

République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة أبو بكر بلقايد- تلمسان
Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMEN
كلية علوم الطبيعة والحياة، وعلوم الأرض والكون
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et Sciences de la Terre et de
l'Univers
Département d'écologie et de l'environnement



MÉMOIRE

Présenté par

RAMDANI Israa

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En Hydrobiologie marine et continentale

Spécialité : Sciences de la mer

Thème

Etude sur la station de dessalement d'eau de mer (Honaine)

Soutenu le 29-06-2024, devant le jury composé de :

Président : Mr Mahi Abdelhakim	M.C.A	Université de Tlemcen
Encadrant : Mr Nehar Benameur	M.C.A	Université de Tlemcen
Examineur : Mr Bendimerad Mohammed El Amine	M.C.A	Université de Tlemcen

Année universitaire : **2023-2024**

Remerciements

Au nom d'Allah, le Clément et le Miséricordieux.

Avant tout, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Allah, le Tout-Puissant, qui m'a accordé la force, la patience et la persévérance tout au long de ces longues années d'études.

Je voudrais ensuite adresser mes sincères remerciements aux membres du jury, Mr Mahi Abdelhakim et Mr Bendimerad El Amine pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail en acceptant d'examiner mon travail et de l'enrichir de leurs précieuses suggestions.

Je tiens également à remercier mon encadreur Mr Nehar Benameur pour ses conseils avisés, sa confiance et son immense patience qui ont été d'une importance capitale dans la réalisation de ce travail, Je lui adresse mes plus vifs hommages pour son soutien inconditionnel.

Mes remerciements vont également au chef du laboratoire, Mme BELACHOUI Wassila, ainsi qu'à Mme MEZERAI NAIMA et Mr GGAZI Abdenour pour leurs précieuses informations et leur soutien indéfectible tout au long de mon séjour à la station.

Je n'oublie pas non plus de remercier Mr BEDDIAF ABDELHALIM, Mr KHADIR Rezki, Mr Keddar Mohammed El Amine, Mr Keddar Mohemmede Nadjib et tous les employés de la station de dessalement d'eau de mer de Honaine pour leur gentillesse et leur disponibilité.

Enfin, je tiens à exprimer ma gratitude à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Tous les mots que je peux dire ne suffisent pas à exprimer ce que je ressens.

Je tiens à remercier et à exprimer ma gratitude à celle qui a été mon soutien tout au long de ma vie scolaire et universitaire, à celle qui a sacrifié son bonheur pour moi, ma source d'inspiration, ma chère mère.

À mon père

À mon frère Rayane

À mes sœurs Soudjoud et Itaa.

À l'âme pure de ma grand-mère

À l'âme pure de mon grand-père

À ma famille chérie.

À tous mes amis.

Je vous dédie ce travail qui n'aurait pas pu être réalisé sans votre soutien et vos sacrifices illimités. Un témoignage de mon amour profond pour vous. Je vous souhaite une vie pleine de santé et de bien-être.

Table des matières

Remerciements.....	I
Dédicace.....	II
Table des matières.....	III
Liste des tableaux.....	VII
Liste des figures.....	VIII
Liste des abréviations.....	X
Introduction.....	1

Chapitre I : Sources des eaux

I.1 .Introduction.....	03
I.2.définition de l'eau	03
I.3.l'importance de l'eau.....	03
I.4. Le cycle de l'eau.....	04
I.4.1. Evaporation.....	04
I.4.2. Condensation	04
I.4.3. Précipitation.....	04
I.4.4. Ruissellement.....	04
I.4.5. Infiltration.....	04
I.4.6. Cycle de l'eau.....	05
I.5. Différentes sources d'eau	05
I.5.1. Eaux souterraines.....	05
I.5.2. Eaux de surface.....	05
I.5.3. Eau de mer	06
I.6. Répartition de l'eau sur le globe.....	06
I.7.Conclusion.....	07

Chapitre II : Généralités sur le dessalement de l'eau et de norme de potabilité

II.1. Introduction	08
--------------------------	----

II.2. Caractéristiques des eaux de mer et des eaux saumâtres	08
II.2.1. Les eaux de mer.....	08
II.2.2. Les eaux saumâtres.....	09
II.3. Le dessalement de l'eau dans le monde et en Algérie.....	09
II.3.1. Définition du dessalement de l'eau de mer	09
II.3.2. Le dessalement dans le monde	09
II.3.3. Le dessalement de l'eau en Algérie :.....	10
II.3.3.1. Les stations de dessalement en Algérie :	11
II.3.3.2. Stations monoblocs	11
II.4. Impacts de rejets de dessalement.....	12
II.4.1. La saumure.....	13
II.5. Les paramètres d'une eau potable :.....	14
II.5.1 Paramètres physico chimiques.....	14
II.5.2. Paramètres organoleptiques.....	14
II.5.3. Paramètres microbiologiques	14
II.5.4. Paramètres liés aux substances indésirables.....	14
II.5.5. Paramètres liés aux substances toxiques.....	14
II.6. Les Normes de potabilité de l'eau.....	15
II.6. Conclusion.....	15

