eau a déjà une valeur suffisante et ce n'est que l'alcalinité qui a besoin d'être augmentée : on introduit alors dans l'eau du bicarbonate de sodium pour élever le TAC et de la chaux pour ajuster le pH.

✓ Carbonate de sodium et gaz carbonique :

Suivant la disponibilité des produits locaux, l'augmentation du TAC peut aussi être remplacée par une combinaison Na₂CO₃+CO₂. Dans ce dernier cas, le débit de CO₂ peut être asservi au pH voulu et il n'y a pas d'autre réactif à distribuer si le TH est suffisant (dans le cas contraire, on ajoute un sel de calcium). (P Granier et J Bimbenet, 1967).

- ✓ Acide sulfurique et carbonate de calcium :

On introduit l'eau dans un décanteur ou une cuve de contact avec de la craie broyée en ajoutant de l'acide sulfurique en quantité équivalente à la quantité de bicarbonate que l'on veut ajouter à l'eau. On peut aussi filtrer l'eau sur une couche de marbre ou de calcaire après lui avoir ajouté cette même quantité d'acide sulfurique.

Pour enrichir 1m³ d'eau de 1°F, il faut 9,8g de H₂SO₄ et au minimum de 20g de CaCO₃. Il est indispensable de terminer par une distribution de chaux, car le marbre ne suffit pas pour amener le pH à valeur d'équilibre. (P Granier et J Bimbenet, 1967).

- ✓ NEUTRALITE et/ou Minéralité :

Dans certain cas particuliers et pour des petite débits, on reminéralise l'eau traitée par percolation en filtres fermés sur de la Neutralité, sur de la Minéralité (principalement constituée d'anhydride CaSO₄) ou sur les deux à la fois. (P Granier et J Bimbenet, 1967).

2.8.2.3. La désinfection :

Bien que le per méat soit d'une qualité bactériologique excellente, il est nécessaire de le désinfecter avant distribution, pour protéger l'eau contre toute pollution ultérieure lors de son stockage et de sa distribution.

La désinfection permet également :

- De pallier à toute fuite au niveau des membranes, qui pourrait apporter des éléments indésirables (bactéries, virus) ;
- D'oxyder les polluants pouvant être apportés par l'injection des solutions de produits de post-traitements.

La désinfection est assurée par injection de chlore sous forme d'hypochlorite de sodium ou d'une solution d'hypochlorite de calcium.

2.8.2.4. L'aération :

Le per méat peut présenter un déficit en oxygène, surtout si du bisulfate de sodium est employé. Il est donc nécessaire de l'aérer en ménageant une ou plusieurs chutes d'eau (la hauteur totale de chute pour atteindre la saturation est de 1,2m). Cette chute peut s'effectuer à l'entrée du bassin de stockage de l'eau à distribuer.

- La chloration de l'eau devra s'effectuer en aval de cette chute, afin de ne pas détruire le chlore.

2.9. Problèmes techniques rencontrés en dessalement :

Les 4 principaux problèmes que l'on rencontre dans le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres sont :

2.9.1. Entartrage :

L'entartrage est un dépôt de sels minéraux qui a tendance à se former sur les surfaces d'échanges. A cause des ions présents dans les eaux salines (calcium, magnésium, bicarbonates et sulfate).

Ces dépôts sont constitués principalement par du carbonate de calcium (CaCO_3) ; de l'hydroxyde de magnésium (Mg(OH)_2) et de sulfate de calcium (CaSO_4)...etc. Par la diversité de leurs origines, les dépôts de tartre ont des conséquences considérables sur le fonctionnement des installations de dessalement :

- ✓ Réduction de la section de passage ;
- ✓ Dégradation des états de surface ;
- ✓ Par leur très forte adhérence, les tartres mènent à une constance de débit ;
- ✓ Augmentation des pertes de charge pour un débit constant ;
- ✓ Obturation des conduites du fait de la diminution de son diamètre par les dépôts de tartre.

2.9.2. Corrosion :

La corrosion est la dégradation d'une substance, en particulier un métal ou un alliage, provoquée par l'action chimique d'un liquide ou d'un gaz sur la substance. Le terme corrosion s'applique plus particulièrement à l'action graduelle d'agents naturels, tels que l'air ou l'eau salée sur les métaux. (Degrement, 2005).

Les principales conséquences de la corrosion sont :

- ✓ Rupture des conduites
- ✓ Augmentation de la rugosité
- ✓ Fuites d'eau
- ✓ Pollution de l'eau produite par des agents extérieurs.

2.9.3. Colmatage ou fouling :

Les eaux naturelles (eaux de mer ou eaux saumâtres) contiennent la plupart du temps des matières organiques en suspension qui vont avoir tendance à se déposer sur les surfaces d'échange et à les colmater. Il va en résulter une augmentation de la résistance de transfert et une diminution de la capacité de production de l'installation. (Bribieska A, 2005).

.Le développement de microorganismes, dans les parties des installations où les conditions physicochimiques le permettent, peut accentuer le phénomène par suite de la formation de films biologiques sur les surfaces de transfert (biofouling). (P Granier et J Bimbenet, 1967).

Le colmatage a comme conséquences :

- ✓ Une augmentation de la perte de charge.
- ✓ Une augmentation du passage de sels, le colmatage empêche la retro diffusion des sels rejetés par la membrane.
- ✓ Une perte de flux.

Ainsi, qu'un problème reconnu dans le dessalement qui est les rejets de saumure.

Dans le cas d'installation de dessalement d'eau de mer, des problèmes peuvent éventuellement se poser dans le cas où les rejets de saumure ne sont pas évacués au large ou dilués par les courants marins. En outre une concentration en sels plus élevée de 1,4 g à 2g/l suivant les procédés et les conditions de fonctionnement, fait que les rejets de saumure peuvent contenir des produits de corrosion (chrome, nickel, molybdène, cuivre...), ainsi que des réactifs utilisés (antitartres, anti mousses, produits anticorrosion, coagulant, composés organochlorés...). Il est évident que ces problèmes seront d'autant plus à prendre en considération que le nombre et la taille de l'usine de dessalement ne cessent d'augmenter. (Maurel A, 2006).

2.10. Cout énergétique :

En distillation le cout énergétique est proportionnel à la qualité d'eau traitée, en osmose inverse et par toutes les techniques à membranes en général, le cout du traitement est fonction du sel éliminé. Moins la concentration en sel élevée plus l'osmose inverse devient économique par rapport à la distillation. (P Granier et J Bimbenet, 1967). C'est la raison pour laquelle, que l'osmose inverse s'est d'abord appliquée aux eaux saumâtres (moins concentrées). Elle ne s'est appliquée à l'eau de mer qu'à partir du moment où l'on a pu récupérer l'énergie sur le flux du concentrât, réalisent ainsi jusqu'à 35% d'économie d'énergie. (P Granier et J Bimbenet, 1967).

2.11. Conclusion :

Le dessalement est l'une des solutions éprouvées et sûres, mûries et maîtrisées techniquement, pour la mobilisation des ressources en eaux supplémentaires. L'osmose inverse a connu un développement technologique avec l'apparition sur le marché de membranes en polyamides plus stables et dont la durée de vie est plus importante. Néanmoins, les membranes sont très sensibles, d'où apparaît l'importance d'un prétraitement adéquat qui permet d'allonger la durée de vie de ces membranes en les protégeant et d'assurer l'intégrité du système. Il s'agit d'une technique performante qui peut être utilisée sur une grande plage de concentration ; comparé à l'électrodialyse et à la distillation qui sont réservés à des domaines plus spécifiques. En ce siècle, le dessalement sera un enjeu majeur. Cependant, il ne faut pas négliger l'impact écologique des rejets de concentrats.



3.1. Situation géographique :

La commune de Oueled El Kihel, ou se situe plage El Hilal se localise au nord-ouest du territoire national et est limité par la mer méditerranéen au nord

La commune Ouled El Kihel, ou se situe plage el Hilal s'étend sur une superficie de 54,86km² et possède une cote de 19km de long.



Figure 06 : Localisation géographiques de la zone d'étude.

3.2. Géomorphologie et sédimentologie :

Comme toutes les terres émergées autour de la méditerranée, l'extrémité septentrionale du continent africain se prolonge en mer par une bordure sous marine étendue, plus ou moins continue, qui assure la transition avec les grands fonds du bassin Algero, Baléares : la marge continentale ou le pré-continent nord africain, qui se prolonge depuis frontière marocaine jusqu'à la frontière tunisienne. (Leclaire, 1972).

