

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

جامعة 20 اوت 1955 - سكيكدة

UNIVERSITE 20 AOUT 1955- SKIKDA



Faculté des Sciences
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Ecologie et Environnement
Spécialité: Protection des Ecosystèmes

Intitulé :

**ETUDE D'IMPACT DES REJETS DE TRAITEMENT
DE LA STATION DE DESSALEMENT DE CP/2K – SKIKDA**

Présenté Par :
BOUKHALFA Nesirine, FELIGHA Roumaissa Wissem,
SASSENE Dalel et SAYAD Amira Rayane

Membre de Jury:

<i>Mr MEZEDJERI Lyamine</i>	<i>Pr</i>	<i>Président</i>	<i>Univ. du 20 Août 1955 - Skikda</i>
<i>Mr BOUHAYENE Salah</i>	<i>MCA</i>	<i>Promoteur</i>	<i>Univ. du 20 Août 1955 - Skikda</i>
<i>Mme GUEDDAH Doria</i>	<i>MCB</i>	<i>Examineur</i>	<i>Univ. du 20 Août 1955 - Skikda</i>

Année universitaire 2022/2023

Dédicace

A mon cher père Ali : Je remercie le Dieu parce que j'ai la chance d'avoir un papa exceptionnel, ce travail est le tien. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien-être.

Ce travail et le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation. Que Dieu te donne longue de vie, santé et bonheur éternel.

A ma chère mère Leila : Maman comment je pourrais t'exprimer toute ma reconnaissance, ma joie et ma fierté de t'avoir comme mère.

Ce mémoire je te la dédie, il est le fruit de ton soutien permanent, ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études.

Puisse Dieu le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

A mes sœurs: Sawsene et Fatou , a mes frères : Rahmoun , Rabah et sa femme Aya je leur souhaite le bonheur et la réussite dans leurs études et vies.

Merci à toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.

Un grand Merci a moi-même pour mes efforts, ma patience et pour ne pas avoir abandonné

Merci a tous

SASSENE D.

Dédicace

Je dédie le fruit de mes 17 ans d'études accompagné d'un profond amour :

*A toi mon grand-père, ceci est ma profonde gratitude pour ton éternel amour,
que ce travail soit le meilleur cadeau que je puisse t'offrir baba chérif qu'il
repose en paix*

*A ma petite ma maman, à mon chère nounou mon papa pour leur amour, soutien
et encouragements qu'Allah vous garde pour moi*

A mes petits frères

*Mon bras droit Anis, Yacine et le petit chouchou Taha que dieu vous donne
santé, bonheur et surtout réussite*

A tous les membres de ma famille et toute personne porte le nom Sayad

et Laouira

A tous les cousins, les voisins et les amis que j'ai connu jusqu'à maintenant

Merci pour votre amour et encouragements.

SAYADE A. R.

Dédicace

Je dédie ce Modest travail à mes chers parents qui ont été toujours à mes côtés et m'ont toujours soutenu tout au long de ces longues années d'études. En signe de reconnaissance, qu'ils trouvent ici, l'expression de ma profonde gratitude pour tout ce qu'ils ont consenti d'efforts et de moyens pour me voir réussir.

Spécialement à mon très cher père, Youcef, pour ces encouragements, son soutien, son amour et son sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études. Que Dieu lui donne longue vie, santé et bonheur.

A ma très chère mère, Mounira, quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point la remercier comme il se doit. Son affection me couvre, sa bienveillance me guide et sa présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

A ma chère sœur Sarah, qui n'a pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir. Que Dieu la protège et lui offre chance et bonheur.

A mon adorable petite sœur Ritadj, qui sait toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille.

A mes collègues Amira, Dalel, Roumaïssa, Pour leurs aides et supports.

BOUKHALFA N.

Dédicace

Avec l'aide de Dieu j'ai pu réaliser ce modeste travail de fin d'étude que

Je dédie à

- mon père Nacer que son âme repose en paix,*
- ma mère Nadia qui a oeuvré pour ma réussite, de par son amour et son soutien,*
 - mes sœurs Manel, Amira, et Aya,*
- mon homme Nawri, pour tous les sacrifices consentis ainsi sa présence dans la vie,*
 - mes collègues Sirine, Dalel, et Amira*
- et toute la famille paternelle Féliha pour leur amour, leur encouragement*

A toutes les personnes qui ont contribué es de près et de loin.

FELIGHA R. W.

RESUME

L'Algérie a vécu plus d'une décennie la sécheresse, les ressources conventionnelles en eau étaient insuffisantes pour subvenir aux besoins de la population, ce qui a incité les autorités algériennes à chercher d'autres ressources pour garantir l'alimentation en eau potable de cette population. La solution la plus adaptée et qui ne dépend pas des aléas climatiques, était le dessalement d'eau de mer. Le dessalement de l'eau de mer en Algérie revêt un caractère stratégique : il remplacera les ressources naturelles dans la majorité des villes du nord algérien. Quel que soit le procédé utilisé, toutes les stations de dessalement produisent d'importantes quantités de saumure. Les statistiques parlent de centaines de milliers de tonnes de saumure qui sont rejetées quotidiennement dans la mer depuis des stations de dessalement. Les techniques de dessalement et comme le thermo-compresseur distillé (TCD), peuvent présenter un risque environnemental : les rejets de saumure, d'eau chaude, de produits chimiques ne doivent pas contaminer l'écosystème. Le plus urgent est la gestion de ces impacts vu les montants d'investissements pour ces projets. Les stations de dessalement doivent désormais inclure les coûts des traitements de ces rejets en amont.

Mots-clés: Environnement, Dessalement, Traitement, TCD, CP/2K.

ملخص

شهدت الجزائر أكثر من عقد من الجفاف، ولم تكن موارد المياه التقليدية كافية لتلبية احتياجات السكان، مما دفع السلطات الجزائرية إلى البحث عن موارد أخرى لضمان توفير مياه الشرب لهذه السكان. الحل الأنسب ، الذي لا يعتمد على تقلبات الطقس ، كان تحلية مياه البحر، وتحلية مياه البحر في الجزائر ذات طبيعة إستراتيجية: ستحل محل الموارد الطبيعية في غالبية مدن شمال الجزائر. بغض النظر عن العملية المستخدمة ، تنتج جميع محطات تحلية المياه كميات كبيرة من المحلول الملحي. تشير الإحصاءات إلى أن مئات الآلاف من الأطنان من المحلول الملحي يتم تصريفها يوميًا في البحر من محطات تحلية المياه. يمكن أن تشكل تقنيات تحلية المياه مثل الضاغط الحراري المقطر (TCD) خطرًا بيئيًا: يجب ألا تلوث تصريف المحلول الملحي والماء الساخن والمواد الكيميائية النظام البيئي. الأمر الأكثر إلحاحًا هو إدارة هذه الآثار بالنظر إلى حجم الاستثمار لهذه المشاريع. يجب أن تتضمن محطات تحلية المياه الآن تكاليف معالجة هذه التصريفات في المنبع.

الكلمات المفتاحية: البيئة ، تحلية المياه ، المعالجة ، TCD ، CP/2K.

Abstract

Algeria has lived through more than a decade of drought; conventional water resources were insufficient to meet the needs of the population, which prompted the Algerian authorities to seek other resources to guarantee the supply of drinking water to this population. The most suitable solution, which does not depend on climatic hazards, was the desalination of sea water. The desalination of sea water in Algeria is strategic: it will replace natural resources in the majority of cities in the north Algerian. Regardless of the process used, all desalination plants produce large amounts of brine. Statistics speak of hundreds of thousands of tons of brine that are released into the sea daily from desalination plants. Desalination techniques and such as the distilled thermo-compressor (TCD), can present an environmental risk: the discharges of brine, hot water, chemicals must not contaminate the ecosystem. The most urgent is the management of these impacts given the amounts of investment for these projects. Desalination plants must now include the costs of treating these discharges upstream

Key words: Environment, Desalination, Treatment, TCD, CP/2K.

Remerciement

Ces quelques lignes nous permettrons de remercier les responsables et les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail tant au niveau scientifique qu'au niveau personnel, sans leurs aides, ce travail n'aurait pas pu aboutir à sa fin.

Nous tenons tout d'abord à remercier notre Encadreur, Docteur ***BOUHAYENE Salah***, qui a dirigé ce travail, ça ne sera jamais suffisant pour lui exprimer notre grande reconnaissance pour la confiance qu'il nous a accordé pour faire avancer ce travail, pour sa patience, sa gentillesse et son esprit responsable, critique et rigoureux.

Nous tenons à remercier professeur ***MEZEDJERI Lyamine*** pour avoir accepté

De présider le Jury de notre mémoire.

Nous remercions vivement Docteur ***GUEDDAH Doria*** de bien vouloir accepter de juger notre travail.

Un grand merci au Mr ***HAMDOUCHE Soufiane*** qui nous à faciliter et aider pour notre stage au sein de la CP/2K, Skikda.

Nous remercions aussi Mr ***BARIOUT Hicham***, chef service de la station CP/2K, Skikda, ainsi que tous le personnel du laboratoire de la CP/2K. Skikda

Sommaire

Résumés

Remerciements

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

1. Généralité sur l'eau	3
1.1. Source d'eaux	3
1.1.1. Eaux douces de surface.....	3
a)Rivières et fleuve.....	3
B) Lacs.....	3
1.1.2. Eaux souterraines.....	4
1.1.3. Eaux de mer	4
1.2 importance de l'eau	5
1.2.1 L'eau dans l'organisme humain	5
1.2.2. Eau et alimentation	5
1.2.3. L'eau déminéralisée	6
2. Composition de l'eau de mer	6
2.1. Elément principaux.....	6
2.2 Elément minéraux	7
2.3 Matière organique.....	8
3. Qualité de l'eau.....	8
3.1. Paramètres chimiques de l'eau	8
3.1.1. Chrome.....	8
3.1.2. Plomb	8
3.1.3. Cuivre.....	9
3.1.4. Cadmium.....	9
3.1.5. Zinc	9
3.1.6. Fer.....	10
3.1.7. Bore.....	10

3.1.8. Argent.....	10
3.1.9. Nitrites.....	10
3.1.10. Nitrates	11
3.1.11. Bromate.....	11
3.2. Paramètres physico-chimiques de l'eau	11
3.2.1. Potentiel d'hydrogène (pH).....	11
3.2.2. Température.....	11
3.2.3. Alcalinité	12
3.2.4. Conductivité électrique.....	12
3.3. Paramètres organoleptiques de l'eau	12
3.3.1. La couleur.....	12
3.3.2. Le goût.....	12
3.3.3. L'odeur.....	12
3.3.4. La turbidité	13
4. Dessalement de l'eau de mer	13
4.1. Dessalement en Mer méditerranéenne	14
4.2. Importance du dessalement de l'eau de mer	14
4.3. Dessalement en Algérie	15
4.3.1. Stations de dessalements en Algérie	15
a) Stations monoblocs	16
b) Transfert des stations monoblocs	18
4.4. Etapes de dessalement de l'eau de mer	18
4.4.1. La captation de l'eau de mer	18
a) Les forages côtiers.....	18
b) La prise d'eau de surface	18
4.4.2. Le prétraitement	18
4.4.3. Les différents procédés de dessalement	19
4.4.4. Le post-traitement ou déminéralisation	19
4.5. Procédés de dessalement	19
4.5.1. Procédés membranaire.....	19
a) L'ultrafiltration (UF) et la microfiltration (MF)	19
b) Osmose inverse (OI).....	20
c) L'électrodialyse	20
4.5.2. Procédés de distillation.....	21
a) Distillation à multiples effet	22
b) Procédé par détentes successives ou procédé flash	22

c) <i>Distillation par TCD (Thermo-compression Distiller)</i>	23
4.5.3. <i>Autres procédés de dessalement</i>	25
a) <i>Congélation</i>	25
b) <i>Echange d'ion</i>	25
c) <i>Distillation solaire</i>	26
4.6. <i>Rejets et impacts de dessalements</i>	26
4.6.1. <i>Saumure</i>	26
4.6.2. <i>Effets dus aux produits de la corrosion</i>	27
a) <i>Effets dus aux additifs antitartres</i>	27
b) <i>Effets des additifs anti-mousses</i>	27
4.6.3. <i>Les traces de métaux</i>	27
a) <i>Le Cuivre</i>	27
b) <i>Le Fer</i>	28
4.6.4. <i>Impact de bruit</i>	28
4.6.5. <i>Effets dus au prélèvement d'eau de mer</i>	28
4.6.6. <i>Effets potentiels des rejets de saumures concentrées</i>	28
4.6.7. <i>Impacts des rejets de saumures sur l'écosystème marin</i>	29
4.7. <i>Anti-tartrage</i>	29
4.7.1. <i>Définition d'entartrage</i>	29
4.7.2. <i>Principaux dépôts de tartre rencontrés en dessalement</i>	30
4.7.3. <i>Les facteurs de précipitation de l'entartrage</i>	30
4.7.4. <i>Conséquences de l'entartrage</i>	31
4.7.5. <i>Différents moyens de lutte contre l'entartrage</i>	32
a) <i>Traitements physiques</i>	32
b) <i>Traitements chimiques</i>	33
4.8. <i>Anti-mousse</i>	33

CHAPITRE II : Matériels et méthode

1. <i>Présentation de POLYMED (CP2/k)</i>	35
1.1. <i>Situation géographique de POLYMED</i>	35
1.2. <i>Présentation Utilité</i>	35
1.2.1 <i>Unité d'eau</i>	36
a) <i>Prise de l'eau</i>	36
b) <i>Section de dessalement</i>	37
c) <i>Section déminéralisation</i>	37

d) <i>Traitement des effluents</i>	38
1.2.2. <i>Utilité d'énergie</i>	38
a) <i>Section Chaudière</i>	38
b) <i>Section air/azote</i>	38
c) <i>Section d'énergie électrique</i>	38
2. <i>Objectif de l'étude</i>	38
3. <i>Description du procédé de dessalement</i>	38
3.1. <i>Evaporateur et condenseur</i>	38
3.1.1. <i>Design général</i>	38
3.1.2. <i>Plateaux d'arrosage</i>	39
3.1.3. <i>Séparateurs</i>	40
3.1.4. <i>Faisceau tubulaire</i>	40
3.1.5. <i>Condenseur</i>	40
3.2. <i>Thermo-compresseur</i>	40
3.3 <i>Système de mise sous vide</i>	41
3.4. <i>Le principe de fonctionnement</i>	42
4. <i>Mode de prélèvement</i>	43
5. <i>Paramètres physicochimiques</i>	44
5.1 <i>Mesure de la Température</i>	44
5.2. <i>Mesure du pH</i>	45
5.3. <i>Mesure de la conductivité</i>	45
5.4. <i>La matière solide dissoute totale (TDS)</i>	46
5.5. <i>La turbidité</i>	46
5.6. <i>Mesure des matières en suspensions</i>	47
5.7. <i>Mesure des bicarbonates (HCO₃⁻) et Carbonates (CO₃⁻)</i>	47
5.8. <i>Mesure de la dureté totale de l'eau (THT)</i>	47
5.9. <i>Mesure de Calcium (Ca²⁺)</i>	48
5.10. <i>Mesure de Magnésium (Mg²⁺)</i>	48
5.11. <i>Nitrites</i>	48
5.12. <i>Chlorures</i>	48

CHAPITRE III : Résultats et discussions

1. <i>Résultats et interprétation des analyses physico-chimique de l'eau de mer, l'eau produit, et l'eau de Saumure</i>	49
1.1. <i>Résultats et interprétation des paramètres physico-chimiques de l'eau produit</i>	49

1.1.1. Température	50
1.1.2. Potentiel hydrogène	50
1.1.3. Conductivité électrique	50
1.1.4. Turbidité	50
1.1.5. Totale des solides dissous	51
1.1.6. Matières en suspensions	51
1.1.7. Nitrites	51
1.1.8. Chlorures	51
1.1.9. Les ions carbonates et les ions bicarbonates.....	51
1.2. Résultats et interprétation des paramètres physico-chimiques de l'eau mer et l'eau de saumure.....	51
1.2.1. Température	52
1.2.2. Potentielle hydrogène	52
1.2.3. Conductivité électrique	52
1.2.4. Turbidité.....	53
1.2.5. Totale des solides dissous.....	53
1.2.6. Matières en suspensions	53
1.2.7. Dureté totale.....	53
1.2.8. Nitrites.....	53
1.2.9. Chlorures.....	53
1.2.10. Les ions carbonates et les ions bicarbonates	53
1.2.11. Calcium	54
1.2.12. Magnésium	54
3. Discussion et interprétations	54
4. Effet de dessalement sur l'environnement	57
5. Impacts liés aux rejets	58
5.1. La pollution de la saumure.....	58
5.2. Dispersion de sel concentré	59
5.3. Impacts de salinité	59
5.3.1. Sur la qualité de l'eau du milieu récepteur	59
5.3.2. Sur les organismes marins	60
a) Plancton	60
b) Poisson	60
6. Effets de l'eau saumure après dessalement	60
7. Effet du dessalement sur l'environnement	61

Conclusion

Références bibliographique

Annexe

LISTE DES FIGURES

Figure 01: Carte des Hémisphères : A: Continental (Nord), B: Hémisphère maritime (Sud) (Le CALVÉ, 2002).....	5
Figure 02: Répartition géographique des grandes stations de dessalement sur le littoral algérien.....	16
Figure 03: Principe de l'osmose et de l'osmose inverse.....	20
Figure 04: Principe de dessalement par l'électrodialyse.....	21
Figure 05 : Principe de distillation à simple effet.....	22
Figure 06: Principe de fonctionnement d'un système par détentes successives (MSF).....	23
Figure 07: Principe de distillation à compression de vapeur.....	25
Figure 08 : Photographie d'entartrage sur les tubes intérieurs et extérieurs de l'évaporateur prise de l'unité de dessalement TCD6-8000.....	30
Figure 09: Photographie de mousse de mer.....	33
Figure 10: Situation du complexe POLYMED dans la zone industrielle de SKIKDA.....	35
Figure 11 : Entrée de l'eau de mer.....	36
Figure 12 : Grilles pour éliminer les macros particule.....	37
Figure 13 : Photographie d'ioniseur prise de la station de dessalement TCD 6-8000.....	37
Figure 14 : Photographie du plateau d'arrosage prise de la station de dessalement TCD6-8000.....	39
Figure 15 : Photographie du thermo-compresseur prise de la station de dessalement TCD 6-8000.....	41
Figure 16: Photographie des tubes U prise de la station de dessalement TCD 6-8000.....	42
Figure 17 : Point de Prélèvement d'eau mer.....	44
Figure 18 : Point de Prélèvement d'eau produite.....	44
Figure 19 : Point de prélèvement eau de Saumure.....	44
Figure 20 : Appareil de mesure la température.....	45
Figure 21 : Photographie du pH mètre.....	45
Figure 22 : Photographie d'un conductimètre.....	46
Figure 23 : Photographie d'un turbidimètre.....	47
Figure 24 : Rejet de l'usine de dessalement d'eau de mer de France.....	59
Figure 25 : Photo des herbiers de <i>Posidonia oceanica</i> de la Méditerranée.....	62
Figure 26 : photo des herbiers de la <i>Cymodocea nodosa</i> de la Méditerranée.....	62
Figure 27 : photo des herbiers de la <i>Caulerpa prolifera</i> de la Méditerranée.....	62
Figure 28 : photo des herbiers de la <i>Zostera noltii</i> de la Méditerranée.....	62
Figure 29 : Photo des Mussels de la méditerranée.....	62

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 01 : Concentrations des éléments principaux pour une eau de mer de salinité de 35% (HENRI et KAMEL, 2008).....</i>	07
<i>Tableau02:Concentration des différents éléments mineurs dont la concentration est supérieure à 1µg/l (HENRI et KAMEL, 2008).....</i>	07
<i>Tableau 03 : Grandes stations de dessalement en Algérie.....</i>	16
<i>Tableau 04 : Stations réalisées par LINDE-KCA.</i>	17
<i>Tableau 05: Stations réalisées par HYDRO-TRAITEMENT</i>	17
<i>Tableau 06 : Transfert des stations monoblocs.....</i>	18
<i>Tableau 07 : Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau produit.....</i>	50
<i>Tableau 08 : Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de mer et l'eau de saumure. : Moyenne de concentrations sur 7 jours, X Min.: Valeurs minimales, X Max.: Valeurs Maximales.</i>	52

Introduction

Introduction

Une quantité équivalente à 97,5% du stockage d'eau de la planète est salée et seule une fraction correspondant à 2,5 % se compose d'eau douce. Environ 70% de cette eau douce de la planète est fixée dans les calottes glaciaires des pôles et une partie importante des 30% restants est constituée par des nappes aquifères souterraines de régions reculées. En effet, seule une fraction minuscule de l'eau douce (moins de 1% de l'eau douce totale, soit 0,007 % du stock d'eau mondial) est disponible dans les cours d'eau, les lacs et les réservoirs sont facilement accessibles à l'homme pour son utilisation directe. En outre, la répartition spatiotemporelle du stock et du débit d'eau douce est très inégale (*Bennet et al.*, 1999)

Au cours de la période 1950 -1990, la consommation mondiale d'eau a triplé. Chaque jour, à chaque seconde, la population de la planète augmente de 2,3 habitants, ce qui signifie que les consommateurs d'eau augmentent de 150 par minute, de 9 000 par heure, de 216 000 par jour ou de 28,8 millions par an. Où pourra-t-on trouver les deux trillions de mètres cubes d'eau nécessaires pour répondre aux besoins des 2,6 milliards de consommateurs qui vont venir s'ajouter à une population mondiale dépassant les 5 milliards? (*Linsky*, 1999)

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, avec une pluviométrie annuelle faible (*Plan Bleu*, 1992). Le dessalement se représente une solution efficace face au sérieux problème de pénurie d'eau. Mais, cette solution, selon WWF (Fond Mondial pour la Nature), représente une menace potentielle pour l'environnement à cause de la composition des rejets qui modifié les paramètres de la mer, qui influe également négativement sur la faune et la flore. 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

Le dessalement de l'eau de mer est, dans les pays méditerranéens comme l'Algérie, une industrie en essor constant. Cette forme de ressource en eau pratiquement illimitée consomme de l'énergie et elle a des impacts sur l'environnement. Ces impacts proviennent principalement du concentré (saumure) produit au cours du dessalement, mais aussi des rejets de produits chimiques utilisés dans les procédés de dessalement. Bien que le nombre de publications scientifiques consacrées à la question soient restreint, le rejet de concentré dans la mer appelle une vigilance particulière et une évaluation scientifique des impacts possibles sur le milieu marin.

