

N° d'ordre...

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
Département des Sciences de l'Environnement

THESE DE DOCTORAT EN SCIENCES

Présentée par :

Mr MEHTOUGUI MOHAMED SAMIR

Spécialité : Sciences de l'Environnement

Option : Ecologie appliquée

Intitulé

**IMPACTS DU DESSALEMENT D'EAU DE MER SUR
LES ECOSYSTEMES LITTORAUX
DE L'OUEST ALGERIEN.**

Soutenue le

Devant l'honorable jury composé de :

Président de jury : M HAMEL L. (Professeur, UDL/SBA)
Examineur : M HEDADJI M (Professeur, Univ. Oran-1)
: M BOUDERBALA M (Professeur, Univ. Oran-1)
: M KOUDACHE F (Maître C. A, UDL/SBA)
: M BENDRAOUA A (Maître C. A, Univ. USTOMB)
Promoteur : M KERFOUF A (Professeur, UDL/SBA)

Année universitaire 2014 - 2015

À ALLAH

Le très Haut, le très Grand, le Clément, L'Omniscient, l'Omnipotent.
Le Tout Puissant, le très miséricordieux d'avoir permis à ce travail d'aboutir à son terme.

Au PROPHETE MOHAMED

Paix et salut sur lui.

À Mes Très Chers PARENTS SENOUCI ET MELOUKA

Tous les mots du monde ne sauraient exprimer l'immense amour que je vous porte, ni la profonde gratitude que je vous témoigne pour tous les efforts et les sacrifices que vous n'avez jamais cessé de consentir pour mon instruction et mon bien-être.

C'est à travers vos encouragements que j'ai opté pour cette noble profession, et c'est à travers vos critiques que je me suis réalisée.

J'espère avoir répondu aux espoirs que vous avez fondés en moi.

Je vous rends hommage par ce modeste travail en guise de ma reconnaissance éternelle et de mon infini amour.

Vous résumez si bien le mot parents qu'il serait superflu d'y ajouté quelque chose.
Que Dieu tout puissant vous garde et vous procure santé, bonheur et longue vie pour que vous demeuriez le flambeau.

À ma grande mère RABIHA

Qu'Allah puisse te garder pendant longtemps au près de nous.

À ma bel Mère MAMA

À mes chère frères FAROUK, READ, MOHAMED, KAMEL, SID AHMED ET ABBES

À mes chère sœurs LEILA, NAWEL, AMINA et AMEL

À mon épouse SAFIA

La femme de ma vie

En témoignage de mon amour.

À mes poussins

CHOKRI-ABDELHADI, NASSIM-ABDELMALEK

Et à tous ceux que ma réussite leur tient à cœur.

Remerciements

Ce travail n'aurait pas été possible sans l'intervention, consciente, d'un grand nombre de personnes... En préambule à cette nous remercions **"ALLAH"** le tout puissant et miséricordieux, qui nous aide et nous donne la patience et le courage durant ces longues années d'étude, de guidé sur le droit chemin tout au long du travail et nous a aspiré les bons pas et les justes reflexes. Sans sa miséricorde, ce travail n'aura pas abouti... Merci **ALLAH** de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et le bonheur de lever mes mains vers le ciel et de dire "**Ya Alime**"

La première personne que nous tenons à remercier est mon directeur de thèse. . **Professeur KERFOUF AHMED**, qui m à permis de bénéficier de son encadrement, pour l'orientation, les conseils, la confiance, la disponibilité, la patience qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené à bon port. Qu'il trouve dans ce travail un hommage vivant à sa haute personnalité.

Au président du jury, le **Professeur HAMEL L.** Vous nous faites le très grand honneur de présider ce jury. Je vous remercie de vos qualités professionnelles et votre rigueur, sont pour nous des exemples à suivre.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury **Melle KOUDACHE F, Mr HEDADJI M, Mr BOUDERBALA M et Mr BENDRAOUA A** , pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Nos remerciements s'étendent également aux **chefs des six stations de dessalements** et au **directeur de l'environnement de la wilaya de Sidi Bel Abbés, Ain témouchent, Tlemcen et Oran** , à **Mr BOURAS OMAR Professeur** au Département de Chimie Industrielle, Université Saad DAHLAB–Blida qui nous ont apporté leurs aides et qui ont contribué à l'élaboration de cette thèse.

Je tiens aussi à remercier très vivement **Mr DJAD MOHAMED EL AMINE** et **MR BELHAJ KAMEL**, doctorant de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Djilali Labiés de Sidi Bel Abbes pour ces collaborations active au cour de la réalisation de ce travail.

Nous remerciements s'adressent également à tous les enseignants et le personnel de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Djilali Labiés de Sidi Bel Abbes et l'Université Saad DAHLAB–Blida, à tous le personnel de la direction de l'environnement de Sidi Bel Abbes. Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à tous mes proches et amis, qui m'ont toujours soutenu et encouragé au cours de la réalisation de cette thèse, et toute autre personne qui à contribué de près ou de loin au bon déroulement de ce travail.

Merci à tous et à toutes.

Résumé

Les besoins en eau dans le présent et le futur accusent une croissance effective. On estime que, d'ici à 2025, 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 uniquement 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 de mer.

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

L'objectif de cette recherche est de décrire les effets des décharges d'usines de dessalement à osmose inverse (SWRO) sur la faune, la flore et les fonds marins et de passer en revue les solutions permettant de réduire son effet négatif sur l'environnement. Notre étude concerne 3 grandes unités (Chatt El Hillal, Honaine et Souk Thatta) et 3 petites unités (Bousfer, Bouzedjar et Ghazaouet), réparties sur le littoral oranais. On a effectué des analyses physico-chimique et organoleptique de l'eau de mer, de l'eau dessalée pour essayer d'expliquer l'influence de ces différents paramètres sur l'environnement marin et aussi jusqu'à quel degré ils peuvent influencer sur les problèmes environnementaux. Notre étude est complétée par un diagnostic écologique de l'écosystème côtier et d'un constat paysager.

Nos résultats montrent une 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 (11,22 mg/l), le magnésium (7,76 mg/l), et la dureté totale (4 mg/l). Concernant l'eau rejetée, on remarque qu'il y a une augmentation importante de la salinité (37000 mg/l), la conductivité (47000 mg/l), les chlorures (43000 mg/l), ainsi que la matière organique (600mg/l).

Mots clés: ressources en eau, dessalement de l'eau de mer, Algérie, osmose inverse, littoral oranais, l'environnement marin, l'écosystème côtier.

Abstract

The requirements out of water in the present and the future show an effective growth. It is estimated that, from here at 2025, the demands for water will increase by at least 32% for the Eastern and south European countries. .

Algeria launched these last years, an ambitious program of installations of stations of desalination to face its problems of supply water which are accentuated by the demographic explosion, the industrial and agricultural development as well as the dryness.

The objective of this research is to describe the effects of the discharges of desalination plants to opposite osmosis (SWRO) on fauna, the flora and sea-beds and to review the solutions making it possible to reduce its negative effect on the environment. Our study relates to 3 great units (Chatt El Hillal, Honaine and Souk Thatta) and 3 small units (Bousfer, Bouzedjar and Ghazaouet), distributed on Algerian western coast. One carried out analyses physicochemical and organoleptic of sea water, water to de-salt it to try to explain the influence of these various parameters on the environment and also until which degrees they can influence on the environmental problems. Our study is supplemented by an ecological diagnosis of the coastal ecosystem and a landscape report.

Our results show a significant reduction in the concentration of certain elements of treated water, namely salinity and the organic matter, which can be extremely probably explained by the effectiveness of the process of treatment and, at the same time, one records a great fall of minerals such calcium(11,22mg/l), magnesium(7,76mg/l) and total hardness(4mg/l). Concerning rejected water, one notices that there is a significant increase in salinity(37000mg/l), conductivity(37000 mg/l), the chlorides(43000 mg/l) as well as the organic matter(600 mg/l).

Key words: desalination of the sea water, Algeria, reverse osmosis, the fauna, the flora, Coast of Oran, marine environment, the coastal ecosystem, salinity.

ملخص

احتياجات الماء الراهنة و المستقبلية يتهمون النمو الفعلي.نتوقع انه من الآن حتى 2025، الطلب على المياه سيرتفع بنسبة 32 على الأقل بالنسبة لمدن الجنوب و الشرق.و منه فان احتياجات بهذه الضخامة لايمكن تغطيتها إلا اذا لجانا إلى موارد المياه التقليدية،مثل إعادة تدوير و تحلية مياه البحر.

الجزائر ، أطلقت في السنوات الأخيرة، برنامجا طموحا لإنشاء محطات تحلية مياه لمواجهة مشاكل التزود بالماء التي ترتفع بسبب الانفجار الديموغرافي ، التطور الصناعي و الزراعي و كذلك الجفاف.

الهدف من هذا البحث هو وصف آثار التصريف لمصانع التحلية بالتناضح العكسي على الثروة النباتية، لحيوانية و أعماق البحار و استعراض الحلول التي تسمح بتقليل أثره السلبي على البيئة

دراستنا تخص ثلاث (03) اكبر وحدات (شط الهلال، هونابن و سوق ثلاثاء) و ثلاث (03) وحدات صغيرة (بوسفر، بوزدجار و الغزوات)، موزعة على الساحل الوهراني.

قمنا بتحليل فيزيائية-كيميائية و عضوية-ليبيدية لمياه البحر، و لمياه محلات في محاولة لشرح تاثير هذه الخصائص المختلفة على البيئة البحرية و أيضا الى أي درجة يمكن لها أن تؤثر على المشاكل البيئية. دراستنا مكملة بتشخيص ايكولوجي للنظم الساحلية و بتقرير طبيعي .

نتائجنا تظهر انخفاض ملحوظ في تركيز بعض عناصر المياه المعالجة، معرفة الملوحة و المواد العضوية، مما يمكن أن يفسر، و احتمال كبير بكفاءة عملية العلاج و في نفس الوقت، نسجل انخفاض كبير في المعادن مثل الكالسيوم (22.11ملغ/ل)، المغنيزيوم (7.76ملغ/ل) و الدوام العام (4ملغ/ل).بالنسبة للمياه القدرة ، نلاحظ انه يوجد ارتفاع هام للملوحة (37000ملغ/ل)، التوصيل (47000ملغ/ل)، الكلورور (43000 ملغ/ل)، أيضا المادة العضوية (600 ملغ/ل).

كلمات مفتاحية : تحلية مياه البحر، الجزائر، التناضح العكسي، الساحل الوهراني، البيئة البحرية، النظم الساحلية.

TABLE DES MATIERES

Résumé – abstract - ملخص

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

INTRODUCTION **01**

CHAPITRE 1: L'EAU **05**

1- Définition	04
2- Importance de l'eau	05
3- Besoins en eau	05
3-1 Besoins physiologiques	06
3-2 Besoins domestiques	06
4- Qualité de l'eau	06
4-1 Critères de potabilité	06
4-2 Qualité physique	07
4-3 Qualité chimique et physicochimique	8
4-3-1 Normes des qualités physico-chimiques tolérées dans l'eau de boisson	8
4-2-2 Paramètres organoleptiques	8
4-2-2 Paramètres physico-chimiques	9
4-3 Qualité bactériologique	10
4-4 Normes bactériologiques tolérées dans l'eau de consommation	11
4-5 Normes des qualités physico-chimiques tolérées dans l'eau de rejets	11
4-6 Composition de l'eau de mer	13
5- Situation de l'eau de consommation dans le monde	14
6- Situation de l'eau de consommation en Algérie Situation de l'eau de consommation en Algérie	15

CHAPITRE 2 : LE DESSALEMENT

1. Historique	17
1.2. Définition du dessalement de l'eau de mer	18
2. Nécessité du dessalement de l'eau de mer	18
3. Dessalement dans le monde	19
4. Dessalement en Algérie	21
5. Techniques de dessalement d'eau de mer	23
5.1. Dessalement d'eau de mer par osmose inverse	24
5.2. Principe de l'osmose inverse	25
5.3. Techniques utilisées	27
5.3.1. Captage et pompage de l'eau brute	27
5.3.2. Décantation	28
5.3.3. Filtration sur média granuleux	28
5.3.4. Microfiltration	29
5.3.5. Système de membranes d'osmose inverse	30
5.3.6. Réservoir de pompage	31
6. Pompage d'eau de mer	31
6.1. Bassin de réception d'eau de mer	31
6.1.2. Pression osmotique	32
6.1.3. Mécanisme de transfert	33
6.1.4. Polarisation de concentration	33
6.1.5. Limitations de l'osmose inverse	34
6.1.6. Colmatage par entartrage	34
6.1.7. Colmatage par dépôt	36
6.1.8. Bio-colmatage	36
6.1.9. Résistance de colmatage	36
6.1.10. Procédés de prétraitement de l'osmose inverse	38
6.1.10.1. Prétraitement conventionnel	38
6.1.10.2. Chloration	39
6.1.10.3. Ajustement du pH	39
6.1.10.4. Coagulation et floculation	39
6.1.10.5. Filtration sur sable mono ou bicouche	40
6.1.10.6. Déchloration et antitartre	40

6.1.10.7. Filtration à cartouche	40
6.1.11. Prétraitement par les procédés membranaires	41

CHAPITRE 3 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

1. Localisation géographique de la zone d'étude	44
2. Géomorphologie et sédimentologie	50
3. Courants	51
3.1. Masses d'eaux de surface	53
3.2. Eaux Intermédiaires Levantines (EIL ou LIW)	54
3.3. Eaux profondes	55
3.3.1. Bassin de concentration	55
3.3.2. Bassin de dilution	55
4. Houles	56
5. Climat	58
6. Facteurs physico-chimiques du milieu	59
6.1. Température	59
6.2. Salinité	60
6.3. Eléments nutritifs (Phosphates, Nitrates et Silicates)	61
7. Données socio-économiques	62
7.1. Démographie .	62
7.2. Répartition de la population totale et des densités selon les zones géographiques	63
7.2.1. Occupation humaine du littoral	65
7.2.2. Phénomène de la littoralisation	65
7.3. Urbanisation	65
7.4. Occupation urbaine des sols	66
7.5. Economie	67
8. Pollution	70
9. Ports de l'Ouest	73
9.1 Ports de pêche et site de débarquement	75
10. Recensement des sources de pollution implantées sur le littoral ouest algérien	75
11. Biodiversité	78
11.1. Phytoplancton	79
11.2. Zooplancton	79

11.3. Algues marines	80
11.4. Macrofaune benthique des fonds meubles	80

CHAPITRE 4 : MATERIEL ET METHODES

1. Présentation des stations étudiées	82
1.1. Station (1)	84
1.2. Station (2)	85
1.3. Station (3)	88
1.4. Station (4)	90
1.5. Station (5)	92
1.6. Station (6)	94
2. Matériel & Méthodes	96
2.1. Prélèvement et échantillonnage	96
2.1.1. Prélèvement d'eau brute (mer) pour les analyses physico-chimiques	96
2.1.2. Prélèvement d'eau osmosée pour les analyses physico-chimiques	98
2.1.3. Prélèvement d'eau de rejet.	98
2.2. Prélèvement des échantillons	101
2.2.1. Transport et conservation au laboratoire	101
2.2.2. Mesures de sécurité à prendre au laboratoire	101
2.2.3. Points d'échantillonnage	102
2.2.4. Paramètres organoleptiques	103
2.2.4.1. Test de la couleur	103
2.2.4.2. Test de l'odeur et la saveur	104
2.2.5. Paramètres physicochimiques	104
2.2.5.1. Mesure de la Température	104
2.2.5.2. Mesure du pH	104
2.2.5.3. Mesure de la conductivité	104
2.2.5.4. Mesure de l'Alcalinité	105
2.2.5.4.1. Titre alcalimétrique simple (TA)	105
2.2.5.4.2. Titre alcalimétrique complet (TAC)	106
2.2.5.5. Détermination des bicarbonates (HCO_3^-) et Carbonates (CO_3^-)	106
2.2.5.6. Mesure de chlore libre	107
2.2.5.7. Mesure de la Dureté Total (TH)	107

2.2.5.8. Mesure de calcium (Ca ²⁺)	108
2.2.5.9. Mesure de Magnésium (Mg ²⁺)	109
2.2.5.10. Mesure des solides dissous totaux ou salinité (TDS)	109
2.2.5.11. Mesure de l'indice de Langelier ou pH de saturation (LSI)	110
2.3. Paramètres chimiques	110
2.3.1. Dosage de Nitrite (NO ₂ ⁻)	110
2.3.2. Dosage de l'ammonium NH ₄ ⁺	111
2.3.3. Dosage de phosphate	111
2.3.4. Dosage de sulfate	112
3. Dosage des métaux lourds (plomb, fer, cadmium, nickel, manganèse, argent, chrome)	113
3.1. Principe	113
3.2. Appareillage	113
3.3. Méthode d'analyse	114
4. Analyses statistique des résultats	115
4.1. Traitements statistiques des données et calcul des indices	115
4.2. Base de données ACCES	115
4.3. Principes d'un fichier STATISTICA	115
4.4. Création d'un fichier	116
4.5. Corrélation	117

CHAPITRE 5 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. Résultats et interprétations des analyses organoleptiques et physico-chimiques de l'eau traitée	118
1.1. Matière Organique (mg/l)	120
2. Analyse Bactériologiques	121
2.1. Résultats et interprétations des analyses microbiologiques de l'eau traitée	121
3. Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de rejets et de mer des six stations de dessalement	122
3.1. Interprétations des analyses de l'eau traitée de la station (1)	122
3.2. Interprétations des analyses de l'eau traitée de la station (2)	126
3.3. Interprétations des analyses de l'eau traitée de la station (3)	129

3.4. Interprétations des analyses de l'eau traitée de la station (4)	132
3.5. Interprétations des analyses de l'eau traitée de la station (5)	135
3.6. Interprétations des analyses de l'eau traitée de la station (6)	138
3.7. Interprétation des résultats de rejets des six stations	141
3.8. Analyses des données	144
3.8.1. Analyses en composantes principales (ACP)	144
3.8.2. Corrélations entre les paramètres	145
3.8.3. Interprétation des projections	145
4. Comparaison des résultats avec d'autres installations de dessalement	149
5. Impact des stations de dessalement	150
5.1. Émissions atmosphériques	150
5.2. Impacts liés aux rejets	150
5.3. Diminution de la lumière	151
5.4. Les effets de l'augmentation de la salinité et de la température et sur les écosystèmes marins	152
6. Mesures d'atténuation des impacts sur l'environnement	155
6.1. Utilisation de l'énergie	155
6.2. Prélèvement de l'eau de mer	155
6.3. Utilisation de produits chimiques dangereux	156
6.4. Combinaison des rejets de saumure avec d'autres rejets	158
6.5. Qualité des rejets	158
6.6. Examens périodiques des plans nationaux de dessalement de l'eau de mer	159
6.7. Étude d'impact sur l'environnement	159
6.8. Mesures possibles d'atténuation des impacts	160
CONCLUSION	162
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	166
TRAVAUX EN RELATION AVEC LA THESE	178
ANNEXES	

LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Répartition des matières organiques marines.....	13
Figure 2 - Répartition des stations de dessalements dans le monde.....	19
Figure 3 - Capacité des installations de dessalement en Méditerranée.....	20
Figure 4 - Principe de l'osmose inverse.....	26
Figure 5 - Conduite de prise d'eau.....	27
Figure 6 - Coupe schématique d'un décanteur lamellaire.....	28
Figure 7 - Filtre vertical métallique sous pression, Lavé à l'air et à l'eau.....	29
Figure 8 - Vue éclatée d'une cartouche plissée.....	30
Figure 9 - Schéma du procédé simplifié d'osmoseur.....	30
Figure 10 - Réservoir de pompage.....	31
Figure 11 - point de Prélèvement d'eau brute.....	31
Figure 12 - Principe de l'osmose et de l'osmose inverse.....	32
Figure 13 - Phénomène de polarisation de concentration.....	34
Figure 14 - Prétraitement conventionnel typique.....	39
Figure 15 - Situation géographique de la zone d'étude.....	44
Figure 16 - Le golfe d'Arzew.....	45
Figure 17 - La baie d'Oran et la baie des Andalouses.....	46
Figure 18 - Port d'Oran.....	46
Figure 19 - Port de Mers Kebir.....	47
Figure 20 - Localisation de la baie de Béni Saf.....	47
Figure 21 - Localisation de la baie de Honaine.....	48
Figure 22 - Port de Honaine.....	48
Figure 23 - Localisation de la baie de Ghazaouet et Souk Thlata.....	49
Figure 24 - Port de Ghazaouet.....	49
Figure 25 - Vue générale sur la région de Souk Thlata.....	49
Figure 26 - Situation géographique du bassin méditerranéen occidental.....	51
Figure 27 - Circulation globale en Méditerranée. LIW.....	52
Figure 28 - Circulation de surface et vitesse des courants.....	54

Figure 29 - Circulation des eaux de l'Atlantique	57
Figure 30 - Valeurs moyennes mensuelles des paramètres climatiques à Oran en 2009	58
Figure 31 - Occupation du linéaire côtier Nord Ouest	67
Figure 32 - Superficie urbanisée sur la bande des 3 km	67
Figure 33 - Principaux groupes de Zooplancton en Algérie	79
Figure 34 - Principaux groupes d'algues de la zone néritique en Algérie.....	80
Figure 35 - Diversité zoologique de la macrofaune benthique des fonds meubles des côtes algériennes	80
Figure 36 - Localisation géographique des stations de dessalement étudiées	82
Figure 37 - Station de dessalement de Cap Falcon	83
Figure 38 - Station de dessalement d'El Mactaa	83
Figure 39 - Situation géographique de la station de Bousfer	84
Figure 40 - Station de dessalement de Bousfer	85
Figure 41 - Image Landsat 2015 Google de la station de dessalement de Bousfer.....	85
Figure 42 - Situation géographique de la station de Bouzedjar	86
Figure 43 - Station de dessalement de Bouzedjar.....	87
Figure 44 - Image Landsat 2015 Google de la Station de dessalement de Bouzedjar	87
Figure 45 - Localisation géographique de la station de Chatt el Hilal.....	88
Figure 46 - Station de dessalement de Chat el Hillal	89
Figure 47 - Image Landsat 2015 Google de la Station de dessalement de Chat el Hillal	89
Figure 48 - Localisation géographique de la station de Honaine	90
Figure 49 - Station de pompage de Honaine	91
Figure 50 - Station de dessalement de Honaine	91
Figure 51 - Station de dessalement de Honaine [Image Landsat 2015 Google]	91
Figure 52 - Localisation géographique de la station de Ghazaouet.....	92
Figure 53 - Station de pompage de Ghazaouet	93
Figure 54 - Station de dessalement de Ghazaouet	93
Figure 55 - Station de dessalement de Ghazaouet. [Image Landsat 2015 Google]	93
Figure 56 - Localisation géographique de la station de Souk Thlata	94
Figure 57 - Station de pompage de souk thlata	95
Figure 58 - Station de dessalement de souk thlata.....	95
Figure 59 - Station de dessalement de Souk Thlata [Image Landsat 2015 Google]	95

Figure 60 - Point de Prélèvement d'eau brute(Cas exemple de la station de bouzedjar)	97
Figure 61 - Point de Prélèvement d'eau osmosée.(Cas exemple de la station de bouzedjar)	98
Figure 62 - Sites de prélèvement d'eau rejetée	99
Figure 63 - Concentration de la Matière Organique.....	120
Figure 64 - Variabilité de la conductivité stations (1)	123
Figure 65 - Variabilité de la salinité stations (1)	124
Figure 66 - Variabilité du calcium stations (1)	124
Figure 67 - Variabilité du magnésium stations (1)	125
Figure 68 - Variabilité du chlorure stations (1)	125
Figure 69 - Variabilité de la conductivité stations (2)	126
Figure 70 - Variabilité de la salinité stations (2)	127
Figure 71 - Variabilité du calcium stations (2)	127
Figure 72 - Variabilité du magnésium stations (2)	128
Figure 73 - Variabilité du chlorure stations (2)	128
Figure 74 - Variabilité de la conductivité stations (3)	129
Figure 75 - Variabilité de la salinité stations (3)	130
Figure 76 - Variabilité du calcium stations (3)	130
Figure 77 - Variabilité du magnésium stations (3)	131
Figure 78 - Variabilité du chlorure stations (3)	131
Figure 79 - Variabilité de la conductivité stations (4)	132
Figure 80 - Variabilité de la salinité stations (4)	133
Figure 81 - Variabilité du calcium stations (4)	133
Figure 82 - Variabilité du magnésium stations (4)	134
Figure 83 - Variabilité du chlorure stations (4)	134
Figure 84 - Variabilité de la conductivité stations (5)	135
Figure 85 - Variabilité de la salinité stations (5)	136
Figure 86 - Variabilité du calcium stations (5)	136
Figure 87 - Variabilité du magnésium stations (5)	137
Figure 88 - Variabilité du chlorure stations (5)	137
Figure 89 - Variabilité de la conductivité stations (6)	138
Figure 90 - Variabilité de la salinité stations (6)	139

Figure 91 - Variabilité du calcium stations (6)	139
Figure 92 - Variabilité du magnésium stations (6)	140
Figure 93 - Variabilité du chlorure stations (6)	140
Figure 94 - Détermination des coefficients de corrélation entre les paramètres.....	145
Figure 95 - Projection des variables sur le plan factoriel (1 × 2)	147
Figure 96 - Projection des Rejets sur le plan factoriel (1 × 2)	147
Figure 97 - Projection des variables sur le plan factoriel (1 × 3)	148
Figure 98 - Projection des Rejets sur le plan factoriel (1 × 3)	148
Figure 99 - Carte de présentation de l'ACP des Rejets pour les six stations et Constitution des groupements ...	149
Figure 100 - Coraux en mer rouge (Egypte) et herbiers de posidonie (méditerranée)	152
Figure 101 - Néréide ; un polychète	153
Figure 102 - crevette <i>Artemia franciscana</i>	154

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Les normes physico-chimiques tolèrent dans l'eau de consommation.....	9
Tableau 2 - Substances indésirables	10
Tableau 3 - Substance toxiques	10
Tableau 4 - Les normes bactériologiques tolérées dans l'eau de consommation.....	11
Tableau 5 - Valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels	12
Tableau 6 - Projections tendancielle modérées de la demande en eau des pays et territoires méditerranéens aux horizons 2025	20
Tableau 7 - Les grandes stations de dessalement en Algérie	22
Tableau 8 - Les petites stations monoblocs de dessalement en Algérie	23
Tableau 9 - Différentes étapes de lavage des filtres à sable.....	29
Tableau 10 - Caractéristiques des filtrations sur cartouche.....	30
Tableau 11 - Variation du flux et de la conductivité de l'eau par les différents nettoyages acide/base	37
Tableau 12 - Comparaison économique entre le prétraitement membranaire et conventionnel	42
Tableau 13 - Hypothèses du calcul de coût pour les systèmes de prétraitement	43
Tableau 14 - Evolution de la population dans la zone d'étude.....	64
Tableau 15 - Répartition des entités économiques sur le littoral.....	69
Tableau 16 - Répartition des entités économiques sur le littoral par secteur d'activité	70
Tableau 17 - Les différents oueds et rejets déversant dans le secteur Ouest	78
Tableau 18 - Richesse spécifique planctonique des eaux Algériennes	79
Tableau 19 - Localisation des points d'échantillonnage de prélèvement pour chaque station.....	102
Tableau 20 - détermination de CO_3^{2-} et HCO_3^- à partir du TA et TAC.....	106
Tableau 21 - Conditions d'atomisation pour les métaux étudiés.....	114
Tableau 22 - Résultats des analyses organoleptiques	118
Tableau 23 - Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau traitée.....	119
Tableau 24 - Résultats des analyses microbiologiques de l'eau traitée.....	122
Tableau 25 - Composition chimique des rejets provenant d'usines OI des îles Canaries) Analyse Eau d'alimentation mg/l Saumure mg/l Rapport (saumure/eau aliment.)	150
Tableau 26 - Résumé des phases de pré-(a) et post-(b) traitement au cours de la production d'eau potable par dessalement	157
Tableau 27 - Matrice récapitulatif d'évaluation de l'impact du dessalement sur l'environnement	160

ADE : Algérienne Des Eaux

An : Année

ANRA : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

C° : Degré Celsius

Cm : Centimètre

CNES : Conseil National Economique et Social

Cl : Chlore.

Ca : Calcium.

E B : Eau brut

ED : Electrodialyse

E T : Eau traite

E R : Eau de rejet

E.D : Electrodialyse.

gr : Gramme

Mg : Magnésium.

MO : Matières organique

MED : Distillation par effet multiple

MES : Matières En Suspension

MI : Milligramme

M.F.S : Multi – stage flash.

M.E : Multiple effet.

N° : Numéro

NTU : Dureté total (Titre Hydrotimétrique).

OMS : Organisation Mondial de la Santé

OI : osmose inverse

PH : Potentiel d'Hydrogène

RAQE : Rapport Annuel de Qualité d'Eau

SDT : Taux des sels dissous

TCV : la thermo compression par vapeur

TH : Alcalinité (Titre Alcalimétrique Complet).

TAC : Nephelometric turbidité unit.

VC : compression par vapeur mécanique

/h : par heure

/j : par jour

/l : par litre

%: Pourcentage

ABC: Abondance- Biomasse- Comparaison

ALZINC: Entreprise de production de Zinc et d'acide sulfurique de Ghazaouet

AMBI : Azti Marine Biotic Index

APS: Ancien port de Skikda

Av TD: Average in Taxonomic Distinctness

BENTAL : Benthos de la côte algérienne

BQE : Bonne qualité écologique

BQI: Biological quality index

CB : Coefficient biotique

DBO5 : Demande Biologique en Oxygène

DCE: Directive Cadre sur l'Eau

DCO: Demande Chimique en Oxygène

EMDW: East Mediterranean Deep Water

EQE : Excellente qualité écologique

GARZ: Golfe d'Arzew

GGHZ: Golfe de Ghazaouet

GNL: Gaz Naturel liquéfié

GOR: Golfe d'Oran

GPL: Gaz Propane Liquéfié

IB : Indice Biotique Trophic index

K: coefficient de Kappa

LIW : Levantine Intermediate Water

M-AMBI: Modified Azti Marine Biotic Index

Mar BIT: Marine Biotic Index Tool

MATE: Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement

MAW: Modified Atlantic water

ONEDD: Observatoire de l'Environnement et du Développement Durable

PAC: Programme d'Aménagement Côtier

PS : Poids sec

EIE : Etude impact sur l'environnement

AE : Audit environnementale

Introduction

Aujourd'hui, dans de nombreuses régions du monde, les ressources en eau douce pour la production d'eau potable sont inexistantes ou insuffisantes vis-à-vis de la croissance démographique ou de la production industrielle. L'eau, élément essentiel à la vie, est de plus en plus convoitée de par le monde. Actuellement, plus d'un tiers de la population mondiale vit dans un pays sous stress hydrique et on estime que cette proportion atteindra près de 2 tiers en 2025 (Mehtougui, 2011). Par conséquent, des solutions telles que la réutilisation d'eau et le dessalement d'eau salée, qui représente la très grande majorité de l'eau disponible sur terre, deviennent des solutions clés, répondant en outre aux exigences du développement durable. La réutilisation d'eau est principalement utilisée afin de fournir de l'eau pour l'irrigation, ou les procédés industriels, et seulement considérée comme une méthode indirecte de production d'eau potable. En revanche, le dessalement est en passe de devenir une méthode prépondérante pour la production d'eau potable dans les zones de pénurie en eau douce. Malgré la crise économique, le marché du dessalement est un secteur en constant développement. 97 % de l'eau présente sur la planète est salée. Au regard du manque d'eau douce dont souffrent certaines grandes villes, il paraît donc naturel de se tourner vers cette immense ressource. Ainsi, les usines de dessalement d'eau de mer deviennent de plus en plus communes sur les littoraux.

De cet état de des faits, on s'oriente de plus en plus vers le dessalement d'eau de mer. L'exploitation des eaux des nappes souterraines n'est pas envisageable, compte tenu des moyens très coûteux, ce qui a une influence directe sur le prix de revient du m³ d'eau. Dans certaines situations, il est préférable de dessaler l'eau de mer que de réutiliser les eaux d'égout qui nécessitent des prétraitements vu qu'elles dépassent les normes microbiologiques. La nécessité de dessaler l'eau de mer se fait de plus en plus pressante dans de nombreuses parties du monde. Cette industrie connaît depuis, une très forte croissance dans le monde de l'ordre de 15% par an. On estime qu'en 2016, la production globale d'eau potable par désalinisation (eau de mer ou eau saumâtre) dépassera 38 milliards de m³/an, soit une production deux fois plus élevée qu'en 2008 (Elimelech et Phillip, 2011). 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. Il va de soi que des besoins d'une telle ampleur ne peuvent être uniquement 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 de mer. Dans le bassin méditerranéen, les

demandes en eau douce ne cessent de croître. Le dessalement s'affirme comme étant une des solutions incontournables avec le recyclage des eaux usées. Ainsi, en 2008, la Méditerranée représentait environ un quart du dessalement mondial (Planbleu.org, 2008).

L'Algérie se trouve parmi les pays du monde qui sont sous le seuil de pénurie adopté par la banque mondiale, il faut mobiliser toutes les ressources d'eau disponibles pour sécuriser l'alimentation en eau potable. L'Algérie a lancé ces dernières années, un programme ambitieux d'installations de stations de dessalement pour faire face à ses problèmes d'alimentation en eau qui s'accroissent par l'explosion démographique, le développement industriel et agricole ainsi que la sécheresse. Elle poursuit son investissement dans le dessalement de l'eau de mer.

Reste que le procédé qui permet de transformer l'eau de mer en eau douce est très gourmand en énergie, et donc coûteux, même l'usine de Mactaa (Mers El Hadjadj) présentée comme particulièrement rentable, facturera le mètre cube d'eau 34 dinars, environ 0,5 dollar, cela reste beaucoup plus cher que l'eau douce issue des barrages.

Les procédés de dessalement sont principalement issus de deux technologies : les procédés thermiques et les procédés membranaires. La première usine de dessalement d'eau saumâtre par osmose inverse a vu le jour à la fin des années 60 (Amjad, 1993). L'Osmose inverse est un procédé de purification de l'eau inspiré du phénomène chimique appelé l'Osmose. Pour mettre en place le principe de l'Osmose, on sépare 2 solutions aqueuses de concentrations différentes par une membrane semi-perméable qui ne laisse passer que l'eau pure. Le procédé de l'Osmose inverse a été inventé par la N.A.S.A. et était au départ destiné à la purification de l'eau consommée par les cosmonautes pendant les voyages dans l'espace. Il fonctionne presque comme l'Osmose, à la différence que pour l'Osmose inverse, on exerce une pression supérieure à la pression osmotique de la solution concentrée sur celle-ci (en l'occurrence pour le dessalement, il s'agit de l'eau de mer). Ceci s'explique en grande partie par les innovations technologiques et notamment le développement de l'osmose inverse qui rend le dessalement moins énergivore et moins coûteux (Planbleu.org, 2008). Un mètre cube d'eau produit par osmose inverse coûte ainsi entre 0,40 et 0,80€ contre 0,65 à 1,80 € pour la technique de distillation, de moins en moins utilisée dans le monde (European-commission, 2007). L'osmose inverse reste tout de même plus chère que la potabilisation des eaux de surface ou souterraines qui coûte entre 0,1 et 0,5 €/m³.

Les décennies suivantes ont vu le développement de nouveaux matériaux membranaires, et des membranes d'osmose inverse ont alors été utilisées pour le dessalement des eaux de mer. Aujourd'hui, plus de 15 000 usines de dessalement sont en opération dans le

Monde, environ 50 % sont des usines de dessalement par osmose inverse. La plus grande installation actuellement en opération est celle d'Ashkelon (Israël), mise en service en 2005 et qui produit 320 000 m³/jour d'eau potable et le centre de traitement ultramoderne de Méry-sur-Oise qui alimente 320.000 foyers du nord-ouest de l'Île-de-France, utilise lui aussi ce procédé.

Il ne fait aucun doute que l'Algérie utilise le dessalement pour couvrir ces besoins en eau douce devraient appliquer des lignes directrices ou des procédés appropriés pour l'élimination de la saumure, conformément aux dispositions réglementaire.

L'objectif de cette thèse est de décrire les effets des décharges d'usines de dessalement à osmose inverse (SWRO) sur la faune, la flore et les fonds marins et de passer en revue les solutions permettant de réduire son effet négatif sur l'environnement. Par conséquent, notre travail contribue à présenter la problématique du dessalement d'eau de mer pour la production d'eau potable dans le but de servir de base à des discussions visant à identifier une approche de gestion durable pour la protection de l'environnement côtier de l'Ouest algérien. Notre approche vise à décrire les moyens spécifiques à mettre en œuvre pour les grandes unités de dessalement déjà en fonction et les petites unités monoblocs à fournir quelques conseils pour la conception de nouveaux projets afin d'obtenir une bonne qualité environnementale de leur impact sur l'écosystème marin. Notre étude concerne 3 grandes unités (Chatt El Hillal, Honaine et Souk Thatta) et 3 petites unités (Bousfer, Bouzedjar et Ghazaouet), réparties sur le littoral oranais. Ainsi, afin d'évaluer l'importance et l'efficacité du dessalement, nous avons réalisé des analyses physico-chimiques et microbiologiques de l'eau avant le dessalement, ainsi que des eaux de rejets. Notre étude est complétée par un diagnostic écologique de l'écosystème côtier et d'un constat paysager.

Notre thèse est structurée en 5 chapitres :

Les deux premiers, sont consacrés à une synthèse bibliographique sur l'eau et le dessalement. Le 3^{ème} chapitre présente la zone d'étude. Le 4^{ème} chapitre présente la méthodologie adoptée et le matériel utilisé. Le 5^{ème} chapitre est consacré à la présentation des résultats de notre étude ainsi que leurs interprétations. Enfin, une conclusion et des recommandations sont proposées à la fin de ce document, ainsi que les références bibliographiques consultées.

Chapitre 1

L'eau

L'eau et l'environnement apparaissent comme deux grands problèmes étroitement liés à l'évolution de l'humanité à l'approche du XXI^{ème} siècle. Il n'y a pas de vie sans eau, c'est une vérité. Mais, ceci n'implique pas que l'inverse est vrai, il peut y'avoir de l'eau sans vie. L'eau est le moteur de la vie, l'élément indispensable à fixer en un lieu toute une population.

L'eau est très inégalement répartie, plus d'un tiers des terres de la planète sont des étendues arides soumises à des déficits en eau toute l'année, ou d'une façon saisonnière. Pour faire face à cette pénurie d'eau, l'homme cherche à "adoucir" l'eau salée pour pallier en certain pays les difficultés de pompage, de captage ou d'extraction de l'eau douce. Jusqu'à ce jour les procédés de dessalement en grande masse d'eau de mer se présentent comme un moyen industriel fiable de production d'eau auquel ont recours de nombreux pays (Tahraoui, 2010).

1. Définition

Corps liquide à la température et à la pression ordinaires, incolore, inodore, insipide, dont les molécules sont composées d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène .Ce corps liquide, contenant en solution ou en suspension toutes sortes d'autres corps (sels, gaz, micro-organismes, etc.), très répandu à la surface terrestre de valeur nutritive à peu près nulle, elle est cependant le constituant principal de tout être vivant. Lorsqu'elle gèle, Elle augmente de volume, se gonfle au lieu de diminuer comme la plupart des autres substances, elle se solidifie et flotte en milieu liquide.

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).

L'eau est un composé chimique ubiquitaire sur la Terre, essentiel pour tous les organismes vivants connus. Elle se trouve en général dans son état liquide et possède à température ambiante des propriétés uniques : c'est notamment un solvant efficace pour la plupart des corps solides trouvés sur Terre, et quelque fois désignée sous le nom de « solvant universel » (Moll, 1990) .

La formule chimique de l'eau pure est H_2O . L'eau « courante » est une solution d'eau et de différents sels minéraux ou d'autres adjuvants. Pour cette raison, l'eau qu'on trouve sur Terre n'est pas un composé chimique pur. Les chimistes utilisent de l'eau distillée pour leurs solutions, cette eau étant pure à 99 %, il s'agit d'une solution aqueuse. L'expression « solvant universel » est sujette à maintes précautions, les cailloux (les roches) étant, par exemple, non solubles dans l'eau dans la plupart des cas (ou de manière infime) (Clement, 1979).

2. Importance de l'eau

L'importance de l'eau pour la vie et comme composant de l'écosystème mondial n'est plus à démontrer. Cette ressource qui répond aux besoins fondamentaux de l'homme est un élément-clé du développement, en particulier pour générer et entretenir la prospérité par le biais de l'agriculture, de la pêche, de la production d'énergie, de l'industrie, des transports et du tourisme. En outre, l'eau est vitale pour tous les écosystèmes du monde.

La vie dépend beaucoup des échanges d'eau entre les différents milieux : intra- et extra-cellulaire, fluides internes et monde extérieur. La couche d'eau localisée à la surface des protéines est déterminante, par exemple, pour leurs propriétés fonctionnelles.

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

3. Besoins en eau

L'eau comprend, au sens large, tous les systèmes accessibles comme ressources, c'est à dire utiles et disponibles pour l'homme et les écosystèmes, à différents points du cycle de l'eau.

Cette ressource est qualitativement limitée, et localement quantitativement limitée (zones spécifiques). Elle est indispensable à la vie et à la plupart des activités humaines, telles que les activités agricoles, industrielles et domestiques (alimentation en eau potable). Elle est vitale pour le fonctionnement des écosystèmes terrestres (Marins, 1973).

3.1. Besoins physiologiques

Le corps humain est composé à 65 % d'eau pour un adulte, à 75 % chez les nourrissons et à 94 % chez les embryons de 3 jours. Les animaux sont composés en moyenne de 60% d'eau et les végétaux à 75%. On retrouve néanmoins des extrêmes : la méduse (98%) et la graine (10%).

L'être humain peut survivre un mois sans nourriture, mais seulement de cinq à sept jours sans eau (Michelle et Dominique 1994) .L'eau est un nutriment qui répond aux besoins essentiels des organismes.

Le besoin physiologique indirect est autrement important, Ils en résultent des quantités d'eau nécessaires à partir des produits végétaux et animaux que l'homme consomme.

3.2. Besoins domestiques

Au-delà de la météorologie, l'hydrographie, l'hydrologie, l'exploitation de l'eau douce sous ses diverses formes, agriculture, énergie, consommation industrielle et domestique, l'importance capitale dans la création et le maintien de la vie et l'essor techno-industriel.

4. Qualité de l'eau

La qualité de l'eau est caractérisée du point de vue physico-chimique, organoleptique et biologique, Ce concept est utilisé pour l'eau potable ou certains usages domestiques et industriels nécessitant une eau aux caractéristiques particulières. L'eau est aujourd'hui la denrée alimentaire la plus fortement réglementée (OIE ,2006).

4.1. Critères de potabilité

Dans la grande majorité des cas, l'eau est exclusivement destinée à la consommation humaine et doit donc être conforme à la réglementation des eaux potables. Cependant, une partie de la production peut être directement livrée à une usine à proximité. L'exemple le plus fréquent est celui de la centrale thermique, qui requiert une eau d'appoint complètement

déminéralisée. La distillation, pouvant produire une eau contenant moins de 5 mg/l de sels dissous, aura donc un avantage certain face aux techniques membranaires qui ne peuvent égaler ce résultat en une seule étape. Il arrive que certains pays n'ont pas de réglementation concernant la qualité des eaux potables. On se conformera alors aux recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), qui font référence au sein de la Communauté internationale. L'OMS classe les critères de potabilité d'une eau en cinq groupes. Ceux qui intéressent le producteur d'eau dessalée concernent :

L'aspect physique : température, limpidité, odeur, teneur en matières en suspension (MES)

- Les caractéristiques chimiques : salinité, chlorures, pH, etc.
- Pour chaque critère, l'OMS précise une valeur guide.

Le facteur clé du dessalement est évidemment la salinité. Au vu des recommandations de l'OMS, on pourrait l'estimer suffisant. Or, les chlorures représentent environ 45 % de la teneur en salinité d'une eau de mer osmosée. On devra donc fixer un objectif de 500 mg/l pour la salinité totale, de façon à respecter l'objectif de 250 mg/l pour les chlorures.

4.2. Qualité physique

La température optimale d'une eau d'alimentation se situe entre 9 et 12°C. Elle ne devra pas dépasser 15°C (Maya, 1998). Les variations de la température dans le temps selon la saison ou le climat tend à faire suspecter une consommation.

La saveur et l'odeur constituent des qualités organoleptiques de l'eau les principaux corps pouvant donner à l'eau une saveur désagréable sont le fer (Fe), le magnésium et le chlore actif et la saveur se développe avec l'augmentation de la température (Perte muter, 1981).

La température de vaporisation de l'eau dépend directement de la pression atmosphérique comme le montrent ces formules empiriques :

- Pression normalisée dans la troposphère (0–11 km) :
- Pression [Pa] = $101325 \times [(288 - 0,0065 \cdot \text{Altitude}[\text{m}]) / 288]^{5,255}$
- Point d'ébullition :

- Point d'ébullition [K]= $27,312 \times \ln(\text{Pression}[\text{Pa}]) + 58,358$

Son point d'ébullition est élevé par rapport à un liquide de poids moléculaire égal. Ceci est dû au fait qu'il faut rompre jusqu'à trois liaisons hydrogènes avant que la molécule d'eau puisse s'évaporer. Par exemple, au sommet de l'Everest, l'eau boue à environ 68 °C, à comparer aux 100 °C au niveau de la mer. Réciproquement, les eaux profondes de l'océan près des courants géothermiques (volcans sous-marins par exemple) peuvent atteindre des températures de centaines de degré et rester liquides.

4.3. Qualité chimique et physicochimique

La minéralisation d'une eau c'est-à-dire sa concentration en sels solubles s'acquiert 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 le nourrisson.

4.3.1. Normes des qualités physico-chimiques tolérées dans l'eau de boisson

Selon l'OMS (2009) les eaux destinées à la consommation humaine doivent satisfaire aux exigences de qualité:

4.3.2. Paramètres organoleptiques

L'eau ne doit pas présenter :

- Une coloration dépassant 15mg/l de platine en référence a l'échelle platine cobalt.
- Une turbidité supérieure a valeur équivalente à 2 unités jakson.
- L'odeur et sa saveur pour un taux de 2 à 12°C et 3 à 25°C (Martin, 1989).

4.3.3. Paramètres physico-chimiques

L'Organisation Mondiale de la Santé ou OMS (WHO pour World Organisation Health), a instaurer quelques lignes directrices concernant la qualité requise pour que l'eau soit dite potable. Ces lignes directrices sont les références internationales qui garantissent une eau saine et donc potable. Les dernières lignes directrices en paramètres physico-chimiques sont celles qui ont été prononcées par l'OMS (Tableaux 1, 2 et 3.) .

Tableau 1 : Les normes physico-chimiques tolérées dans l'eau de consommation (OMS, 2011)

PARAMETRES	NORMES
➤ Température	➤ <25°C
➤ Ph	➤ 6,5 a 8,5
➤ Chlorure (Cl ⁻)	➤ 20 a 200 mg/l
➤ Sulfate(SO ₄ ⁻)	➤ 2,5 a 200 mg/l
➤ Carbonate (CO ₃)	➤ Absence de normes
➤ Bicarbonate (HCO ₃)	➤ >30
➤ Calcium (Ca ⁺)	➤ 100 a 200 mg/l
➤ Magne (Mg ⁺)	➤ 30 a 50 mg/l
➤ Titrehydrométrique –dureté totale	➤ 100 a500 mg/l
➤ Sodium (Na)	➤ 20 a150 mg/l
➤ Potassium (K)	➤ 10 a12 mg/l
➤ Aluminium	➤ 0,2 mg/l
➤ Nitrate (NO)	➤ 25 a 50 mg/l
➤ Nitrite (NO)	➤ 0,1 mg/l
➤ Ammonium(NH)	➤ 0,5 mg/l
➤ Azotes kjdabil	➤ 1 mg/l
➤ Matière organique	➤ 205 mg/l

Tableau 2 : Substances indésirables (OMS, 2011).

PARAMETRES	NORMES
➤ Fe	➤ 0,2 mg/l
➤ Manganèse (Mn ₄)	➤ 0,05 mg/l
➤ Cuivre (Cu)	➤ 1 mg/l
➤ Zinc (Zn)	➤ 5 mg/l
➤ Phosphore (P ₂ O ₅)	➤ 5 mg/l
➤ Argent (Ag)	➤ 0,01 mg/l

Tableau 3 : Substance toxiques (OMS, 2011).

PARAMETRES	NORMES
➤ Arsenic (As)	➤ 0,05 mg/l
➤ Cadmium (Cd)	➤ 0,05 mg/l
➤ Cyannes (Cn)	➤ 0,15 mg/l
➤ Chrome total (Cr)	➤ 0,05 mg/l
➤ Mercure (Hg)	➤ 0,001 mg/l
➤ Nickel (Ni)	➤ 0,05 mg/l
➤ Plomb (Pb)	➤ 0,05 mg/l

4.4. Qualité bactériologique

La présence des germes témoins de la contamination fécale dans l'eau rend impossible la consommation de cette eau mauvaise, la présence de streptocoque signe une contamination fécale.

La présence d'*Escherichia-Coli* signe obligatoirement une contamination fécale récente (Rodier, 2010)

La présence des Clostridium sulfitoréducteur dans l'eau associés à celle d'*Escherichia-Coli* ou des Streptocoques (ou les deux a la fois) confirme la non potabilité de l'eau.

Les Colibacilles sont des germes très abondants dans les réseau de canalisation urbaine où on exige une eau ne contenant aucun colibacille pour 100 ml d'eau. Les Streptocoques fécaux qui sont plus résistant que les Colibacilles doivent être absents dans 50 ml d'eau (Malounesa, 1980).

4.5. Normes bactériologiques tolérées dans l'eau de consommation

Les pollutions biologiques des eaux proviennent le plus souvent des goûts et d'autres sources de contamination fécale (Tableau 4) l'agent pathogène en cause peut être une bactérie un virus ou un parasite.

L'analyse bactériologique d'une eau de consommation consisterait logiquement à la recherche des germes pathogènes quelle pouvait contenir pour des simples analyses de contrôle. (Rodier, 2010)

Tableau 4 : Les normes bactériologiques tolérées dans l'eau de consommation (OMS, 2011).

GERMES	NORME
➤ Germes pathogènes	➤ Absence de germes
➤ Coliformes	➤ 3 germes/100 ml
➤ Escherichia-Coli	➤ 1 germes/100 ml
➤ Streptocoque fécal	➤ 1 germes/100 ml
➤ Salmonelles	➤ 1 germes/100ml
➤ Vibriion cholérique	➤ 1 germes/100 ml

4.6. Normes des qualités physico-chimiques tolérées dans l'eau de rejets

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser ou une limite inférieure à respecter. Un critère donné est rempli lorsque là norme est respectée pour un paramètre donné. Une norme est fixée par une loi, une directive, un décret-loi indiqué dans le tableau5 par le Décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels (Tableau 5).

Tableau 5 : Valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels (JORADP, 2006).

N°	PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES
1	Température	°C	30
2	pH	-	6,5 - 8,5
3	MES	mg/l	35
4	Azote	mg/l	30
5	Phosphore total	mg/l	10
6	DCO	mg/l	120
7	DBO ₅	mg/l	35
8	Aluminium	mg/l	3
9	Substances toxiques bioaccumulables	mg/l	0,005
10	Cyanures	mg/l	0,1
11	Fluor et composés	mg/l	15
12	Indice de phénols	mg/l	0,3
13	Hydrocarbures totaux	mg/l	10
14	Huiles et graisses	mg/l	20
15	Cadmium	mg/l	0,2
16	Cuivre total	mg/l	0,5
17	Mercure total	mg/l	0,01
18	Plomb total	mg/l	0,5
19	Chrome Total	mg/l	0,5
20	Etain total	mg/l	2
21	Manganèse	mg/l	1
22	Nickel total	mg/l	0,5
23	Zinc total	mg/l	3
24	Fer	mg/l	3
25	Composés organiques chlorés	mg/l	5

4.7. Composition de l'eau de mer

Le terme d'eau de mer regroupe l'eau salée des mers et des océans à la surface de la terre. Elles occupent un volume estimé à 1 340 millions de km³, ce qui représente 97 % de la capacité totale des grands réservoirs d'eau à la surface de la terre. L'existence des sels dans l'eau de mer modifie les caractéristiques de l'eau : par exemple la masse volumique moyenne de l'eau de mer est de $1,03 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$. La composition de l'eau de mer est un ensemble complexe d'espèces inorganiques et organiques (Chatkaew, 2009).

Selon la littérature, une eau de mer est composée à plus de 99,9 % en masse d'éléments inorganiques, dont principalement le chlorure et le sodium. La matière organique représente moins de 0,1 % de la masse totale (Figure 1). la plupart des matières organiques marines (environ 75 %) sont sous forme de carbone organique dissous de faible poids moléculaire. Ces molécules organiques traversent une membrane d'un seuil de coupure su très élevés (Chatkaew, 2009).

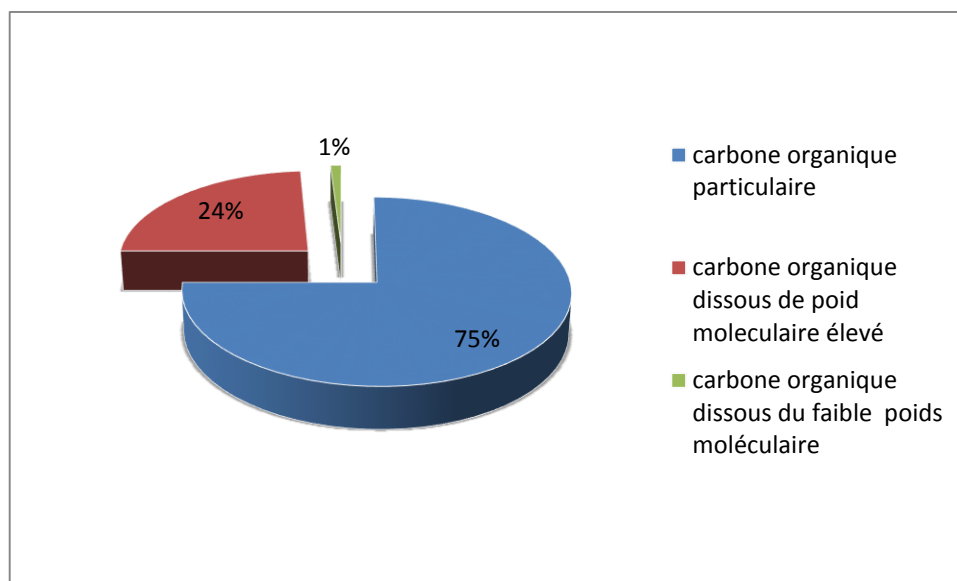


Figure 1- Répartition des matières organiques marines (Chatkaew, 2009).

L'origine des matières organiques dissoutes est principalement la production biologique par des planctons et des bactéries. De plus, la concentration de la matière organique dissoute dépend de la profondeur de l'eau. La matière organique dissoute présente dans l'eau de mer est essentiellement composée d'hydrate de carbone sous forme de

polysaccharide, biodégradable. L'eau de mer contient aussi des éléments nutritifs utilisables pour un développement de micro-organismes (Chataew, 2009).

La plupart du carbone organique dans l'océan est sous la forme de matière organique dissoute et principalement de molécules à faible poids moléculaire. Seulement 1% du carbone organique est de la matière organique particulaire (Benner., 2002). Environ 75 % du carbone organique dissous est de la matière organique dissoute de faible poids moléculaire. Une procédure largement utilisée pour séparer les matières organiques dissoutes des fractions particulaires est une filtration à travers une membrane ayant des pores de 0,2 à 1,0 µm. Le plus souvent, une membrane avec des pores de 0,45 µm est utilisée (Baldock et al., 2004). La figure 1 donne une représentation très schématique et simplifiée de la gamme de taille et des types de matières organiques dans l'eau de mer. La concentration des matières organiques dissoutes et particulaires dépend de la profondeur de l'océan : l'eau de mer surfacique a une concentration plus élevée que l'eau en profondeur (Benner., 2002).

5. Situation de l'eau de consommation dans le monde

D'avantage que la nourriture, le travail et l'énergie, l'eau redevient la grande question sociale de ce début de XXI^{ème} siècle. La vie de toute espèce vivante dépend directement du soleil, de l'air et de l'eau . Ils sont non seulement à la base de la vie, ils sont la vie. C'est pour cela qu'un poète latin d'il y a 2000 ans, Ovide, a pu écrire que « *Dieu n'a fait ni le soleil, ni l'air, ni l'eau propriété privée...* » (Petrella, 2009).

Au plan mondial la question de l'approvisionnement en eau devient chaque jour plus préoccupante et cela pour plusieurs raisons : la première d'entre elle 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 (OIE, 2006).

Au plan mondial, la question de l'approvisionnement en eau devient chaque jour plus préoccupante. Le constat unanimement partagé est simple : déjà précaire dans certaines

régions du globe, la situation ne pourra qu'empirer dans les années à venir. Le formidable essor démographique que va en effet connaître notre planète dans les vingt-cinq prochaines années va nécessairement s'accompagner d'une explosion de la consommation en eau et d'une dégradation de sa qualité. Cela risque de mettre gravement en péril le ravitaillement en eau douce d'une grande partie de l'humanité et par voie de conséquence d'aggraver les conflits entre pays voisins ayant des ressources communes.

Face à ce risque vital de pénurie d'eau, les rencontres internationales se multiplient pour tenter de développer au niveau mondial une vision partagée de la gestion des ressources en eau et d'obtenir les engagements politiques nécessaires à la résolution de ce problème à l'échelle planétaire. Mais une stratégie d'action globale semble difficile à définir.

6. Situation de l'eau de consommation en Algérie

L'Algérie, disposait, jusqu'en 2000, de 44 barrages en exploitation. La capacité théorique de cette mobilisation des eaux superficielles, avoisinait les 4.5 milliards de m³ (SEMIDE, 2001).

La capacité réellement mobilisable n'excédait guère 2.5 milliards de m³ pour des raisons liées principalement à une sécheresse accrue et une irrégularité spatiale et temporelle des précipitations. Les sédiments y déposés sont évalués à 20 106 m³/an de volume perdu. C'est un pays semi-aride, voire même Aride (200 à 400 mm) et les ressources en eau sont faibles, irrégulières, et localisées dans la bande côtière. Si on considère une capacité de 3.4 milliards de m³ mobilisée par les eaux souterraines, les potentialités de mobilisation totales du pays atteignaient 5.9 milliards de m³, alors que les besoins réels étaient de 6.85 milliards de m³ (SEMIDE, 2001).

En Algérie, la population était de 23 millions en 1987, et sera de 46 millions en 2020, soit une consommation en eau potable et industrielle de l'ordre de 6 milliards de m³/an, alors que la mobilisation réelle, à l'époque, était à peine de 3 milliards de m³. Cela signifie qu'il fallait mobiliser, uniquement pour ces deux secteurs, 3 milliards de m³ supplémentaires, sans inclure les eaux d'irrigations ni les fuites dans les conduites, soit au total 10 milliards de m³ d'eau, un réel défi à relever mais surtout une stratégie et une politique à définir. (Anonyme 2, 2012).

En 1995 l'Algérie consommait théoriquement en moyenne 161 litre d'eau au habitant/jour, soit deux fois moins que l'Egyptien. La cause essentielle de cette situation

incompressibilité se situe au niveau de la politique de gestion incompréhensible qui se situe au niveau de la politique de gestion des ressources hydriques.