Ce site s'étend sur une largeur de 510 m et une longueur de 13 à 60 m.

Cette plage se compose de sable grossiers et moyen avec des niveaux graveleux, leur structure est particulière et leur morphologie est marquée par des rides.

Le tri de ces particules est du principalement au brassage réalisé par le déferlement des vagues sur les plages

3.3. Climatologie :

Le climat de la région de la plage El Hilal est de type méditerranéen, il se caractérise par des saisons estivales chaudes et sèches et des saisons hivernales froides et pluvieuses. (APC Ouled El Kihel, 2008).

3.4. Facteurs physico-chimique du milieu :

3.4.1. Températures :

La température des eaux marines en surface n'est pas constante, elle est étroitement liée à celle de l'atmosphère et, par conséquent, varie en fonction des saisons. En méditerranée, les eaux se caractérisent par des écarts de température entre les couches superficielles et les couches profondes relativement peu important ; sur le littoral algérien l'eau de surface subit tout du long de l'année des variations thermométriques considérables. (Lekmeche, 2007).

La moyenne des maximales du mois le plus chaud "M" reflète la chaleur estivale et, plus particulièrement, au mois le plus chaud, la température est de 25,05 °C. La valeur "M" est utilisée en écologie pour la détermination des étages bioclimatiques. On peut connaître la période des repos hivernal, elle est égale à 8 °C et elle est enregistrée au mois de février. En général, l'écart entre les eaux de surface et ceux du fond est inférieur à 0,5 °C. Dans les petits fonds, il y a homogénéité thermique des eaux de surface. (Lekmeche, 2007).

3.4.2. Pluviométrie :

L'étude des précipitations demeure l'un des facteurs primordiaux dans l'action de l'érosion hydrique.

La région d'étude jouit d'un climat méditerranéen appartenant à l'étage aride à semi aride, Elle reçoit une pluviométrie de 300 mm/an, la pluviométrie est comprise entre 60-116mm en saison hivernale et entre 8 à 62 mm la saison estivale, De plus, cette quantité de pluie est un élément essentiel à la vie végétale.

3.4.3. Vents :

Le site de plage el Hilal se distingue par 2 périodes de vents dominantes :

- ✓ Le secteur E à NE est caractérisé par vents très fréquents et forts le 2^{em} et 3^{eme} trimestre de l'année avec des périodes de pointe pendant le 3^{eme} trimestre.
- ✓ Le secteur W a Sw est caractérisé par des vents fréquents et forts pendant le 1^{er}, 2^{eme} et le 4^{eme} trimestre de l'année.

3.4.4. Salinité :

Les mesures de courants et des 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. Il existe d'importantes variations de la salinité entre les différentes masses d'eau qui se superposent dans le bassin algérien. (Millot et al, 1989).

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

A 20 m le taux de salinité de cette station a diminué nettement et atteint une valeur de 36,42‰, les eaux de surfaces des côtes algériennes se caractérisent par une salinité avoisinant le 37,90‰.

A 20 m cette salinité diminue et atteint son seuil le plus bas. Et la salinité décroît entre 50 et 100 m car les courants algériens s'éloignent des côtes 36,38‰.

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont : les sels calcium (Ca²⁺) de magnésium et de sodium....

La salinité est une mesure biologique importante car le sel se dissout dans les liquides organiques de tous les êtres vivants et elle est également importante en océanographie avec la température. Elle permet à l'océanographie de déterminer la densité de l'eau de mer

3.4.5. Courants :

La valeur moyenne des eaux atlantiques en méditerranée est de 1 million m³/s. Ce flux détermine, par son importance, l'allure de la circulation générale de l'hydrologie et même des variations de niveau dans toute la méditerranée occidentale, parmi les principaux qui affectent 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-chimiques.

3.5. L'action anthropique :

L'eau de mer de la plage EL Hilal est polluée par des égouts rejetés directement en mer.

Le type de pollution est biologiquement d'origine urbaine, particulièrement fécale, et une pollution d'origine agricole et industrielle, et des pollutions d'origine ménagère.



4.1. Les prélèvements :

Les prélèvements hebdomadaires ont été réalisés durant le mois de juin 2012. Ils ont été réalisés entre 9h et 11h du matin.

Le matériel du prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière, L'emploi de flacons en verre borosilicaté est conseillé de préférences. bouchés avec des bouchons en polyéthylènes ou en téflon maintenus pendant 1heure dans de l'eau distillé puis séchés.

Les prélèvements a été effectuer à partir d'un robinet ou nous avons laissé l'eau s'écouler pendant 10mn.

Au moment du prélèvement, on a rincé les flacons trois fois avec l'eau à analyser puis nous les avons remplis a ras bord.

Les échantillons sont transportés dans une glacière isotherme (4°C), et l'analyse est faite le même jour. Les mesures de la température, salinité, pH et d'oxygène dissous ont été faites sur place.

4.2. Méthodes analytiques :

La qualité de l'eau de mer, de la saumure et de l'eau produite ainsi que l'efficacité du traitement opéré en amont et en aval ont été mises en évidence grâce aux analyses suivantes ;

4.2.1. Analyses physico-chimique :

- 4.2.1.1. Le pH :

Le pH de l'eau a été mesuré par la méthode électrochimique a l'aide d'un pH-mètre de terrain de marque WTW type pH 315 i/Set avec une précision de +ou- 0,01. Il permet de mesurer la différence de potentiel excitant entre une électrode de verre et une électrode de référence.

L'électrode en verre est rincée après chaque manipulation avec l'eau distillée. L'étalonnage de l'appareil est effectué avec des solutions étalons à pH connu (acide, neutre, basique).

4.2.1.2. La salinité et la conductivité :

La mesure de la salinité in situ a été effectuer à l'aide d'un salinomètre de marque Cond 197i (WTW) avec une précision de +ou- 0,1%. L'étalonnage a été effectué a partir d'eau de mer que l'on introduit après l'avoir amenée à la température ambiante dans la cellule de mesure. Le salinomètre est réglé pour donner la conductivité Correspondant à la chlorinité de l'eau de mer normale.

4.2.1.3. La température et l'oxygène dissous :

L'utilisation de la méthode électrochimique nous a permis l'estimation simultanée de la température et de l'oxygène dissous. L'appareil utilisé est un oxymètre de terrain de marque OXI 197i (WTW) qui a une précision de $\pm 0,1\%$. La sonde électrolytique est plongée dans l'eau prélevée immédiatement dès le remplissage des flacons.

4.2.1.4. La turbidité :

Les mesures sont réalisées avec un turbidimètre model turb 550 lot 30810 avec une précision de $\pm 1\%$.

4.2.2. Les sels nutritifs :

Principe des dosages des sels nutritifs :

La méthode du dosage des sels nutritifs (ammoniums, nitrites, nitrates, ortho phosphates et silicates) est basée sur une réaction de coloration. Ces sels réagissent dans des conditions (présence de catalyseurs, température, pH,...) des réactifs spécifiques pour donner une coloration absorbant la lumière l'intensité de la coloration est plus forte si l'eau est concentrée en sel dosé. La quantité de la lumière absorbée par la solution (absorbance A) ou bien densité optique (D.O) est calculée selon la loi BEER-LAMBERT qui est la suivante

$$A = D.O = \ln(I^0/I) = \epsilon \cdot L \cdot C$$

I^0 et I : sont respectivement l'intensité lumineuse incidente et émergente du milieu absorbant.

ϵ : le coefficient d'extinction molaire variant en fonction de la température et de la longueur d'onde.

L : la longueur du milieu traversé exprimé en cm.

C : concentration de la solution absorbante exprimée en mol/l.

A : absorbance de la solution.

Analyse automatique des sels nutritifs dans l'eau

L'analyse est réalisée automatiquement en outre des manipulations nécessaires au dosage manuel : prélèvements, analyse et lecture. (Rodier J, 1996).

Pour notre étude, l'analyse des sels nutritifs est faite par colorimétrie à flux continu sur une chaîne automatisée « Auto-Analyzer SAN PLUS » en suivant les protocoles définis par le fabricant (Skalar, 2000). L'appareil fonctionne selon un principe dynamique simple, celui

de l'analyse liquide en milieu continu : par l'intermédiaire d'une pompe péristaltique, une veine liquide progresse en continu, ce qui permet une polyvalence et une grande souplesse. Toutes les réactions chimiques se déroulent dans la veine en progression. L'analyse des échantillons est faite par séquence, donc une grande cadence de travail.