Ce mémoire s'articule sur l'impact des rejets chimiques saumure sur l'environnement, dont notre travail est structuré en trois chapitres:

Dans le premier chapitre, nous avons consacré une synthèse bibliographique sur des généralités sur l'eau et les procédés de dessalement ;

Le second chapitre, qui englobe les matériels et méthodes mises en œuvre tout au long de la réalisation de ce travail au niveau de la station de dessalement de CP2-K (POLYMED) Sonatrach, Skikda ;

Le troisième chapitre, pour présenter et interpréter et à discuter l'ensemble des résultats obtenus ;

Nous terminerons ce mémoire avec une conclusion et des perspectives.

Chapitre I
Synthèse bibliographique

CHAPITRE I : Synthèse bibliographique

1. Généralité sur l'eau

L'eau douce ne représente que 2,5 % du volume total d'eau sur la planète. Elle est Inégalement distribuée dans la mesure où certaines régions bénéficient d'excédents considérables, alors que de pénuries chaque année de plus en plus longue avec un taux de 1000 m³ par personne et par an. Ces régions vulnérables, souvent situées dans les pays en voie de développement, sont d'autant plus exposées que la croissance rapide de la population crée, sur les ressources en eau, une pression supplémentaire (UNEP, 2001).

1. 1. Source d'eaux :

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

1.1.1. Eaux douces de surface :

Leur volume total est très faible : il représente 0,18 millions de km³, soit 0,013 % de l'hydrosphère. Elles sont présentes dans les cours d'eau (ruisseaux, rivières, fleuves) et les lacs. Elles sont très vulnérables à la pollution car elles reçoivent directement les eaux de ruissellement, c'est-à-dire les eaux de pluie ruisselant sur le sol, qui s'infiltrent dans le sol ou dans le sous-sol, ou qui rejoignent un cours d'eau.

a) Rivières et fleuve

En très haute montagne, les cours d'eau naissent de la fonte des glaciers. La glace qui Fond donne naissance à des ruisseaux ou à des torrents qui glissent sous les glaciers et émergent à Leur pied : c'est le régime glaciaire. Les autres cours d'eau proviennent du ruissellement des pluies excédentaires et/ou de L'émergence, sous la forme de sources, de nappes d'eaux souterraines : ce type de régime est dit Pluvial. Tous les cours d'eau descendent le long des pentes, se rejoignent pour former des rivières De plus en plus imposantes qui finissent par se jeter dans un océan ou une mer intérieure. Tout au Long de leur périple, les cours d'eau sont aussi alimentés par les eaux de ruissellement et parfois Par des eaux souterraines.

b) Lacs :

Les lacs se forment lorsque les eaux qui coulent le long des pentes, cours d'eau ou eaux De ruissellement, rencontrent un obstacle qui les empêche de poursuivre leur course. Les eaux Envahissent alors la dépression ainsi créée, formant des étendues parfois immenses, à tel point Que certains grands lacs sont appelés des mers. Les lacs sont alimentés par un cours d'eau ou par des eaux de ruissellement et dans certains cas par des eaux souterraines.

1.1.2. Eaux souterraines :

Elles proviennent de l'infiltration des eaux de pluie dans le sol. Celles-ci s'insinuent par gravité dans les pores, les microfissures et les fissures des roches constituant le sous-sol, humidifiant des couches de plus en plus profondes, jusqu'à rencontrer une couche imperméable où, les eaux s'accumulent, remplissant le moindre vide, saturant d'humidité le sous-sol, formant ainsi un réservoir d'eau souterraine appelé nappe. La roche plus ou moins poreuse et donc plus ou moins perméable contenant cette eau est appelée aquifère.

Les eaux souterraines constituant la nappe cheminent en sous-sol sur la couche imperméable, en suivant les pentes, parfois sur des dizaines voire des centaines de kilomètres, avant de ressortir à l'air libre, alimentant une source ou un cours d'eau nommés exutoires. Les nappes souterraines fournissent presque le tiers du débit total des cours d'eau de la planète, soit Environ 12 000 kilomètres cubes d'eau par an.

Les aquifères représentent un réservoir d'eaux souterraines correspondant à un volume d'environ 8 millions de km³, soit 0,6 % de l'hydrosphère. Elles constituent notre principale ressource en eau douce (BAKALOWICZ, 1999).

1.1.3. Eaux de mer :

La mer s'étend sur 71% environ de la surface du globe. L'hémisphère sud est le principal réservoir d'eau de mer. Dans l'hémisphère nord on trouve plusieurs mers salées qui communiquent pour certaines avec l'océan (mer Méditerranée, mer Baltique, etc....) On trouve 30 à 40 grammes de sels dissous pour un kilogramme d'eau de mer (MOULIN, 2004).

La répartition des terres et des mers est inégale et singulière. L'océan glacial arctique s'oppose au continent antarctique et la masse continentale Eurasie + Afrique s'oppose à l'océan Pacifique. En fait, toute saillie qui émerge au-dessus de la surface des océans a 19 chances sur 20 d'avoir un creux pour point diamétralement opposé.

Les masses terrestres sont en grande partie concentrées dans l'hémisphère nord, avec 61% de mer dans l'Hémisphère nord et 81% de mer en hémisphère sud. Cette disparité dans la répartition Devient encore plus évidente si l'on place la Terre sur un axe Nord-Sud passant par l'Ouest de la France vers l'embouchure de la Vilaine et le Sud Est de la Nouvelle-Zélande. On a alors un hémisphère continental qui comprend 80% de la masse terrestre global



Figure 01: Carte des Hémisphères :

A : Continental (Nord), B : Hémisphère maritime (Sud) (Le CALVÉ, 2002).

1.2. Importance de l'eau

1.2.1. L'eau dans l'organisme humain :

L'eau est le principal constituant du corps humain. La quantité moyenne d'eau contenue dans un organisme adulte est de 65 %, ce qui correspond à environ 45 litres d'eau pour une personne de 70 kilogrammes.

L'organisme élimine en permanence de l'eau. En fin de digestion la plus grande part de l'eau traverse les parois de l'intestin pour aller rejoindre le sang et la lymphe, qui la transportent dans tout l'organisme, notamment vers les reins, la peau et les poumons ; elle sera ensuite éliminée de diverses manières (urine, sueur, expiration).

L'homme doit donc chaque jour subvenir à ses besoins en eau, en buvant, mais aussi en mangeant car les aliments en contiennent beaucoup. Pour maintenir l'organisme en bonne santé, les pertes en eau doivent toujours être compensées par les apports. La soif est d'ailleurs un mécanisme par lequel l'organisme " avertit " qu'il est en état de déshydratation (BALDERACCHI, 2009).

1.2.2. Eau et alimentation :

Puisqu'elle ne contient ni protéines, ni glucides et ni lipides, l'eau n'est pas un aliment. Elle ne fournit pas d'énergie brute. Par contre, l'eau est essentielle à la vie. C'est grâce à l'eau que le corps peut utiliser l'énergie présente dans les aliments (DUMOULIN et MANTHA, 2009).

Au moment de la digestion, outre l'eau apportée par les boissons et les aliments ingérés, l'organisme fournit lui-même plusieurs litres d'eau à l'estomac et à l'intestin grêle pour faciliter la circulation et la digestion des aliments. En fin de digestion, une faible proportion de toute cette

eau descend dans l'intestin qui l'élimine avec les résidus de la digestion. Mais la plus grande part traverse les parois de l'intestin grêle et du colon pour aller rejoindre le sang et la lymphe, qui la transportent dans tout l'organisme, notamment vers les reins, la peau et les poumons (HUOT, 2010).

Sur le plan quantitatif, les activités humaines consommatrices d'eau traitée sont réparties en fonction de plusieurs domaines : L'agriculture avec 68 % pour l'irrigation, et la consommation humaine avec 24 %, l'industrie avec 5% et 3% pour la production d'énergie (Jean-Marie, 2009).

1.2.3. L'eau déminéralisée :

Il a été démontré que la consommation d'eau à faible teneur en minéraux a un effet négatif sur les mécanismes homéostasiques. L'homéostasie est la tendance de l'organisme à maintenir ses différentes constantes à des valeurs ne s'écartant pas de la normale (l'homéostasie assure, par exemple, le maintien de la température, du débit sanguin, de la tension artérielle, du pH, des volumes liquidiens de l'organisme, de la composition du milieu intérieur, etc.).

Les expériences sur les animaux ont montré à plusieurs reprises que la prise d'eau déminéralisée mène à des hausses de la diurèse, volume de fluide cellulaire supplémentaire, diminution du volume des cellules rouges et certains autres changements hématocrites. Une étude allemande a prouvé que si l'eau distillée est ingérée, l'intestin doit ajouter des électrolytes à cette eau, les prenant des réserves du corps. L'ingestion d'eau distillée mène à la dilution des électrolytes dissous dans l'eau du corps. Une redistribution inadéquate de l'eau du corps peut compromettre la fonction des organes vitaux.

Par le passé, des problèmes de santé aigus furent rapportés chez les escaladeurs de montagne qui avaient préparé leurs boissons avec de la neige n'ayant pas assez d'ions nécessaires. Une plus grave tournure d'une telle condition couplée avec un œdème du cerveau, des convulsions et des acidoses métaboliques fut reportée chez des enfants dont les boissons furent préparées avec de l'eau distillée ou de l'eau en bouteille contenant très peu de minéraux (OMS, 2004)

2. Composition de l'eau de mer :

2.1. Élément principaux :

Si la masse totale des sels dissous peut varier, le rapport des concentrations des différents Éléments est stable. Cette constance des proportions est souvent appelée loi de Marcetou de Dittmar. Les éléments principaux, c'est-à-dire ceux qui contribuent d'une façon

notable à la Masse de sels dissous dans les océans, représentent 11 éléments différents. Leurs concentrations sont représenté dans le tableau 01 :

Tableau 01 : Concentrations des éléments principaux pour une eau de mer de salinité de 35% (HENRI et KAMEL, 2008)

Eléments	Concentration (mg/kg)	Eléments	Concentration (mg/kg)
Chlorure (Cl ⁻)	19353	Bore (B)	4
Sulfate (SO ₄ ⁻²)	2712	Sodium (Na ⁺)	10160
Bicarbonate (HCO ⁻³)	142	Magnésium (Mg ²⁺)	1249
Bromure (Br)	67	Calcium (Ca ²⁺)	413
Fluorure (F ⁻)	1	Potassium (K ⁺)	387
		Strontium (Sr ²⁺)	8

2-2 Elément minéraux :

L'eau de mer contient de nombreux autres éléments à des concentrations beaucoup plus faibles (tab. 02). Ces éléments, malgré leur faible concentration, ont une importance certaine dans des processus biologiques et organiques. Ils peuvent se trouver sous différentes formes: dissous, colloïdaux ou en suspension.

Tableau 02: Concentration des différents éléments mineurs dont la concentration est supérieure à 1µg/l (HENRI et KAMEL, 2008).

Eléments	Concentration (mg/kg)	Eléments	Concentration (mg/kg)
Litium (Li)	170	Cuivre (Cu)	3
Aluminium (Al)	10	Zinc (Zn)	10
Silicium (Si)	3000	Arsenic (As)	3
Phosphate (P)	70	Rubidium (Rb)	120
Titan (Ti)	1	Molybdène (Mo)	10
Vanadium (V)	2	Iode (I)	60
Manganèse (Mn)	2	Barium (Ba)	30
Fer (Fe)	10	Uranium (U)	30

Un litre d'eau de mer contient entre 30 à 40g de sels alors que les matières en suspension représentent quelques dizaines de mg par litre. Ces particules peuvent être finement divisées augmentant ainsi grandement les surfaces réactionnelles, ce qui peut avoir une importance notable sur les propriétés physico-chimiques de l'eau de mer.

2.3 Matière organique :

Les basses concentrations de matières organiques dans l'eau de mer rendent leur analyse chimique très compliquée. Les composés sont difficiles à isoler car dilués dans un milieu contenant beaucoup d'autres éléments à de plus fortes concentrations. Par convention, on sépare par filtration sur des filtres de 0,5µm les matières dissoutes des matières organiques particulaires. Les matières organiques particulaires sont principalement constituées d'animaux et végétaux ou leurs résidus. Elles peuvent représenter de 10 à 60% de la matière en suspension.

3. Qualité de l'eau

3.1. Paramètres chimiques de l'eau

3.1.1. Chrome

La plupart des roches et des terrains renferment de faibles quantités de chrome. Sa présence dans l'eau (sous forme de sels solubles, particules insolubles ou complexes chimiques) n'est pas fréquente et est le plus souvent, liée à des rejets d'eau usées ou à des infiltrations par des champs d'épandage de boues de station d'épuration.

Le chrome trivalent est un oligo-élément essentiel du métabolisme humain. Des études ont montré qu'il améliorerait la croissance et favoriserait un bon métabolisme du glucose, des lipides, et des protéines. Son absorption n'aurait que peu d'effet sur l'appareil digestif.

En revanche, le chrome hexa valent, est plus hydrosoluble et est, fortement toxique. Il provoquerait, à faible dose, une irritation de la muqueuse gastro-intestinale et à forte dose, une nécrose du foie et une néphrite (SAVARY, 2010).

3.1.2. Plomb :

Le plomb est un métal grisâtre que l'on retrouve dans la croûte terrestre, il existe sous forme métallique, inorganique et organique, et aussi très malléable et résistant à la corrosion, il a longtemps été utilisé dans la fabrication de conduites d'eau, de même que dans les alliages utilisés pour la soudure de la tuyauterie.

Bien qu'on le retrouve de façon naturelle dans l'environnement, des concentrations très faibles de plomb sont mesurées dans les eaux de surface et souterraines qui servent à alimenter la population en eau potable. La présence du plomb dans l'eau de consommation est habituellement attribuable au phénomène de corrosion qui survient dans les composantes structurales des réseaux de distribution et dans la tuyauterie domestique qui contiennent du plomb. La corrosion du plomb survient en milieu acide lorsque le plomb métallique de la tuyauterie ou des soudures

entre en contact avec un agent oxydant (ex. : oxygène dissous ou chlore). Le plomb métallique est alors converti en une forme oxydée (habituellement Pb^{2+}) qui se dissout dans l'eau. (CHAUSSE *et al.* , 2003).

3.1.3. Cuivre

Le cuivre est un métal stable et conducteur pouvant être présent sous diverses formes minérales dans l'environnement, telles que la cuprite, la malachite, les sels de chlorure ou de sulfate. Depuis longtemps, le cuivre métallique est utilisé dans la fabrication de matériaux d'armement, de monnaies, de fils électriques, et de tuyauterie. De par leurs propriétés fongicides, algicides, herbicides et insecticides, les sels de cuivre (surtout le sulfate de cuivre et l'hydroxyde de cuivre) sont utilisés intensivement en agriculture comme pesticides.

Le cuivre est présent naturellement dans l'environnement, mais il est aussi abondamment utilisé dans les domaines industriels et domestiques. Il peut être détecté dans les eaux de surface, les eaux souterraines ou l'eau de mer. Sa présence fait suite à l'érosion du sol ou des rochers, de la dislocation du sol, ou encore à des activités anthropogéniques, telle que l'activité minière ou agricole, et les effluents provenant des usines de traitement des eaux usées. (CAMPAGNA *et al.* , 2012 in Hachemaoui, 2014).

3.1.4. Cadmium

Le cadmium métallique est utilisé dans l'industrie de l'acier et de plastique. Les composés du cadmium sont largement utilisés dans la fabrication des piles. La contamination des eaux de boisson peut être provoquée par des impuretés présentes dans les conduites de zinc ou des conduites galvanisées et de quelques garnitures métalliques. La nourriture est la principale source d'exposition quotidienne au cadmium. Il faut noter aussi que le tabagisme est une source importante d'exposition au cadmium (OMS, 2003).

3.1.5. Zinc

Le zinc est un oligo-élément essentiel qui se trouve dans presque tous les aliments et dans l'eau potable sous forme de sels ou de complexes organiques. Le régime alimentaire est normalement la principale source de zinc. Bien que les niveaux de zinc dans les eaux de surface et les eaux souterraines ne dépassent pas 0,01 et 0,05 mg /litre, respectivement, les concentrations dans l'eau du robinet peut être beaucoup plus élevée à cause de la dissolution de zinc à partir de tuyaux (OMS, 2003).

3.1.6. Fer

Le fer est l'un des métaux les plus abondants dans la croûte terrestre. Il se trouve dans l'eau douce naturelle à des niveaux allant de 0,5 à 50 mg /litre. Le fer peut également être présent dans l'eau de boisson à la suite de l'utilisation de coagulants de fer ou de la corrosion de l'acier et des tuyaux en fonte pendant la distribution de l'eau. Le fer présent dans l'eau potable est un élément essentiel dans la nutrition humaine (OMS, 2003).

3.1.7. Bore

Des composés du bore sont utilisés pour la fabrication de verre, des savons et des détergents. Généralement, une population obtient la plus grande quantité de bore par la prise alimentaire, car il est naturellement présent dans de nombreuses plantes comestibles. Le bore est trouvé naturellement dans les eaux souterraines, mais sa présence dans l'eau de surface est souvent une conséquence de la décharge des effluents traités des eaux usées, d'où ils proviennent la contamination des eaux de surface par certains détergents (OMS, 2003).

3.1.8. Argent

L'argent se présente à l'état natif sous forme de minerai, ou associé à des minerais de plomb, d'or, de cuivre et de zinc. Il est pratiquement inexistant dans l'eau, et il arrive que la teneur soit élevée dans l'eau de robinet du fait de sa présence à l'état de traces dans certains accessoires de plomberie (SAVARY, 2010).

3.1.9. Nitrites

L'azote, élément essentiel de la vie, est présent en abondance dans la nature sous formes gazeuse, organique ou minérale. Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrites sous l'influence d'une action dénitrifiante (SAVARY, 2010).

Les nitrites sont réponsus dans les le sol, dans les eaux eat dans les plantes, mais en quantité relativement faibles. Les nitrites non liées à une pollution, se retrouvent parfois dans les eaux pauvres en oxygène. Leur présence a également été signalée dans les eaux de pluie et dans celles provenant de la fonte des neiges. En effet la pollution atmosphérique favorise l'augmentation de la teneur en nitrites. Toutefois, une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de qualité microbiologique (SAVARY, 2010).