Malgré cette situation, la gestion de l'eau dans ses aspects quantitatifs et qualitatifs reste carencée et a l'origine de la recrudescence des maladies dangereuses.

Le rapport sur ce domaine du Ministère de la Santé et de Population souligne que la qualité bactériologique de l'eau est médiocre et que le contrôle et la chloration reste insuffisante.

Le monde rural reste encore retardataire en matière d'adduction d'eau potable et il est tributaire des disponibilités en eau souterraine mobilisée a l'aide des forages et des puits. La qualité de cette eau est souvent douteuse et distribuée sans traitement physique ni chimique au préalable, mais a part la javellisation (Anonyme 1. 2009).

Le captage de l'eau dans un page aride comme le notre ne se fait que d'une manière aléatoire avec la pratique du forfait poussant a tous les abus.

Le coût de tarification de l'eau reste inférieur au coût réel et ne permet pas d'installer une politique d'une denrée qui se fait de plus en plus rare.

Chapitre 2

Le dessalement

1. Historique

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

Le savoir-faire est ancien : déjà, au IV^{ème} siècle avant J.C, les marins grecs dessalaient l'eau de mer, mais le premier procédé important date du milieu du XIX^{ème} siècle : à Aden , sur la mer Rouge, en 1869, une unité de distillation de l'eau de mer pour alimenter la flotte coloniale britannique était opérationnelle ; et en 1928 l'île de Curaçao, aux Antilles, y avait recours (OIE, 2006).

La première application industrielle de l'évaporation- condensation a été faite à bord des navires à vapeur vers 1880. Bien que ce soit en 1920 que la première usine de dessalement par voie thermique fut installée à terre (Jeddah- Arabie Saoudite), ce n'est qu'à partir de 1960 que des usines de grande capacité voient le jour, principalement au Moyen-Orient (OIE, 2006).

Les usines de dessalement d'eau de mer utilisant le principe de l'osmose inverse apparaissent à la fin des années 1970. Elles sont tout d'abord adaptées aux faibles capacités de production, pour devenir petit à petit compétitives par rapport à la distillation, et ceci même pour les grandes capacités, du fait principalement de la diminution du prix des membranes et de leurs besoins en énergie électrique. Ainsi, début 2006, il a été mis en service la plus grande usine de dessalement par OI à Ashkelon(Israël), avec une capacité de production moyenne de 280 000 m³ / j (UNEP, 2009).

Il est certain que les ressources naturelles en eau potable en Algérie sont très limitées pour satisfaire les besoins nécessaires qui sont en augmentation croissante. Il est évident et logique de réfléchir à l'utilisation d'autres méthodes afin de combler le déficit substantiel par l'extraction de sel de l'eau de mer dans le but de le rendre potable.

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

En fait dessaler l'eau de mer de manière à la rendre consommable est possible. On dispose même Aujourd'hui de nombreux systèmes, qui sont mis au point et dont beaucoup ont atteint le stade industriel (OIE, 2006).

La distillation de l'eau de mer est pratiquée depuis plus d'un siècle à bord des navires long- courriers et les usines de dessalement se multiplient en de nombreuses parties du monde. (UNEP, 2009).

L'Algérie se trouve parmi les pays du monde qui sont sous le seuil de pénurie adopté par la banque mondiale, il faut mobiliser toutes les ressources d'eau disponibles pour sécuriser l'alimentation en eau potable. De ce fait, le dessalement des eaux de mer est l'une des solutions adéquates de cette problématique.

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

1.2. Définition du dessalement de l'eau de mer

Le dessalement s'appelle dessalage. Il consiste à séparer l'eau et les sels à partir d'une eau brute, qui peut être de l'eau de mer ou une eau saumâtre d'origine continentale (Dunglas, 2014).

2. Nécessité du dessalement de l'eau de mer

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.

Les besoins en eau dans le présent et le futur accusent une croissance effective. On estime que, d'ici à 2025, 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 uniquement 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 (UNEP, 2009).

3. Dessalement dans le monde

La pénurie d'eau touche tous les continents et plus de 40 % de la population de la planète. Actuellement, un milliard de personnes n'ont pas accès à l'eau potable. D'ici 2025, ce sont 1,8 milliard de personnes qui vivront dans des régions victimes de pénuries d'eau absolues (www.unesco.org/water/wwap/index_fr.shtml). Si l'on considère que le niveau de confort domestique correspond à une consommation moyenne d'eau par foyer de 150 m³/an, cela signifie que les besoins domestiques de la population est en situation de stress hydrique (< 1 700 m³/h/an) seront en forte augmentation.

Les tensions pour l'eau ne peuvent que s'accroître en raison d'une part d'une croissance démographique mondiale absolue qui reste forte, et d'autre part du réchauffement climatique (qui multiplie les épisodes de sécheresse et affecte les réserves d'eau douce de surface). Face à cette situation, le dessalement de l'eau de mer est devenu une nécessité au niveau mondial (Figures 2 et 3).

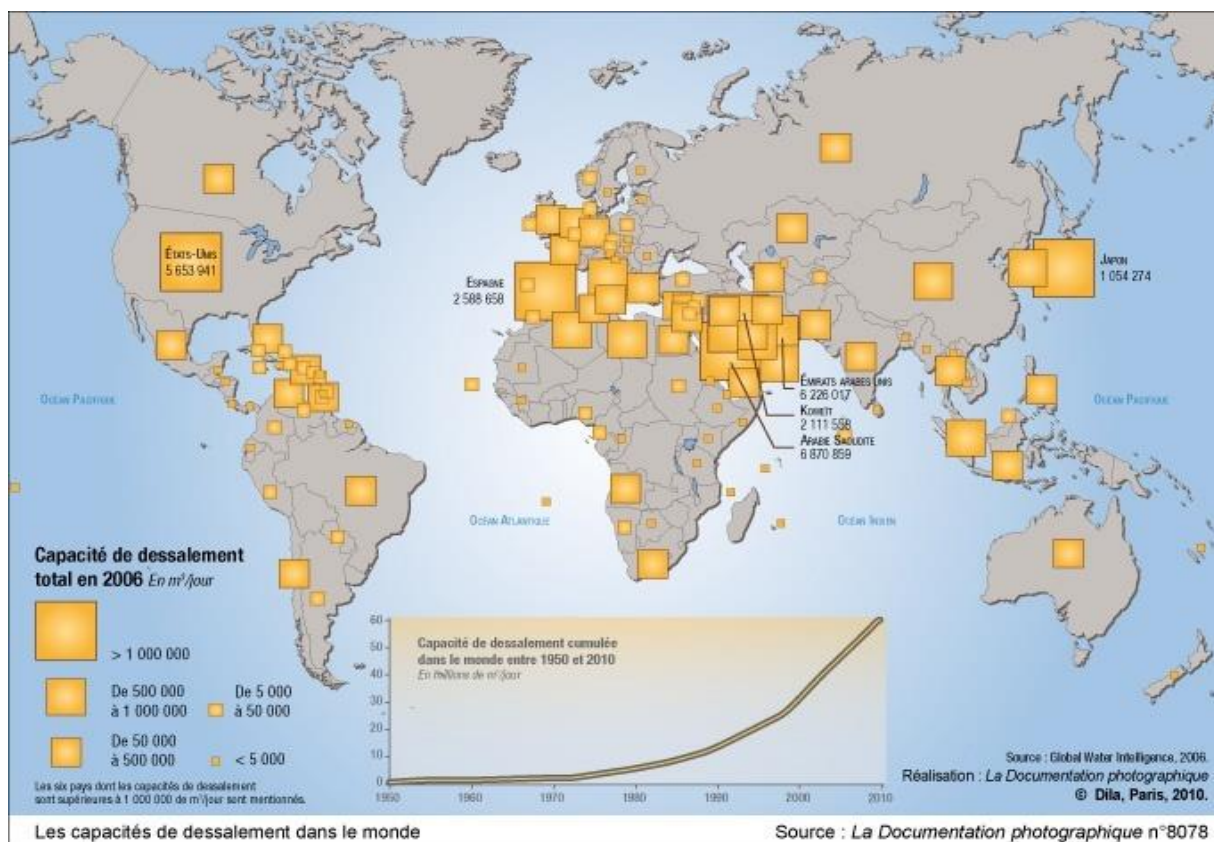


Figure 2- Répartition des stations de dessalements dans le monde (Patier & Blanchon, 2010)

Les ressources en eau de la région méditerranéenne sont limitées, fragiles et menacées. Elles font déjà l'objet d'une exploitation intensive, notamment dans le sud et à l'Est où la saison sèche se caractérise par sa longueur, et une pluviométrie annuelle faible.

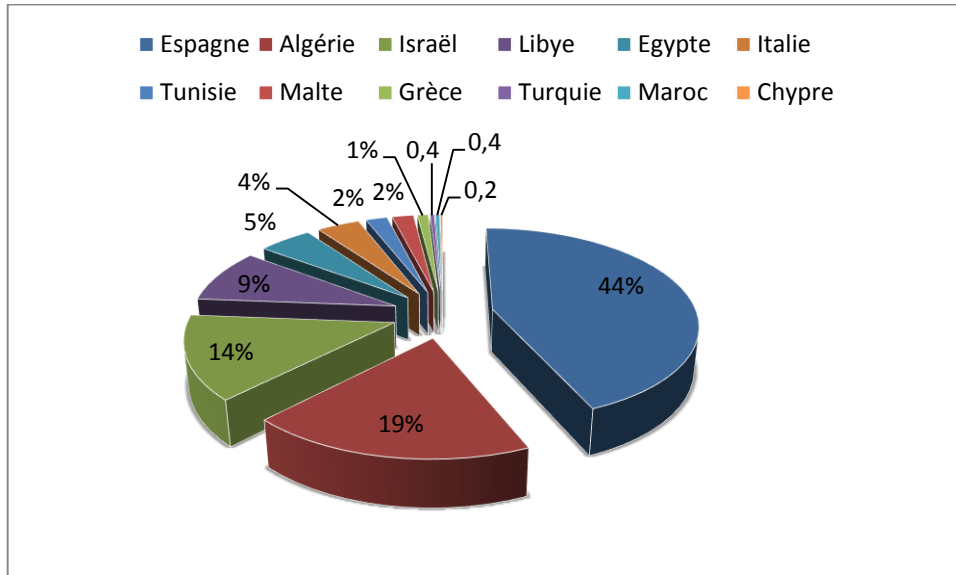


Figure 3- Capacité des installations de dessalement en Méditerranée (Patier & Blanchon, 2010)

Sur la base, avant tout, des données disponibles dans les documents de planification nationale, les prévisions de la demande en eau en Algérie aux horizons 2025 sont dans le Tableau 6 :

Tableau 6 -Projections tendanciennes modérées de la demande en eau des pays et territoires méditerranéens aux horizons 2025 (UNEP, 2009).

Pays	Demandes sectorielles en km ³ /an				Demandes totales km ³ /an
	Collectivités	Agriculture	Industrie	Énergie	
Année	2025	2025	2025	2025	2025
Algérie	0,8	1,9	0,3	0	3,0

4. 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 publics à mobiliser de plus en plus de ressources superficielles. (Khirani, 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 1200 km, théâtre, d'un déficit chronique en eau potable.

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

A la suite d'une sécheresse chronique vécue par l'Algérie depuis plus de deux décennies et la demande en eau croissante, les pouvoirs publics ont décidé de s'orienter vers une politique de mobilisation des ressources en eau non conventionnelles (Tableau 7 et 8), à savoir le dessalement d'eau de mer afin de pouvoir compenser le déficit en eau enregistré.

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

- Un littoral de 1200 km ;
- La population actuelle concernée dans littoraux est de 11 millions habitants ;
- Les industries grandes consommatrices d'eau se trouvent a proximité de la mer, ce qui réduit davantage les prix de revient du m³ d'eau ;
- Le domaine de dessalement de l'eau de mer connait ces dernières années une avancée technologique remarquable, grâce au développement des différents procédés ;
- La disponibilité de la ressource énergétique ou la combinaison de sa production ;
- Le cout du m³ d'eau dessalée est en nette régression, alors que le cout du m³ d'eau conventionnelle est en nette progression (grands transferts) (UNEP, 2009).

Tableau 7 : Les grandes stations de dessalement en Algérie (UNEP, 2009).

Localisation	Capacité m ³ /j	Population à servir	Echéancier prévisionnel
Kahrama (Arzew,Oran)	90 000	540 000	En Exploitation
Hamma (Alger)	200 000	1 333 320	En Exploitation
Skikda	100 000	666 660	2009
BeniSaf (A.Temouchent)	200 000	1 333 320	2007
Mostaganem	200 000	1 333 320	2007
Douaouda (Alger Ouest)	120 000	666 660	2008
Cap Djenet (Alger Est)	100 000	666 660	2008
Souk Tleta (Tlemcen)	200 000	1 333 320	2008
Honaine (Tlemcen)	200 000	1 333 320	2008
Mactaa (Oran)	500 000	1 333 320	2011
El Tarf	50 000	333 330	2009
Tenes	200 000	999 990	2009
Oued Sebt (Tipaza)	100 000	666 660	-

- **Tableau 8** : Les petites stations monoblocs de dessalement en Algérie (UNEP, 2009).

Wilaya	Site	Commune	Capacité m3/j
Alger	Champ de tir	Zéralda	5 000
Alger	Palm Beach	Staoueli	2 500
Alger	La Fontaine	Ain Benian	5 000
Tlemcen	Ghazaouet	Ghazaouet	5 000
Tipasa	Bou Ismail	Bou Ismail	5 000
Skikda	L.BenMhidi	L.BenMhidi	7 000
Tizi Ouzou	Tigzirt	Tigzirt	2 500
Oran	Bousfer	Bousfer	5 500
OranOran	Les Dunes	Ain Turk	2X2 500
Ain.Temouchent	Bouzedjar	Bouzedjar	5 000

5. Techniques de dessalement d'eau de mer

Les systèmes les plus utilisés sont :

- Osmose inverse : cette technique « membranaire » repose sur une ultrafiltration sous pression au travers de membranes dont les pores sont des 'trous' si petits que même les sels sont retenus. Cette technique, en plein essor nécessite une source d'énergie importante ($\approx 4\text{-}5 \text{ kWh/m}^3$) mais elle a montré sa fiabilité.
- Distillation multi-effets : Ce système fournit une eau très pure mais il nécessite de disposer d'une source importante de chaleur ($\approx 15 \text{ kWh/m}^3$).
- méthode *Flash multi-étages*, ou *système flash* : il est utilisé dans les pays du Golfe, fournissant une eau dont le taux de sel résiduel est non négligeable, avec un coût énergétique important ($\approx 10 \text{ kWh/m}^3$).
- Compression de vapeur : il fournit une eau pure, mais nécessite $\approx 5 \text{ kWh/m}^3$ d'eau.
- Distillation par dépression : ce système basé sur le fait que la température d'évaporation dépend de la pression fournit une eau très pure à faible coût pour une consommation de ≈ 2 à 3 kWh/m^3 . Il est utilisé pour de petites unités.
- Distillation par four solaire: le four solaire concentre en une zone restreinte les rayons calorifiques, grâce à un miroir parabolique, pour porter à haute température l'élément qui contient l'eau destinée à être évaporée.

- **Électrolyse** : est la technique électro-membranaire dans laquelle on couple les effets d'une électrodialyse (migration d'ions au travers d'une membrane semi-perméable) à ceux d'une électrolyse (réaction aux électrodes), (Berland & Juery, 2002).

Les techniques de dessalement d'eau de mer les plus utilisées sont le dessalement thermique et le dessalement par procédé membranaire :

- **La distillation (le dessalement thermique)** : le principe de la distillation est que l'eau de mer est chauffée et évaporée. Seules les molécules d'eau s'évaporent, laissant en solution les sels et les autres substances contenus dans l'eau de mer. Il suffit alors de condenser la vapeur d'eau pour obtenir une eau douce consommable.

- **L'osmose inverse (le procédé membranaire)** : l'eau de mer est filtrée sous une pression élevée à travers une membrane dense. Seules les molécules d'eau traversent la membrane, les sels et les microorganismes sont retenus par cette membrane. Ce procédé nécessite cependant un prétraitement préliminaire. Il sera plus largement évoqué dans la suite du paragraphe.

A l'heure actuelle, la qualité d'eau produite mondialement par osmose inverse est supérieure à celle qui est produite par distillation. Entre 1990 et 2001, la part de marché de l'osmose inverse a augmenté de 40 à 53%. L'intérêt de l'osmose inverse est le coût de l'eau produite qui est à peu près de 0,5 – 0,7 \$US /m³, alors qu'il se situe entre 1,0 – 1,4 \$US/m³ pour le procédé thermique, grâce à la consommation énergétique moindre du procédé. De plus, en ce qui concerne l'aspect environnemental, les émissions de pollutions atmosphériques (SO_x et NO_x) sont également réduites en osmose inverse du fait de cette plus faible consommation d'énergie par rapport au dessalement thermique. C'est pourquoi, les spécialistes du dessalement s'accordent à dire que l'osmose inverse devrait continuer à s'imposer sur le marché avec des prévisions à 2020 de 70 % pour l'osmose inverse contre 20% pour le dessalement thermique et 10 % pour les autres procédés (Berland & Juery, 2002).

5.1. Dessalement d'eau de mer par osmose inverse

Du fait de l'augmentation de la population mondiale, la pénurie en eau douce va devenir un problème majeur, en particulier dans plusieurs régions arides du monde. Le dessalement d'eau de mer pour la production d'eau potable est donc une solution alternative

qui permet d'augmenter les ressources en eau disponible, de fournir une solution en cas de sécheresse et de lutter contre les pénuries.

D'autres avantages de l'utilisation d'eau de mer pour la production d'eau potable peuvent être évoqués par rapport aux eaux de rivières :

- Moindre consommation de produits chimiques.
- Faible production de boues.

5.2. Principe de l'osmose inverse

La filtration membranaire est un procédé de séparation des composants d'un fluide. Le rôle de la membrane est d'agir comme une barrière sélective, elle permet de laisser passer certains éléments et d'en retenir d'autres en fonction des propriétés respectives de ces éléments sous l'effet d'une force motrice. Les procédés membranaires barométriques, i.e. à gradient de pression, peuvent être classifiés en fonction de la membrane utilisée et du seuil de coupure en microfiltration (MF), ultrafiltration (UF), nanofiltration (NF), et osmose inverse (OI) (Figure 4).

Une usine de dessalement comprend essentiellement :

- Un système d'alimentation en eau de mer.
- Un ensemble de prétraitement physico-chimique de l'eau de mer.
- Un dispositif de mise en pression de l'eau prétraitée.
- Un osmoseur.
- Un système de récupération de l'énergie de concentrat.
- Un ensemble de post- traitement du perméat.
- Un poste de nettoyage chimique des membranes .

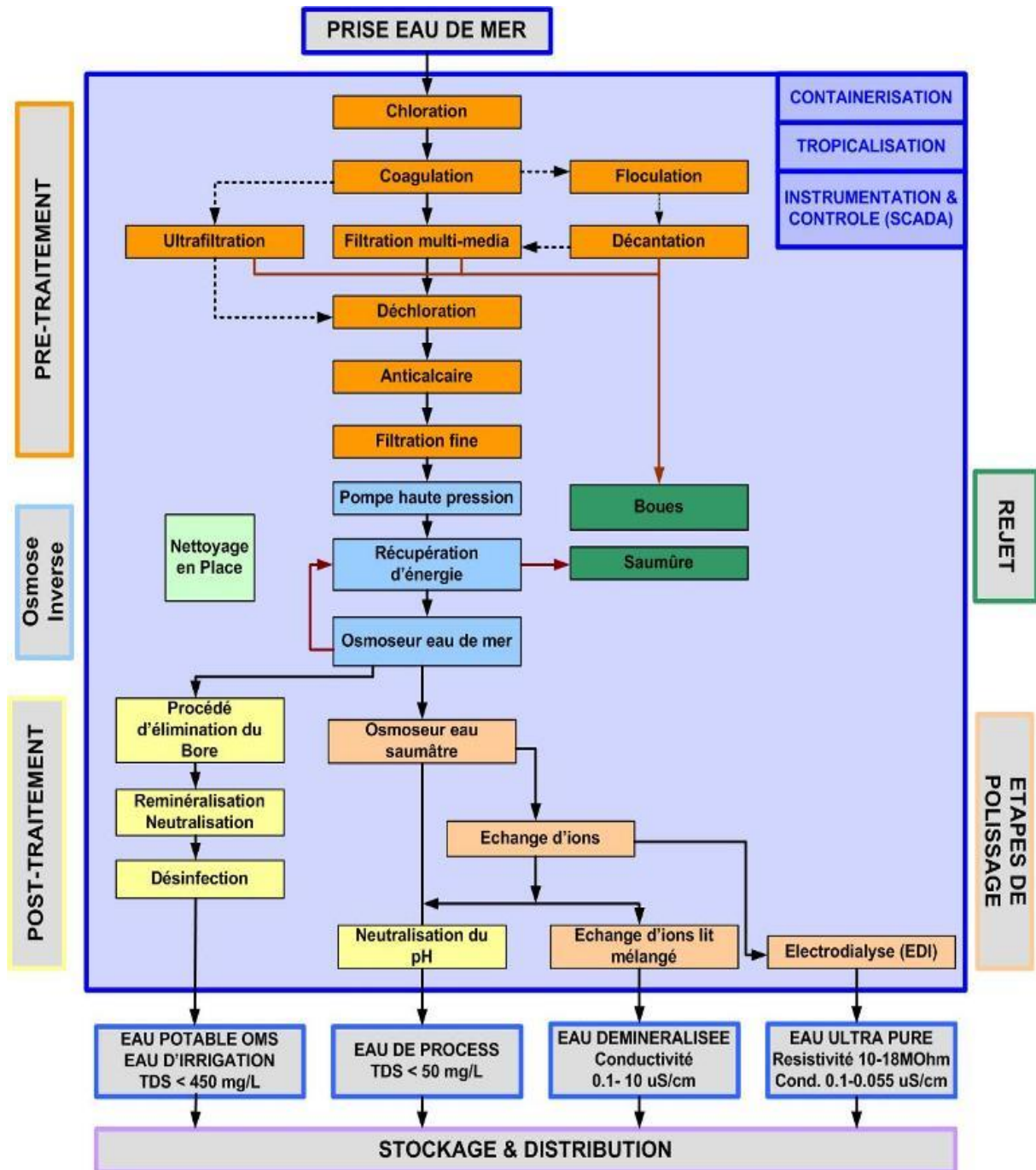


Figure 4 : Principe de l'osmose inverse (OIE, 2006)

Parmi ces procédés, l'osmose inverse est celui adapté à la séparation des ions et donc au dessalement de l'eau. Aujourd'hui, plus de 15 000 usines de dessalement sont en opération dans le monde entier pour la potabilisation des eaux, et environ 50 % d'entre elles sont des usines d'osmose inverse. Le Moyen-Orient tient approximativement 50 % de la capacité de production mondiale et se présente comme le leader en dessalement d'eau de mer à large-échelle. En 2006, s'est ouverte en Israël à Ashkelon la plus grande usine de dessalement par osmose inverse du monde avec une capacité de production de 320 000 m³ par jour (Greenlee et al., 2009).

5.3. Techniques utilisées

5.3.1. Captage et pompage de l'eau brute

La prise d'eau de mer se fait par une conduite en Perd 400 mm de diamètre avec une longueur de 500 m. Celle-ci est fixée à son extrémité par une crépine qui arrête la pénétration des algues et des débris végétaux (Figure 5).

Une station de pompage d'eau brute, est composée de deux pompes verticales et qui refoule un débit de 640m³/h vers le décanteur. Le décanteur est divisé en 3 bassins en série



Figure 5 - Conduite de prise d'eau
(Cas de la station de Gazaouet)

5.3.2. Décantation

L'ouvrage de décantation est nécessaire lorsque l'eau brute est trop chargée pour subir une filtration directe (Figure 6).

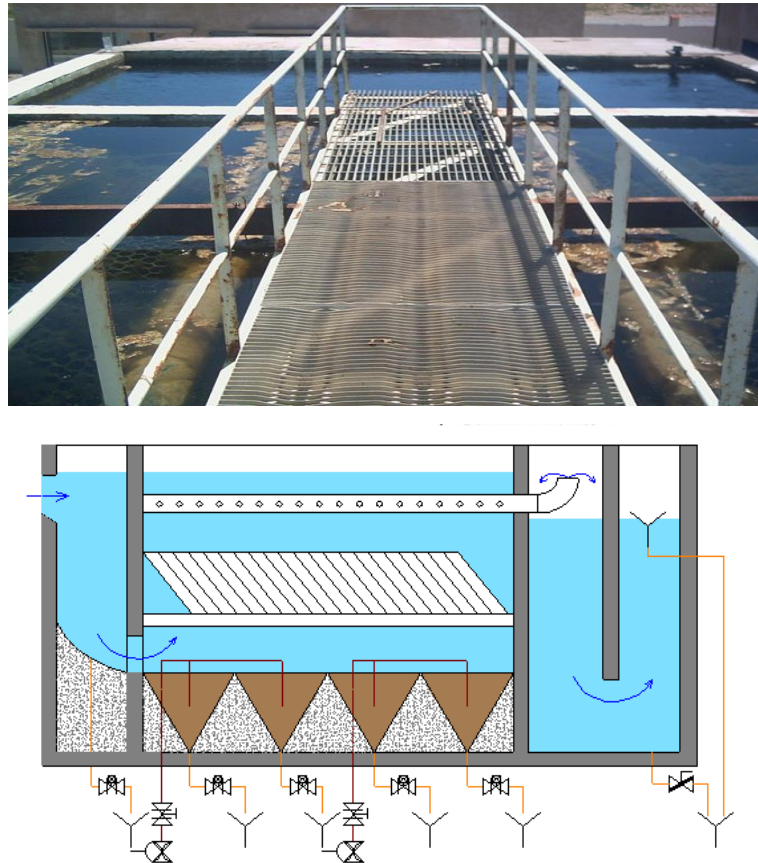


Figure 6- Coupe schématique d'un décanteur lamellaire (Sigg, 2000).

5.3.3. Filtration sur média granuleux

Pour éliminer les grosses particules qui ont échappé des décanteurs, on installe 5 filtres verticaux en parallèles (Tableau 9). Chaque filtre contient deux lits de matériaux différents qui sont l'anthracite et le silex. Le débit de filtration dicte le choix des matériaux, il est dans notre cas le double de celui d'une filtration à sable (Figure 7).

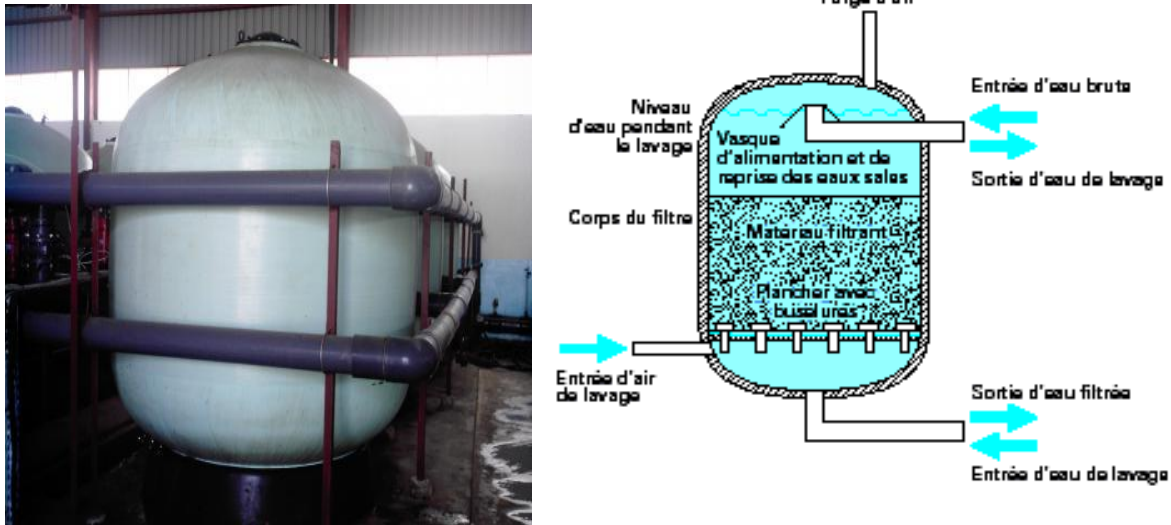


Figure 7 -Filtre vertical métallique sous pression, Lavé à l'air et à l'eau (Sigg, 2000).

Tableau 9 : Différentes étapes de lavage des filtres à sable

Etape	Duré de lavage	Vanne ouverte	Produit
Contre lavage	5	2-3	Eau
Vidange partielle	2	5	Eau
Barbotage	5	6-3	Air (p=0,5 bas)
Contre lavage	5	2-3	eau

Les vannes sont de type pneumatique, et les vannes non mentionnées sont fermées durant les lavages.

5.3.4. Microfiltration

Une fois l'eau de mer filtrée au niveau des filtres à sables et dosée aux produits chimiques décrit antérieurement (Tableau 10), elle est conduite au niveau de la micro filtration (filtre d'affinement), afin d'éliminer toutes les particules qui peuvent rester en suspension (supérieure à 5 microns) (Figure 8) .

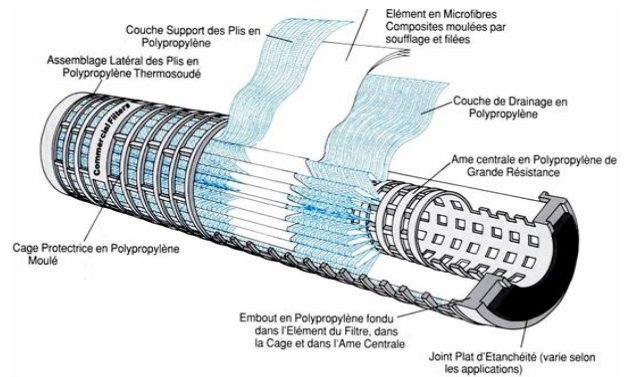


Figure 8 - Vue éclatée d'une cartouche plissée (Danis, 2003)

Tableau 10 : Caractéristiques des filtrations sur cartouche

Quantité	8 unités
Finesse de filtration	5 microns
Type de cartouche	PP (polypropylène)
Modèle de cartouche	50
Quantité de cartouche	20 / unité
Construction de filtre	PVC

5.3.5. Système de membranes d'osmose inverse

L'osmose inverse constitue le cœur du traitement. L'eau est introduite dans les membranes sous une pression supérieure à la pression osmotique qui est de l'ordre 70 bars. Les pompes centrifuges a hautes pression assurent celle-ci (Figure 9).

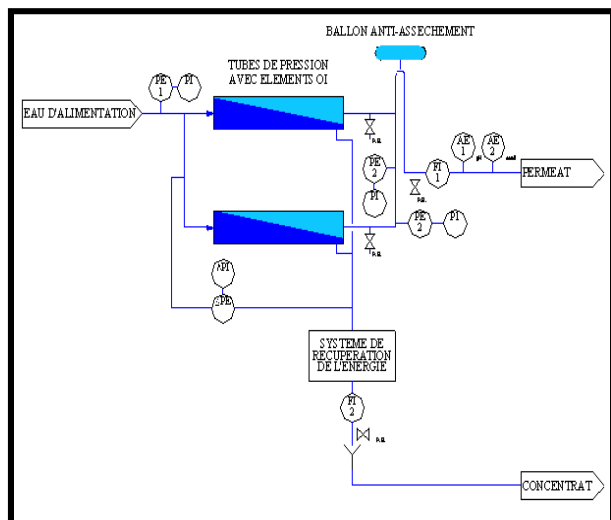


Figure 9- Schéma du procédé simplifié d'osmoseur (Anonyme 01 , 2003).

5.3.6. Réservoir de pompage

Enfin, l'eau produite est stockée dans un bac puis distribuée sur le réseau d'alimentation à travers trois pompes en série (Figure 10).



Figure 10- Réservoir de pompage
(Cas de la station de Bouzedjar)

6. Pompage d'eau de mer

6.1. Bassin de réception d'eau de mer

Le pompage d'eau passe directement au niveau des bassins citez en Figure 11



Figure 11- point de Prélèvement d'eau brute (Mehtougui ,2011)

6.1.2. Pression osmotique

L'osmose est le transfert de solvant à travers une membrane sous l'effet d'un gradient de concentration. Considérons un système de deux compartiments séparés par une membrane semi perméable sélective et contenant deux solutions de concentrations différentes.

Le solvant (généralement l'eau) s'écoule à travers la membrane du compartiment de la solution moins concentrée vers le compartiment contenant la solution la plus concentrée, c'est le phénomène d'osmose. Si on applique progressivement une pression sur le compartiment de la solution la plus concentrée, le flux d'eau qui traverse la membrane va diminuer, puis s'annuler quand la pression appliquée atteindra à ce qui est appelé la pression osmotique. Si on applique une pression supérieure à la pression osmotique, l'eau va traverser la membrane dans le sens inverse du flux osmotique, c'est le phénomène d'osmose inverse (Figure 12).

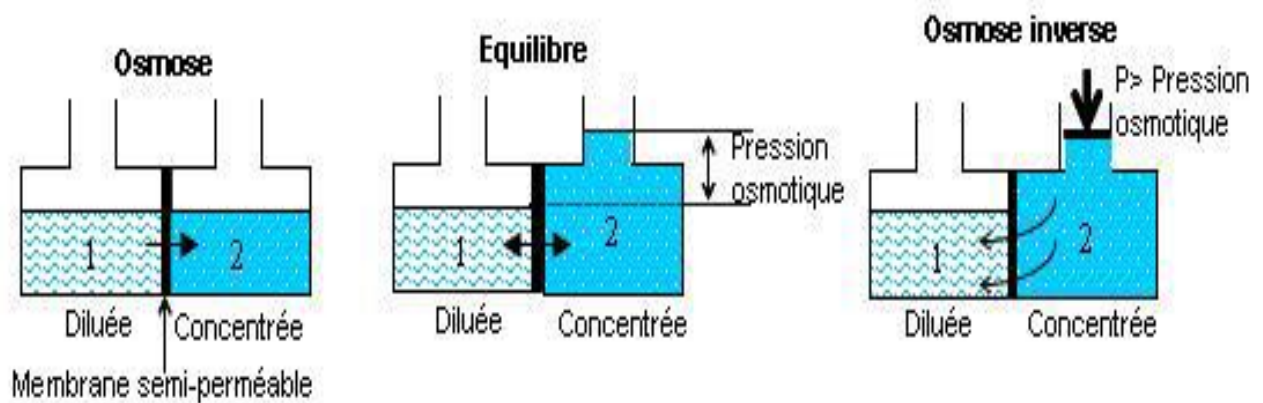


Figure 12- Principe de l'osmose et de l'osmose inverse (Greenlee et *al.*, 2009).

Si deux solutions aqueuses ayant une concentration saline différente sont séparées par une membrane semi-perméable, l'eau migre spontanément vers la solution la moins concentrée en sel. L'équilibre s'établit à la pression osmotique. Plus l'eau est chargée en sels, plus la pression osmotique est élevée. En effet, cette dernière (P) se calcule selon la loi de Van't Hoff :

$P = i \times C \times R \times T$ avec i = nombre d'ions dissociés dans le cas d'un électrolyte,

C = concentration en sels (en mol.m^{-3}),

R = constante des gaz parfaits ($R = 8,314 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$),

K = température de la solution (en kelvins)

Ainsi, la pression osmotique d'une eau à 20°C contenant 35 g de chlorure de sodium par litre vaut :

$$P = 2 \times (35 \times 10^3 / 58,5) \times 8,314 \times 293 = 29,14 \times 10^5 \text{ Pa} = 29,14 \text{ bar.}$$

6.1.3. Mécanisme de transfert

Dans le cas de l'osmose inverse, les transferts de solvant et de soluté au travers d'une membrane semi-perméable se font par solubilisation-diffusion ; toutes les espèces moléculaires (soluté et solvant) se dissolvent dans la membrane et diffusent à l'intérieur de celle-ci sous l'action d'un gradient de concentration et de pression.

En absence de colmatage, le flux de solvant (ici l'eau) à travers la membrane est exprimé par l'équation suivante :

$$J = \frac{\Delta P - \Delta \Pi}{\mu R_m} \quad (\text{Equation 2})$$

Avec :

J Flux d'eau à travers la membrane (L. h-1 .m-2)

ΔP Différence de pression de part et d'autre de la membrane (Pa)

$\Delta \Pi$ Différence de pression osmotique de part et d'autre de la membrane (Pa)

μ Viscosité dynamique de l'eau (Pa.s)

R_m Résistance de la membrane (m-1)

6.1.4. Polarisation de concentration

Polarisation de concentration et colmatage Du fait de la sélectivité des membranes et du passage d'eau à travers celles-ci, les composés retenus s'accumulent progressivement auprès de la surface membranaire. C'est le phénomène de polarisation de concentration. Ainsi la concentration en soluté dans le liquide près de la membrane $C'R$ est supérieure à celle dans le rétentat CR . Le facteur de polarisation de concentration est défini par : $\gamma = \frac{C'R}{CR} = 1 - \frac{R}{C}$ Pour les modules spiralés couramment utilisés en osmose inverse, en général $\gamma = 1,2$ (Maurel, 2006)

Un phénomène limitant intervient lors de l'osmose inverse, il s'agit de la polarisation de concentration au voisinage de la membrane (Figure 13), la polarisation de concentration est caractérisée par une accumulation à la surface de la membrane des espèces retenues. La concentration d'une espèce au voisinage de la membrane (C_m) va augmenter jusqu'à ce qu'un équilibre s'établisse entre le flux transféré à travers la membrane sous l'action du gradient de pression

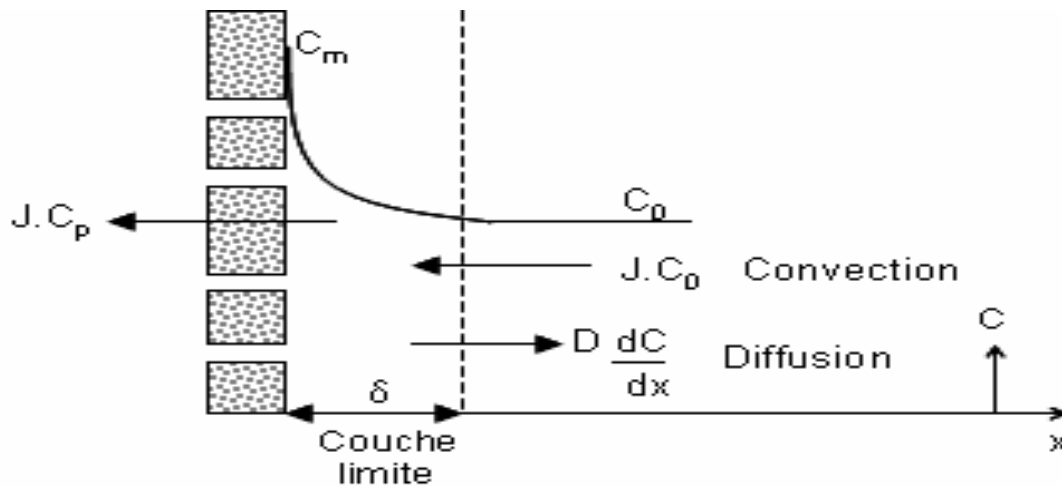


Figure 13- Phénomène de polarisation de concentration (Maurel, 2006)

6.1.5. Limitations de l'osmose inverse

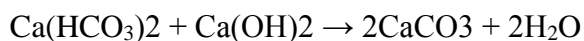
Nous définissons sous le terme de colmatage l'ensemble des mécanismes qui limitent le flux à travers une membrane. Dans le cas de l'osmose inverse, le phénomène de colmatage peut être classifié en 4 catégories suivantes: la précipitation des composés inorganiques sur la membrane (l'entartrage), la formation du dépôt par des particules ou des matières organiques sur la membrane, la formation du biofilm et l'excrétion in situ d'exopolymères sur la membrane (le bio-colmatage), et l'absorption dans la membrane.

6.1.6. Colmatage par entartrage

L'entartrage sur une membrane est principalement causé par : le dépassement de la limite de solubilité des composants inorganiques, c'est-à-dire qu'il y a une sursaturation et l'augmentation rapide de la vitesse de déposition. Des sels sursaturés vont précipiter sur la surface de la membrane et construire une couche fine qui bloque le transfert de matière à

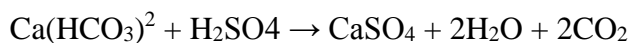
travers la membrane. L'entartrage a toujours lieu à la surface de la membrane car la concentration des sels est augmentée près de la membrane par la polarisation de concentration. Les dépôts de tartre rencontrés le plus fréquemment dans le dessalement comportent du carbonate de calcium (CaCO_3), du sulfate de calcium ($\text{Ca}(\text{SO}_4)^2$), de l'hydroxyde de magnésium ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) et des dépôts de silice (SiO_2 , CaSiO_3 , MgSiO_3 , etc....). Luo et Wang (2001) ont montré que des complexes colloïdaux (Si-Al-Fe) constituent l'entartrage principal de la membrane d'osmose inverse. Les éléments prédominants sont le silicium et l'aluminium qui représentent 23,81 % et 17,67 % respectivement des éléments totaux. La précipitation du silicium est probablement expliquée par l'effet de la présence des ions trivalents, à savoir Al_3^+ et Fe^{3+} . L'entartrage peut être éliminé par différents traitements chimiques (Maurel, 2006) :

Précipitation à la chaux : ce procédé est employé lorsque la dureté carbonatée est due essentiellement aux ions Ca^{2+} . En revanche, l'addition de chaux entraîne la précipitation du CaCO_3 avant la membrane suite à la modification du pH.



Cette technique présente des inconvénients inhérents à l'emploi de la chaux et à la quantité de boues produite, mais celles-ci sont facilement déshydratées. Ce procédé permet également de traiter de manière efficace les problèmes de turbidité.

Décarbonatation à l'acide : l'addition d'un acide fort, H_2SO_4 ou HCl , déplace les carbonates sous forme de gaz carbonique



(Germination ou ensemencement : ce système consiste à provoquer les dépôts sur des germes cristallins que l'on a introduits dans la solution à raison de 10 à 20 g.L⁻¹. Ces germes peuvent être du carbonate de calcium, du sulfate de calcium ou du sulfate de baryum. Les risques de « prise en masse » au cours des arrêts existent et peuvent expliquer le faible développement de ce procédé. (Greenlee et al, 2009).

Adoucissement sur résines de l'eau de mer : l'adoucissement de l'eau de mer consiste à remplacer les ions calcium par des ions sodium. Le procédé consiste à faire circuler l'eau de mer sur des résines cationiques acides fort saturées en ion sodium, où se produit un échange ionique.

Inhibiteurs d'entartrage : c'est ce procédé qui est le plus souvent utilisé. Les produits chimiques nommés « tartriques » sont injectés à très faible dose (quelques ppm) dans l'eau d'alimentation. Ils ont la propriété d'éviter ou de minimiser les dépôts qui se font sur la

membrane. Les trois principales familles de produits antitartre utilisées dans le dessalement de l'eau de mer sont les polyphosphates, les organophosphorées et les polymères carboxyliques.

6.1.7. Colmatage par dépôt

Le colmatage par dépôt peut être de deux natures différentes qui peuvent coexister:

Le colmatage particulaire ou colloïdal : des colloïdes peuvent être agglomérés et adhérer à la membrane. Les colloïdes les plus courants sont des argiles de silicate d'aluminium (0,3-1 μm) et des colloïdes de fer. Les microorganismes déposés font aussi partie de ce colmatage.

Le colmatage par la matière organique : la dégradation de la matière organique produit une matrice de macromolécules appelée acide humique. Les matières organiques dans les eaux salées sont principalement des substances humiques à des concentrations entre 0,5 à 20 mg/l pour l'eau saumâtre et jusqu'à 100 mg/l pour l'eau de mer en surface (Fritzmann et *al.*, 2007).

6.1.8. Bio-colmatage

Toutes les eaux de mer contiennent des microorganismes tels que des bactéries, des algues, des virus, etc. Ces microorganismes excrètent des substances polymériques extracellulaires qui adhèrent à la surface de la membrane et provoquent la formation d'un biofilm. La première étape de la formation du biofilm est probablement l'adsorption des molécules organiques sur la surface de la membrane. Cette couche organique conditionne la surface de la membrane et améliore l'adhésion des microorganismes. L'étape suivante est donc l'adhésion des microorganismes sur la surface de la membrane conditionnée ; cette étape est suivie par l'adhésion microbienne, la croissance des cellules adhérentes et par la suite la production de polymère extracellulaire. Nous avons vu qu'une eau de mer contient tous les éléments nécessaires pour le développement de micro-organismes. En osmose inverse, le colmatage par biofilm est un phénomène majeur (Greenlee et *al.*, 2009).

6.1.9. Résistance de colmatage

Le colmatage dans ses différentes formes ajoute une résistance au transfert de matière à celle de la membrane et la performance globale diminue significativement.

Pour récupérer les performances de la membrane, elle doit être périodiquement nettoyée. Le type de produit de nettoyage dépend largement du type de membrane et de la nature du colmatage. Le Tableau 11 présente les nettoyages chimiques de la membrane d'OI pour le dessalement d'eau de mer par différentes solutions nettoyantes. Noter qu'une augmentation du flux est considérée comme un résultat favorable, ainsi qu'une réduction de la conductivité (valeur négative) .

Tableau 11- Variation du flux et de la conductivité de l'eau par les différents nettoyages acide/base (Sadhvani et Vezab, 2001).

Produits chimiques	Variation du flux d'eau produite (%)	Variation de la conductivité de l'eau produite (%)
NaOH , 0,8 %	-13,24	
HCl, 0,8 %	+22,86	
NaOH suivi par HCl, 0,5 %	+22,50	+21,73
NaOH et détergent, 0,8 %	+22,96	
HCl et détergent, 0,8 %		+54,24
NaOH et détergent suivi par HCl et détergent, 0,5 %		-17,65
NaOH et détergent suivi par HCl et détergent, 1,0 %	-12,24	-20,19

Le colmatage biologique et organique ne peut pas être facilement éliminé car les microorganismes sont protégés des désinfectants par une couche de gel. Il est donc nécessaire pour une bonne performance de l'OI d'éviter l'apparition du colmatage par un prétraitement efficace.

6.1.10. Procédés de prétraitement de l'osmose inverse

Le prétraitement de l'eau de mer avant osmose inverse est absolument nécessaire car les membranes d'osmose inverse sont très sensibles au colmatage et une bonne qualité de l'eau en entrée des modules d'osmose inverse est indispensable pour assurer des performances stables de l'osmose inverse sur le long terme. Le prétraitement a pour objectif la réduction du colmatage, l'augmentation de la durée de vie des membranes, l'amélioration de la qualité de l'eau produite et la maintenance des performances de l'osmose inverse. Les procédés de prétraitement peuvent être divisés en deux catégories : les prétraitements physiques et les prétraitements chimiques. Les prétraitements physiques incluent les préfiltres mécaniques, les filtres à cartouche, la filtration à sable et la filtration membranaire. Le prétraitement chimique consiste en l'addition d'inhibiteurs d'entartrage, de coagulants, de désinfectants et de polyélectrolytes.

A l'heure actuelle, la plupart des usines d'osmose inverse utilisent un procédé de prétraitement conventionnel qui généralement consiste en un prétraitement physique et chimique sans procédé membranaire.

Avec la baisse constante du prix des éléments membranaires et la dégradation de la qualité des ressources en eau, le prétraitement par procédé membranaire trouve de plus en plus sa place dans les étapes de prétraitement avant osmose inverse. Nous allons détailler à présent les deux types de filières de prétraitement : conventionnelle et à membrane.

6.1.10.1. Prétraitement conventionnel

Le prétraitement conventionnel est encore très majoritairement utilisé dans les usines de dessalement. La filière de prétraitement conventionnel dans une usine de dessalement de l'eau de mer comporte généralement les étapes suivantes (Figure 14).

Préfiltration grossière : le rôle principal de la préfiltration est d'éliminer les gros matériaux qui peuvent endommager les installations et réduire l'efficacité globale du procédé de traitement

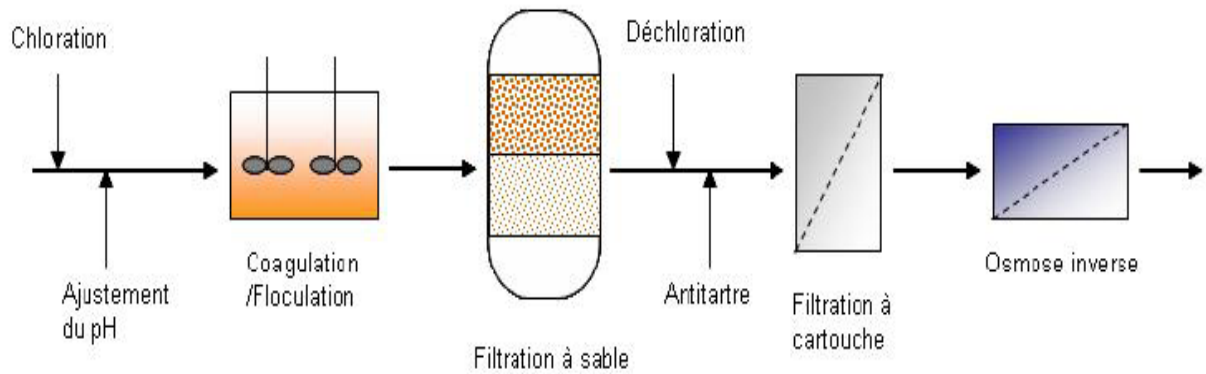
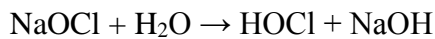
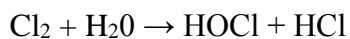


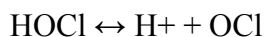
Figure 14 : Prétraitement conventionnel typique

6.1.10.2. Chloration

La chloration est nécessaire pour désinfecter et éviter la croissance biologique qui cause le biocolmatage de la membrane. Le chlore est ajouté sous la forme d'hypochlorite de sodium (NaOCl) ou de gaz dichlore (Cl₂) qui est hydrolysé sous la forme d'acide hypochloreux (HOCl).



Dans l'eau, l'acide hypochloreux se dissocie en ions hydrogène (H⁺) et hypochlorite (OCl⁻).



La somme du Cl₂, NaOCl, HOCl et OCl⁻ constitue le chlore résiduel libre. Une concentration en chlore résiduel libre de 0,5 à 1,0 mg/l doit être maintenue le long de la filière de prétraitement pour empêcher le colmatage de la membrane.

6.1.10.3. Ajustement du pH

L'addition d'acide comme l'acide sulfurique (H₂SO₄) est nécessaire pour empêcher l'entartrage par CaCO₃.

6.1.10.4. Coagulation et floculation

Les coagulants sont ajoutés pour que les particules colloïdales puissent s'agglomérer. Pour améliorer la procédure de floculation, des floculants comme les polymères cationiques ou

anioniques sont également rajoutés. Les coagulants les plus utilisés sont le chlorure ferrique (FeCl_3), le sulfate ferrique ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$), le sulfate d'aluminium ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$).

6.1.10.5. Filtration sur sable mono- ou bicouche

La filtration sur sable est nécessaire pour éliminer les agglomérats produits lors de la coagulation.

6.1.10.6. Déchloration et antitartre

La déchloration doit être effectuée avant l'osmose inverse car le chlore résiduel peut détériorer les membranes d'osmose inverse. Des fournisseurs de membranes donnent une dégradation de la membrane après des temps de contact de 200 à 1 000 heures avec une concentration en chlore résiduel libre de 1 mg.L^{-1} pour des membranes composites. La dégradation sera plus rapide dans le cas de solutions alcalines et de températures élevées.

Normalement, le métabisulfite de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) est utilisé pour la déchloration, pour son efficacité et son faible prix. Dans l'eau, il produit du bisulfite de sodium :



Le bisulfite de sodium réduit l'acide hypochloreux :



Le métabisulfite de sodium est nécessaire théoriquement à 1,34 mg pour 1,0 mg de chlore résiduel.

En pratique pour enlever 1 mg de chlore résiduel libre, il faut typiquement 3,0 mg de métabisulfite de sodium.

6.1.10.7. Filtration à cartouche

La dernière étape du prétraitement conventionnel est la filtration sur cartouche avec une taille de maille de 5 à 10 μm pour protéger les membranes d'osmose inverse.

Une filtration sur sable bicouche est suffisante pour atteindre un SDI inférieur à 4 et effectivement éliminer des pigments algaux si le système est alimenté par une eau brute de bonne qualité (Le Parc, 2007). Par contre, le prétraitement conventionnel complet peut être

insuffisant en cas de mauvaise qualité de l'eau pendant des orages ou lors de blooms algaux. Le choix du prétraitement conventionnel doit donc être adapté selon la qualité de l'eau de mer brute pour assurer la meilleure qualité de l'eau possible en amont des membranes d'osmose inverse (Gaid et Treal, 2007). Les inconvénients du procédé de prétraitement conventionnel sont :

- Variation de qualité de l'eau d'alimentation vers les membranes d'osmose inverse
- Difficultés de fournir un SDI constant inférieur à 4
- Difficultés d'enlever des particules plus petites que 10-15 μm
- Grande taille de l'installation due à la vitesse de filtration faible
- Addition de coagulant qui influence les performances des membranes d'osmose inverse
- Consommation de réactifs chimiques
- Consommation considérable d'espace et de main d'œuvre

Wolf et *al.*, (2005) ont mis en évidence la défaillance de fonctionnement d'usines de dessalement dont le prétraitement conventionnel utilisait la filtration sur sable bicouche et n'arrivait pas à atteindre un SDI inférieur à 4.

En conséquence, la membrane d'osmose inverse colmate rapidement et l'usine de dessalement ne permet pas de produire l'eau potable nécessaire. Ceci conduit à la consommation de produits chimiques pour le nettoyage des membranes, à une dépense d'énergie due à la pression opératoire élevée, et donc à un coût opératoire élevé.

6.1.11. Prétraitement par les procédés membranaires

En raison des limitations du prétraitement conventionnel qui viennent d'être évoquées, un intérêt croissant s'est porté sur l'utilisation de procédés membranaires basse pression tels que la microfiltration (MF), l'ultrafiltration (UF) et la nanofiltration (NF). Les avantages majeurs des procédés membranaires sont les suivants (Pearce, 2007) :

- Flux de l'osmose inverse significativement élevé
- Plus faible consommation de produit chimique
- Meilleure compacité (-33 %)
- Augmentation de la durée de vie des membranes d'osmose inverse
- Capacité de fonctionnement à une qualité de l'eau d'alimentation variée
- Désinfection et nettoyage de l'osmose inverse moins nécessaire

Wolf et *al.* (2005) ont présenté une comparaison économique du prétraitement par procédé membranaire par l'ultrafiltration (UF) et par prétraitement conventionnel – la coagulation et la filtration sur sable bicouche, suivant les hypothèses présentées dans les Tableaux 12 et 13.

Tableau 12- Comparaison économique entre le prétraitement membranaire et conventionnel (Wolf et *al.*, 2005).

	Coût (\$ US/m ³)	Prétraitement membranaire	Prétraitement Conventionnel
Investissement	Infrastructure	205	203
	Système de prétraitement	202	134
	Système de dessalement	572	625
	Coût d'investissement total	979	971
Opération	Coût investissement	0,2377	0,2452
	Remplacement de l'UF/ les matériaux de filtration à sable	0,0234	0,0026
	Remplacement de l'osmose inverse	0,0161	0,0275
	Produits chimiques pour le nettoyage et le procédé	0,0411	0,0488
	Consommation d'énergie	0,1773	0,1712
	Partie des pièces de rechange	0,0382	0,0411
	Partie des pièces de rechange	0,0286	0,0360
	Main d'oeuvre	0,0196	0,0196
	Frais généraux		
	Coût opératoire	0,582	0,592

Tableau 13- Hypothèses du calcul de coût pour les systèmes de prétraitement (Wolf et *al.*, 2005).

Paramètres	Valeurs
Capacité de l'usine d'osmose inverse	74 000 m ³ /jour
Salinité de l'eau	35 000 ppm
Qualité de l'eau	Mauvaise, turbidité élevée et variable
SDI15	SDI15 > 6
Taux d'intérêt	6,5 %
Vie de l'usine	25 ans
Coût d'énergie	0,045 \$ US/kWh

Cette comparaison montre que les coûts d'investissement et de fonctionnement de ces deux filières sont sensiblement identiques.

Rappelons que l'objectif du prétraitement est de retenir les particules et les matières organiques qui peuvent conduire à un développement bactérien – biofilm – sur la membrane d'osmose inverse. Les membranes d'ultrafiltration (UF) et de microfiltration (MF) vont retenir les particules, mais laissent passer les petites matières organiques, donc ne permettent pas la prévention de la formation du biofilm. Par ailleurs, la membrane de NF retient petites molécules organiques et sels, mais fait apparaître la problématique du colmatage qui peut être voisin de celui d'osmose inverse.

De plus, la consommation énergétique de la nanofiltration (NF) est supérieure à celle de l'ultrafiltration (UF) ou de la microfiltration (MF).

En conclusion, l'enjeu est de proposer un procédé de prétraitement permettant de retenir les particules et les petites molécules organiques et ce, pour un faible coût énergétique. Notre choix s'est porté sur des procédés hybrides faisant appel à l'ultrafiltration. C'est pourquoi, le paragraphe suivant présente plus en détails ce procédé membranaire. (Chatkaew, 2009).

Chapitre 3

Présentation de la zone d'étude

1. Localisation géographique de la zone d'étude

Le littoral oranais s'étend de l'extrême Est de la wilaya de Mostaganem à la frontière Algéro-Marocaine. (Figure15).

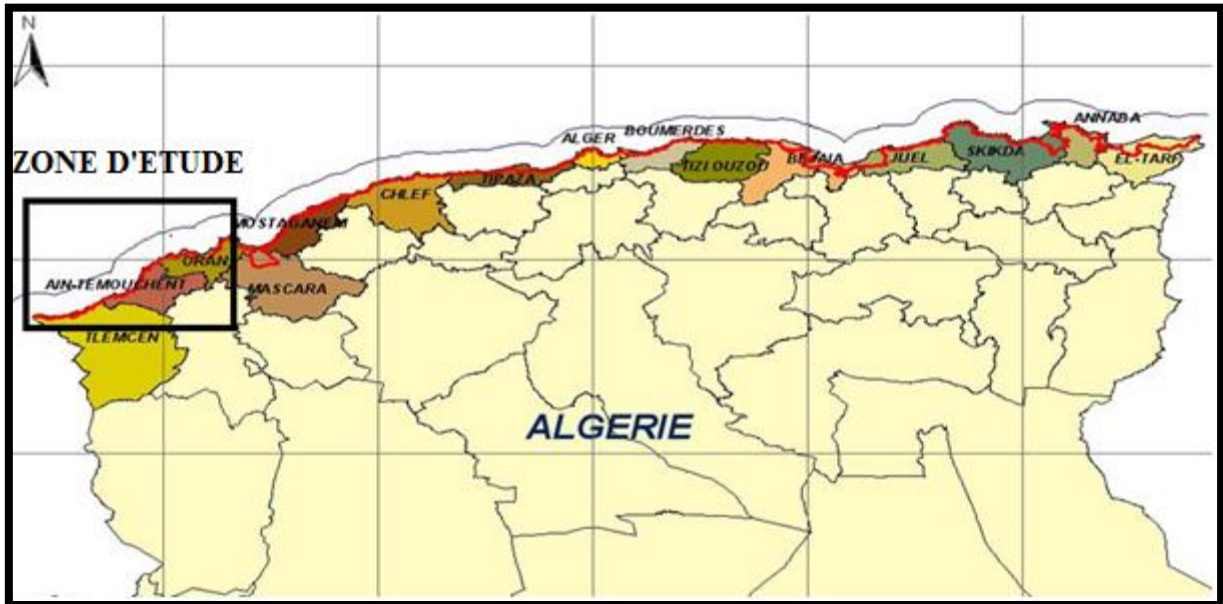


Figure15 - Situation géographique de la zone d'étude
(Carte modifiée, Mehtougui, 2015)

Le littoral oranais est un ensemble de forme de relief dont le façonnement dépend directement ou indirectement des actions de la mer. Il comprend la ligne de côte dont les plages et les falaises font partie ; ces dernières diffèrent d'une zone à une autre (Leclair, 1972).