4.2.2.1. Dosage de Nitrite (NO_2^-)

Les nitrites sont dosés par une méthode colorimétrique basée sur la réaction de Griess ou les NO_2^- réagissent avec une première amine aromatique pour former un diazoïque qui est couplé à une seconde amine aromatique pour produire un colorant rose. (Bendeschnieder et Robinson, 1952).

4.2.2.2. Dosage de Nitrate (NO_3^-) :

Il s'agit d'une méthode colorimétrique composé de GRIESS utilisant le nitrite après réduction du nitrate en nitrite. Cette réduction se fait à l'aide d'une colonne réductrice de cadmium. (Wood et al, 1967).

4.2.2.3. Dosage de l'ammonium (NH_4^+) :

Il s'agit d'une méthode colorimétrique utilisant du bleu d'indophénol, basée sur la réaction de BERLETELOT ou l'ammoniac, en milieu basique, réagit tout d'abord avec l'hypochlorite pour former un monochloramine, puis successivement avec deux molécules de phénol pour former le bleu d'indophénol. (Wood et al, 1967).

4.2.2.4. Dosage d'ortho phosphate (PO_4^-) :

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium se forment un complexe phosphomolybdique qui est réduit par l'acide ascorbique et il se traduit par une coloration bleu. (Rodier et al, 2005).

4.2.2.5. Dosage de silicium (SiO_2) :

Le silicium dissous est présent dans l'eau à 95% sous forme d'acide ortho silicique [37]. Il réagit avec le molybdate d'ammonium en milieu acide pour former un complexe silicomolybdique qui sera réduit par l'acide ascorbique en un composé coloré en bleu à 810nm. (Mullin et Rille, 1955).



5.1 Les résultats d'analyses de l'eau de mer (EB) ; l'eau de saumure (ER) et l'eau Traité (après le dessalement) (ET) sont résumés dans les tableaux Suivants.

Tableaux 09 : Les résultats d'analyses de l'eau de mer (brute) (EB) et l'eau de rejet (concentrât de l'OI) (ER)

Date Eléments	Unité	01/06/2012		08/06/2012		15/06/2012		22/06/2012		29/06/2012	
		EB	ER	EB	ER	EB	ER	EB	ER	EB	ER
PH	--	8,17	6,7	8,11	6,61	8,56	6,8	8,05	6,3	8,15	6,5
Conductivité	µs/cm	56000	79970	53720	78500	53840	77960	53900	78500	54000	78900
Température	°C	19,8	22	20,6	21,6	21,76	23	23	25	23,5	21
Turbidité	NTU	20,88	19	19	18,4	21	20	26,1	25,5	15,1	14
O ₂ Dissous	Mg/l	3,3	3,1	3,4	3,2	3,12	2,88	3	2,65	3,6	2,9
TDS	Mg/l	39200	61500	37604	58875	37688	58470	37730	58875	37800	59175
Salinité	‰	39,2	61,5	37,6	58,8	37,68	58,47	37,7	58,8	37,8	59,175
Calcium (Ca ⁺²)	Mg/l	640	1000	800	890	560	800	720	800	520	680
Magnésium (Mg ⁺²)	Mg/l	1536	2736	2160	3144	1524	3024	2496	3264	2136	2688
Chlorures (Cl ⁻)	Mg/l	22496	26640	17760	21904	23679,92	28415,9	28416	44992	26344	44992
Bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	Mg/l	183	115,9	134	122	164,7	122	134,2	154,9	152,5	73,2
Dureté total (TH)	°F	1100	1390	1100	1480	800	830	1220	1560	1020	1290
Titre alcalimétrique complet (TAC)	°F	15	9,5	11	10	13,5	10	11	9,5	12,5	6
Ammonium (NH ₄ ⁺)	Mg/l	-	-	0,1	0,05	-	-	-	-	-	-
Nitrite (NO ₂ ⁻)	Mg/l	-	-	10 .10 ⁻⁴	6,6.10 ⁻⁴	-	-	-	-	-	-
Nitrate (NO ₃ ⁻)	Mg/l	-	-	2,5.10 ⁻³	2,6.10 ⁻³	-	-	-	-	-	-
Ortho phosphate (PO ₄ ⁻³)	Mg/l	-	-	8,5.10 ⁻³	8,7.10 ⁻³	-	-	-	-	-	-
Silicate (SiO ₂)	Mg/l	-	-	1,9.10 ⁻²	2,8.10 ⁻²	-	-	-	-	-	-

Date éléments	Unité	01/06/2012	08/06/2012	15/06/2012	22/06/2012	29/06/2012	Normes algérienne	
							Niveau guide (NG)	Concentration au seuil (CMA)
PH	----	7,63	6,70	6,8	6,5	6,4	6,5_8,5	-
Conductivité	µs/cm	1113	1312	1321	1140	1373		2800
Température	°C	21	20,7	20,4	20	22		-
Turbidité	NTU	4,54	0,47	0,6	0,63	1,36	-	-
O ₂ Dissous	Mg/l	3,7	3,8	3,9	4	4,3	-	
TDS	Mg/l	548	647	653	704	680	-	-
Salinité	‰	0,7	0,59	0,8	0,7	0,7	-	-
Chlore libre (Cl _{resd})	Mg/l	0,9	0,7	0,45	0,65	0,8	-	-
Calcium (Ca ⁺²)	Mg/l	28,8	28	24	32	28,8	75	200
Magnésium (Mg ⁺²)	Mg/l	32	45,6	45,6	38,4	30	50	150
Chlorures (Cl ⁻)	Mg/l	325	395,99	307,89	387,87	367,03	200	500
Bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	Mg/l	18,33	11,21	12,20	26	12,2	-	-
Dureté total (TH)	°F	20	26	25	24	19	10	50
Titre alcalimétrique complet (TAC)	°F	5	4	6	5	1	-	-
Ammonium (NH ₄ ⁺)	Mg/l	-	9.10 ⁻²	-	-	-	0,05	0,5
Nitrite (NO ₂ ⁻)	Mg/l	-	2.10 ⁻⁴	-	-	-	-	-
Nitrate (NO ₃ ⁻)	Mg/l	-	1,3.10 ⁻³	-	-	-	-	-
Ortho phosphate (PO ₄ ⁻³)	Mg/l	-	7.10 ⁻³	-	-	-	-	0,5
Silicate (SiO ₂)	Mg/l	-	3,5.10 ⁻²	-	-	-	-	-

5.2. Interprétations des résultats :

On veut interpréter nos résultats par rapport à deux points de vue :

5.2.1. Chimique :

Une eau dessalée destinée à la consommation humaine doit répondre du point de vue caractéristique (organoleptique et physico-chimique) à des normes préétablies qui sont représentées par le niveau guide (NG) et concentrations seuil (CMA). L'organisation mondiale de la santé (OMS) publie régulièrement des directives de qualité pour l'eau de boisson, dont de nombreux pays s'inspirent pour élaborer leurs propres normes nationales. Ces directives représentent une appariation scientifique du risque sanitaire associé aux substances biologiques et chimiques de l'eau de boisson et d'efficacité des mesures déployées pour y remédier.

En effet, les analyses ont été effectuées chaque semaine, pendant un mois.

✓ Le potentiel d'Hydrogène «pH»

Des valeurs de pH qui sont inférieures à 7 peuvent provoquer une corrosion sévère des tuyauteries métalliques conduisant à une augmentation des concentrations de certains éléments toxiques ou gênants (plomb, fer,...).

Le PH a une relation avec d'autres paramètres essentielles concernant la qualité d'eau potable.

Pour l'eau destinée à la consommation humaine, les valeurs de pH sont fixées par la norme algérienne entre 6,5 et 8,5.

Les valeurs de pH de l'eau brute, varient entre 6,61 et 8,56 ; ces valeurs ont baissé après traitement par osmose inverse pour atteindre une valeur moyenne de 5 qui est en dehors de la norme d'où la nécessité d'élever cette valeur.

La reminéralisation est l'ajout d'eau filtrée, et a permis d'atteindre des valeurs qui se situent aux alentours de 6,75 une valeur qui respecte la norme.

✓ Température «T°»

La température pour le dessalement se situe théoriquement entre 12°C et 15°C. En pratique, elle n'a pas d'action directe sur la santé de l'homme, mais des températures élevées peuvent causer des problèmes sur la qualité bactériologique de l'eau.