3.1.10. Nitrates

Les nitrates constituent le stade final d'oxydation de l'azote organique. Les nitrates sont très répandus dans la plupart des eaux et dans les plantes où ils sont nécessaires à la synthèse des végétaux. Soluble dans l'eau, ils se retrouvent naturellement en faible concentration dans les eaux souterraines et superficielles. Les nitrates sont employés dans la fabrication des explosifs, dans l'industrie chimique comme oxydant, et comme conservateur dans les denrées alimentaires (SAVARY, 2010).

3.1.11. Bromate

Depuis la fin des années 90, les bromates sont dosés dans les eaux destinées à la consommation humaine (eau potable) et dans les ressources en eau destinées à la production d'eau potable. La teneur de 10µg/l tolérée dans les eaux potables, depuis décembre 2008, pourrait se durcir dans les années à venir.

Dans la plupart des cas, la présence des bromates dans l'eau potable est due aux étapes de désinfection, notamment l'ozonation (l'ion bromure est relativement facilement oxydé en ion hypobromite par l'ozone, puis, dans certaines conditions, en ion bromate) mais aussi la désinfection à l'hypochlorite de sodium (certaines solutions d'hypochlorite de sodium ou eau de Javel peuvent contenir des teneurs élevées en bromates). La seule méthode disponible pour doser l'ion bromate à quelques µg/l est la méthode par chromatographie ionique avec de nombreuses adaptations. D'autres méthodes ont été développées dans la littérature mais aucune n'est utilisée en routine avec une aussi bonne sensibilité que la méthode par chromatographie ionique (RODIER *et al.* 2009).

3.2. Paramètres physico-chimiques de l'eau

3.2.1. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH correspond à la concentration d'ions hydrogène. Il mesure l'acidité ou la basicité d'une eau. Le pH interfère avec d'autres paramètres de la qualité dans les complexes réactions chimiques : dureté, alcalinité, turbidité, conductivité (SAVARY, 2010).

3.2.2. Température

La température des eaux souterraines est relativement constante toute l'année, par contre celle des eaux superficielles est très variable selon les saisons et peut passer de 2 °C à 30 °C. La diminution de la température entraîne la diminution de l'efficacité des traitements dont la désinfection et entraîne aussi l'augmentation de la viscosité de l'eau. L'augmentation de la

température a diverses conséquences comme : la croissance bactérienne, les problèmes de saveur, de couleur, corrosion (SAVARY, 2010).

3.2.3. Alcalinité

A l'inverse de l'acidité, l'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement à la présence d'hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes (RODIER *et al.* 2009).

3.2.4. Conductivité électrique

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique (RODIER *et al.*, 2009).

3.3. Paramètres organoleptiques de l'eau

3.3.1. La couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances dissoutes, c'est-à-dire passant à travers un filtre de porosité égale à 0,45µm. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelle et apparente sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité (RODIER *et al.*, 2009).

3.3.2. Le goût

Le goût peut être défini comme :

- ✓ L'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche ;
- ✓ La propriété des produits provoquant ces sensations (RODIER *et al.*, 2009).

3.3.3. L'odeur

L'odeur peut être définie comme :

- ✓ L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles ;
- ✓ La qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances (RODIER *et al.*, 2009).

3.3.4. La turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace (RODIER *et al.*, 2009).

4. 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). La désalinisation est un processus qui permet d'obtenir de l'eau douce (potable ou, plus rarement en raison de son coût, utilisable pour l'irrigation) à partir d'une eau saumâtre ou salée (eau de mer notamment).

Très généralement, il est plus simple et plus économique de rechercher des sources d'eau douce à traiter (eaux de surface, telles que lac et rivière, ou eau souterraine), que de dessaler l'eau de mer. Cependant, dans de nombreuses régions du monde, les sources d'eau douce sont inexistantes ou deviennent insuffisantes au regard de la croissance démographique ou de la production industrielle.

D'autre part, il est souvent rentable de combiner la production d'eau douce avec une autre activité (notamment la production d'énergie, car la vapeur disponible à la sortie des turbines, et perdue dans une usine classique, est réutilisable dans une station de dessalement dite thermique ou fonctionnant sur le principe de l'évaporation).

L'eau de mer a une salinité d'environ 35 g/l, avec des variations régionales significatives (42 g/l dans le golfe Persique). Pour séparer le sel, il faut, d'un point de vue purement théorique et sans perte d'énergie (dessalement isentropique), environ 0,56 kWh/m³.

Les systèmes de dessalement se caractérisent par leur rendement et le taux de sel résiduel (saumure).

Dans le monde, on produit chaque jour 95 millions de mètres cubes d'eau douce en 2018, rejetant 141,5 millions de m³ par jour de saumure, dont l'impact sur les zones de rejet inquiète les experts scientifiques de l'ONU.

4.1. Dessalement en Mer méditerranéenne :

En Méditerranée, la production totale de dessalement de l'eau de mer est d'environ 4,0 M m³/j (14% de la capacité mondiale de dessalement). L'Espagne, avec environ 8% de la production totale du monde (2,2 M m³/j), est le troisième plus grand producteur d'eau dessalée à l'échelle mondiale et le plus grand dans la région.

Cependant, environ 25% de la capacité espagnole est située sur les îles Canaries dans l'océan Atlantique, et «seulement» environ 65% en Méditerranée (Lattemann, 2010). Le programme espagnol AGUA permettra d'accroître encore l'approvisionnement en eau sur la côte méditerranéenne par l'augmentation de la capacité de dessalement, de 1,4 M m³/j (2005) à plus de 2,7 M m³/j (1000 hm³/an) jusqu'en 2010.

Bien que les processus thermiques : Multi-Effet-Distillation (distillation à effet multiple) et Multi-Stage Flash distillation (distillation à détente étagées) dominent dans la mer Rouge du Golfe, le processus principal dans la Méditerranée est le dessalement de l'eau de mer par l'osmose inverse (OI) (SWRO) « Sea Water Reverse Osmosis ». En 2002, à la fois les installations d'OI et de distillation avaient encore de parts de marché égales dans la Méditerranée (UNEP/MED, 2002).

Aujourd'hui, le procédé d'OI représente 70% de la production en Méditerranée et pour 99% de la production espagnole en Méditerranée. Les installations de distillation se trouvent encore en Libye et l'Italie (en ordre décroissant de priorité), mais de nouvelles usines dans ces pays sont aussi des installations souvent en OI. Un grand exemple sur l'évolution dans le domaine de dessalement actuellement qui est en Algérie, marché le plus dynamique de dessalement de l'Afrique du Nord, où aussi la première grande usine d'OI (200 000 m³/j) a été ouvert en Février 2008. C'est la première dans une série d'autres grands projets qui augmentera la capacité de dessalement du pays à 2 Mm³/j en 2008 et à 4 M m³/j d'ici 2020. Sur la côte méditerranéenne, deux grandes installations d'OI sont mises en service avant 2010- l'usine d'Ashkelon avec une capacité de 330 000 m³/j qui est aussi celle des plus grands projets de dessalement d'eau de mer par OI (SWRO) dans le monde, et l'usine de Palmachin (83 270 m³/j).(Lattemann, 2010) et (UNEP/MAP,2003).

4.2. Importance du dessalement de l'eau de mer :

Devant une crise d'eau certaine qui commence à se faire sentir à travers le monde, en plus des contraintes économiques pour un développement durable, des solutions appropriées nécessitent d'être élaborées afin de se préparer à faire face à ce défi qui menace l'existence même de l'homme.

Plusieurs pays qui disposent de ressources hydriques salines considérables, doivent utiliser les techniques de dessalement, dont la fiabilité n'est plus à démontrer. Cette solution constitue un moyen assez fiable pour produire de l'eau potable (SADI, 2000).

4.3. Dessalement en Algérie :

L'expérience algérienne en matière de dessalement des eaux est étroitement liée au développement de l'industrie et tout particulièrement de l'industrie pétrolière et sidérurgique. Le recours au dessalement en vue d'un usage destiné exclusivement l'alimentation de la population en eau potable est quasi-inexistante. Une seule expérience a été tentée dans une situation où il n'existait aucune autre solution. Il s'agit de l'unité de déminéralisation d'Ouled Djellaba dans la Wilaya de Biskra (Sud- Est Algérien).

En 1964, trois petits blocs de 8 m³/h chacun ont été installés au complexe Gaz liquéfié d'Arzew (ville côtière à l'ouest du pays). Le procédé utilisé est la distillation à multiple effet. En 1969, une autre installation a vu le jour à Arzew avec une capacité de production de 4560 m³/j, où le procédé utilisé est le multi stage flash (Amitouche et Remini, 2014).

D'autres installations ont été mises en exploitation pour les besoins en eau de haute pureté nécessaire au processus des complexes de production d'électricité (Cap Djinet à l'Est d'Alger) et l'industrie de liquéfaction (Arzew et Skikda). L'Algérienne des Eaux (ADE) c'est l'entreprise nationale qui a amorcé la première expérience en matière de dessalement de l'eau de mer par la réalisation de 23 stations monobloc, d'une capacité totale de 57.500 m³/j, dans le cadre d'un programme d'urgence, dans les wilayas de Tlemcen, Oran, Tipaza, Alger, Boumerdès, Skikda et Tizi-Ouzou et 14 grandes stations d'une capacité totale de 1.940.000 m³/j sont mises en service en 2003 et 2005.

4.3.1. Stations de dessalements en Algérie :

12 stations de dessalements d'eau de mer pour une capacité de 5000.000 m³/j ont été réalisées et réparties à travers 08 wilayas qui sont présentés dans le tableau 03, dont les grandes stations données sont présentées sur la carte du littoral algérien.

Tableau 03 : Les grandes stations de dessalement en Algérie

N =	Station	Wilaya	Capacité m ³ /j	Mise en Service
1	Kahrama Arzew	Oran	90.000	3 ^{ème} trimestre 2005
2	Hamma	Alger	200.000	3 ^{ème} trimestre 2007
3	Skikda	Skikda	100.000	3 ^{ème} trimestre 2007
4	Benisaf	Ain-Temouchent	200.000	4 ^{ème} trimestre 2007
5	Mostaganem	Mostaganem	200.000	1 ^{er} trimestre 2008
6	Douaouda	Alger ouest	100.000	1 ^{er} trimestre 2008
7	Sidnaouchaa	Tlemcen	200.000	2 ^{ème} trimestre 2008
8	Honain	Tlemcen	200.000	2 ^{ème} trimestre 2008
9	Cap blanc	Oran	200.000	3 ^{ème} trimestre 2008
10	El-taref	El-Taref	50.000	3 ^{ème} trimestre 2008
11	Ténés	Chlef	200.000	3 ^{ème} trimestre 2008
12	Magtaà	Mostaganem	500.000	4 ^{ème} trimestre 2014
Total : 12 stations			2200000	

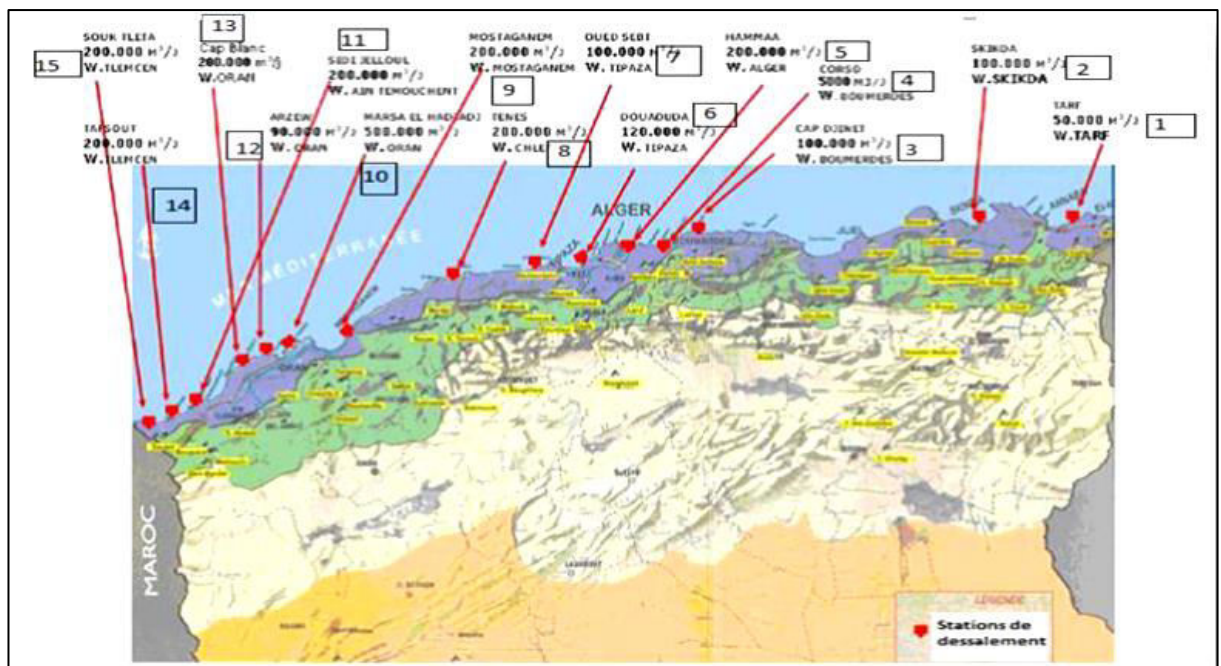


Figure 02: Répartition géographique des grandes stations de dessalement sur le littoral algérien.

a) Stations monoblocs :

20 petites stations de dessalement d'eau de mer pour une capacité de 53 000 m³/j ont été réalisées et réparties à travers 08 wilayas. Cette opération a fait l'objet d'une passation de deux marchés.

08 stations du tableau 04, sur 05 sites d'une capacité globale de 22 500 m³/j on été réalisées par l'entreprise Allemande LINDE-KCA.

Tableau 04 : Stations réalisées par LINDE-KCA.

N =	Wilaya	Site	Commune	Capacité(m3/j)
01	Tlemcen	Ghazaout	Ghazaout	2500
02		Ghazaout 2		2500
03	Tipaza	Bou-ismail	Bou-ismail	5000
04	Alger	Champ de tire	Zeralda	2500
05		Champ de tire 2		2500
06		Palme beach	Staouali	2500
07		Lafontaine 1	Ain benian	2500
08		Lafontaine 2		2500
Total	8 stations	22500		

11station sur 07 sites d'une capacité globale de 30 500 m3/j ont été réalisées par l'entreprise Algérienne HYDRO-TRAITEMENT données dans le tableau 05

Tableau 05: Stations réalisées par HYDRO-TRAITEMENT

N =	Wilaya	Site	Commune	Capacité (m3/j)
01	Boumerdes	Lafontaine 3	Ain benian	2500
02		Capcaxine	Hammamet	2500
03		Bateau cassé 1	Bordj el kifane	2500
04		Bateau cassé 2		2500
05		Bateau cassé 3		2500
06		Reghaia plage	Reghaia	2500
07		Corso	Corso	5000
08	Skikda	Larbi ben Mhidi 1	Skikda	2000
09		Larbi ben Mhidi 2		3000
10		Larbi ben Mhidi 3		2500
11		Larbi ben Mhidi 4		2500
12	Tizi-ouzou	Tighzirt	Tighzirt	2500
Total	12 stations			30500

b) Transfert des stations monoblocs :

Suite à la sécheresse persistante au niveau de la région Ouest il a été procédé à la délocalisation de certaines stations vers Oran, Ain-Temouchent et Ténès.

Tableau 06 : Transfert des stations monoblocs.

N =	Station	Affectation	Wilaya
01	Skikda 3	Bousfer	Oran
02	Bateau cassé 3		
03	Réghaia		
04	Bateau cassé 2	Bouzedjar	Ain-Temouchent
05	Ain benian 3		
06	Bateau cassé 1	Chatt el ward	
07	Capcaxine		
08	Corso	Ténès	Chlef

4.4. Etapes de dessalement de l'eau de mer :

En générale, le processus de dessalement d'eau de mer se fait en quatre étapes:

4.4.1. La captation de l'eau de mer : Consiste à pomper l'eau de mer vers la station de dessalement, cette eau doit être bonne du point de vue matières en suspension. Sont utilisés dans cette étape deux types de technologies:

- a) **Les forages côtiers:** Soit verticaux soit sous forme de galeries horizontales permettant d'obtenir une eau de très bonne qualité et relativement stables.
- b) **La prise d'eau de surface:** Peut être faite en pleine mer. Dans le cas idéal, le captage doit être effectué en zone profonde, éloigné de la côte, protégé des pollutions et des forts courants.

4.4.2. Le prétraitement : Les procédés de prétraitement peuvent être divisés en deux catégories :

- a) Les prétraitements physiques incluent les préfiltres mécaniques, les filtres à cartouche, la filtration à sable et la filtration membranaire.
- b) Le prétraitement chimique consiste en l'addition d'inhibiteurs d'entartrage, de coagulants, de désinfectants et de poly-électrolytes.

4.4.3. Les différents procédés de dessalement : Plusieurs méthodes permettent la séparation de l'eau de mer en une eau douce contenant une faible concentration des sels dissouts, et une solution concentrée en sels. On citera notamment la distillation, l'osmose inverse, la congélation et l'électrodialyse. Cependant, les deux technologies utilisées actuellement, à l'échelle industrielle, sont celles basées sur la distillation et l'osmose inverse.

4.4.4. Le post-traitement ou déminéralisation : Le post-traitement comporte deux phases principales, l'ajustement de pH et la chloration.

4.5. Procédés de dessalement

Les deux procédés la distillation et l'osmose inverse sont les plus commercialisés dans le marché mondial du dessalement, d'autres techniques n'ont pas connu un essor important dans le domaine à cause de problèmes liés généralement à la consommation d'énergie et/ou à l'importance des investissements qu'ils requièrent telles que et distillation.

4.5.1. Procédés membranaire

Le procédé de traitement des eaux par membrane d'osmose inverse est une des techniques de filtration membranaire. Il est utilisé en dessalement des eaux saumâtres, des eaux de mer et également pour la réutilisation des eaux usées urbaines et industrielles. L'objectif principal de cette technologie est l'élimination des sels et des substances organiques présentes dans les eaux ainsi qu'une partie des bactéries et des virus. En dessalement des eaux de mer, l'osmose inverse reste en compétition avec les procédés thermiques (multi flash ou multi effet).

Le choix entre ces deux technologies dépend essentiellement des coûts énergétiques (électricité et vapeur), de la qualité de l'eau brute à traiter ou de l'eau dessalée à obtenir.

a) L'ultrafiltration (UF) et la microfiltration (MF) :

L'ultrafiltration a pour objet de séparer deux constituants en solution en fonction de leurs masses moléculaires .la membrane utilisée a des micropores de dimensions comprises entre 0.002 et 0.05 mm, cette technique a des applications très divers ,tels que les industries agroalimentaires, Textiles et pharmaceutiques ainsi que dans le traitement des eaux .

Cette technique s'apparente à l'ultrafiltration mais s'en distingue par la nature des espèces à arrêter .de ce fait elles concernent la clarification et la stérilisation des eaux et des liquides alimentaires ou biologiques.

b) Osmose inverse (OI):

Le procédé de l'osmose inverse est basé sur la propriété des membranes semi-perméables de laisser passer l'eau tout en arrêtant les sels dissous, sous l'action de la pression (54 à 80 bars pour le traitement de l'eau de mer). Ce procédé fonctionne à température ambiante et n'implique pas de changement de phase. Les membranes polymères utilisées laissent passer les molécules d'eau et ne laissent pas passer les particules, les sels dissous, les molécules organiques de 10-7 mm de taille. Il existe 4 types de modules de membranes sont commercialisés: tubulaires, fibres creuses, plans, spirales.

L'énergie requise par l'osmose inverse est uniquement celle électrique consommée principalement par les pompes haute pression. La teneur en sels de l'eau osmosée est de l'ordre de 0,5 g.L⁻¹. L'osmose inverse utilise des membranes denses qui laissent passer l'eau et arrêtent tous les sels. Cette technique est utilisée pour (fig.03):

- ✓ Le dessalement des eaux de mer.
- ✓ Le dessalement des eaux saumâtres.
- ✓ La production d'eau ultra pure.
- ✓ La production d'eau de procès.