Le golfe d'Arzew ($35^{\circ} 56' 00$ N et $0^{\circ} 25' 09$ W ; $36^{\circ} 56' 00$ N et $0^{\circ} 6' 00$ W) est situé entre le Cap Carbon à l'ouest et la Pointe de Salamandre à l'Est (Figure 16). Le plateau continental de cette zone présente une très forte pente (Leclair, 1972) au pied des djebels Ourousse et Sicioum (à proximité de Cap Ferrat et de Cap Carbon). Par contre, dans les autres secteurs, nous notons la présence d'une pente douce jusqu'à l'embouchure de l'Oued Chelif, en particulier entre l'isobathe -50 et -100 m, les fonds descendent en pente très douce (Caulet, 1972).

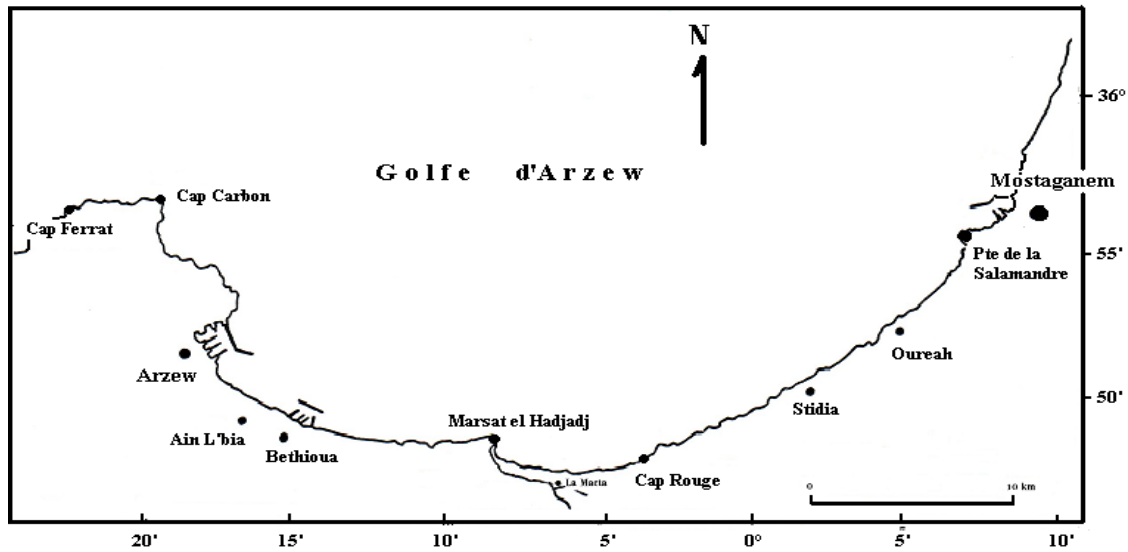


Figure 16- Le golfe d'Arzew (Chachoua *et al.*, 2007)

Le golfe d'Oran occupe la partie centrale du littoral oranais et s'ouvre d'Ouest en Est ; elle est bordée sur 30km de terres élevées et dessine une demi circonférence à peu près régulière depuis le cap Falcon jusqu'au cap de l'Aiguille.

Du port d'Oran à la Pointe de Mers el Kébir, la côte est constituée essentiellement de hautes falaises (10 à 30 m de hauteur). A l'est du port d'Oran, la côte présente des falaises plus ou moins hautes interrompues de petites plages.

Deux des plus grands ports d'Algérie se trouvent dans cette zone : les ports d'Oran (Figure 17) et de Mers el Kébir. Le port de Mers el Kébir occupe presque toute la partie occidentale de la baie d'Oran. C'est un port militaire et comprend un important chantier naval. La partie centrale de cette zone est occupée par le port d'Oran. A l'Est de ce port se trouve le petit port de Kristel qui abrite une petite flottille de pêche artisanale.

Le littoral oranais est un ensemble de forme de relief dont le façonnement dépend directement ou indirectement des actions de la mer. Il comprend la ligne de côte dont les plages et les falaises font partie ; ces dernières diffèrent d'une zone à une autre. La baie d'Oran occupe la partie centrale du littoral oranais et s'ouvre d'Ouest en Est ; elle est bordée sur 30km de terres élevées et dessine une demi circonférence à peu près régulière depuis le cap Falcon jusqu'au cap de l'Aiguille (Leclaire, 1972).

Du port d'Oran à la Pointe de Mers el Kébir, la côte est constituée essentiellement de hautes falaises (10 à 30 m de hauteur). A l'est du port d'Oran, la côte présente des falaises plus ou

moins hautes interrompues de petites plages. Deux des plus grands ports d'Algérie se trouvent dans cette zone : les ports d'Oran (figure 17 et 18) et de Mers el Kébir (figure 17 et 19) et un abri de pêche. Le port de Mers el Kébir occupe presque toute la partie occidentale de la baie d'Oran. C'est un port militaire et comprend un important chantier naval. La partie centrale de cette zone est occupée par le port d'Oran. A l'est de ce port se trouve le petit port de Kristel qui abrite une petite flottille de pêche artisanale (KERFOUF *et al.*, 2007).

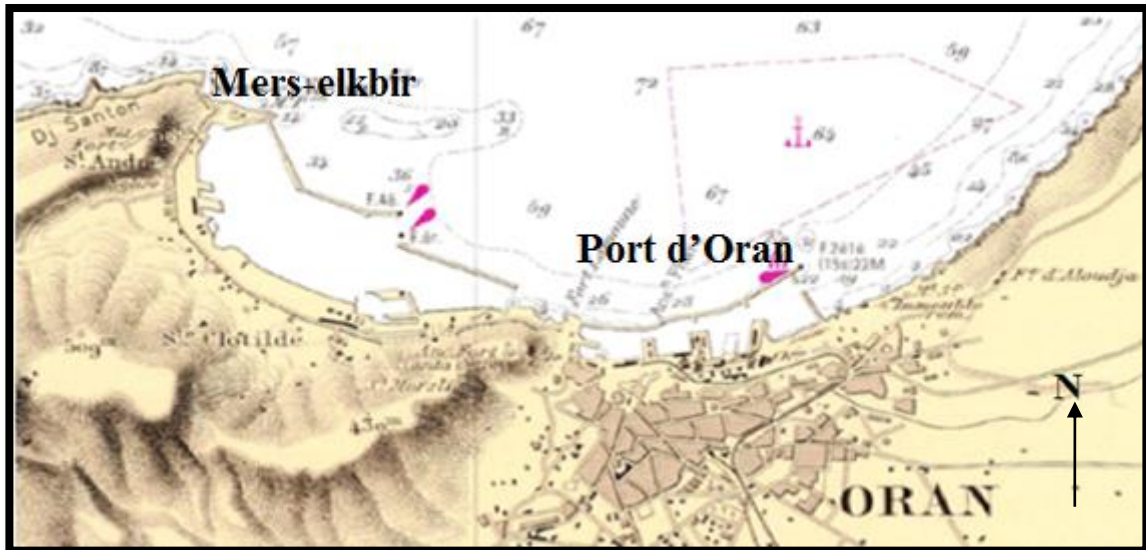


Figure 17 - Localisation de la baie d'Oran
(Carte modifiée, Mehtougui, 2015)



Figure 18 - Port d'Oran (Photo kerfouf, 2015)



Figure 19 - Port de Mers Kebir (Photo kerfouf, 2015)

La baie de Beni saf s'étend sur 14 Km du Cap Acra à l'ouest au Cap Oulhassa à l'Est (Figure 20). Cette baie en arc de ciel est très ouverte aux houles (Refès, 1994).

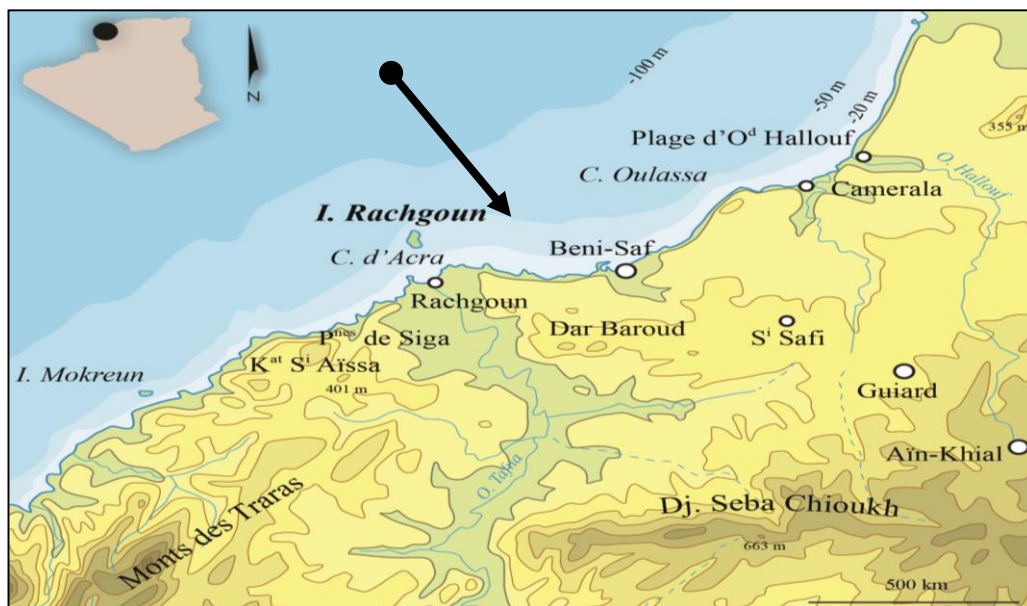


Figure 20 - Localisation de la baie de Béni Saf (Bachir Bouiadjra *et al.*, 2014).

Honaine est située à mi-distance entre les deux sites de Ghazaouet et de Béni-Saf, à une altitude de 15 m. Ses coordonnées Lambert sont : $35^{\circ} 10'$ latitude Nord et $1^{\circ}39'$ longitude ouest. Cette ville historique se situe à 69 Km du chef lieu de la wilaya de Tlemcen.(Figure 21et 22). Elle se trouve dans une petite baie à 52 Km de la frontière Algéro-Marocaine. La région est formée par un substratum primaire granitique. Des mouvements tectoniques profonds ont créé un important métamorphisme régional (P.D.A.U, 2005).



Figure 21 - Localisation de la baie de Honaine
(Carte modifiée, Mehtougui, 2015)



Figure 22 - Port de Honaine (Photo Mehtougui, 2015)

Ghazaouet est située à l'Ouest de l'Algérie : latitude $35^{\circ}06'$ Nord- longitude $1^{\circ}52'$ Ouest. Elle se trouve à 80 km au Nord du chef lieu de la wilaya de Tlemcen et à 50Km de la frontière marocaine (Figure 23 et 24).

Le territoire de la commune de Souk Thlata est situé au nord-ouest de la wilaya de Tlemcen (Figure 23 et 25). Son chef-lieu est situé à environ 63 km à vol d'oiseau au nord-ouest de Tlemcen.



Figure 23 - Localisation de la baie de Ghazaouet et Souk Thlata (Carte modifiée, Mehtougui, 2015)



Figure 24 - Port de Ghazaouet (Photo Mehtougui, 2015)



Figure 25 - Vue générale sur la région de Souk Thlata (Photo Mehtougui, 2015)

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 peu étendue, plus ou moins continue. Elle assure la transition avec les grands fonds du bassin algéro-baléares : la marge continentale ou le précontinent nord-africain, qui se prolonge depuis la frontière marocaine jusqu'à la frontière tunisienne (Leclaire, 1972).

Le littoral sud méditerranéen est constitué de 70 % de falaises abruptes entrecoupées de promontoires rocheux avec des saillies et des caps, les 30 % restants sont représentées par les plages sablonneuses bordées de cordons dunaires ou cadrées par des affleurements de roches éruptives (Leclaire, 1972).

La plate forme de l'ouest algérien est l'une des plus étroite de la Méditerranée, puisque sa largeur moyenne est de 7km ; ainsi le rebord de ce plateau s'abaisse sensiblement le long du golfe d'Arzew et remonte au voisinage des massifs d'Oran, où la couverture sédimentaire est de nature variée. Le calcaire est le constituant majeur des sédiments, car il forme un tapis recouvrant tout le plateau continental ; par contre les sédiments siliceux sont faiblement représentés. Les vases calcaréo-siliceuse qui couvrent une importante superficie de la baie d'Oran sont très riches en débris de roches et en coquilles fraîches et transparentes, alors que les boues argilo siliceuse ne représentent qu'un faible pourcentage aux rebords de cette baie (Leclaire, 1972).

Les fonds des îles Habibas au cap Falcon, sont de nature sablonneuse, vaseuse par endroit, coquillières et parsemés par de nombreuses roches. Du cap Falcon au cap de l'Aiguille, tous les sables et les graviers calcaires sont plus ou moins argileux. Ils se divisent en deux types : les sables de la plate forme continentale et les sables du rebord. Enfin à l'est de notre zone d'étude entre la Pointe de l'Aiguille et le cap Carbon, la côte est essentiellement rocheuse (Leclaire, 1972).

Les matériaux constituant la couverture sédimentaire actuelle proviennent comme partout ailleurs de l'érosion continentale ou sous-marine, et de la production d'origine biologique, soit benthique soit planctonique. Le façonnement et la répartition de tous ces

La Mer méditerranée est considérée comme un bassin semi fermé qui communique avec le reste de l'océan mondial par le Déroit de Gibraltar dont la largeur est en moyenne de 15 km et la profondeur de 250m au seuil. Le déroit de Sicile dont la profondeur est environ 1000 m au seuil, divisant le bassin en deux grands sous bassins, la Mer occidentale et la Mer orientale, sous divisées à leur tour en mers secondaires (Lascarat, 1998).

Un certain nombre d'auteurs apportent des précisions sur la circulation des eaux en Méditerranée et le long des côtes algériennes (Lacombe et Tchenia., 1960) :

- Un courant de surface ou courant atlantique qui va d'ouest vers l'est.
- Un courant profond ou courant oriental qui va de l'est vers l'ouest.

La valeur moyenne des eaux atlantiques entrantes en Méditerranée est en effet, de 1 million de m³/s (Lacombe et Tchenia., 1960). 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 facteurs qui affectent la circulation générale, les vents, l'évaporation et la rotation de la terre paraissent jouer un rôle important. Les récentes investigations reposant sur l'imagerie satellitaire, ont précisé l'évolution du courant atlantique (Millot, 1989).

Ce courant pénètre sous forme d'une veine de 50km de largeur à 0°, de hauteur maximale 150m et d'une vitesse supérieure à 50cm/s. il long la côte et s'en rapproche sous l'effet de la force de Coriolis (Figure 27).

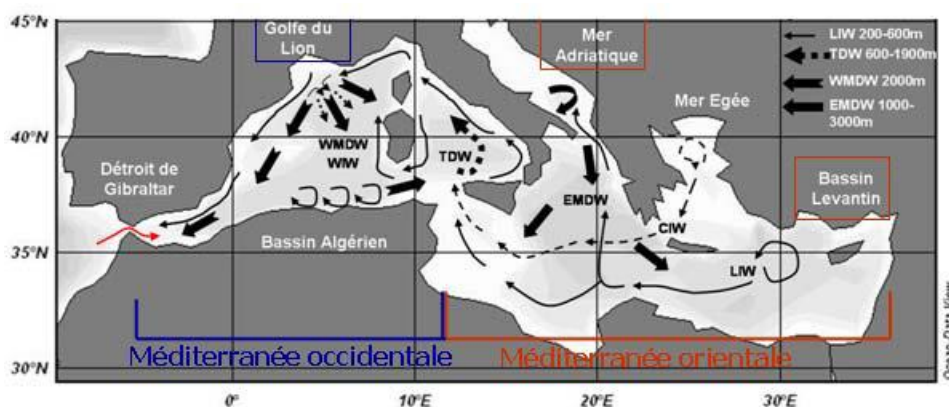


Figure 27- Circulation globale en Méditerranée. LIW (eau levantine intermédiaire), TDW (eau densitérrhénienne), WMDW (eau profonde du bassin Ouest Méditerranéen), EMDW (eau profonde du bassin Méditerranéen) (Millot, 1989).

A proximité d'Oran, les eaux atlantiques se resserrent près de la côte en s'enfonçant jusqu'à 100 - 200 m de profondeur et se dirigent vers l'est avec une vitesse moyenne de 0,6 nœuds.

Vers 4° à l'est, le courant se divise en deux branches dont l'une poursuit sa route vers l'est (Déroit sicilo-tunisien) en s'écartant de la côte et en diminuant de vitesse (0,5 m/s devant Alger), tandis que l'autre moins importante remonte vers le nord (bassin algéro-baléares, côte ouest de la Sardaigne et de la Corse). Orienté ouest/est tout au long du précontinent algérien, le courant atlantique induit au niveau des golfes et des baies des contres courants à vitesse très faibles tournant dans le sens des aiguilles d'une montre.

D'après les mesures par flotteurs, la vitesse moyenne en surface de ces courants est de 0,3 Km/h à Arzew (Caulet, 1972) et à Alger (Grovel, 1961).

A proximité des fonds sous marins, la vitesse de ces courants diminue très rapidement et devient pratiquement négligeable : 1 cm/s (Millot, 1987).

Le flux d'eaux Océaniques entrant par le détroit de Gibraltar sous forme de méandres associe son effet avec d'autres phénomènes complexes pour engendrer des *upwellings* ou remontée des eaux profondes, d'où un apport en sels minéraux et éléments nutritifs qui permet le développement du phytoplancton et du zooplancton, premier maillon de la chaîne trophique marine nécessaire au maintien d'un équilibre stable de cet écosystème. Les *upwelling* côtiers contribuent au transfert et à la répartition des polluants (Aubert et al., 1982).

3.1. Masses d'eaux de surface

Ce sont des eaux d'origine atlantique pénètrent en surface par le Déroit de Gibraltar quittant les côtes espagnoles pour rejoindre les côtes algériennes. Ce courant se déplace sur 1200 km de long et sur 50 km, ayant une salinité estimée à 36,25 ‰ et une température de 12 à 13°C.

Le flux atlantique va traverser la mer d'Alboran puis les côtes algériennes sous forme de gyre anticyclonique (mouvement circulaire suivant le sens des aiguilles d'une montre) ; ce même courant (courant algérien) est souvent instable et à forte intensité engendrant des courants secondaires (méandres) qui vont se diviser en deux branches (Lascaratos, 1998):

- La première va se déplacer vers le nord en longeant les côtes de l'Italie, de la France et de l'Espagne (courant Liguro provençal) pour revenir à l'Atlantique via le Déroit de Gibraltar.
- La deuxième gagnera la Méditerranée orientale via le détroit de Sicile.

Les eaux de la Méditerranée subissent un refroidissement en hiver qui accroît leur densité et les oblige à plonger en profondeur, formant ainsi une couche intermédiaire épaisse de 50 à 100 m. Ces eaux circulent le long des côtes algériennes mais sans aucune orientation d'est en ouest (Figure 28). Au niveau du bassin algérien l'eau levantine qui s'écoule du détroit de Sicile arrive sous forme de poches, entraînées probablement par des tourbillons d'intensité moyenne depuis les côtes de la Sardaigne (Millot, 1987).

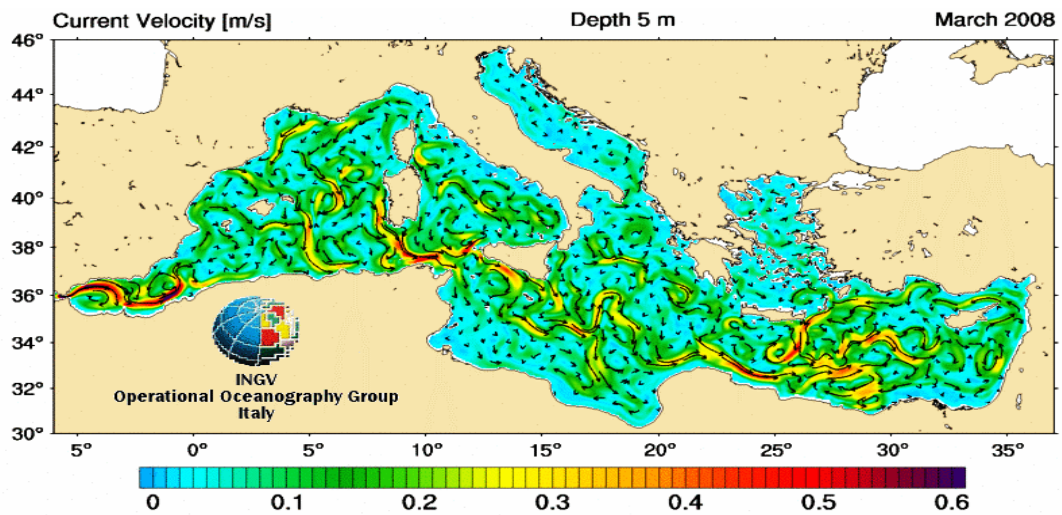


Figure 28- Circulation de surface et vitesse des courants (source : INGV, 2008).

3.2. Eaux Intermédiaires Levantines (EIL ou LIW)

Les eaux de la Méditerranée subissent un refroidissement en hiver qui accroît leur densité et les oblige à plonger en profondeur, formant ainsi une couche intermédiaire épaisse de 50 à 100 m. Ces eaux circulent le long des côtes algériennes mais sans aucune orientation d'est en ouest (Figure 21). Au niveau du bassin Algérien l'eau levantine qui s'écoule du Déroit de Sicile arrive sous forme de poches, entraînées probablement par des tourbillons d'intensité moyenne depuis les côtes de la Sardaigne (Millot, 1987).

3.3. Eaux profondes

Les masses d'eaux superficielles et intermédiaires refroidissent encore et prolongent sous l'action des phénomènes atmosphériques d'hiver (Figure 22), ces eaux sont très homogènes dans tout le bassin méditerranéen avec une température fixe de 12,7° C, une salinité estimée à 38,4 ‰ et une densité évaluée à 29,11 (Millot, 1985).

3.3.1. Le bassin de concentration

La Méditerranée constitue un bassin allongé relativement étroit (détroit de Gibraltar : 15 km de largeur), comme nous l'avons cité précédemment le bassin Méditerranéen est divisé en deux grands bassins occidental et bassin oriental. Les pertes en eau enregistrées sont nettement supérieures que celles apportées par les précipitations et les fleuves d'où l'idée ou l'apparition du terme « bassin de concentration » (Lascaratos, 1998).

Les eaux de l'Océan atlantique pénètrent en surface par le Détroit de Gibraltar, sont moins salées. En raison de l'évaporation, elles deviennent plus salées (donc plus denses) et plongent à une profondeur intermédiaire pour regagner par la suite l'Atlantique ; de cette façon, les pertes en eaux sont compensées et la salinité maintenue constante. Le type de mouvements des eaux est dit « Lagunaire » (Lacombe, 1965).

3.3.2. Le bassin de dilution

Par contre en Méditerranée il y a des endroits où les apports des précipitations et des fleuves sont supérieurs aux pertes d'eau par évaporation (ex : la Mer noire ou la Mer rouge), dans ces régions les eaux profondes sont plutôt douces et moins denses, de ce fait nous aurons un mouvement inverse du premier où les eaux profondes remontent à la surface pour réguler la salinité des eaux. Dans ce cas de figure nous employons le terme de « bassin de dilution » et le mouvement est dit *estuarien* (Lascaratos, 1998).

3. Les houles

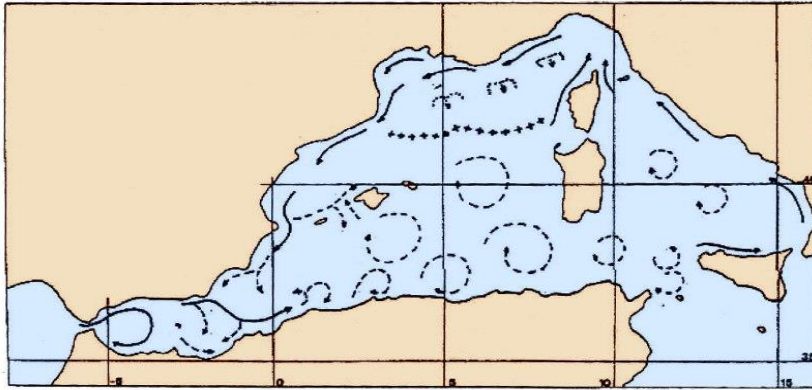
Les houles présentes au large et au niveau des côtes à la fois, agissent activement (jusqu'à 200m de profondeur) mélangeant et dispersant les différentes substances polluantes, favorisant la sédimentation et d'autres phénomènes complexes.

En plus de l'existence des marées et des courants permanents au large ou à la côte, les houles agissent de façon active parfois jusqu'à 200m entraînant la dispersion de substances polluantes, l'oxygénation, la rupture de stratification, et la sédimentation. Ces mouvements marins assez particuliers appelés « ondes externes » apparaissent généralement lorsque le milieu marin est soumis à une action externe qui perturbe son équilibre (Millot , 1989).

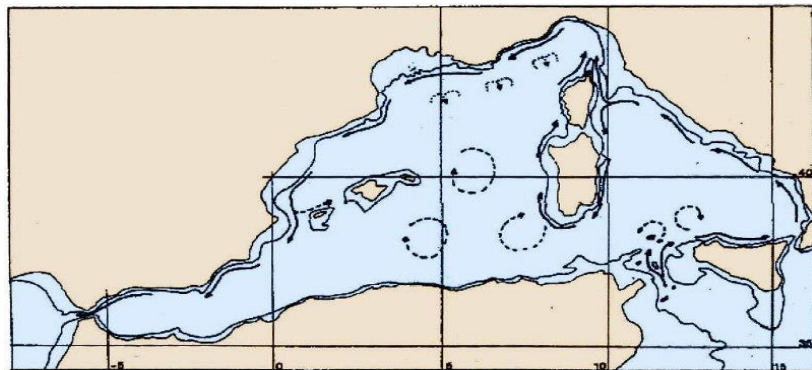
Le régime saisonnier des houles le long du littoral algérien présente deux principales directions (Leclaire, 1972):

- Une direction WNW (300°) ou 80% des houles se produisent pendant l'été.
- Une direction NNE (20-40°) ou la majorité des houles se produisent pendant l'hiver.

A



B



C

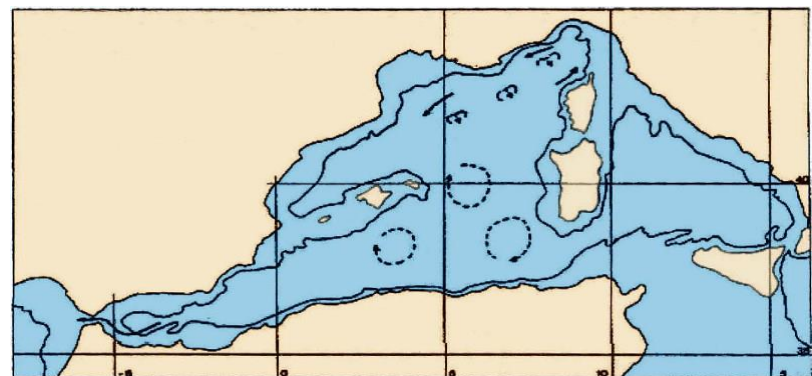


Figure 29- Circulation des eaux de l'Atlantique (Millot, 1987)

A : Eau atlantique modifiée, B : Eau levantine intermédiaire, C : Eau atlantique profonde

4. Climat

Le climat de la région est de type méditerranéen, notamment chaud l'été et doux l'hiver, avec une saison sèche très marquée entre la mi-juin et mi-septembre, ces conditions sont dues à l'alternance de brise de mer fraîche et humide et de brise de terre chaude et sèche.

La pluviométrie est variable d'une année à une autre, la pluviométrie de la région d'Oran reste une des plus faibles de l'Algérie du nord, elle varie entre 350 et 400mm, et elle peut ne pas dépasser 200 à 250mm en certaines années sèches. Les caractéristiques des vents dans cette zone sont comme suite : les mois les plus pluvieux étant mois à prédominance des vents ouest et nord-ouest. Ces vents sont à l'origine de la tempête ayant frappée la ville d'Oran en 1980 alors que les mois de sécheresse sont les mois à prédominance des vents nord-est. Il existe par ailleurs des vents chauds ou *sirocco* provenant du sud-ouest. Par la répartition des pluies entre les mois humides, l'année 2009 (précipitations de 295 mm ; température moyenne de 18,7 °C – ONM, 2009) se distingue sensiblement des conditions climatiques moyennes de l'Ouest algérien, dont elle reste cependant globalement assez représentative (Figure 30).

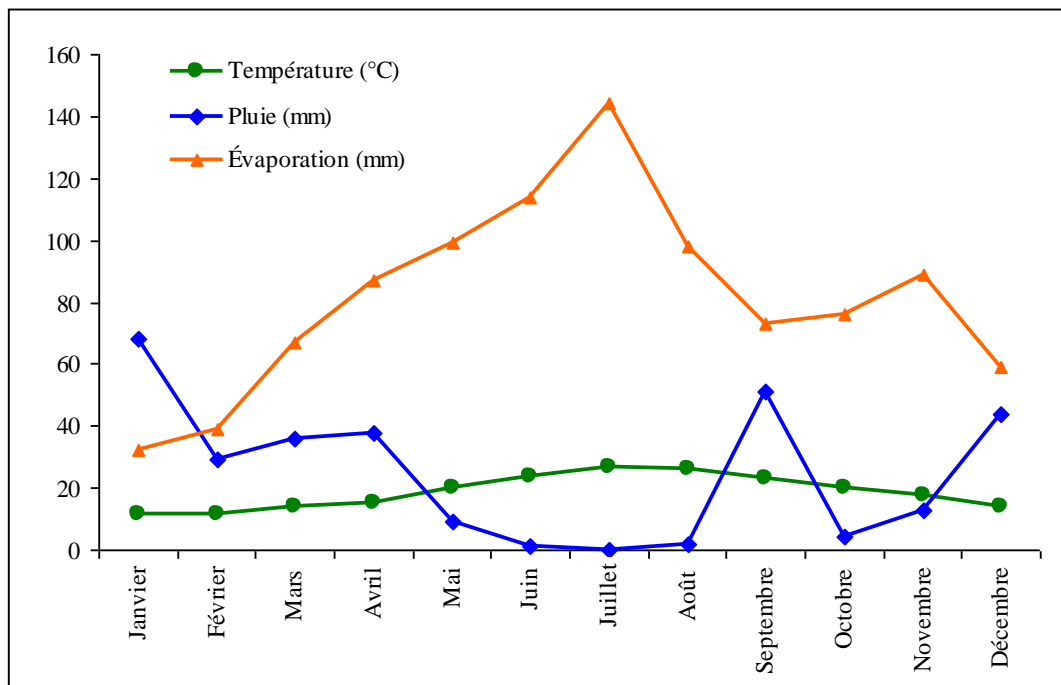


Figure 30 - Valeurs moyennes mensuelles des paramètres climatiques à Oran en 2009 (ONM, 2009).

Les données de vent de surface disponibles sont obtenues à partir des relevés météorologiques d'Oran (ONM). En 2009, les vitesses moyennes mensuelles ont été particulièrement élevées en mars et en avril (4,4 m/s) et relativement faibles en octobre (2,9 m/s).

L'insuffisance des observations réalisées par les bateaux marchands en face d'Oran ne permet cependant pas d'atteindre une description fine de la fréquence des variations du vent. Le signal annuel semble moins important et montre une dominance de vent sur la côte oranaise que ceux de Mostaganem et une nette décroissance de la vitesse du vent (Kies et Kerfouf, 2014).

6. Facteurs physico-chimiques du milieu

6.1. Température

A température des eaux marines en surface n'est pas constante, elle est liée étroitement 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 importantes. Sur le littoral algérien, l'eau de surface subit tout au long de l'année des variations thermométriques considérables.

La température moyenne des eaux de surface, en fin janvier est de 14,7° C, les valeurs des températures des eaux de surface sont comprises entre 14,4° C et 15° C. La température la plus basse est de 14,4°C. La température maximale des eaux de fond est de 15,2° C et la plus basse est de 14°C, relevée à une profondeur de 98 m. 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 une homogénéité thermique des eaux. Les températures des eaux du fond sont en général supérieures à celles des eaux de surface. Les températures de surface les plus élevées sont localisées dans la partie orientale du golfe. Alors que les températures des eaux de surfaces les plus faibles sont situées au centre de la baie d'Oran

Les températures des eaux du fond les plus élevées sont localisées à la partie est de la baie. Par contre les eaux du fond des secteurs ouest et centre de la baie ont les plus faibles températures. La température côtière des eaux du golfe est supérieure à la température des eaux de fond du large (Kerfouf et *al.*,2010) .

Pour le golfe d'Arzew situé à l'est de la baie d'Oran, la température des eaux de surface varie entre 14,4°C et 14,6°C et celle des eaux de fond est de 14,6°C en moyenne (Kies et Kerfouf, 2014).

La température des eaux de surfaces et ceux du fond sont identiques entre la baie d'Oran et le golfe d'Arzew (Kies et Kerfouf, 2014).

6.2. Salinité

Les mesures de courants et de précipitations dans le bassin méditerranéen montrent que les apports fluviaux et atmosphériques sont insuffisants pour maintenir le taux de salinité et le niveau de la mer. D'après les données de la littérature, il existe d'importantes variations de la salinité entre les différentes masses d'eau qui se superposent dans le bassin algérien (Millot, 1989). L'eau atlantique superficielle est représentée par une salinité inférieure à 37,10 ‰.

A -20m, le taux de salinité de cette eau diminue nettement et atteint une valeur de 36,42 ‰. Les eaux de surface des côtes algériennes se caractérisent par une salinité avoisinant les (37‰), à 20m cette salinité diminue et atteint son seuil le plus bas au niveau côtes oranaises (36,42‰), la salinité décroît entre 50 et 100m car le courant algérien s'éloigne des côtes (36,38‰).

A 200m la salinité se caractérise par une légère baisse. Entre 300 et 500m la salinité est sous l'influence de l'eau levantine intermédiaire (EII ou LIW) qui donne un taux sel compris entre 38,3 et 38,6‰.

La salinité moyenne des eaux de surfaces est de 36,4‰ les valeurs de la salinité des eaux de surface dans la baie d'Oran sont comprises entre 35,85‰. La salinité des eaux de fond est comprise entre 36,40 ‰ et 37,7 ‰. Les apports en eaux usées domestique du principal émissaire urbain de la ville d'Oran, et l'influence des eaux de port d'Oran, sont à l'origine du faible taux de salinité dans cette zone.

La salinité des eaux de fond est plus faible près de la côte. Les mêmes valeurs de salinité sont observées dans le golfe d'Arzew (Kies et Kerfouf, 2014)

La baie d'Oran est entièrement baigné par les eaux d'origine atlantique de faible salinité qui pénètrent par le Détroit de Gibraltar, et se mélange aux eaux superficielles de plus

forte salinité. Ces masses d'eaux superficielles sont, en général, caractérisées par une salinité de 36,25 ‰ (Millot, 1989).

5. 3. Eléments nutritifs (Phosphates, Nitrates et Silicates)

Le bilan des éléments nutritifs en Méditerranée fait intervenir les fractions minérales et organiques dans :

- Les apports superficiels dans l'eau atlantique entrante (faibles et mal connus).
- Les apports atmosphériques et telluriques (très mal connus à l'échelle des grands bassins).

Les données historiques fiables de concentration en éléments nutritifs dans le bassin méditerranéen occidental datent des années 1963 pour le phosphate ; 1969 pour les nitrates et 1972 pour les silicates. Cependant la répartition géographique des données est loin d'être homogène, tant sur la verticale qu'entre les différentes campagnes. En 1994, la campagne française « Sémaphore » menée à partir d'un navire océanographique de la marine nationale, entre Toulon et Gibraltar, a permis d'évaluer la variabilité spatiale des concentrations. Les données ont tout d'abord confirmé un profil vertical plus ou moins constant de 400 à 800m de profondeur (homogénéité des eaux profondes), et une homogénéité à l'échelle de tout le bassin algéro-povençal. On est donc en droit de comparer des données prises en différentes régions de ce bassin, à des périodes différentes. L'analyse statistique des données historiques a permis de confirmer une augmentation dans le temps des concentrations en phosphates, sur la période 1963-1994, et nitrates, sur la période 1972-1994 de l'ordre de 0,5% par an et pas de variations des concentrations en silicate (Béthoux et *al.*, 1998).

L'augmentation dans le temps des concentrations profondes ne peut s'expliquer que par celle des apports atmosphériques et telluriques, calculée de l'ordre de 3% par an, ces apports étant devenus très supérieurs aux apports atlantiques superficiels. L'augmentation des apports superficiels est à mettre en relation avec l'augmentation de la population des pays riverains, +1,6% par an entre 1960 et 1983 (UNEP, 1997), de leur niveau de vie (+4,7% par an) et des activités industrielles et agricoles. Une augmentation minimale de 3% par an signifie un doublement des apports tous les 25 ans, et par conséquence, un doublement de la production biologique, des phénomènes d'eutrophisation plus fréquents dans les zones

d'apport de rivière (Adriatique, golfe de Gabés, golfe du Lion) et une augmentation de la consommation d'oxygène en profondeur (Béthoux et *al.*, 1992).

Les bilans en phosphates et nitrates réalisés au niveau du Déroit de Gibraltar à partir des consommations profondes permettent une évaluation de la nouvelle production de 8,2 g.Cm²/an pour l'ensemble de la Méditerranée. Par comparaison aux données disponibles pour les apports atmosphériques et telluriques, ces bilans permettent également de soulever différents problèmes de transferts aux interfaces :

Le phosphore apporté par les rivières est essentiellement sous forme particulaire ; le phosphate dissous apporté par les rivières ne pouvant représenter qu'environ 25% des concentrations marines (Smith, 1972).

L'azote dissous des fleuves et des pluies ne peut compenser qu'environ 50% du bilan en nitrates. Le complément peut venir de la captation d'azote atmosphérique par du bactérioplancton spécialisé. Différents programmes en cours sont focalisés sur deux thématiques : le phosphore limitant la nouvelle production et la captation d'azote atmosphérique. Ces dernières peuvent être deux spécificités de la Méditerranée, une adaptation de l'écosystème à une mer continentale soumise à un fonctionnement climatique en bassin de concentration. Le résultat pourrait être le rapport molaire N/P, anormalement élevé en Méditerranée (22 à 24), alors qu'il est de 15 (le bien connu rapport de Redfield) dans la plupart des océans et dans les eaux de rivières (Smith, 1972).

7. Données socio-économiques

7.1. Démographie

Au fur et à mesure que notre population augmente et que l'industrialisation devient plus intense, le problème de la pollution s'aggrave. Quand la population augmente et vit dans des villes, des déchets commencent à empoisonner l'eau et l'air, ensuite le développement industriel apparaît, causant de graves dommages. (Ramade, 1982).

La ville d'Oran, l'une des plus peuplées d'Algérie connaît une urbanisation relativement importante. Suivant les statistiques de 1987, le nombre des habitants était d'environ 932.473 avec une densité de 434,93 hab./km², et un taux d'accroissement de 3,22 %, une valeur supérieure à la moyenne nationale (2,45%) ; tandis qu'en 1998, le nombre des habitants est

estimé de 115.544.6 habitants, avec un taux d'accroissement bas, qui est de 1,92% et une densité de 538,92 hab./km² On note que le taux d'accroissement national est estimé à 2,73% (Ghodbani, 2001) .

Les dernières statistiques en date, montre que le nombre des habitants a atteint 2 millions. Le taux d'accroissement est de 1,9% ,la troisième position en terme de population.

La wilaya de Tlemcen s'étend sur une superficie de 9017,69 Km² et compte au dernier RGPH 2008, une population de l'ordre de 949135 habitants soit une densité de 105 hab/km². En 2008, la population de la wilaya de Tlemcen était de 949 135 habitants contre 707 453 en 1987. 5 communes dépassaient alors la barre des 40 000 habitants, avec un taux d'accroissement de 1,2%. Elle est estimée au 31/12/2013 à 1 018 978 habitants, soit une densité moyenne est de 113 hbts/Km². (O.N.S, 2013).

La wilaya d'Ain Témouchent a été créée par une loi du 4 février 1984. Elle s'étend sur une superficie de d'environ 2 377 km². Elle est limitée à l'Est par la wilaya d'Oran, au Sud-est par la wilaya de Sidi-Bel-Abbès, au Sud-ouest par celle de Tlemcen, et au Nord-ouest par la mer Méditerranée qui la borde sur une distance de 80 km environ. , la population est estimée à 384565 habitants, au 31 décembre 2010 d'un taux d'accroissement de 1,3% (ONS 2013).

7.2. Répartition de la population totale et des densités selon les zones géographiques

L'évaluation de la population urbaine et de sa croissance s'appuie sur une définition statistique et administrative ; cette définition a connu des modifications au lendemain de l'indépendance, puis de légères retouches dans les recensements successifs (Tableau 14). Jusqu'au recensement de 1960, la Statistique générale de l'Algérie définissait la population urbaine en utilisant une définition différente de celle qui était utilisée en France métropolitaine (à partir de 2 000 habitants agglomérés au chef-lieu de la commune). Les services de la Statistique générale de l'Algérie déterminaient sur cette base les communes urbaines et leur population servait à la détermination de la population urbaine totale.

Tableau 14- Evolution de la population du littoral (ONS 2013)

Wilaya	1987	1998	2008	2020
Tlemcen	716678	842 053	949 135	1 118 482
A.Témouchent	275492	327 331	371 239	427 658
Oran	932832	1 213 839	1 454 078	1 625 863
Mostaganem	502832	631 057	737 118	851 653
Chlef	687106	858 695	1 002 088	1 185 580
Tipaza	389530	506 053	591 010	675 232
Blida	634690	784 283	1 002 937	1 051 374
Alger	2122188	2 562 428	2 988 145	3 299 645
Boumerdes	508101	647 389	802 083	864 726
Tizi Ouzou	939013	1 108 708	1 127 607	1 433 501
Béjaia	698837	856 840	912 577	1 128 030
Jijel	474040	573 208	636 948	793 633
Skikda	621563	786 154	898 680	1 059 808
Annaba	466839	557 818	609 499	715 370
El Taref	274762	352 588	408 414	491 938
Total Littoral	10246490	12 608 444	14 491 558	15 536 913
Total National	23051000	29 100 867	34 080 030	40 55 9735
Pop Littorale / Pop Nationale (%)	44,45	43,33	42,52	38,31

L'espace algérien est ainsi caractérisé par un très fort indice de concentration de la population ; près de 90 % de la population sont concentrés sur les 12 % de la partie nord du territoire. Bien que légèrement en recul, cette concentration reste très élevée. La densité des agglomérations urbaines sur le territoire décroît du nord au sud et la distance moyenne entre deux agglomérations de plus de 10 000 habitants varie de 20 km au nord à plus de 200 km au sud (Moriconi-Ebrard, 1993).

Les wilayas du littoral sont caractérisées par un très fort indice de concentration de la population. En effet, l'existence des terres agricoles les plus fertiles, des infrastructures de transport et de communication, ainsi que toutes les commodités nécessaires à l'activité industrielle ne font qu'accroître cette concentration de la population sur la bande littorale.

Les résultats issus des recensements de population (Tableau 14) ainsi les projections de populations effectuées par l'ONS, montrent la tendance à la hausse aussi bien de la population totale du pays que de la population du littoral.

En effet, la population des wilayas du littoral passe de 10,2 Millions en 1987 à 12,6 Millions puis à 14,5 Millions respectivement en 1998 et 2008. En 2020 cette population est estimée à 15,5 Millions de personnes. En termes de structure, nous constatons un léger rééquilibrage en faveur des wilayas de l'intérieur du pays.

En effet, en 2008 la population des wilayas du littoral ne représente plus que 42,5% de la population totale, alors qu'elle représentait près de 44,5% en 1987. Les projections de population réalisées par l'ONS montrent qu'en termes de structure cette tendance à la baisse continuera pour atteindre 38,3% en 2020. (ONS 2013)

7.2.1. Occupation humaine du littoral

- 11,5% de la population totale du pays concentré au niveau de la bande littorale,
- 68% de la population des communes côtières vivent dans la bande des 3km,
- 830hab/km² forte densité de la population sur la bande littorale des 3km. (CNL, 2009)

7.2.2. Phénomène de la littoralisation

- L'évolution démographique (triplément de la population depuis 1962), l'urbanisation accélérée (31% de la population en 1966, près de 60% en 2000). Le choix de la zone littorale facile à aménager a conduit à la dégradation d'un nombre considérable de sites sensibles et remarquables. ce qui a généré une agression du littoral, Érosion, pollution, disparition d'écosystèmes et impacts sur la biodiversité (CNL, 2009)

7.3. Urbanisation

Si la population urbaine de la wilaya d'Oran a doublé en l'espace de 30 années, la taille des villes, par contre n'a pas évolué dans les mêmes proportions et le phénomène de l'urbanisation a atteint des proportions incompatibles avec le bien être et l'épanouissement social. Il a fatalement, conduit à la saturation et à la surcharge des villes et, par voie de conséquence, a l'émergence et au développement des problèmes de gestion urbaine de tous ordres. (Laid, 2006)

L'augmentation du taux d'urbanisation a posé beaucoup de problèmes pour l'environnement et la santé publique, il s'agit de pollution de toutes formes : pollution marine, pollution des sols, pollution des eaux et pollution atmosphérique.

Pour la wilaya de Ain témouchente les communes littorales génèrent un volumes d'eau usées de l'ordre $8.720\text{m}^2/\text{j}$. 44% de ce volume émane de la seule ville de Beni Saf.

Environ 607 rejets sont déversés vers la mer, sur les 534 plages, 166 sont affectées par des rejets et des Oueds.

On estime que sur les 250 à 300km de sites sableux existants, 80 à 85% connaissent des situations d'amaigrissement et près de 10% seulement sont en état de stabilité.

Extraction de sable, disparition des dunes, constructions sur le rivage, aménagements lourds (épis, enrochements...).

Environ 109 862.72 t/an de déchets industriels spéciaux sont générés 73 décharges sont recensées au niveau du littoral. Commissariat National du Littoral Alger, Alger, mars 2009.

7.4. Occupation urbaine des sols

Le littoral est une entité géographique qui appelle une politique spécifique d'aménagement, de protection et de mise en valeur . C'est une zone de contact entre la terre et la mer qui constitue aujourd'hui un espace de plus en plus sollicité, ce qui accentue sa fragilité (Becet, 2002). Depuis, l'importance économique et sociale du littoral ne fait que croître, engendrant des conflits importants d'occupation de l'espace. L'apparition des préoccupations écologiques met en exergue les équipements réalisés sans contrainte qui détruisent irrémédiablement les richesses de la zone littorale marine.

Le littoral algérien s'étend sur 1 622 kilomètres. Il représente un écosystème fragile et constamment menacé de dégradation en raison de la concentration de la population, des activités économiques et des infrastructures le long de la bande côtière. Plus de 21% (Figure 31) du linéaire côtier est urbanisé et encore plus de 13% de la superficie totale de la bande des 3 km est urbanisée (Figure 32).

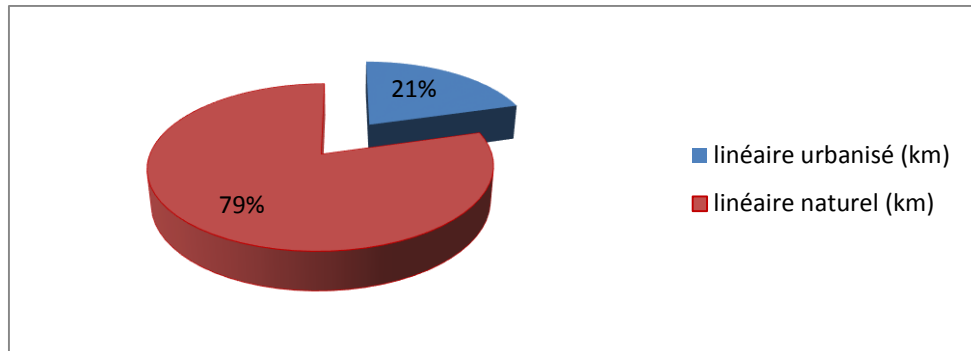


Figure 31 - Occupation du linéaire côtier Nord Ouest (CNL, 2009)

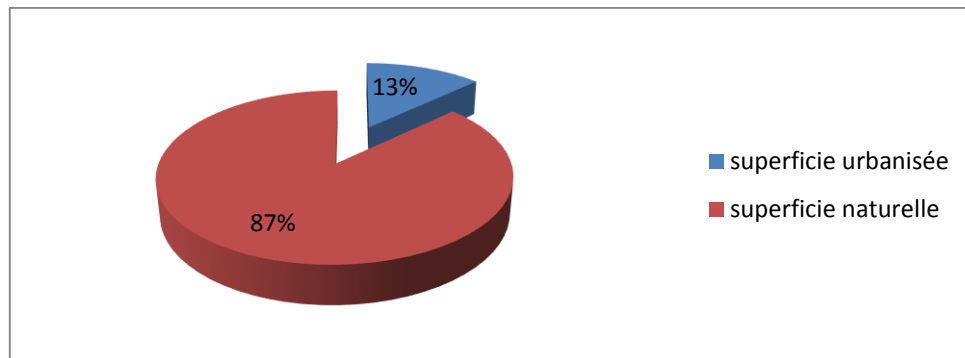


Figure 32 - Superficie urbanisée sur la bande des 3 km (CNL, 2009)

7.5. Economie

La région littorale constitue un pôle attractif pour la localisation et le développement des différentes activités économiques notamment les activités industrielles.

Sur le territoire national, 934 250 entités économiques ont été dénombrées durant le premier recensement économique effectué en 2011. Plus de 46% de ces entités sont localisées dans la zone littorale avec une concentration considérable dans les wilayas d'Alger et d'Oran qui enregistrent respectivement 10,38% et 5,66% de l'ensemble des entités économiques (Tableau 15).

Oran est un port mixte très actif (le deuxième du pays) (Tableau 15) ainsi qu'un important centre commercial et industriel. Ses principales exportations sont le plastique, les produits chimiques, et les produits alimentaires.

L'industrie localisée dans la ville d'Oran et ses environs est très diversifiée : industries du textile et du cuir, industries chimiques et pétrochimiques, ainsi qu'agroalimentaires.

Les industries sont responsables dans la production d'environ 24935m³ /jour d'eau polluée soit 26.34% des eaux rejetées (Sogreah, 1998).

Tlemcen marque la cinquième position avec le port Ghazaouet et celui de Honaine d'une zone industrielle à chetouane et de neuf zones d'activités.

Les Principales activités installées au niveau de la Wilaya

- Société des Bentonites d'Algérie BENTAL SPA
- Société Nouvelle de la Céramique Sanitaire de Ghazaouet (CERAMIG EPE/SPA)
- Entreprise Algérienne des Textiles Industriels et Techniques (EATIT EPE/SPA) Tissu
- Entreprise des Eaux Minérales Mansourah (EMM SPA)
- Complexe Industrielle TEXALG / MANTAL EPE/SPA
- CERTAF EPE /SPA Vaisselle de table Produits rouges
- SOREMEP EPE/SPA Produits mécano soudés Injection plastique
- SPA ALZINC Transformation des métaux non ferreux
- SPA SOITINE Transformation des métaux non ferreux
- Société Nationale de Tabacs et Allumettes (SNTA) Tabacs et allumettes
- SPASOTRAM Fabrication et montage de charpente et auxiliaire FMCA SPA

Pour la wilaya de Ain Témouchent compte deux ports possédant une capacité de 20 000 tonnes Port de Bouzedjar Port de pêche, récemment réalisé. Beni Saf premier Port de pêche du pays. Pour le Potentiel du foncier industriel elle possède deux zones industrielles et treize zones d'activités

Les Principales activités installées au niveau de la Wilaya :

- Ciment,
- Détergents
- Centrale électrique
- Station de dessalement d'eau de mer.

Tableau 15 - Répartition des entités économiques sur le littoral (ONS Recensement économique 2011)

Wilaya	Entité économique	entité littoral /total entité national en %
Tlemcen	30086	3,22
A.Témouchent	10670	1,14
Oran	52852	5,66
Mostaganem	16742	1,79
Chlef	26410	2,83
Tipaza	15845	1,70
Blida	29169	3,12
Alger	97019	10,38
Boumerdes	20572	2,20
Tizi Ouzou	37276	3,99
Béjaia	31197	3,34
Jijel	16220	1,74
Skikda	21701	2,32
Annaba	19608	2,10
El Taref	10228	1,09
Total littoral	435595	46,63
Total national	934 250	100

La répartition des entités économiques sur le littoral par grands secteurs d'activité (Tableau 16) indique la prédominance du secteur commercial avec un total de 234 777 entités, soit près de 54% de l'ensemble des entités économiques implantées sur le littoral.

Le secteur des services se situe en seconde place avec 149 458 entités, soit 34%.

Tableau 16 - Répartition des entités économiques sur le littoral par secteur d'activité

wilaya	Grands secteurs d'activité				
	Construction	Commerce	Industrie	Services	Total
Tlemcen	222	16938	3298	9628	30086
A.Témouchent	61	5647	964	3998	10670
Oran	530	30577	5270	16475	52852
Mostaganem	152	9722	1800	5068	16742
Chlef	239	14633	2607	8931	26410
Tipaza	147	8959	1596	5143	15845
Blida	246	16444	3252	9227	29169
Alger	1048	54632	8892	32447	97019
Boumerdes	224	10529	2314	7505	20572
Tizi Ouzou	588	17363	5092	14233	37276
Béjaia	743	14384	3887	12183	31197
Jijel	116	8319	2104	5681	16220
Skikda	289	11111	2455	7846	21701
Annaba	255	10256	1917	7180	19608
El Taraf	86	5263	966	3913	10228
Total littoral	4946	234777	46414	149458	435595
	1,1%	53,9%	10,7%	34,3%	100,0%
Total national	9117	511700	95445	317988	934250
	1,0%	54,8%	10,2%	34,0%	100,0%
Littoral/national	54,3%	45,9%	48,6%	47,0%	46,6%

8. Pollution

Depuis la nuit des temps, l'homme a utilisé la nature afin de satisfaire ses besoins et ses caprices. Il a produit une quantité importante de déchets que le pouvoir auto-épurateur de la nature en ces temps la était capable de maîtriser. Ces dernières décennies, l'industrie intense suivie de progrès techniques très important, ainsi qu'une population humaine en augmentation sans cesse, libèrent des masses de déchets en genre et en quantité importante (Martinez, 1975).

Ces derniers parviennent à la mer par une multitude de chemins et de vecteurs, mais l'eau reste cependant le vecteur le plus exploité.

Le réseau hydrographique aboutissant au littoral algérien comporte 24 oueds et 16 embouchures. Ce réseau véhicule des charges en agents terrigènes jusqu'à la mer. Selon

Blunk (1998), le tiers de la pollution générée par les activités terrestres est transporté vers les océans par le biais de l'atmosphère.

Les eaux littorales oranaises sont exposées aux différentes formes de pollution dont l'origine demeure : les industries, et l'expansion urbanistique non contrôlée.

Ces zones côtières concentrent de nombreuses ressources et opportunités, et elles sont aussi exposées aux pollutions, nuisances et autres dégradations résultant du développement de multiples activités économiques (Kacemi, 2006). Les eaux littorales oranaises sont exposées aux différentes formes de pollution dont l'origine est la concentration urbaine et le développement socio-économique.

La concentration touristique et le développement économique et social occasionnent la dégradation des milieux naturels et le cadre de vie des citoyens. On peut citer trois sortes de pollution au niveau du littoral oranais : la pollution d'origine industrielle, la pollution d'origine ménagère, domestique, et la pollution d'origine agricole.

Les trois prennent des formes différentes selon la nature des rejets (polluants liquides, solides et gazeux, eaux de lessivage et de ruissellement).

Oran, grande métropole méditerranéenne, est citée parmi 120 principales villes côtières du bassin méditerranéen, qui sont dépourvues de systèmes d'épuration efficace. Ces égouts où aboutit la majeure partie des déchets ménagers et industriels, rejettent à la mer des détergents et d'autres produits chimiques d'origine ménagère ou industrielle. La grande majorité sont très toxiques et touchent la croissance et la reproduction des organismes marins. On peut trouver également des déchets solides même dans les plages les plus éloignées du littoral oranais : Maddagh, cap Blanc, Ain el Türck à l'ouest, Ain el Franine et Kristel à l'est (kerfouf et *al.*, 2010)

D'autres rejets d'eaux usées existent au niveau des ports de Mers el kébir et de kristel.

Les rejets industriels solides sont estimés de l'ordre de 242 tonnes/jour soit 23.33% de la quantité totale des 1037 tonnes/jour, les 76.66% de rejets restant sont constitués de déchets domestiques dont la part la plus importante provient de la ville d'Oran avec un taux de 43.98% (Sogreah, 1998).

Par ailleurs les eaux usées domestiques sont évaluées à 69704m³/jour, elles sont rejetées à travers une cinquantaine de sites recensés sur le littoral oranais.

Sur les 50 sites de déversements dénombrés sur le littoral 10 se retrouvent à l'ouest du littoral oranais au niveau des plages des Andalouses, cap Falcon et Ain el Türck avec une capacité d'assainissement quotidienne de 3896m³. Il s'agit principalement d'eaux utilisées par le complexe touristique des Andalouses et les centres urbains de cap Falcon, Ain el Türck et Mers el kébir.

Il existe entre autres deux autres sites de déversement dans la partie centrale du littoral, le premier se trouve au fort Lamoune avec une quantité d'eau déversée de 7966m³/jour constituée de mélange d'eau domestique et industrielle. Le deuxième site est le plus important, il reçoit 40175m³/jour. Les eaux usées proviennent des zones urbaines situées au centre, à l'ouest et au sud de la ville d'Oran (Sogreah, 1998).

Les autres sites de déversements, se concentrent dans la partie centrale du littoral oranais et s'étendent vers le littoral du golfe d'Arzew. Le réseau d'assainissement atteint 905km sur l'ensemble du littoral dont 300km pour la ville d'Oran. Il existe :

- un réseau séparatif destiné aux eaux pluviales.
- un réseau d'assainissement pour les eaux domestique
- un réseau dit unitaire destiné aux eaux domestiques en même temps

Ghazaouet s'est développée de part et d'autre de deux Oueds Ghazouana et El Ayadna qui déversent directement dans la mer et drainent tous les déchets à l'origine terrigènes. La région de Ghazaouet, présente un tissu industriel plus ou moins diversifié, représenté essentiellement par l'unité ALZINC (Société Algérienne de Zinc) qui est une filiale de l'entreprise METANOF. Cette unité a pour objet, la production et la commercialisation du zinc et de ses alliages, de l'acide sulfurique, du cuivre cathodique.

les principaux rejets de l'unité ALZINC sont des rejets liquides provenant du complexe, déversés dans un réseau de collecte composé de deux caniveaux qui aboutissent à la mer. Ces rejets sont composés des eaux de lavage, de refroidissement, de fonctionnement. Les déchets de type huiles usagées sont en grande partie stockées dans des futs et remises à Naftal, pour leur recyclage éventuel, les Rejets atmosphériques sont des rejets gazeux vers l'atmosphère sont identifiables principalement au niveau de l'unité d'acide sulfurique quand il y a une mauvaise conversion de SO₂ ou durant des arrêts et redémarrages de cette unité. Ces rejets se produisent lors de la production de zinc selon le procédé d'électrolyse et sont composés de Poussières contenant du Zinc et du Cadmium provenant du procédé de fonte des cathodes

Poussières contenant des métaux lourds provenant du maniement des matières premières et du produit de grillage Des aérosols, contenant du Zinc, du Cadmium et de l'acide sulfurique provenant du traitement des résidus. Du gaz perdu, contenant de l'anhydride sulfurique (H_2SO_3) provenant de la production d'acide sulfurique (MATE, 2006).