Chapitre III : Procédés de dessalement de l'eau

III.1. Introduction.....	17
III.2. Structure générale d'une installation de dessalement	17
III.2.1. La prise d'eau de mer :.....	17

III.2.2. Le poste de pompage.....	18
III.2.3. Le poste de prétraitement	18
III.2.4. L'installation de dessalement.....	18
III.2.5. Le Poste de traitement.....	19
III.2.5.1. Les traitements de neutralisation ou de reminéralisation des eaux.....	19
III.2.5.2. La décarbonatation	19
III.2.5.3. La désinfection.....	20
III.2.5.4. L'aération.....	20
III.3. Les procédés de dessalement	20
III.3.1. Les procédés thermiques de distillation.....	21
III.3.1.1. La distillation multi-flash.....	21
III.3.1.2. La distillation à multiple effets.....	22
III.3.1.3 Compression de vapeur.....	23
III.3.1.4. Comparaison entre les méthodes de distillation.....	25
III.4.les procédés membranaires	26
III.4.1.Électrodialyse	26
III.4.2.l'osmose invers.....	27
III.4.2.1 .Principe de l'osmose inverse.....	27
III.4.2.2.Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse.....	28
III.4.2.3.Comparaison entre les méthodes membranaires.....	30
III.6. Conclusion	31
 Chapitre IV: Méthodologie Présentation ET Description De La Station De Dessalement De Honaine	
IV.1. Situation géographique.....	32
IV.2 .Présentation du promoteur de projet.....	34

IV.3. Structure du projet.....	34
IV.4. Principales données techniques du projet.....	35
IV.5. Processus du dessalement appliqué dans la station du dessalement de Honaine.....	36
IV.5.1 phase de captation de l'eau de mer et primitive.....	37
IV.5.1.1.Tour de captage.....	38
IV.5.1.2. Filtres rotatifs.....	39
IV.5.1.3. Les pompes d'eau de mer.....	39
IV.5.2. phase de filtration (prétraitement).....	40
IV.5.2.1. Prétraitement chimique.....	40
IV.5.2.2. Prétraitement physique.....	40
IV.5.2.2.1. système de filtration à sable et anthracite.....	40
III.5.2.2.2. Système de filtration à cartouche.....	43
IV.5.3. phase d'osmose inverse.	44
IV.5.3.1. Un châssis à membrane.....	45
IV.5.3.2. Une pompe à haute pression.....	46
IV.5.3.3. Une pompe à basse pression.....	46
IV.5.3.4. Récupération de l'énergie avec échangeur de pression.....	46
IV.6. Nettoyage chimique des lignes à haute pression :	47
IV.7. Salle de contrôle.....	48
IV.8. phase de reminéralisations (post-traitement)	48
IV.9. Rejet de saumure.....	50
IV.10. Sous-station électrique.....	50
IV.11. Echantillonnage et mode de prélèvement.....	52
IV.11.1.Sites de prélèvements.....	52
IV.11.2. Mode de prélèvement.....	52

IV.11.2.1. Matériel nécessaire.....	52
IV.11.2 2. Procédé à suivre.....	53
IV.11.2 3. CONSERVATION ET TRANSPORT DES ECHANTILLONS.....	54
IV.12.Mesure du pH.....	54
IV.13. Mesure de la Température.....	54
IV.14. Mesure de la Turbidité.....	55
IV.15. Mesure des matières en suspension (MES).....	55
IV.16. Mesure de la conductivité.....	56

Chapitre V : Résultats et discussion

V.1. résultats de pH.....	57
V.1 résultats de de T° (°C).....	58
V.1 résultats de la turbidité.....	59
V.1 résultats des Matières en Suspension (MES).....	60
V.1 résultats de la conductivité.....	61
Discussion.....	63
Conclusion.....	67