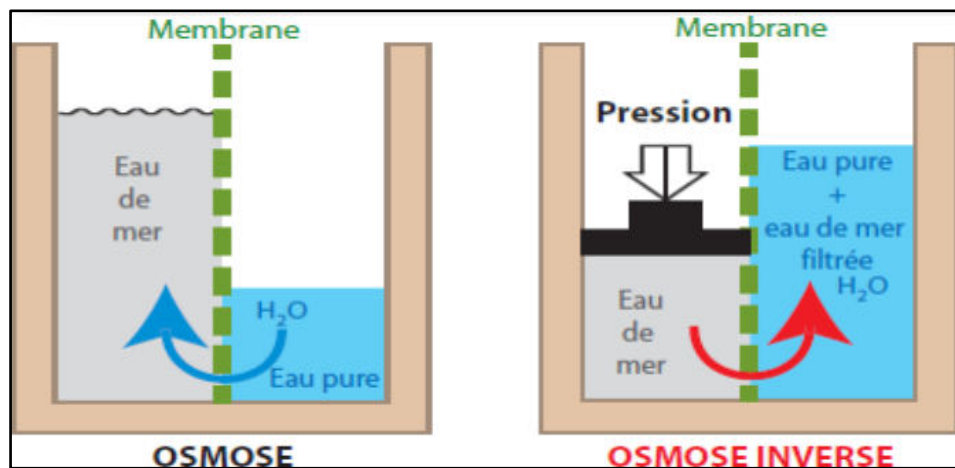


Figure 03: Principe de l'osmose et de l'osmose inverse

c) L'électrodialyse :

L'électrodialyse consiste à transférer des ions de sels dissous à travers des membranes qui ne laissent pas passer l'eau épurée, le mouvement des ions est provoqué par un champ électrique, l'électrode négative (cathode) attire les cations, tandis que les anions se déplacent vers l'électrode positive (anode).

Les installations sont formées d'empilements compartimentés de membranes alternativement anionique et cationique, un compartiment sur deux renferme des saumures concentrées et un sur deux du permet épuré (fig.04).

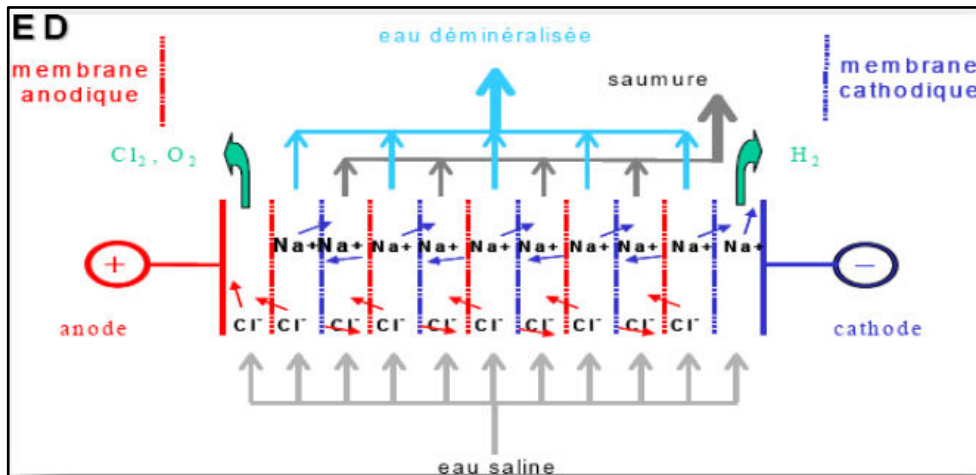


Figure 04: Principe de dessalement par l'électrodialyse

Les membranes utilisées en électrodialyse sont des membranes échangeuses d'ions qui se présentent sous la forme de feuilles dont l'épaisseur est comprise entre 0.1 et 0.8mm. Du point de vue propriétés on distingue deux types de membranes :

- ✓ Les membranes échangeuse de cations qui sont perméables uniquement aux cations et dont le groupement fonctionnel est en général un groupement acide sulfonique (SO³⁻).
- ✓ Les membranes échangeuse d'anions qui sont perméables uniquement aux anions et Dont le groupement fonctionnel est en général un groupement ammonium quaternaire (NR³⁺).

4.5.2. Procédés de distillation :

La distillation est la technique de dessalement de l'eau de mer la plus ancienne. Elle s'appuie sur les propriétés d'évaporation-condensation de l'eau: le chauffage de la solution à purifier permet la vaporisation de l'eau et sa récupération par condensation. Elle conduit à la production d'une eau pure et d'une solution concentrée, le concentra. Ce procédé thermique est un grand consommateur d'énergie.

La distillation consiste à faire évaporer l'eau de mer, soit en utilisant la chaleur des rayons solaires, soit en la chauffant dans une chaudière.

Il s'agit dans tous les cas de distillation sous vide qui permet de travailler à des températures inférieures à 120 °C.

a) Distillation à multiples effet :

Une installation de distillation à effets multiples est constituée par la juxtaposition de cellules fonctionnant selon le principe de la distillation à effet simple (fig.05). Le fluide de réchauffage porte à ébullition l'eau de mer admise dans la première cellule, qui est aussi la cellule où règne la température la plus haute. La vapeur émise par l'ébullition de l'eau de mer est transférée dans la cellule voisine, où on maintient une pression légèrement inférieure.

La température d'ébullition diminuant avec la pression, on vaporise l'eau de mer présente dans la deuxième cellule. C'est le deuxième effet. On peut évidemment répéter l'opération plusieurs fois, la limite basse étant donnée par la température de l'eau de mer froide. Dans ce procédé, la consommation d'énergie est approximativement celle de la distillation simple divisée par le nombre d'effets.

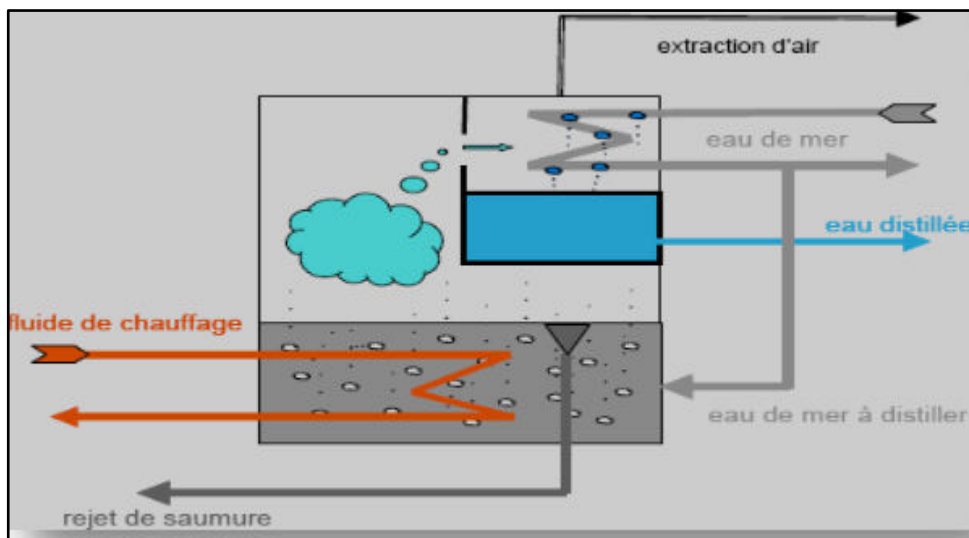


Figure 05 : Principe de distillation à simple effet

b) Procédé par détente successives ou procédé flash :

L'eau de mer est maintenue sous pression pendant toute la durée du chauffage; les risques d'entartrage sont donc réduits par rapport à un réchauffage avec dégazage. L'eau de mer chaude est ensuite introduite dans une chambre où règne une pression inférieure à la pression de saturation. Il en résulte une vaporisation instantanée par détente: une fraction de l'eau s'évapore, va se condenser sur les tubes des condenseurs et est recueillie dans des réceptacles (fig.06).

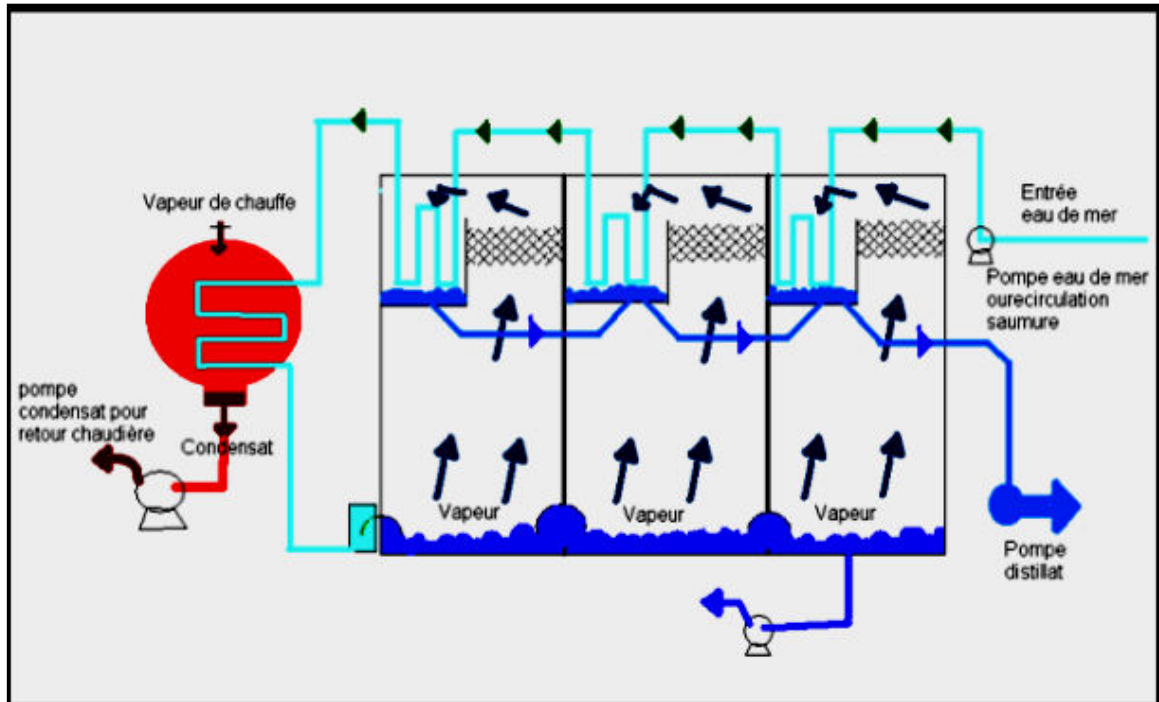


Figure 06: Principe de fonctionnement d'un système par détentes successives (MSF)

C). Distillation par TCD (Thermo-compression Distiller)

Les unités de dessalement de type TCD (Thermo-Compression Distiller) dessalent l'eau de mer par un procédé d'évaporation et de condensation sous vide. Dans ces changements de phase, tous les sels restent dans la saumure et la vapeur condensée est pratiquement exempte de sels (la teneur résiduelle en sel est plus de 10000 fois inférieure à celle de l'eau d'alimentation).

Ces unités de dessalement se composent de cellules d'évaporation maintenues à des températures décroissantes. La vapeur, introduite dans la première cellule se condense dans un faisceau tubulaire arrosé extérieurement par l'eau de mer. La chaleur latente de condensation permet à une partie de l'eau de mer de s'évaporer à une pression et à une température inférieure.

La vapeur produite va ensuite dans la seconde cellule, où elle se condense, permettant ainsi d'évaporer une nouvelle partie de l'eau de mer à une pression et une température encore inférieures. Le même procédé de condensation /évaporation se poursuit de cellule en cellule. La vapeur produite dans la dernière cellule est condensée dans un condenseur refroidi avec de l'eau de mer. La vapeur condensée dans chaque cellule va à la cellule suivante par l'intermédiaire de tubes en U. Cette eau est finalement extraite par la pompe eau distillée. De façon similaire, la partie d'eau de mer qui n'a pas été évaporée (la saumure) va de cellule en cellule par l'intermédiaire de tubes en U pour être finalement extraite de la dernière cellule par la pompe saumure.

De façon à améliorer l'efficacité thermique de la distillation multi-étage, les unités de dessalement de type TCD utilisent un système de pompe à chaleur en recyclant de la vapeur produite à basse. Ce système de pompe à chaleur utilise un compresseur de vapeur statique (sans pièces mobiles) appelé thermo-compresseur.

Le thermo-compresseur utilisant de la vapeur motrice provenant d'une source disponible ou d'une chaudière, aspire de la vapeur basse pression et la décomprime par mélange avec la vapeur motrice à une motrice à un niveau suffisant pour alimenter la première cellule. La cellule d'où la vapeur est aspirée est choisie de façon à optimiser les performances.

L'eau de mer et les eaux saumâtres contiennent des composants corrosifs et entartrant, comme la corrosion et l'entartrage augmentent de façon importante au-dessus de 75°C, et aux fortes concentrations en sels, les TCD:

- Fonctionnent à basse température, grâce au fonctionnement sous vide (la température de l'eau de mer ou de la saumure est toujours inférieure à 70°C).
- Limitent la concentration, généralement inférieure à 1.5 en fonctionnement avec l'eau de mer.

Une analyse chimique de l'eau de mer est nécessaire pour vérifier les points suivants:

- la présence de composants particulièrement corrosifs comme du H₂S, du NH₃ ou des bromures qui peuvent avoir un impact sur le choix des matériaux de construction.
- les fortes concentrations en certains sels qui peuvent être entartrant aux températures et concentrations auxquelles fonctionnent les unités de dessalement.

L'eau de mer à l'entrée du dessaleur doit être claire, sans particules de taille supérieure Le débit total d'eau de mer indiqué dans les data sheet (fiche de données) des équipements, couvre le débit d'arrosage des faisceaux, le débit de refroidissement du condenseur et le débit de refroidissement d'eau distillée (eau de mer à la température maximale). Pour des températures d'eau de mer inférieures (pendant l'hiver), le débit d'eau de mer requis est moindre.

Les unités de dessalement de type TCD produisent de l'eau distillée de haute pureté (fig.07). La qualité d'eau distillée est vérifiée en permanence et, en cas de conductivité supérieure au seuil requis, le distillat pollué est envoyé au rejet. Pour le procès en aval de l'unité, l'eau distillée peut être refroidie via un échangeur distillat/eau de mer. L'échangeur utilisé est de type échangeur à plaques.

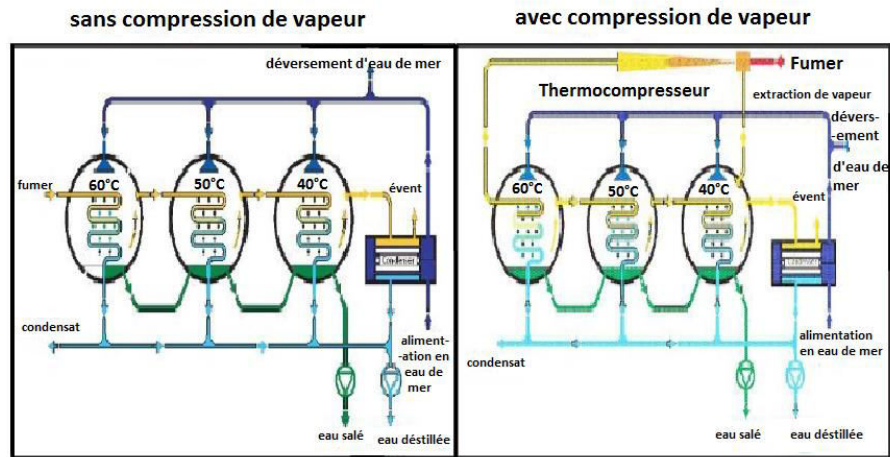


Figure 07: Principe de distillation à compression de vapeur

4.5.3. Autres procédés de dessalement

a) Congélation

La congélation de l'eau de mer fournit des cristaux de glace exempte de sel, le dessalement par congélation nécessite trois étapes :

- ✓ Congélation partielle de l'eau de mer ;
- ✓ Séparation des cristaux de glace pure avec la saumure ;
- ✓ Fusion des cristaux de glace.

Lorsqu'on refroidit une eau de mer jusqu'à environ (2°C), il y a une formation de cristaux de glace qui sont constitués d'eau douce. L'eau de mer étant alors plus concentrée, elle résiste mieux à la congélation, si on fait baisser l'avantage la température, la production de glace augmente, aux environs de la température (9°C), de surface de sodium déca-hydraté à tendance participer pour produite de l'eau au- dessous de cette température.

b) Echange d'ion

Certaines résines, insolubles, ont la propriété d'échanger certains de leurs ions avec ceux Dissel dissous dans la solution (l'eau de mer) avec laquelle on met ces résines en contact. On utilisées résines anioniques pour échanger les anions de la solution par des ions OH^- et les résines cationiques qui permettent de remplacer les cations (Na^+) par des ions H^+ . Ce procédé est plutôt utile pour déminéraliser l'eau de faible teneur en sel.

c) Distillation solaire

On utilise surtout la distillation solaire pour obtenir des petites quantités d'eau douce. Cette méthode est fréquemment utilisée dans les îles grecques et en Polynésie par l'énergie solaire globale qui atteint le sol dans les régions tropicales et «équatoriales et qui est d'environ 58.6 kJ (m².min) et un évaporateur solaire constitué d'un bac pour contenir l'eau à faire évaporer et pour absorber l'énergie solaire, une toiture de verre ou de matière plastique ainsi que deux rigoles destinées à recevoir l'eau douce produite.

L'énergie rayonnante de faible longueur d'onde traverse la toile de verre, absorbée en grande partie par l'eau et par le fond du bac pour être convertie en énergie thermique produisant ainsi de l'eau douce qui s'infiltre vers les rigoles se trouvant latéralement au bac.

4.6. Rejets et impacts de dessalements

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

Les activités de construction et d'exploitation peuvent se traduire par une série d'impacts sur les zones littorales, affectant notamment la qualité de l'air, la qualité de l'eau, la flore et la faune marines, la perturbation d'écosystèmes importants (dunes de sable, herbiers marins et autres habitats vulnérables par suite de l'emplacement choisi pour le trajet des canalisations), le dragage et l'élimination des déblais qui en résultent, le bruit. Toute une série de produits chimiques et d'additifs servent en effet, lors du dessalement, à prévenir ou combattre l'entartrage ou la prolifération de microorganismes dans les circuits, faute de quoi la bonne marche de l'exploitation serait entravée.

4.6.1. Saumure

La saumure est un sous-produit du dessalement inévitable, qui est déchargée, généralement dans l'environnement marin. Les constituants présents dans ces eaux résiduelles rejetées par les usines de dessalement dépendent dans une large mesure de la qualité de l'eau d'alimentation, de la qualité de l'eau douce produite et de la technique de dessalement adoptée.

Cependant, les rejets des usines de dessalement ne comprennent pas seulement l'effluent de saumure concentrée, les désinfectants et les agents anti-salissures (anti-fouling), mais également des eaux chaudes et des effluents aqueux tels que les distillats et condensats d'éjecteur

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

4.6.2. Effets dus aux produits de la corrosion

Sont rejetés par les unités de dessalement et peuvent constituer une menace pour les organismes d'estuaire en raison de leur toxicité. Nous avons :

a) Effets dus aux additifs antitartres

Les produits utilisés contre l'entartrage sont les phosphates polymères. Dans une zone marine oligotrophe comme la mer méditerranée, le rejet de ces produits peut avoir des effets drastiques tels que des efflorescences algales, des proliférations d'algues macroscopiques, etc. Ces dernières années, les agents antitartre les plus largement utilisés ont été les polymères de l'acide maléique pour empêcher l'apparition d'effets eutrophisants.

b) Effets des additifs anti-mousses

Les agents anti-mousses sont des détergents. Ces derniers ont des effets nocifs sur les 5 organismes en altérant le système membranaire intracellulaire. Les effets sur l'écosystème marin n'ont pas été étudiés mais pourraient être négligeables.

4.6.3. Les traces de métaux

Le Ni, Mo, Fe, Cr, Zn, provenant de la dissolution de tuyauterie et système de condensateur de refroidissement et autres dépendants des alliages présents dans la ligne du process. Ces métaux provoquent des stressés au niveau des communautés aquatiques et leurs effets seront plus marqués au niveau des habitats benthiques soumis à un enrichissement plus élevé de métaux trace. Les métaux provoquent des stressés au niveau des communautés aquatiques et leurs effets seront plus marqués au niveau des habitats benthiques soumis à un enrichissement plus élevé de métaux trace.

a) Le Cuivre

A forte concentration, le Cuivre est très toxique et joue le rôle d'inhibiteur d'enzymes au niveau de l'organisme et peut entraîner le décès d'un nombre important d'espèces susceptibles. Pour le phytoplancton, le Cuivre inhibe la photosynthèse, limite l'absorption et l'assimilation du

nitrate et l'adsorption du silicate. Au niveau des poissons d'estuaire, des changements apparaissent dans la physiologie de l'organisme, la reproduction et le développement.

b) Le Fer

Le Fer est contenu dans certains additifs entrants dans le processus de dessalement. En présence d'une forte salinité peut conduire à un accroissement de la turbidité qui risquera de perturber la photosynthèse.