D'après les résultats de l'eau produite, nous avons remarqué que tous les échantillons ont une température inférieure ou égale à la norme fournie (<25°C), ce qui rend ce paramètre sans danger pour le consommateur.

✓ Conductivité, TDS, salinité

La conductivité est un paramètre qui a une relation directe avec la minéralisation qui, elle-même est en relation directe avec le TDS et la salinité de l'eau. Elle peut entraîner cependant, selon le cas, un goût salé et même une accélération de la corrosion au niveau des dépôts dans la canalisation.

Les différentes mesures de la conductivité dans l'eau brute ont donné des résultats étant majoritairement de 53720 μ s/cm. Après le passage de l'eau de mer prétraitée dans l'unité d'OI, la conductivité a baissé pour atteindre une valeur moyenne égale à 380 μ s/cm. Mais la norme Algérienne concernant la conductivité est de l'ordre de 2800 μ s/cm. Alors pour être dans la norme, l'ajout de certaine quantité d'eau filtrée et de la chaux permet d'atteindre finalement des valeurs tournant approximativement autour de 1251,8 μ s/cm, ce qui donne une eau dans la norme.

✓ La Turbidité

La valeur de la turbidité de l'eau de mer est autour de 19,5 NTU. Grâce aux différents traitements de clarification (coagulation, floculation, décantation et filtration) ainsi que la microfiltration, la turbidité s'est réduite à une valeur moyenne égale à 1,5 NTU, ce qui est inférieur à la norme établie.

Logiquement avec la microfiltration et l'osmose inverse la turbidité avoisine une valeur de : (0), mais le rajout de l'eau filtré avec la chaux l'ont fait augmenter à la valeur tournée.

✓ Chlore libre (CL resd)

Le chlore est l'un des réactifs le plus utilisé lors de la désinfection.

En distribution, la teneur résiduelle en chlore constitué un indicateur de non contamination du réseau après le traitement et un témoin de l'efficacité de traitement bactéricide.

Il ne devrait pas dans les conditions normales d'exploitation, d'avoir plus de 0,6mg/l à 1mg/l de chlore libre (HOCl, OCl⁻) dans l'eau de consommation. Cependant, les résultats retrouvés concernant l'eau traitée donnent une valeur maximale égale à 0,9mg/l (<1 mg/l). Seulement, c'est tout à fait supérieur à 0,2 mg/l, ce qui reflète présence d'un problème organoleptique dans l'eau traité. Mais cette valeur peut se diminuer à cause de la corrosion des tuyaux de distribution de l'eau potable pour suivie les normes.

✓ L'oxygène dissous

Des variations importantes de l'oxygène dissous ont été observées. Pour l'eau traitée, on observe une moyenne de 3,94mg/l et pour l'eau de mer il atteint d'une moyenne de

3,28mg/l. La variation de ce paramètre est due aux mélanges des masses d'eaux, des échanges air-mer, la respiration de la biomasse (ensemble de la faune et de la flore aquatique) et la photosynthèse. (Le pimpec et al,2002).

✓ Calcium (Ca^{+2}) magnésium (Mg^{+2}) et la dureté totale (TH)

Nous savons que Ca^{+2} et Mg^{+2} sont des substances minérales essentielles pour l'organisme humain.

C'est pourquoi nous devons toujours avoir une eau riche en ces éléments (ne dépassant pas la norme). Notre eau de mer contient des concentrations de Ca^{+2} et Mg^{+2} respectivement 429 mg/l et 1590 mg/l et un TH estimé approximativement à 789°F. Après le traitement par l'osmose inverse, l'eau obtenue présente les valeurs suivantes : respectivement en Ca^{+2} , Mg^{+2} et TH : 0,92mg/l, 1,21mg/l et 0,7°F. Ces différentes valeurs font de cette eau une eau trop douce qui risque de ne pas être distribuée, d'où la nécessité de la reminéraliser. Cette opération a été effectuée au niveau du poste de conditionnement par le rajout de la chaux et une certaine quantité d'eau filtrée.

Selon «Rodier» une eau de bonne qualité doit renfermer de 100 à 140mg/l de Ca^{+2} , cette valeur est bien loin de la concentration de Ca^{+2} dans notre eau traitée, ce qui nous conduit à dire que la reminéralisation n'est pas faite correctement.

Pour le Mg^{+2} le problème ne se pose pas quand la concentration est inférieure au niveau guide, le problème peut se poser si la concentration dépasse la CMA en causant un problème laxatif.

✓ Les chlorures (Cl^-)

Des concentrations élevées de chlorures nuisent aux goûts de l'eau ; en lui conférant une saveur salée à partir de 250mg/l, surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium ; ils sont aussi susceptibles d'amener une corrosion dans les canalisations et les réservoirs.

L'eau de mer contient des quantités élevées des chlorures qui atteignent un maximum de 28416mg/l.

Après traitement, nous avons obtenue, une eau dont la concentration a diminué jusqu'à atteindre 387mg/l.

Il est très important de souligner que cette dernière est presque à la limite de la norme, qui fournit une CMA égale à 400mg/l. Cette valeur élevée est due à l'opération de reminéralisation incorrectement faite d'après nous, puisqu'il y a rajout d'eau filtrée.

✓ Titre Alcalimétrique complet (TAC) et les bicarbonates (HCO_3^-)

Dans les eaux potables, la concentration en OH^- étant faible et donc négligeable,

l'alcalinité de l'eau est constituée des HCO_3^- seuls ou d'un mélange CO_3^{2-} et HCO_3^- .

Généralement, l'eau doit permettre de favoriser la formation d'une couche protectrice sur la surface métallique des tuyaux (formation de CaCO_3) et éviter ainsi les risques de corrosion (CO_2 agressive).

L'eau de mer contient des quantités importantes de bicarbonates la moyenne étant de 164mg/l.

D'après traitement, nous avons obtenu une valeur dont le maximum est de 26mg/l, donc un TAC d'une valeur moyenne égale a 2,14°F, sachant que pour les eaux adoucies les valeurs minimales limites de TAC présentent une concentration de 2,5°F (norme en France), donc l'eau produite reste inférieure a la limite minimale.

Concernant les paramètres de pollution

Tout présence excessive de ces paramètres (NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-}) dans l'eau potable est un signe de pollution qui doit être traité avant la distribution au consommateur.

- ✓ Pour l'ammonium (NH_4^+), l'eau brute contient une quantité de 0,1mg/l. La norme algérienne indique une CMA de 0,5mg/l. La peroxydation a permis de la réduire à une concentration inférieure à 0,09 mg/l, qui conduit a une eau conforme à la norme du point de vue de la présence d'ammonium.
- ✓ Pour le nitrite (NO_2^-) et nitrate (NO_3^-), l'eau brute contient une quantité de 10^{-3} mg/l de nitrite et pour le nitrates est de $2,5 \cdot 10^{-3}$ mg/l. Ce taux élevé de nitrate par rapport aux nitrites peut s'expliquer par la réduction des ions nitrites en nitrates a partir d'une action bactérienne « dénitrification » (Rodier et al, 2005). Pour l'eau traitée la teneur en nitrite est de $2 \cdot 10^{-4}$ mg/l et pour le nitrate elle est de $1,3 \cdot 10^{-3}$ mg/l. Ces teneurs sont inférieurs a la norme donc cette eau est conforme a la norme.
- ✓ Pour les Ortho phosphate (PO_4^{3-}), les teneurs en ortho phosphate sont de $8,5 \cdot 10^{-3}$ mg/l pour l'eau brute et pour l'eau traitée est de $7 \cdot 10^{-3}$ mg/l. Il provient de la dégradation de la matière organique ou des poly phosphates (utilisés pour le traitement des eaux ou comme adjuvants actifs dans les détergents). Sa présence dans l'eau est également liée à l'utilisation des engrais. (Le pimpec et al, 2002).
- ✓ Pour le silicium (SiO_2), la teneur en silicate enregistrée dans cette étude est de $1,9 \cdot 10^{-2}$ mg/l en eau de mer et cela est probablement du à la silice d'origine des tests Diatomées. D'après Rodier et al (2005), la présence de silicate dans l'eau de mer est due a la dissolution des sels minéraux, notamment les aluminosilicates mais aussi de la dégradation du silicium organique particulière.
Pour le silicate présent dans l'eau traitée qui est $3,5 \cdot 10^{-2}$ mg/l, l'augmentation

pourrait être expliquée par l'ajout d'eau filtrée dans la reminéralisation.