Pour la région de Honaine La seule source de pollution les rejets d'eaux usées d'origine domestique.

Béni-Saf Béni-Saf se limite à une seule unité fonctionnelle et la plus importante la cimenterie dont les influences des rejets atmosphériques de la région sont néfastes sur l'environnement.

On remarque sur toutes les régions côtières une pollution due à la présence de macro déchets et de matières organiques fermentescibles abandonnés surtout par l'affluence de touristes en périodes estivales.

Aux niveaux des ports les moteurs des engins de pêche et de transport maritime constituent une source majeure de pollution atmosphérique dont les effets nocifs n'ont plus à être démontrés. Lorsqu'un moteur brûle du carburant (diesel), il émet des particules fines, d'oxyde d'azote, de monoxyde de carbone et de composés organiques volatils. De plus, une partie de liquide non brûlé (huiles carburant) déverser en mer, créant aussi de la pollution.

9. Ports de l'Ouest

Le Littoral ouest Algérien regroupe quatre grands ports : Oran, Arzew, Honaine et Ghazaouet ce qui lui confère un trafic maritime important (58000 navires / an passent le long de cette frange transportent 500000 tonnes d'hydrocarbures et 400000 tonnes de produits chimiques.

La baie d'Oran se voit caractérisée par deux des plus grands ports algériens :

- le port de Mers El Kebir, dans la partie occidentale, à quelques 7 km du centre-ville; il comprend un important chantier naval.
- le port commercial, considéré comme le deuxième port d'Algérie ; il occupe la partie centrale de la baie d'Oran.

Outre ces deux infrastructures maritimes, la ville est dotée d'un important port de pêche adjacent au port commercial.

En générale on peut incriminer deux types de pollution au niveau de région d'Oran :

La première étant domestique mais pas des moindres, Sogreah (1998), évalue les eaux usées domestiques à 69704 m³/jour dont 45% exclusive à la ville d'Oran, ces eaux atteignent la mer sans traitement préalable du à l'inexistence de stations d'épuration.

La seconde est typiquement industrielle, due au fait des rejets de divers produits pour la plupart dangereux sans traitement spécifique induisant un dysfonctionnement de l'écosystème marin (Bouderbala, 1997).

Ain témouchent compte deux ports possédant une capacité de 20 000 tonnes :

- Port de Beni-Saf 1^{ier} Port de pêche du pays construit en 1877.
- Port de Bouzedjar : Port de pêche, récemment réalisé en 1985.

A Tlemcen Un Abri pour la pêche à Honaine situé à 65 Km du chef lieu de Wilaya d'une capacité de 50 embarcations

- Un Abri de pêche et de plaisance en construction à Marsa Ben Mhidi situé à 120 Km du chef lieu de la Wilaya d'une capacité de 196 embarcations.

- Le port mixte de commerce et de pêche de Ghazaouet est situé à une trentaine de kilomètres à l'Est de la frontière algéro-marocaine, et à 45 kilomètres de l'aéroport international Messali El-Hadj de Tlemcen. Il se trouve au fond d'une anse sablonneuse de 1300 mètres d'ouverture et de 400 mètres de creux au milieu de laquelle débouche un petit cours d'eau nommé Oued Ghazouanah. Le port est situé exactement à 35° 6' 00 de latitude Nord et à 1° 52' 21 de Longitude ouest. est une entreprise autonome à caractère économique (EPE) chargée de participer à la promotion des échanges extérieurs du pays, notamment en favorisant le transit des personnes, des marchandises et des biens dans les meilleures conditions d'économie, de la gestion, de l'exploitation et du développement en ce qui la concerne des ports dont elle a la charge. A ce titre :

- L'exploitation des terres-pleins, de l'outillage et des installations portuaires,
- L'exécution des travaux d'entretien, d'aménagement et de renouvellement de la superstructure portuaire,
- L'élaboration, en liaison avec les autorités concernées, des programmes de travaux d'entretien, d'aménagement et de création d'infrastructures portuaires,
- L'exercice des opérations d'aconage et de manutention portuaire,
- L'exercice des opérations de remorquage, pilotage et lamanage,
- Et dans le but d'accroître les capacités d'accueil et d'accélérer les opérations, de la police et de la sécurité portuaire dans les limites géographiques du domaine public portuaire.

9.1 Ports de pêche et site de débarquement

L'activité de pêche en Algérie se distingue par son caractère traditionnel, elle se pratique sur tout le littoral. Il existe sur tout la cote 63 point de débarquements, parmi lesquels on distingue 32 ports de pêche, 23 plages d'échouage, et 8 abris de pêche dont 4 sont aménagés et les quatre autres sont naturelles (MPRH 2010)

Ces sites sont caractérisés par une forte concentration de toutes les flottilles confondues, parmi cette catégorie on trouve des ports mixtes (marchandise et pêches) auquel une partie est réservée à l'accostement des navires de pêches, et les ports spécifiques à la pêche. Ils sont de l'ordre de 32 soit 51% du total des sites recensés (64).

Sur la région Ouest on à

Ain Temouchent : Beni-saf et Bouzedjar avec un Total de 2 ports

Oran : Avec trois ports Arzew, Mers El kbir et Oran, et deux plages ouverte Merset el hadjadj et Kristel. Un sites d'abris aménagés de Cap blanc, un site naturel de Cap Falcon. Avec un total de sept sites de pêche.

Tlemcen : avec trois ports Ghazaouet, Honaine et Merset ben mhidi . deux plages ouverte Bekhata et Sidi Oucha (FAO 2003).

10. Recensement des sources de pollution implantées sur le littoral ouest algérien

Plusieurs sont Les sources de pollution marine au niveau de cette zone, on peut citer ; pour la région de Ghazouet qui s'est développée de part et d'autre de deux Oueds Ghazouana et El Ayadna qui prennent leurs sources à 1136 m d'altitude dans le djebel Fillaoucene (massif montagneux des Traras) (M.A.T.E, 2006). Mis à part le site abritant le port et le vieux centre urbain, la totalité de la côte est constituée de falaises très abruptes. (METAP, 2000).

Dans la baie de Ghazaouet, par vent soufflant de l'Ouest, un courant est issu de l'étranglement formé par les ilots des deux frères et des deux sœurs, et la pointe Ouest. Ces courants influent sur l'épandage des polluants dans la région (L.E.M, 1997).

La région de Ghazaouet, présente un tissu industriel plus ou moins diversifié, représenté essentiellement par l'unité ALZINC (Société Algérienne de Zinc) qui est une filiale de l'entreprise

METANOF. Cette unité a pour objet, la production et la commercialisation du zinc et de ses alliages, de l'acide sulfurique, du cuivre cathodique.

Les effluents liquides L'ensemble des effluents liquides provenant du complexe sont déversés dans un réseau de collecte composé de deux caniveaux qui aboutissent à la mer. Ces effluents sont composés des eaux de lavage, de refroidissement, de fonctionnement. Les déchets de type huiles usagées sont en grande partie stockés dans des fûts et remises à Naftal, pour leur recyclage éventuel. Pour les effluents atmosphériques Les principaux effluents gazeux vers l'atmosphère sont identifiables principalement au niveau de l'unité d'acide sulfurique quand il y a une mauvaise conversion de SO₂ ou durant des arrêts et redémarrages de cette unité. Ces effluents se produisent lors de la production de zinc selon le procédé d'électrolyse et sont composés de : Poussières contenant du Zinc et du Cadmium provenant du procédé de fonte des cathodes Poussières contenant des métaux lourds provenant du maniement des matières premières et du produit de grillage Des aérosols, contenant du Zinc, du Cadmium et de l'acide sulfurique provenant du traitement des résidus. Du gaz perdu, contenant de l'anhydride sulfurique provenant de la production d'acide sulfurique .Il est important de signaler que les émissions de SO₂ vers l'atmosphère ont donné lieu avant la rénovation de l'unité (réalisée en Septembre 2001) à diverses plaintes en raison des pics de pollution survenus durant certaines phases d'exploitation (D.E.T, 2004). Près de 500.000 tonnes de boues de lixiviation de zinc sont stockées sauvagement sur des falaises surplombant la mer, 20,000 t/an continuent d'être produites. Plus de 8000 tonnes de boues cuivriques, ont été recyclés en 2004 au sein de l'usine pour la fabrication de cuivre. Des résidus de Thallium, hautement toxiques, provenant de l'atelier de cadmium, ont été stockés au sein de l'usine dans deux cuves souterraines à ouverture par trappes, d'une contenance de 1 mètre cube chacune. (D.E.T, 2004). La chronologie des pratiques à ALZINC 2001 : Mise en place d'un dispositif de réduction des émissions gazeuses (SO₂) (Réduction du taux de soufre rejeté de 0.2 à 0.04%). Renouvellement des fours de séchage et d'absorption. 2005 : Création d'un nouveau site de stockage des résidus de traitement dont la durée de vie est estimée à 10 ans. 2006 : certification ISO 14001. A venir : transfert des déchets stockés sur la crête de falaise avec création d'un centre de stockage de déchets ultimes (CSDU) hors de la bande littorale en concertation avec la direction de l'environnement de la wilaya de Tlemcen et du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.(M.A.T.E, 2007).

Béni-Saf s'étend sur une superficie de 17414 Ha. L'espace littoral est jalonné par des plages qui drainent un flux considérable d'estivants. Le port de Béni-Saf est l'un des premiers ports

de pêche avec une production moyenne de 5000 tonnes/an (P.D.A.U, 1996). La zone industrielle de Béni-Saf se limite à une seule unité fonctionnelle : la cimenterie dont les influences des rejets atmosphériques de la région sont néfastes sur l'environnement.

Honaine est située à mi-distance entre les deux sites de Ghazaouet et de Béni-Saf, à une altitude de 15 m. Ses coordonnées Lambert sont : 35° 10' latitude Nord et 1°39' longitude ouest. Cette ville historique se situe à 69 Km du chef lieu de la wilaya de Tlemcen.

Honaine se trouve dans une petite baie à 52 Km de la frontière Algéro-Marocaine. Les sources de pollution de la région sont :

- La pollution par des rejets d'eaux usées d'origine domestique. - La pollution par la présence de macro déchets et de matières organiques fermentescibles abandonnés surtout par l'affluence de touristes en périodes estivales.

Les plus importantes installations industrielles polluantes :

- L'usine d'électrolyse de zinc de Ghazaouet
- La cimenterie de Beni-saf.
- La zone industrielle d'Arzew considérée comme l'un des plus importants ports pétroliers d'Algerie, à qui s'ajoute le complexe de liquéfaction du gaz (GNL).

La baie d'Oran est en parfaite continuité avec le Golfe d'Arzew, au large duquel sillonnent les bateaux de commerce et grands méthaniers chargés de pétrole et de substances extrêmement toxiques, qui lui confère un statut fragile et se trouve menacée par un danger réel et permanent de pollution accidentelle.

Les rejets non traités déversent directement en mer (tableau 15) de ces complexes auxquels s'ajoutent les rapports telluriques provenant des complexes à l'intérieur du pays (complexe de papier Saida, complexe téléphone Tlemcen, industrie du textile Tlemcen, industrie agro-alimentaire, agriculture Mascara, etc...(Nabi & Aouaragh, 1992).

Tableau 17- Les différents oueds et rejets déversant dans le secteur Ouest (Anonyme 2, 2009).

Régions ouest	Les oueds, les rejets et leur emplacement
Ain Témouchent	- Oued la Tafna ; Oued de Sidi Djilloul ; Oued el Hallouf.
Tlemcen	- Les rejets du port de Beni saf , - Oued souk thlata (se déverse au niveau de la plage elbhira milieu), - Oued de Ghazaouet (se déverse au milieu du port),
Oran	- Systèmes d'égouts qui collectent les eaux usées domestiques (METAP, 1994), - Les rejets industriels de la METANOF (Entreprise Nationale des Métaux non Ferreux) et de la briqueterie de Tounane (METAP, 1994). - Les rejets de 3 ports (Mers-El Kebir, d'Oran et de Kristel), - Les rejets domestiques de la ville d'Oran essentiellement chargées en matière organique et en détergents (METAP, 1993), - Les rejets industriels des 375 unités industrielles de la ville d'Oran, des 108 unités de la zone industrielle d'Es Senia et des 29 unités de la zone industrielle de Hassi Ameur(METAP, 1993). - Rejets à l'extérieur Ouest du port d'Oran (d'origine domestique), - Rejets au bassin de Ghazaouet (d'origine domestique et industrielle), - Rejet au bassin de Mostaganem (d'origine industrielle), - Oued Mahgoun ; - Rejets des eaux usées urbaines de la ville d'Arzew, - Rejets de Bethioua et de Mostaganem, - Rejets industriels (industries pétrochimiques) et ceux de la centrale thermique ; - Rejets du port pétrolier d'Arzew, - Rejets du port gazier de Bethioua , - Rejets au Bassin (eaux usées domestiques), - Rejet situé au niveau de l'oued Mahgoun (eaux domestiques et de l'hôpital), - Rejet (bassin3) draine les déchets de l'usine de liquéfaction, - Rejet (à l'extérieur du port) provient de la raffinerie et METHANOL, - Rejet (à l'extérieur du port) provient de l'usine d'ammoniac (SONATRACH). - Rejet à l'intérieur du port de Bethioua (eaux domestiques et pluviales), - Rejet à l'extérieur du port de Bethioua (eaux domestiques, pluviales et surtout industrielles).

La baie d'Oran qui est en parfaite continuité avec le Golfe d'Arzew au large duquel sillonnent les bateaux de commerce et grands méthaniers chargés de pétrole et de substances extrêmement toxiques lui confer un statu fragile menacée par un danger réel et permanent de pollution accidentelle .

11. Biodiversité

Bien que la biodiversité côtière de l'Algérie reste peu connue, son littoral reste un élément clé de la conservation de la biodiversité marine et côtière du bassin méditerranéen.

11.1. Phytoplancton

L'inventaire du Phytoplancton des côtes algériennes révèle la présence de 215 espèces réparties entre les différents groupes phytoplanctoniques (Tableau.18) (*in* Borsali, 2015).

Tableau 18 - Richesse spécifique planctonique des eaux Algériennes
(*in* Borsali, 2015).

Groupe	Famille	Genre	Espèce
Diatomés	13	27	72
Dinoflagellés	20	30	117
Silicoflagellés	1	3	5
Coccolithporidés	3	8	21
Total	37	68	215

11.2. Zooplancton

En Algérie, le Zooplancton est de type océanique en raison de l'étroitesse du plateau continental et de l'influence des courants d'origine atlantique, source de diversité méditerranéenne. La compilation des différents travaux sur le Zooplancton a permis de dénombrer 374 taxaplanktoniques ainsi que 14 espèces indéterminées (figure 33) (*in* Borsali, 2015).

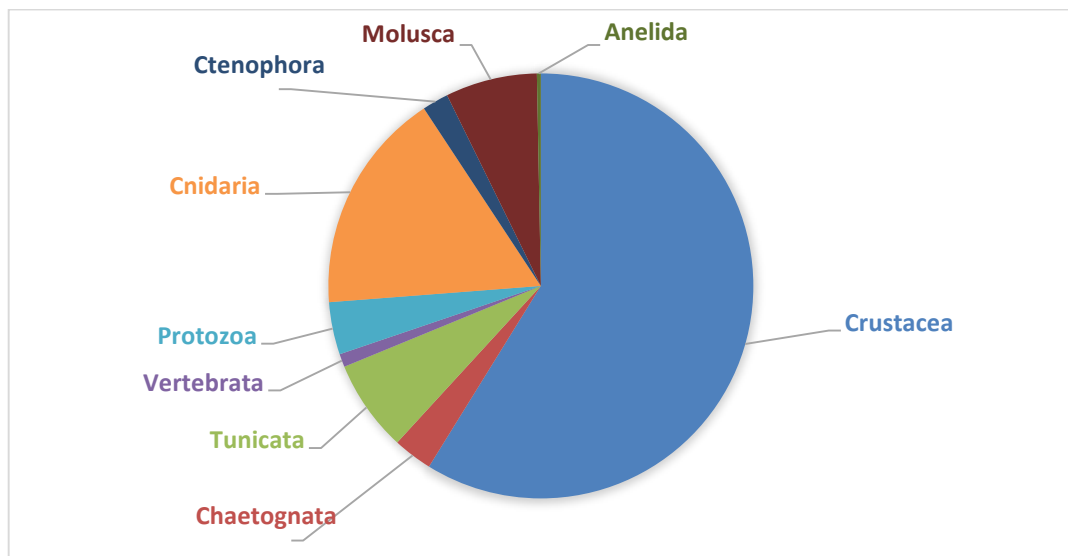


Figure 33- Principaux groupes de Zooplancton en Algérie (*in* Borsali, 2015).

11.3. Algues marines

L'inventaire des algues marines des côtes algériennes a permis de dénombrer 495 taxa au total, ce qui incite davantage de recherches dans ce domaine puisqu'il existerait près de 1000 espèces de végétaux macrophytes en Méditerranée (figure 34) (*in* Borsali, 2015).

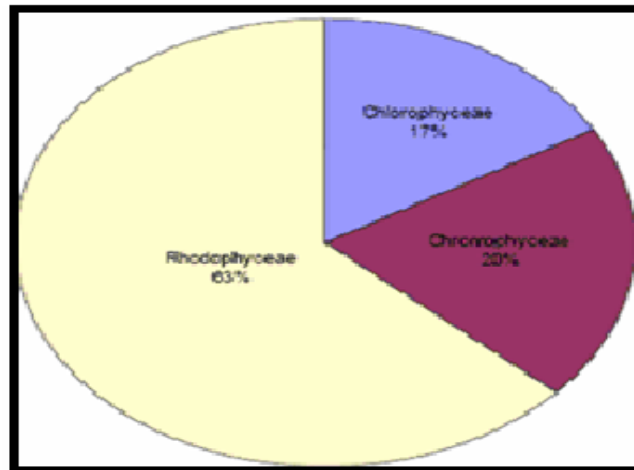


Figure 34- Principaux groupes d'algues de la zone néritique en Algérie (*in* Borsali, 2015).

11.4. Macrofaune Benthique des Fonds meubles

Pour les fonds meubles compris entre 0 et 200m de profondeur de la côte algérienne, il a été dénombré 1700 espèces macro-benthiques. La répartition de ces espèces entre les différents groupes zoologiques est très inégale (figure 35)

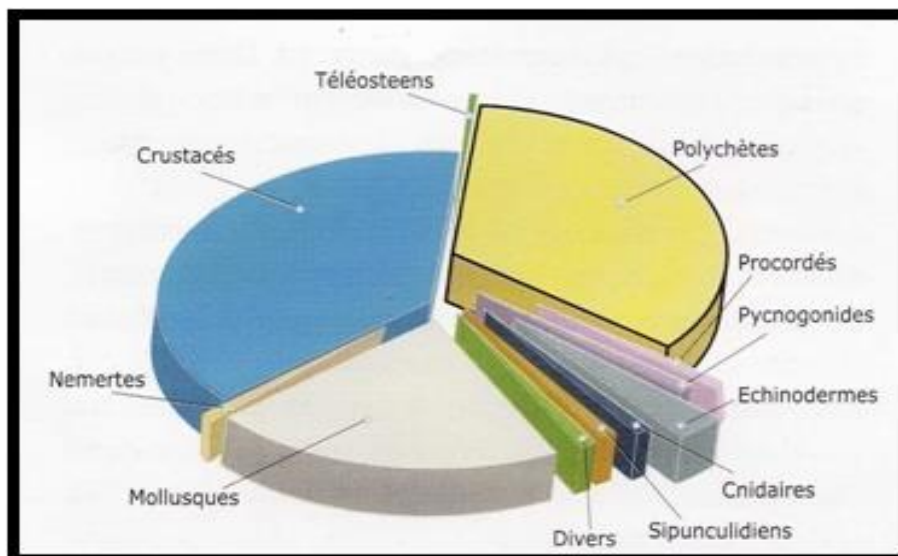


Figure 35 - Diversité zoologique de la macrofaune benthique des fonds meubles des côtes Algériennes (*in* Borsali, 2015).

En 1963, Vaissière et Fredj ont mené une grande campagne bionomique des fonds chalutables des côtes algériennes. Ils ont fait 111 stations dans l'Ouest algérien répartis en 10 radiales où ils ont recensé 96 espèces de mollusques et 9 espèces d'échinodermes (Vaissière et Fredj, 1963).

L'étude menée par Boukhari Benamara M., on a remarqué que la richesse faunistique globale est très importante et que les groupes zoologiques caractérisant cette richesse sont : les Mollusques, les Crustacés, les Annélides, les Echinodermes et les Cnidaires.

Il apparait que la plus grande part des études de la biodiversité des macro-invertébrés de la région ouest est localisée dans le golfe d'Oran et d'Arzew (Boukhari Benamara, 2014).

Allaili H., a recensé 6 espèces des échinodermes répartis en 10 stations choisis au hasard dans l'Ouest Algérien (tableau 3) ; deux espèces des échinidés : *Paracentotus lividus* (Lamarck, 1816), et *Abacia lixula* (Linnaeus, 1758) ; deux espèces des Holothuries : *Holothuria tubulosa* (Gmelin, 1788) , *Holothuria forskali* (Delle chiaje, 1823) ; deux espèces des astérides : *Coscinasterias tenuispina* (Lamarck, 1816), *Echinaster sepositus* (Retzius, 1783) ; durant la période allant du mois d'Avril jusqu'à le mois d'Octobre de l'année 2012 (Allaili, 2013).

Au cours de la réalisation de son inventaire, Meziane k., a fait une étude sur les mollusques de l'Ouest algérien où elle a prospecté 16 stations durant la saison printanière dont elle a répertorié au total 22 espèces de mollusques : 14 gastéropodes, 7 bivalves et 1 polyplacophore ; dont les Gastéropodes figurent en premier position (63.63%), suivis par les Lamellibranches (31.81%), puis les Polyplacophores (4.54%) (Meziane, 2011).

Chapitre 4

Matériel et méthode

1. Présentation de stations étudiées

Les stations sont classées d'Est vers l'Ouest par une numérotation : Bousfer (1), Boudjezar (2), Chatt el Hilal (3), Honaine (4), Ghazaouet (5) et Souk Thatta (6).

Les stations de dessalement étudiées se répartissent sur le littoral ouest algérien. L'unité de Bousfer-plage est implantée dans la wilaya d'Oran, et les unités de Boudjezar, Chatt el Hilal et Honaine sont localisées dans la wilaya d'Ain Témouchent, les unités de Ghazaouet et Souk Thlata localisées dans la wilaya de Tlemcen (Figure 36).



Figure 36- Localisation géographique des stations de dessalement étudiées

Dans notre zone d'étude il existe d'autres stations tel que la station de cap Falcon (Figure 37) capacité installée 90 000 m³/j d'une production de 20 000 m³/j et qui active périodiquement (saison estivale), l'installation n'a pas été incluse par sa faible production et impact.



Figure 37 – Station de dessalement de Cap Falcon

La mise en service de la station de dessalement de l'eau de mer d'El Mactaa (Figure 38) , une localité relevant de la commune côtière de Mers El Hadjadj (Oran) en juin 2014, Avec une production de 500.000 mètres cubes d'eau par jour, cette usine de dessalement de l'eau de mer réserve une partie aux wilayas de Mostaganem, Mascara, Tiaret et Relizane.

On ne peut pas parler d'impact pour une station récente qui ne dépasse pas une année d'exercices



Figure 38 – Station de dessalement d'El Mactaa

1.1. Station (1)

Elle est située dans la commune de Bousfer, daïra d'Ain El Türck, wilaya d'Oran, projetée sur une surface de : 6730 m². Elle a pour but la production d'eau destinée pour la consommation humaine, par osmose inverse avec une capacité de production 5000m³/jour (Figure 39). La station est classée par le décret exécutif n° 07-144 au 19 mai 2007, comme installation classée soumise à une autorisation du président de l'assemblée populaire et communale avec un rayon d'affichage de 0.5 Km. Le site de projet est délimité :

- Au Nord par la mer
- A l'Est par un Talus;
- A l'Ouest par des habitations, La plage Bousfer;
- Au Sud par la route reliant Ain El Türck au complexe des Andalouse .



Figure 39 - Situation géographique de la station de Bousfer.

La station est située sur la route nationale (Figures 40 et 41). Les coordonnées LAMBERT du site sont:

- X : 35°44'24.27 " N
- Y : 0°50'13.41" O
- Altitude : 9m



Figure 40 - Station de dessalement de Bousfer.



Figure 41 - Station de dessalement de Bousfer [Image Landsat 2015 Google] .

1.2. Station (2)

Elle est située dans la commune de Bouzedjar, daïra d'Ain El Amria, wilaya de Ain Témouchent (Figure 42), projetée sur une surface de 7500 m², d'une capacité production de 5000m³/jour (Figures 43 et 44). La station est classée par le décret exécutif n° 07-144 au 19 mai 2007, comme installation classée soumise à une autorisation du président de l'assemblée populaire et communale avec un rayon d'affichage 0.5 Km. Le site de projet est délimité :

La station de Boudjezar est délimitée comme suit:

- Au Nord : par la mer ;
- A l'Est et l'Ouest : La ville de Bouzedjar ;
- Au Sud : par la route qui mène ver El Amria



Figure 42 - Situation géographique de la station de Bouzedjar.

Les coordonnées LAMBERT du site sont :

- X : 35°34'43.97 "N
- Y : 1°08'58.64"O
- Altitude : 7m



Figure 43 - Station de dessalement de Bouzedjar.



Figure 44 - Station de dessalement de Bouzedjar [Image Landsat 2015 Google]

1.3. Station (3)

Elle est située dans la commune de Sidi Ben Adda, daïra de Beni-saf, wilaya d'Ain Témouchent. Elle est projetée sur une surface de : 65 700 m² (concession sur 25 ans). d'une capacité de production d'eau dessalée de 200.000 m³/jour (Figure 45). La station est classée par le décret exécutif n° 07-144 au 19 mai 2007, comme installation classée soumise à une autorisation du ministère de tutelle avec un rayon d'affichage de 2 Km.

La station de Chatt El Hilal (Figures 46 et 47) est délimitée comme suit :

- Au Nord par la mer
- Au Sud par la voie existante reliant la plage de chatt elhillal
- A l'Est et l'Ouest: terrains agricoles



Figure 45 - Localisation géographique de la station de Chatt el Hilal.

Les coordonnées LAMBERT du site sont :

- X : 35°21'39.63"N
- Y : 1°15'54.20"O
- Altitude : 14 m.



Figure 46 - Station de dessalement de Chat el Hillal.



Figure 47 - Image Landsat 2015 Google de la Station de dessalement de Chat el Hillal.

1.4. Station (4)

Elle est située dans la commune de Honaine, daïra de Honaine, wilaya de Tlemcen. Elle est projetée sur une surface de : 80000 m² (concession sur 25 ans). d'une capacité de production d'eau dessalée de 200.000 m³/jour (Figure 48). La station est classée par le décret exécutif n° 07-144 au 19 mai 2007, comme installation classée soumise à une autorisation du ministère de tutelle avec un rayon d'affichage de 2 Km.

La station de Honaine (Figures 49, 50 et 51) est délimitée comme suit :

- Au Nord par la mer
- Au Sud par un terrain agricole
- A l'Est et l'Ouest: terrains agricoles et quelques habitations

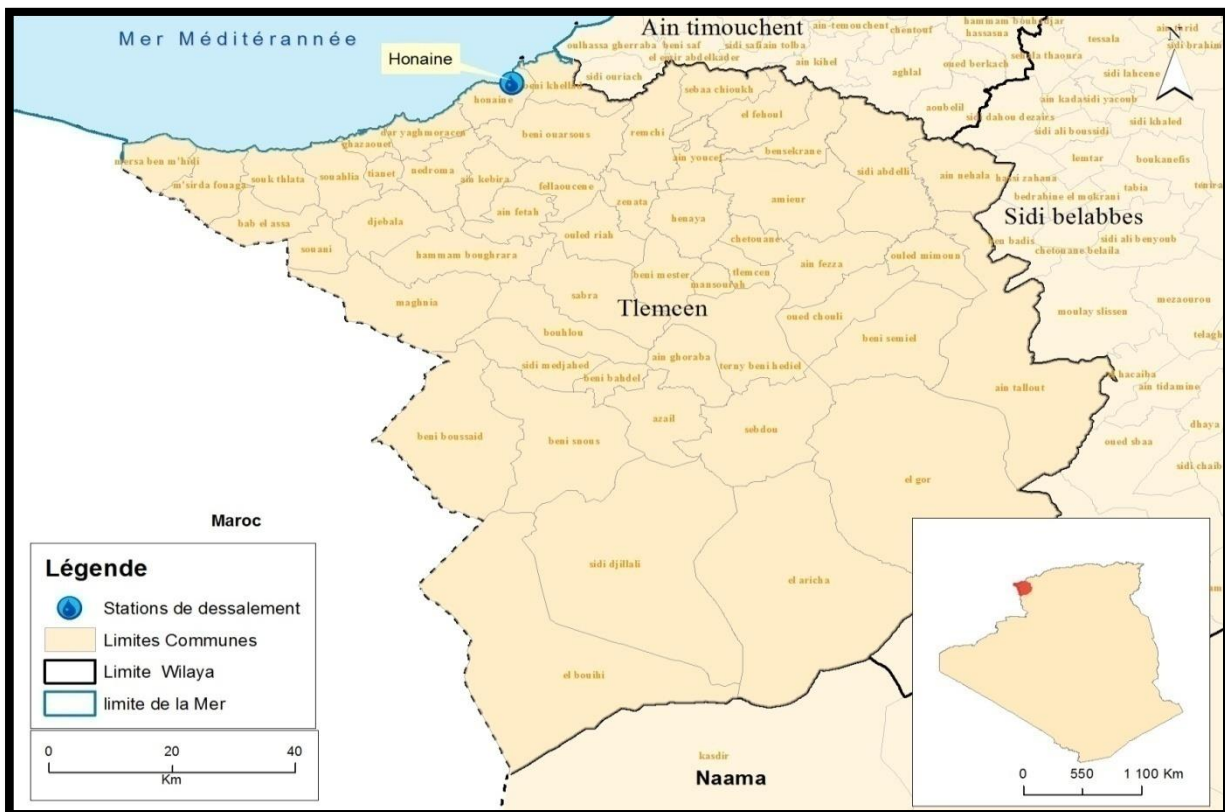


Figure 48 - Localisation géographique de la station de Honaine.

Les coordonnées LAMBERT du site sont :

- X : 35°10'44.79"N
- Y : 1°38'29.26"O
- Altitude : 39 m.



Figure 49 - Station de Pompage (Honaine)



Figure 50 - Station de dessalement de Honaine



Figure 51 - Station de dessalement de Honaine [Image Landsat 2015 Google]

1.5. Station (5)

Elle est située dans la commune de Ghazaouet, daïra de Ghazaouet, wilaya de Tlemcen. Elle est projetée sur une surface de : 50 000 m². d'une capacité de production d'eau dessalée de 50.000 m³/jour (Figure 52). La station est classée par le décret exécutif n° 07-144 au 19 mai 2007, comme installation classée soumise à une autorisation du ministère de tutelle avec un rayon d'affichage de 2 Km.

La station de Ghazaouet (Figures 53, 54 et 55) est délimitée comme suit :

- Au Nord par la mer
- Au Sud par la route reliant la ville de Ghazaouet
- A l'Est et l'Ouest: d'une forêt.

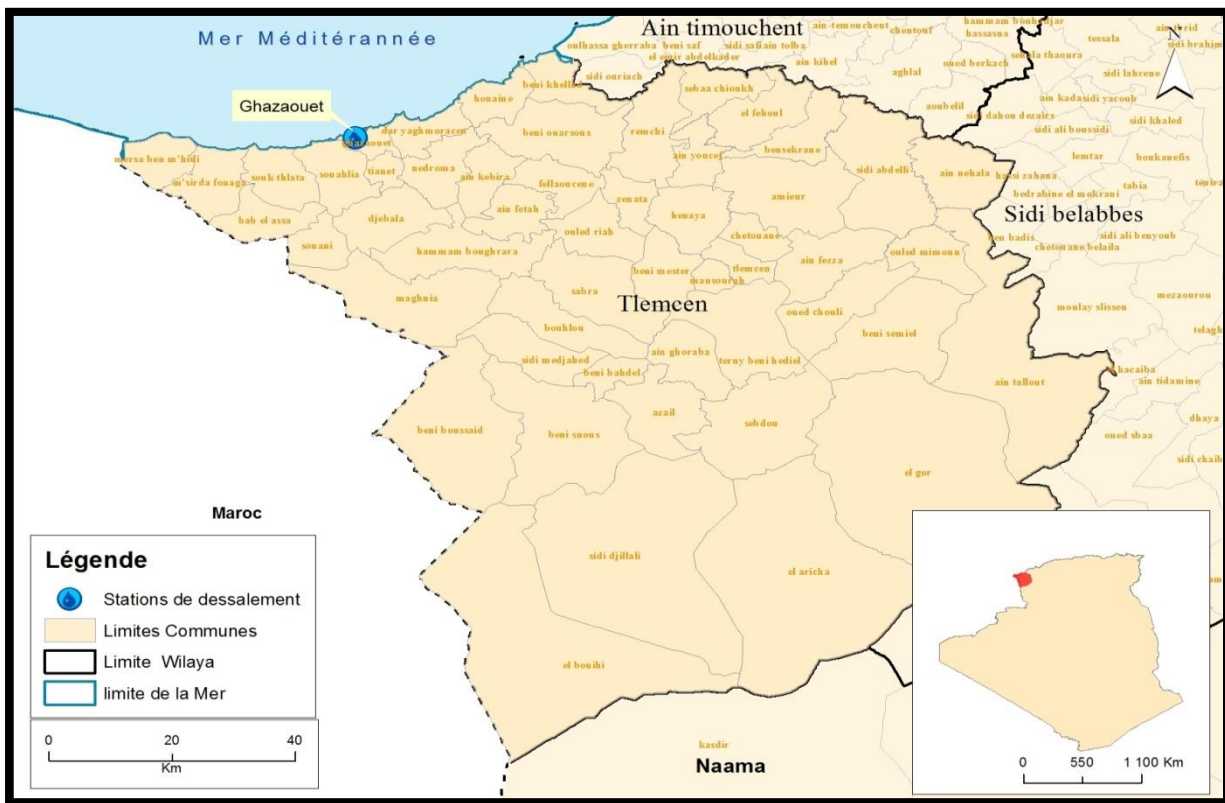


Figure 52 - Localisation géographique de la station de Ghazaouet.

Les coordonnées LAMBERT du site sont :

- X : 35°05'44.54"N
- Y : 1°52'18.36"O
- Altitud de 66 m.



Figure 53 - Station de Pompage (Ghazaouet).



Figure 54 - Station de dessalement de Ghazaouet.



Figure 55 - Station de dessalement de Ghazaouet. [Image Landsat 2015 Google]

1.6. Station (6)

Elle est située dans la commune de Souk Thatta , daïra de Bab El Assa, wilaya de Tlemcen. Elle est projetée sur une surface de :70 000 m². d'une capacité de production d'eau dessalée de 200.000 m³/jour (Figure 56). La station est classée par le décret exécutif n° 07-144 au 19 mai 2007, comme installation classée soumise à une autorisation du ministère de tutelle avec un rayon d'affichage de 2 Km.

La station de Souk Thlata (Figures 57, 58 et 59) est délimitée comme suit :

- Au nord par la mer
- Au sud par la voie existante reliant la plage la ville Souk Thlata
- A l'Est et l'Ouest: des habitations de la plage

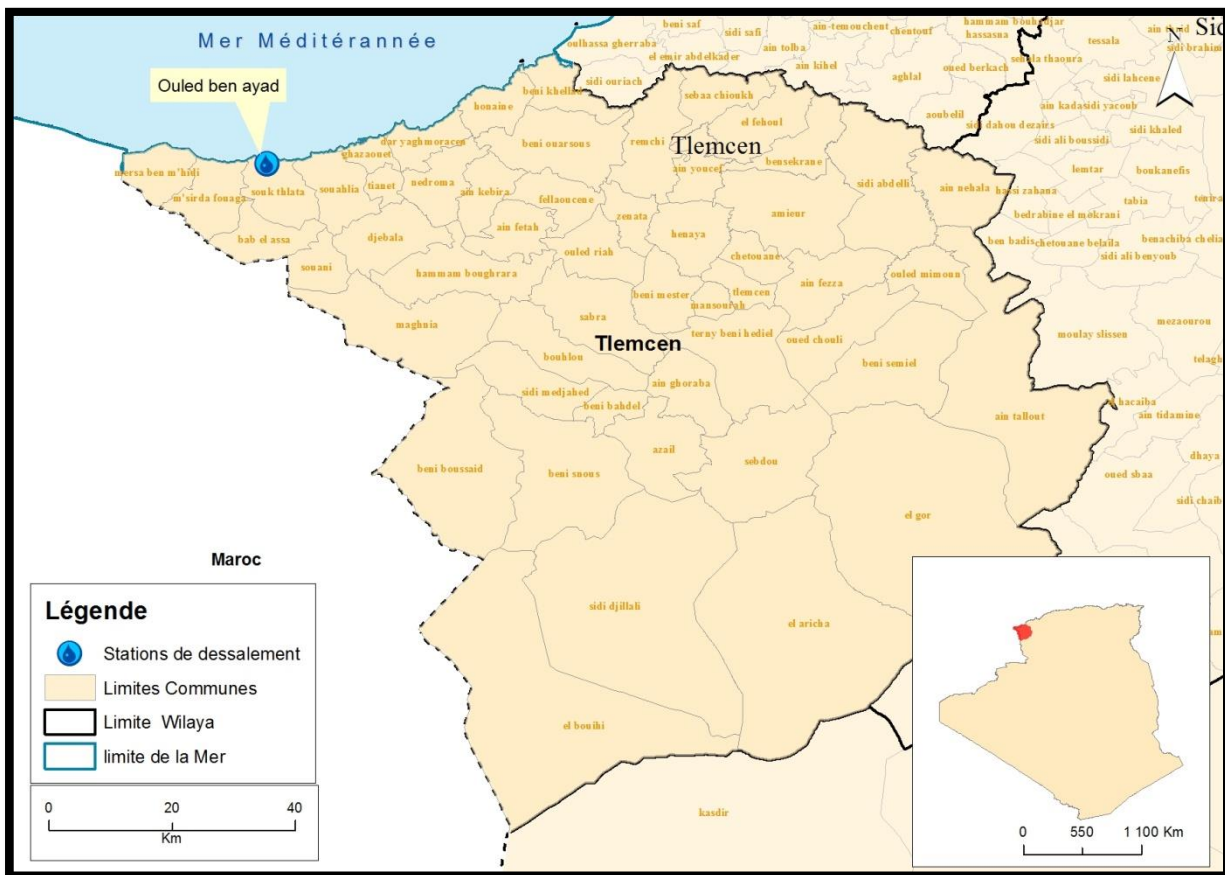


Figure 56 - Localisation géographique de la station de Souk Thlata.

Les coordonnées LAMBERT du site sont :

- X : 35°04'11.74"N
- Y : 2°00'03.94"O
- Altitud de 6m.



Figure 57 - Station de Pompage Souk Thlata



Figure 58 - Station de dessalement de Souk Thlata



Figure 59 - Station de dessalement de Souk Thlata [Image Landsat 2015 Google]

2. Matériel et Méthodes

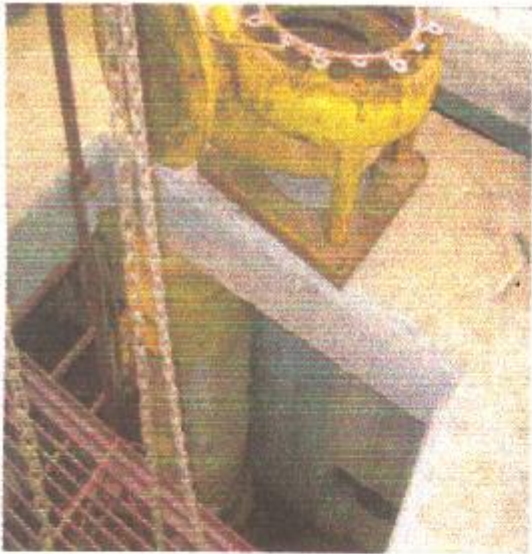
2.1. Prélèvement et échantillonnage

2.1.1 Le prélèvement d'eau brute (mer) pour les analyses physico-chimiques (Figure 60)

- On utilise des Flacons en verres ou en plastiques à usage unique
- On rince avec l'eau à analyser plusieurs fois
- La bouteille doit être conservée à l'abri de la lumière et la chaleur
- On mesure sur le champ du T, pH et de la conductivité



La conduite d'aspiration d'eau de mer de la station de Bousfer



Pompe de refoulement



compresseur dégage l'air pour nettoyer la crépine



La station de pompage d'eau mer

Figure 60 - Point de Prélèvement d'eau brute
(Cas de la station de Bousfer) (Mehtougui 2011)

2.1.2. Prélèvement d'eau osmosée pour les analyses physico-chimiques

L'étude expérimentale consiste à effectuer des analyses physico-chimiques de l'eau traitée après le processus de dessalement (Figure 61).

- Point de prélèvement: robinet du réservoir
- Le prélèvement se fait après l'écoulement de l'eau de robinet pendant 5 mn



Figure 61 - Point de Prélèvement d'eau osmosée.
(Cas de la station de Bouzedjar)

2.1.3. Prélèvement d'eau de rejet

- Flacons en verre ou en plastiques à usage unique
- Rincer avec l'eau à analyser plusieurs fois
- Conservée les bouteilles doit être a l'abri de la lumière et la chaleur.
- Mesure sur le champ de T, pH et conductivité (Figure 62).



Station (1)
Bousfer



Station (2)
Bouzedjar



Station (3)
Chatti El Hillal



Station (4)
Honaine

Figure 62 - Sites de prélèvement d'eau rejetée des stations 1, 2, 3 et 4.



Station(5)
Ghazaouet



Station(6)
Souk Thlata

Figure 62 (suite) - Sites de prélèvement d'eau rejetée des stations 5 et 6.

2.2. Prélèvement des échantillons

Le prélèvement des échantillons est l'une des étapes les plus importantes pour l'évaluation de la qualité de l'eau. Il est donc essentiel que l'échantillonnage soit effectué avec prudence afin d'éviter toutes les sources possibles de contamination.

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

A cet effet, on a utilisé des bouteilles stérilisées en verre d'une capacité de 500 ml, à col large et munis de bouchon.

2.2.1. Transport et conservation au laboratoire

Les échantillons doivent être transportés dans des glacières portatives (+4C°), à l'abri de la lumière et les analyses doivent être exécutées dans les 6 heures au maximum qui suivent les prélèvements pour éviter les modifications des caractéristiques de l'échantillon.

Il peut arriver en effet que les premières lectures bactériologiques, 24 ou 48 heures, après ensemencement donne des résultats inattendus, incitant à vérifier l'analyse.

Un tel examen de contrôle n'aura évidemment qu'une valeur indicative.

2.2.2. Mesures de sécurité à prendre au laboratoire

Pour éviter les contaminations il faut :

- On Ferme les fenêtres et les portes du laboratoire pendant les opérations d'analyses.
- On Stérilise l'ambiance de travail avec la lampe UV.

2.2.3. Points d'échantillonnage

Les points d'échantillonnage cités dans le Tableau 19 ont été choisis de telle façon qu'ils reflètent la qualité de l'eau à l'intérieur et à l'extérieur des stations (échantillon représentatif). Un critère pris en considération, c'est d'établir les points d'échantillonnage aux endroits connus.

Tableau 19 - Localisation des points d'échantillonnage de prélèvement pour chaque station.

Localisation par G.P.S

	Rejets	Eau de mer
S1	X : 35°44'25.61 "N Y : 0°50'14.62"O	X : 35°44'26.51"N Y : 0°50'16.40"O
S2	X : 35°34'43.26 "N Y : 1°09'00.61"O	X : 35°34'44.40"N Y : 1° 9'1.85"O
S3	X : 35°21'53.46"N Y : 1°16'22. 01"O	X : 35°21'58.69"N Y : 1°16'29.46"O
S4	X : 35°11'06.05"N Y : 1°38'52.24"O	X : 35°11'9.42"N Y : 1°38'53.05"O
S5	X : 35°05'43.75"N Y : 1°52'34. 49"O	X : 35° 5'45.82"N Y : 1°52'34.70"O
S6	X : 35°04'17.58"N Y : 2°0'10. 19"O	X : 35° 4'20.14"N Y : 2° 0'12.01"O

Les points de prélèvements de l'eau de mer ont été effectués entre 0 et 5m de distance vers le large et entre 20 et 40 cm en dessous du niveau de surface de l'eau.

Le point de prélèvement de l'eau osmosée se situe au niveau du robinet du réservoir de stockage de l'eau après traitement. Un échantillon est prélevé après avoir laissé l'eau du robinet couler pendant 5 minutes, afin de s'assurer que l'eau prélevée est représentative de celle circulant dans le système de distribution.

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

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

- le contenant doit être propre, mais ne doit pas être nécessairement stérilisé, on a utilisé des bouteilles en plastique de 500 mL et de 1 litre et parfois des bouteilles en verre qui sont au préalable rincées avec de l'eau distillée au moins trois fois.
- On a laissé couler l'eau à un débit maximal pendant 5-10 secondes et ensuite 2-5 minutes à débit moyen avant de prélever un échantillon.
- ouvrir l'emballage, le remplir et le fermer immédiatement.

Nous avons effectués des prélèvements au cours de l'année 2014, aux fins des analyses physico-chimiques tels que : pH, température, conductivité, TDS, Cl₂, turbidité, dureté total, calcium, magnésium, alcalinité total, carbonate, bicarbonate, LSI.

Les autres paramètres tels que : Nitrite, Ammonium, Phosphate, Sulfate, Fer, Cadmium, Manganèse, Plomb, Nickel, Argent, Chrome, ont fait l'objet de trois prélèvements à différentes dates au cours de l'année 2014. Ensuite, les échantillons ont été transportés avec soins dans une glacière, en vue d'effectuer des analyses au niveau du laboratoire central de l'ADE (Algérienne Des Eaux) de Sidi Bel Abbès et la direction de l'environnement dotées d'équipement d'analyses portable (pH-mètre, thermomètre ...) qui nous ont permis d'effectuer certaines analyses au niveau des stations étudiées.

2.2.4. Paramètres organoleptiques

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

2.2.4.1. Test de la couleur

Le contrôle de la coloration des échantillons se fait par simple observation de l'eau contenue dans des flacons de verre transparent.

2.2.4.2. Test de l'odeur et de la saveur

L'odeur a été évaluée par sensation lors de prélèvement de l'eau, et après un stockage de 48 h des échantillons, de même que la saveur, par une simple dégustation de cinq dégustateurs.

2.2.5. Paramètres physicochimiques

2.2.5.1. Mesure de la Température

On a mesuré la température de l'eau des stations équipées par un thermomètre numérique introduit directement au niveau de la canalisation. Cette mesure de T° est aussi effectuée sur les échantillons à l'aide d'un appareil portable au niveau des points de prélèvements.

2.2.5.2. Mesure de pH

Le pH est mesuré au niveau des stations, à l'aide d'un appareil multi-paramètres qui mesure le pH et la T° (HANNA, combo, waterproof).

Matériel et réactifs

- Un Becher.
- Un pH mètre
- Tampon pH=9, Tampon pH=7, Tampon pH=4.

Mode opératoire

Après avoir étalonné le pH-mètre avec les trois tampons ; Mettre ensuite environ 100mL d'eau à analyser dans un bécher, dans lequel on plonge l'électrode du pH-mètre pour mesurer la valeur du pH.

2.2.5.3. Mesure de la conductivité

A l'aide d'un conductimètre multi-paramètres (HANNA, Hi 991300) à électrode constitué de deux lames carrées de platine de 1cm² de côté. La mesure nécessite :

Matériel et réactifs

- Un Becher.
- conductimètre
- solution d'étalonnage

Mode opératoire

Après avoir étalonné le conductimètre; mettre ensuite environ 100mL d'eau à analyser dans un bécher, dans lequel on plonge l'électrode du conductimètre pour mesurer la conductivité exprimée en $\mu\text{s}/\text{cm}$.

2.2.5.4. Mesure de l'alcalinité

2.2.5.4.1. Titre alcalimétrique simple (TA)

L'alcalinité d'une eau correspond à la somme des concentrations des ions carbonates (CO_3^{2-}) et des ions hydroxydes (OH^-), la mesure alcalimétrique TA se fait par méthode titrimétrique, cette détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau à analyser par l'acide chlorhydrique (HCl) dilué en présence de phénophtaléine (Rodier, 2010).

Matériel et Réactif

- Erlenmeyer
- Burette
- solution d' HCl 0.02N
- solution de phénophtaléine 0.5%

Mode opératoire

Dans un Erlenmeyer de 250 ml, on prélève 100 ml d'eau à analyser et ajouter 2 à 3 gouttes de phénophtaléine, une couleur rose est révélée suite au changement du pH qui s'avère inférieur à 8.3. Titrer et agiter avec la solution de HCl de 0.02N jusqu'à décoloration complète de la solution, dans le cas contraire le TA est nul. Les résultats sont exprimés par la formule suivante :

- $\text{TA (meq/L)} = (\text{NHCl} \times \text{V HCl}) \times 1000 / \text{VO}$
- NHCl : normalité de HCl
- V HCl : volume de HCl
- VO : volume de l'échantillon

2.2.5.4.2. Titre alcalimétrique complet (TAC)

Le TAC mesure la teneur en hydrogénocarbonate, hydroxyde libre et en carbonate contenus dans l'eau. Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par l'acide chlorhydrique (HCl) dilué en présence de méthyle orange (Rodier, 2010).

Matériel et Réactif

- Erlenmeyer
- Burette
- solution d'HCl 0.02N
- solution de méthyle orange 0.2%

Mode opératoire

On prélève 100 mL d'eau à analyser dans un Erlenmeyer de 250 mL, on ajoute 2 à 3 gouttes de solution de méthyle orange, une couleur jaune doit alors se développer. Titrer avec la solution de HCl de 0.02N à l'aide d'une burette, en agitant constamment, jusqu'au virage du jaune au jaune orange (pH = 4.3) de la solution.

Les résultats sont exprimés par la formule suivante :

- $TAC \text{ (meq/l)} = (NHCl \times V \text{ Hcl}) \times 1000 / VO$
- NHCl : normalité de Hcl
- V Hcl : volume de Hcl
- VO : volume de l'échantillon.

2.2.5.5. Détermination des bicarbonates (HCO_3^-) et Carbonates (CO_3^{2-})

Les carbonates sont les sels de l'acide carbonique, les sels ont en commun l'anion (CO_3^{2-}). Le carbonate le plus abondant est le carbonate de calcique ($CaCO_3$). Les bicarbonates sont des sels dérivés de l'acide carbonique qui contiennent l'anion (HCO_3^-). La détermination de carbonate et de bicarbonate est faite selon le Tableau 20 (Rodier, 2010).

Tableau 20 : détermination de CO_3^{2-} et HCO_3^- a partir du TA et TAC

	TA = 0	TA < TAC / 2	TA = TAC/2	TA > TAC / 2
OH	0	0	0	2 TA - TAC
CO₃²⁻	0	2 TA	TAC	2 (TA-TAC)
H CO₃⁻	TAC	TAC- 2 TA	0	0

2.2.5.6. Mesure de chlore libre

La concentration en Chlore peut être exprimée en Chlore Libre, Chlore Combiné et Chlore Total. La mesure du Chlore Libre est généralement la plus importante dans la plupart des applications possibles. La méthode au DPD Palintest permet de mesurer le Chlore Libre, Combiné et Total.

Les réactifs sont dans cette méthode fournis sous forme de pastilles afin de simplifier l'utilisation. Le Chlore Libre réagit avec la molécule DPD (Diéthyl-p-Phénylène-Diamine) afin de produire une coloration rosâtre. L'intensité de cette couleur produite est proportionnelle à la concentration en Chlore Libre recherchée (Rodier, 2010).

Matériel et Réactif

- cuve propre
- Colorimètre
- pipette graduée
- Pastille DPD (chlore).

Mode opératoire (Méthode Colorimétrique)

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

2.2.5.7. Mesure de la Dureté Totale (TH)

Appelée aussi le titre hydrométrique (TH), détermine la concentration en sel de calcium et du magnésium dissout dans l'eau. Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe de type chélate par le sel disodique de l'acide éthylène diamintetracétique (EDTA). A pH=10 la disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique, le noir d'Eriochrome. En milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du magnésium, la méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium (Rodier, 2010).

Matériel et Réactif

- Erlenmeyer
- Burette
- pH -mètre
- Solution de NaOH
- Eriochrome T (N.E.T)
- Solution d'EDTA.

Mode opératoire

Dans un Erlenmeyer de 250 ml, on met 50 ml d'eau à analyser et on ajoute 4 ml de la solution tampon de NaOH (pH = 9.5 à 10) et trois gouttes d'indicateur coloré Noir d'Eriochrome T (NET). La solution se colore en rouge foncé ou violet, à ce stade, une agitation avec un titrage par la solution d'EDTA 0,02 N jusqu'au virage au bleu permet de mesurer la TH.

Les résultats sont exprimés par la formule suivante :

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

2.2.5.8. Mesure de calcium (Ca^{2+})

Le calcium est présent dans les eaux de manière naturelle. Pour déterminer la dureté calcique on utilise l'EDTA comme complexant, auparavant le dosage se fait à un pH élevé (12-13) où le magnésium est précipité sous forme $\text{Mg}(\text{OH})_2$ et n'intervient pas dans la réaction. L'indicateur utilisé est le calcone carboxylique ou le Murexide qui est sensible aux seuls ions Ca^{2+} pour former un complexe rouge (Rodier, 2010).

Matériel et Réactif :

- Erlenmeyer
- Burette
- Ph-mètre
- Solution de NaOH
- Murexide
- solution d'EDTA. 0.02 N.

Mode opératoire

On prélève 50 ml d'eau à analyser dans un Erlenmeyer de 250 ml, et on ajoute 3 ml de la solution NaOH (0.1N) et une pincée de Murexide, puis remuer soigneusement pour homogénéiser la solution, une couleur rose se produit. Un titrage par l'EDTA (0.02N) à lieu jusqu'au virage vers le rose au pourpre.

La dureté calcique est calculée par la formule suivante :

$$\text{Ca}^{2+} \text{ (mg/l)} = (\text{N EDTA} \times \text{V EDTA}) \times 1000 / \text{V}_0 \times 20$$

- NHCl : normalité de Hcl
- V Hcl : volume de Hcl
- VO : volume de l'échantillon
- 20: masse atomique de Calcium.

2.2.5.9. Mesure de Magnésium (Mg^{2+})

Le magnésium peut être estimé par la différence entre la dureté de l'eau et le calcium exprimé en CaCO_3 (Rodier, 2010).

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

La dureté magnésienne est calculée par la formule suivante :

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

2.2.5 10. Mesure des sels dissous totaux ou salinité (TDS)

Les sels dissous totaux représentent une évaluation totale des sels minéraux contenus dans l'eau (en solution). Au niveau du laboratoire de la station de dessalement de Honaine, la mesure de la concentration des solides dissous se fait par le rapport entre conductivité ($\mu\text{S/cm}$) et concentration ionique (ppm), qui s'exprime par :

$2 \times (\text{conductivité}) \text{ en } \mu\text{S/cm} = 1 \times (\text{TDS}) \text{ en ppm}$ (partie par million), où 1 ppm = 1 mg/l correspond à la concentration en solide dissous. et même à l'aide appareil multi-paramètre (HANNA, Hi 991300).

Matériels et réactifs

- Un Becher.
- conductimètre

Mode opératoire

Après avoir étalonné le conductimètre ; Mettre ensuite environ 100mL d'eau à analyser dans un bécher, dans lequel on plonge l'électrode du conductimètre pour mesurer Les TDS exprimée en mg/L.

2.2.5.11. Mesure de l'indice de Langelier ou pH de saturation (LSI)

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

2.3. Paramètres chimiques

Le dosage des Nitrites, ammonium, phosphates, phosphore, sulfates ont été effectués à l'aide d'un spectrophotomètre de marque ODESSEY / HACH. DR 2500.

2.3.1. Dosage de Nitrite (NO₂-)

Le dosage de nitrites comprend:

la solution mère SM (voir annexe : Préparation des Solutions Mère)

Contrôle de qualité:

On prélève 1 ml de (SM) dans une fiole jaugée de 50 ml, puis complété avec l'ED. Prélever à partir de cette solution 0.36 ml dans une autre fiole jaugé de 50 ml, et on ajoute 1 ml de réactif coloré pour NO₂, ensuite on complète avec l'eau distillée (ED). Une incubation à 25 °C pendant 20 mn.

Après incubation, prélever 10 ml dans une cuve propre, on fait introduire dans le spectrophotomètre. La valeur doit être comprise entre [0.036 et 0.026].

Le blanc

Dans une fiole jaugée de 50 ml, on met quelques millilitres d'eau distillée et 1 ml de réactif chloré et on complète jusqu'au trait de jauge. Après une incubation à 25 °C pendant 20 mn, on introduit environ 2 ml de cette suspension (le blanc) dans une cuve et on la met dans le spectrophotomètre ; l'appareil doit afficher la valeur de zéro.

L'échantillon

On prélève 40 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée de 50 ml et on ajoute 1 ml de réactif coloré. On complète avec l'eau distillée. Après incubation à 25 °C pendant 20 mn, on met 2 ml de cette solution dans une cuve, on introduit cette dernière dans le spectrophotomètre, la lecture du taux de nitrite se fait à une longueur d'onde de 540nm.

2.3.2. Dosage de l'ammonium NH_4^+

Le dosage de l'ammonium comprend :

la solution mère SM (voir annexe : Préparation des Solutions Mère)

Contrôle de qualité :

On prélève 0.1 ml de (SM) dans une fiole jaugé de 50 ml , puis on complète avec l'ED (S1).on prélève 9.3 ml de (S1) dans une fiole jaugé de 50 ml, et on ajoute 4 ml de réactif (NH_4^+) coloré n°(01) et 4 ml de réactif n°(02) dichloroiso -cyanurâtes, puis compléter avec l'ED. Une incubation est faite à 25 °C pendant 1 heure.

Après incubation, on prélève 10ml de cette solution dans une cuve propre on la met dans le spectrophotomètre.la valeur doit être comprise entre [0.36 et 0.26].

Le blanc

Dans une fiole jaugé de 50mL, On met quelques millilitres d'eau distillée et 1 ml de réactif coloré n°01 plus 1 ml de réactif n°02 ml de réactif et on complète jusqu'au le trait de jauge par l'ED. Après une incubation à 25 °C pendant 1 heure, on introduit 10mL du blanc dans le spectrophotomètre ; l'appareil doit afficher la valeur de zéro.