4.6.4. Impact de bruit

Une usine de dessalement par filtration membranaire est plus bruyante, et la majeure partie de ce bruit provienne des pompes haute pression et des turbines de récupération d'énergie qui présente un danger pour les travailleurs de la station.

4.6.5. Effets dus au prélèvement d'eau de mer

Les usines de dessalement de l'eau de mer ont des dispositifs d'admission situés au large qui leur permettent de prélever de grosses quantités d'eau à proximité de certains habitats marins. Par exemple, des tambours tamiseurs sont souvent disposés entre le dispositif d'apport et les pompes d'alimentation afin d'empêcher des débris flottants, des organismes marins volumineux et autres matières de pénétrer dans le circuit de prétraitement de l'usine de dessalement.

Le prélèvement représente deux sources potentielles d'impact, à savoir le heurt du poisson sur les tambours et l'introduction de biotes dans le circuit d'eau d'alimentation qui représente une menace importante pour le phytoplancton et le zooplancton, pour conséquences des dommages physiques comme l'écaillage et des troubles tels qu'une désorientation. Ce phénomène entraîne une augmentation de la mortalité par maladie et une vulnérabilité accrue à la prédation.

4.6.6. Effets potentiels des rejets de saumures concentrées

Une variation de la salinité et/ou de la température due au rejet de saumure retentit aussi sur les habitudes migratoires du poisson le long des côtes. Si certaines espèces de poissons ressentent une variation de la salinité ou de la température, elles peuvent éviter la zone du panache et s'éloigner au large. Il s'ensuit que le poisson peut être forcé de nager sur une plus longue distance, de quitter la zone de plus grande disponibilité alimentaire et devenir davantage exposé aux prédateurs.

Les impacts de ces modalités nouvelles sont incertains car notre connaissance de la migration du poisson le long des côtes reste limitée et que l'on ne sait pas avec certitude quelle est la taille du panache susceptible d'occasionner ces effets.

La température d'effluent a une influence importante sur les propriétés physiques de l'eau de mer et peut détériorer sa qualité. La solubilité d'oxygène diminue avec l'augmentation de la température, cette température élevée de l'eau accélère la respiration de bactéries et peut promouvoir l'anoxie ou l'hypoxie contribuant à l'élimination de la vie aquatique, en particulier durant l'été.

4.6.7. Impacts des rejets de saumures sur l'écosystème marin

En ce qui concerne l'impact des saumures, il faut souligner que la salinité des saumures est comprise entre 68 et 90 g/l. Cette différence de salinité avec l'eau de mer explique le comportement du rejet hyper-salin, la masse d'eau très dense forme une couche sur le fond marin et se déplace suivant les lignes de pente maximale.

Le degré de stratification est tellement élevé que la dilution de cette masse d'eau avec la couche d'eau supérieure de salinité ambiante est très difficile, même avec un certain degré d'exposition hydrodynamique. Le concentrât contient également les résidus des produits chimiques ayant servi aux prétraitements. Ils entraînent en particulier une acidification de l'eau (pH compris entre 6 et 6.5) ce qui a un impact sur la matière biologique, et en particulier sur les coraux. Si l'on utilise du métabi-sulfite de sodium pour la dé-chloration de l'eau d'alimentation ou en tant que traitement biocide, ce produit a un impact sur le phytoplancton en particulier.

4.7. Antitartrage

4.7.1. Définition d'entartrage

L'entartrage est un dépôt de sels minéraux qui a tendance à se former sur les surfaces d'échanges. Compte tenu des ions présents dans les eaux salines (calcium, magnésium, bicarbonate, sulfate) ces dépôts sont constitués principalement par du carbonate de calcium (CaCO_3), de l'hydroxyde de magnésium ($\text{Mg}(\text{OH}_2)$) et du sulfate de calcium (CaSO_4) (fig. 08).



Figure 08 : Photographie d'entartrage sur les tubes intérieurs et extérieurs de l'évaporateur prise de l'unité de dessalement TCD6-8000

4.7.2. Principaux dépôts de tartre rencontrés en dessalement :

Les dépôts de tartre que l'on rencontre le plus fréquemment dans les installations de dessalement sont:

- ✓ L'hydroxyde de magnésium $Mg(OH)_2$ (brucite).
- ✓ Le sulfate de calcium (anhydrite, hemihydrate, gypse).
- ✓ Le carbonate de calcium $CaCO_3$ (calcite, aragonite).
- ✓ Des silicates de calcium dont $CaSiO_3$.
- ✓ Le ferro silicate de sodium (acmite).
- ✓ Le silico-aluminate de sodium (analcite).
- ✓ Des silicates de magnésium dont $MgSiO_3$.
- ✓ La silice SiO_2 .

Des matières occluses (oxydes de fer, matières en suspension, matières organiques, sels peu solubles d'autres métaux) sont souvent renfermées dans ces dépôts de tartre.

La composition des dépôts dépend de la température:

- ✓ Au-dessus de $120^\circ C$ il y a prédominance de $CaSO_4$
- ✓ De $85^\circ C$ à $120^\circ C$, il y a prédominance de $Mg(OH)_2$.
- ✓ En dessous de $85^\circ C$, le dépôt de $CaCO_3$ presque pur.

4.7.3. Les facteurs de précipitation de l'entartrage :

Habituellement la formation de dépôts est associée à la précipitation qui ne conduit pas nécessairement à l'entartrage. Bien que ce soit rare, il peut arriver que les précipités n'adhèrent pas à la paroi et que les matières en suspension ne forment pas de dépôts.

Pour la précipitation il faut considérer les facteurs thermodynamiques suivants:

- La température.

- La pression.
- Les gaz dissous.
- Les caractéristiques de l'eau telles que la force ionique et/ou les teneurs en calcium et magnésium.
- Les facteurs cinétiques.

Pour l'entartrage, d'autres facteurs interviennent:

- l'adsorption d'autres matières.
- la nature et l'état de surface du matériau.
- l'adhérence des précipités sur la paroi.
- les conditions hydrodynamiques
- les forces de cisaillement dues au mouvement du fluide

4.7.4. Conséquences de l'entartrage :

Susceptibles de déposer de grandes quantités de carbonate de calcium (entartrage). Les dépôts de carbonate de calcium (tartre) qui s'observent dans les innombrables installations industrielles et domestiques où l'on véhicule des eaux naturelles ou de distribution ont de graves conséquences techniques et économiques:

- désactivation des lessives et savons par formation de complexes avec les ions calcium.
- Les bouchages partiels ou totaux des canalisations avec affaiblissement des débits.
- diminution des échanges thermiques dans le cas des chaudières.
- grippage des dispositifs d'arrêt (vannes, robinets).
- formation de dépôts sur les appareils ménagers.

Conséquences technologiques et économiques de l'entartrage sont variées:

- Une diminution progressive des sections de tuyauteries avec une augmentation des pertes de charge.
- Le colmatage des filtres.
- Le manque d'uniformité d'irrigation et de fertigation.
- Le raccourcissement de la durée de vie des équipements à la parcelle déjà coûteux. Le mauvais fonctionnement des organes d'équilibrage hydrauliques.
- Des pertes de rendement dues au pouvoir isolant du tartre, ce qui augmente les consommations d'énergie.

- Une élévation de température de service des appareils avec le risque de destruction par surchauffe.
- En outre, le tartre en grande quantité est un agent favorisant le développement de certaines bactéries comme les légionelles.

4.7.5. Différents moyens de lutte contre l'entartrage:

L'entartrage est un phénomène gênant et inévitable pour les circuits d'eau domestique, industrielle ou d'irrigation. Le carbonate de calcium est l'élément perturbateur principal dans les conduites d'eau. Les procédés de prévention de la formation du tartre peuvent être classés en deux catégories:

- Les procédés chimiques
- Les procédés physiques.

Le choix du type de traitement doit être adapté à la composition de l'eau et aussi à l'usage auquel elle est destinée.

a) Traitements physiques : Les procédés physiques ont l'avantage de ne pas modifier ni la composition chimique de l'eau, ni ses propriétés physico-chimiques (pH, résistivité, dureté...), ni ses critères de potabilité et n'ont aucune influence sur l'environnement. Ils sont peu consommateurs d'énergie, demandent peu d'entretien et sont généralement peu onéreux en fonctionnement. Cependant leur principe d'action est encore insuffisamment connu et cela limite leur développement. Ils sont de plusieurs types. On peut citer:

- **Les procédés électromagnétiques:** la génération d'ondes électromagnétiques de moyenne fréquence (quelque kHz) envoyées dans des antennes de bobines autour des canalisations.
- **Les procédés magnétiques:** l'eau à traiter passe avec un mouvement hélicoïdale à travers une série d'aimants permanents disposés d'une manière adéquate.
- **Les procédés qui agissent par microélectrolyse de l'eau:** l'eau à traiter passe à travers une cuve en acier inoxydable fonctionnant en cathode et traversée par une anode en titane. On applique aux bornes de cette cellule d'électrolyse une tension électrique.
- **Les procédés ultrasoniques:** L'étude fondamentale de tous ces procédés a suscité depuis 1940 des périodes successives d'engouement et de désaffection. Les bases scientifiques de leurs principes de fonctionnement ne sont pas totalement éclaircies et aucune théorie satisfaisante les concernant n'est disponible. L'inconsistance des notices commerciales concernant ce type de matériels leur confère une réputation ambiguë.

b) Traitements chimiques : Les procédés chimiques sont très couramment employés. La précipitation de carbonate de calcium peut être empêchée de quatre manières.

- ✓ Précipitation à la chaux.
- ✓ Décarbonatation à l'acide.
- ✓ Germination ou ensemencement.
- ✓ Adoucissement sur résines de l'eau de mer.
- ✓ Inhibiteurs d'entartrage.

4.8. Antimousse :

La production de mousses lors de l'évaporation de l'eau de mer est provoquée par la présence de tensioactifs, souvent en très faibles quantités, qui modifient la tension superficielle du liquide (fig.09).

La vapeur d'eau douce se présente alors sous forme des bulles, enfermées dans une pellicule de liquide. Ces bulles, très légères, sont entraînées et la quantité de liquide (eau de mer plus ou moins concentrée) qui accompagne ainsi la vapeur peut être si importante qu'elle rende l'évaporation inapte au service demandé par suite d'une salinité trop élevée de l'eau déminéralisée.

Les mousses peuvent être combattues par divers moyens. La solution la plus utilisée est d'agents anti-mousses.



Figure 09: une photographie de mousse de mer

Ce problème pouvait intervenir en cas de présence de :

- ✓ Des hydrocarbures liquides dans le gaz.
- ✓ Des solides en suspensions finement divisés.
- ✓ Des inhibiteurs de corrosion.
- ✓ Des produits de dégradation de MEA.
- ✓ L'excès d'agent anti-mousse et l'eau d'appoint ayant une teneur élevée en matières minérales.

- ✓ Variation brusque de débit de charge ou de MEA.
- ✓ Des turbulences excessives et une grande vitesse de contact liquide/gaz entraînent également un moussage de la solution.
- ✓ Huiles et graisse.
- ✓ Ce moussage limite la capacité de la section de décarbonatation, entraîne des pertes de solution et affecte la performance de l'absorbeur et de la colonne de cette section, car le moussage signale une solution de mauvaise qualité.

Il existe deux façons de contrôler la mousse :

- ✓ Agent d'émoussant (élimination de la mousse) : sont des produits qui détruisent la mousse déjà formée, mais qui en générale, n'empêchent pas la formation de mousse.
- ✓ Agent antimousse (prévention de la mousse) : sont des produits qui préviennent la formation de mousse.

Chapitre II
Matériels et Méthodes

Chapitre II : Matériels et méthode

1. Présentation de POLYMED (CP2/k)

1.1. Situation géographique de POLYMED

Le complexe PEHD (Polymed ou CP/2K) est implanté à l'intérieure de la zone industrielle de Skikda, d'une superficie de 16,68 hectares dont 10% bâtis. Le projet PEHD se trouve sur la côte à 06 km à l'Est du chef-lieu de la wilaya de Skikda et à une hauteur moyenne d'environ 06 m au-dessus de la mer (fig. 10).

La Position géographique limitée comme suit:

- ✓ **Au Nord:** la mer Méditerranée
- ✓ **Au sud:** la route principale de la zone industrielle.
- ✓ **A l'Est:** FIR (La force d'intervention et de réserve).
- ✓ **A l'Ouest:** CP1K (complexe matière plastique).

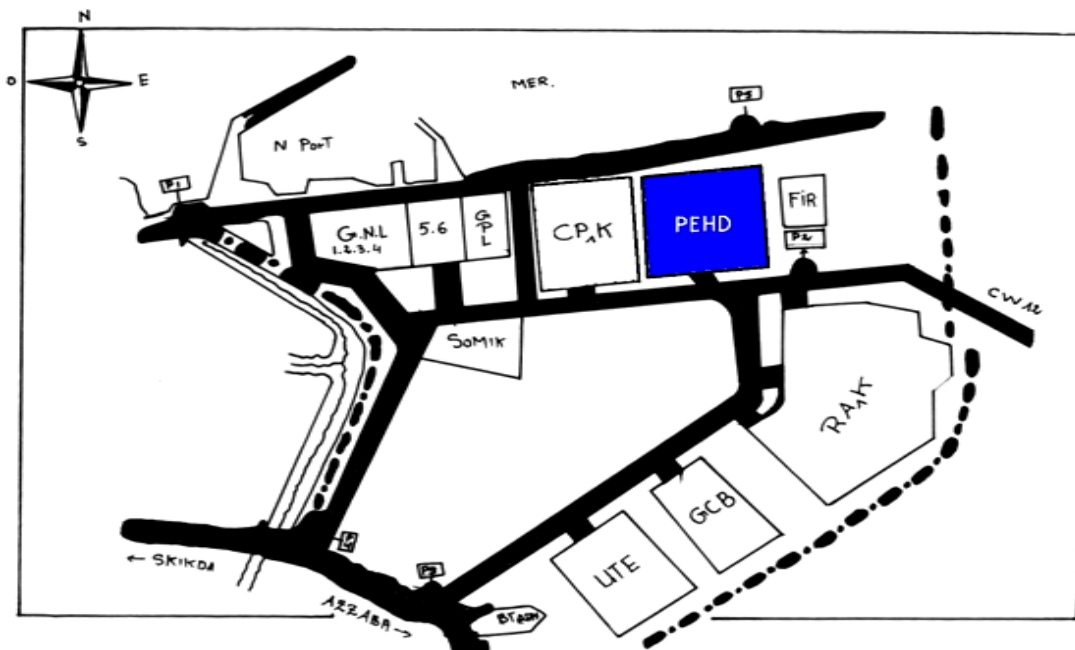


Figure 10: Situation du complexe POLYMED dans la zone industrielle de SKIKDA.

1.2. Présentation Utilité

C'est une unité a démarré en septembre 1977, son but est d'alimenté les autres unités par différents types de l'eau (l'eau de mer, l'eau de saumure et l'eau produite) et de vapeur (haute, moyenne et basse pression). Cette utilité comprend 7 sections divisées en deux sous unités:

1.2.1 Unité d'eau

Elle se compose essentiellement de 4 sections:

a) **Prise de l'eau** : Cette section est constitué de:

➤ **Tête de prise**

La prise d'eau de mer doit permettre d'obtenir à l'entrée de l'usine de dessalement une eau de la meilleure qualité possible, avec un batardeau pour fermer/ouvrir le canal.

➤ **Canal d'entrée d'eau de mer**

C'est un canal de longueur d'environ 850 m et diamètre 3,5 m, destiné pour le transport d'eau de mer jusqu'à le bassin par gravitation, avec batardeau à l'entrée du bassin pour couper l'eau de mer dans le cas on fait le nettoyage du bassin, dans ce bassin on trouve 4 batardeaux pour couper l'eau à les filtres rotatifs (fig. 11).



Figure 11 :Entrée de l'eau de mer

➤ **Section de prétraitement**

Il y a 4 grilles fixées pour ne pas laisser passer les grandes déchets (les saches, bouteilles, ...) (fig.12), après chaque grille fixée il y a des filtres rotationnelles pour éliminer les déchets qui passent sur les grilles fixées.



Figure 12 : Des grilles pour éliminer les macros particule

Ces derniers sont nettoyés automatiquement avec l'eau de mer en utilisant des pompes à l'énergie électrique, avec deux installations pour injecter les produits chimiques (Cl_2 et NaOCl) pour le traitement chimique.

➤ **Station de pompage**

Il existe 3 pompes qui utilisent l'énergie électrique et un turbine, ces pompes aspirent l'eau du bassin et alimenter le collecteur, et 2 pompes contre l'incendie l'un électrique et l'autre diesel, chaque semaine on démarrer ces pompes 15-20 minutes (fig. 13).

b) Section de dessalement : L'unité utilise la méthode TCD (Thermo-Compression Distillée) se composent de 6 Cellules, et avec production total $333 \text{ m}^3 / \text{h}$ de l'eau distillé et stocker dans 4 bacs.

c) Section déminéralisation : On utilise deux ioniseurs à l'aide des résines cationiques et anioniques, chaque ioniseur relié avec système de régénération automatique, on fait la régénération quand on atteint un volume de 19200 m^3 ou on a une conductivité supérieur à $0,3 \mu\text{s}/\text{cm}$, l'eau déminéralisé est stocker dans deux bacs.



Figure 13 : Photographie d'ioniseur prise de la station de dessalement TCD 6-8000

d) Traitement des effluents : Cette installation de traitement des effluents d'égouts est conçue pour traiter tous les effluents du complexe, afin de permettre l'élimination des substances flottantes ou des substances en suspension et des matières dangereuses avant leur rejet vers la mer et évitant ainsi toute éventuelle pollution de cette dernière.

1.2.2. Utilité d'énergie

Cette unité comprend:

- a) Section chaudière :** Avant l'utilisation de l'eau déminéralisée dans les chaudières il faut le traiter, parmi les traitements on a le dégazage, l'injection de N_2H_4 (l'hydrazine) et le phosphate de sodium. Les chaudières sont des équipements statiques destinées à:
- Produire de la vapeur à partir de l'énergie calorifique du combustible (gaz naturel).
 - Modifier les températures des fluides d'une température à une température désirée.
- b) Section air/azote :** Cette section est conçue pour produire de l'azote et de l'oxygène par un procédé de liquéfaction, elle produit $9000 \text{ m}^3/\text{h}$, mais actuellement l'unité est en arrêt.
- c) Section d'énergie électrique :** Cette section fournit toute l'énergie électrique au complexe pour fonctionner. Elle est constituée de deux lignes provenant de SONALGAZ d'une puissance de 64 KV, chacune est d'un turbo générateur fonctionnant à la vapeur haute pression qui produit de l'électricité de 18,7 KW relié en parallèle avec le réseau de SONALGAZ.

2. Objectif de l'étude

Le présent travail effectué au laboratoire des analyses affiliées à CP2/K de la zone industrielle de la wilaya de Skikda, consiste d'une part à déterminer les différents paramètres physico-chimiques de l'eau échantillonnée au niveau de la station de dessalement pour différents points de prélèvements, afin d'étudier l'impact des rejets chimiques (saumures) de la station de dessalement sur l'environnement (littoral de Larbi Ben M'hidi Skikda), ainsi leurs impacts sur les différentes unités de refroidissement des machines.

3. Description du procédé de dessalement

3.1. Evaporateur et condenseur

3.1.1. Design général

Les unités de dessalement de type TCD utilisent des évaporateurs tubulaires horizontaux arrosés. Afin d'assurer la production d'eau distillée avec un minimum de maintenance, elles sont construites avec des matériaux de haute qualité. L'espace autour des unités de dessalement doit être suffisant pour assurer le bon fonctionnement des machines ainsi que leur maintenance.

L'évaporateur est monté sur un châssis conçu pour supporter toutes les charges en fonctionnement et pendant les tests: ce qui inclut les contraintes de dilatation, le vent et le poids de l'eau pendant le test hydrostatique.

L'évaporateur dispose d'ouvertures (trous d'homme ou trous de poing), de passerelles et d'échelles ou d'escaliers, pour permettre l'inspection, la maintenance, le remplacement des séparateurs, le nettoyage des plateaux d'arrosage ainsi que le rinçage des autres internes. Les cellules sont équipées de doigts de gant pour mesurer la température d'évaporation /condensation

Toutes les internes de l'évaporateur (déflecteurs, tuyauteries, piquages ...) sont réalisées dans des matériaux résistants à l'eau de mer et à la saumure. L'acier n'est jamais utilisé pour les internes ou les surfaces en contact avec l'eau de mer, la saumure, l'eau distillée ou les gaz incondensables. Les surfaces internes en acier inoxydable sont passivées.