Liste des tableaux

Tableau 1: Stations de dessalement en Algérie réalisées entre 2005 -2014	11
Tableau 2: Stations monoblocs de dessalement réalisé en Algérie.....	12
Tableau 3: Caractéristiques principales de l'eau de mer et saumure	14
Tableau 4 : Comparaison entre les méthodes de distillation.....	25
Tableau 5 : Comparaison entre les méthodes membranaires	30
Tableau 6 : données techniques du projet	35
Tableau 7: les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels	68
Tableau 8 : Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine (norme Algérienne, 2014).....	69

Liste des figures

Figure 1 : cycle de l'eau.....	5
Figure 2 : répartition de l'eau sur le globe	7
Figure 3 : schéma d'une installation de dessalement de l'eau de mer	17
Figure 4 : Les divers procédés de dessalement	21
Figure 5 : Distillation multi- flash	22
Figure 6 : Distillation à multiples effets (MED)	23
Figure 7 : La compression de vapeur	24
Figure 8 : Principe de dessalement par l'électrodialyse [H].	26
Figure 9 : Osmose et osmose inverse	27
Figure 10 : Schéma simplifié de la filière de dessalement par osmose inverse	29
Figure 11 : localisation de la commune de honaine	32
Figure 12 : localisation de la station.....	33
Figure 13 : les phases de dessalement dans la station de Honaine.....	36
Figure 14 : Vue de la zone de captation et pompage	37
Figure 15 : les filtres rotatifs	39
Figure 16 : . Pompe aspirante.....	39
Figure 17 : Les filtres à sable	42
Figure 18 : Les filtre à cartouches.....	43
Figure 19 : Schéma simplifié de l'étape d'osmose inverse.....	44

Figure 20 : Vue de la zone d'osmose inverse.....	44
Figure 21 : Châssis a membranes.....	45
Figure 22 : Appareillage de mesure avant l'entrée d'eau dans les châssis.	45
Figure 23 : Réservoir pour le nettoyage chimique.	23
Figure 24 : salle de contrôle.....	49
Figure 25 : Les réservoirs de CO2 (liquide).....	49
Figure 26 : Réservoir d'eau produit.	49
Figure 27 : Rejet de saumure.	50
Figure 28 : appareil multi-paramètres (HANNA, Combo, waterproof).....	54
Figure 29 : Turbidimètre (HANNA, Hi 93703).....	55
Figure 30 : Variation journalière du PH de l'eau de saumure dans la station de Honaine (Période entre 1 février au 29 avril 2024).....	57
Figure 31 : Variation journalière du T° (°C) de l'eau de saumure dans la station de honaine (Période entre 1 février au 29 avril 2024).....	58
Figure 32 : Variation journalière de la turbidité (NTU) de l'eau de saumure dans la station de Honaine (Période entre 1 février au 29 avril 2024).....	59
Figure 33 : Variation du MES de l'eau de saumure dans la station de honaine (Période entre 1 février au 29 avril 2024).....	60
Figure 34 : Variation journalière du cond (mS/cm) dans la station de honaine (Période entre 1 février au 29 avril 2024).....	61

Liste des abréviations

ADE	Algérienne des eaux.
BP	Basse pression
ED	Electrodialyse.
HP	Haute pression
J.O	Journal officiel
MED	Multi-Effet-Distillation (distillation à effet multiple).
MES	Matière en suspension en (mg/l).
SDEM	station de dessalement d'eau de mer.
OI	Osmose Inverse.
OMS	Organisation Mondiale de la Santé.
T°	Température (°C).
MES	Matières en suspension

Introduction

Introduction

L'eau douce est une ressource naturelle d'une grande valeur et d'une rareté exceptionnelle. s'il y a 70 % d'eau sur la surface de la Terre, moins de 3 % de cette eau est douce, dont 2,2 % dans les glaciers et les nappes phréatiques .Il ne reste que moins d'1 % de l'eau présente sur Terre pour satisfaire les besoins des êtres humains et des espèces animales et végétales.

Bien que ces chiffres puissent sembler alarmants, la quantité d'eau douce dont nous disposons dans le globe devrait être largement suffisante pour répondre à nos besoins. La répartition de la ressource est Malheureusement inégale. Pendant que certaines régions sont touchées par la sécheresse et deviennent arides, d'autres subissent l'inondation. (ROMY HASSAN.2008)

L'homme a cherché des méthodes pour obtenir de l'eau douce à partir de l'eau de mer. La richesse de l'eau de mer est quasiment infinie, car elle sera dessalée. Elle contient environ entre 80 et 100 fois plus de sel que la limite fixée par l'OMS (soit 500 mg/L) pour pouvoir être consommée. Effectivement, le dessalement de l'eau de mer est de plus en plus courant dans de nombreux pays du monde. C'est un moyen industriel fiable pour fabriquer de l'eau douce.