L'échantillon

On prend 40 ml d'eau à analysée et on ajoute 1 ml de réactif coloré n°(01) plus 1 ml de réactif n°(02). On complète avec l'eau distillée suivi d'une simple agitation. Après une incubation à 25 °C pendant 1 heure, on met 10 ml de cette solution dans une cuve, cette dernière est introduite dans de spectrophotomètre, la lecture du taux d'ammonium se fait à une longueur d'onde de 655nm.

2.3.3. Dosage du phosphate

La solution mère SM (voir annexe : Préparation des Solutions Mère) :

Contrôle de qualité :

On prélève 2 ml de (SM) dans une fiole jaugé de 50 ml, puis on la complète avec l'ED. on prélève 3,26 ml à partir de cette solution dans une fiole jaugé de 50 ml, et ajouter 1ml de l'acide ascorbique et 2 ml réactif mélange pour PO₄-3. Puis compléter avec l'ED. Une incubation à 25 °C pendant 10 mn. Après incubation, on prélève 10 ml de (Solution n°1) dans une cuve propre, et l'introduit dans le spectrophotomètre. La valeur doit être comprise entre [0.47 et 0.55].

Le blanc

Dans une fiole, on jauge de 50 ml, on met quelques millilitres d'eau distillée, 1 ml d'acide ascorbique et 2 ml de réactif mélange de phosphate. On complète jusqu'au le trait de jauge par l'ED .après une incubation à 25 °C pendant 10 mn, on introduit 10 ml du blanc dans le spectrophotomètre, l'appareil doit afficher la valeur de zéro.

L'échantillon

On prélever 40 ml d'eau à analysée dans une fiole jaugée de 50 ml et on ajoute 1 ml de réactif coloré n°01 plus 2 ml de réactif n°02, compléter avec l'eau distillée suivi d'une simple agitation. une incubation à 25 °C pendant 1 heure. Mettre 10 ml de cette solution dans une cuve, et on introduit cette dernière dans le spectrophotomètre, la lecture du taux de phosphate se fait à une longueur d'onde de 880 nm.

2.3.4. Dosage des sulfates

Pour le dosage de sulfate on a utilisé des gélules de sulfates commercialisées dans des pochettes. Le dosage de sulfate comprend :

Le blanc

On prélève 10 ml d'ED dan une cuve, et on incube à 25 °C pendant 5 mn. On introduit la cuve dans le spectrophotomètre. L'appareil doit afficher la valeur de zéro.

L'échantillon

On prélève 10 ml d'eau à analysée dans une cuve, et on ajoute une gélule de sulfate. Une incubation pendant 5 mn à 25 °C, après avoir mettre le spectrophotomètre en marche. On introduit la cuve dans le spectrophotomètre, la lecture du taux de sulfate se fait à une longueur d'onde de 680 nm.

2. Dosage des métaux lourds (plomb, fer, cadmium, nickel, manganèse, argent, chrome)

Trois échantillons ont été analysés, dans le but de mesurer la quantité de chaque élément tel que : le Fer, Cadmium, Manganèse. Plomb, Nickel, Argent et le Chrome. Le dosage de nos échantillons a été réalisé avec un spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme de type (AURORA AI.1200) (figure 12). C'est une méthode d'analyse élémentaire qui s'applique à l'analyse des métaux lourds à l'état de traces. Les éléments absorbent les radiations dont la longueur d'onde correspond à celle émises lors du retour à l'état fondamental de l'atome (Janin et Schnitzer, 1996).

3.1. Principe

Cette méthode consiste en la mesure de l'absorption des radiations photoniques spécifiques par des atomes en phase vapeur. Elle repose sur la propriété selon laquelle un élément métallique peut absorber les radiations qu'il est lui-même susceptible d'émettre. Lorsque les atomes d'un élément ont été excités, leur retour à l'état fondamental s'accompagne de l'émission de lumière propre à cet élément.

Le principe de la spectrophotométrie d'absorption atomique en flamme consiste à vaporiser l'échantillon liquide et à le chauffer à l'aide d'une flamme (généralement une flamme air/acétylène). La flamme est dirigée vers une lumière émise par une lampe appropriée (lampe à cathode creuse) émettant les longueurs d'onde caractéristiques de l'élément recherché. En traversant la flamme, les ondes lumineuses, dont les longueurs d'onde correspondent à l'élément dosé, sont absorbées par les ions excités présents dans la flamme. L'absorption est mesurée à l'aide d'une cellule photoélectrique et qui est directement proportionnelle à la concentration de l'élément à doser.

La spectrophotométrie d'absorption atomique en flamme permet le dosage d'éléments en traces dans divers types de substrats : végétaux, sols, sédiments, roches, aliments, déchets solides, effluents liquides, eaux souterraines, eaux de surface, eaux usées, etc (Kamoun et *al.*, 1997).

3.2. Appareillage

L'appareil utilisé pour notre travail est un spectrophotomètre d'absorption atomique à Flamme (air/acétylène) de type AURORA AI 1200, doté d'un micro-ordinateur. Il comporte:

- Un générateur d'atomes constitué par un dispositif de nébulisation, brûleur et une flamme.
- Un conductimètre électrique.
- Un système de sélection de la longueur d'onde
- Un récepteur.

Les résultats sont exprimés en mg/l du métal dans l'échantillon (Tableau 21) selon l'équation suivante :

$$C = \frac{C_1 \times V}{P \times D}$$

Avec :

C : concentration finale de l'échantillon en (mg/l),

C₁ : concentration de la solution échantillon en (mg/l),

V : volume final de la solution dosée en (ml),

P : masse d'échantillon en (g),

D : facteur de dilution en (ml).

Tableau 21 : Conditions d'atomisation pour les métaux étudiés

ELEMENTS	RAIE PRINCIPALE (nm)
• Cadmium	228.8
• Chrome	357.9
• Fer	248.3
• Manganèse	279.5
• Plomb	283.3

3.3. Methode d'analyse

La méthode d'analyse pour la détermination du : Fer, Cadmium, Manganèse. Plomb, Nickel, Argent et le Chrome est la même, mais chaque élément a son propre réactif, et sa propre longueur d'onde.

Le Spectrophotomètre d'absorption atomique (U.V/visible) est équipé d'une lampe à cathode creuse de plomb ou d'une lampe à décharge (lampe EDL) et d'un ensemble nébuliseur-brûleur air-acétylène.

Réactifs

- Solution mère étalon de chaque élément à 100 mg/L
- élément pur.
- Acide nitrique.
- Eau permutée.

Mode opératoire

Dans une fiole jaugée de 100 ml, introduire 10 ml Solution mère étalon d'élément puis 10 ml d'échantillon d'eau à analyser. Nébuliser la solution dans une flamme air-acétylène, en intercalant de l'eau permutée entre chaque échantillon. On effectuant les lectures à la longueur de 283.3 nm.

4. Analyse statistique des résultats

Pour être valable, un résultat doit toujours être accompagné d'une étude statistique. Cette étude comprend au minimum les calculs de moyenne et d'écart-type sur les mesures. Les intervalles de confiance permettent bien souvent de s'affranchir d'un certain nombre d'erreurs potentielles.

4.1. Traitements statistiques des données et calcul des indices.

Le calcul des indices ont été réalisé en utilisant le logiciel STATISICA version 10 (*Logiciel: STATISTICA V.10*) (annexes).

4.2. Base de données ACCESS

Les données accumulées lors de nos travaux ont été structurées et organisés dans une base de données et dont l'architecture pour les prélèvements et analyse effectuées

4.3. Principes d'un fichier STATISTICA

Les données sont saisies sous la forme d'un tableau.

En colonnes, des variables (soit le nombre d'information que nous avons pour chaque individu).

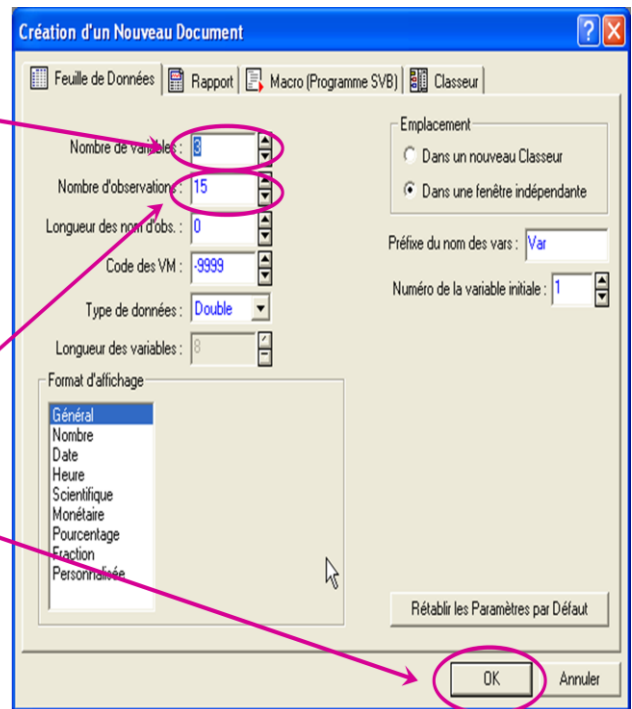
En lignes, des individus (les six stations, les différents paramètres lors des douze mois)

4.4. Création d'un fichier (Fichier > Nouveau)

- **Indiquer le nombre de variables**
(Paramètres lors des douze mois)

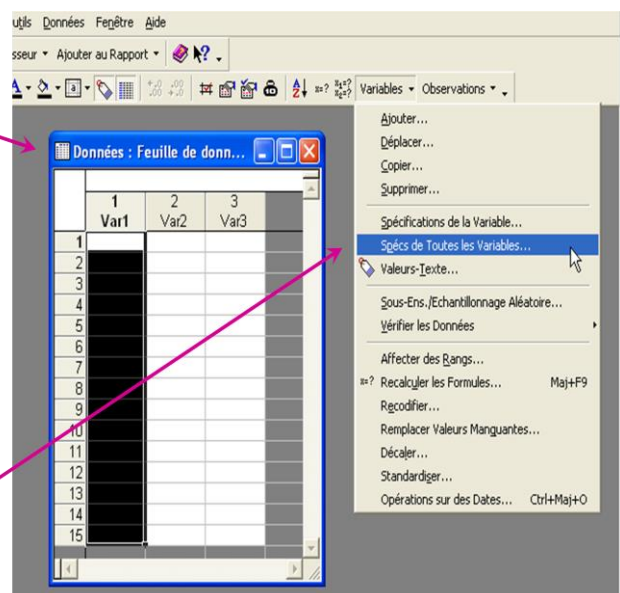
- **Et le nombre d'observations**
(les six stations)

- **Cliquez sur OK.**

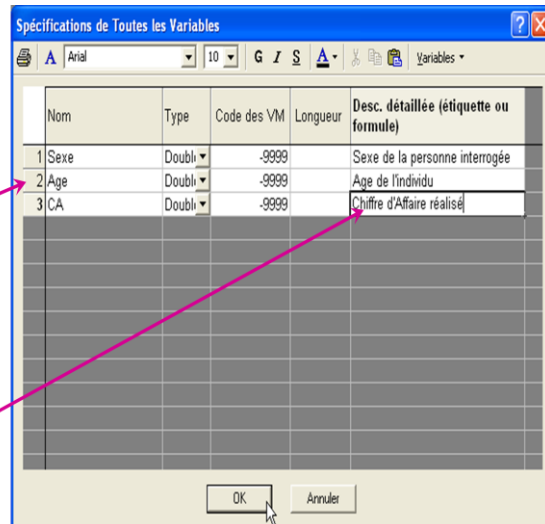


- **Apparition du fichier de données.**

- **On va maintenant spécifier le nom des variables**

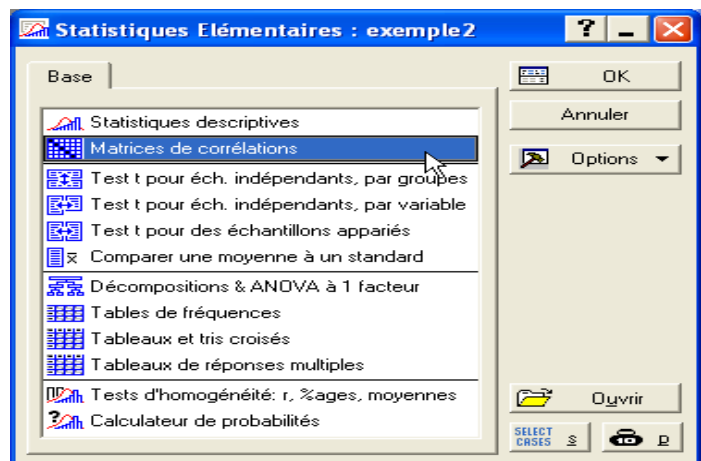


- On donnera un nom court mais explicite Mieux vaut éviter D'utiliser les caractères particuliers.
- Il est aussi possible de faire une description détaillée des variables



4.5. Corrélation

- Choisir les matrices de corrélation dans les Statistiques élémentaires



Enfin lancer l'analyse en composantes principales (ACP) pour avoir les différentes projections des variables quantitatives, tout en obtenant des facteurs non corrélés entre eux.

Chapitre 5

Résultats et discussions

1. Résultats et interprétation des analyses organoleptiques et physico-chimiques de l'eau traitée

Les résultats des analyses organoleptiques et physico-chimiques de l'eau traitée ou dessalée sont consignés dans les tableaux 22 et 23.

Notre étude a fait ressortir des éléments très importants à noter, commencent par la potabilité de l'eau après traitement et leurs rejets (Tableaux 22 et 23), la potabilité de l'eau est propre à la consommation, mise à part, quelque réserves qu'on a pu noter et qui mérite d'être mentionné :

Sur le plan de la potabilité

- Un problème organoleptique- arrière goût est constaté.
- Le cas des chlorures qui dépassent presque deux fois les normes (entre 364 et 397,5mg/l) de potabilité soit 200 mg/l.
- Parmi les points sensibles de cette récente technologie peu maîtrisée et à prendre en considération sont les rejets de la station qui dépassent largement les normes dans la quasi-totalité des cas et qui représente un risque potentiel non négligeable sur l'écosystème aquatique de la région.

Tableau 22: Résultats des analyses organoleptiques.

Paramètres	LIEU DE PRELEVEMENT						UNITE	C.M.A (NA)	Méthode
	S1	S2	S3	S4	S5	S6			
Odeur	07	07	04	04	07	04	Indice dilution	04	Dilution_IE104
Gout	23	22	24	23	24	22	Indice dilution	04	Dilution_IE105
Couleur	02	02	02	02	02	01	Pt-Co	25	Méthode liquide NA764

Concentration maximale acceptable (CMA) On établit une CMA pour les paramètres qui ont sur la santé des effets nocifs connus ou supposés lorsqu'ils sont présents à une concentration supérieure à un certain seuil. Deux facteurs déterminent la durée pendant laquelle une CMA peut être dépassée sans que cela occasionne des effets sur la santé. Ce sont la nature et la concentration du paramètre en question.

Tableau 23: Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau traitée.

Paramètres	Lieu de prélèvement						UNITE	C.M.A (NA)
	S1	S2	S3	S4	S5	S6		
Ph	7,96	7,97	7,85	7,61	7,52	7,66		6,5-8,5
Température	14,6	14,8	14,3	14,4	14,8	14,5	°C	<25°C
Conductivité	469	526	561	537	422	548	µS/cm	2000
Salinité	0,1	0,2	36.6	35	0,2	34.8	‰	1000
Sels Dissous Totaux	234,5	263	280,05	274	250	279,4	mg/l	1000
Oxygène dissout	7	7.12	6,96	7.01	6,8	7.09	mg/l	8,5
Turbidité	1,32	0.647	1,72	1,7	0,9	1,51	Ntu	5
Matières organiques	0,97	1.04	3.1	2,5	1,01	2,4	mg d'o2/l	3
Ortho phosphates	0,004	0	0,011	0,03	0	0,12	mg/l	0,5
Ammonium	0	0	0,215	0,14	0	0,1	mg/l	0,5
Nitrates	1,94	1,83	1,554	1,51	1,25	1,41	mg/l	50
Nitrites	0	0.002	0.016	0,016	0,001	0,11	mg/l	0,1
Sulfates	425	365.95	223.78	231	325,14	214	mg/l	400
Chlorures	397,5	370.17	366.3	369,4	347	364	mg/l	500
Dureté totale	6	4	51,3	45,4	6	25,9	°F	50
Calcium	11,22	11,22	44.88	34,2	11,14	32,4	mg/l	200
Magnésium	7,76	209	97,75	94,1	48,5	89,44	mg/l	150
Titre Alcal complet	1,3	1,3	15.1	14	1,6	11,7	°F	/
Bicarbonates	67,12	67,12	219.67	168,47	65	200,47	mg/l	/
Fer total	0	0	0	0	0	0	mg/l	0,3
Chrome Hexavalent	0	0	0.007	0,002	0	0,004	mg/l	0,05
Chlore libre	0,2	0,1	0	0,1	0	0,2	mg/l	/
Chlore combiné	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,2	mg/l	/
Chlore total	0,3	0.1	0,1	0,2	0,1	0,4	mg/l	/

1.1. Matière Organique (mg/l)

Les matières organiques susceptibles d'être rencontrées dans les eaux, sont constituées par des produits de décomposition d'origine animale ou végétale, élaborés sous l'influence des microorganismes.

Ces matières organiques sont responsables de l'apparition de mauvais goûts qui pourront être exacerbés par le traitement de chloration.

Les eaux très pures ont généralement une consommation en oxygène inférieure à 1 mg/l.

L'OMS et la législation algérienne recommande une teneur en matières organique de 5 mg/l. D'une façon générale, une teneur élevée en matière organique devra toujours faire suspecter une contamination microbienne.

Les résultats d'analyse de la matière organique effectués depuis avril 2014 jusqu'au septembre 2014 (Figure 63) accordent des valeurs en dessous de celles citées aux normes algériennes et celles de l'OMS. La variation est entre 0,97 et 3,1 mg/l, ce qui conduit à une eau satisfaisante vis-à-vis de la matière organique.

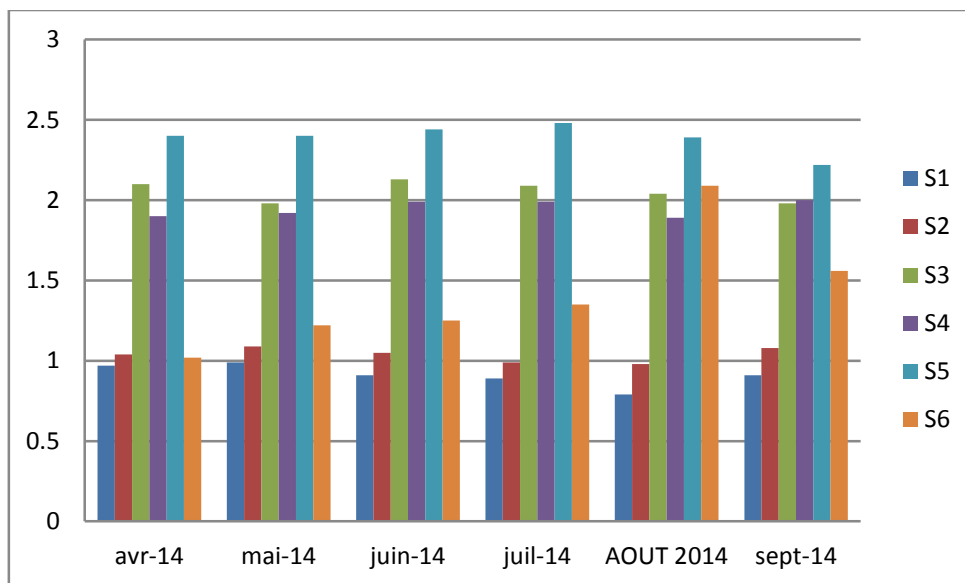


Figure 63 : Concentration de la Matière Organique.

2. Analyses Bactériologiques

Une eau destinée à l'alimentation humaine ne doit contenir aucun germe microbien pathogène. La contamination par les matières fécales est décelée par la présence d'*Escherichia-coli*, ou de Streptocoques fécaux. La présence de germes tests de contamination fécale conduit à considérer l'eau comme bactériologiquement impure et menacée de pollution. Nos analyses montrent que l'eau est de bonne qualité bactériologique ce qui se traduit par une absence de germes test de contamination fécale. D'une part, ce résultat est conforme aux normes d'une eau potable destinée à la consommation humaine. D'autre part, il confirme qu'il y a une bonne désinfection, c'est-à-dire une destruction des germes pathogènes.

2.1 Résultats et interprétations des analyses microbiologiques de l'eau traitée.

Une eau destinée à l'alimentation humaine ne doit contenir aucun germe microbien pathogène. La contamination par les matières fécales est décelée par la présence d'*Escherichia-coli*, ou de Streptocoques fécaux. La présence de germes tests de contamination fécale conduit à considérer l'eau comme bactériologiquement impure et menacée de pollution. Nos analyses montrent que l'eau est de bonne qualité bactériologiques ce qui se traduit par une absence de germes test de contamination fécale (Tableau 24). D'une part, ce résultat est conforme aux normes d'une eau potable destinée à la consommation humaine. D'autre part, il confirme qu'il y a une bonne désinfection c'est-à-dire une destruction des germes pathogènes.

Les analyses microbiologiques de l'eau dessalée des six stations sont de bonne qualité microbiologique suivant les normes mondiale et algériennes en vigueur.

Tableau 24: résultats des analyses microbiologiques de l'eau traitée

Paramètres	Lieu de prélèvement						UNITE	C.M.A (NA)	Méthode
	S1	S2	S3	S4	S5	S6			
<i>Germes Aérobie</i> s à 37°C	07	07	08	07	08	07	U.F.C /ml	10	Méthode d'incubation sur gélose NA763
<i>Germes Aérobie</i> s à 22°C	23	22	24	22	23	21	U.F.C /ml	100	Méthode d'incubation sur gélose NA763
<i>Coliformes Aérobie</i> s à 37°C	02	02	02	02	02	01	U.F.C /100ml	<10	Méthode liquide NA764
<i>Escherichia-Coli</i> à 44°C	00	00	00	00	00	00	U.F.C /100ml	00	Méthode liquide NA764
<i>Entérocoques</i>	00	00	00	00	00	00	U.F.C /100ml	00	Méthode liquide NA765
<i>Clostridium Sulfito.réducteurs</i>	absence	Absence	Absence	absence	absence	absence	Spore /20ml	00	Méthode en tubes profonds NF T 90-415

3. Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de rejets et de mer des six stations de dessalement

Durant plusieurs mois de travail, on a obtenu les résultats d'analyse des rejets des six stations

3.1. Interprétations des analyses de l'eau traitée de la station (1)

Résistivité électrique et Conductivité : elle prend des valeurs allant 47000 à 48500 mg/l dans notre cas l'eau traite reste largement supérieur a la norme (Figure 64), Tandis que les recommandations pour l'eau brute de la mer ne doivent pas franchir la concentration de 42000 mg/l mais dans le cas des rejets dépasse la valeur recommandée 28000 mg/l.

La Salinité -TDS : Les résultats de l'eau qui proviennent de la mer et l'eau traitée répondent aux recommandations mais l'eau de rejet varie entre 36750 et 37800 mg/l (Figure 65) dépasse la concentration établie par l'OMS et la législation Algérienne soit 35500 mg/l.

Pour le calcium et le magnésium (Figures 66 et 67) les résultats des rejets dépasse presque quatre fois les valeurs limites aux normes.

Les chlorures (mg/l) Les chlorures sont très solubles dans l'eau, il est difficile à les éliminer (Rodier., 2010).

Nos analyses montrent un taux en chlorures considérable élevé dans le point de rejet allant de 42300 à 43400 mg/l (Figure 68) par rapport à l'eau de mer normale qui a généralement une valeur de 21650 mg/l. Au contact des eaux de mers, on remarque une diminution importante jusqu'à des valeurs de 21500 mg/l. Ce qui se traduit par la dilution du milieu récepteur.

Le taux de tous les paramètres est minimal pour les mois de la saison hivernale (décembre, janvier et février), il reprend ces valeurs maximal pour les mois de la saison estivale (juin, juillet et août), cela est justifier par l'augmentation de la capacité de production de la station.

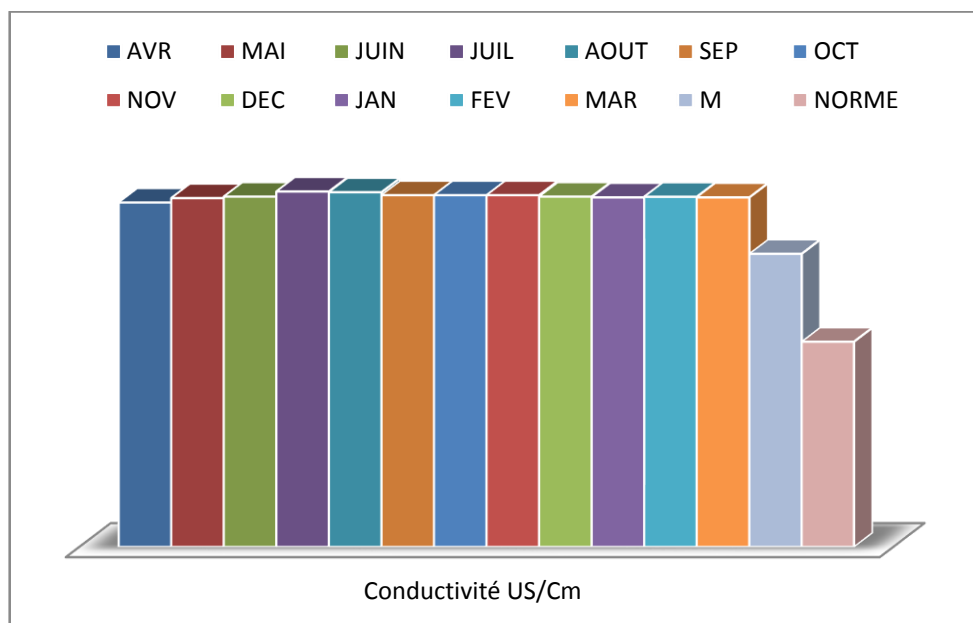


Figure 64 - Variabilité de la conductivité de la station (1).

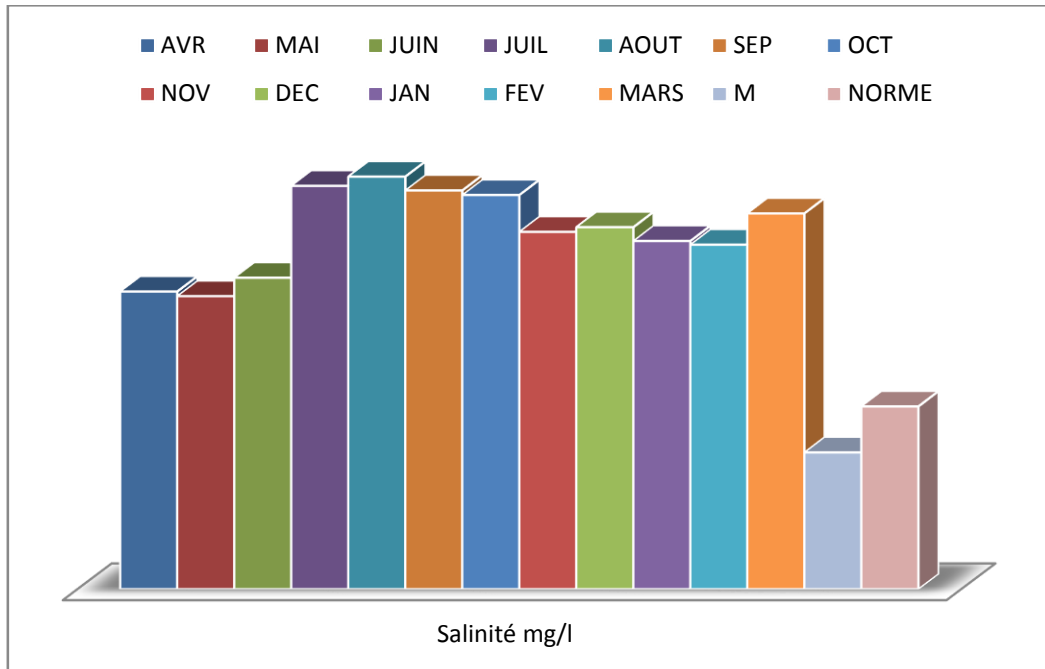


Figure 65- Variabilité de la salinité de la station (1).

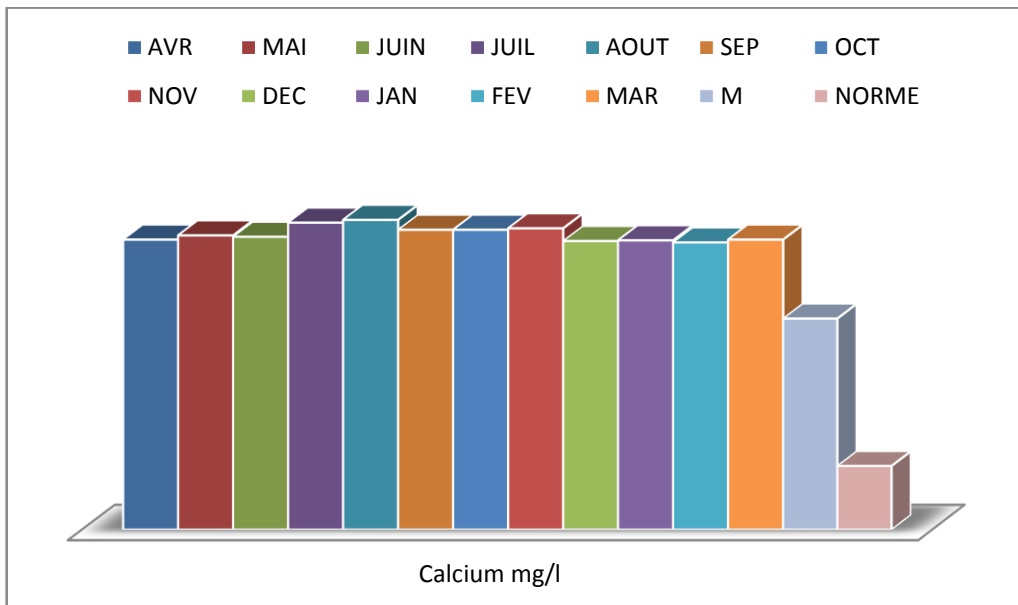


Figure 66- Variabilité du calcium de la station (1).

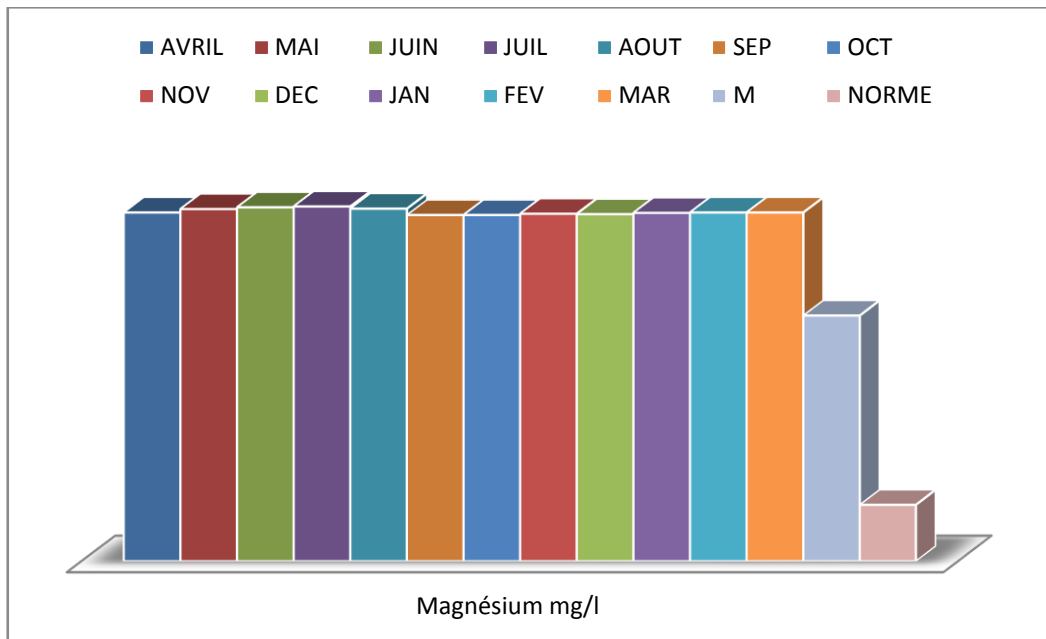


Figure 67 - Variabilité du magnésium de la station (1).

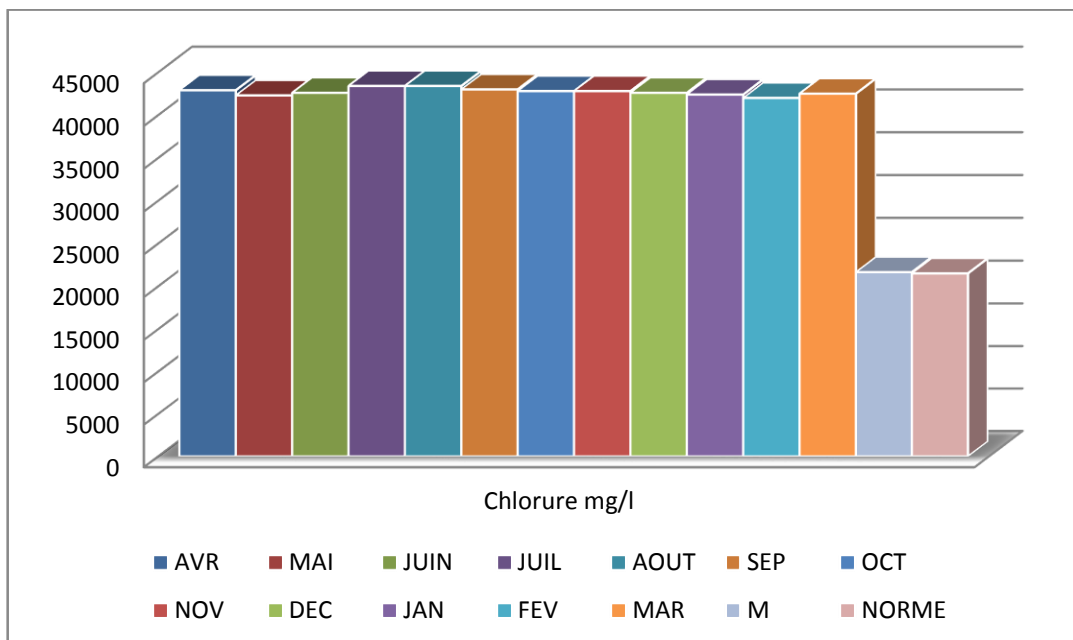


Figure 68 - Variabilité du chlorure de la station (1).

3.2. Interprétations des analyses de l'eau traitée de la station (2)

Résistivité électrique et Conductivité : elle prend des valeurs allant 41900 à 42800 mg/l (Figure 69) dans notre cas l'eau traite reste largement supérieur a la norme Tandis que les recommandations pour l'eau brute de la mer ne doivent pas franchir la concentration de 42000 mg/l mais dans le cas des rejets dépasse la valeur recommandée 28000 mg/l.

La Salinité -TDS : Les résultats de l'eau qui proviennent de la mer et l'eau traitée répondent aux recommandations mais l'eau de rejet (Figure 70) varie entre 36550 et 37800 mg/l dépasse la concentration établie par l'OMS et la législation Algérienne soit 35500 mg/l.

Pour le calcium et le magnésium les résultats des rejets dépasse presque quatre fois les valeurs limites aux normes (Figures 71 et 72).

Les chlorures (mg/l) Les chlorures sont très solubles dans l'eau, il est difficile à les éliminer (Rodier., 2010).

Nos analyses montrent un taux en chlorures considérable élevé dans le point de rejet allant de 43000 à 44800 mg/l par rapport à l'eau de mer normale qui a généralement une valeur de 21650 mg/l. Au contact des eaux de mers, on remarque une diminution importante jusqu'à des valeurs de 21500 mg/l (Figure 73) . Ce qui se traduit par la dilution du milieu récepteur.

Le taux de tous les paramètres et minimal pour les mois de la saison hivernale (décembre, janvier et février), il reprend ces valeurs maximal pour les mois de la saison estivale (juin, juillet et aout), cela est justifier par l'augmentation de la capacité de production de la station.

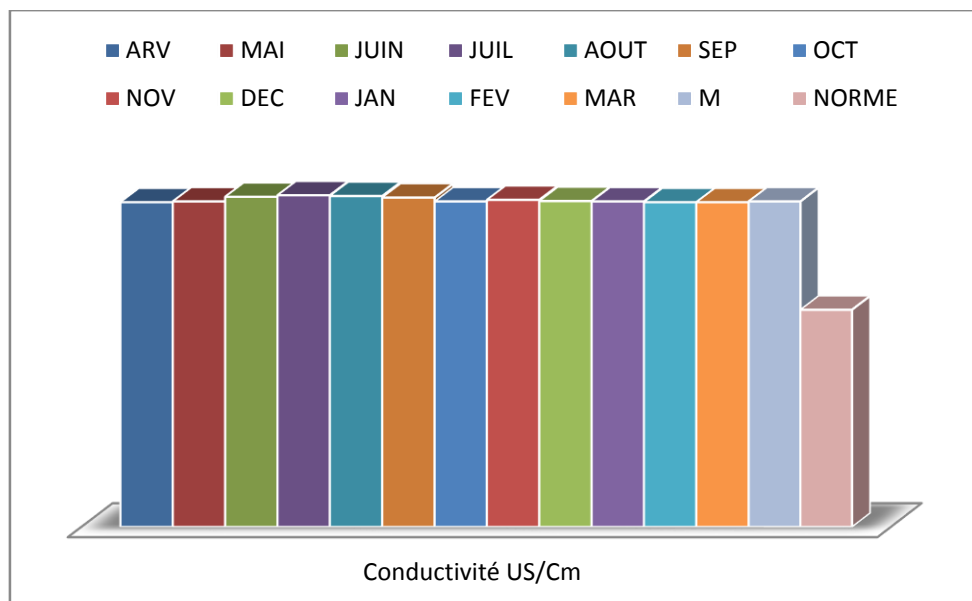


Figure 69 - Variabilité de la conductivité de la station (2).

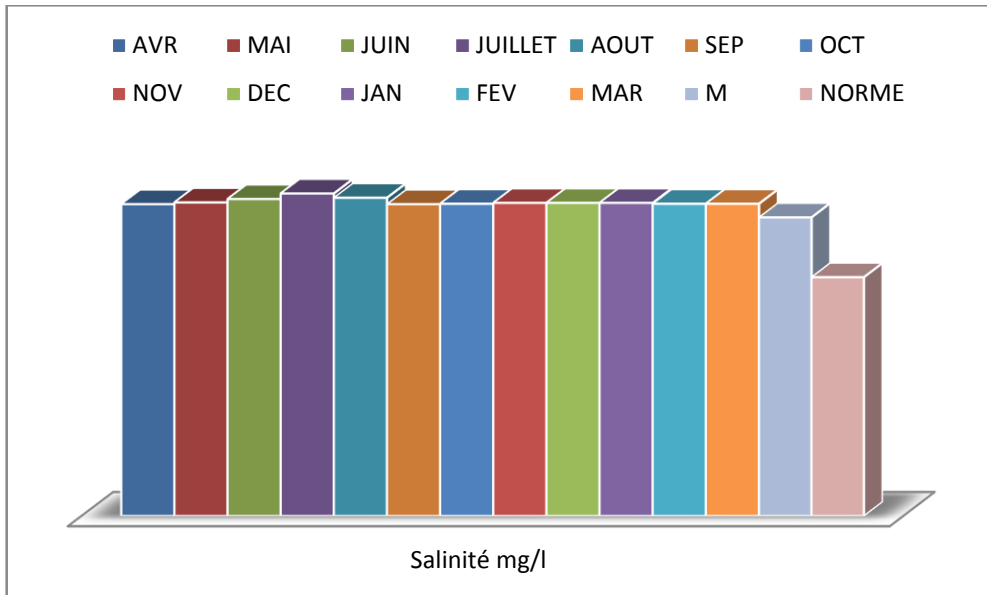


Figure 70 - Variabilité de la salinité de la station (2).

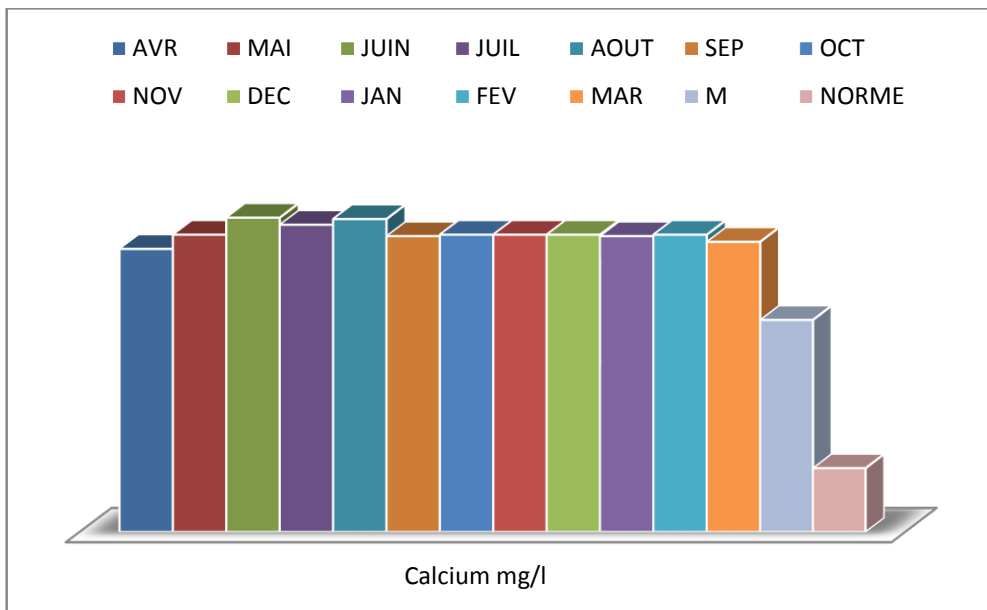


Figure 71 - Variabilité du calcium de la station (2).

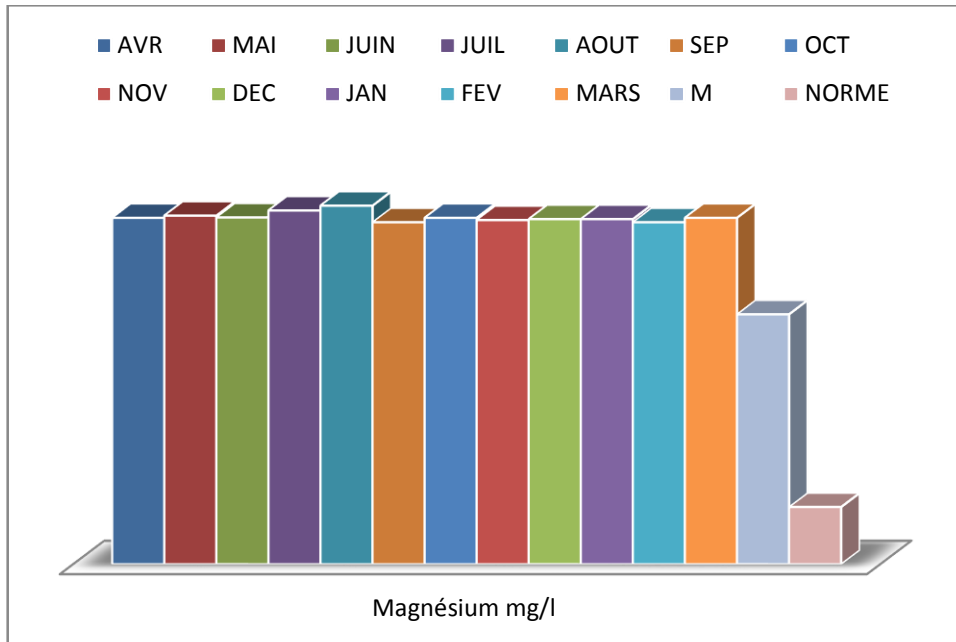


Figure 72 - Variabilité du magnésium de la station (2).

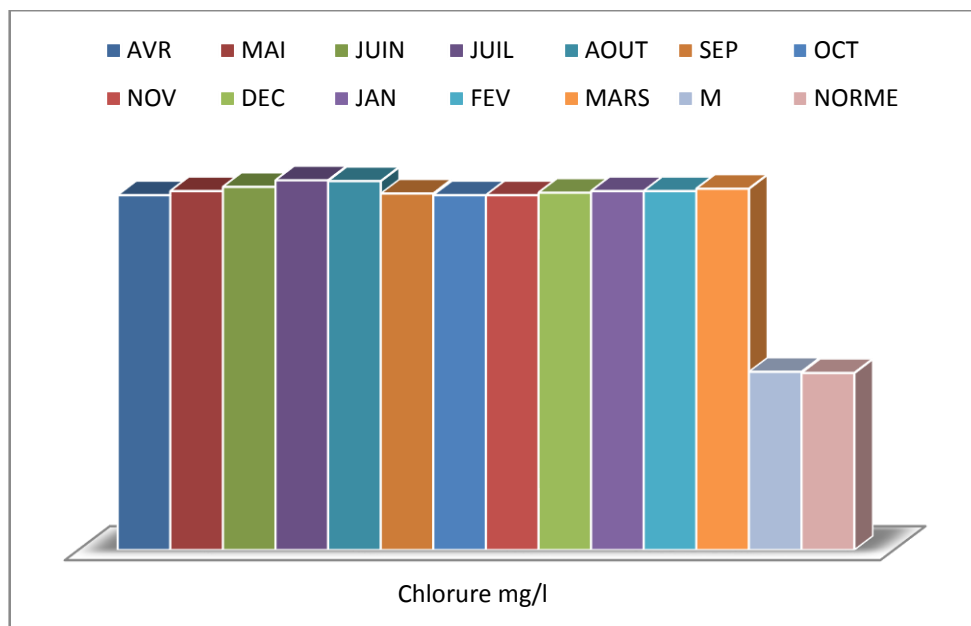


Figure 73 - Variabilité du chlorure de la station (2).

2.3. Interprétations des analyses de l'eau traitée de la station (3)

Résistivité électrique et Conductivité : elle prend des valeurs allant 59000 à 59450 mg/l dans notre cas l'eau traite reste largement supérieur a la norme Tandis que les recommandations pour l'eau brute de la mer ne doivent pas franchir la concentration de 42000 mg/l (Figure 74) mais dans le cas des rejets dépasse la valeur recommandée 28000 mg/l.

La Salinité -TDS : Les résultats de l'eau qui proviennent de la mer et l'eau traitée répondent aux recommandations mais l'eau de rejet varie entre 45000 et 45400 mg/l dépasse la concentration établie par l'OMS et la législation Algérienne soit 35500 mg/l (figure 75).

Pour le calcium et le magnésium (Figures 76 et 77) les résultats des rejets dépasse presque quatre fois les valeurs limites aux normes.

Les chlorures (mg/l) Les chlorures sont très solubles dans l'eau, il est difficile à les éliminer (Rodier.,2010).

Nos analyses montrent un taux en chlorures considérable élevé dans le point de rejet allant de 45000 à 45800 mg/l par rapport à l'eau de mer normale qui a généralement une valeur de 23120 mg/l (Figure 78). Au contact des eaux de mers, on remarque une diminution importante jusqu'à des valeurs de 21500 mg/l . Ce qui se traduit par la dilution du milieu récepteur.

Le taux de tous les paramètres et minimal pour les mois de la saison hivernale (décembre, janvier et février), il reprend ces valeurs maximal pour les mois de la saison estivale (juin, juillet et aout), cela est justifier par l'augmentation de la capacité de production de la station.

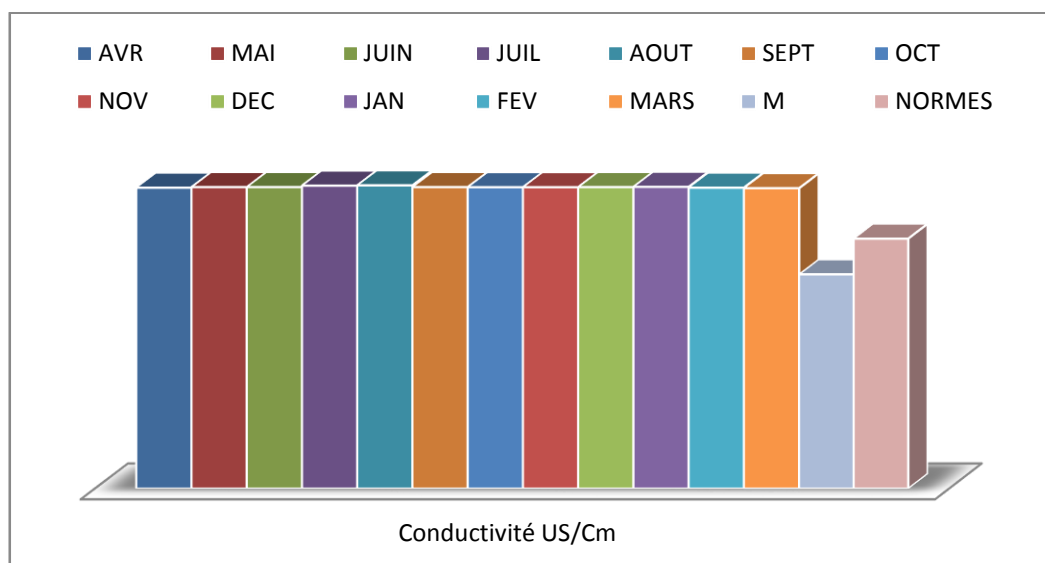


Figure 74- Variabilité de la conductivité de la station (3).

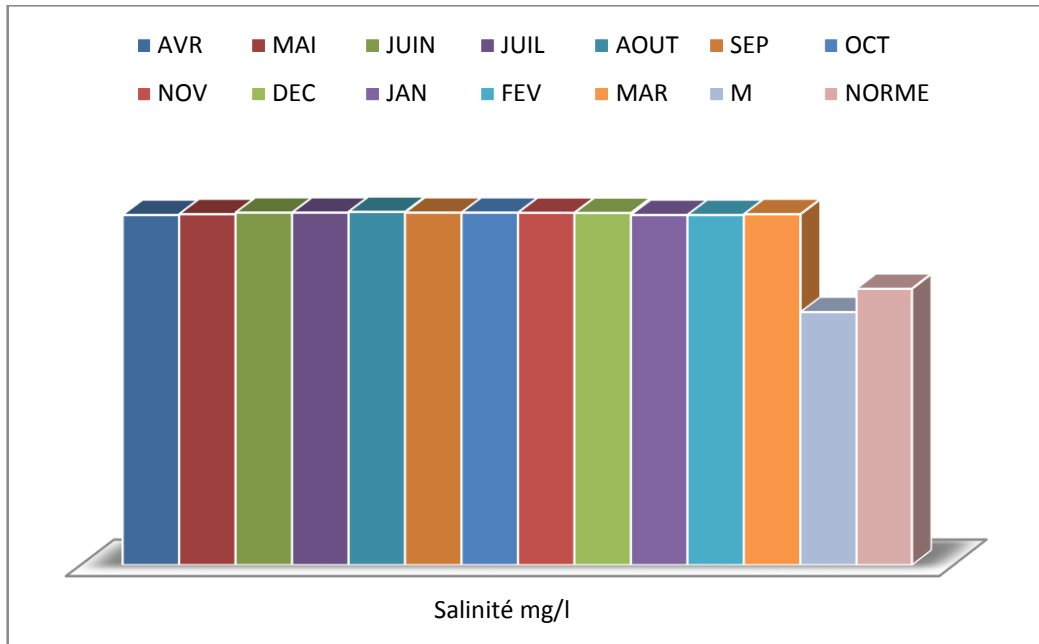


Figure 75 - Variabilité de la salinité de la station (3).

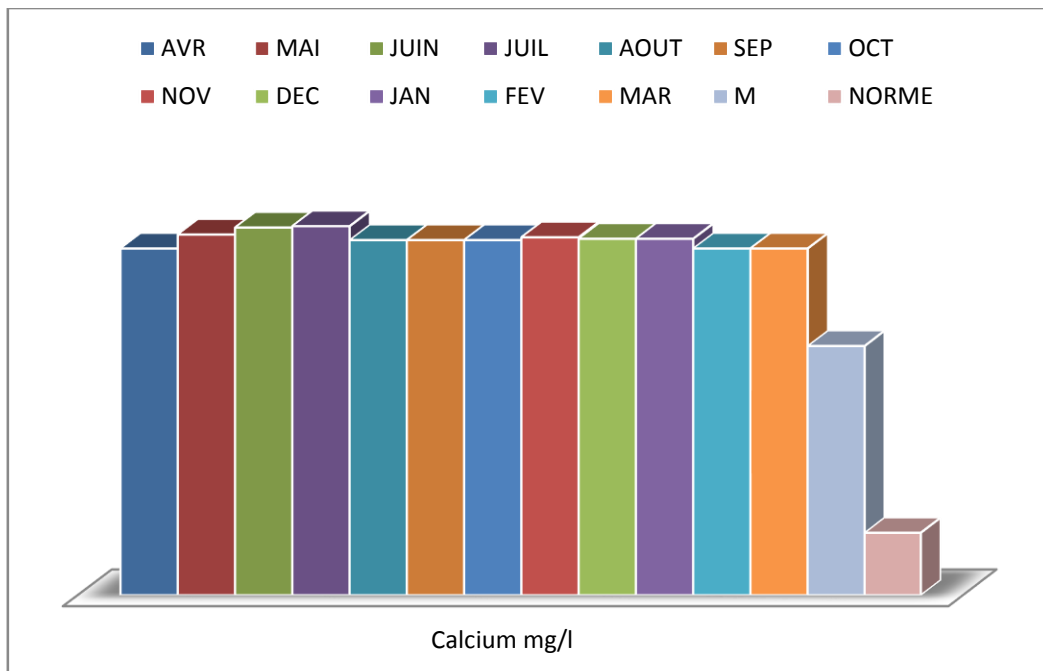


Figure 76 - Variabilité du calcium de la station (3).

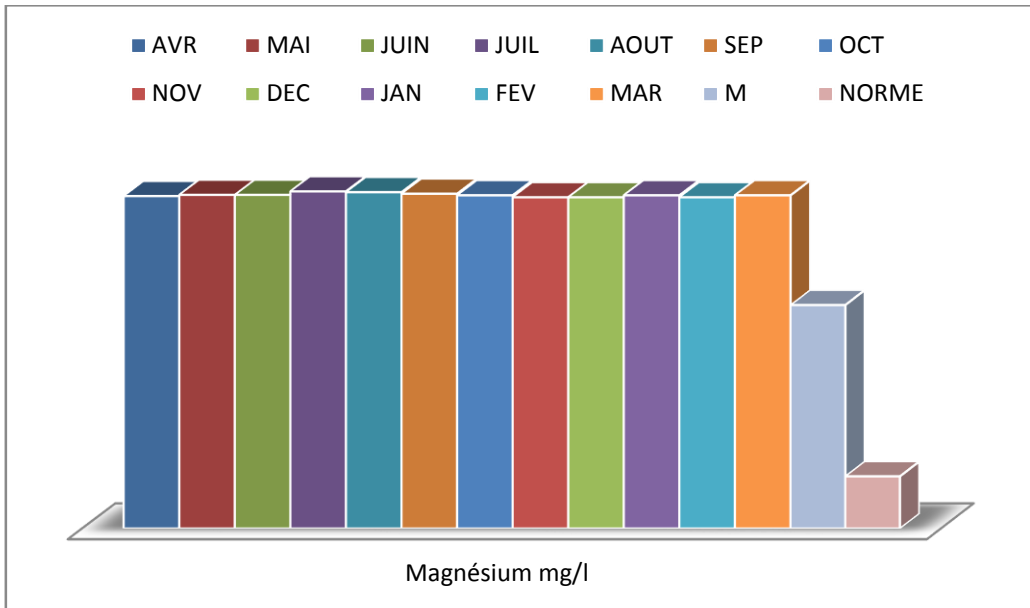


Figure 77 - Variabilité du magnésium de la station (3).

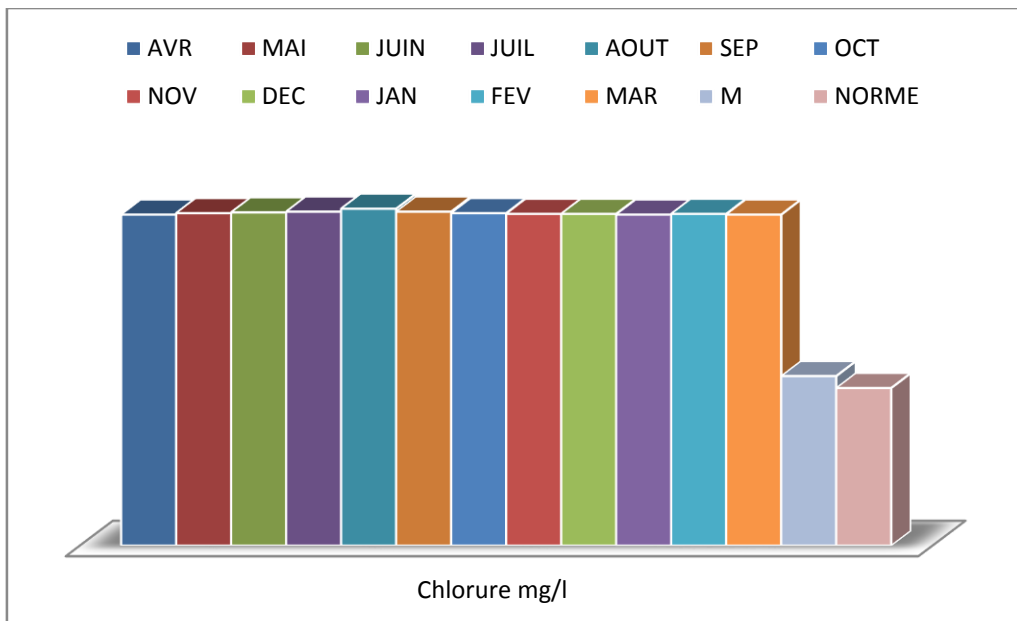


Figure 78 - Variabilité du chlorure de la station (3).

3.4. Interprétations des analyses de l'eau traitée de la station (4)

Résistivité électrique et Conductivité : elle prend des valeurs allant 59200 à 59800 mg/l dans notre cas l'eau traite reste largement supérieur a la norme Tandis que les recommandations pour l'eau brute de la mer ne doivent pas franchir la concentration de 40000 mg/l mais dans le cas des rejets dépasse la valeur recommandée 28000 mg/l (Figure 79).

La Salinité -TDS : Les résultats de l'eau qui proviennent de la mer et l'eau traitée répondent aux recommandations mais l'eau de rejet varie entre 44800 et 45100 mg/l (Figure 80) dépasse la concentration établie par l'OMS et la législation Algérienne soit 35500 mg/l.

Pour le calcium et le magnésium (Figures 81 et 82) les résultats des rejets dépasse presque quatre fois les valeurs limites aux normes.

Les chlorures (mg/l) Les chlorures sont très solubles dans l'eau, il est difficile à les éliminer (Rodier., 2010).

Nos analyses montrent un taux en chlorures considérable élevé dans le point de rejet allant de 45000 à 45500 mg/l par rapport à l'eau de mer normale qui a généralement une valeur de 21650 mg/l. Au contact des eaux de mers, on remarque une diminution importante jusqu'à des valeurs de 21500 mg/l (Figure 83). Ce qui se traduit par la dilution du milieu récepteur.