6.1. Évaluation de l'impact sur l'environnement

-PHASE D'EXPLOITATION-

Ce chapitre identifie les impacts potentiels de l'exploitation de l'usine de dessalement.

Les problèmes les plus importants proviendront probablement du potentiel d'impact sur le milieu marin provenant du rejet de saumure.

6.1.1. Environnement marin

Impact sur la flore marine provoqués par le rejet de saumure et de nettoyage des filtres et membranes

Pendant l'exploitation, un mélange de saumure, d'eau de refroidissement, d'effluents de lavage des filtres et membranes sera rejeté par le canal de rejet proposé. La concentration en matière en suspension dans la saumure sera de 25 ppm et la salinité sera d'approximativement 69000ppm. Le débit de rejet opérationnel sera de 12666m³/h. Il n'existe aucune norme algérienne, ni de banque mondiale en ce qui concerne le rejet des matières dissoutes dans le milieu marin.

En raison du taux élevé d'évaporation et des faibles apports d'eau douce, la salinité en méditerranée occidentale est d'environ 38000ppm en rejetant à la mer une saumure contenant 25ppm de matière en suspension et de 69000 ppm de salinité, La salinité localisée au voisinage immédiat de la canalisation de rejet augmentera. L'effet pourra se répercuter localement sur la flore et la faune marine.

Afin d'étudier les effets des rejets de saumure un modèle CORMIX (système cornell de modélisation pour la dispersion de l'eau) a été élaboré. CORMIX est un progiciel USEPA validé et approuvé pour l'évaluation des rejets par référence aux limites réglementaires stipulées. Il modélise la dispersion dans les modules proches et lointains distincts et donne des descriptions qualitatives du comportement du panache.

Les résultats du modèle CORMIX ont opté pour la solution qui, non seulement répond a toutes les prescriptions exigibles mais qui permettent également de minimiser la longueur du tronçon diffuseur et le nombre de becs diffuseur. La variante ayant l'impact le moins faible correspond aux paramètres suivants :

- ✓ Profondeur du point de rejet : 7mètres
- ✓ Angle de rejet est de45°
- ✓ Vent en surface : 2m/s
- ✓ Le courant : 0,01m/s
- ✓ Hauteur diffuseur de rejet : 0,5m

- ✓ Diamètre du diffuseur : 0,15m

Il n'y aura aucune surface affecté par des augmentations supérieures à 1gr/l

Cette variante devrait être retenue pour la conception du canal de rejet.

Actuellement, on ne connaît qu'une étude précise relative à la tolérance aux salinités importantes des écosystèmes marins de la cote méditerranéenne, plus précisément de la *Posidonia oceanica*. Une étude portant sur la tolérance des *Cymodocea* est actuellement en cours et le CEDEX1, en se basant sur des études du milieu où sont établies ces phanérogames marine *Posidonia oceanica* et sur son écosystème dans le but de prévenir et de minimiser les répercussions que pourraient avoir les eaux de rejet des usines de dessalement, a été réalisée conjointement par le centre d'études des ports et des côtes du CEDEX, le centre d'études avancées de Blanes (CSIC2), l'institut espagnol d'océanographie IEO l'université de Barcelone et l'université d'Alicante, et est parvenue aux recommandations suivantes concernant les seuils critiques de salinité ;

- A aucun endroit de la prairie la salinité ne pourra être supérieure à 38,5 psu dans plus de 25% des observations.
- A aucun endroit de la prairie la salinité ne pourra être supérieure à 40 psu dans plus de 5% des observations.

Ces recommandations impliquent une valeur moyenne de la salinité, seuil de tolérance de 38,26psu, pour les écosystèmes de *Posidonia oceanica*. Pour la *Cymodocea*, après étude de l'habitat où elle est présente, la salinité a été évaluée à 1psu de plus par rapport aux deux conditions précédentes.

Pour plus de sécurité, l'objectif est de parvenir à une conception répondant aux recommandations du CEDEX concernant les accroissements de salinité pour la *Posidonia oceanica*, au point initial de contact du rejet avec le fond, en dépit de l'absence de *Posidonia oceanica* dans la zone de rejet.

Dans le cas de l'usine de dessalement en étude, il n'existe pas de prairies de *Posidonia oceanica* Il est toutefois probable qu'il existe d'autres organismes tels que les bivalves pour lesquels une brusque augmentation de la salinité pourrait être préjudiciable.

Il est donc nécessaire de trouver une bonne dilution du rejet. Compte tenu que la *Posidonia oceanica* constitue un écosystème fragile et protégé parce, qu'en voie de disparition, on peut être amené à penser que les organismes se trouvant dans la zone de rejet auront une tolérance à la salinité Probablement plus grande que celle de la *Posidonia oceanica*.

C'est pourquoi l'objectif de rejet fixé consiste en une dilution minimale telle que la salinité dans la zone de rejet ne dépasse pas les 38,5psu.

A ce propos, d'après l'article publié dans la revue Desalinisation " the lethal effects of hypertonic solutions and avoidance of marine organisms in relation to discharged brine from a desalinisation plant", le centre biologique de Saitama (Japon) a réalisé des expériences afin de connaître la tolérance aux accroissements de salinité à différents stades du développement (œufs, larves, jeunes et adultes) de deux espèces de poissons (*Pagrus major* et *Pleuronectes yokohamae*) et d'un bivalve (*Tapes philippinarum*).

Les résultats obtenus ont permis d'établir des rangs de salinité létale dans 50‰ à 70‰ des cas et des rangs de salinité n'ayant aucun effet dans 40‰ à 50‰ des cas, et c'est en fonction de l'espèce et de son stade de développement.

Au vue de ces résultats, on peut être amené à penser que les espèces qui se trouvent dans la Zone de rejet pourraient supporter des salinités allant jusqu'à 38,5 psu sans subir aucun impact.

Milieu	Biologique
Composante affectées	Exploitation
Source d'impact	Conduite de rejet
Description de l'impact	Effet du rejet de saumure sur la flore marine

Evaluation de l'impact :

Nature de l'impact	Négatif
Valeur environnemental	Moyenne
Degrés de perturbation	Faible
Etendue	Ponctuelle
Intensité	Faible
Durée	Longue
Importance de l'impact	Faible

Impacts sur la faune marine provoqué par le rejet de saumure et de nettoyage des filtres et membranes

Comme pour le cas de la flore, les communautés faunistiques peuvent affectés par

les rejets de saumure.

La mobilité de la population des poissons, leur permettra d'éviter les endroits à haute salinité, et de contourner les zones boueuses provenant des opérations d'entretien et nettoyage de l'installation.

Il n'y aura aucun impact sur les espèces des eaux libres ni les espèces de fond car les augmentations de la salinité seront inférieures à 1gr/l.

Pour les autres espèces :

Des recherches ont été élaborées sur les effets de rejets de saumure sur des espèces indicatrices comme les échinodermes (*Paracentrotus lividus*) et mysidacés (*Leptomysis posidoniae*) :

1/ la plupart des échinodermes sont sténohalins et donc très susceptibles aux changements de salinité, par rapport à la durée d'exposition et la concentration de sels dans la colonne d'eau.

Les études effectuées indiquent que le groupe des échinodermes en général, et particulièrement *Paracentrotus lividus*, sont des organismes sessiles ou de faible mobilité et exempts de tout mécanisme d'osmorégulation efficace, ils peuvent être un bon indicateur de l'impact environnemental des rejets des unités de dessalement en milieu marin. Toujours selon ces études, la salinité qui provoque la mortalité de 50% de la population après une exposition continue durant 96 heures, a oscillé entre 40550ppm et 42830ppm.

2/ les mysidacés, invertébrés de l'épifaune vagile (des animaux mobiles liés aux feuilles ou à la surface du substrat), l'effet combiné de la température et la salinité ont démontré avoir un effet clair sur la mortalité de *Leptomysis posidoniae*. Cette espèce a présenté une grande mortalité à partir de 45000ppm et à haute température à partir de 40000ppm.

Si l'émissaire sera conçu selon la variante ayant le moins d'impact et donc une salinité inférieure à 40000ppm l'impact est faible.

Milieu	Biologique, humaine
Composante affectée	Exploitation
Source d'impact	Conduite de rejet
Description de l'impact	Effet du rejet de saumure sur la faune marine

EVALUATION DE L'IMPACT :

Nature de l'impact	Négatif
Valeur environnementale	Moyenne
Degré de perturbation	Faible
Etendue	Ponctuelle
Intensité	Faible
Durée	Longue

6.1.2. Impact sur la qualité de l'eau :

La concentration de chlore et autre produit chimique qui peut être rejetée à la mer est régie par une limite réglementaire qui sera respectée, ce qui minimisera par conséquent les impacts que de forte concentration de chlore auraient sur la flore marine.