L'évaporateur et les échangeurs tubulaires qui y sont rattachés sont conçus pour supporter les conditions maximales de pression ou de vide qui peut survenir pendant les tests ou en fonctionnement. Un disque de rupture est monté sur l'unité de dessalement pour la protéger contre une pression excessive. Des anneaux de renforts extérieurs en acier sont soudés sur l'évaporateur pour le renforcer. Le calcul et la construction se font suivant le code mentionné dans le document « TCD main codes and standards ».

3.1.2. Plateaux d'arrosage

Le système d'arrosage est fait de plateaux perforés qui sont installés au-dessus de chaque faisceau tubulaire et qui sont conçus pour permettre un arrosage régulier des tubes. Ce système permet un mouillage homogène du faisceau tubulaire et permet d'éviter les zones mal arrosées qui sont sujettes à l'entartrage. De plus, la vitesse de l'eau de mer arrosant les rangées supérieures est bien inférieure à celle qui prévaut avec l'utilisation de buses, ce qui évite les problèmes d'érosion des rangées supérieures. Les plateaux d'arrosage sont démontables. Avec l'utilisation de plateaux de d'arrosage, aucune filtration sophistiquée n'est nécessaire. Pour empêcher le colmatage de trous des plateaux par la matière, l'alimentation d'eau de mer est habituellement filtrée dans un tamis des mailles de 1mm (fig. 14).

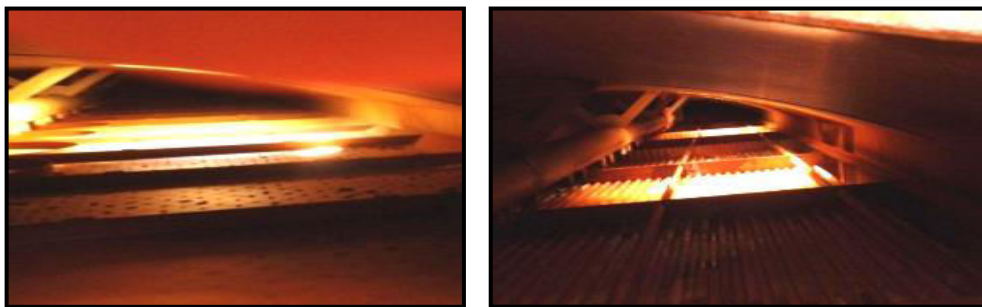


Figure 14 : Photographie du plateau d'arrosage prise de la station de dessalement TCD 6-8000

3.1.3. Séparateurs

Entre chaque cellule et à l'amont de l'aspiration vapeur du thermo-compresseur, des séparateurs en métal tissé sont montés de façon à éviter l'entraînement des gouttelettes d'eau de mer qui augmenteraient la salinité de l'eau distillée produite. Les séparateurs sont montés de façon à limiter les fuites de vapeur et à permettre leur démontage pendant les phases de maintenance.

3.1.4. Faisceau tubulaire

Le faisceau tubulaire composant chaque effet est horizontal et fixé aux plaques tubulaires par dudgeonnage. Le pas des tubes est choisi de façon à permettre un bon mouillage des surfaces tubulaires et pour permettre une bonne évacuation de la vapeur.

3.1.5. Condenseur :

Le condenseur est un échangeur tubulaire horizontal dans lequel la vapeur se condense à l'extérieur et où l'eau de mer circule à l'intérieur.

Le détubage du faisceau est possible. Afin d'éviter toute corrosion galvanique avec l'eau de mer aérée, les boîtes à eau sont équipées d'anode sacrificielle.

3.2. Thermo-compresseur :

Afin d'améliorer l'efficacité de la distillation multi-étagée, les unités de type TCD sont équipées de thermo-compresseur, qui sont des éjecteurs à vapeur, sans pièce mobile. En comparaison d'un simple MED de même surface d'échange et de même production, le TCD à une consommation de vapeur beaucoup plus faible.

Le but du thermo-compresseur est d'aspirer la vapeur d'une cellule à faible température (La cellule 2) et, en la mélangeant avec la vapeur motrice, de la réinjecter au niveau de la première cellule (celle fonctionnant à la température la plus haute).Le thermo-compresseur est composé de:

- Une ou plusieurs tuyères d'admission de la vapeur motrice (connectées au collecteur d'alimentation).
- Une chambre de mélange.
- Un convergent / divergent.

A la sortie de la tuyère, la vapeur motrice est détendue et se mélange avec la vapeur aspirée, lui communiquant ainsi de l'énergie cinétique. Cette énergie cinétique se transforme en pression dans le convergent / divergent.

Le rendement du thermo-compresseur est le rapport entre la quantité de vapeur aspirée et la quantité de vapeur motrice requise. Ce rendement dépend en particulier de la pression de la vapeur aspirée, de la pression de la vapeur motrice et de la pression de refoulement requise à la sortie du thermo-compresseur (fig.15).

Chaque TCD est équipé d'un thermo-compresseur conçu de manière à obtenir le débit d'eau distillée requis avec les conditions de vapeurs existantes. Le thermo-compresseur est également conçu pour permettre de faire fonctionner l'unité de dessalement à charge réduite, en réduisant la pression de vapeur motrice.



*Figure 15 : Photographie du thermo-compresseur prise de la station de dessalement
TCD 6-8000*

3-3 Système de mise sous vide :

Le procès utilise la distillation sous vide. Pour ce faire il est nécessaire dans un premier temps d'évacuer l'excès d'air présent dans l'unité, et ensuite les incondensables résultant du dégazage de l'eau de mer et des petites fuites diverses. Le système de mise sous vide se compose de 2 éléments:

- L'éjecteur de démarrage : utilisé pour préparer le vide dans l'unité.
- Le groupe de maintien de vide (GMV) : pour compenser en cours de fonctionnement les faibles entrées d'air dues au dégazage de l'eau de mer d'appoint et aux légères fuites inévitables aux joints des équipements.

A l'intérieur de l'évaporateur, le système de ventilation est conçu de façon à éviter les concentrations d'incondensables sur les surfaces tubulaires. Les incondensables de chaque cellule sont transférés jusqu'au condenseur d'où on les extrait par un système de mise sous vide par éjecteurs de vapeur.

Les éjecteurs sont montés en cascade et refoulent sur des condenseurs d'éjecteur. Ils permettent de maintenir le vide dans l'unité. Les condenseurs d'éjecteur sont refroidis avec l'eau

de mer qui va arroser la première cellule. En complément, un éjecteur de démarrage (*HOGGING EJECTOR*) est utilisé pour évacuer l'air au démarrage de a mise sous vide.

3.4. Le principe de fonctionnement

L'évaporateur est alimenté par l'eau de mer à partir de la prise avec débit de 2100 m³/h, passe par deux filtres. Le 1er en service et le 2ème en standby. Il mesure la pression avant et après les filtres. Si $\Delta p > 0,5$ le filtre est poché, on ouvre la vanne du 2^{ème} filtres et fermer la vanne du 1er filtres pour le nettoyage. Après il faut d'injecter les produits chimiques antitartre et anti-mousse dans le canal de l'eau de mer avant l'entrée l'évaporateur. 292 m³/h utilisé pour refroidir l'eau distillée et le reste passe au condenseur pour chauffer l'eau de mer et refroidi l'eau distillée.

A la sortie du condenseur, une partie envoyer vers le rejet et l'autre partie 980 m³/h pour alimenter les six cellules. La 5ème et la 6ème alimentée par l'eau de mer par gravitation, mais les autres cellules utilisent deux pompes, l'une en service et l'autre en Standby.

Les cellules 3, 4, 5 et 6 sont alimenter par débit de 95 m³/h et le 1er et la 2^{ème} cellule sont alimenter par 300 m³/h. L'eau de mer avant d'entrer dans la cellule chauffée dans les préchauffeurs avec les vapeurs non condensable pour éviter le choc thermique. Au démarrage, on utilise la vapeur moyen pression qui est utilisée par l'éjecteur de démarrage pour créer le vide. L'éjecteur aspire l'air de la cellule et les conduites et le dégager vers l'atmosphère, après l'éjecteur de démarrage d'arrête et démarrée l'éjecteur de mise de vide pour fixer la pression dans les cellules (fig.16).



Figure 16: Photographie des tubes U prise de la station de dessalement TCD 6-8000

La vapeur à haut pression entre dans la 1^{er} cellule, et passe dans les tubes, ce dernier est rosé par l'eau de mer. La vapeur condensé et récupérer dans un canal spécial, et une partie de l'eau de mer vaporisé et passe par métal tissé qui fixe les gouttelettes et les matières en suspension, la vapeur qui sorte de la 1^{er} cellule partie entrer dans la 2^{ème} cellule et les vapeurs non condensable va au préchauffeur. A la sortie de la 2^{ème} cellule le thermo-compresseur aspirer l'eau distillée et mélange avec la vapeur dans la chambre de mélange pour diminuer la température (170°C à 74°C). Une partie de la vapeur entre dans la 3^{ème} cellule, et ainsi de suite.

L'eau distillée et la saumure passe à une cellule à une autre par des tube U jusqu'à la 6^{ème} cellule. La saumure vers le rejet et l'eau distillée ci la conductivité >50 µs/cm vers le rejet, si la conductivité <50 µs/cm vers les bacs de stockage, et on ajoute le NOAH si le pH est acide.

4. Mode de prélèvement

Le prélèvement a été effectué selon les étapes suivantes :

1. Préparation des flacons propres en plastique d'un litre pour l'échantillonnage.
2. Ouvrir la vanne d'échantillonnage et permettre à l'eau de s'écouler pendant au moins 2 minutes avant la collection.
3. Rinçage du flacon d'échantillonnage au moins deux fois avec de l'eau traitée.
4. Remplir chaque flacon lentement avec un faible débit pour éviter les turbulences et la formation des bulles d'air.
5. Fermer le flacon et s'assurer qu'il n'y a pas de vide au-dessus de l'échantillon.
6. Étiquetages des flacons d'échantillonnage en déterminant le point de prélèvement, la date et l'heure.
7. Il est recommandé d'effectuer l'analyse immédiatement après la collecte. Si non, conserver l'échantillon avec la méthode de stockage appropriée en conséquence.

Pour les différents points de prélèvement des différents types eau à analyser eau de mer (fig.17), eau produite (fig.18) et eau de saumure (fig.19). On procède au même protocole suivant :

1. On utilise des Flacons en verres ou en plastiques à usage unique
2. On rince avec l'eau à analyser plusieurs fois.
3. La bouteille doit être conservée à l'abri de la lumière et la chaleur.

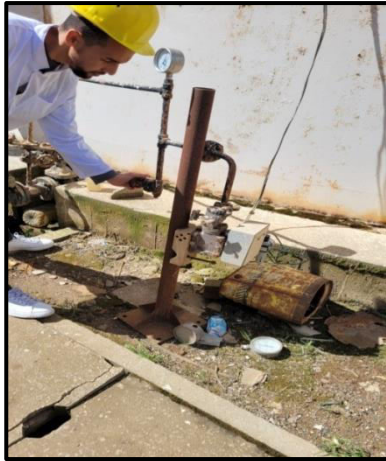


Figure 17 : Point de Prélèvement d'eau mer *Figure 18 : Point de Prélèvement d'eau produite*



Figure 19 : Point de prélèvement eau de Saumure

5. Paramètres physicochimiques :

Prenez des échantillons de l'eau produite à partir des bacs de stockages (DFB106B) et faire les analyses suivantes.

5.1 Mesure de la Température :

- Mettre l'appareil en marche.
- Etalonner le avec de l'eau produite.
- Plonger ensuite la sonde tout en agitant légèrement dans un béccher qui comporte environ 100 ml de notre échantillon (fig.20)
- Laissé stabiliser et lire ensuite la température en (°C).
- Il faut également rincer la sonde après chaque mesure.

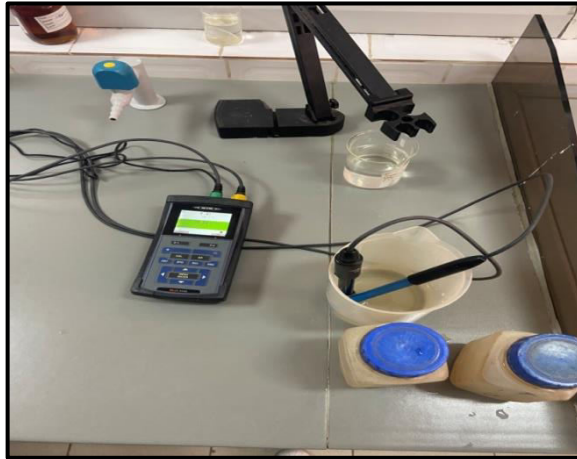


Figure 20 : appareil de mesure la température

5.2. Mesure du pH :

Les déterminations du pH se font à l'aide d'un pH- mètre (fig.21). On immerge l'électrode de l'appareil dans 500 ml d'échantillon jusqu'à stabilisation des valeurs du pH affichées, Puis on valide cette valeur.



Figure 21 : Photographie du pH mètre

5.3. Mesure de la conductivité

- Réalisée à l'aide d'un conductimètre
- Allumer le conductimètre (fig.22).
- Agiter l'échantillon doucement et verser 100 ml de l'eau à analysée dans un bécher propre.
- Rincer la sonde avec de l'eau ultra pure puis avec de l'eau à analysée.
- Immerger la sonde dans l'échantillon et essayer d'éliminer les bulles d'air au cours de la stabilisation de la mesure avec une simple agitation de la sonde.

- Enregistrer la valeur de la conductivité électrique et la température qui sont affichées sur l'appareil après la stabilisation de la lecture.
- Rincer la sonde.
- Arrêter l'appareil.



Figure 22 : Photographie d'un conductimètre

5.4. La matière solide dissoute totale (TDS)

- Chauffer l'étuve à 180 °C.
- Homogénéiser l'échantillon avec un agitateur magnétique
- Mettre un filtre dans l'entonnoir de Buchner et l'humidifier avec un peu d'eau ultra pure.
- Filtrer un volume d'échantillon déterminé V.
- Peser et noter le poids d'une capsule d'évaporation vide W2.
- Verser l'échantillon filtré dans la capsule d'évaporation.
- Mettre la capsule et le filtrat dans l'étuve pendant deux heures.
- Après deux heures, faire sortir la capsule et la laisser refroidir dans le dessiccateur.
- Peser la capsule et noter le poids W1.

5.5. La turbidité

A l'aide d'un turbidimètre (fig.23) la mesure de la turbidité est effectuée selon les étapes suivantes :

- Calibrer le turbidimètre avec les solutions d'étalons (800NTU. 100NTU. 20NTU. 0,02NTU).
- Vérifier la fiabilité d'étalonnage avec la mesure de la turbidité de l'un des solutions d'étalons.
- Agiter gentiment le flacon contient l'eau à analyser.
- Rincer la cuvette avec l'eau ultra pure et la remplir avec 10 ml de l'eau à analyser.

- Nettoyer la cuvette et s'assurer que la surface de la cuvette est sèche et qu'elle ne contient aucunes tâches.
- Placer la cuvette dans le turbidimètre et appuyer sur READ.
- La mesure est affichée sur l'écran en NTU de l'instrument.
- Rincer la cuvette.



Figure 23 : Photographie d'un turbidimètre

5.6. Mesure des matières en suspensions

Elles caractérisent la teneur des éléments non dissous de diverses Granulométries transportées par l'eau de mer. Ces matières peuvent être d'origine minérale ou organique.

Un échantillon représentatif est filtré à travers une membrane filtrante en fibre de verre Ayant une porosité nominale de $2,2\mu\text{m}$. Les matières retenues sur le filtre sont séchées dans l'étuve à 105°C pendant 1heur puis pesées a nouveau. La quantité des MES est la différence de masse entre la masse initiale et la masse finale.

5.7. Mesure 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^-).

5.8. Mesure de la dureté totale de l'eau (THT)

- Prendre une prise d'échantillon de 50 ml.
- Ajouter quelques gouttes de solution tampon.
- Ajouter une pincée de noir eriochrome T.
- La solution doit devenir rouge, titrer avec EDTA jusqu'au virage bleu vert.

5.9. Mesure de Calcium (Ca^{2+})

- Prendre une prise d'échantillon de 50 ml.
- Ajouter 10 ml de la solution tampon (pH = 12).
- Ajouter 2 gouttes de la solution de murexide.
- Titrer avec EDTA jusqu'au virage du rose au violet.

5.10. 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 .

5.11. Nitrites

- Si l'échantillon est trouble, le filtrer de préférence
- Prendre une PE de 50 ml dans un erlenmeyer de 250 ml.
- Ajouter 50 ml de KMnO_4 à 0,04 N.
- Ajouter 10 ml de H_2SO_4 à 1/2.
- Chauffer sur un bain de sable jusqu'à environ 90°C .
- Retirer l'erien du bain et le mettre sur un agitateur magnétique.
- Ajouter 50 ml de $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ préparé au moment du dosage.
- La solution doit se décolorer après rajout de $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$.
- Titrer avec KMnO_4 à 0,04 N jusqu'au virage au rose.
- Blanc : Même procédure mais avec de l'eau produite.

5.12. Chlorures

- Prendre une PE de 50 ml ajusté le ph à 8,3 avec une solution de H_2SO_4 (1+19) et une solution de NaOH à (10g/l)
- Ajouter quelques gouttes de l'indicateur K_2CrO_4 et titrer jusqu'au virage rouge brique.

Chapitre III
Résultats et Discussion

Chapitre III : Résultats et discussion

La présentation et la discussion des résultats de l'analyse de l'eau de mer sont structurées selon trois volets, en référence du décret exécutif n°09-414 correspondant au 15 décembre 2009 fixant la nature, la périodicité et les méthodes d'analyse de l'eau de consommation de l'eau humaine (J.O.R.A. n° :14-96,2014) (Annexe 01) et 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. : Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, mises à jour en 2006 sont la référence en ce qui concerne la sécurité en matière d'eau potable (Annexe 02). À savoir: la description des paramètres bactériologiques et physico-chimiques en relation avec la structure naturelle de l'eau.

L'exploration des paramètres chimiques dont le profil en certains polluants tels que les nitrites, les chlorures, la salinité et la conductivité, Ces paramètres sont évalués selon les normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (Annexe 03) et les normes algériennes de consommation en eau potables. Nous présentons aussi les résultats d'une comparaison de quelques éléments étudiés, entre l'eau de mer comme source et les produits de son traitement (eau produite et la saumure).

Pour vérifier la fiabilité de dessalement de l'eau de mer par le procédé thermo-compression distiller (TCD) au niveau du complexe CP/2K, nous avons effectué des analyses physico-chimiques de l'eau produite (distillée et déminéralisée), et les analyse de l'eau de mer et l'eau de saumure.

1. Résultats et interprétation des analyses physico-chimique de l'eau de mer, l'eau produit, et l'eau de Saumure.

Dans cette partie, nous présentons les résultats des analyses des différents paramètres physico-chimiques mesurées dans les différentes eaux étudiées : l'eau de mer (EM), l'eau produit (EP), et l'eau de saumure (ES). Dont une valeur moyenne annuelle est calculée pour chaque paramètre, en suite cette moyenne est comparer à d'autres auteurs et les nomes algériennes.

1.1. Résultats et interprétation des paramètres physico-chimiques de l'eau produit :

Les résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau produit sont consignés dans le tableau suivant :

1.1.5. Totale des solides dissous

Le total des solides dissous ou TDS représente la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau. Les résultats obtenus après l'analyse de l'eau produite ont montré que la moyenne du TDS égale a 1.86 mg/l (tab.7) ; qui conforme aux normes préconisées par la norme algérienne et l'oms(2006) qui est 1000 mg/l dans les eaux traitées par dessalement.

1.1.6. Matières en suspensions

D'après nos analyses, nous observons une absence totale des matières en suspensions dans l'eau produite, cela nous renseigne sur l'efficacité de l'étape de prétraitement.

1.1.7. Nitrites

La mesure des teneurs en nitrites de l'eau produite montre une valeur moyenne de 190 mg/l (tab.7). Elle reste largement supérieure à la valeur recommandée en nitrites selon le JORA (2014) et l'oms (2006).

1.1.8. Chlorures

La teneur de chlorure dans l'eau produite a une valeur moyenne de 570 mg/l, cette teneur est conforme à la norme Algérienne qui est 500 mg/l et l'oms qui est 250 mg/l (tab.7).