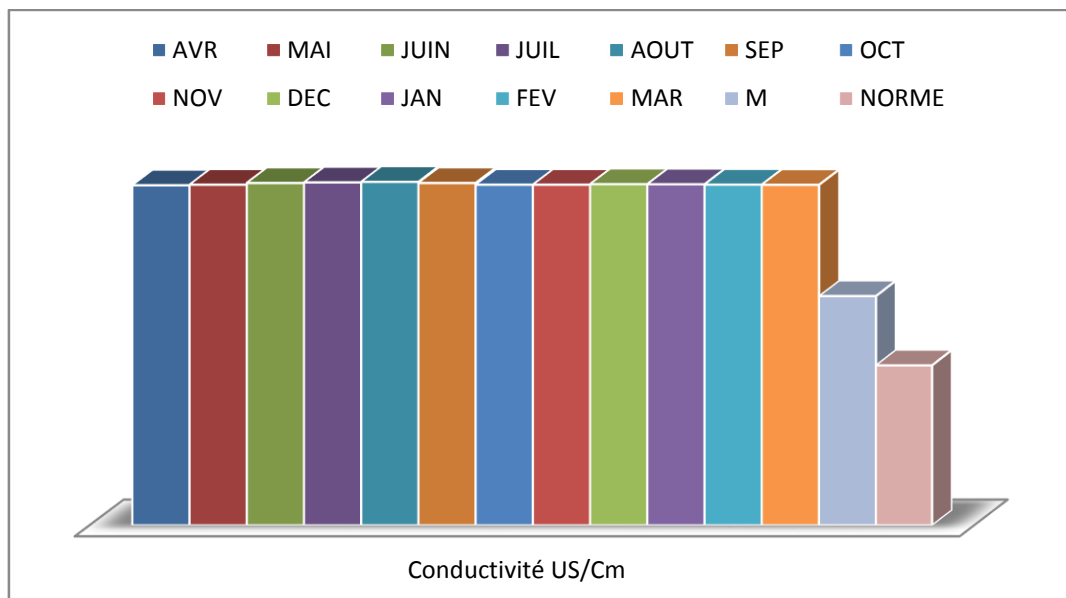


Figure 79 - Variabilité de la conductivité de la station (4).

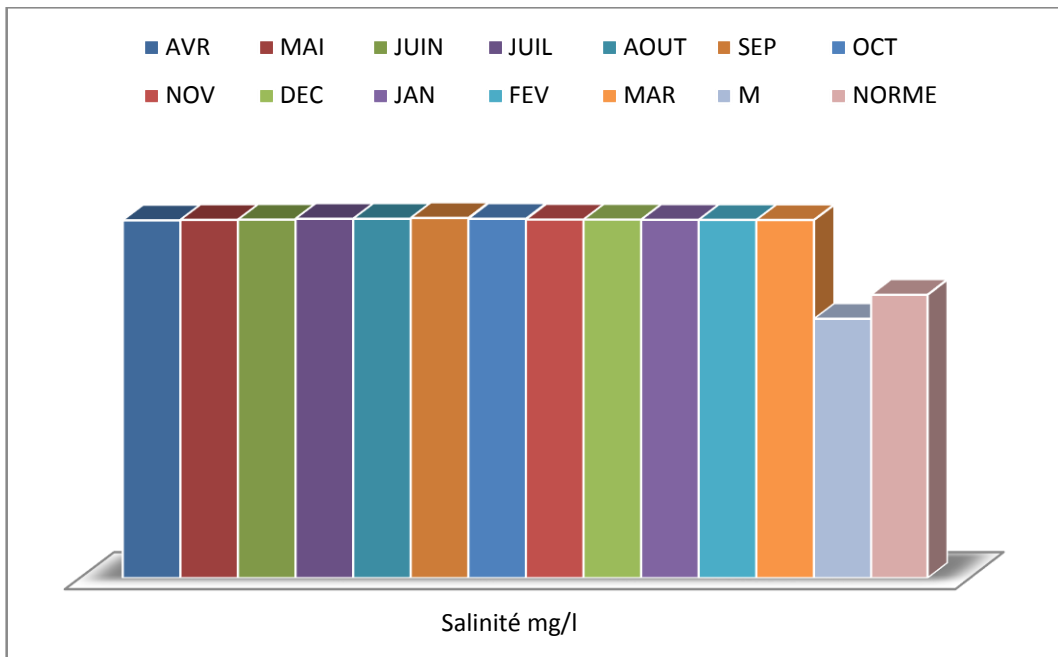


Figure 80 - Variabilité de la salinité de la station (4).

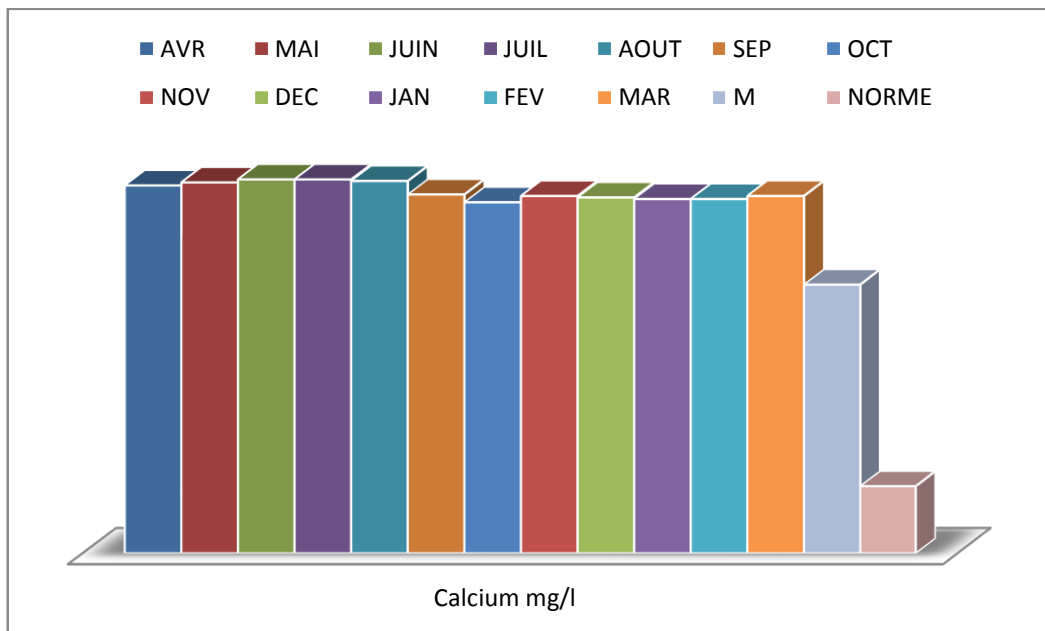


Figure 81 - Variabilité du calcium de la station (4).

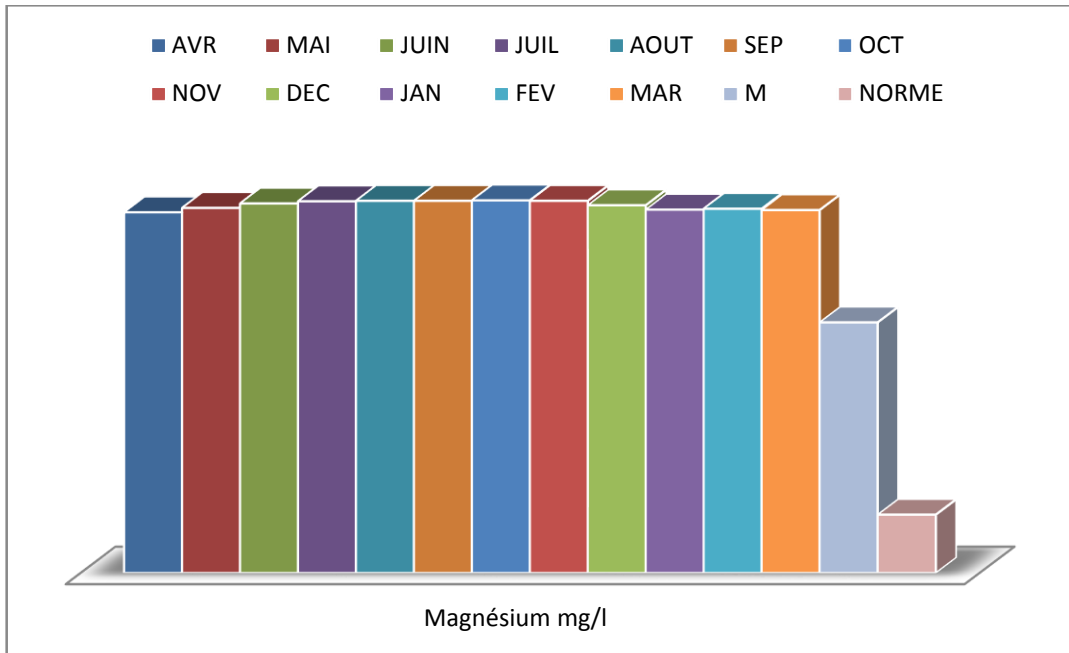


Figure 82 - Variabilité du magnésium de la station (4).

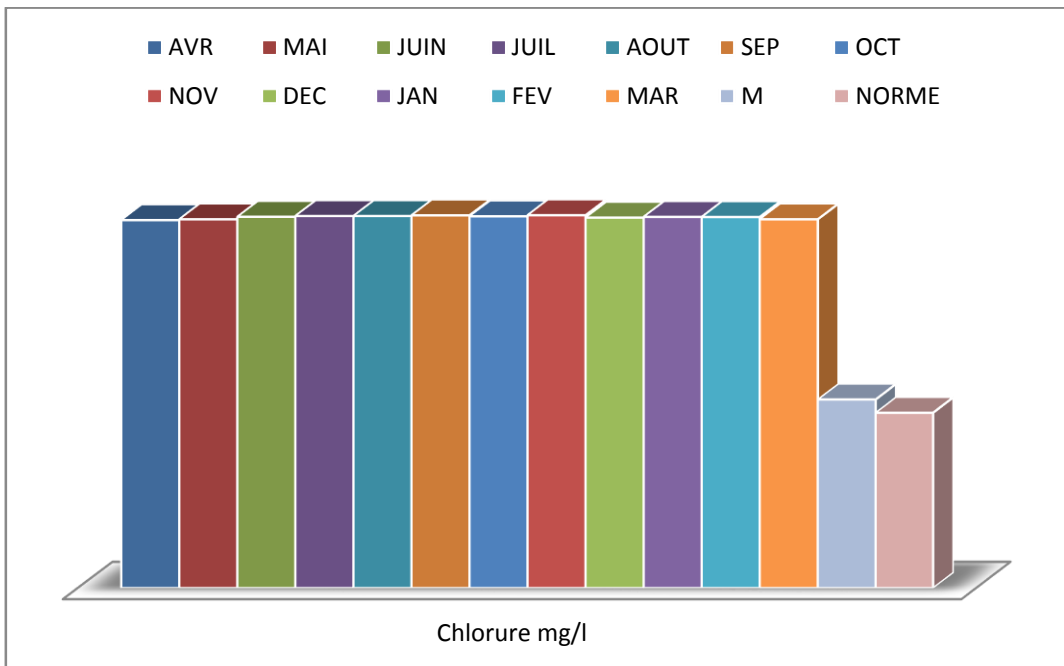


Figure 83 - Variabilité du chlorure de la station (4).

3.5. Interprétations des analyses de l'eau traitée de la station (5)

Résistivité électrique et Conductivité : elle prend des valeurs allant 41000 à 41137 mg/l (Figure 84) dans notre cas l'eau traite reste supérieur a la norme Tandis que les recommandations pour l'eau brute de la mer ne doivent pas franchir la concentration de 41000 mg/l mais dans le cas des rejets dépasse la valeur recommandée 28000 mg/l.

La Salinité -TDS : Les résultats de l'eau qui proviennent de la mer et l'eau traitée répondent aux recommandations mais l'eau de rejet varie entre 36250 et 37000 mg/l (Figure 85) dépasse la concentration établie par l'OMS et la législation Algérienne soit 35500 mg/l.

Pour le calcium et le magnésium (Figures 86 et 87) les résultats des rejets dépasse presque quatre fois les valeurs limites aux normes.

Les chlorures (mg/l) Les chlorures sont très solubles dans l'eau, il est difficile à les éliminer (Rodier., 2010).

Nos analyses montrent un taux en chlorures considérable élevé dans le point de rejet allant de 36000 à 36700 mg/l par rapport à l'eau de mer normale qui a généralement une valeur de 23550 mg/l (Figure 88). Au contact des eaux de mers, on remarque une diminution importante jusqu'à des valeurs de 21500 mg/l . Ce qui se traduit par la dilution du milieu récepteur.

Le taux de tous les paramètres et minimal pour les mois de la saison hivernale (décembre, janvier et février), il reprend ces valeurs maximal pour les mois de la saison estivale (juin, juillet et aout), cela est justifier par l'augmentation de la capacité de production de la station.

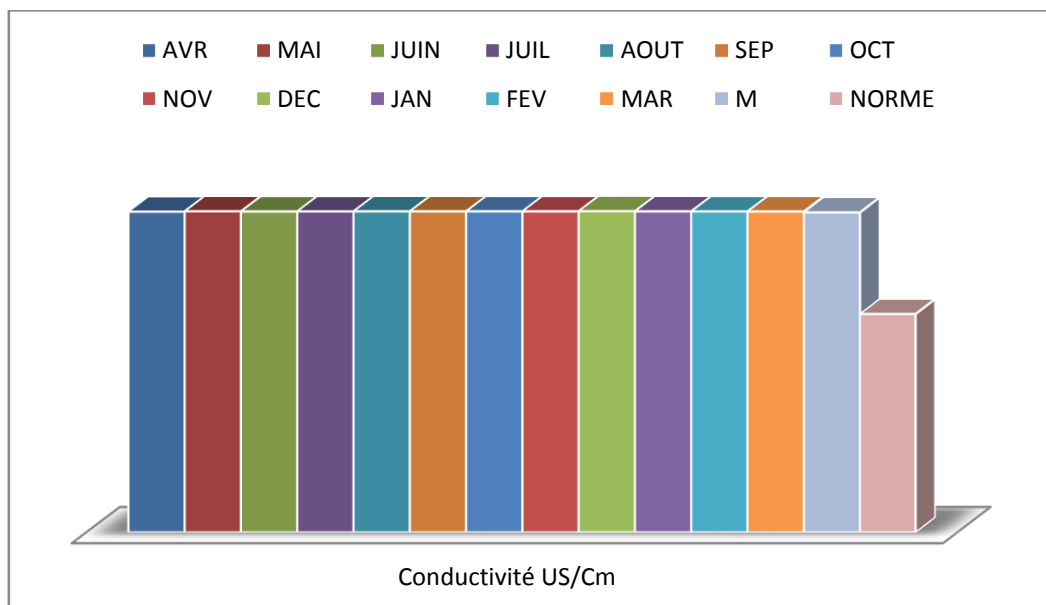


Figure 84 - Variabilité de la conductivité de la station (5).

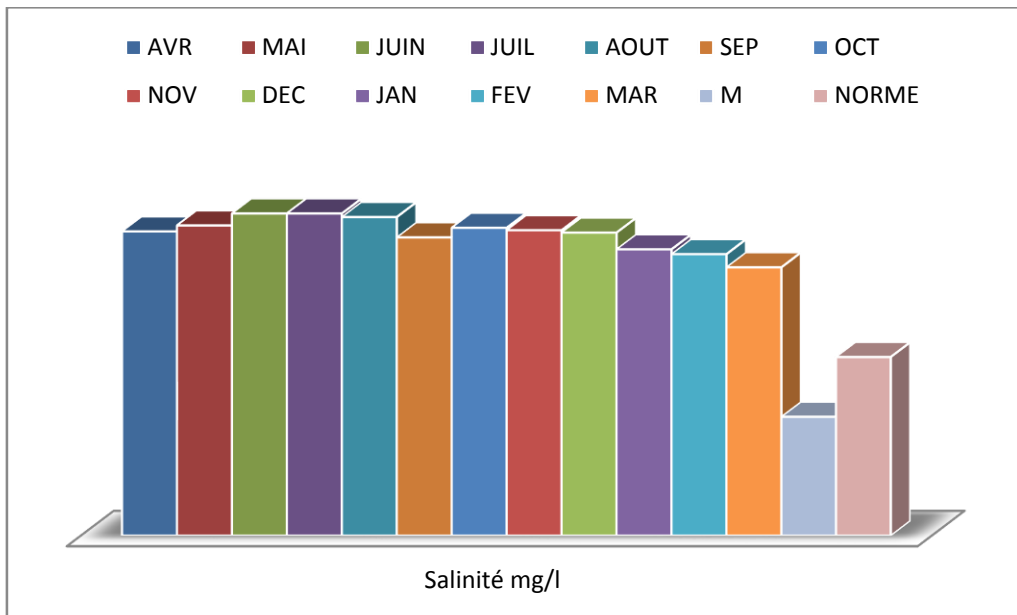


Figure 85 - Variabilité de la salinité de la station (5).

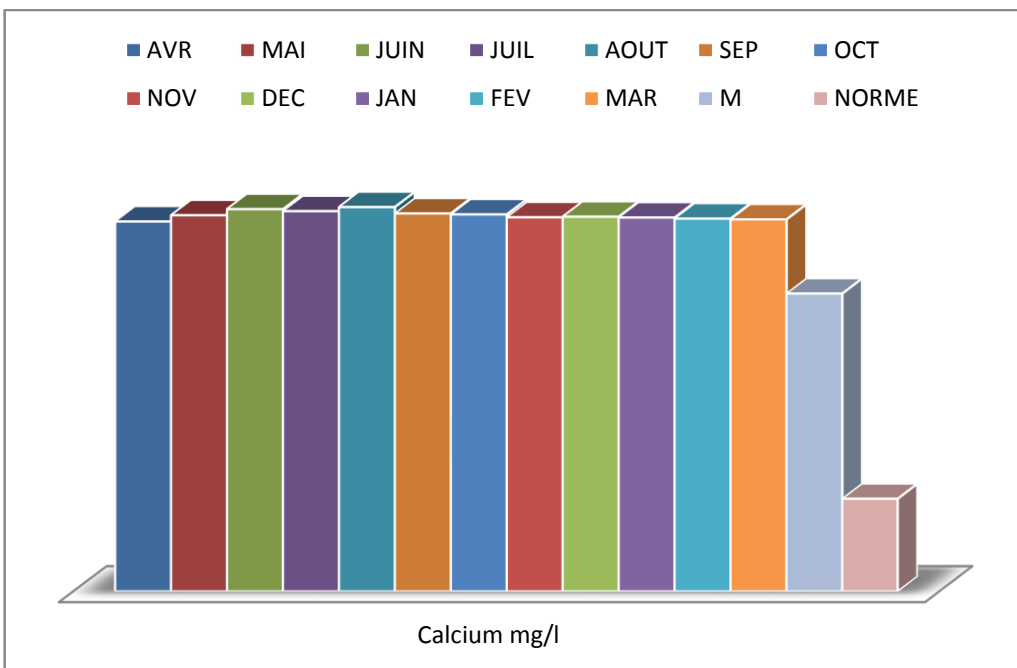


Figure 86 - Variabilité du calcium de la station (5).

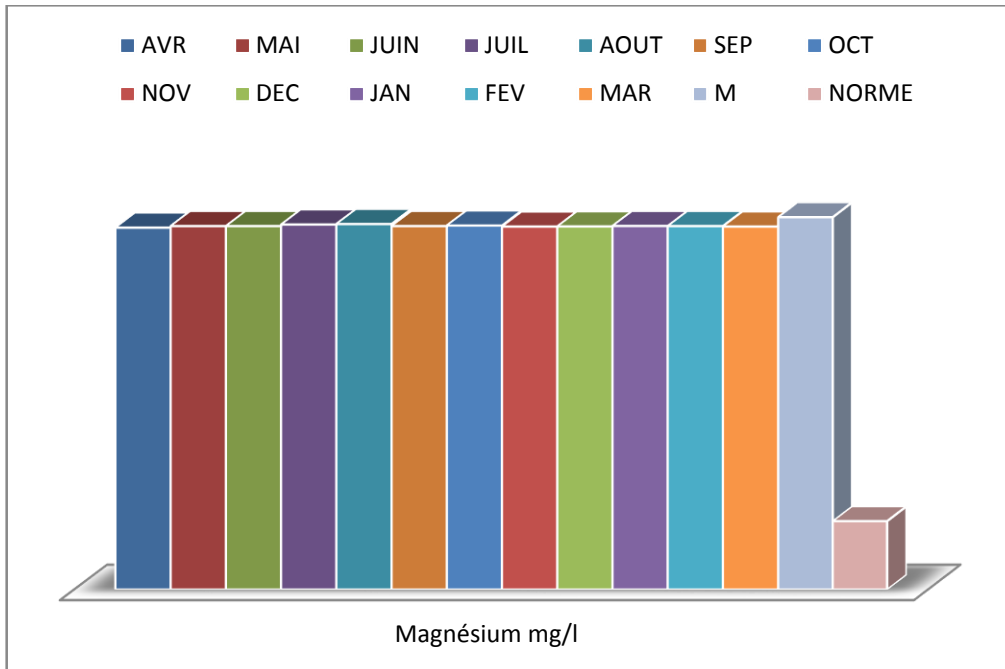


Figure 87 - Variabilité du magnésium de la station (5).

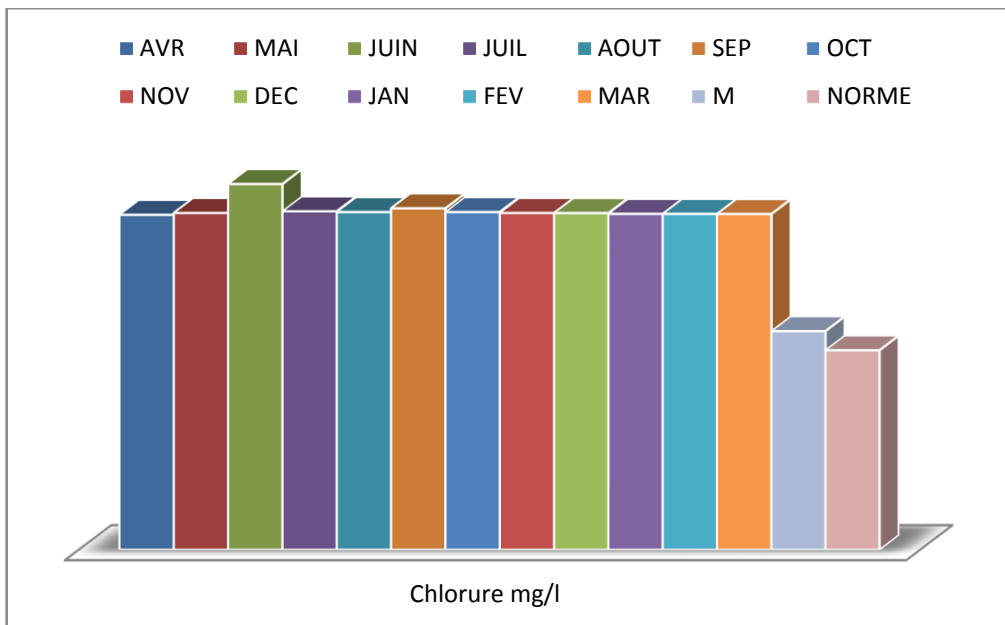


Figure 88 - Variabilité du chlorure de la station (5).

3.6. Interprétations des analyses de l'eau traitée de la station (6)

Résistivité électrique et Conductivité : elle prend des valeurs allant 48100 à 48900 mg/l (Figure 89) dans notre cas l'eau traite reste largement supérieur a la norme Tandis que les recommandations pour l'eau brute de la mer ne doivent pas franchir la concentration de 40100 mg/l mais dans le cas des rejets dépasse la valeur recommandée 28000 mg/l.

La Salinité -TDS : Les résultats de l'eau qui proviennent de la mer et l'eau traitée répondent aux recommandations mais l'eau de rejet varie entre 45500 et 46900 mg/l dépasse la concentration établie par l'OMS et la législation Algérienne soit 35500 mg/l (Figure 90).

Pour le calcium et le magnésium (Figures 91 et 92) les résultats des rejets dépasse presque quatre fois les valeurs limites aux normes.

Les chlorures (mg/l) Les chlorures sont très solubles dans l'eau, il est difficile à les éliminer (Rodier., 2010).

Nos analyses montrent un taux en chlorures considérable élevé dans le point de rejet allant de 45000 à 45890 mg/l par rapport à l'eau de mer normale qui a généralement une valeur de 23120 mg/l (Figure 93). Au contact des eaux de mers, on remarque une diminution importante jusqu'à des valeurs de 21500 mg/l . Ce qui se traduit par la dilution du milieu récepteur.

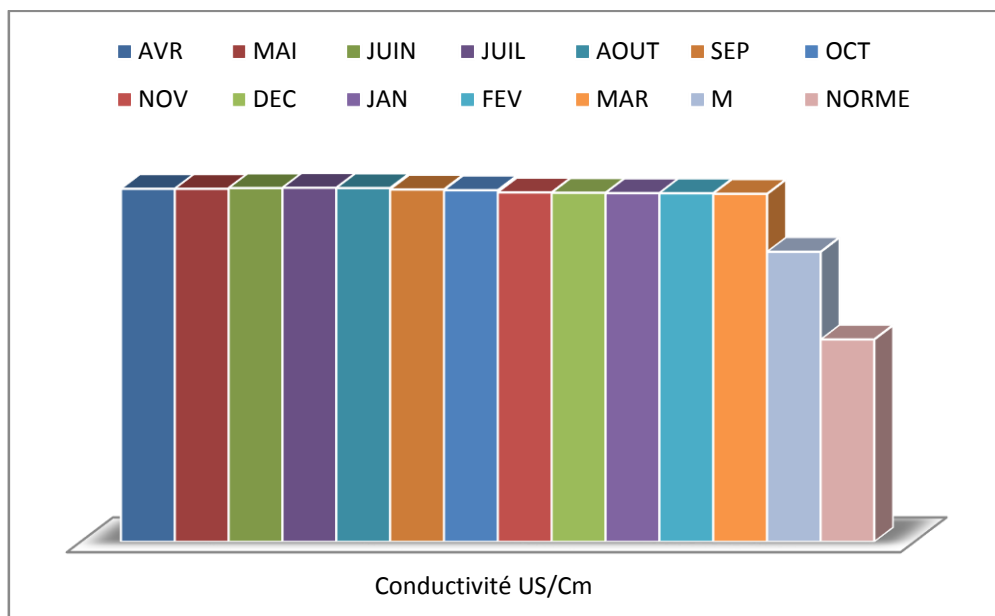


Figure 89 - Variabilité de la conductivité stations (6).

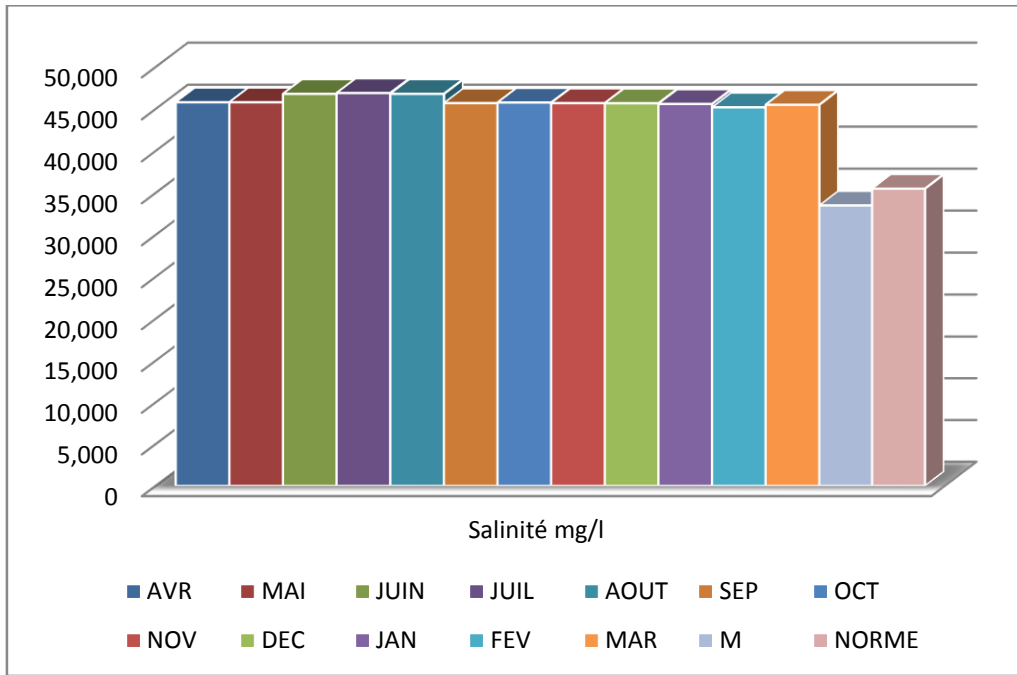


Figure 90 - Variabilité de la salinité stations (6).

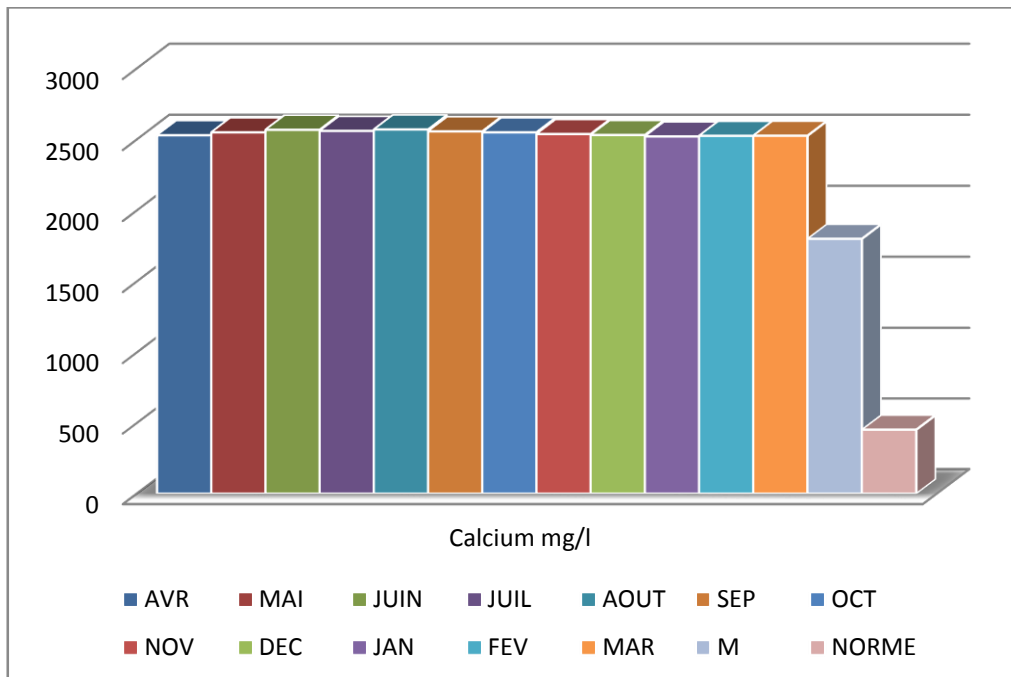


Figure 91 - Variabilité du calcium stations (6).

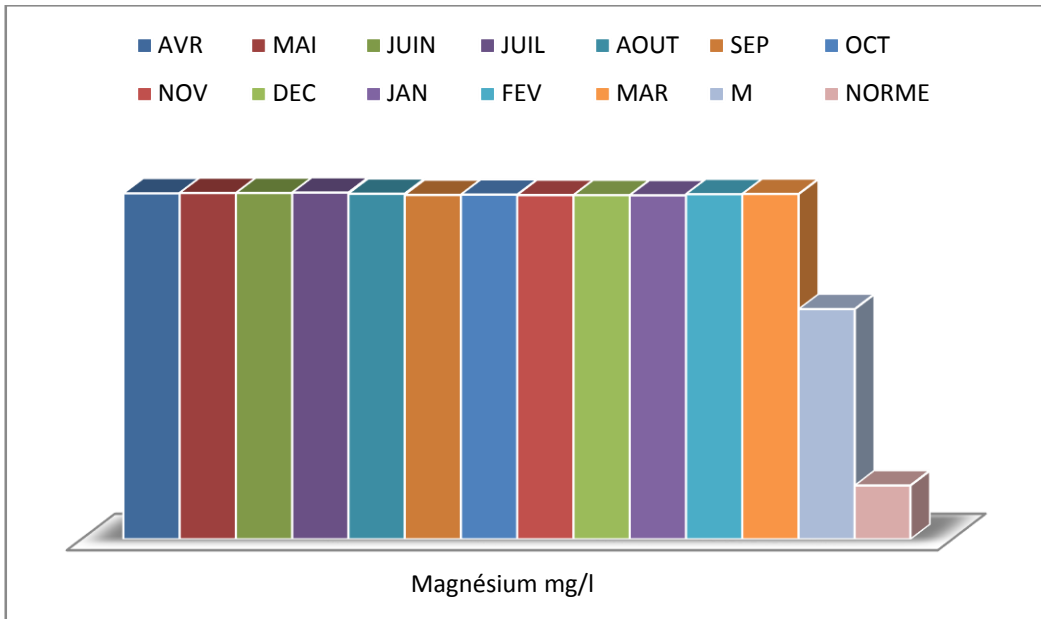


Figure 92 - Variabilité du magnésium stations (6).

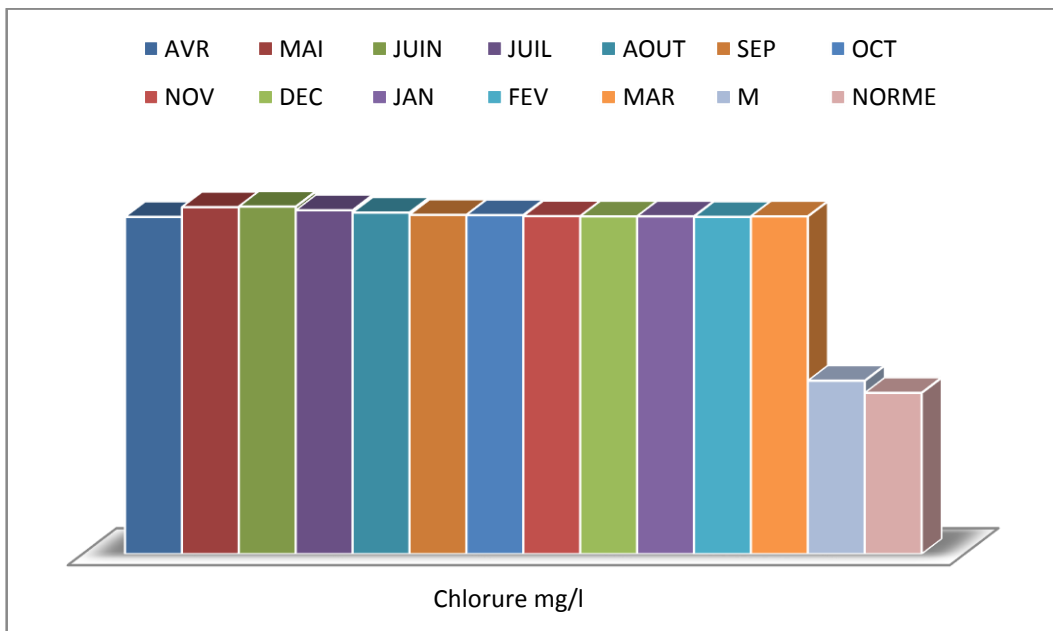


Figure 93 - Variabilité du chlorure stations (6).

3.7 Interprétation des résultats de rejets des six stations

Le taux de tous les paramètres physico-chimiques de l'eau de rejet des six stations de dessalement est plus élevé par rapport aux taux des autres échantillons analysés (eau de mer et eau traitée), sauf pour le pH, la température et le CaCO_3 qui sont aux normes lors de notre interprétation en s'est basée sur les paramètres qui dépasses largement les valeurs déterminées par la loi, le cas de la conductivité, la salinité, le calcium, le magnésium et le chlorure. Le cas est valable pour les six stations étudiées.

A titre comparative pour les six stations, on a un taux élevé des paramètres durant la période estivale par rapport à la période hivernale cela est justifié par l'augmentations de la production durant la période estivale , On a marqué une augmentation en paramètres des rejets aux niveaux des stations de Chatt el Hillal ,Honaine et Souk el Thlata par rapport aux autres, cela aussi est relationnel avec la capacité de production de ces stations

Les rejets des saumures résultant des six stations de l'eau de dessalement s'effectue dans la mer, directement près de la côte. L'impact des saumures ainsi déversées dans la mer sur le système récepteur n'est guère connu avec précision, encore qu'à l'heure actuelle de nombreuses études sont en cours.

Cependant, il ne faut pas oublier, lors d'une éventuelle évaluation, l'impact environnemental causé par une station de dessalement, comme les problèmes de dégradation paysagère, bruits, émissions de gaz (CO , NO), ou encore les rejets associés comme les eaux provenant du nettoyage (filtres de sable, membranes et dépôts).

L'énergie thermique (procédé de distillation) ou l'énergie mécanique (procédé d'osmose inverse) nécessaires au processus de dessalement de l'eau de mer sont à l'origine d'une augmentation de la température de l'eau et donc d'une température élevée de la saumure.

Pour les usines à procédé membranaire, l'augmentation de température entre l'eau de mer et la saumure est relativement faible: une élévation de $0,65^\circ\text{C}$ a été relevée dans les eaux de rejets.

En revanche, pour les usines à procédé thermique, cette élévation de température est bien plus conséquente, de l'ordre de 2,8°C en moyenne (d'après la California Coastal Commission). La température des eaux de rejet peut même être beaucoup plus élevée lorsque la saumure est mélangée aux effluents d'une centrale électrique (centrale qui permet d'alimenter en énergie l'usine de dessalement) avant le déversement à la mer, ce qui est fréquent dans les pays du golfe (Dawoud et Al Mulla, 2012).

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, ce qui conduit à 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 à partir d'une action bactérienne « dénitrification » (Rodier, 2010). 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 inférieures à la norme donc cette eau est conforme à la norme.

Pour les Ortho phosphates (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. (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 dû à la silice d'origine des tests Diatomées, la présence de silicate dans l'eau de mer est due à la dissolution des sels minéraux, notamment les aluminosilicates mais aussi de la dégradation du silicium organique particulaire. 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.

Dans une moindre mesure, et surtout dans le cas de l'OI, le procédé de dessalement produit d'autres rejets que les saumures (moins de 1% du total).

Il s'agit des :

- Eaux de lavage des filtres de sable (sable et matière organique, déversées une fois par jour).
- Des produits de nettoyage des membranes (détergents biodégradables, une fois par an).
- Des additifs provenant du pré / post traitement de l'eau brute / produit (floculants, anti-crustants, anti-corrosifs, biocides. Leur rejet n'est pas chose courante.

Si on compare les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de rejets issue des stations et l'eau de mer montre une différence significatif en effet la dureté totale est montée de 8200 mg /l à 10020 mg/l, le calcium de 1580 mg/l à 2100 mg /l ce ci nous indique sur l'état de performance des stations qui font l'objet de notre étude. On note aussi l'augmentation de bicarbonate dans les rejets, ceci s'explique par l'utilisation de différents traitement chimique comme pour le Nacl qui passe de 10500 mg/l à 12500 mg /l.

La conductivité qui constitue un paramètre primordiale lorsqu'il s'agit d'estimer la performance d'une station de dessalement dans notre cas, elle est plus élevée dans les rejets par rapport à l'eau de mer car la minéralisation globale a augmenté suite au traitement de cette dernière, on remarque aussi une légère augmentation du pH grâce aux produits chimiques utilisés par la station tel que le bicarbonate.

La comparaison des résultats des analyses de l'eau de mer les premiers temps d'exploitation des différents stations de dessalement et après l'installation de ces derniers, relève une modification de composition chimique de l'eau de mer sur tous les stations, le calcium est passé de 500mg/l à 1580, mg/l le magnésium est passé de 2000 mg/l à 5700 mg/l et sa va augmenter de suite.

La conductivité présente une augmentation significative du rejet chargé d'éléments minéraux. Ce qui exprimé la minéralisation globale d'une eau en mesurant son aptitude. La conductivité au passage d'un courant électrique, dépend de la température de l'écule elle est directement lier à la quantité de sels présente dans une eau.

Ces effluents peuvent ainsi modifier la température de l'eau de mer au niveau de la zone de rejet de la saumure, parfois jusqu'à plusieurs degrés, même si les différentes études montrent que cette modification n'est que très locale.(UNEP,2003)

3.8. Analyse des données

Les données ont été rassemblées en une matrice sur un fichier Excel. Toute mesure concernant les Ta carbonate mg/l a été supprimée vu la non-disponibilité de données sur les mois dans toutes stations.

La matrice dont on dispose comporte donc 6 sites sur 12 mois +analyse de mer codé par des codes alpha numériques, soit 78 résultats par paramètre analysé. (Annexe 1).

3.8.1. Analyse en composantes principales (ACP)

(Logiciel: STATISTICA V.10)

Le but de cette analyse est de résumer la structure de données décrites par les variables quantitatives, tout en obtenant des facteurs non corrélés entre eux. Ces facteurs peuvent être utilisés comme de nouvelles variables permettant d'éviter la multi colinéarité en régression multiple et d'effectuer une classification automatique en ne tenant compte que de l'information essentielle, c'est-à-dire en ne conservant que les premiers facteurs.

3.8.2. Corrélations entre les paramètres

En nous servant des 78 résultats obtenus par paramètre, nous avons déterminé les coefficients de corrélation entre les paramètres (Figure 94 et Annexe 2).

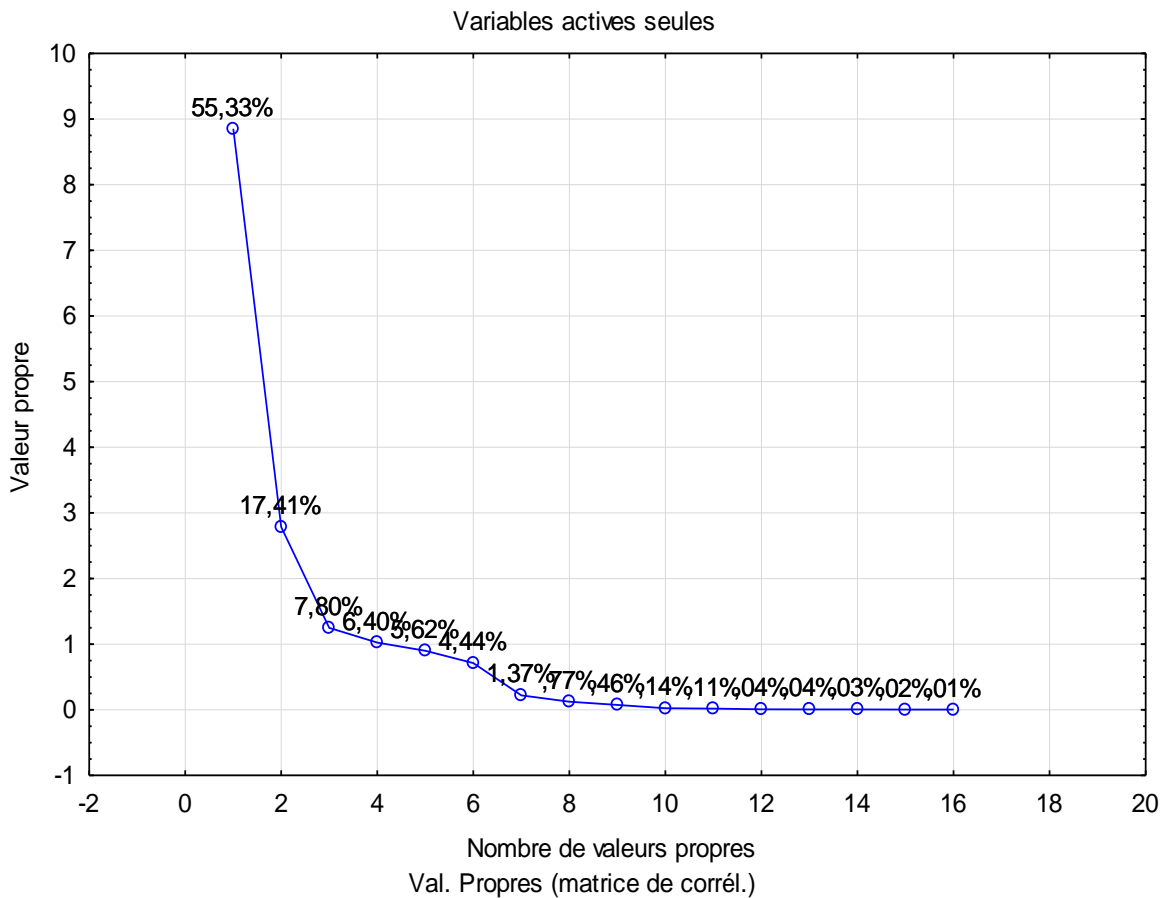


Figure 94 - Détermination des coefficients de corrélation entre les paramètres

En raison de ces valeurs propres l'information essentielle est illustrée sur deux axes 1*2 et 1*3

3.8.3. Interprétations des projections

Pour le cercle de corrélations 1×2

Les corrélations les plus fortes sont observées entre le Chlorure, TH (dureté totale), Tac bicarbonate et Magnésium au premier groupement (Figure 95), pour le deuxième groupement les corrélations sont fortes entre conductivité, calcium et salinité, et moins forte entre le groupement des SDT et le sodium.

Ce qui était aussi bien illustré sur l'ACP, ci-dessus où on voit l'opposition de la Turbidité Sulfate à la salinité et Conductivité (axe 2)

Ces corrélations fortes montrent clairement que l'eau de mer apporte du nitrate et nitrite et phosphate et que les Chlorures, le TH (dureté totale), le Tac bicarbonate et le Magnésium ont la même origine (eaux de rejet industrielle).

Sur projection dans les rejets pour le plan 1 × 2 (Figure 96)

Pour le groupement (1) les station de Bousfer et Bouzedjar , groupement (2) les stations de Souk Thlata et Chatt el Hillal. Le décalage isolée des station de Honaine en groupement (3) et Ghazaouet en groupement (4) décaler du groupement (1) pour les deux stations Bousfer et Bouzedjar .

Pour la station de Ghazouet diminution de la salinité (projection 1× 2) justifier par la faible production de la station et des arrêts répétitifs (ADE de Tlemcen) . En ce qui concerne les stations de Souk Thlata , Honaine et Chatt el Hillal une forte production avec augmentation de phosphate nitrate et nitrite dan le même groupement pour l'eau de mer et une diminution au rejets des même paramètres signifié par l'efficacité des filtres et membranes de dessalement par osmose inverse.

Pour le cercle de corrélations 1× 3(Figure 97)

Le seul changement par rapport au 1× 2 le Nitrate s'intègre au groupe de nitrite et phosphate.

Projection des rejets au plan 1× 3(Figure 98)

Constitution des groupement pour les six station (Figure 99) qui marque un décalage pour les mois 6,7 et 8 sont les mois de la période estivale Juin, Juillet et Aout due à la forte production de stations qui est maximale en période estivale et encore plus pour le station de Bousfer, Bouzedjar et Ghazaouet, caractérisées par un nombre élevé d'estivants.

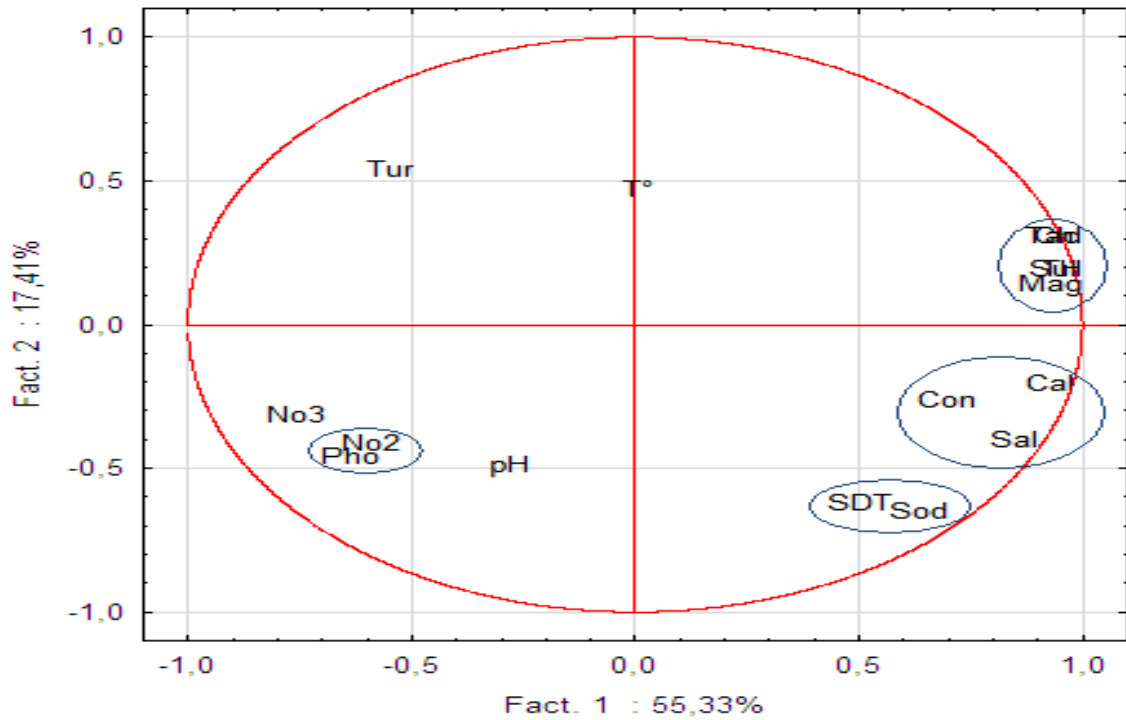
Nous constatons aussi que tous les paramètres sont corrélés d'une manière hautement significative ($p < 0,01$); ce qui montre que ces paramètres ont, du moins pour certains sites, les mêmes sources de variation.

Eau de Mer

Fm : Eau de mer de la Station de Bousfer.
Bm : Eau de mer de la Station de Bouzdjar.
Cm : Eau de mer de la Station de Chat El Hillal.
Hm : Eau de mer de la Station de Honaine.
Gm : Eau de mer de la Station de Ghazaouet.
Tm : Station de Souk Thlata

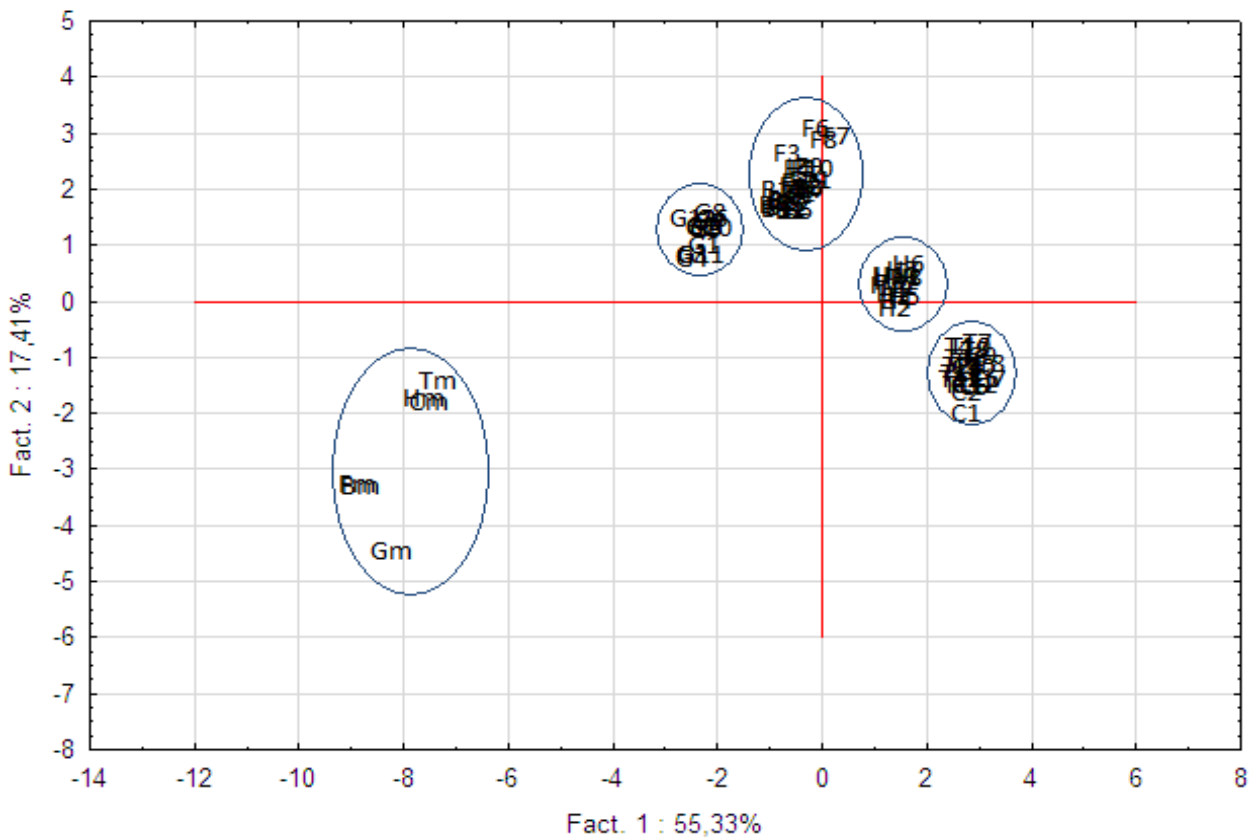
Eau de Rejet

F : Rejet de la Station de Bousfer.
B : Rejet de la Station de Bouzdjar.
C : Rejet de la Station de Chat El Hillal.
H : Rejet de la Station de Honaine.
G : Rejet de la Station de Ghazaouet.
T : Rejet de la Station de Souk Thlata.



Projection des variables sur le plan factoriel (1 x 2)

Figure 95 - Projection des variables sur le plan factoriel (1 x 2)



Projection des rejets sur le plan factoriel (1 x 2)

Figure 96 - Projection des Rejets sur le plan factoriel (1 x 2)

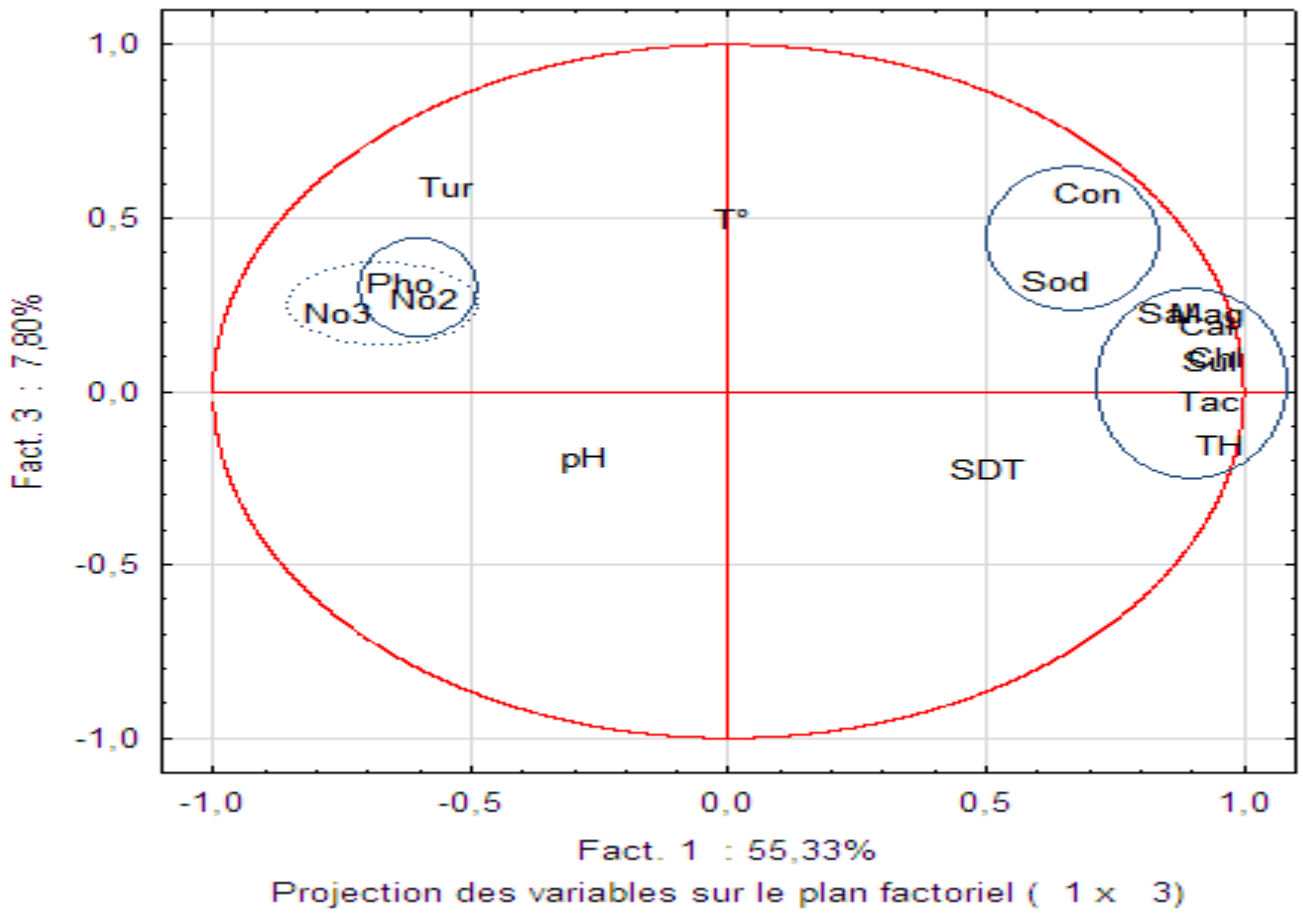


Figure 97 - Projection des variables sur le plan factoriel (1 x 3)

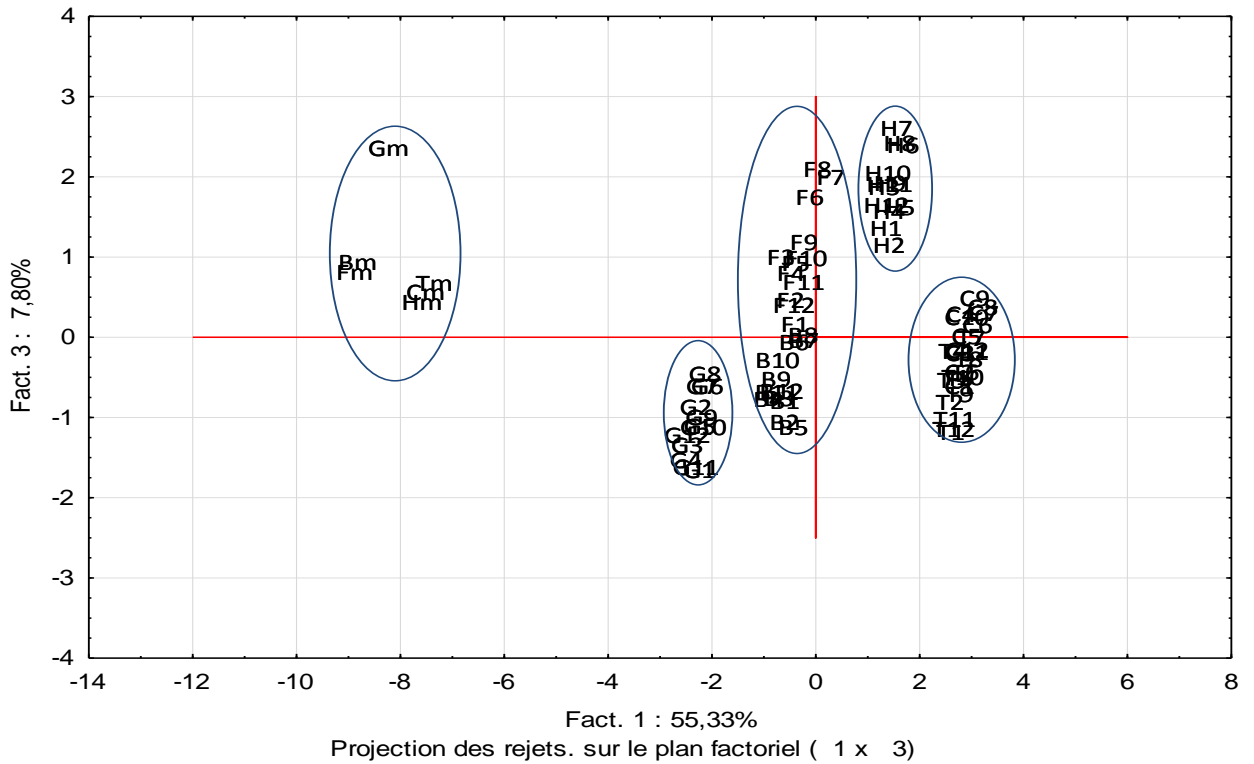


Figure 98 - Projection des Rejets sur le plan factoriel (1 x 3)

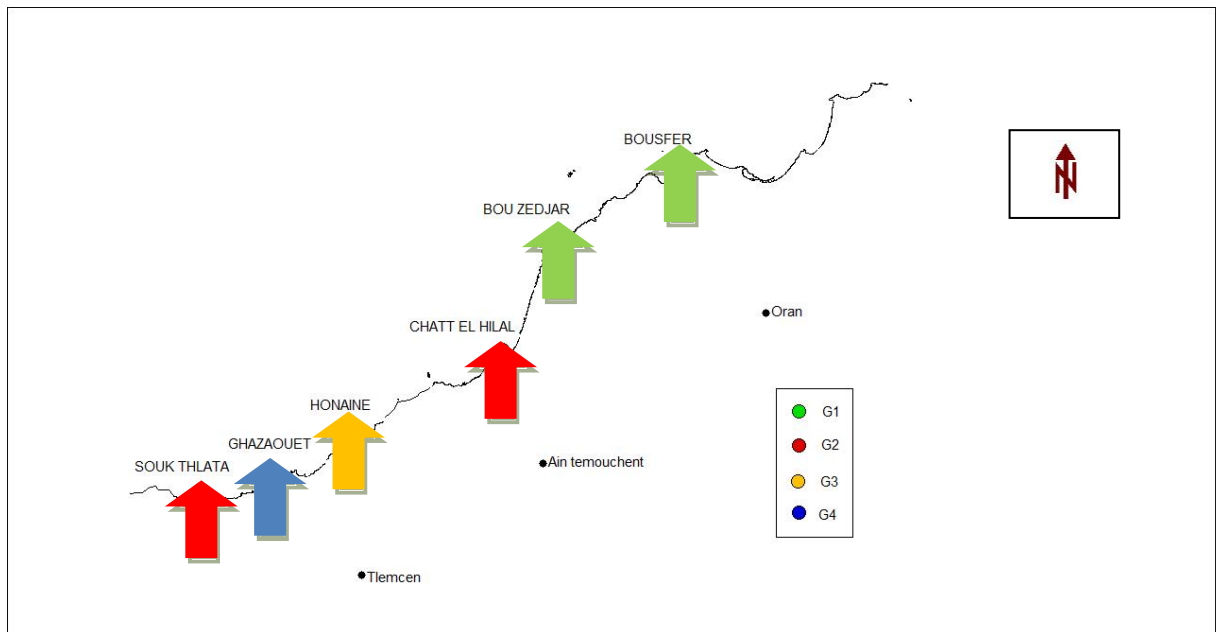


Figure 99 - Carte de présentation de l'ACP des Rejets pour les six stations et Constitution des groupements.