6.1.3. Captage par contact et entrainement potentiels de la flore et de la faune a la prise d'eau de mer :

L'eau de mer sera prélevée par un ouvrage de prise à une profondeur de 10m et un débit de 21041m³/h composé d'une conduite unique de 1,80m de diamètre et d'une longueur de 650m en plastique renforcé en verre (GRP). Elle sera pourvu de tour de prise en béton armé pour prendre l'eau d'une profondeur intermédiaire en évitant le plus possible l'entrée de sables et de matières flottantes.

6.1.4. Impact lié aux déchets solides :

Les déchets solides générés lors de l'exploitation de l'usine comprennent les éléments suivants :

- Déchets généraux du complexe : chiffons huileux, ferrailles et pièces de machines cassées et rouillées, conteneurs vides, déchets divers
- Des membranes usagées
- Des boues de traitement des rejets
- Déchets d'emballage
- Déchets commerciaux : déchets de bureaux, cantine été autres installations

Composante affectée	Exploitation
Source d'impact	Exploitation de la station de dessalement d'eau de mer
Description de l'impact	Productions des déchets

EVALUATION DE L'IMPACT :

	
Nature de l'impact	Négatif
Valeur environnementale	Moyenne
Degré de perturbation	Moyen
Etendue	Ponctuelle
Intensité	Moyenne
Durée	Longue
Importance de l'impact	Moyenne

6.1.5. Impact sur le paysage :

L'usine de dessalement représente une zone continue de machines et ouvrages auxiliaires couvrant une superficie d'environ 7 hectares. Les caractères existants du paysage est de nature touristique.

Les sites adjacents étant eux-mêmes des villages balnéaires, il y aura donc une modification du caractère.

	
Milieu	Physique
Composante affectée	Exploitation
Source d'impact	Réalisation et Exploitation de la station de dessalement d'eau de mer
Description de l'impact	Modification du paysage

EVALUATION DE L'IMPACT :

Nature de l'impact	Négatif
Valeur environnementale	Moyenne
Degré de perturbation	Moyen
Etendue	Ponctuelle
Intensité	Moyenne
Durée	Longue
Importance de l'impact	Moyenne

6.1.6. Impact visuel :

La présence de l'unité de dessalement va modifier légèrement l'impact visuel général de loin notamment sur les hauteurs et à l'entrée de la plage el Hilal.

Milieu	Physique
Composante affectée	Exploitation
Source d'impact	Réalisation et Exploitation de la station de dessalement d'eau de mer
Description de l'impact	Modification de l'impact visuel

EVALUATION DE L'IMPACT :

Nature de l'impact	Négatif
Valeur environnementale	Moyenne
Degré de perturbation	Faible
Etendue	Ponctuelle
Intensité	Faible
Durée	Longue
Importance de l'impact	Faible

6.1.7. Impact sonore :

Le bruit lié à l'exploitation de l'usine de dessalement sera produit par les éléments suivants :

Tableaux10 : Ambiance sonore.

Système concerné	Pompes d'exploitation	Quantité en service	Niveau sonore dBA
Station de pompage de l'eau de mer	Pompes de la chambre d'arrivée	06	88
Station de pompage de l'eau de mer	Pompes d'aspersion	01	59
Station de pompage d'UF	Pompe de lavage d'UF	05	78
Station de pompage d'UF	Pompes d'alimentation du système OI	08	85,2
Station de pompage d'UF	Pompes d'alimentation du système de récupération d'énergie	06	80,6
Bâtiment d'osmose inverse	Pompes d'alimentation Sous pression du système OI	12	89
Bâtiment d'osmose inverse	Pompes de suppression du système de récupération d'énergie	12	78,5
Bâtiment d'osmose inverse	Système de récupération d'énergie	12	95,2
Bâtiment d'osmose inverse	Vanne de modulation d'aspiration du système de récupération d'énergie	14	80,6
Station de pompage d'eau traitée	Pompes de refoulement de l'eau traitée	12	80

Le complexe sera exploité conformément aux directives nationales et à celle de la banque mondiale, le contrôle de bruit étant inclus dans le cahier des charges.

Le site de projet est localisé dans une zone touristique, près des zones d'habitations.

milieu	Physique
Composante affectée	Exploitation

Source d'impact	Réalisation et Exploitation de la station de dessalement d'eau de mer
Description de l'impact	Emission sonore

EVALUATION DE L'IMPACT :

Nature de l'impact	Négatif
Valeur environnementale	Moyenne
Degré de perturbation	Moyen
Etendue	Ponctuelle
Intensité	Moyenne
Durée	Longue
Importance de l'impact	Moyenne

6.1.8. Aspects socio-économiques :

L'exploitation de l'usine pourrait avoir des impacts positifs tel que :

- Les possibilités d'emploi liées a cet aménagement seront considérables (106 emplois prévus)
- Amélioration de l'économie locale grâce a un marché de produits locaux.
- Production d'eau potable de qualité par conséquent une diminution des maladies a transmissions hydriques
- Développement du tourisme, commerce, hôtellerie, construction grâce a la disponibilité de la ressource en eau.

Milieu	Humaine
Composante affectée	Exploitation
Source d'impact	Réalisation et Exploitation de la station de dessalement d'eau de mer
Description de	Production d'eau, création d'emploi, amélioration de

l'impact

l'économie locale

EVALUATION DE L'IMPACT :

Nature de l'impact	Positif
Valeur environnementale	Grande
Degré de perturbation	Elevé
Etendue	Locale
Intensité	Très forte
Durée	Longue
Importance de l'impact	Très forte

6.2. Mesures d'atténuation des impacts sur l'environnement.**-PHASE DE CONSTRUCTION-**

6.2.1. Environnement marin :

Un certain nombre de mesures d'atténuation des effets sera intégré a la conception et la gestion du projet, comme suit :

- Les aspects marins du projet seront conçus pour réduire les impacts sur l'environnement benthique, en minimisant l'empreinte de la zone de dragage et en choisissant une méthodologie de dragage approprié
- Si des mammifères marins sont observés dans le voisinage de l'équipement en mer proposé pendant la construction, le bateau de forage et les autres bateaux de soutien éventuels devront prendre des mesures de précaution. Sauf en cas d'urgence éventuelle, les bateaux ne doivent jamais se rapprocher des mammifères marins a grande vitesse ou ne vireront brutalement de bord a proximité de ces dernières.
- L'emplacement et la conception du rejet devront tendre a minimiser les impacts pour le transport maritime et la navigation, afin de réduire encore les impacts, des balises de navigation seront installées pendant la construction.

6.2.2. Qualité de l'air :

Il n'est pas possible d'éliminer complètement les émissions de poussière du chantier. Cependant, le programme de construction comporte certaines mesures permettant de réduire les émissions de particules, notamment, les bonnes pratiques de chantier suivantes :

- Un système d'extraction de poussières sera installé sur les équipements de forage et de meulage ;
- Les camions seront bâchés pendant le transport de matériaux et de déchets de construction
- Arrosage des pistes etc....

6.2.3. Sols géologique :

Les risques de contaminations du sol pendant la construction seront minimisés grâce aux mesures suivantes d'atténuation des effets :

- Contrôle des déchets, du drainage du site, des ressources en eaux superficielles et souterraines pour détecter la présence de métaux lourds pendant la construction ;
- Aménagement de système technique d'évacuation du site de l'eau de ruissellement pendant la construction ;
- Protection du sol contre toute pollution accidentelle par construction de digues autour des zones de stockage proposées pour les carburants.
- Enlèvement de déchets de matériaux qui ne peuvent pas être réutilisés sur le site pendant la construction vers le centre d'enfouissement de déchets inertes de la plage El Hilal.
- Contrôle des excavations pour empêcher la création de canaux d'écoulement vers les

réseaux aquifères sous-jacents.

6.2.4. Bruit :

L'entrepreneur devra veiller au respect des directives appropriées et il devra donc contrôler les niveaux sonores produits pendant la construction et adopter les mesures d'atténuations éventuellement nécessaires à savoir :

- Silencieux d'échappement sur les équipements de chantiers motorisés ;
- Limitation de vitesse a 30Km/h pour les engins mobiles et autres véhicules ;
- Un nettoyage a la vapeur ne sera entrepris que pendant les heures de travail à la lumière de jour ;
- Les activités de construction nocturnes seront normalement limitées à des activités non bruyantes.