1.1.9. Les ions carbonates et les ions bicarbonates

La valeur de la moyenne de concentration en bicarbonate de l'eau distillée est de 13.58 mg/l, par contre aux mesures des concentrations en carbonates qui ont une valeur nulle (tab.07).

Et pour le reste des paramètres: le magnésium (mg^{2+}) et le calcium (ca^{2+}), en enregistre une absence totale dans l'eau produite ce qui est conforme à la norme Algérienne et l'OMS. (tab.07)

1.2. Résultats et interprétation des paramètres physico-chimiques de l'eau mer et l'eau de saumure.

Les résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau de mer et de l'eau de saumure sont consignés dans le tableau 08.

moyenne de 58040,00 $\mu\text{s/cm}$ (tab.8) et pour l'eau de mer ces valeurs sont comprises entre 54800 à 56040 $\mu\text{s/cm}$ avec une valeur moyenne de 55630,0 $\mu\text{s/cm}$.

1.2.4. Turbidité

Le tableau ci-dessus montre que la turbidité de l'eau de saumure (0,15 NTU à 0,60 NTU) et l'eau de mer de (0,04 NTU à 0,20 NTU) sont faibles (tab.8) et inférieure à la norme mentionnée par la norme Algérienne, ce paramètre physique peut changer au cours du temps.

1.2.5. Totale des solides dissous

Le taux du TDS dans l'eau de mer est 42428,90 mg/l est passé de 45857,14 mg/l dans l'eau de saumure (tab.8), ces valeurs sont élevées pour les deux eaux surtout pour la saumure.

1.2.6. Matières en suspensions

D'après les résultats du tableau qui montre que le taux de MES dans l'eau de mer est de 40 à 73 mg/l avec une valeur moyenne de 63,20mg/l (tab.8), cette dernière est inférieure dans l'eau de saumure qui ne dépasse pas une valeur moyenne de 62 mg/l et reste supérieure a la norme Algériennes (JORA2006)

1.2.7. Dureté totale

D'après les résultats du (tab.8), la valeur la plus élevée est dans la saumure avec une valeur moyenne de 2713,43°F, par rapport à l'eau de mer qui a une valeur moyenne de 1624,57°F.

1.2.8. Nitrites

D'après les résultats du (tab.8), la valeur moyenne de l'eau de saumure est comprise entre 51 et 5740 mg/l, nous constatons que la valeur des nitrites dans l'eau de saumure est considérablement élevée par rapport à l'eau de mer qui a une valeur comprise entre 47 et 1070 mg/l. Elle reste largement supérieure à la valeur recommandée en nitrites selon le JORA (2014)

1.2.9. Chlorures

Nos analyses montrent que le taux de chlorure est en moyenne de 27550 mg/l variant entre une valeur minimale d'ordre de 2640 mg/l et un Maximum de 33660 mg/l, qui est considérablement élevée dans l'eau de saumure , par rapport à l'eau de mer normale qui a généralement une valeur moyenne de 17510 mg/l (tab.8).

1.2.10. Les ions carbonates et les ions bicarbonates

Les valeurs des concentrations en bicarbonates de la saumure enregistrées se varient dans un intervalle de 96,52-136,50 mg/l avec une valeur moyenne de 123,50 mg/l, sa valeur est un peu élevée par rapport à l'eau de mer dont la valeur est comprise entre 24,60-132,30 mg/l avec une valeur moyenne de 99,80 mg/l (tab.8).

Les mesures des concentrations en carbonates de la saumure s'échelonnent de 3.60-30 mg/l avec une valeur moyenne de 19,56 mg/l, nous retenons une légère différence entre celle-ci et celle de l'eau de mer qui atteint une valeur moyenne de 18,89 mg/l (tab.8).

1.2.11. Calcium

D'après les résultats du (tab.8), nous constatons que la valeur moyenne du calcium 4809,76mg/l dans l'eau de saumure est élevé d'environ deux fois de plus par rapport à celui de l'eau de mer 2464mg/l, cela est due à la forte présence du calcium dans l'eau de saumure.

1.2.12. Magnésium

La valeur moyenne de magnésium de l'eau de saumure variant entre une valeur minimale d'ordre de 1896,5 mg/l et un Maximum de 8486,3 mg/l avec une valeur moyenne de 3629.52 mg/l, sa valeur est un peu élevée par rapport à l'eau de mer dont la valeur est comprise entre 940,8-4239 mg/l avec une valeur moyenne de 2460,57 mg/l.

3. Discussion et interprétations

Nous avons évalué entre le 02 avril 2023 et le 13 avril 2023, la qualité physicochimique à travers les mesures des températures, TDS, ph, conductivités électrique, THT, nitrite, chlorures, matières en suspension, HCO_3^- , CO_3^{2-} , Ca^{2+} et Mg^{2+} dans différent types d'eaux : l'eau de mer, l'eau produite et l'eau de la saumure.

Le taux de tous les paramètres physico-chimiques de l'eau de saumure à l'issu du procédé de dessalement demeurent élevé par rapport au taux de l'eau de mer, à l'exception de quelques paramètres tels ; le pH, la température qui sont restent inférieurs.

Si on compare les résultats des analyses de l'eau de saumure de la station CP/2K avec les trois autres stations qui sont la station de Zeralda, et la station de Mostaganem et de la région d'ouest Tlemcen.

Concernant les mesures de la température de l'eau de saumure de notre station CP/2K la valeur moyenne est 27,90°C, cette valeur est inférieure des deux autres stations, la station de Zeralda (Bessenasse et Belkacem Filali, 2014) et la région d'ouest Tlemcen (Benmoussat et Habi, 2009) qui ont des valeurs moyennes similaires de 41,7°C et 41,8°C, Les résultat de deux

station Zeralda et Tlemcen dépassant la norme par (JORA 2006) , par contre nous remarquons que notre valeur reste supérieur à celle de la station de Mostaganem (Amitouche *et al.*, 2002) qui a une valeur moyenne de 17,08°C qui reste dans la norme par (JORA 2006).La température élevée peut favoriser des goûts ou odeurs désagréables, de plus, elle accélère la plupart des réactions physico-chimiques et biologiques dans le réseau hydrologique et qui favorise la croissance bactérienne et la corrosion en diminuant l'effet du chlore résiduel (Celierier et Faby, 2003).

Généralement, le ph est un facteur d'investigation de l'acidité ou de l'alcalinité d'une eau (Kassim, 2005). D'autre part ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques (Heriarivony *et al.* 2015).

Lors de notre interprétation nous pouvons voire que le pH de l'eau de saumure de la station CP/2K est d'une moyenne de 7,85 dont ils restent dans la norme par (JORA 2006), par contre pour la station de Zeralda (Bessenasse et belkacem Filali, 2014)qui à une valeur moyenne de 8,62 dépassant la norme par (JORA 2006) , et la station de Mostaganem (Amitouche et al., 2002) qui a une valeur moyenne de 7,45 , et la région d'ouest Tlemcen (Benmoussat et Habi, 2009) qui a une valeur moyenne de 8,41. Hade (2007) a rapporté que lorsque le pH est élevé, l'azote ammoniacal (NH_4^+) devient toxique tandis que pour un pH inférieur à 8, l'azote ammoniacal a peu d'influence sur la faune et la flore.

Pour la variation de la conductivité, nous pouvons retenir que la conductivité est d'une moyenne égale à 58040 $\mu\text{s}/\text{cm}$, nous observons que la station de Zeralda (Bessenasse et Belkacem Filali, 2014) et la région d'ouest Tlemcen (Benmoussat et Habi, 2009) ont des valeurs moyennes supérieurs à la station CP/2K qui sont 63300 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et 67030 $\mu\text{s}/\text{cm}$, et pour la station de Mostaganem (Amitouche *et al.*, 2002) elle a une valeur moyenne de 94800 $\mu\text{s}/\text{cm}$ qui est largement supérieur à notre valeur.

D'après Barnabe and Barnabe-Quet (2000), une conductivité électrique supérieure à 1500 $\mu\text{s}/\text{cm}$ fait considérer une eau comme inutilisable dans les zones irriguées car ayant un impact sur le développement des organismes et sur les équilibres chimiques, suivant l'affinité de chaque organisme avec la concentration des ions.

Les mesures des teneurs de la turbidité au niveau de la station de CP/2K pour l'eau de saumure montrent une valeur moyenne de 0,32 NTU, cette valeur reste relativement inférieure à la valeur de la station de Zeralda (Bessenasse et belkacem Filali, 2014) qui est 0,82 NTU et à celle de la station de Mostaganem (Amitouche *et al.* 2002) qui est 0,37 NTU ces valeurs des stations restent inférieure à la norme mentionnée par la norme Algérienne (JORA 2014). Bien

que ce paramètre affecte beaucoup la potabilité d'une eau de boisson car les consommateurs sont très sensibles par rapport à ce paramètre et qu'est une cause majeure de changement de la coloration de l'eau (Andriamihaja, 2014). La turbidité exprime le degré de présence des matières en suspensions finement divisées : argiles, limons, grains de silice, matières organiques (Kassim, 2005); elle est aussi influencée par l'abondance des précipitations (Couillard *et al.* 1992).

La valeur de taux des sels dissouts (TDS) de l'eau de saumure au niveau de la station CP/2K est 45857,14 mg/l, nous observons que la station de Mostaganem (Amitouche *et al.*, 2002) et la région d'ouest Tlemcen (Benmoussat et Habi, 2009) ont des valeurs moyennes supérieures à notre station CP/2K qui sont 63300 mg/l et 71250 mg/l, et pour la station de Zeralda (Bessenasse et Belkacem Filali, 2014) elle a une valeur moyenne de 613501 mg/l qui est largement supérieur à notre valeur. Il est confirmé que la salinité élevée cause des graves dommages aux flores et faunes marines, une étude des effets létaux d'une solution hypertonique sur les organismes marins indiquent que la salinité létale initiale et la sensibilité de chaque organisme diffèrent d'une espèce à l'autre au travers d'expérimentations en laboratoire (Shunya *et al.* 1994).

Concernant les mesures de la matière en suspension de l'eau de saumure de notre station CP/2K la valeur moyenne est 62 mg/l supérieure à la norme Algériennes (JORA 2006), Cet élément chimique est analysé uniquement au niveau de la station de CP/2K. Des teneurs élevées en matières en suspension peuvent empêcher la pénétration de la lumière, diminuer l'oxygène dissous, ce qui engendre des conséquences graves sur l'état biologique des cours d'eau telles que la mort des végétaux (Herne *et al.* 2009), (Ferretto, 2014).

Pour le taux de THT de l'eau de saumure, la valeur moyenne est 2713.43°F pour notre station CP/2K qui est supérieur à des deux autres stations, la station de Mostaganem (Amitouche *et al.* 2002) et la région d'ouest Tlemcen (Benmoussat et Habi, 2009), qui ont des valeurs.

Pour la variation de concentration du Nitrite, dans notre station CP/2K la valeur moyenne est 1110 mg/l qui est largement supérieure à la norme par (JORA 2014), Cette valeur reste supérieur à la valeur de la station de Mostaganem (Amitouche, 2002) qui à une valeur inférieur à 0,02 mg/l conforme la norme (JORA 2014). Les nitrites est la forme intermédiaire entre l'ammonium et les nitrates, issus de processus de nitrification, sa présence dans le milieu aquatique est à l'origine d'un déséquilibre d'oxygénation de la flore bactérienne dans le milieu aquatique, ou à des températures faibles ralentissant les processus bactériens. (Kalle, 1963).

Concernant les mesures de concentration du Chlorure dans notre station CP/2K la valeur moyenne est 27550 mg/l, Cette valeur supérieur par rapport à deux station : la station de

la région d'ouest Tlemcen (Benmoussat et Habi, 2009) qui a une valeur moyenne de 19880 mg/l et la station de Mostaganem (Amitouche, 2002) qui a une valeur moyenne de 20680 mg/l. Mais au comparaison à la station de Zeralda (Bessenasse et belkacem Filali, 2014) elle a une valeur moyenne de 3126 mg/l qui est inférieur à notre valeur.

Pour la variation de concentration du Carbonate [CO_3^{-2}], nous pouvons voir que la concentration carbonate de l'eau de saumure de la station CP/2K est d'une moyenne de 19,56mg /l, cette valeur reste relativement inférieure à la valeur de la station de Mostaganem (Amitouche, 2002) qui a une valeur moyenne de 144 mg /l (Amitouche, 2002).

Pour la variation de la concentration Bicarbonate [HCO_3^-], on constate que la valeur moyenne dans notre station CP/2K est 123,50 mg/l presque la même valeur de la station de la région d'ouest Tlemcen (Benmoussat et Habi , 2009) qui est 129,32 mg/l, pour la station de Mostaganem (Amitouche *et al.*, 2002) et la station de Zeralda (Bessenasse et belkacem Filali, 2014) ont des valeurs moyennes supérieures à notre station CP/2K qui sont 144 mg/l et 139,7 mg/l.

Pour la variation de la concentration [Ca^{2+}], nous remarquons que la valeur moyenne dans notre station CP/2K est 4809,76 mg/l, cette valeur reste très élevée par rapport aux trois stations : la station de Zeralda (Bessenasse et Belkacem Filali , 2014) qui a une valeur moyenne de 452 mg/l et la station de la région d'ouest Tlemcen (Benmoussat et Habi , 2009) qui est 440 mg/l (Benmoussat et Habi , 2009) , la station de Mostaganem (Amitouche *et al.*, 2002) qui est 302,5 mg /l.

Pour la variation de la concentration [Mg^{+2}], on interprète que la valeur moyenne dans notre station CP/2K est 3629.52 mg/l, cette valeur reste largement supérieure aux autres stations : la station de Zeralda (Bessenasse et Belkacem Filali , 2014) qui a une valeur moyenne de 1444 mg/l et la station de la région d'ouest Tlemcen (Benmoussat et Habi , 2009) qui est 1315 mg/l (Benmoussat et Habi , 2009) , la station de Mostaganem (Amitouche *et al.*, 2002) qui est 934 mg /l.

4. Effet de dessalement sur l'environnement

Parmi les impacts des usines de dessalement, certains se limitent à la phase de construction et les phases associées à la phase d'exploitation. L'influence commence par la transition d'utilisation des terres, puis continue avec les effets visuels et la pollution sonore s'étend aux émissions dans l'atmosphère et dans l'eau ou le sol et les dommages potentiels au milieu récepteur. (Noureddine *et al.* 2016).

5. 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.

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 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).

5.1. La pollution de la saumure

La saumure est un sous-produit du dessalement inévitable, qui est déchargée, généralement, dans l'environnement marin. Les implications environnementales de cette solution de sel fortement concentrée (TDS) est autour de 70.000 ppm sur les écosystèmes marins locaux qui ont été discutées de façon contre-versée pendant beaucoup d'années. Cependant, c'est

maintenant qu'elle est reconnue comme une décharge étendue de saumure, comme elle constitue une couche hyper saline au fond de la mer dû à sa plus grande densité. Elle a un potentiel qui affecte fortement la faune et la flore marine.

5.2. Dispersion de sel concentré

Les principaux problèmes environnementaux associés aux usines de dessalement sont le rejet en excès de la saumure concentrée. Dans la plupart des cas, ces saumures ne peuvent pas rester sur Terre car ils représentent un danger pour les nappes phréatiques, en raison de leurs impacts environnementaux potentiellement graves. Ces décharges normales de la saumure dans l'eau de mer comme exemple en France procède à des techniques appropriées nécessaires pour assurer la bonne dispersion des solutions concentrées, minimisant ainsi leurs effets nocifs sur le milieu marin (fig.24).

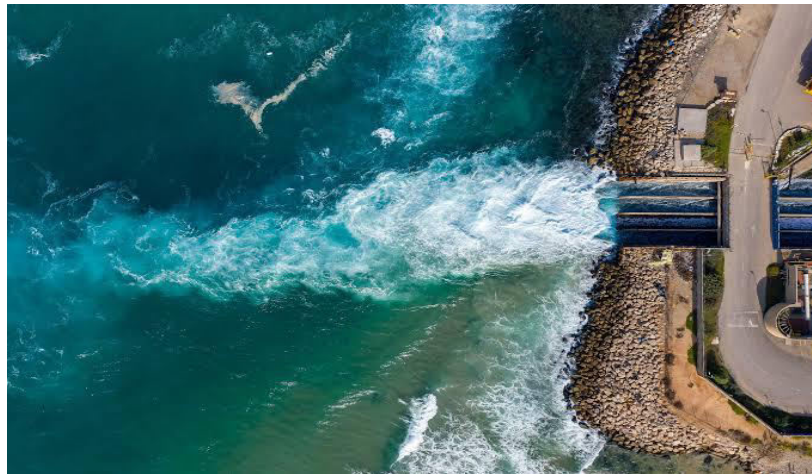


Figure 24 : Rejet de l'usine de dessalement d'eau de mer de France

5.3. Impacts de salinité

5.3.1. Sur la qualité de l'eau du milieu récepteur

La concentration élevée de salinité entraîne une augmentation de la turbidité de l'eau. Ce genre de pollution est probable à empêcher la pénétration de la lumière, et perturbe le processus de photosynthèse. L'effluent de saumure contient des substances dissoutes concentrées provenant de l'eau de mer, son poids spécifique élevé lui fait couler au fond de mer et empêchera son mélange, de ce fait créant un désert de sel à proximité du canal de décharge (Miri et Chouikhi, 2005).

5.3.2. Sur les organismes marins

a) **Plancton** : Une augmentation de la salinité du milieu du plancton peut réduire leur production jusqu'à leur extinction (principalement aux niveaux des larves et de jeunes individus). La susceptibilité des invertébrés varie, principalement chez les crustacées, mais en générale, ceux avec l'estomac long sont plus sensibles à une élévation de salinité que ceux avec courte. Les larves crustacées et invertébrées flottant dans la colonne d'eau sont également plus sensibles aux variations de niveaux de salinité que les individus entièrement développés (Miri et Chouikhi, 2005).

b) **Poisson** : La susceptibilité à l'élévation de salinité varie de l'espèce à l'espèce d'un endroit à l'autre, et apparemment, aucun travail ou recherche n'ont été effectués pour examiner systématiquement la résistance des diverses espèces trouvées dans le secteur méditerranéen ou du Golf (Miri et Chouikhi, 2005).

En Méditerranée occidentale par exemple, La salinité naturelle de l'eau de mer se situe entre 37 et 38 (g/l), alors que la salinité du concentré osmotique peut atteindre les 70 g/l. Or, en Espagne, des études menées en laboratoire et sur le terrain, ont montré que la plante à fleurs aquatique « *Posidonia oceanica* » est très sensible aux variations du taux de salinité de ses habitats naturels. Des effets notables sur la structure de la plante ont été observés à des taux de salinité d'à peine 38,4 g/l et sur sa vitalité dès 39,1 g/l. La forte teneur en sel du concentré rejeté avec l'osmose inverse risque de porter préjudice aux bancs de *Posidonia* classés habitat prioritaire par la directive Européenne pour la conservation des habitats de la faune et de la flore (Miri et Chouikhi, 2005).

6. Effets de l'eau saumure après dessalement

L'eau saumure après dessalement est une eau du point de vue caractéristiques physico-chimiques (salinité, solides dissous (TDS), dureté bilan ionique, température, pH, conductivité turbidité, concentration en gaz dissous tel que l'oxygène et le dioxyde de carbone) comme le montre les résultats des différents analyses, est une eau impropre à tout usage agricole ou industriel, est loin d'être potabilisée

7. Effet du dessalement sur l'environnement

Cette étude nous montre que d'après les résultats obtenus, la production d'eau douce par des procédés non conventionnels comme le dessalement de l'eau de mer est caractérisé par la production en parallèle d'une eau saumure fortement chargée en sel qui retournera à la mer provoquant une variation de la composition chimique en s'ajoutant aux rejets de produits chimiques des traitements correctifs de l'eau d'appoint et aux rejets issues de la pollution marine tels que l'hydrogène sulfuré ou les composés ammoniacaux et hydrocarbures. Ces rejets ont un impact négatif sur l'environnement et la préservation des écosystèmes.

Faut il orienter le choix d'un procédé de dessalement en considérant une station de neutralisation de la saumure avant son rejet à la nature en limitant le taux de salinité en fonction du milieu récepteur, et comme exemple des différents taux de salinité préconisés dans les écosystèmes et pour espèces en Méditerranée :

- ✓ *Posidonia oceanica* : Ne doit pas dépasser 40g/l (Sánchez Lizaso *et al.* 2008). (fig.25)
- ✓ *Cymodocea nodosa* : Ne doit pas dépasser 41g/l Ministère espagnol d'environnement (fig.26)
- ✓ *Caulerpa prolifera* : Autour de 50-60g/l (Terrados & Ros, 1992) (fig.27)
- ✓ *Zostera noltii* : Ne doit pas dépasser 41g/l (Fernández & Sánchez, 2006) (fig.28)
- ✓ *Mussels* : Autour de 50-70g/l (fig.29).