Au cours des dernières années, l'Algérie a mis en place un programme très ambitieux pour dessaler l'eau en installant des stations de dessalement. Il y a 14 stations de grande capacité qui sont opérationnelles le long du littoral algérien, avec une capacité totale d'environ 240 000 m³ par jour. La station de dessalement de Honaine, située à Tlemcen, dans l'ouest de l'Algérie, est l'une des stations mentionnées. Le dessalement de l'eau est une opération très chère, mais souvent délicate, à laquelle les industriels doivent accorder une grande attention. Les membranes utilisées en osmose inverse sont extrêmement sensibles au colmatage et peuvent être à l'origine de dysfonctionnements du processus ou parfois à des arrêts de la station. (Ayad et Bensaoula.2019)

L'objectif principal de notre étude au sein de la station de dessalement d'eau de mer d'Honaine (UTE Dessaldora Honaine) est de comprendre les enjeux et les techniques liés au traitement et à l'analyse de l'eau. Cela implique une exploration approfondie des différentes étapes du processus de dessalement, depuis le captage de l'eau de mer brute jusqu'à la production d'eau potable conforme aux normes de qualité requises. En parallèle de cette compréhension technique, nous nous proposons également d'évaluer l'impact environnemental de la station sur le milieu marin. Ce volet de l'étude s'appuiera sur des analyses rigoureuses de l'eau salée (saumure) rejetée en mer, en tenant compte des paramètres physico-chimiques pertinents.

Introduction

Notre travail s'articule autour de quatre (04) chapitres

- Le premier chapitre propose une introduction complète à la notion d'eau, son importance et son cycle dans la nature. Il aborde également les différentes sources d'eau sur Terre, y compris les eaux souterraines, les eaux de surface, les eaux marines et les eaux océaniques.
- Le deuxième chapitre offre une introduction complète au sujet du dessalement et de l'eau pour la rendre potable. Il couvre divers aspects de ce domaine, en commençant par les caractéristiques de l'eau de mer et de l'eau saumâtre, en passant par le dessalement employé dans le monde et en particulier en Algérie, pour aboutir aux impacts environnementaux des procédés de dessalement et aux normes de qualité de l'eau potable.
- Le troisième chapitre : Ce chapitre propose une explication détaillée des processus de dessalement de l'eau, en commençant par les composants essentiels d'une installation de dessalement jusqu'aux différentes techniques employées dans le cadre de ce procédé.
- Le quatrième chapitre prend en compte une description détaillée de la station de dessalement de Honaine, en incluant sa situation géographique, l'entreprise chargée de sa réalisation, sa structure, ses principales données techniques et les procédés de dessalement mis en œuvre au sein de la station.

Chapitre I :
Sources des eaux

I1. Introduction

Trois types de ressources naturelles sont utilisés par l'homme pour satisfaire ses propres besoins en eau et l'utiliser dans ses diverses activités industrielles et agricoles.

- Les eaux de surface telles que les rivières, les fleuves et les lacs.
- Les eaux de surface.
- Les eaux de mer et de saumâtre sont appelées eaux salines.

L'eau à l'état naturel (superficielle, souterraine ou saline) n'est jamais pure ; elle est un milieu vivant qui a des éléments très variés en contact avec les milieux qu'elle traverse et sur lesquels elle ruisselle. (Degreement, 2005)

I.2. Définition L'eau

Corps chimique très stable composé d'hydrogène et d'oxygène, de formule chimique H₂O. L'eau, solvant de première importance, peut exister sous forme de trois états physiques différents : solide, liquide et gazeux. L'eau pure est rare ; l'eau qui nous environne est en fait une solution d'eau, de différents sels minéraux et de divers autres éléments. Elle est à 65% du corps humain adulte. (Site web 1)

I.3. Importance de l'eau

L'eau est une ressource naturelle indispensable pour la survie de l'humanité et de toute espèce animale ou végétale sur terre et pour l'environnement d'une façon générale. Aucune substance liquide ne peut remplacer l'eau. Effectivement, elle a plusieurs particularités qui la rendent unique parmi les autres substances minérales. Dans sa phase liquide, elle a l'atout d'être un support des formes de vie. C'est le dissolvant des composants qui transporte les molécules clés et active les réactions chimiques. On parle aussi de l'eau en tant que molécule polaire disposant d'une terminaison positive (hydrogène) et d'une autre négative (oxygène). Ses atomes d'hydrogène ont la capacité de tendre des liaisons avec d'autres molécules. Aucun autre liquide ne peut former un réseau aussi souple et résistant et agir comme solvant à autant de substances acides ou basiques. (Site web 2)

I.4. Le cycle de l'eau

L'eau circule constamment sur la terre en suivant un parcours naturel en forme de boucle appelé cycle naturel de l'eau qui comprend cinq étapes principales :

I.4.1. Évaporation : Transformation de l'eau de mer et des eaux de surface (lacs, rivières, flaques...) en vapeur d'eau sous l'effet de l'élévation de la température due au soleil, suivie de son ascension dans l'atmosphère.