L'entrepreneur devra veiller au respect de la réglementation en matière de nuisance sonore pendant la construction de l'usine

6.2.5. Transport :

Des mesures d'atténuations des effets peuvent se révéler nécessaires pour réduire les impacts des véhicules du chantier sur le trafic et l'environnement :

- Pour accéder au site d'aménagement, les véhicules utilitaires lourds devront éviter les zones sensibles d'habitation
- Limitation de vitesse pour tout le trafic a l'intérieur du chantier
- Définir des horaires durant lesquels les véhicules lourds peuvent rentrer ou sortir du chantier afin de réduire les impacts sur le trafic pendant les heures de pointe au niveau des zones sensibles le long des rues d'accès
- Adoption de pratiques de chantier adéquat, comme le bâchage des véhicules lourds transportant des matériaux risquant de dégager des tourbillons de poussières.
- Obligation du port de casque antibruit pour les travailleurs.

6.2.6. Déchets :

Un plan de gestion des déchets solides pour le site sera mis en œuvre conformément a la réglementation en vigueur

- Les déchets solides seront classés selon leur type conformément a la nomenclature

des déchets et déposés dans un site prévu a cet effet ;

- Les déchets récupérables (palette de bois, sac plastique, ou BIG BAG, ferraille) feront l'objet d'une procédure de vente
- Les déchets spéciaux feront l'objet d'une déclaration conformément au décret et seront stockés dans un hangar conformément a la réglementation
- Les déchets de papier-carton, bouteilles plastiques, verres seront acheminés vers le recycleur
- Les déchets de cantine vers le centre d'enfouissement technique des déchets solides de la plage El Hilal
- Les déchets ne devront jamais être incinérés à ciel ouvert

6.2.7. Risque d'inondation :

Pendant les premières phases de construction, un réseau de drainage du site sera construit pour protéger le site contre les risques d'inondation liés à une éventuelle tempête. Cet aménagement atténuera considérablement ce risque.

6.3. Mesure d'atténuation des impacts sur l'environnement

–PHASE D'EXPLOITATION–

6.3.1. Environnement marin :

L'impact le plus important sur l'environnement marin pendant l'exploitation sera l'effet de rejet de saumure, de lavage des filtres et membranes, sur la flore et la faune marines. A la lumière des résultats de l'étude de diffusion par modélisation avec le programme CORMIX dans différentes conditions, la principale recommandation et mesure d'atténuation des effets de rejets est la réalisation du canal de rejet de l'usine de dessalement en respectant la variante recommandée suivante :

- Bien que toutes les configurations étudiées respectent les limites établies pour la dilution, nous avons opté pour la solution qui non seulement répond a toutes les prescriptions exigible mais qui permettant également de minimiser la longueur du tronçon diffuseur et le nombre de becs diffuseurs.
- Les diffuseurs seraient de simples orifices situées dans le conduit du tronçon diffuseur, de façon à faciliter au maximum l'entretien de la structure et à éviter le plus possible que s'accrochent des filets a la dérive, ce qui pourrait survenir si les diffuseurs étaient situés plus haut.
- L'angle de rejet proposé est de 45° par rapport a la verticale, afin que le rejet hyperdense décrive la trajectoire parabolique la plus longue possible sans interférer avec la surface de l'eau et augmente ainsi la dilution avant qu'il ne touche le fond marin.
- Le tracé de l'émissaire sera le plus court jusqu'à la ligne bathymétrique de -7m qui permet d'éviter de traverser la zone constituée de roches plus importantes.
- Le rejet est effectué dans une vaste zone de sable fins et de vases. Jusqu'à ce point de rejet, le tracé de l'émissaire est parallèle et contigu à la conduite de captage qui se prolonge jusqu'à une plus grande profondeur.
- Ces conduites sous-marines se trouvent approximativement à 260m a l'ouest de la parcelle de l'usine de dessalement. Même si l'on envisage un tracé terrestre plus long, cette alternative permet de simplifier le tracé sous-marin, en évitant les zones problématiques pour la construction des conduites et le tracé des tranchées.

Cette variante n'aura aucun impact sur le milieu marin

6.3.2. Bruit :

Des mesures standards d'atténuation du bruit conformes aux règles en vigueur ont été prises en compte dans l'étude de projet. Elles comprennent en particulier :

- Isolation des bâtiments
- Utilisation de noyaux très efficaces, à bruit réduit et à écran acoustique autour des principaux transformateurs,
- Blindage des moteurs, pompes.

Il incombe à l'entrepreneur de veiller, à ce que le niveau de bruit normal de l'exploitation de l'usine soit pleinement conforme a toutes les limites applicables et stipulées par les réglementations algériennes et celles de la banque mondiale.

La maintenance du projet comprendra l'entretien du dépôt, les inspections, l'entretien des équipements, et le remplacement des équipements de temps à autre. Les activités de maintenance ne devraient pas nécessiter des opérations qui produisent un bruit important.

6.3.3. Ressources en eau :

L'usine sera munie d'un réseau d'assainissement contrôlé du site

Les réservoirs de stockage de l'huile et des produits chimiques seront munis de cuves de rétention de capacité supérieure à celle du stockage.

Les eaux contaminées par des huiles seront collectées et acheminées vers un séparateur d'huile avant d'être évacuées vers la fosse.

Les eaux de lavage des filtres et des membranes feront l'objet d'un traitement avant rejet en mer.

1-Neutralisation par de l'hydroxyde de sodium ou acide hydrochlorique.

Tous les rejets seront conformes aux normes algériennes.

6.3.4. Respect du paysage et de l'esthétique :

Un aménagement paysagiste sera prévu qui comprendra, en général, des plantations autour du site du projet pour le masquer des zones adjacentes.

En outre, on prêtera attention au choix des couleurs, des finitions et des matériaux, on veillera à utiliser des couleurs pales sur les ouvrages de grande hauteur pour limiter les impacts sur la ligne d'horizon.

L'unité devra s'intégrer dans le village balnéaire.

6.3.5. Perte de superficie exploitable dans l'emprise :

L'emprise du site de la station de dessalement est d'une superficie de 7 hectares composée de plantation d'arbres rustiques (amandiers, figuiers, grenadiers) appartient aux

habitats locaux.

6.3.6. Aspects socio-économiques :

Les offres d'emploi seront publiées sur la presse afin de donner la possibilité à un maximum de gens de faire une demande d'emploi.

La société de projet mettra sur pied un système d'apprentissage ou autre démarche similaire pour aider les travailleurs locaux à acquérir des compétences supplémentaires

6.3.7. Déchets :

Un plan de gestion des déchets solides pour le site sera mis en œuvre pendant la construction, pour assurer un niveau élevé de gestion des déchets solides.

Les mesures suivantes d'atténuation des effets seront mises en œuvre conformément à la réglementation en vigueur :

- Les déchets solides seront classés selon leur type conformément à la nomenclature des déchets et déposés dans un site prévu à cet effet ;
- Les déchets récupérables (palette de bois, sac plastique, ou BIG BAG, ferraille) feront l'objet d'une procédure de vente ;
- Les déchets spéciaux seront stockés dans un hangar et feront l'objet d'une déclaration conformément à la réglementation (Les membranes usagées feront l'objet d'une attention particulière) ;
- Les déchets de papier-carton, bouteilles plastiques, verres seront acheminés vers les recycleurs ;
- Les déchets de cantine vers le centre d'enfouissement technique des déchets solides de plage El Hilal ;
- Les déchets ne devront jamais être incinérés à ciel ouvert.

6.3.8. Risque d'incendie :

L'usine de dessalement sera dotée d'un réseau anti-incendie. Néanmoins le promoteur devra respecter la réglementation notamment la loi **N°88-07 DU 26janvier1988** relative à la prévention et à la lutte en matière d'incendie sur les lieux de travail.

Des extincteurs de différents types et capacités, en nombre suffisant, facilement accessibles devront être répartis convenablement dans l'usine

Des consignes particulières doivent être données au personnel de maîtrise et au personnel de gardiennage et de surveillance

Le risque d'incendie sera minimisé si les règles de sécurité établies sont suivies rigoureusement par l'ensemble du personnel.