Figure 25 : Photo des herbiers de *Posidonia oceanica* de la Méditerranée.



Figure 26: Photo des herbiers de la *Cymodocea nodosa* de la Méditerranée



Figure 27: Photo des herbiers de la *Caulerpa prolifera* de la Méditerranée.



Figure 28: Photo des herbiers de la *Zostera noltii* de la Méditerranée.



Figure 29: Photo des Mussels de la méditerranée

Conclusion

CONCLUSION

Le dessalement de l'eau de mer est un moyen industriel efficace permettant de résoudre les problèmes de pénurie de l'eau dans le monde, et les besoins croissants de cette source. Dans l'industrie et pour de grandes capacités d'eau, les procédés de dessalement se répartissent en deux grandes catégories ; d'une part les procédés à distillation et d'autre part les procédés à membranes. Le complexe CP/2K (*POLYMED*) de SKIKDA utilise pour le besoin de ces unités en eau le procédé de dessalement, au début et pendant plusieurs années le processus de distillation de type multi-flash de dessalement, met en cause des problèmes de corrosion et de l'entartrage, provoquant en 2007 la tombée en panne de la station. Aujourd'hui cette dernière utilise le procédé de dessalement de type Thermo-Compression Distillée (TCD) pour la production de l'eau distillée.

Les paramètres évalués pour l'eau saumure rejetée en mer ont montrés des valeurs très élevées par rapport à l'eau de mer ce qui influe négativement sur l'environnement marin. Les rejets de saumures fortement chargées ont pour conséquence la variation de la composition chimique de l'eau de mer qui altère l'équilibre des éco systèmes et l'environnement marin. La diminution de la concentration en oxygène dissous d'après les résultats de cette étude a une conséquence sur la vie des espèces marines.

La solution du dessalement a été mise en œuvre en Algérie avec succès, depuis quelques Années grâce au partenariat étranger, et à de nombreux petits projets financés sur le budget de L'état. Ces alternatives peuvent se séparer en:

Processus de dilution : Dans ce cas, la saumure générée est diluée avec les effluents d'autres stations de traitement qui ont pour destination leur déversement à l'océan, dont la concentration saline est très faible et dont le débit de sortie est plus élevé que pour la saumure, afin d'assurer la bonne dilution. On utilise généralement des effluents de stations de traitement des eaux usées ou de centrales thermiques.

Processus de gestion : Ces processus comprennent différents processus de traitement des effluents salins produits dans les stations de dessalement ainsi que dans d'autres secteurs. Le traitement des saumures permet de garantir une plus grande durabilité écologique et une diminution de leur impact sur le milieu naturel. Ensuite, les processus de gestion d'effluents salins les plus remarquables sont traités.

Une grande variété de processus génère d'importants effluents de saumure, qui constitue un résidu liquide qui ne peut pas être déversé directement dans l'environnement à cause de l'important impact environnemental qu'il suppose.

Il n'est pas toujours facile de trouver une solution de gestion compétitive. Il existe différentes alternatives pour sa gestion, comme l'injection profonde, les lacs d'évaporation, l'obtention de produits ré valorisables et le traitement de la saumure grâce à un système de déversement zéro. Parmi toutes les options qui se présentent, cette dernière apparait comme la plus universelle, car elle peut s'appliquer dans la majorité des situations, c'est la plus respectueuse de l'environnement, elle ne produit pas de déversement, produit un effluent d'eau de qualité élevée qui peut être réutilisée dans le processus de production, et un sel cristallisé est obtenu qui peut être revalorisé.

Et comme perspectives :

1- Pour la bonne gestion des rejets des eaux salées de la station et la prise en charge complète du problème de la pollution à ce niveau, on doit éviter tout conflit entre la direction de la station et les agriculteurs, concernant les différents problèmes liés aux rejets des eaux chargées de saumure.

2- Un strict respect de l'application des règlements ayant trait aux rejets des effluents liquides.

3- La protection du sol contre tout type de pollution peut contribuer à la réduction des dépenses pour le traitement spécifique de l'état de salinisation des terres cultivables, afin de préserver l'environnement et la santé publique qui reste l'objectif primordial.

4- L'installation de bassins de rétention de rejet reliés à des canalisations en relation directe avec le lieu de rejet choisi (ex : sebkha d'Oran) à la sortie de la station et ce, afin d'éviter sinon limiter toute pollution d'origine industrielle.

5- Les responsables de la station de traitement doivent veiller scrupuleusement au contrôle de la qualité des eaux rejetées à l'extérieur. En outre, l'étude effectuée sur ce phénomène a montré que :

Les risques encourus suite à ces rejets des eaux déminéralisées induit une dégradation de l'environnement, qui se manifeste par la prolifération des bactéries, des coliformes et des pathogènes ; ce qui a un impact direct sur l'être humain ; vu qu'il le premier consommateur des produits de l'agriculture, ensuite le bétail se trouve touché ainsi que toute la culture faite par les agricultures, habitant ce genre d'emplacement, où s'effectue les rejets sans contrôle. Pour cela on parle de risque sanitaire et environnemental.

***Références
bibliographiques***

Références Bibliographiques

A

Amitouche M. and Remini B., (2014). Operation of cap djinet desalination plant and dilution of brine with power station cooling water. *Desalination and water treatment*, 1–8p.

Andriamihaja O., (2014). Mise en place d'un filtre a eau anti bactériologique à partir des matériaux locaux. Université de Madagascar. Mémoire de Master, 28p.

Amitouche et al., (2022). Desalination and water treatment simulation study of the interaction between brine discharge and catchment water of a desalination plant in tenes, algeria under various hydrodynamic conditions. *Desalination and water treatment, science and engineering*. v. 258.

B

Bakalowicz, M., (1999). Connaissance et gestion des ressources en eaux souterraines dans les Régions karstiques, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée, Corse, 44p.

Balderacchi, (2009). « l'eau dans l'organisme », Centre national de la recherche scientifique (CNRS). 20p.

Barnabe Get Barnabe-Quet R., (2000). Ecology and Management of Coastal Waters: *The Aquatic Environment*. Springer: UK, 365p.

Benmoussat et Habi, (2009). Les procédés de dessalement de l'eau de mer et leur impact sur l'environnement. le journal de l'eau et de l'environnement, Volume 8, Numéro 15, 43-55pp.

Bessenasse M.,Belkacem filali M., (2014). Impact Du Dessalement Sur L'environnement En Algerie. *Revue agrobiologie N°6,75*. 81p

Bessenasse M., Kettab A et Moulla S.A., (2012). Desalination of seawater, Algiers : Algérien of Water. Volume 250, Issue 1, 423-427p.

C

Celierier J. L. et Faby J. A., (2003). La dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux. FNDAE. 98p.

Couillard D., Lafrance P et Lessard, S., (1992). Evaluation de la qualité organoleptique de l'eau potable dans le réseau de distribution de East Broughton (Beauce) et suggestion d'un procédé de traitement. Université du Québec. n° 367, 165p.

D

Dumoulin L. et Mantha M.M. (2009). Boire de l'eau : pourquoi et combien ? Dossier Nutrition. Eds Santé.net.https://www.passeportsante.net/fr/Actualites/Dossiers/ArticleComplementaire.aspx?doc=eau_questions_sante_do

E

Elimelech M et Phillip W. A., (2011). The future of seawater desalination : energy, technology, and the environment. Science. Volume 333, Issue 6043, 712-717.

F

Fernández-Torquemada Y et Sánchez-Lizaso J.L., (2013). Effects of salinity on seed germination and early seedling growth of the mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile, estuarine, coastal and shelf science, volume 119, p. 64-70.

Ferretto N., (2014). Etude de la matière organique dissoute fluorescente et évaluation de la pression anthropique en Méditerranée nord-occidentale. Thèse de Doctorat. Université de Provence Aix-Marseille 1 (France), 267 p.

Freixa c. M., (2009). Benchmarking international en matière de dessalement des eaux - Revue HTE n°142, 2p.

H

Hachemaoui b., (2014). Qualité physico-chimique de l'eau dessalée et traitée par la station de dessalement de l'eau de mer de souk *TLATA* - teneurs en bore, nitrites, nitrates et métaux lourds-mémoire de Master en alimentation et nutrition. 91p.

Hade A., (2007). Nos Lacs: les Connaître pour Mieux les Protéger. Edition FIDES: Québec, 359p.

Hassini N., Dobbi A. et Belaid A., (2016). Study of Environmental impact of Desalination plant in semi Arid Regions ; International Journal Of Water Resources and Arid Environments 5(1) : 12-17p.

Henri L. et Kamel F., (2008). Dessalement de l'eau de mer et des saumâtres par Osmose Inverse, Middle East Desalination Research Center en collaboration avec L'université Saad Dahlab de Blida, Algérie, 88p.

Huot A. (2010). Eau et santé. La revue Biocontact, n°200.

HERIARIVONY C., RAZANAMPARANY B. et RAKOTOMALALA J. E., (2015). Caractères physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de consommation (puits) de la commune rurale d'antanifotsy, region vakinankaratra, madagascar. *Larhyss Journal*, n°24, 7-17 pp.

Hernes P.J., Bergamaschi B.A., Eckard R.S. et Spencer R.G.M., (2009). Fluorescence-based proxies for lignin in freshwater dissolved organic matter. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 114p

J

Jamaly S., Darwish N, I. Ahmed et S.W. Hasan., (2014). A short review on reverse osmosis pretreatment technologies, *Desalination* volume 354, 30–38p.

K

Kalle K., (1963). Über das Verhalten und die Herkunft der in den Gewässern und in der Atmosphäre vorhandenen himmelblauen Fluoreszenz. *Deutsche Hydrografisch Zeitschrift*;16:153–166p.

Kassim, C., (2005). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. Université de Bamako. Thèse de Doctorat. 55p.

L

Le Calvé O., (2002). Propriétés physiques du milieu marin, Institut des Sciences de l'Ingénieur de Toulon et du Var, France, 40p

M

Miri R. et Chouikhi A., (2005). Ecotoxicological marine impacts from seawater desalination plants. *Science Direct, Desalination*. V 182, 403-410pp.

Moulin B., (2004). Le kayak et la mer, édition le Canotier, 190p

O

OMS (W.H.O.): WORLD HEALTH ORGANISATION. (2003). Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality. Geneva. World Health

OMS (W.H.O.): WORLD HEALTH ORGANISATION. (2006). Guidelines for Drinkingwater Quality, first addendum to third edition, Volume 1 Recommendations. Geneva. World Health Organisation

R

Rodier J., Legube B et Merlat N., (2005). L'analyse de l'eau « eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer ». 8ème édition. Paris. Edition : Dunod. 1382p

S

Savary P., (2010). Guide des analyses de la qualité de l'eau, territorial éditions, pp75-115.

Shunya I.S. Shiger and M.Ayko., (1994). The lethal effect of hypertonic solutions and avoidance of marine organisms in relation to discharged brine from desalination plant. *Desalination*. Vol.97, 389-399p.

Sánchez Lizaso J.L., Romero J., Ruiz J., Esperança Gacia E., Buceta J.L., Invers O., Torquemada Y.F., Mas J., Ruiz-Mateo A., Manzanera M., (2008). Salinity tolerance of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*: recommendations to minimize the impact of brine discharges from desalination plants. *Science Direct, Desalination*. V 221, 602-607 pp.

T

Terrados J. et Ros J.D., (1992). Growth and primary production of *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson in a Mediterranean coastal lagoon: the Mar Menor (SE Spain). *Science Direct, Aquatic botany*. V 43, 63-74 pp.

U

UNEP (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME), (2001). Dessalement de mer dans les pays méditerranéens, Plan d'action pour la méditerranée, Réunion des Points Focaux du PAMA THENES, 8p

UNEP/MED., (2002). Recommendations for the preparation of guidelines for the management of sea water desalination in the Mediterranean region.

UNEP/MAP., (2003). Dessalement de l'eau de mer en méditerranée évaluation et lignes directrices, MAP Technical Reports Series No. 139p, ATHENS

Annexes

Annexes

La norme Algérienne de potabilité de l'eau de consommation (journal officiel de la république algérienne 9mars 2014)

Décret exécutif n°14-96 du 2 *Joumada El Oula* 1435 correspondant au 4 mars 2014 modifiant et complétant le décret exécutif n° 11-125 du 17 *Rabie Ethani* 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.

Tableau 01 : Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine (norme Algériennes, 2014)

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES
Paramètres chimiques	Aluminium	mg/l	0,2
	Ammonium	mg/l	0,5
	Baryum	mg/l	0,7
	Bore	mg/l	Eaux conventionnelles : 1 Eaux dessalées ou déminéralisées : 1,3
	Fluorures	mg/l	1,5
	Nitrates	mg/l	50
	Nitrites	mg/l	0,2
	Oxydabilité	mg/l O ₂	5
	Acrylamide	µg/l	0,5
	Antimoine	µg/l	20
	Argent	µg/l	100
	Arsenic	µg/l	10
	Cadmium	µg/l	3
	Chrome total	µg/l	50
	Cuivre	mg/l	2
	Cyanures	µg/l	70
	Mercure	µg/l	6
	Nickel	µg/l	70
	Plomb	µg/l	10
	Sélénium	µg/l	10
	Zinc	mg/l	5
	Benzène	µg/l	10
	Toluène	µg/l	700
Ethylbenzène	µg/l	300	
Hydrocarbures polycycliques aromatiques(H.P.A) totaux	µg/l	0.2	

Tableau 1 : Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine (norme algérienne, 2014).

(Suite)

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEUR S LIMITES
Paramètres chimiques (suite)	Xylènes	µg/l	500
	Styrène	µg/l	100
	Agents de surface régissant au bleu de méthylène	mg/l	0,2
	Epychlorehydrine	µg/l	0,4
	Microcystine LR	µg/l	1
	Pesticides par substance individualisée		
	- Insecticides organochlorés persistants	µg/l	0,1
	- Insecticides organophosphorés et	µg/l	0,1
	- Herbicides	µg/l	0,1
	- Fongicides	µg/l	0,1
	- P.C.B	µg/l	0,1
	- P.C.T	µg/l	0,1
	- Aldrine	µg/l	0,03
	- Dieldrine	µg/l	0,03
	- Heptachlore	µg/l	0,03
	- Heptachlorépoxyde	µg/l	0,03
	Pesticides (Totaux)	µg/l	0,5
	Bromates	µg/l	10
	Chlore	mg/l	5
	Trihalométhanes par substance individualisée :		
	- Chloroforme	µg/l	200
	- Bromoforme	µg/l	100
	- Dibromochlorométhane	µg/l	100

Tableau 01 : Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine (norme algérienne, 2014).

(Suite)

	- Bromodichlorométhane	µg/l	60
	Chlorure de vinyle	µg/l	0,3
	1,2-Dichloroéthane	µg/l	30
	1,2-Dichlorobenzène	µg/l	1000
	1,4-Dichlorobenzène	µg/l	300
	Trichloroéthylène	µg/l	20
	Tetrachloroéthylène	µg/l	40
Radionucléides	Particules alpha	Picocuriel/L	15
	Particules bêta	Millirems/an	4
	Tritium	Bequerel/l	100
	Uranium	µg/l	30
	Dose totale indicative (DTI)	mSv/an	0,15
paramètres microbiologiques	Escherichia Coli	n/100ml	0
	Entérocoques	n/100ml	0
	Bactéries sulfitoréductrices y compris les spores	n/20ml	0

Tableau 01 : Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine (norme algérienne, 2014).

(Suite)

Tableau 01 : Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine (norme algérienne, 2014).

(Suite)

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS INDICATIVES
Paramètres Organoleptiques	couleur	mg/l platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 25 °C	Taux dilution	4
	Saveur à 25 °C	Taux dilution	4
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Alcalinité	mg/l CaCO ₃	65 pour les eaux dessalées ou Déminéralisées (valeur minimale)
	Calcium	mg/l	200
	Chlorure	mg/l	500
	Concentration en ions hydrogène	Unité pH	≥6,5 et ≤9
	Conductivité à 20 °C	µS/cm	2800
	Dureté (TH)	mg/l en CaCO ₃	500
	Fer total	mg/l	0,3
	Manganèse	µg/l	50
	Phosphore	mg/l	5
	Potassium	mg/l	12
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
	Température	°C	25

Les normes de rejets industriels (réglementations algérienne et européenne) journal officiel de la république Algérienne n°29.

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. : Les lignes directrices de l'oms en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, mises à jour en 2006 sont la référence en ce qui concerne la sécurité en matière d'eau potable.

Tableau 02 : Valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels

N°	PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCES AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
1	Température	°C	30	30
2	PH	-	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
3	MES	mg/l	35	40
4	Azote Kjeldahl	"	30	40
5	Phosphore total	"	10	15
6	DCO	"	120	130
7	DBO5	"	35	40
8	Aluminium	"	3	5
9	Substances toxiques bioaccumulables	"	0,005	0,01
10	Cyanures	"	0,1	0,15
11	Fluor et composés	"	15	20
12	Indice de phénols	"	0,3	0,5
13	Hydrocarbures totaux	"	10	15
14	Huiles et graisses	"	20	30
15	Cadmium	"	0,2	0,25
16	Cuivre total	"	0,5	1
17	Mercure total	"	0,01	0,05
18	Plomb total	"	0,5	0,75
19	Chrome Total	"	0,5	0,75
20	Etain total	"	2	2,5
21	Manganèse	"	1	1,5
22	Nickel total	"	0,5	0,75
23	Zinc total	"	3	5
24	Fer	"	3	5
25	Composés organiques chlorés	"	5	7

PH : Potentiel d'hydrogène
DBO₅ : Demande biologique en oxygène pour une période de cinq (5) jours
DCO : Demande chimique en oxygène
MES : Matière en suspension

Tableau 03 : Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, mises à jour en 2006 sont la référence en ce qui concerne la sécurité en matière d'eau potable.

Elément/ substance	Symbole/ formule	Concentration normalement trouvée dans l'eau de surface	Lignes directrices fixées par l'OMS
Aluminium	Al		0,2 mg/l
Ammonium	NH ₄ ⁺	< 0,2 mg/l (peut aller jusqu'à 0,3mg/l dans une eau anaérobie)	Pas de contraintes
Antimoine	Sb	< 4 µg/l	0,02 mg/l
Arsenic	As		0,01 mg/l
Amiante			Pas de valeur guide
Baryum	Ba		0,7 mg/l
Béryllium	Be	< 1 µg/l	Pas de valeur guide
Bore	B	< 1 mg/l	0,5mg/l
Cadmium	Cd	< 1 µg/l	0,003 mg/l
Chlore	Cl		Pas de valeur mais on peut noter un goût à partir de 250 mg/l
Chrome	Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶	< 2 µg/l	chrome total : 0,05 mg/l
Couleur			Pas de valeur guide
Cuivre	Cu ⁺²		2 mg/l
Cyanure	CN ⁻		0,07 mg/l
oxygène dissous	O ₂		Pas de valeur guide
Fluorure	F	< 1,5 mg/l (up to 10)	1,5 mg/l
Dureté	mg/l CaCO ₃		200 ppm
Sulfure d'hydrogène	H ₂ S		0,05 à 1 mg/L
Fer	Fe	0,5 - 50 mg/l	Pas de valeur guide
Plomb	Pb		0,01 mg/l
Manganèse	Mn		0,4 mg/l
Mercure	Hg	< 0,5 µg/l	inorganique : 0,006 mg/l
Molybdène	Mb	< 0,01 mg/l	0,07 mg/l
Nickel	Ni	< 0,02 mg/l	0,07 mg/l
Nitrate et nitrite	NO ₃ , NO ₂		50 et 3 mg/l (exposition à court terme) 0,2 mg/l (exposition à long terme)
Turbidité			Non mentionnée
pH			Pas de valeur guide mais un optimum entre 6,5 et 9,5
Sélénium	Se	<< 0,01 mg/l	0,01 mg/l
Argent	Ag	5 - 50 µg/l	Pas de valeur guide
Sodium	Na	< 20 mg/l	Pas de valeur guide
Sulfate	SO ₄		500 mg/l
Etain inorganique	Sn		Pas de valeur guide : peu toxique
TDS			Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1000 mg/l