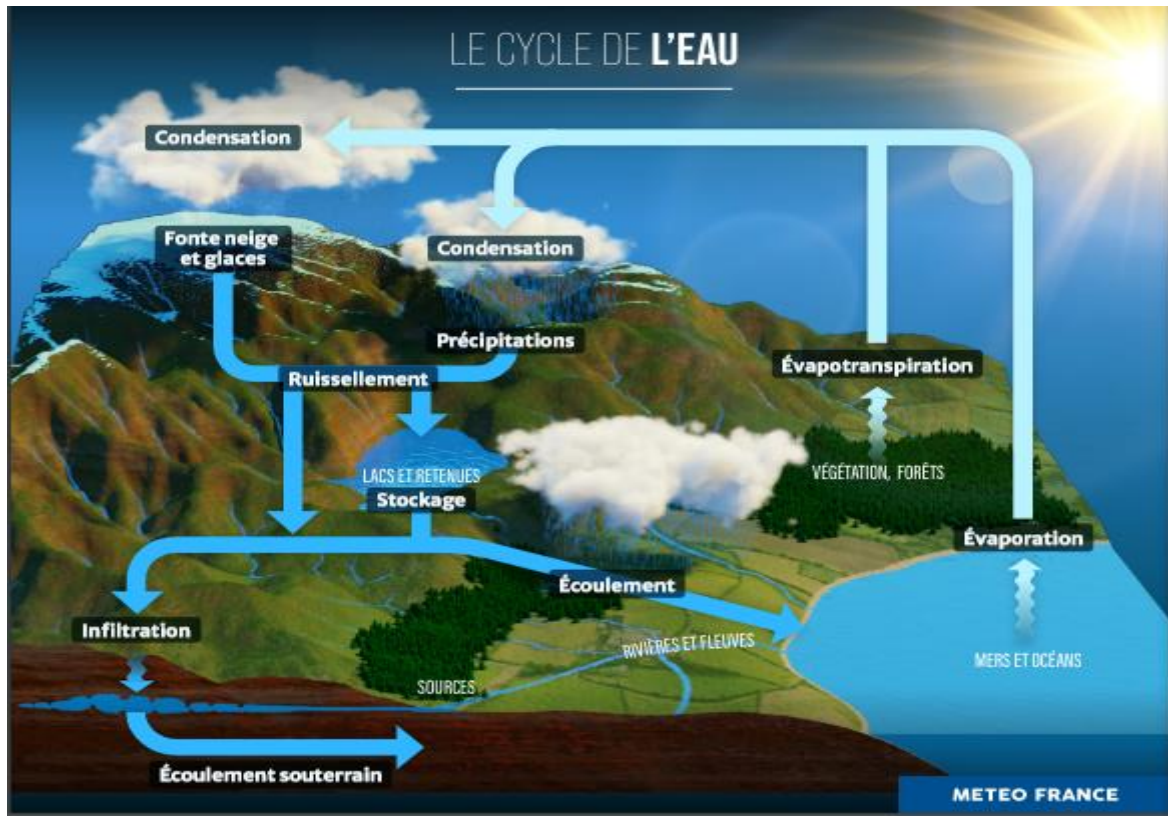
I.4.2. Condensation : lorsque la vapeur d'eau évaporée monte dans l'air, elle se condense pour former les nuages

I.4.3. Précipitations : Les nuages d'eau se déplacent et grossissent jusqu'à ont atteint un poids suffisant elles retombent sur la terre : c'est ce qu'on appelle les précipitations. Ils se présentent soit à l'état liquide (pluie) soit à l'état solide (neige, grêle)

I.4.4. Ruissellement : Lorsque l'eau tombe du ciel, elle peut nourrir les fleurs et les arbres, ou s'écouler dans des ruisseaux qui deviennent rivières et lacs avant de retourner dans l'océan.

I.4.5. Infiltration : L'eau de pluie peut également s'infiltrer dans le sol. Il pénètre dans les eaux souterraines par la terre. Cette eau peut revenir par les fissures du sol. Ce sont des ressorts. Les sources rejoignent les ruisseaux, se jettent dans les rivières et les lacs et retournent à la mer (Brasilia, 2013).