6.3.9. Risques sismiques :

En ce qui concerne les bâtiments, les réglementations algériennes RPA 99 révisées en 2003 réagissent les activités parasismiques seront appliquées. Pour les ouvrages spéciaux, les codes spécifiques applicables (RPA 99-2003/et ou PS 69) feront l'objet d'un accord préalable du CTC (Organisme Officiel Responsable de l'Inspection des Bâtiments Technique).

Grace à l'application de ces normes, l'étude des bâtiments, basée sur l'évaluation des données historiques et mesures des événements sismiques enregistrés dans la région, les impacts potentiels d'un événement sismique pendant l'exploitation ne seront pas importants

6.3.10. Risques d'inondation :

Les travaux de nivellement et de préparation du site de l'usine de dessalement seront conçus et implantés pour résister à des crues ; les réseaux d'assainissement seront construits de manière à évacuer les eaux en cas d'inondation. Les eaux éventuellement contaminées seront évacuées vers un séparateur d'huile.



Conclusion générale :

Bien que le dessalement de l'eau de mer soit une industrie en développement constant dans de nombreux pays méditerranéens, on ne dispose que d'un très petit nombre d'études sur les impacts que cette activité exerce sur le milieu marin. Ces impacts vont du changement de l'occupation du sol, des conséquences esthétiques et des nuisances sonores aux rejets dans l'eau, émissions dans l'atmosphère et dommages potentiels pour le milieu récepteur. Les deux principaux procédés dessalement de l'eau de mer, MSF et OI, diffèrent par le type de leurs impacts. Dans le cas du procédé MSF, les principaux impacts sont la chaleur, les effluents thermiques et le rejet de métaux comme Cu et Zn, alors qu'avec OI c'est la salinité élevée de la saumure concentrée (1,2 à 3 fois supérieure à la salinité de l'eau d'alimentation).

Un caractère inédit du dessalement de l'eau de mer tient à l'interaction mutuelle entre l'usine qui le pratique et le milieu marin attenant. Un milieu marin propre est un élément préalable à la production d'eau propre. D'un autre côté, l'effluent et les émissions émanant de l'usine affectent le milieu marin.

Un procédé de dessalement nécessite un apport d'énergie thermique ou mécanique, laquelle, à son tour, se traduit par une élévation de la température des effluents de saumure concentrée, par des rejets thermiques et des émissions atmosphériques associées à la production d'électricité. Au cours du prétraitement, du traitement et du post-traitement qui interviennent lors du processus de dessalement, sont ajoutés un certain nombre de produits chimiques tels qu'agents antitartre, désinfectants, agents anticorrosion et anti mousse. Une partie de ces produits ou de leurs dérivés peuvent être rejetée dans le concentré de saumure. Leur ajout doit être soumis à des conditions bien définies afin d'éviter qu'ils n'aient un impact sur le milieu marin.

Ces dernières années ont été marquées par une tendance à construire de grandes usines de dessalement à osmose inverse. Eu égard aux perfectionnements constants apportés aux procédés de dessalement qui permettent d'obtenir un taux de conversion de l'eau de mer d'environ 70%, il convient d'assurer une élimination correcte des effluents de saumure dont la salinité est d'environ trois fois supérieure à la salinité de l'eau d'alimentation.

Les matériaux de dragage provenant de la mise en place de longues canalisations sous-marines pour le prélèvement d'eau de mer et le rejet de la saumure doivent être immergés conformément aux dispositions spécifiques du Protocole «Immersion». La saumure concentrée provenant d'une usine de dessalement devrait faire l'objet d'un

Conclusions générale :

règlement avant d'être rejetée dans le milieu marin, conformément aux dispositions pertinentes du Protocole « Tellurique ». Par exemple, les rejets de métaux, comme le cuivre, émanant des usines de dessalement, devront être effectués conformément aux prescriptions du dit Protocole.



Références bibliographiques :

- ✓ Clement 1979 « Larousse agricole » édition Larousse p48.
- ✓ Moll 1990 circulations in the western méditerranéens se oceanologica acta (2) 134-149.
- ✓ Michelle et Dominique 1994 « dictionnaire des constantes physique et biologique » édition maloine p99.
- ✓ Marins 1993 « les grandes encyclopédies »
- ✓ Maya T 1998 « la pratique de l'eau édition moniteur France p165.
- ✓ Khechab1995 « étude comparative de la qualité des eaux de boissons dans trois communes de la wilaya de Sidi bel Abbas (sfisef, telagh, sidi bel Abbas). Mémoire de fin d'étude pour obtention du diplôme d'ingénieur d'état en biologie option : C.Q.A.
- ✓ Pert muter 1981 « Dictionnaire pratique et diététique de nutrition » édition Masson p173.
- ✓ (Guguan, 1989).
- ✓ 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 a l'appui Organisation mondiale de la santé a Genève.
- ✓ Alloui fatma 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 .Oran) p 20.
- ✓ Khirani S. « procédés hydrique associant a la filtration membranaire et l'absorption », Thèse de Doctorat. Institut National des sciences appliquées de Toulouse, 2007.
- ✓ Akretche j; « les prétraitements par membranes en dessalement » journée de formation, février 2004 au gabés, Tunis.
- ✓ Maurel A, « dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce », Lavoisier Tec et Doc. France, 2006.
- ✓ Voilleau V-J. « Déminéralisation par électrodialyse en présence d'un complexant

Références bibliographiques

- application au Lactosérum ».Thèse de Doctorat, science des agro-ressources. Institut national polytechnique de Toulouse, 1999.
- ✓ Tomas A-P. « Etude comparée du colmatage en nano filtration et en ultrafiltration d'eau de surface ». Thèse de Doctorat, Faculté de science et génie, Université Laval Québec, 2004.
 - ✓ Dégrement « Mémento technique de l'eau », Lavoisier-Lexique technique de l'eau. Tome1, Paris, 2005.
 - ✓ Desjardins R. « Le traitement des eaux », Edition de l'école polytechnique de Montréal, deuxième édition, 1997.
 - ✓ Berné F ; Cordonnier J ; « traitement des eaux », Ecole nationale supérieure du Pétrole et des Moteurs, Editions technique, Paris, 1991.
 - ✓ Technologie de l'eau, « Osmose inverse, ultrafiltration », Technique de l'ingénieur, juin2006.
 - ✓ Valiron F ; « gestion des eaux : alimentation en eau d'assainissement », presses de l'école national des ponts et chaussés, Paris, 1989.
 - ✓ Hector R.H. « supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable », Thèse de Doctorat. Institut national de sciences appliquées de Toulouse, 2006.
 - ✓ Mejaud C, « treatment and regeneration of waste water produced by industrial Laundry with inorganic membranes », Key Eng. Materials, 1991. P 61-62, 589-592.
 - ✓ Maurel A, Jean C-S. Michelle R, « technique a membranes et dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres », journée de formation au CDER-MEDRC, 11-15 Décembre 2004, Alger.
 - ✓ P. Granier et J.J. Bimbenet ; « les procédés de séparation par membranes électrodialyse, osmose inverse, ultrafiltration » centre de documentation international des industries utilisation de produits agricoles- Mars 1967.
 - ✓ Bribieska A ; « Colmatage des membranes par les minéraux et les protéines en cours d'électrodialyse conventionnelle », Collection des thèses et mémoires électroniques, 2005.
 - ✓ Lecalire 1972 : la sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin, Algéro-Balears (prés-continent algérien). Mémoire du musée national d'histoire

Références bibliographiques

naturelle série C tome XXIV. Paris pp3723.

- ✓ APC-Ouled El Kihel, 2008.
- ✓ Lekmeche zoulikha 2007 : évaluation de la qualité des eaux de baignade. mémoire de fin d'étude pour obtention du diplôme d'ingénieur d'état en biologie option E.V.E. P 15.
- ✓ Millot et al 1989.
- ✓ Rodier J, « L'analyse de l'eau de mer, eau naturel, eau résiduaires » 8^{ème} édition, Dunod. Paris, 1996.
- ✓ Etude d'impact sur l'environnement de la réalisation et exploitation de l'usine de dessalement d'eau de mer de Souk Tleta. (septembre, 2007).
- ✓ Bendschneider et Robinson,1952, en Aminot et kerouel,2004.
- ✓ Wood et al, 1967, en Aminot et Kerouel.
- ✓ Mullin et Riley, 1955, en Aminot et Kerouel,2004.
- ✓ le pimpec et al, 2002.
- ✓ Aminot et chaussepied, 1983.
- ✓ Rodier et al, 2005.