4. Comparaison des résultats avec d'autres installations de dessalement

L'usine de dessalement d'eau de mer de Dhekelia est reproduite sur le tableau 25 (Zimmerman, 1999). Une concentration de chlorures de 22,099 mg/l dans l'eau de mer se traduit par une concentration correspondante de 43,661 mg/l dans la saumure, soit un rapport saumure/eau d'alimentation de 1,976 (tableau 25). De même, pour l'usine de dessalement OI de Larnaca (Chypre) entrée en service au début 2001, il est prévu que les concentrations de chlorure seront les mêmes qu'à Dhekelia, puisqu'elle est conçue pour produire un concentré d'une salinité d'environ 72 ‰.

Les résultats de nos stations sont moins polluante en termes normes par rapport aux résultats de la station de Dhekelia Larnaca (Chypre), ce qui explique que le problème de rejets des stations de dessalement et mondiale le cumules de ces rejets et collective.

Tableau 25 : Composition chimique des rejets provenant d'usines OI des îles Canaries)
Analyse Eau d'alimentation mg/l Saumure mg/l Rapport (saumure/eau aliment.) (D'après
Zimmerman, 1999) (41)

Paramètres	R	M
Conductivité US/Cm	46200	75300
Salinité mg/l	38951	63840
Calcium mg/l	962	43362
Magnésium mg/l	1021	109
Chlorure mg/l	21312	43362

R : eau de rejets

M : eau de mer

5. Impact des stations de dessalement

5.1. Émissions atmosphériques

En général, les émissions atmosphériques des usines de dessalement consistent seulement en azote et oxygène provenant d'usines de distillation qui utilisent des procédés de désaération pour réduire la corrosion, en rejets des dégazeurs (usines OI). En outre, la production d'énergie destinée à être utilisée dans les usines de dessalement accroît les émissions atmosphériques. Des augmentations substantielles des émissions atmosphériques peuvent également se produire si une centrale thermique ou une installation de production couplée est construite dans le cadre d'un projet de dessalement. Une méthode permettant d'évaluer l'énergie destinée au dessalement, présentée par Wade et Fletcher (1995), donne les apports thermiques pour des usines types, par kilogramme d'eau produite.

5.2. Impacts liés aux rejets

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

La principale caractéristique des eaux rejetées par les usines de dessalement est sa forte salinité. On la qualifie ainsi de saumure (=eau de mer concentrée). Pour les usines à

procédé thermique, le taux de conversion de l'eau de mer en eau douce est en moyenne de 10%, c'est à dire qu'avec 10l d'eau salée est produit 1l d'eau pure. Ainsi, la concentration des effluents issus de ces usines est en moyenne 10 % plus concentrée que l'eau d'alimentation (UNEP, 2003). Dans ce procédé, les eaux de rejets sont souvent diluées par deux avec des eaux de refroidissement (eau de mer classique), ce qui donne donc un effluent seulement 5% plus concentré que l'eau de mer naturelle.

Pour les usines à procédé membranaire en revanche, l'eau de rejet est de 30 % à deux fois plus concentrée.(Elimelech et Phillip,2011).

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

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

Ce phénomène peut conduire à des modifications du milieu local

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

5.3. Diminution de la lumière

La présence d'eau hypersalée provoque la formation d'un brouillard qui rend difficile le passage de la lumière, affectant ainsi la photosynthèse des espèces marines végétales.

5.4. Les effets de l'augmentation de la salinité et de la température sur les écosystèmes marins

Malgré les nombreuses publications scientifiques discutant des effets potentiels liés à ces rejets, les spécialistes de ce sujet constatent un réel manque de données expérimentales de laboratoires (tests évaluant la toxicité des substances rejetées) et d'études de terrain permettant d'évaluer précisément ces impacts. On ignore ainsi toujours quel niveau de salinité peut être dangereux à long terme pour les organismes marins (Elimelech et Phillip, 2011). Ces impacts dépendent en outre de la sensibilité des espèces présentes : les récifs coralliens, herbiers de posidonie (Méditerranée) et les mangroves (Figure 100) sont ainsi parmi les plus fragiles (Lattemann, 2008).



Figure 100 - Coraux en mer rouge (Egypte) et herbiers de posidonie (Méditerranée) (plongeur.com, 2011) et (ot-lalondelesmaures.fr, 2011).

La plupart des organismes peuvent s'adapter à des petites variations de la température et de la salinité, et même tolérer temporairement des conditions extrêmes ; ils ne peuvent en revanche résister à des conditions défavorables permanentes. Le rejet continu d'eaux avec une forte salinité et une température élevée, induisant une diminution de la teneur en oxygène, peut être fatal pour certains organismes et induire un changement durable dans la diversité des espèces et l'abondance de la zone impactée. (Dawoud et Al Mulla, 2012)

Une étude de (Mabrouk, 1994) a ainsi mis en évidence une disparition du corail et des organismes planctoniques et une diminution des populations de poissons à proximité du rejet de l'usine de dessalement égyptienne d'Hurghada, en mer rouge. Les récifs coralliens présentent un des milieux les plus riches des mers et océans mais sont en effets très sensibles aux variations des conditions du milieu, telles qu'une augmentation de la température et de la salinité locale de l'eau. Le même phénomène a été observé dans d'autres zones de rejet, comme le long des côtes israéliennes d'Aqabat-eilat. (Elimelech et Phillip, 2011)

D'autres études ont également révélé que ces hausses de températures et de la salinité pouvaient également provoquer une diminution de la diversité et de l'abondance de la macrofaune benthique (= organismes vivant sur le fond) : c'est le cas par exemple dans la zone de rejet de l'usine de dessalement de Dhekelia (Chypre). Avant la mise en service de l'usine, on observait une répartition faunistique équilibrée : 27% de Polychètes (Figure 101), 27% d'Echinodermes (dont étoiles de mer, oursins, etc.), 26% de Scaphopodes et 20% de Gastéropodes (mollusques). Trois années d'exploitation plus tard, la population de polychètes a explosé (80 % de la faune benthique) alors que les populations des autres groupes d'animaux ont réduit drastiquement (UNEP, 2003). Cette étude montre par ailleurs que les populations d'algues macroscopiques (que l'on peut observer à l'oeil nu) de types *Cystoseira barbata* ont diminué et que les algues microscopiques ont disparu totalement dans un rayon de 100 mètres autour du rejet.



Figure 101 - Néréide ; un polychète (ecosociosystemes.fr, 2011)

Les herbiers de posidonie, qui représentent un habitat riche où vivent et se reproduisent une grande diversité d'espèces en Méditerranée, sont également très sensibles aux variations de salinité et sont donc menacés par les rejets de saumure. Ces derniers peuvent ainsi induire l'apparition de nécrose des tissus et d'une plus grande chute des feuilles chez la Posidonie de Méditerranée. Les niveaux de salinité affectant ces végétaux sont très variables selon les espèces : la Posidonie de Méditerranée ne tolère que des augmentations de l'ordre de 1mg/l alors que d'autres espèces végétales résistent jusqu'à une augmentation de 20 mg/L.

Des études en mésocosmes (dispositif expérimental reconstituant un milieu en miniature) ont également montré les impacts négatifs d'une augmentation de la salinité sur cette même espèce avec une mortalité de 100% au dessus de 50mg/L qui pourraient être dus à une toxicité envers les tissus méristémiques (tissus de type embryonnaire responsable de la croissance) ou à une perturbation du métabolisme carboné (photosynthèse) (Fernandez-

Torquemada, 2005). Bien que des efforts soient réalisés pour définir des lieux de rejets éloignés des prairies de posidonies comme par exemple en Espagne à Carboneras, le risque de raréfaction de ce riche écosystème s'accroît avec le développement des usines de dessalement (UNEP, 2003).

Effets des rejets de produits chimiques sur la faune et la flore marine locale
Certains des composés chimiques rejetés par les usines de dessalement peuvent avoir des conséquences sur les écosystèmes marins. Par exemple, il a été montré que les produits antitartre rejetés par les usines de dessalement étaient des éléments nutritifs qui stimulaient la productivité primaire. Ces produits peuvent donc induire une prolifération d'algues dans des milieux qui habituellement en comptent peu, comme en mer méditerranée (UNEP, 2003). De même, les produits antisalissure rejetés par ces mêmes usines auraient des effets stérilisants sur certains organismes (UNEP, 2003).

Les rejets de saumure issus des usines d'osmose inverse ne contenant que des traces de certains métaux lourds, la contamination du milieu induite est généralement peu importante et donc sans effet pour la faune et la flore locale (Dawoud et Al Mulla, 2012). En revanche, les quantités de métaux lourds rejetés par les usines à distillation sont plus élevée et, pouvant donc affecter les organismes situés dans la zone de rejet, car ils se retrouvent dans les matières en suspension dont se nourrissent les microorganismes planctoniques. On a ainsi observé une augmentation du taux de cadmium dans la crevette *Artemia franciscana* (Figure 102) dans des zones de rejets de saumures (UNEP, 2008). A partir de certains seuils de concentrations, ces matières sont toxiques voire mortelles et peuvent déstabiliser certains échelons du réseau trophique (chaîne alimentaire) et les équilibres de l'écosystème.



Figure 102 - crevette *Artemia franciscana* (Aquaportail, 2014)

La saumure contient également les résidus des produits chimiques ayant servi aux prétraitements, dont certains peuvent entraîner une acidification de l'eau, affectant certains organismes et en particulier les coraux. Le métabisulfite de sodium, utilisé pour la déchloration de l'eau d'alimentation ou en tant que biocide, a également un effet toxique, sur le phytoplancton notamment (Freixa, 2009). Certaines de ces substances sont, en plus, bioaccumulables, et peuvent donc se retrouver très concentrées en haut de la chaîne alimentaire, dans les poissons notamment .

6. Mesures d'atténuation des impacts sur l'environnement

6.1. Utilisation de l'énergie

Les demandeurs soumettant pour approbation des projets de dessalement de l'eau sont incités à envisager les possibilités de technologies de génération d'énergie, d'énergie de substitution et de technologies qui réduisent la consommation d'énergie. Ils devraient soumettre des estimations de la consommation d'énergie annuelle prévue et des impacts de la production d'énergie correspondante. Pour les usines qui nécessitent une nouvelle génération importante d'électricité, l'octroi de compensations suffisantes devrait être assuré, si nécessaire. Dans ce cas, les demandeurs devraient soumettre, avec la demande de permis, des éléments démontrant que les installations respecteront les législations en matière de lutte contre la pollution atmosphérique pour ce qui est des émissions dues à la génération d'électricité.

6.2. Prélèvement de l'eau de mer

Pour le prélèvement d'eau de mer servant à leur alimentation, les usines de dessalement qui utilisent des canalisations qui puisent directement l'eau de la mer les encouragent à des puits de plage. Les puits de plage offrent l'avantage majeur d'éliminer les impacts par collision d'organismes marins avec le système d'admission d'eau, ou les impacts par entraînement des organismes dans ce système. Les décideurs doivent soumettre des projets de dessalement de l'eau de mer sont incités, chaque fois que c'est possible, à utiliser des puits de plage, si ceux-ci n'occasionnent pas d'importants dommages à la topographie des plages ou aux apports d'eau potable de la nappe phréatique.

6.3. Utilisation de produits chimiques dangereux

Toutes les usines de dessalement utilisent des produits chimiques pour le prétraitement de l'eau d'alimentation ainsi que le post-traitement de l'eau produite. La plupart des produits sont utilisés avant tout comme agents biocides, antitartre, antisalissures et antimousse, et ils finissent par modifier la composition de la saumure concentrée. La présence de certains métaux, qui sont des produits de la corrosion du circuit, influent aussi sur la composition de la saumure concentrée

Ces produits chimiques ne sont pas les mêmes pour les principaux procédés de dessalement, à savoir MSF et l'osmose inverse. Les phases de pré- et de post-traitement des procédés de production d'eau potable sont exposées sur le tableau 26.

Les demandeurs soumettant des projets de dessalement de l'eau de mer sont incités à choisir des technologies et des procédés qui réduisent au minimum ou suppriment les rejets de composés dangereux dans la mer. L'exploitant devrait s'assurer que sont retenues les options les moins préjudiciables à l'environnement pour le traitement de l'eau d'alimentation et le nettoyage des éléments de l'usine.

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

Tableau 26 - Résumé des phases de pré-(a) et post-(b) traitement au cours de la production d'eau potable par dessalement (Mickley et al., 1993)

(a) Phase de pré traitement	Objet	Produits chimiques ajoutés	Devenir des produits
Ajustement du pH à 7	Diminue la concentration de carbonate (et la précipitation de carbonate). Protège la membrane contre l'hydrolyse	Acide (H ₂ SO ₄)	Modifie le pH de l'eau produite et de la saumure concentrée, le sulfate est retenu dans la saumure concentrée
Antitartre	Prévient la formation de tartre sur les membranes	Agents chélateurs et dispersants	Les complexes formés sont retenus dans la saumure concentrée
Coagulation-filtration	Prévient les salissures et l'encrassement des membranes	Coagulants floculants	Les agents floculants formés se séparent par décantation et sont éliminés par filtration
Désinfection	Prévient l'encrassement biologique et l'élimine les microorganismes qui se nourrissent des matières des membranes	Chlore (ou biocides, UV)	Chlore également réparti dans le perméat et la saumure concentrée
Déchloration	Protège les membranes sensibles au chlore	Bisulfate de sodium ou charbon actif granulaire (CAG)	Réagit avec le chlore pour former du sulfate et du chlorure qui sont retenus dans la saumure concentrée
Élimination des gaz dissous	Élimine les gaz nauséabonds, C, le radon et HS	Aération, Dégazage	Oxyde HS et nH ₄ dans l'eau produite et dans la saumure concentrée
Ajustement du pH à 7	Prévient la corrosion du système de distribution, protège la flore et la faune aquatiques en cas de rejet en surface	Noah, carbonate de sodium anhydre, chaux	Accroît le niveau de sodium dans l'eau produite et dans la saumure concentrée
Désinfection	Prévient la prolifération bactérienne dans le système de distribution, protège la flore et la faune aquatique si nécessaire	Chlore (ou Chlorométrie)	Le chlore est retenu dans l'eau produite et dans la saumure concentrée
Réduction du niveau de chlore	Élimine le chlore et d'autres oxydants	Bisulfite de sodium ou CAGE	Accroît les niveaux de sulfates et de chlorures dans l'eau produite et dans la saumure concentrée
Oxygénation	Accroît l'oxygène dissous à un niveau concourant au développement de la flore et de la faune aquatique	Aération	Accroît l'oxygène dissous dans la saumure concentrée
Élimination d'autres formes chimiques	Diminue tous les polluants susceptibles d'être présents dans l'eau produite et dans la saumure concentrée	Est fonction des formes chimiques	

6.4. Combinaison des rejets de saumure avec d'autres rejets

Les gestionnaires doivent soumettre des projets de dessalement de l'eau de mer devraient évaluer les options permettant de combiner les rejets de saumure avec les rejets d'une centrale ou d'une station d'épuration. Associer le rejet de saumure au rejet de l'eau de refroidissement d'une centrale est probablement la forme de rejet dans la mer qui a l'impact le moins préjudiciable car elle permet de diluer la saumure. Mélanger la saumure à l'effluent d'une station d'épuration d'eaux usées peut être aussi une solution préférable à son rejet direct dans la mer, mais il faut disposer de davantage d'informations sur les impacts sur le milieu marin. Quand la saumure est associée à d'autres rejets, les demandeurs devraient bien préciser quelle est la personne ou l'instance chargée de la surveillance des rejets et quelles sont les mesures correctrices qui sont prévues pour le cas où des effets dommageables se produiraient. Il serait le plus souhaitable de mélanger les rejets de saumure à l'eau de refroidissement des centrales.

6.5. Qualité des rejets

Les exploitants soumettant des projets de dessalement de l'eau de mer devraient fournir le plus de renseignements possible sur les impacts que les rejets prévus pourraient avoir sur les ressources marines. Ces renseignements peuvent être tirés de la surveillance pré-opérationnelle, des résultats de la surveillance dans d'autres usines de dessalement et d'études portant sur des usines pilotes entreprises avant la construction de l'usine définitive. Les renseignements en question seront examinés par l'autorité nationale chargée de l'environnement en consultation avec d'autres organismes compétents. L'autorité nationale chargée de l'environnement prend en compte les renseignements contenus dans le permis de rejet dans le cadre de son examen de la demande de permis d'aménagement côtier, s'ils sont disponibles. Les autorités devraient coopérer avec les autres organismes compétents pour s'assurer que le demandeur fournira les données de la surveillance pré- et post-opérationnelle nécessaires pour évaluer les impacts de l'usine sur les ressources marines.

Le plan d'aménagement côtier, s'il est disponible, devrait spécifier que l'autorité reçoit des exemplaires de tous les rapports de surveillance soumis, de manière à ce que les impacts de ces usines sur les ressources marines puissent être évalués afin que l'exploitant fournit une attestation du renouvellement des permis pour les rejets de l'usine.

L'administration exécutif chargées de l'environnement devraient passer en revue les données de la surveillance communiquées par l'exploitant de l'usine de dessalement et en conséquence renforcer les prescriptions réglementaires en vigueur pour réduire au minimum ou supprimer les impacts dommageables éventuellement relevés ou modifier les critères de la surveillance afin d'obtenir davantage d'informations sur un problème donné. Si les autorités chargées de l'environnement estiment que les activités de surveillance ne sont pas suffisantes pour évaluer les impacts sur les ressources marines, les permis devraient alors énoncer les conditions supplémentaires requises.

6.6. Examens périodiques des plans nationaux de dessalement de l'eau de mer

Dans le cadre des examens périodiques des plans de dessalement de l'eau de mer, les autorités nationales chargées de l'environnement devraient prendre en considération les questions d'approvisionnement en eau et les effets potentiellement favorables au développement dus à cet approvisionnement.

Les plans de conservation des ressources en eau devraient encourager le recours à des mesures de conservation et de récupération de l'eau pour réduire la nécessité de nouveaux projets en matière d'eau. Ces plans devraient également spécifier la quantité des approvisionnements en eau qui seront nécessaires pour le niveau de développement prévu.

6.7. Étude d'impact sur l'environnement

Les demandeurs soumettant des projets de dessalement de l'eau de mer devraient évaluer les impacts cumulatifs (globaux) dans leurs rapports d'étude d'impact sur l'environnement. Les autorités chargées de l'environnement coopéreront avec les agences locales et autres compétentes pour prendre en compte les possibilités d'impacts cumulatifs des projets de dessalement ainsi qu'il est prévu au titre de l'EIE dans les projets devant être implantés sur le littoral. Il conviendra notamment d'examiner les questions suivantes: impacts de la construction d'un certain nombre de petites usines par comparaison avec des usines plus importantes; possibilités d'impact des projets à court terme s'ils sont prorogés dans le long

terme; impacts éventuels sur le développement socio-économique dus à l'eau supplémentaire fournie par un certain nombre de projets ; et effets environnementaux d'une production accrue d'énergie nécessitée par l'exploitation d'usines de dessalement.

6.8. Mesures possibles d'atténuation des impacts

Procédures de contrôle de la qualité et formation du personnel pour éviter des accidents; étanchéité des canalisations d'apport de produits chimiques et dispositions pour la détection des fuites évaluées les impacts, un personnelles qualifiée en matière de l'environnement (Tableau 27).

Tableau 27 - Matrice récapitulatif d'évaluation de l'impact du dessalement sur l'environnement (Anonyme 2 ,2009).

COMPOSANTE AFFECTEE	SOURCE DE L'IMPACT	IMPORTANTCE DE L'IMPACT	MESURES D'ATTENUATOION, RECOMMANDATIONS	IMPACT RESIDUEL	IMPORTANTCE DE L'IMPACT
Environnement marin (Flore)	Rejet de saumure et de nettoyage des filtres et membranes	Faible	Elaboration d'un modèle de dispersion de l'eau CORMIX pour déterminer l'emplacement du rejet ayant le moins d'impact sur le milieu marin	Augmentation de sel ≤ à 2g/l, aucune surface ne sera affectée	Faible +
Environnement marin (Faune)	Rejet de saumure et de nettoyage des filtres et membranes	Faible	Elaboration d'un modèle de dispersion de l'eau CORMIX pour déterminer l'emplacement du rejet ayant le moins d'impact sur le milieu marin	Augmentation de sel ≤ à 2g/l	Faible +
Impact visuele	Exploitation de la station de dessalement	Moyenne	Plantation autour du site Couleurs pâles sur les ouvrages de grande hauteur	Esthétique	Moyenne +
	Exploitation de la station de dessalement	Faible	Aucune mesure		
Ambiance sonore	Fonctionnement des transformateurs, moteurs, pompes et éjecteur de vapeur	Moyen	Respect de la réglementation, Isolation des bâtiments, blindage des moteurs pompent etc.	Niveau du bruit normal de l'exploitation	Faible
Socio-économique	Exploitation de l'usine	T. Forte +	Création d'emploi et production d'eau potable de qualité. Développement du tourisme, commerce, hôtellerie, construction, agriculture etc.	Economique, financier, tourisme, agricole etc.	T. Forte +

Au vu de l'importance et la complexité des implantations humaines sur la côte occidentale algérienne. Cet espace regroupe des villes importantes avec à leurs tête Oran, Ain témouchent et Tlemcen, qui compte près deux millions d'habitants. Il polarise un arrière pays étendu et englobe des zones industrielles d'envergure, des infrastructures portuaires parmi les plus importantes du pays ainsi que quelques stations touristiques balnéaires avec un cumule de plus de dix station de dessalement, L'urbanisation et le développement de ces activités économiques se sont accélérés ces dernières décennies et ont eu des impacts négatifs sur le milieu naturel. Certains de ces impacts sont à un stade critique et représentent actuellement des facteurs de risque qu'il faut gérer et maîtriser. La multiplicité des formes de dégradation de l'environnement nous renseigne non seulement sur le poids de l'action anthropique, mais aussi sur la fragilité des écosystèmes composant le littoral.

Conclusion

L'eau produite par les stations de dessalement du littoral oranais présentent une conformité aux normes algériennes et celles de l'OMS . Ces résultats montrent bien, l'intérêt de l'implantation de ces stations de dessalement pour résoudre le problème de la pénurie en eau potable de littoral oranais et même les villes limitrophes.

Néanmoins, il reste le problème des rejets de ces unités, le cas de la salinité et le taux de chlorures qui est directement lié à un mauvais goût de l'eau consommable par la population. Un tel constat nous permet de dire que, la capacité des membranes d'osmose inverse à retenir les sels, est faible dans le cas des six stations étudiées.

Pour une même production d'eau dessalée, les débits d'alimentation de procédés ne présentent pas une différence importante, 1242,70 l/s pour l'osmose inversée avec un débit de rejet de 624,46 l/s à 66,22 g/l de salinité par rapport aux autres procédés.

La teneur en sels de l'eau traitée est de l'ordre moyen pour les six stations de 1,00 g/l.

Les résultats montrent que les valeurs physico-chimiques, organoleptiques et paramètres de pollution obtenues lors de nos différentes analyses, ont montré que les saumures produits par les techniques de dessalement (osmose inverse) ont une forte teneur en sel qui résulte de la concentration de l'eau de mer dessalée (salinité de 59.85 ‰ plus élevée que celle de l'eau de mer 36.55 ‰). Par conséquent, ces répercussions conduisent à une perturbation de la vie aquatique locale. Ce phénomène s'atténue rapidement au fur à mesure que l'on s'éloigne du point de rejet par diminution de la concentration .En plus de la concentration élevée en sel, on enregistre des teneurs élevées en sulfates. Ces dernières diminuent au contact de la mer, ce qui indique une transformation des sulfates en sulfures.

Par ailleurs, les conditions de la mer : courant marin, vagues, eau calme ou agitée influe immédiatement sur la concentration des saumures au contact de la mer. La dilution de ces saumures dépend instantanément de leur dispersion dans le cas d'une mer agitée et de leur localisation dans le cas d'une mer calme. Comme par exemple, les saumures prennent beaucoup de temps pour se diluer quand la mer est calme. Ce qui influe directement sur le milieu aquatique.

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

Toutefois, on notera que la concentration en sel peut varier selon le type de montage dont le plus adéquat c'est celui qui génère une meilleure production d'eau avec un taux de sel réduit.

En outre, l'exploitation d'une station de dessalement nécessite un suivi permanent principalement dans l'entretien des membranes osmotiques pour le procédé de l'osmose inversé .

Au niveau du coût de revient du mètre cube d'eau dessalée, celui du procédé de l'osmose inversé (23,59 DA/m³) est le plus favorable par rapport aux autres procédés et malgré cela il demeure onéreux par rapport à 3,50 DA le mètre cube (coût administré actuellement), mais il peut être réduits si l'énergie électrique utilisée est à base d'énergie solaire.

De ce fait, cette activité est en très forte croissance. La capacité installée chaque année augmente en moyenne de plus de 10% par an. Les techniques dites thermiques (par évaporation) représentaient il y a encore quelques années la principale technologie employée, mais l'osmose inverse, du fait d'une fiabilité accrue et de sa faible consommation électrique (4 à 5 kWh/m³), permet des coûts très bas, ce qui lui donne aujourd'hui 50% de la part de marché.

Il est toujours nécessaire d'investir dans le créneau de dessalement d'eau de mer car, là au moins, la ressource de base « eau de mer » est toujours garantie et disponible.

A l'heure actuelle, le dessalement d'eau de mer à travers notre pays se fait par les mêmes procédures que ceux des stations étudiées. Devant ce fait, la fixation des seuils de tolérance est importante, les saumures doivent passer un contrôle exhaustif de toxicité qui tient compte des caractéristiques du système récepteur et prêter une attention particulière à la dilution du concentré.

Enfin, nous espérons que la conscience environnementale des planificateurs, des concepteurs, des décideurs et du public pendant les premières phases de la planification et de la construction, permettra une construction des usines adéquate avec le développement durable.

Le dessalement de l'eau a un impact à la fois positif et négatif sur l'environnement. Le principal effet positif direct est un accroissement des disponibilités en eau. L'impact positif indirect, sur l'environnement, découle d'une salinisation réduite du sol grâce à une irrigation à base d'eau dessalée par rapport à l'utilisation d'eaux saumâtres.

Les répercussions négatives, sur l'environnement, sont dues à divers éléments:

- Évacuation de la saumure ou des eaux résiduelles, produites par le dessalement;
- additifs chimiques antisalissures ou anticorrosion ;
- impact visuel, au niveau du paysage ;
- bruit ;
- émission de gaz à effet de serre, dérivant de la consommation d'énergie ;

Pour tout projet de dessalement des eaux (et en particulier des eaux de mer), il est nécessaire de réaliser une étude d'Impact de l'usine de dessalement qui doit se focaliser notamment sur les deux aspects les plus critiques : le rejet des saumures sur l'écosystème marin et l'accroissement de la consommation énergétique, par rapport aux autres alternatives de ressources en eau potable.

Recommandations

Sur le plan institutionnel

- Sensibiliser les décideurs sur la nécessité et l'intérêt du dessalement ;
- Encourager le privé à investir dans les projets de dessalement, à travers la mise en place de dispositions incitatives
- Favoriser le Partenariat Public Privé, pour promouvoir les projets de dessalement, tout en insistant sur la contribution financière de l'Etat, à l'Investissement initial.

Sur le plan financier

- Promouvoir le dessalement d'eau de mer dans nos pays méditerranéens (à travers la réduction des coûts d'investissement et d'exploitation), et ce, à travers les actions principales suivantes :
- Réduction du coût du kw.h.

- Inciter certaines industries et unités touristiques, grandes consommatrices d'eau, et se trouvant à proximité des côtes, à s'équiper en stations de dessalement, afin d'atténuer les besoins en eaux douces.
- Encourager les nouvelles technologies, et en particulier celles envisagées au niveau des membranes, qui doivent asseoir la position dominante du dessalement de l'eau de mer par osmose inverse, en tant que technologie fiable et économique. Il est attendu une réduction du coût de production d'eau douce de l'ordre de 20% dans les cinq prochaines années, et de 50% d'ici à 2020. Ces améliorations financières doivent permettre de rendre abordable le dessalement de l'eau par osmose inverse à des pays ne possédant pas aujourd'hui les ressources financières et techniques pour envisager la construction d'usines de dessalement pour combler le déficit de leurs ressources conventionnelles en eau .

Les moyens à adopter pour limiter les impacts négatifs du rejet de saumures, conformément à la réglementation en vigueur, dans la quasi-totalité des pays, peuvent être classés en deux groupes : moyens à mettre en œuvre durant la phase de projet et programmes de vigilance environnementale.

Les moyens en phase de projet consistent en la réalisation d'une cartographie sous-marine des habitats écologiques à protéger dans toute la région, avant d'avoir choisie la parcelle où on situera l'usine de dessalement. Il est aussi très important faire un modèle numérique de propagation de la salinité aidant au dessin du rejet, qui sera calibré durant la phase d'exploitation de l'usine, à l'aide de mesures in situ de la salinité. Finalement, il faut tenir compte de l'importance du dessin du type de rejet, soit direct sur la côte soit par le biais d'un émissaire sous-marin.

Le programme de vigilance environnementale doit consister en le contrôle du débit et de la salinité des saumures à l'intérieur de l'usine, avec le but de détecter les possibles anomalies du fonctionnement de l'usine, le contrôle des saumures dans la zone de rejet et le contrôle de qualité dans les zones à protéger pour leur importance environnementale et qui sont susceptibles d'être affectées par une forte variation de la salinité.

- Examiner l'intégration du dessalement des eaux, lors de la refonte des textes législatifs et réglementaires
- Renforcer la coopération méditerranéenne et internationale sur tous les aspects liés au dessalement des eaux en général, et des eaux de mer, en particulier (H. El Mahraz1, 2009)

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES



ALLAILI H., 2013. Biodiversité (zoogéographie, systématique, bio-écologie) des échinodermes (Echinides, Astérides et Holothuries) dans les écosystèmes marins littoraux : cas des substrats durs des côtes oranaises. *Mémoire de magister, Univ. Djillali liabès, Sidi Bel Abbès.* 57-68p.

AMJAD Z (ED.) (1993) - Reverse Osmosis: Membrane Technology Water Chemistry, and Industrial Application. *New York: Van Nostrand Reinhold Publ. Co.*

AKRETICHE . D.E .(2004) - « les prétraitements par membranes en dessalement » *journée de formation, Gabés, Tunis.*

AUBERT, M., REVILLON, P., BREITMYER, J. P., GAUTHIER, M., AUBERT, J. & FLATAN, G., (1982) - Métaux lourds en Méditerranée. 3ème Tome. *Rev. Inter. Océanogr. Med. : 327-355.*



BACHIR BOUIDJRAA B, GHELLAIB M, BACHIR BOUIDJRAC M A, BENSAHLA TALET L & KERFOUF AHMED, (2014) - The Spiny Lobster, *Palinurus mauritanicus* (Gruvel, 1911) from Algerian West Coasts: A Species to Protect. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR - ISSN 2307-4531), (2014) Volume 15, No 2, pp 116-125.*

BALDOCK, T. E., O' HARE, T. J. & HUNTLEY, D. A. (2004) - Long wave forcing on a barred beach. *J. FluidMech. 503, 321–341. (doi:10.1017/S002211200400792X)*

BENNER R., (2002) - Chemical composition and reactivity, In: Hansell D.A., Carlson C.A. (Eds), *Biogeochemistry of Marine Dissolved Organic Matter, Academic Press*, pp 774.

BERLAN J M & JUERY C. (2002) - Le procédé membranaire pour le traitement de l'eau. *Office international de l'eau (SNIDE).ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et des affaires rurales. direction de l'espace rural et de la forêt- France.*

BÉTHOUX, J.-P., MORIN, P., MADEC, C. AND GENTILI, B., (1992) - Phosphorus and nitrogen behaviour in the Mediterranean Sea. *Deep-Sea Res.*, 39, 1641–1654.

BETHOUX, J.-P., MORIN, P., CHAUMERY, C., CONNAN, O., GENTILI, B., RUIZ-PINO, D., (1998) - Nutrients in the Mediterranean Sea, mass balance and statistical analysis of concentrations with respect to environmental change. *Marine Chemistry*, 63, 155-169.

BLUNNK ,L., (1998) - Les oceans:etat de l'environnement marins et nouvelles tendance du droit international marin. *Rapp . doc 8177 .Commission de l'Environnement.* 3p

BORSALI SOFIA, (2015) - Evaluation de la contamination métallique dans trois organes (foie, gonades et muscle) du rouget de roche *Mullus surmuletus* (L. 1758) par quatre métaux (Zn, Cu, Cd, Pb) pêché dans la baie d'Oran.*Thèse de Doctorat, Université d'Oran* - 170p.

BOUDERBALA ,B (1997) – Etat de pollution marine par les métaux lourds et son impact sur les Cétacés dans le bassin Algérien. Thèse de Magistère Université d'Oran, Algérie .150p

BOUKHARI BENAMARA M., (2014) - Les macro-invertébrés du littoral Ouest Algérien : Etat des lieux et des connaissances. *Mémoire de magister, Univ. Djillali Liabès, Sidi Bel Abbès.* 54-69p

C

CAULET. J, (1972) - Les sédiments organogènes du pré continent algérien. *Memoire du Museum National d'Histoire Naturelle, Paris, Série (C, 25, 1-289.1), (2014) Volume 15, No 2,* pp 116-125.

CHATKAEW T. (2009) - Procèdes hybrides à membrane pour le prétraitement d'eau de mer avant dessalement par osmose inverse .*Thèse de doctorat, université de Toulouse.*

CLEMENT,(1979) - « Larousse agricole » *Edition Larousse*, p48

CNL , (2009) - **Commissariat National du Littoral** Rapport du ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement.

D

DANIS P. (2003) - Dessalement de l'eau de mer. Technique de l'ingénieur, référence , 2700p.

DAWOUD, M. A., AL MULLA, M. M. (2012) - Environmental Impacts of Seawater Desalination: Arabian Gulf Case Study. *International Journal of Environment and Sustainability. Volume 1, Issue 3, 22-37.*

DUNGLAS J.(2014) - Le dessalement de l'eau de mer, une nouvelle méthode pour accroître la ressource en eau. *Groupe eau. Académie d'agriculture de France.*

E

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

El Mahraz1,H . Arifi,Bennour .M et Olivier (2009) - *Revue HTE N°142 • Mars - Juin 2009*

F

FAO. (2003) - l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture ; directives technique pour une pêche responsable 4,suppl. 2.

FERNANDEZ TORQUENDA , Y., SANCHEZ LIZAZOU, J. L. (2005) - Effects of salinity on leaf growth and survival of the Mediterranean seagrass *Possidonia oceanic* (L) Delile . *Journal of Expirimental Marine Biology and Ecology. Volume 320, Issue 1, 57- 63*

FREIXA, C. M. (2009) - Benmarking international en matière de dessalement des eaux -
Revue HTE n°142 - juin 2009.

FRITZMANN, C., LÄWENBERG, J., WINTGENS, T. AND MELIN, T. (2007) - “State-of-the-art of reverse osmosis desalination.” *Desalination 216(1-3): 1-76.*

G

GAID, A. & TREAL, Y., (2007) - le dessalement des eaux de mer par osmose inverse,
Desalination, vol.203, 1–14

GREENLEE, L.F., LAWLER, D.F., FREEMAN, B.D., MARROT, B., AND MOULIN, P. (2009) - Reverse osmosis desalination: Water sources, technology, and today’s challenges. *Water Research Vol. 43 (9):2317-2348.*

GROVEL A ,(1961) - Recherché sédimentologiques en baie d’alger , *thèse 3^{ème} cycle université d’Alger,145 p*

I

INGV INTUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA. (2008) -Si riporta di seguito il parere espresso sul Rapporto di Attività Scientifica 2008 *dell’INGV dal Comitato di Consulenza Scientifica.*

J

JANIN F. , SCHNITZER G. (1996) - Plomb, Cadmium et Mercure dans l’alimentation : Evolution et Gestion du risque. Technique et documentation. *Edition Lavoisier. Paris :* 205-216.

JORADP. (2006) - Journal officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire N°26 ,Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels. 4-9.

K

KACEMI M. (2006) - Protection du littoral en Algérie entre politiques et pouvoirs locaux : le cas du pôle industriel d'Arzew (Oran- Algérie). *Vertigo, la revue électronique en sciences de l'environnement*, vol. 7, n° 3 : <http://vertigo.revues.org/8815> ; DOI : 10.4000/Vertigo.8815.

KAMOUN, S., LINDQVIST, H. AND GOVERS, F. (1997A) - A novel class of elicitor-like genes from *Phytophthora infestans*, *Mol. Plant-Microbe Interact.* 10, 1028-1030.

KERFOUF. A, AMAR. Y, BOUTIBA. Z, 2006- « La qualité bactériologique des eaux de baignade du golfe d'Oran (Algérie littorale occidentale) ». Actes de la 1^{ère} Edition des Journées Francophones de Microbiologie des Milieux Hydriques, Agadir (Maroc), 23 & 24 Novembre 2006, pp ; 127 – 133.

KERFOUF A. BENYAHIA M. et BOUTIBA Z. (2010) - La qualité bactériologique des eaux de baignade du golfe d'Oran (Algérie littorale occidentale). *Revue de Microbiologie Industrielle, Sanitaire et Environnement*, vol. 4, n° 1, p. 22-31.

KIES F., & KERFOUF A. (2014) - Impact of climate change on the West coast of Algeria: Gulf of Oran, Arzew and Mostaganem. *Sustainability, Agri, Food and Environmental Research.* 2 1-15.

KHIRANI S. (2007) - « procédés hydrique associant a la filtration membranaire et l'absorption », *Thèse de Doctorat. Institut National des sciences appliquées de Toulouse* ;

L

LACOMBE, H. et TCHENIA, P., (1960) - Quelques traits généraux de l'hydrologie Méditerranéenne d'après diverses campagnes hydrologiques récentes en Méditerranée dans l'approche Atlantique et dans le détroit de Gibraltar : 526-547.

LACOMBE, H., (1965) - Cours d'océanographie physique. *Paris: Gauthier Villars.392p*

LAID KAMEL, (2006) - Approche globale par un système information a référence spatiale et la télédéction pour analyse spectacularisation et suivi environnemental –application a la Wilaya d'ORAN ,*Mémoire de magister en techniques spatiales et application.38-47.*

LASCARATOS, A., (1998) - La Méditerranée: Un océan miniature fascinant. Numéro spécial "Océan 1998". *Ed. Unité de coordination du Plan d'Action pour la Méditerranée (PAM).1-20.*

LATTEMANN S. (2008) - Le dessalement, est-il écologique? *La Recherche no. 421, July/August, p.62-65*

LECLAIRE, L. (1972) - La sédimentologie holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares (Pré continent Algérien). *Mémoire de muséum National d'Histoire Naturelle, série. C, Tome XXIV, Paris, 372 p.*

M

MARINS, (1973) - « la grande encyclopédie N° 7 ».

MARTIN G, (1989) - « le problème de l'azote dans les eaux » *Edition technique et documentation, p.53.*

MARTINEZ J , (1975) - Les pollutions de l'eau. ADDOUR- GARONNE *Revue de l'eau dans le midi atlantique.Fr Fascicule ,n°8 .1-11*

MATE (2007) - Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement

MAUREL.A, (2006) - Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres. *Edition : Tec et Doc.286 p.*

MAYA T .(1998) « la pratique de l'eau *édition moniteur France* p165.

MEHTOUGUI .M.S., (2011) - Impact sur l'environnement et effets externes associés aux techniques de dessalement de l'eau. Cas du littoral ouest algérien. *Mémoire de Magister, Université Djillali Liabès*, 118p

METAP, (1994) - Etude de protection contre la pollution des ports et du littoral Algérien. *Rapport final, Banque Européenne d'Investissement - Ministère du transport - Direction des ports; Algérie* : 170 p.

MEZIANE K., (2011) - Biodiversité et distribution spatiale des mollusques des zones humides côtières de l'Ouest algérien (cas des substrats durs). *Mémoire de magister, Univ. Djillali Liabès, Sidi Bel Abbès*. 54-69.

MICHELLE ET DOMINIQUE (1994) « dictionnaire des constantes physique et biologique » *édition Maloine* . 99p.

MICKLEY, M., R. HAMILTON, L. GALLEGOS AND J. TRUESDALL (1993), Membrane Concentrate Disposal, AWWA Research Foundation and American Water Works Association.

MILLOT, C., (1985) - Some features of Algerian current. *J. Geophys. Res.*, Vol. 90 N°7: 7169-7176.

MILLOT, C., (1987) - Circulation in the western Mediterranean Sea. *Oceanog. Acta*. **10**(2): 144-149.

MILLOT C. (1989) - La circulation générale en Méditerranée occidentale. *Annales de géographie*, vol. 549, p. 497-515.

MONIQUE H. (1991) - Les eaux naturelles et les eaux de consommation saint laurent .

MORICONI-EBRARD F., (1993) - L'Urbanisation du Monde depuis 1950, *Economica, Anthropolos, Collection Villes, Paris*, 372 p., [Compte-rendu critique dans la revue *Population*, B. Baccaïni, INED, 1994]

MPRH., (2010) – Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques statistique de pêche de 2001 à 2009 en Algérie.

N

NABI, N.K & AOUARAGH, R., (1992) - Pollution de l'environnement connaissances et contrôles. *Ingéniorat d'Etat en Chimie Industrielle, Univ, des Sciences et de la Technologie d'Oran* : 102 p.

O

OIE au (Office Internationale de l'Eau), (2006) - Formation à l'exploitation et à la maintenance des unités de dessalement d'eau de mer. Titre 3 – *Généralités sur le dessalement* – Novembre , page 9 / 9.

OMS (2011) - Organisation mondiale de la santé..Guidelines for drinking-water quality. Fourth edition. ISBN 978 92 4 154815 1.

ONM (2009) - Données climatologiques de l'Office National de Météorologie (Station d'Oran). *Rapport inédit*.

ONS (2011) - **Office National des Statistiques** ; Annuaire statistique de l'Algérie (*ONS Edition 2011*) ;

ONS (2011) - **Office National des Statistiques** ; l'Algérie en quelques chiffres (*ONS Edition 2011*) ;

ONS (2013) - **Office National des Statistiques** ; Collections Statistiques N° 177/2013 Série C : Statistiques Régionales et Cartographie (*ONS Edition 2013*) ;

P

PATIER X. & BLANCHON D. (2010) - Documentation photographiques. 8078. L'Eau, une ressource menacée ? *La documentation Française. Paris.* 63 p.

PDAU, (2005) - Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme de la commune de Honaïne (*P.D.A.U : Phase 1*).

PDAU, (2005) - Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme de la commune de Benisaf (*P.D.A.U : Phase final*).

PEARCE G.K. (2007) - The case study of UF/MF pretreatment to RO in seawater applications, *Desalination 203* . 286-295

PETRELLA E., (2009) - Les grands malades de l'eau : les États-Unis. Bruxelles, *Institut Européen de Recherche sur la Politique de l'Eau (IERPE)*, 50 p.

PLAN BLEU, (2008) – Eau énergie, dessalement et changement climatique en Méditerranée. *Document interne*, 29 p.

PIMPEC, P., LIÉNARD, A., BONNARD, R., LAFONT, M., CAZIN, B., BOSSARD, PH., HUBERT, B., BRAY, M.,(2002) Guide pratique de l'agent préleveur chargé de la police des milieux aquatiques, *Cemagref Éditions*, 159 p.

R

RAMADE F., (1982) - Élément écologie, appliquée. *Mc Graw-Hill ed:* 452 p

REFES W., (1994) - Contribution à la connaissance de la population de «Ruditapes decussatus» (Linnaeus, 1758) du lac Mellah (El-kala; Algérie) Ecologie, reproduction, dynamique de la population et exploitation. *Thèse de Magister en océanographie biologique, ISMAL* : 197 p.

RODIER. (2010). Analyse de l'eau naturelle, eau de mer et eau industrielle. *Édit. DUNOD, Paris*, 984 p.

S

SADHWANI. J. J AND VEZAB. J. M.,(2001) - Cleaning tests for seawater reverse osmosis membranes, *Desalination*, 139 - 177

SEMIDE. (2001) - Systèmes euro-Méditerranéen d'information sur les savoirs dans le domaine de l'eau, Alger.

SMITH F., (1972) - Phosphorous Cycle in Man the Living Environment; Inger et Hasler. *Edition wisconsin UP:48-58.*

SIGG.L , (2000) - Chimie des milieux aquatique, chimie des eaux naturelles et des interfaces dans l'environnement. *Edition : Dunod. 567p.*

SOGREAH (1998) - Étude d'assainissement du groupement urbain d'Oran. Plan directeur d'assainissement et d'aménagement. *Rapport inédit, 90 p.*

T

TAHRAOUI D., KETTAB A, ABEDELALI M., BOUGHRARA F. (2010) - Qualité des eaux de mer après dessalement au niveau de la station de dessalement de la ville de Ténès, Chlef. Impact de dessalement sur l'environnement (milieu aquatique). Conférence WATMED 5, Lille - France, 26-28 Mai 2010.

U

UNEP. (1997) United Nations Environment Programme - Repport of the meeting of experts to review the MEDPOL. Biomonitoring programme. Athens, Greece: *UNEP-(OCA)/MED WG.122/7.*

UNEP, (2003) United Nations Environment Programme - Dessalement de l'eau de mer en méditerranée : *évaluation et lignes directrices* - 135p.

UNEP, (2008) United Nations Environment Programme - Desalination : Resource and Guidance Manual for Environmental Impact Assessments - 168p .

UNEP , (2009) United Nations Environment Programme - Dessalement de l'eau de mer dans les pays méditerranéens; impacts sur l'environnement, Athènes, septembre 2001 ; Sites : *Isentropic.org* - *ISENTROPIC Ltd* – nombreuses références techniques [http//mshades.free.fr/dessalement/reflexiondessalement.html](http://mshades.free.fr/dessalement/reflexiondessalement.html) [http//](http://) .

V

VAISSIERE, R., FREDJ, G., (1963) - Contribution à l'étude de la faune benthique du plateau continental de l'Algérie. *Bull. Inst. Oceanogr. Monaco*. 60 : 83p.

W

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

WOLF P. H., SIVERNS S. ET MONTI S.(2005) - UF membranes for RO desalination pretreatment, *Desalination* 182 ; 293-300

Z

ZIMMERMAN ,R.(1999) - The Llarnaca leawater dessalination plant. Environmental Impact Assisment Report.

ANONYME

Anonyme 01 . (2003) - MEMOIRE TECHNIQUE, Rapport de traitement d'eau de mer par osmose inverse. *Edition :Hydrotraitement.*

Anonyme 02. (2009) - L'Académie des l'eau dans les systèmes biologiques en Mars 2009. sur Canal Académie.

Anonyme 03 . (2012) - Agence National des barrages.