I.4.6. Cycle de l'eau



LANCEMENT DU PORTAIL DE DONNÉES HYDROLOGIQUES DRIAS-EAU Météo-France en appui aux acteurs locaux pour mieux gérer la ressource en eau www.drias-eau.fr

Figure 1 : cycle de l'eau

I.5. Différentes sources d'eau

I.5.1. Eaux douces de surface

Les eaux de surface (rivières, lacs, barrages, etc.) sont actuellement très largement utilisées car elles seules peuvent fournir de grandes quantités d'eau pour diverses consommations. Cependant, la pollution causée par les eaux usées et les eaux usées ne peut être évitée. Il peut transporter des contaminants microbiens et chimiques et nécessite un traitement approprié avant utilisation. (Festy et All.2003)

I.5.2. Eaux souterraines

À quelques exceptions près (zones côtières, contact avec des roches salées), les eaux souterraines sont généralement de bonne qualité. La filtration de l'eau à travers un sol poreux

Confère à l'eau un goût et une fraîcheur prononcés, et offre également certaines garanties d'un point de vue bactériologique. Le débit des eaux souterraines est très régulier par rapport aux rivières. Les réserves d'eau souterraine peuvent être importantes même lorsque les réserves actuelles sont faibles, voire inexistantes, comme c'est le cas de certains aquifères captifs qui stockent des milliards de mètres cubes d'eau douce. Il n'en va pas de même pour les eaux de surface, car il y a peu de barrages, les coûts de développement sont élevés et les pertes se produisent par évaporation à la surface du réservoir (Margat et Monition.1971)

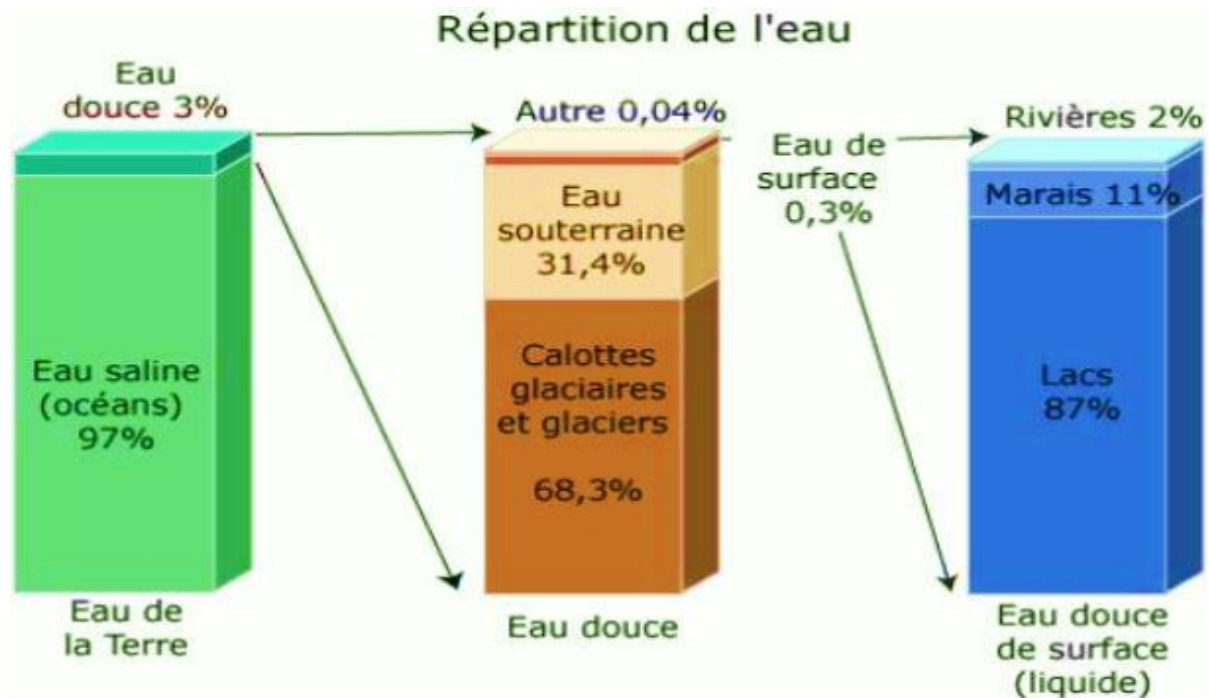
I.5.3. Eau de mer :

Les eaux de mer sont des sources d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Les eaux de mer sont caractérisées par leur concentration en sels dissous, il s'agit de la salinité. La salinité de la plupart des eaux de mer varie de 33000 à 73000 mg/l (Desjardin.1997)

I.6. Répartition de l'eau sur le globe

A l'échelle du globe terrestre, l'eau est la substance minérale la plus utilisée. Elle est répartie dans cinq réservoirs (mer, océan, glace, eaux de surface, eaux souterraines) dont l'ensemble constitue l'hydrosphère. (Yveline .1990).