Annexes

Annexe 1

	Ph	Con	T°	Sal	TH	Cal	Mag	Tac	Ta	Pho	Sul	Chl	Sod	SDT	No3	No2	Tur
F4	8,22	47000,00	23,00	36750,00	10000,00	2060,00	8200,00	128,00	0,00	0,20	4000,00	42900,00	11690,00	13625,00	4,50	0,04	1,11
F5	8,22	47600,00	23,00	36700,00	10100,00	2090,00	8280,00	123,00	0,00	0,21	4100,00	42300,00	11700,00	13525,00	4,00	0,04	1,14
F6	8,00	47800,00	25,00	36900,00	10100,00	2080,00	8320,00	132,00	0,00	0,21	4100,00	42600,00	12000,00	14625,00	4,60	0,05	1,18
F7	8,23	48500,00	27,00	37800,00	10500,00	2180,00	8340,00	140,00	0,00	0,22	4150,00	43400,00	12100,00	14723,00	4,70	0,05	1,18
F8	8,24	48400,00	27,00	38000,00	10200,00	2200,00	8290,00	131,00	0,00	0,22	4140,00	43400,00	12000,00	14130,00	4,70	0,05	1,19
F9	8,23	48000,00	24,00	37850,00	10200,00	2130,00	8140,00	126,00	0,00	0,22	4100,00	43000,00	11720,00	13824,00	4,50	0,04	1,14
F10	8,18	48000,00	23,00	37800,00	10060,00	2130,00	8140,00	128,00	0,00	0,23	4150,00	42800,00	11600,00	13800,00	4,30	0,04	1,12
F11	8,21	48000,00	22,00	37400,00	10080,00	2140,00	8170,00	129,00	0,00	0,21	4090,00	42800,00	11650,00	13750,00	4,30	0,04	1,12
F12	8,22	47800,00	21,00	37450,00	10070,00	2050,00	8160,00	127,00	0,00	0,22	4080,00	42600,00	11400,00	13500,00	4,40	0,04	1,13
F1	8,23	47700,00	20,00	37300,00	10060,00	2055,00	8190,00	127,00	0,00	0,20	4100,00	42400,00	11500,00	13500,00	4,30	0,04	1,14
F2	8,21	47780,00	21,00	37260,00	10050,00	2040,00	8200,00	125,00	0,00	0,20	4100,00	42000,00	11350,00	13400,00	4,50	0,04	1,16
F3	8,23	47700,00	22,00	37600,00	10000,00	2060,00	8200,00	124,00	0,00	0,19	4060,00	42500,00	11500,00	1343,00	4,50	0,04	1,16
Fm	8,80	40000,00	20,00	35000,00	7200,00	1500,00	5780,00	57,00	0,00	1,40	3070,00	21650,00	12500,00	13600,00	43,00	2,68	1,09
B4	8,40	41900,00	20,00	36550,00	10000,00	2000,00	8000,00	124,00	0,00	0,21	4030,00	43000,00	10690,00	14600,00	4,40	0,04	1,02
B5	8,40	42000,00	19,00	36750,00	11000,00	2100,00	8050,00	123,00	0,00	0,21	4030,00	43500,00	10700,00	14720,00	4,43	0,03	1,03
B6	8,50	42600,00	23,00	37150,00	10500,00	2220,00	8010,00	129,00	0,00	0,20	4020,00	44000,00	10700,00	15000,00	4,46	0,04	1,06
B7	8,50	42800,00	23,00	37800,00	10600,00	2170,00	8170,00	130,00	0,00	0,22	4060,00	44800,00	10740,00	15000,00	4,48	0,04	1,05
B8	8,50	42700,00	23,00	37300,00	10500,00	2210,00	8280,00	129,00	0,00	0,21	4050,00	44700,00	10750,00	14800,00	4,49	0,04	1,06
B9	8,40	42500,00	21,00	36550,00	10300,00	2090,00	7900,00	123,00	0,00	0,20	4000,00	43200,00	10740,00	14870,00	4,47	0,04	1,03
B10	8,40	42000,00	22,00	36600,00	10300,00	2100,00	8000,00	123,00	0,00	0,19	4000,00	43000,00	10760,00	14800,00	4,45	0,04	1,03
B11	8,50	42200,00	21,00	36700,00	10500,00	2100,00	7950,00	122,00	0,00	0,19	4000,00	43000,00	10740,00	14800,00	4,44	0,04	1,03
B12	8,50	42050,00	21,00	36700,00	10450,00	2100,00	7970,00	125,00	0,00	0,20	4060,00	43300,00	10760,00	14870,00	4,44	0,04	1,03
B1	8,40	42000,00	20,00	36700,00	10400,00	2090,00	7970,00	127,00	0,00	0,20	4050,00	43500,00	10750,00	14870,00	4,42	0,03	1,03
B2	8,40	41900,00	19,00	36600,00	10500,00	2100,00	7900,00	127,00	0,00	0,21	4060,00	43500,00	10760,00	14800,00	4,41	0,04	1,04
B3	8,40	41900,00	20,00	36600,00	10200,00	2050,00	8000,00	126,00	0,00	0,21	4060,00	43780,00	10700,00	14800,00	4,40	0,04	1,04
Bm	8,80	42000,00	20,00	35000,00	7200,00	1500,00	5780,00	57,00	0,00	1,40	3070,00	21650,00	12500,00	13600,00	43,00	2,68	1,09
C4	8,50	59000,00	22,00	45000,00	11000,00	2500,00	8480,00	140,00	0,00	0,20	4250,00	45000,00	17300,00	36300,00	4,20	0,00	0,60

C5	8,60	59100,00	21,00	45100,00	11000,00	2600,00	8510,00	143,00	0,00	0,22	4254,00	45200,00	17400,00	36375,00	4,30	0,00	0,61
C6	8,50	59100,00	21,00	45300,00	11200,00	2650,00	8510,00	143,00	0,00	0,22	4257,00	45300,00	17650,00	36400,00	4,30	0,00	0,62
C7	8,60	59400,00	22,00	45300,00	11300,00	2660,00	8600,00	148,00	0,00	0,24	4280,00	45400,00	17700,00	36400,00	4,40	0,00	0,62
C8	8,50	59450,00	22,00	45400,00	11360,00	2560,00	8580,00	148,00	0,00	0,24	4300,00	45800,00	17400,00	36400,00	4,40	0,00	0,63
C9	8,40	59100,00	22,00	45300,00	11100,00	2560,00	8540,00	144,00	0,00	0,24	4290,00	45400,00	17300,00	36395,00	4,40	0,00	0,62
C10	8,40	59080,00	21,00	45300,00	11000,00	2560,00	8500,00	140,00	0,00	0,23	4240,00	45200,00	17300,00	36700,00	4,30	0,00	0,62
C11	8,50	59090,00	20,00	45280,00	11200,00	2580,00	8450,00	143,00	0,00	0,22	4200,00	45100,00	17100,00	36700,00	4,40	0,00	0,62
C12	8,50	59100,00	20,00	45258,00	11100,00	2570,00	8450,00	142,00	0,00	0,21	4250,00	45100,00	17300,00	36500,00	4,30	0,00	0,61
C1	8,70	59150,00	19,00	45000,00	11000,00	2570,00	8500,00	140,00	0,00	0,20	4250,00	45000,00	17380,00	36500,00	4,30	0,00	0,61
C2	8,50	59000,00	19,00	45000,00	11000,00	2500,00	8450,00	140,00	0,00	0,20	4230,00	45100,00	17390,00	36400,00	4,20	0,00	0,60
C3	8,50	58900,00	20,00	45100,00	11000,00	2500,00	8500,00	141,00	0,00	0,21	4200,00	45000,00	17400,00	36400,00	4,10	0,00	0,60
CM	8,70	42000,00	22,00	32500,00	7500,00	1800,00	5700,00	50,00	0,00	1,17	2750,00	23120,00	13520,00	28000,00	35,20	0,00	1,31
H4	8,60	59200,00	21,00	44800,00	10500,00	2460,00	8200,00	135,00	0,00	0,20	4160,00	45000,00	16690,00	13625,00	4,50	0,04	1,21
H5	8,60	59300,00	22,00	44860,00	10560,00	2480,00	8300,00	136,00	0,00	0,21	4160,00	45100,00	16650,00	13600,00	4,50	0,00	1,10
H6	8,50	59600,00	23,00	44890,00	10580,00	2500,00	8400,00	140,00	0,00	0,21	4180,00	45400,00	16700,00	13500,00	4,60	0,00	1,30
H7	8,70	59700,00	24,00	45000,00	10600,00	2500,00	8450,00	140,00	0,00	0,22	4189,00	45500,00	16700,00	13700,00	4,60	0,00	1,40
H8	8,70	59800,00	24,00	45000,00	10640,00	2490,00	8460,00	139,00	0,00	0,22	4180,00	45500,00	16700,00	13800,00	4,60	0,00	1,30
H9	8,70	59600,00	22,00	45100,00	10570,00	2400,00	8460,00	136,00	0,00	0,21	4170,00	45580,00	16400,00	13860,00	4,40	0,00	1,32
H10	8,60	59300,00	22,00	45000,00	10490,00	2348,00	8470,00	137,00	0,00	0,21	4175,00	45460,00	16470,00	13400,00	4,40	0,00	1,33
H11	8,50	59300,00	21,00	44900,00	10400,00	2390,00	8460,00	137,00	0,00	0,20	4150,00	45600,00	16300,00	13200,00	4,30	0,00	1,32
H12	8,50	59400,00	20,00	44900,00	10400,00	2380,00	8360,00	136,00	0,00	0,20	4160,00	45300,00	16400,00	13280,00	4,50	0,00	1,31
H1	8,50	59380,00	19,00	44870,00	10450,00	2370,00	8260,00	137,00	0,00	0,20	4140,00	45390,00	16500,00	13300,00	4,40	0,00	1,30
H2	8,60	59320,00	20,00	44860,00	10450,00	2370,00	8280,00	136,00	0,00	0,20	4130,00	45380,00	16500,00	13400,00	4,50	0,00	1,12
H3	8,50	59280,00	21,00	44850,00	10400,00	2390,00	8250,00	135,00	0,00	0,20	4150,00	45100,00	16640,00	13540,00	4,60	0,00	1,31
Hm	8,70	40000,00	22,00	32500,00	7500,00	1800,00	5700,00	50,00	0,00	1,17	2750,00	23120,00	13520,00	28000,00	35,20	0,00	1,31
G4	8,90	41100,00	21,00	36550,00	10000,00	1800,00	7000,00	120,00	0,00	0,20	3700,00	36000,00	10690,00	14400,00	4,36	0,03	1,02
G5	8,60	41140,00	21,00	36600,00	10010,00	1830,00	7030,00	122,00	0,00	0,21	3750,00	36200,00	10700,00	14380,00	4,32	0,03	1,04
G6	8,80	41120,00	24,00	36700,00	10030,00	1860,00	7030,00	124,00	0,00	0,22	3760,00	39300,00	10800,00	14500,00	4,35	0,03	1,03
G7	8,80	41126,00	24,00	36700,00	10020,00	1850,00	7060,00	127,00	0,00	0,22	3768,00	36380,00	10890,00	14600,00	4,40	0,03	1,04
G8	8,70	41137,00	24,00	36670,00	10030,00	1870,00	7070,00	125,00	0,00	0,21	3780,00	36300,00	10860,00	14600,00	4,43	0,03	1,05
G9	8,70	41134,00	22,00	36500,00	10023,00	1839,00	7030,00	122,00	0,00	0,21	3790,00	36700,00	10869,00	14450,00	4,43	0,03	1,03
G10	8,60	41132,00	21,00	36580,00	10021,00	1834,00	7040,00	122,00	0,00	0,20	3798,00	36300,00	10800,00	14400,00	4,36	0,03	1,03
G11	8,80	41132,00	20,00	36560,00	10020,00	1820,00	7020,00	121,00	0,00	0,19	3798,00	36200,00	10780,00	14480,00	4,34	0,03	1,03
G12	8,70	41156,00	20,00	36540,00	10016,00	1823,00	7023,00	120,00	0,00	0,18	3780,00	36190,00	10760,00	1489,00	4,32	0,03	1,02
G1	8,60	41134,00	19,00	36400,00	10014,00	1819,00	7031,00	121,00	0,00	0,20	3760,00	36100,00	10700,00	14390,00	4,31	0,03	1,01

G2	8,60	41124,00	22,00	36360,00	10012,00	1814,00	7030,00	123,00	0,00	0,20	3766,00	36100,00	10680,00	14500,00	4,33	0,31	1,01
G3	8,80	41121,00	21,00	36250,00	10000,00	1810,00	7021,00	120,00	0,00	0,21	3769,00	36090,00	10630,00	14560,00	4,36	0,31	1,01
Gm	8,80	41000,00	20,00	35000,00	7200,00	1450,00	7200,00	50,00	0,00	4,20	3600,00	23550,00	14000,00	13000,00	5,50	3,90	1,09
T4	8,40	48800,00	22,00	45800,00	11000,00	2530,00	8570,00	140,00	0,00	0,20	4250,00	45000,00	17400,00	36380,00	4,37	0,00	0,60
T5	8,50	48800,00	21,00	45800,00	11100,00	2550,00	8580,00	143,00	0,00	0,23	4300,00	46300,00	17380,00	36400,00	4,35	0,00	0,61
T6	8,60	48900,00	22,00	45800,00	11180,00	2568,00	8579,00	141,00	0,00	0,23	4320,00	46380,00	17400,00	36460,00	0,40	0,00	0,62
T7	8,50	48940,00	23,00	46900,00	11198,00	2560,00	8590,00	142,00	0,00	0,24	4330,00	45890,00	17450,00	36400,00	0,41	0,00	0,63
T8	8,50	48900,00	22,00	46800,00	11199,00	2570,00	8560,00	142,00	0,00	0,22	4300,00	45580,00	17430,00	36350,00	0,38	0,00	0,63
T9	8,60	48700,00	21,00	45700,00	11170,00	2557,00	8530,00	141,00	0,00	0,21	4310,00	45270,00	17400,00	36330,00	0,39	0,00	0,62
T10	8,40	48600,00	21,00	45760,00	11164,00	2550,00	8539,00	140,00	0,00	0,20	4280,00	45240,00	17390,00	36300,00	0,39	0,00	0,61
T11	8,60	48300,00	20,00	45700,00	11143,00	2538,00	8528,00	139,00	0,00	0,18	4290,00	45100,00	17280,00	36200,00	0,37	0,00	0,61
T12	8,60	48250,00	20,00	45680,00	11111,00	2531,00	8526,00	137,00	0,00	0,19	4270,00	45070,00	17285,00	36180,00	0,32	0,00	0,54
T1	8,70	48200,00	20,00	45600,00	11100,00	2521,00	8521,00	138,00	0,00	0,20	4300,00	45080,00	17300,00	36200,00	0,32	0,00	0,58
T2	8,60	48190,00	21,00	45200,00	11032,00	2525,00	8550,00	139,00	0,00	0,20	4250,00	45000,00	17350,00	36340,00	0,31	0,00	0,59
T3	8,60	48100,00	22,00	45500,00	11042,00	2526,00	8555,00	139,00	0,00	0,21	4259,00	45070,00	17390,00	36350,00	0,36	0,00	0,60
Tm	8,50	40100,00	22,00	33500,00	7700,00	1800,00	5700,00	50,00	0,00	1,17	2750,00	23120,00	13520,00	28000,00	35,20	0,00	1,31

Annexe 2

	pH	Con	T°	Sal	TH	Cal	Mag	Tac	Pho	Sul	Chl	Sod	SDT	No3	No2	Tur
pH	1,00	-0,09	-0,25	0,06	-0,23	-0,18	-0,45	-0,28	0,29	-0,36	-0,41	0,15	0,09	0,25	0,31	-0,08
Con	-0,09	1,00	-0,03	0,82	0,51	0,79	0,65	0,56	-0,25	0,58	0,59	0,80	0,36	-0,28	-0,24	-0,18
T°	-0,25	-0,03	1,00	-0,12	0,00	0,00	0,06	0,09	-0,11	0,02	0,06	-0,15	-0,17	-0,05	-0,17	0,27
Sal	0,06	0,82	-0,12	1,00	0,71	0,92	0,75	0,68	-0,32	0,72	0,69	0,92	0,63	-0,45	-0,28	-0,54
TH	-0,23	0,51	0,00	0,71	1,00	0,82	0,86	0,97	-0,73	0,92	0,93	0,44	0,42	-0,83	-0,65	-0,55
Cal	-0,18	0,79	0,00	0,92	0,82	1,00	0,85	0,76	-0,47	0,79	0,82	0,82	0,65	-0,51	-0,49	-0,54
Mag	-0,45	0,65	0,06	0,75	0,86	0,85	1,00	0,87	-0,47	0,97	0,95	0,54	0,34	-0,77	-0,42	-0,40
Tac	-0,28	0,56	0,09	0,68	0,97	0,76	0,87	1,00	-0,76	0,94	0,95	0,38	0,26	-0,85	-0,63	-0,42
Pho	0,29	-0,25	-0,11	-0,32	-0,73	-0,47	-0,47	-0,76	1,00	-0,54	-0,69	-0,04	-0,06	0,49	0,86	0,16
Sul	-0,36	0,58	0,02	0,72	0,92	0,79	0,97	0,94	-0,54	1,00	0,95	0,45	0,29	-0,86	-0,42	-0,45
Chl	-0,41	0,59	0,06	0,69	0,93	0,82	0,95	0,95	-0,69	0,95	1,00	0,41	0,25	-0,81	-0,62	-0,34
Sod	0,15	0,80	-0,15	0,92	0,44	0,82	0,54	0,38	-0,04	0,45	0,41	1,00	0,73	-0,15	-0,10	-0,51
SDT	0,09	0,36	-0,17	0,63	0,42	0,65	0,34	0,26	-0,06	0,29	0,25	0,73	1,00	-0,08	-0,17	-0,85
No3	0,25	-0,28	-0,05	-0,45	-0,83	-0,51	-0,77	-0,85	0,49	-0,86	-0,81	-0,15	-0,08	1,00	0,48	0,33
No2	0,31	-0,24	-0,17	-0,28	-0,65	-0,49	-0,42	-0,63	0,86	-0,42	-0,62	-0,10	-0,17	0,48	1,00	0,10
Tur	-0,08	-0,18	0,27	-0,54	-0,55	-0,54	-0,40	-0,42	0,16	-0,45	-0,34	-0,51	-0,85	0,33	0,10	1,00

Résultats des analyses physico-chimique de la station de Bousfer (Oran).

Type d'analyse	Paramètres	Station (1)													Les normes d'eau de mer (OMS)
		R Avr	R Mai	R Juin	R Juil	R Aout	R Sept	R Oct	R Nov	R Déc	R Jan	R Fév	R Mar	M	
physico-chimique	ECH														
	Ph	8,22	8,2 2	8.,	8,23	8,24	8,23	8 ,18	8,21	8,22	8,23	8,21	8,23	8,8	7,5-8,4
	Conductivité US/Cm	47000	47600	47800	48500	48400	48000	48000	48000	47800	47700	47780	47700	40000	28000
	T °c	23	23	25	27	27	24	23	22	21	20	21	22	20	30
	Salinité mg/l	36750	36700	36900	37800	38000	37850	37800	37400	37450	37300	37260	37600	35000	35500
Minéralisation globale	TH (dureté totale) mg/l	10 000	10 100	10 100	10 50	10 200	10 200	10 060	10 080	10 070	10 060	10 050	10 000	7200	
	Calcium mg/l	2060	2090	2080	2180	2200	2130	2130	2140	2050	2055	2040	2060	1500	453
	Magnésium mg/l	8200	8280	8320	8340	8290	8140	8140	8170	8160	8190	8200	8200	5780	1329
	Tac bicarbonate mg/l	128	123	132	140	131	126	128	129	127	127	125	124	57	
	Ta carbonate mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Phosphate mg/l	0,2	0,21	0,21	0,22	0,22	0,22	0,23	0,21	0,22	0,2	0,2	0,19	1,4	
	Sulfate mg/l	4000	4100	4100	4150	4140	4100	4150	4090	4080	4100	4100	4060	3070	
	Chlorure mg/l	42900	42300	42600	43400	43400	43000	42800	42800	42600	42400	42000	42500	21650	21500
	Sodium mg/l	11690	11700	12000	12100	12000	11720	11600	11650	11400	11500	11350	11500	12500	
	SDT (sels dissous totaux mg/l)	13625	13525	14625	14723	14130	13824	13800	13750	13500	13500	13400	1343	13600	
Pollution	No ₃ nitrate (mg/l)	4,5	4	4,6	4,7	4,7	4,5	4,3	4,3	4,4	4,3	4,5	4,5	43	
	No ₂ nitrite (mg/l)	0,04	0,039	0,045	0,047	0,046	0,04	0,037	0,039	0,038	0,038	0,039	0,04	2,68	
	Turbidité (UNT)	1.11	1.14	1.18	1.18	1.19	1.14	1,12	1,12	1,13	1,14	1,16	1,16	1,09	

M : eau de mer

R : rejets

Ech : échantillon

Résultats des analyses physico-chimiques des stations de Bouzedjar (Ain temouchent).

Type d'analyse	Paramètres	Station (2)													Les normes d'eau de mer (OMS)
		R Avr	R Mai	R Juin	R Juil	R Aout	R Sept	R Oct	R Nov	R Déc	R Jan	R Fév	R Mar	M	
physico-chimique	ECH														
	pH	8,4	8,4	8,5	8,5	8,5	8,4	8,4	8,5	8,5	8,4	8,4	8,4	8,8	
	Conductivité US/Cm	41900	42000	42600	42800	42700	42500	42000	42200	42050	42000	41900	41900	42000	
	T °C	20	19	23	23	23	21	22	21	21	20	19	20	20	
	Salinité mg/l	36550	36750	37150	37800	37300	36550	36600	36700	36700	36700	36600	36600	35000	
Minéralisation globale	TH (dureté totale) mg/l	10 000	11 000	10 500	10 600	10 500	10 300	10 300	10 500	10 450	10 400	10 500	10 200	7200	
	Calcium mg/l	2000	2100	2220	2170	2210	2090	2100	2100	2100	2090	2100	2050	1500	
	Magnésium mg/l	8000	8050	8010	8170	8280	7900	8000	7950	7970	7970	7900	8000	5780	
	Tac bicarbonate mg/l	124	123	129	130	129	123	123	122	125	127	127	126	57	
	Ta carbonate mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Phosphate mg/l	0,21	0,21	0,2	0,22	0,21	0,2	0,19	0,19	0,2	0,2	0,21	0,21	1,4	
	Sulfate mg/l	4030	4030	4020	4060	4050	4000	4000	4000	4060	4050	4060	4060	3070	
	Chlorure mg/l	43000	43500	44000	44800	44700	43200	43000	43000	43300	43500	43500	43780	21650	
	Sodium mg/l	10690	10700	10700	10740	10750	10740	10760	10740	10760	10750	10760	10700	12500	
	SDT (sels dissous totaux mg/l)	14600	14720	15000	15000	14800	14870	14800	14800	14870	14870	14800	14800	13600	
Pollution	No ₃ nitrate (mg/l)	4,4	4,43	4,46	4,48	4,49	4,47	4,45	4,44	4,44	4,42	4,41	4,4	43	
	No ₂ nitrite (mg/l)	0,039	0,030	0,036	0,036	0,036	0,037	0,038	0,037	0,037	0,034	0,036	0,036	2,68	
	Turbidité (UNT)	1,02	1,03	1,06	1,05	1,06	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	1,09	

M : eau de mer

R : rejets

Ech : échantillon

Résultats des analyses physico-chimiques des stations de Chatt El Hillal (Ain Temouchent).

Type d'analyse	Paramètres	Station (3)													Les normes d'eau de mer (OMS)
		R Avr	R Mai	R Juin	R Juil	R Aout	R Sept	R Oct	R Nov	R Déc	R Jan	R Fév	R Mar	M	
physico-chimique	ECH														
	pH	8,5	8,6	8,5	8,6	8,5	8,4	8,4	8,5	8,5	8,7	8,5	8,5	8,7	7,5-8,4
	Conductivité US/Cm	59000	59100	59100	59400	59450	59100	59080	59090	59100	59150	59000	58900	42000	28000
	T °C	22	21	21	22	22	22	21	20	20	19	19	20	22	30
	Salinité mg/l	45000	45100	45300	45300	45400	45300	45300	45280	45258	45000	45000	45100	32500	35500
Minéralisation globale	TH (dureté totale) mg/l	11000	11000	11200	11300	11360	11100	11000	11200	11100	11000	11000	11000	7500	
	Calcium mg/l	2500	2600	2650	2660	25600	2560	2560	2580	2570	2570	2500	2500	1800	453
	Magnésium mg/l	8480	8510	8510	8600	8580	8540	8500	8450	8450	8500	8450	8500	5700	1329
	Tac bicarbonate mg/l	140	143	143	148	148	144	140	143	142	140	140	141	50	
	Ta carbonate mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Phosphate mg/l	0,20	0,22	0,22	0,24	0,24	0,24	0,23	0,22	0,21	0,2	0,2	0,21	1,17	
	Sulfate mg/l	4250	4254	4257	4280	4300	4290	4240	4200	4250	4250	4230	4200	2750	
	Chlorure mg/l	45000	45200	45300	45400	45800	45400	45200	45100	45100	45000	45100	45000	23120	21500
	Sodium mg/l	17300	17400	17650	17700	17400	17300	17300	17100	17300	17380	17390	17400	13520	
	SDT (sels dissous totaux mg/l)	36300	36375	36400	36400	36400	36395	36700	36700	36500	36500	36400	36400	28000	
Pollution	No ₃ nitrate (mg/l)	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,4	4,3	4,4	4,3	4,3	4,2	4,1	35,2	
	No ₂ nitrite (mg/l)	0,0033	0,0034	0,0036	0,0036	0,0034	0,0033	0,0033	0,0032	0,0032	0,003	0,0031	0,0032	0,0033	
		59000	59100	59100	59400	59450	59100	59080	59090	59100	59150	59000	58900	42000	
	Turbidité (UNT)	0,6	0,61	0,62	0,62	0,63	0,62	0,62	0,62	0,61	0,61	0,6	0,6	1,31	

M : eau de mer

R : rejets

Ech : échantillon

Résultats des analyses physico-chimiques de la station de Honaine (Tlemcen).

Type d'analyse	Paramètres	Station (4)													Les normes d'eau de mer (OMS)
		R Avr	R Mai	R Juin	R Juil	R Aout	R Sept	R Oct	R Nov	R Déc	R Jan	R Fév	R Mar	M	
physico-chimique	ECH														
	pH	8,6	8,6	8,5	8,7	8,7	8,7	8,6	8,5	8,5	8,5	8,6	8,5	8,7	7,5-8,4
	Conductivité US/Cm	59200	59300	59600	59700	59800	59600	59300	59300	59400	59380	59320	59280	40000	28000
	T °C	21	22	23	24	24	22	22	21	20	19	20	21	22	30
	Salinité mg/l	44800	44860	44890	45000	45000	45100	45000	44900	44900	44870	44860	44850	32500	35500
Minéralisation globale	TH (dureté totale) mg/l	10 500	10 560	10 580	10600	10640	10570	10 490	10 400	10 400	10450	10 450	10400	7500	
	Calcium mg/l	2460	2480	2500	2500	2490	2400	2348	2390	2380	2370	2370	2390	1800	453
	Magnésium mg/l	8200	8300	8400	8450	8460	8460	8470	8460	8360	8260	8280	8250	5700	1329
	Tac bicarbonate mg/l	135	136	140	140	139	136	137	137	136	137	136	135	50	
	Ta carbonate mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Phosphate mg/l	0,2	0,21	0,21	0,22	0,22	0,21	0,21	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1,17	
	Sulfate mg/l	4160	4160	4180	4189	4180	4170	4175	4150	4160	4140	4130	4150	2750	
	Chlorure mg/l	45000	45100	45400	45500	45500	45580	45460	45600	45300	45390	45380	45100	23120	21500
	Sodium mg/l	16690	16650	16700	16700	16700	16400	16470	16300	16400	16500	16500	16640	13520	
	SDT (sels dissous totaux mg/l)	13625	13600	13500	13700	13800	13860	13400	13200	13280	13300	13400	13540	28000	
Pollution	No ₃ nitrate (mg/l)	4,5	4,5	4,6	4,6	4,6	4,4	4,4	4,3	4,5	4,4	4,5	4,6	35,2	
	No ₂ nitrite (mg/l)	0,039												0,0033	
	Turbidité (UNT)	1,21	1,1	1,3	1,4	1,3	1,32	1,33	1,32	1,31	1,3	1,12	1,31	1,31	

M : eau de mer

R : rejets

Ech : échantillon

Résultats des analyses physico-chimiques de la station de Ghazaouet (Tlemcen).

Type d'analyse	Paramètres	Station (4)													Les normes d'eau de mer (OMS)
		R Avr	R Mai	R Juin	R Juil	R Aout	R Sept	R Oct	R Nov	R Déc	R Jan	R Fév	R Mar	M	
physico-chimique	ECH														
	pH	8,9	8,6	8,8	8,8	8,7	8,7	8,6	8,8	8,7	8,6	8,6	8,8	8,8	7,5-8,4
	Conductivité US/Cm	41 100	41 140	41 120	41 126	41 137	41 134	41 132	41 132	41 156	41 134	41 124	41 121	41 000	28000
	T °C	21	21	24	24	24	22	21	20	20	19	22	21	20	30
	Salinité mg/l	36 550	36 600	36 700	36 700	36 670	36 500	36 580	36 560	36 540	36 400	36 360	36 250	35 000	35500
Minéralisation globale	TH (dureté totale) mg/l	10 000	10 010	10 030	10 020	10 030	10 023	10 021	10 020	10 016	10 014	10 012	10 000	7200	
	Calcium mg/l	1800	1830	1860	1850	1870	1839	1834	1820	1823	1819	1814	1810	1450	453
	Magnésium mg/l	7000	7030	7030	7060	7070	7030	7040	7020	7023	7031	7030	7021	7200	1329
	Tac bicarbonate mg/l	120	122	124	127	125	122	122	121	120	121	123	120	50	
	Ta carbonate mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Phosphate mg/l	0,2	0,21	0,22	0,22	0,21	0,21	0,2	0,19	0,18	0,2	0,2	0,21	4,2	
	Sulfate mg/l	37000	37500	37600	37680	37800	37900	37980	37980	37800	37600	37660	37690	3600	
	Chlorure mg/l	36000	36200	39300	36380	36300	36700	36300	36200	36190	36100	36100	36090	23550	21500
	Sodium mg/l	10690	10700	10800	10890	10860	10869	10800	10780	10760	10700	10680	10630	14000	
	SDT (sels dissous totaux mg/l)	14400	14380	14500	14600	14600	14450	14400	14480	1489	14390	14500	14560	13000	
Pollution	No ₃ nitrate (mg/l)	4,36	4,32	4,35	4,4	4,43	4,43	4,36	4,34	4,32	4,31	4,33	4,36	5,5	
	No ₂ nitrite (mg/l)	0,033	0,033	0,032	0,032	0,033	0,031	0,031	0,033	0,032	0,032	0,31	0,31	3,9	
	Turbidité (UNT)	1,02	1,04	1,03	1,04	1,05	1,03	1,03	1,03	1,02	1,01	1,01	1,01	1,09	

M : eau de mer

R : rejets

Ech : échantillon

Résultats des analyses physico-chimiques de la station de Souk Thlata (Tlemcen).

Type d'analyse	Paramètres	Station (6)													Les normes d'eau de mer (OMS)
		R Avr	R Mai	R Juin	R Juil	R Aout	R Sept	R Oct	R Nov	R Déc	R Jan	R Fév	R Mar	M	
physico-chimique	ECH														
	pH	8,4	8,5	8,6	8,5	8,5	8,6	8,4	8,6	8,6	8,7	8,6	8,6	8,5	7,5-8,4
	Conductivité US/Cm	48 800	48 800	48 900	48 940	48 900	48700	48 600	48 300	48 250	48 200	48 190	48 100	40100	28000
	T °C	22	21	22	23	22	21	21	20	20	20	21	22	22	30
	Salinité mg/l	45 800	45800	45800	46900	46800	45700	45760	45700	45680	45600	45200	45500	33500	35500
Minéralisation globale	TH (dureté totale) mg/l	11 000	11 100	11 180	11 198	11 199	11 170	11 164	11 143	11 111	11 100	11 032	11 042	7700	
	Calcium mg/l	2530	2550	2568	2560	2570	2557	2550	2538	2531	2521	2525	2526	1800	453
	Magnésium mg/l	8570	8580	8579	8590	8560	8530	8539	8528	8526	8521	8550	8555	5700	1329
	Tac bicarbonate mg/l	140	143	141	142	142	141	140	139	137	138	139	139	50	
	Ta carbonate mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Phosphate mg/l	0,20	0,23	0,23	0,24	0,22	0,21	0,2	0,18	0,19	0,2	0,2	0,21	1,17	
	Sulfate mg/l	4250	4300	4320	4330	4300	4310	4280	4290	4270	4300	4250	4259	2750	
	Chlorure mg/l	45 000	46 300	46 380	45 890	45 580	45 270	45 240	45100	45 070	45 080	45 000	45 070	23 120	21500
	Sodium mg/l	17 400	17 380	17400	17450	17430	17400	17 390	17 280	17 285	17 300	17 350	17 390	13 520	
	SDT (sels dissous totaux mg/l)	36 380	36 400	36 460	36 400	36 350	36 330	36 300	36 200	36 180	36 200	36 340	36 350	28 000	
Pollution	No ₃ nitrate (mg/l)	4,37	4,35	0,4	0,41	0,38	0,39	0,39	0,37	0,32	0,32	0,31	0,36	35,2	
	No ₂ nitrite (mg/l)	0,0034	0,0036	0,0036	0,0037	0,0038	0,0036	0,0035	0,0025	0,0026	0,003	0,0031	0,0031	0,0033	
	Turbidité (UNT)	0,6	0,61	0,62	0,63	0,63	0,62	0,61	0,61	0,54	0,58	0,59	0,6	1,31	

M : eau de mer

R : rejets

Ech : échantillon

Travaux en rapport avec la thèse

Impacts du Dessalement D'eau de mer sur les Écosystèmes Littoraux: cas de Deux Unités de L'ouest Algérien (Bousfer et Bouzedjar)

Mehtougui Mohamed Samir

*Département des Sciences de L'environnement
Faculté des Sciences de la Nature et de la vie, Université Djillali Liabès
BP 89, Sidi Bel Abbès, 22000, Algérie
E-mail: mehsam22@yahoo.fr*

Kerfouf Ahmed

*Département des Sciences de L'environnement
Faculté des Sciences de la Nature et de la vie, Université Djillali Liabès
BP 89, Sidi Bel Abbès, 22000, Algérie
E-mail: kerfoufahmed@yahoo.fr*

Mehtougui Farouk

*Département des Sciences de L'environnement
Faculté des Sciences de la Nature et de la vie, Université Djillali Liabès
BP 89, Sidi Bel Abbès, 22000, Algérie
E-mail: mehtouguif@yahoo.fr*

Ardjoum Safia

*Département des Sciences de L'environnement
Faculté des Sciences de la Nature et de la vie, Université Djillali Liabès
BP 89, Sidi Bel Abbès, 22000, Algérie*

Benyahia Mohamed

*Département des Sciences de L'environnement
Faculté des Sciences de la Nature et de la vie, Université Djillali Liabès
BP 89, Sidi Bel Abbès, 22000, Algérie
E-mail: benya133@yahoo.fr*

Abstract

Confronted with recurring drynesses, Algeria implemented a great program of development of the desalination of sea water. In the majority of the cases, the method easiest to get rid of the significant brine flow is to discharge it in the sea thanks to a control which would be likely to modify coastal chemistry and to damage fauna and the flora. It is in this context that our study is registered, bearing on the impact of two principal desalination plants of the Algerian western littoral. The results showed that rejected water has a strong content salts (58.85 ‰) higher than that of sea water (36.55 ‰) leading to a disturbance of the local watery life.

Keywords: Desalination technical, opposite Osmosis, marine Environment, Bousfer, Bouzedjar, Algeria.

1. Introduction

Aujourd'hui, dans de nombreuses régions du monde, les ressources en eau douce pour la production d'eau potable sont inexistantes ou insuffisantes vis-à-vis de la croissance démographique ou de la production industrielle. Par conséquent, des solutions telles que la réutilisation d'eau et le dessalement d'eau salée, qui représente la très grande majorité de l'eau disponible sur terre, deviennent des solutions clés, répondant en outre aux exigences du développement durable. Le dessalement est en passe de devenir une méthode prépondérante pour la production d'eau potable dans les zones de pénurie en eau douce (PIP, 1998).

L'Algérie se trouve parmi les pays du monde qui sont sous le seuil de pénurie adopté par la banque mondiale, et de ce fait, elle a lancé ces dernières années, un programme ambitieux d'installations de stations de dessalement pour faire face à ses problèmes d'alimentation en eau potable qui s'accroissent par l'explosion démographique, le développement industriel et agricole ainsi que la sécheresse (Kerfouf *et al.*, 2010 a).

Aujourd'hui, plus de 15 000 usines de dessalement sont en opération dans le monde, dont 50 % sont des usines de dessalement utilisant le processus d'osmose inverse (Margat, 2003).

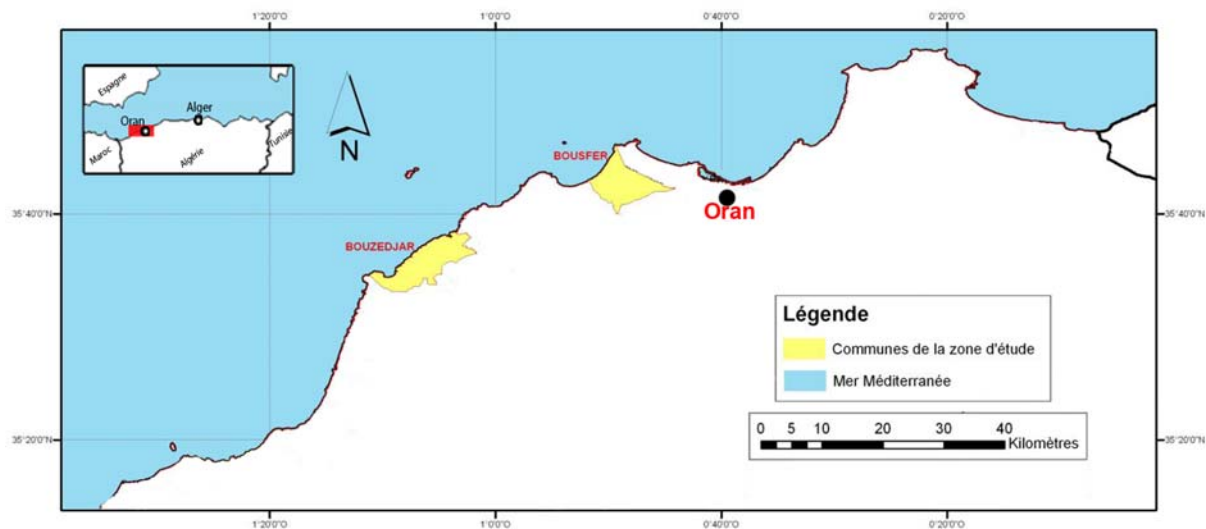
Dans ce cadre d'étude, nous nous sommes intéressés à deux unités de dessalement du littoral ouest algérien: Bousfer (Wilaya d'Oran) et Bouzedjar (Wilaya d'Ain Témouchent) pour bien comprendre les différentes étapes de dessalement en s'intéressant plus particulièrement au procédé membranaire d'osmose inverse et son impact sur l'environnement côtier.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Zone D'étude

La Station 1 située dans la commune de Bousfer (wilaya d'Oran), est projetée sur une surface de 6730 m². Elle a pour but la production d'eau destinée pour la consommation humaine, utilisant le procédé d'osmose inverse avec une capacité de production de 5000m³/jour. La Station 2 située dans la commune de Bouzedjar (wilaya d'Ain Témouchent), projetée sur une surface de 7500 m², a une capacité de production de 5000m³/jour (Fig. 1).

Figure 1: Localisation géographique des sites étudiés



2.2. Prélèvement des Échantillons

Afin d'évaluer l'importance et l'efficacité de cette technologie, nous avons réalisé des analyses physico-chimiques de l'eau avant le dessalement, ainsi que des eaux de rejets, à travers le prélèvement de six échantillons pour chaque étape. Il y a lieu d'effectuer des prélèvements à chacun des points définis au moins à 2 mètres du rivage (sables, galets), à une profondeur située entre 20 et 50 cm en dessous de la surface de l'eau (OIE, 2006). Le point de prélèvement de l'eau de rejet se situe au niveau de la conduite de rejet, en procédant au même protocole de l'échantillonnage de l'eau de mer brute.

2.3. Analyse des Échantillons

Les paramètres à analyser sont choisis en fonction de l'objectif recherché. La température est mesurée *in situ*. La mesure du pH est réalisée à l'aide d'un pH-mètre, ce qui permet notamment de vérifier l'efficacité des prétraitements d'une installation de dessalement, pour éviter les précipitations de sels sur les membranes. Les appareils de mesure de la conductivité ou du pH possèdent généralement un thermomètre intégré.

La mesure de la turbidité permet de mesurer l'efficacité des traitements, notamment des prétraitements dans le cas d'une installation d'osmose inverse. Elle est déterminée sur le terrain à l'aide d'un turbidimètre. Cet appareil mesure la lumière dispersée par les particules en suspension avec un angle de 90° par rapport au faisceau de lumière incident. La conductivité électrique exprimé en micro siemens/cm est mesurée à l'aide d'un conductimètre. Elle est proportionnelle à la salinité. La conductivité dépend directement de la minéralisation de l'eau. La salinité ou TDS est la masse en grammes des substances solides dans un kilogramme d'eau et elle est mesurée à l'aide d'un salinomètre de terrain. Les échantillons d'eau analysés au laboratoire nous ont permis d'évaluer les concentrations moyennes de divers éléments: Magnésium, Phosphates, Chlorures, Nitrates et Nitrites... (Rodier, 2010).

3. Résultats et Discussion

Le travail *in situ*, que nous avons effectué, nous a permis d'observer et de suivre le fonctionnement du traitement de l'eau de mer, à travers la détermination des paramètres physico-chimiques de l'eau brute prélevée de la mer (**M**), jusqu'à l'eau rejetée résultant de ce processus de désalinisation (**R**).

Concernant l'eau rejetée, on remarque qu'il y a une augmentation importante de la salinité, de la conductivité, des chlorures ainsi que de la matière organique (tableau 1). On constate une élévation des éléments suivants: chlorures, sodium, et sels de potassium. Le taux de tous les paramètres analysés des eaux rejetées est plus élevé que les taux des autres échantillons analysés (eau de mer). Parmi ses valeurs, on a le taux de salinité qui est plus élevé dû probablement à la rétention des différents sels par les membranes d'osmose inverse, ce qui peut influencer directement sur la conductivité et la minéralisation de ces effluents.

Tableau 1: Résultats des analyses physico-chimiques des stations étudiées (**M**: eau de mer; **R**: rejets)

Paramètres	Station 1		Station 2		Normes
	R	M	R	M	
pH	8,22	8,8	8,4	8,8	7,5-8,4
Conductivité US/cm	59000	42000	51000	48000	49000
T °C	23	20	20	20	30
Salinité mg/l	36750	34900	36550	35000	35500
TH (Dureté totale) mg/l	10 000	7200	10 000	7200	-
Calcium mg/l	2060	1500	2000	1500	453
Magnésium mg/l	8200	5780	8000	5700	1.30
Phosphate mg/l	0,2	1,4	0,2	1,2	-

Tableau 1: Résultats des analyses physico-chimiques des stations étudiées (M: eau de mer; R: rejets) - continue

Sulfates mg/l	4100	3070	4000	3000	-
Chlorures mg/l	42900	21650	42500	21550	21500
Sodium mg/l	11690	14500	10690	13500	-
SDT (sels dissous totaux) mg/l	13625	13600	14625	12600	-
No ₃ nitrates (mg/l)	4,5	43	4,4	44	-
No ₂ nitrites (mg/l)	0,039	2,68	0,033	2,64	-

A noter aussi, le taux élevé des chlorures, dû vraisemblablement à l'utilisation de l'acide chlorhydrique pendant le prétraitement, ainsi qu'à son abondance dans l'eau de mer.

L'augmentation de la turbidité est très significative à celle de l'eau de mer et l'eau traitée, qui peut être interprété par la présence des matières en suspension ainsi qu'au colmatage des membranes (A. Kerfouf *et al.*, 2010 b). Elle peut être une source d'influence sur la faune et la flore marine.

On note une dégradation progressive des deux sites côtiers étudiés :

- Détérioration de la valeur récréative des sites, à savoir les plages de Bousfer et de Bouzedjar.
- Obstruction de l'accès visuelle de la mer et la transformation d'un lieu de tourisme et de bien-être en zone industrielle due à nuisance sonore (Pompe Haute Pression).

L'impact de ces stations sur l'écosystème marin côtier est considérable par la destruction d'organismes marins lors de la prise d'eau. Mehtougui en 2011, a constaté une diminution de la biodiversité dans les sites de pompage par rapport à d'autres sites témoins de la même côte.

4. Conclusion

Habituellement, le rejet des saumures résultant du dessalement de l'eau marine s'effectue dans la mer, soit directement près de la côte (Bousfer), soit au moyen d'un émissaire sous-marin (Bouzedjar). L'impact des saumures ainsi déversées dans la mer (système récepteur) n'est guère connu avec précision, encore qu'à l'heure actuelle de nombreuses études sont en cours (Maurel, 2001).

Dans une moindre mesure, le procédé de dessalement produit d'autres rejets que les saumures (moins de 1% du total). Il s'agit des eaux de lavage des filtres de sable (sable et matière organique, déversées une fois par jour), des produits de nettoyage des membranes (détergents biodégradables, une fois par an), des additifs provenant du pré / post traitement de l'eau brute / produit (floculants, anti-incrustants, anticorrosifs).

Alors, il est urgent d'intégrer et préserver la ressource en eau dessalée, à travers une gestion efficace de tout le cycle de l'utilisation de l'eau, à partir de la gestion optimale, la ressource brute qui est la mer ainsi que la gestion efficace des installations de dessalement jusqu'à un traitement efficace des effluents salés avant de les rejeter dans la nature.

L'organisation d'une gestion intégrée des services du dessalement, implique de repenser les stratégies de gestion dans la plupart des stations. La réorganisation doit assurer, à la fois, l'efficacité technique, économique et l'éducation, ainsi que l'utilisation de pratiques appropriées du personnel et des ressources humaines nécessaires (Lahoul, 2001), pour atteindre l'objectif de satisfaire les besoins des usages et d'améliorer les conditions de leurs vies, ainsi que le respect de l'environnement et de l'écosystème aquatique.

Références Bibliographiques

- [1] Kerfouf A., Benyahia M., Boutiba Z., 2010. La qualité bactériologique des eaux de baignade du golfe d'Oran (Algérie littorale occidentale). *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn.* Vol 4, N°1: 22-31

- [2] Kerfouf A., Alaoui F/Z., Djoudi O/K., Mebarki Z., Benyahia M., 2010: Le dessalement de l'eau de mer dans la perspective d'une gestion intégrée et d'un développement durable: Cas de la station de dessalement d'Oran: Algérie nord occidentale». *Actes du 6^{ème} Colloque International sur le thème: "Stratégies de développement: Quel chemin parcouru ? Quelles réponses face aux nouvelles contraintes Économiques et climatiques ? "*, Hammamet, Tunisie, les 21,22 et 23 juin: <http://www.ps2d.net/media/Ahmed%20Kerfouf.pdf>.
- [3] Lahoul M., 2001: Entre public et privé, quelle gestion de l'eau pour le Maghreb ? *Nouveaux défis. Publisud*, France, pp.237-240.
- [4] Margat J., 2003. Ressources en eau et utilisations dans le monde, idées reçues et réalités. *Doc. Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM)*, Orléans, France, 185 p.
- [5] Maurel A., 2001: Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce. *Edition Lavoisier, Tec&Doc*, 10-2001, 226 p.
- [6] Mehtougui S., 2011: Impact sur l'environnement et effets externes associés aux techniques de dessalement de l'eau. Cas du littoral ouest algérien. *Mémoire de Magister, Université Djillali Liabès*, 118p.
- [7] OIE (Office Internationale de l'Eau), 2006: Formation à l'exploitation et à la maintenance des unités de dessalement d'eau de mer. *Titre 3 – Généralités sur le dessalement – Novembre 2006, page 9 / 9*.
- [8] PIP (Population Information Program), 1998. Les ressources en eau. *École de Johns Hopkins de la Santé Publique, USA, Maryland, Vol. 26, Septembre 1998*. [En ligne]: <http://www.infororhealth.org/pr/prf/sm14 .chap1.html>.
- [9] Rodier J. ,2010. Analyse de l'eau naturelle, eau de mer et eau industrielle. *Edition Dunod*, 984 p.



Impact of Desalination of Sea Water on a Coastal Environment of Chatt El Hillal (Beni Saf – Western Northern Algeria)

Mohamed Samir MEHTOUGUI^a, Farouk MEHTOUGUI^b, Ahmed
KERFOUF^{c*}

^{a,b,c} *University of Djillali Liabès – Faculty of natural sciences and life - Department of environmental Sciences
– 22000 - Sidi Bel Abbès - Algeria*

Abstract

Around the Mediterranean coast, 79% of the production of fresh water is assured by reverse osmosis (*SWRO*). The great units are located in Spain, Israel and in Algeria, who chose the desalination of sea water as solution to solve the problems of drinking water shortage. Desalination thus will be essential like a resource alternative essential with the perennality of great coastal cities where the need is felt. For to illustrate its strategic importance from now on it desalination became a vital need for great Algerian urban cities of the Mediterranean coastal such as Oran, Algiers, and Arzew. A number which the authorities aim to increase to 43 by 2019 but much of questions is currently posed on the impact of these installations on the environment. The principal environmental impact associated the processes of desalination comes from the production of the brine (salt concentrations maximum 36375mg/l). The other environmental impacts are: problems of landscape degradation, harmful effects sound, the emission of gas, or discharges associated like water coming from cleaning with the filter.

Keywords: desalination; sea water; fresh water; reverse osmosis; environmental impacts; brine; Chatt El Hillal station; Algerian west.

* Corresponding author.

E-mail: kerfoufahmed@yahoo.fr.

1. Introduction

All over the world, access to potable water to the people is narrowing down day by day [1]. Development of new clean water sources is very important and urgent. Desalination of sea water is an important alternative, since the only unlimited source of water is the ocean. Today, more than 15 000 desalination plants are in operation in the world, of which 50 % are desalination plants by reverse osmosis (SWRO) [2]. Within this framework of study, we are interested with the unit of desalination of Chatt El Hilal, in Wilaya of Ain Témouchent, for understanding the various stages of desalination well while being interested more particularly in the membrane process of reverses osmosis and its environmental impact coastal of the Algerian West.

2. Study area

The station of Chatt El Hillal is located in the tourist zone of expansion which extends on a surface from 54,86km² and possesses a coast of 19 km length [3]. The station depends of the commune of Ouled El Kihel, of daïra of BeniSaf, in the wilaya of Ain Témouchent, to West of Algeria (Figure1). It extends on a surface from 65 700 m² (Figure. 2).

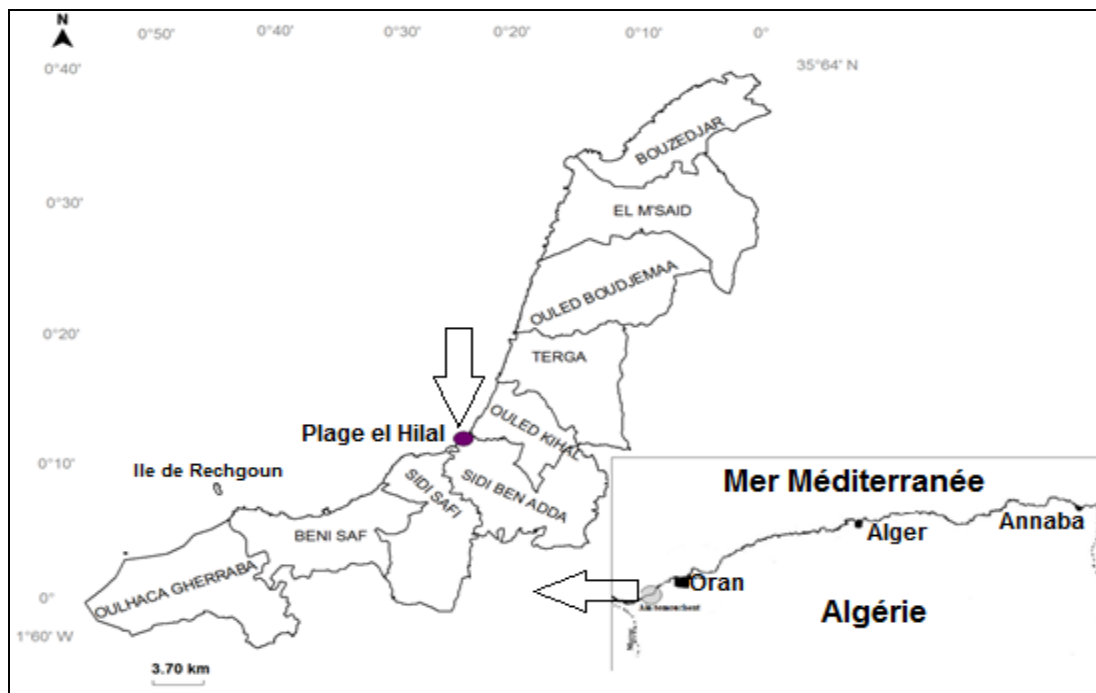


Figure 1: Study area: Chatt El Hillal on the West coast of Algeria.

3. Material and Methods

4. 3.1 Sampling and analyze

The station of pumping of sea water to feed the factory of dirtily Chatt El Hillal was used as point of sampling

for the physicochemical of water, and this, before and after the treatment of water, as well as rejections of this station. Three samples are taken during the year 2013. The same experimental protocol of the sampling of rough sea water according to Rodier (2010) is used for each stage [4]. The parameters to be analyzed are selected according to the required objective. The temperature, conductivity, salinity (TDS) and the pH are measured *in situ*. The water samples are analyzed at the laboratory to evaluate the average contents of magnesium (Mg^{++}), Phosphates, Bicarbonates $CaCO_3$, Chlorides, sulfates (SO_4^-), Nitrates (NO_3^-) and Nitrites (NO_2^-).



Figure 2: Chatt El Hillal station: a (general view), b (Photo Landsat 2015 Google)

5. Results and discussion

The physicochemical analysis of the parameters carried out *in situ* and them analyses of the physicochemical parameters at the laboratory made it possible to observe and follow the tendencies of the operation of the water treatment, and determination of the physicochemical parameters of taken raw water of the sea (M), and of rejected water (R) resulting from this process of desalinization, in three operations: S_1 , S_2 and S_3 during 2013 (Table 1).

Concerning rejected water (R), one notices that there is a significant increase in salinity, conductivity, Calcium as well as organic matter. One notes a rise in the following elements: chlorides, sodium, and potassium salts. The rate of all the parameters is higher compared to the rates of the other analyzed samples (sea water and treated water), what can explain the effectiveness of the process of desalination. Among his values, there are the rate of salinity which is higher probably had with the retention of various salts by the membranes of reverse osmosis, what can influence directly the conductivity and the mineralisation of these effluents. To also note, the high rate of chlorides due probably to the use of the hydrochloric acid during the pretreatment, like to its abundance in sea water.

The increase in turbidity is very significant with that of sea water and the treated water, which can be interpreted by the presence of the suspended matter (MES) like to the filling of the membranes. It can be a source of influence on fauna and the marine flora [5].

One also notes a degradation of the studied coastal sites: deterioration of the entertaining value of the site, visual

obstruction of the access of the sea and the transformation of a tourist resort and wellbeing into industrial park due to the sound harmful effect (Pump High Pressure). The impact on the marine ecosystem is considerable by the destruction of marine organizations at the time of the hydrant. The in situ report shows a reduction in the biodiversity in the sites of pumping compared to other pilot sites of the same coast [6].

Table 1: Average values of the physicochemical parameters measured in rejected water (R) and raw water of the sea (M) of Chatt El Hillal Station.

Parameters	S ₁		S ₂		S ₃		Standards sea water (WHO)
	R	M	R	M	R	M	
pH	8.22	8,8	8,4	8,8	8,5	8,7	7,5-8,4
Conductivity (US/Cm)	59000	42000	51000	48000	58500	40000	49000
T (°C)	23	20	20	20	22	22	30
Salinity (mg/l)	36750	34900	36550	35000	45000	32500	35500
Calcium (mg/l)	2060	1500	2000	1500	2500	1800	453
Magnesium (mg/l)	8200	5780	8000	5700	8500	5700	1.30
Bicarbonates (mg/l)	128	57	120	50	140	50	
Phosphates (mg/l)	0,2	1,4	0,2	1,2	0,20	1,17	
Sulfates (mg/l)	4100	3070	4000	3000	4250	2750	
Chlorures (mg/l)	42900	21650	42500	21550	45000	23120	21500
Sodium (mg/l)	11690	14500	10690	13500	17350	13520	
SDT (sels dissous totaux) (mg/l)	13625	13600	14625	12600	36375	28000	
Nitrates No₃ (mg/l)	4,5	43	4,4	44	4,4	35,2	
Nitrites No₂ (mg/l)	0,039	2,68	0,033	2,64	0,0033	0,0033	
Turbidity (UNT)	1.1	1,09	1.02	1,09	0.6	1,31	

Following a diagnosis of the situation, one notes for sea water:

Chlorides can come from various sources, such deterioration of the rocks, and pollution with the discharges of worn water. Sodium, which east dissolves at the time of the rains and that the rocks of the emerged grounds contain, is pulled by the rivers in the sea, Potassium salts are not very present and slightly less soluble that sodium salts. While the other parameters, the temperature, which is always, lower than 30°C, has a great importance because it strongly influences the performance of the membranes:

- With low temperature ($\leq 10^{\circ}\text{C}$), water becomes less viscous and to de-salt it one needs more energy,

- At high temperature ($> 30^{\circ}\text{C}$), produced water is not good quality [7], pH is also lower than 8,5 resulting from the ionic composition, primarily from the presence of carbonates resulting from the exchange of carbon dioxide between water and the atmosphere, as well as dissolution of limestone [8].

Following a diagnosis of the situation, one notes for treated water:

The temperature of produced water varies between 16°C and 18°C and does not exceed 25°C in all the cases observed, therefore in conformity with the standard and has a great importance, because beyond the 25°C water is likely to support the development of microorganisms. The pH varies between 7.50 and 8.50, and remains in conformity with the standards of WHO. The conductivity of water probably exceeds the standards because of the filling of the membranes; and decreases after the chemical washing of these membranes. It generally translates a raised salinity, as it can lead to a scaling of the conduits.

Following a diagnosis of the situation, one notes for rejected water:

The rate of all the parameters is higher compared to the rates of the other analyzed samples (sea water and treated water), what can explain the effectiveness of the process of desalination. Among its values, the rate of salinity is higher, which is due probably to the retention of various salts by the membranes of reverse osmosis, which can influence directly the conductivity and the mineralisation of these effluents. To also note, the high rate of chlorides due to the use of the hydrochloric acid during the pretreatment, like to its abundance in sea water. The increase in turbidity is very significant with that of sea water and the treated water, which can be interpreted by the presence of the suspended matter like to the filling of the membranes. It can be a source of influence on fauna and the marine flora [9].

5. Conclusion

Usually, the rejections of the brines resulting from the desalination of marine water are carried out in the sea, either directly close to the coast, or by means of an underwater emissary. The impact of the brines thus poured in the sea (receiving system) is hardly known with precision, although at the present time of many studies are under development [10].

The process of produced desalination of other rejections that brines (less than 1% of the total). It is about water of washing of the sand filters (sand and organic matter, poured once per day), of the products of cleaning of the membranes (biodegradable detergents, once per year), additives coming from pre/post rough water treatment/produced (flocculating agents, scale-preventing, anti-corrosive).

Then, it is urgent to integrate and preserve the water resource de-salted, through an effective management of all the cycle of the use of water, starting from optimal management, the rough resource which is the sea as well as the effective management of the desalination plants until an effective treatment of the effluents salted before rejecting them into nature.

The organization of an integrated management of the services of desalination implies to reconsider the strategies

of management in the majority of the stations. The reorganization must ensure, at the same time, the technical, economic effectiveness and education, as well as the use of suitable practices of the personnel and human resources necessary, to achieve the goal to satisfy the needs for the uses and to improve the conditions of their lives, as well as the respect of the environment and the watery ecosystem [11].

At present, the desalination of sea water through our country is done in the majority of the cases by reverse osmosis. In front of this fact, the fixing of the tolerance levels is significant; the brines must pass an exhaustive control of toxicity which takes account of characteristics of the receiving system and to pay a detailed attention to the dilution of the concentrate [12]. Other studies in two small stations on Algerian West coast (Bousfer and Bouzedjar), highlighted same impact but with a less degree [13]. Other work in other areas of the world confirms our diagnosis. Moreover, the increase in the salinity of the Red Sea water will also intensify in the time to come expectedly will cause the further deterioration of the seawater quality, in turn which will affect directly or indirectly the operational activities of the desalination plants [14]. Overall, future studies should attempt to quantify in greater detail the external effects of both desalination and agricultural landscape, as these two features will determine the optimal timing of implementation of various water management options, including construction of new desalination plants. Furthermore, estimation of costs of other alternative water management options, including reclamation of contaminated groundwater, rainwater, and others, would provide an even fuller picture of cost-effective options available to decision-makers [15].

References

- [1]. KABEEL A. E. , MOFREH H., HAMED Z. M., OMARA S., SHARSHIR W. (2013) - Water Desalination Using a Humidification-Dehumidification Technique. *A Detailed Review Natural Resources*, 4, 286-305. <http://dx.doi.org/10.4236/nr.2013.43036> (<http://www.scirp.org/journal/nr>).
- [2]. CHOUIKHI A. (2010) - Sea water desalination plants by SWRO: recommendations to improve its effectiveness and to reduce the negative impact of the brines on the marine ecosystem. *INOC-Tischreen University, International conference on Biodiversity of the Aquatic Environment*, pp: 665-666.
- [3]. MEHTOUGUI M.S. (2011) - Impact sur l'environnement et effets externes associés aux techniques de dessalement de l'eau : Cas du littoral ouest algérien. *Mémoire de Magister, Université Djillali Liabès, Sidi Bel Abbès*: 118p.
- [4]. RODIER J. (2010) – Analyse de l'eau naturelle, eau de mer et eau industrielle. *Édit. DUNOD, Paris*, 984 p.
- [5]. KERFOUF A., ALAOUI F/Z., DJOUDI O/K., MEBARKI Z., BENYAHIA M. (2010)- Le dessalement de l'eau de mer dans la perspective d'une gestion intégrée et d'un développement durable: Cas de la station de dessalement d'Oran: Algérie nord occidentale». *Actes du 6ème Colloque International sur le thème: "Stratégies de développement: Quel chemin parcouru ? Quelles réponses face aux nouvelles contraintes Économiques et climatiques ? "*, Hammamet, Tunisie, les 21,22 et 23 Juin: <http://www.ps2d.net/media/Ahmed%20Kerfouf.pdf>.
- [7]. OIE (Office Internationale de l'Eau), 2006 : Formation à l'exploitation et à la maintenance des unités de

dessalement d'eau de mer. *Titre 3. Généralités sur le dessalement, Novembre 2006*, pp: 9/ 9.

[8]. Maurel A., 2001 : Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce. *Edition Lavoisier, Tec&Doc*, 10-2001, 226 p.

[9]. CGPM-FAO, 1972. Etat de la pollution marine en Méditerranée et réglementations. *Etudes et Revues*, n° 51.

[10]. MAUREL A., 2001 : Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce. *Edition Lavoisier, Tec&Doc*, 10-2001, 226 p.

[11]. LAHOUL M., 2001 : Entre public et privé, quelle gestion de l'eau pour le Maghreb ? Nouveaux défis. *Publisud*, France, pp: 237-240.

[12]. TAHRAOUI D., KETTAB A, ABEDELALI M., BOUGHRARA F. (2010) - Qualité des eaux de mer après dessalement au niveau de la station de dessalement de la ville de Ténès, Chlef. Impact de dessalement sur l'environnement (milieu aquatique). *Conférence WATMED 5, Lille - France, 26-28 Mai 2010*.

[13]. MEHTOUGUI M.S, KERFOUF A, MEHTOUGUI F, ARDJOU M, BENYAHIA M. (2013) -Impacts du Dessalement D'eau de mer sur les Écosystèmes Littoraux: Cas de Deux Unités de L'ouest Algérien (Bousfer et Bouzedjar). *European Journal of Scientific Research* , (ISSN: 1450-216X), Volume 96, No 2, 245-249.

[14]. SIRAJ ABURIZAIZA1. O, ALAM ZAIGHAM1. N, ZEESHAN. N, A. MAHAR1. G, SIDDIQ. A, NOOR S. (2013) - Environmental Assessment of Natural & Anthropogenic Hazards and Impact on Seawater Desalination along Red Sea Coast of Saudi Arabia along Red Sea Coast of Saudi Arabia. *Journal of Water Resource and Protection*, 5, 414-426. <http://dx.doi.org/10.4236/jwarp.2013.54041> published Online April 2013 (<http://www.scirp.org/journal/jwarp>)

[15]. BECKER. N, LAVEE. D, KATZ. D, (2010) – Desalination and Alternative Water-Shortage Mitigation Options in Israel: A Comparative Cost Analysis. *Journal of Water Resource and Protection*, 2, 1042-1056. <http://dx.doi:10.4236/jwarp.2010.212124> Published Online December 2010 (<http://www.scirp.org/journal/jwarp>).

1^{er} Colloque International

Du mardi 25
au mercredi 26 septembre 2012

Maison de l'université
Campus Mont- Saint-Aignan

Eau et climat

Nord

Regards croisés

Sud

Organisé par les laboratoires :
GéoSuds et M2C
Géographie des Suds –
Morphodynamique Continentale
et Côtière



Ref: 1112/8076

Date: 19-02-2013

Mehtougui Mohamed Samir

*Département des sciences de l'environnement, Faculté des sciences de la nature et de la vie,
Université Djillali Liabès, BP 89, Sidi Bel Abbès, 22000, Algérie.*

Kerfouf Ahmed

*Département des sciences de l'environnement, Faculté des sciences de la nature et de la vie,
Université Djillali Liabès, BP 89, Sidi Bel Abbès, 22000, Algérie.*

Mehtougui Farouk

*Département des sciences de l'environnement, Faculté des sciences de la nature et de la vie,
Université Djillali Liabès, BP 89, Sidi Bel Abbès, 22000, Algérie.*

Ardjoum Safia

*Département des sciences de l'environnement, Faculté des sciences de la nature et de la vie,
Université Djillali Liabès, BP 89, Sidi Bel Abbès, 22000, Algérie.*

Benyahia Mohamed

*Département des sciences de l'environnement, Faculté des sciences de la nature et de la vie,
Université Djillali Liabès, BP 89, Sidi Bel Abbès, 22000, Algérie.*

Dear Author,

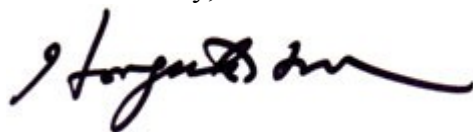
After having carefully evaluated your article titled **“Impacts du dessalement d'eau de mer sur les écosystèmes littoraux : cas de deux unités de l'ouest algérien (Bousfer et Bouzedjar)”** and taken the referees' advice into consideration, the editors came to the conclusion that your paper is suitable for publication in our Journal

As part of our evaluation process, we normally ask the opinion of two referees who are experts in the relevant field of research. The paper is also read by the editor. If both of the referees and an editor concur in their view, their decision is final. We consult a third referee if there is a difference of opinion. The choice of referees and the fact that we require a consensus view between the referees and an editor ensures, however, that the process is as fair as possible.

Your article has been accepted for publication based on the reports of two referees and will be published in **European Journal of Scientific Research**, Volume **96** Issue **2**.

Thank you very much for choosing us as an outlet for publishing your research.

Yours sincerely,



Adrian Marcus Steinberg, PhD
Managing Editor