La majeure partie de l'eau (97%) est contenue dans les océans (fig. 2), est salée ce qui la rend inutilisable pour l'homme. Les 3% d'eau douce restants ne sont toutefois pas entièrement disponibles pour l'homme. En effet, environ 63% celle-ci se présente à l'état solide dans les glaciers et 31,4% seulement se trouve à l'état liquide dans les nappes phréatiques, les lacs d'eau douce, les rivières et l'eau contenue dans la matière vivante ...etc. Une faible proportion de ces 31,4% est sous forme de vapeur d'eau dans l'atmosphère. (Bouarourene et Sadi . 2016).



Source : <https://water.usgs.gov/edu/gallery/watercyclekids/earth-water-distribution.html>

Figure 2 : répartition de l'eau sur le globe

I.7.Conclusion

Si environ 97% de l'eau de notre planète est de l'eau salée (eau de mer et des océans) et que 2 milliards de personnes souffrent de pénurie d'eau potable, en plus du changement climatique qui a entraîné une diminution des précipitations, il est légitime que notre pays, comme de nombreux autres pays, se tourne vers le dessalement de l'eau de mer comme solution la plus appropriée pour résoudre cette crise

Chapitre II

Généralités sur le dessalement de l'eau et normes de potabilité

II.1. Introduction :

Le dessalement de l'eau, également connu sous le nom de dessalage ou désalinisation, est un processus qui permet d'obtenir de l'eau douce (potable) à partir d'eau saumâtre ou salée (en particulier d'eau de mer).

Le 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 des plusieurs régions du monde, comme l'Algérie, les sources d'eau douce sont rares. Ainsi, nous nous tournons vers le dessalement de l'eau de mer. (Site web2)

II.2. Composition et salinité des eaux de mer et des eaux saumâtres :

II.2.1. Les eaux de mer :

Les mers ouvertes présentent une salinité d'environ 35 g/l sur les masses océaniques (Atlantique, Manche, Mer du Nord, Pacifique) et c'est cette valeur qui est appelée salinité. Standard de l'eau de mer. Il y a des variations significatives autour de cette valeur moyenne en fonction du bilan précipitations-évaporation. La salinité peut varier considérablement en fonction des mers fermées ou peu ouvertes sur les masses océaniques.

- Mer Méditerranée 36 à 39 g/l
- Mer Rouge ~ 40 g/l
- Mer Baltique 7 g/l
- Mer Caspienne 13 g/l
- Mer Morte 270 g/l
- Golfe arabo-persique 40 à 70 g/l
- Mer Noire 20 g/l.

Cependant, pour les mers ouvertes, la proportion des sels différents présents est assez constante. En particulier, la somme des ions chlorures et sodium représente environ 85% du poids total des sels. En revanche, dans les mers fermées ou les grands lacs salés .la concentration par évaporation à partir d'apports d'eaux de surface faiblement salées mais relativement différentes de celle de l'eau de mer, conduit quelquefois à des compositions ioniques très particulières. (Maurel A.2006)

II.2. Les eaux saumâtres :

Généralement on appelle eau saumâtre une eau saline non potable, de salinité inférieure à celle de l'eau de mer. En fait, la plupart des eaux saumâtres ont une salinité comprise entre 1 et 10 g/l. Elles se présentent soit, sous forme d'eaux de surface ou d'eaux souterraines. Leur composition chimique varie d'une région à l'autre et pour une même région d'une saison à l'autre. Ces variations dépendent de plusieurs paramètres : l'eau qui pénètre dans le sol dissout les sels qui composent l'écorce terrestre. Les principaux sels qui peuvent être dissous en assez grandes quantités sont le CaCO_3 , le CaSO_4 , le MgCO_3 et le Na Cl . Indépendamment de la composition chimique et de la structure physique des roches, d'autres facteurs interviennent également parmi lesquels nous citerons :

- la vitesse de circulation de l'eau et par conséquent le temps de contact
- les matières déjà dissoutes (la solubilité variant avec la force ionique) : ainsi des eaux chlorurées et gypseuses peuvent contenir en solution des quantités de sulfate de calcium supérieures de beaucoup à la solubilité du sulfate de calcium dans l'eau pure (cas d'eaux souterraines au Qatar)
- le phénomène d'évaporation (évaporation directe ou évapotranspiration), paramètre principalement lié aux conditions climatiques mais aussi à la profondeur du niveau piézométrique des nappes souterraines (influence des irrigations). (Maurel A.2006)

II.3. Le dessalement de l'eau dans le monde et en Algérie :

II.3.1. Définition du dessalement de l'eau de mer :

Le dessalement s'appelle dessalage ou désalinisation. 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 . 2017)

II.3.2. Le dessalement dans le monde :

Le dessalement de l'eau connaît une forte croissance à l'échelle mondiale. La capacité installée augmente en moyenne de plus de 10% chaque année. Cela s'explique par l'abaissement significatif des coûts, ce qui le rend de plus en plus compétitif.

Parmi les 70 villes de plus d'un million d'habitants qui n'ont pas accès direct à des ressources supplémentaires en eau douce, 42 se trouvent sur la côte. De plus, 39% de la population mondiale, soit 2,4 milliards d'habitants, vit à moins de 100 km de la mer. Ces facteurs font du dessalement d'eau de mer et des eaux saumâtres une vraie ressource alternative. Il peut constituer une solution contre la surexploitation des aquifères dans les zones côtières, une réponse à certains risques stratégiques, comme des épisodes de forte sécheresse ou des

Ruptures de l'alimentation en eau. Il existe aussi même des études en cours dans des zones non arides visant à sécuriser l'alimentation de grandes villes comme Londres ou New York, grâce à des installations de dessalement auxquelles il serait fait appel pour faire face aux épisodes de sécheresse.

Aujourd'hui, plus de 15 000 unités de dessalement dans 120 pays produisent environ 40 millions de m³/j, dont les trois quarts issus de l'eau de mer et un quart des eaux saumâtres. Sur ces 40 millions, 75% sont destinés à la consommation humaine, 25% à un usage industriel ou agricole. Il convient de rappeler que la capacité mondiale de production d'eau potable est d'environ 500 millions de m³/j.

Alors qu'en 2004, les experts estimaient que la capacité de dessalement d'eau de mer mondiale augmenterait de 100% d'ici à 2015, ces prévisions semblent aujourd'hui sous-estimées. La Chine et l'Inde pour lesquelles on prévoyait une activité de dessalement d'environ 650 000 m³/j d'ici 2015 ont déjà dépassé ces prévisions. La Chine a récemment annoncé 1 million de m³/j d'eau de mer traitée d'ici 2010 et jusqu'à 3 millions de m³/j en 2020. Au rythme actuel d'un doublement de la production tous les 10 ans, les spécialistes estiment que cette production grimpera à 50 ou 60 millions de m³/j avant 2015, et pourrait à nouveau doubler d'ici à 2025. Le dessalement de l'eau de mer répond à 60 % des besoins en eau douce des pays du Golfe Persique. L'Arabie Saoudite génère à elle seule 20% de la production mondiale. Mais, le dessalement ne concerne plus seulement les riches et désertiques Etats du Golfe, où fonctionnent les plus importantes installations. En Australie, la ville de Perth tire un tiers de sa consommation d'eau douce de cette technique. (Boye.2008)

II.3.3. Le dessalement de l'eau en Algérie :

L'Algérie a opté pour des usines de dessalement. 43 unités seront opérationnelles d'ici 2019, pour approvisionner les grands centres urbains, en réservant les eaux traitées et les eaux de barrage à l'agriculture et l'usage industriel (1 000 000 m³/j installés, 2 000 000 m³/j programmés). Le dessalement est ainsi appelé à répondre aux besoins de plus d'un cinquième de la population. La consommation domestique est limitée à l'utilisation de l'eau dessalée en raison de son coût relativement élevé. L'idée est d'approvisionner les grands centres urbains, comme Alger, Oran ou Skikda, en eau dessalée et de réserver les eaux traitées et les eaux de barrage à L'irrigation, l'agriculture et l'usage industriel » (le Ministre de l'eau, Journal El Watan), Les agriculteurs sont appelés à utiliser le goutte-à-goutte pour l'irrigation, plusieurs unités d'épuration des eaux usées sont en cours de réalisation pour couvrir les besoins de

L'agriculture. Il est primordial que les citoyens prennent conscience de l'importance de rationaliser leur consommation d'eau et de mettre un terme aux déperditions d'eau qui atteignent 40% à Alger. Cependant, le gouvernement a annoncé que malgré le développement des usines de dessalement, le prix de l'eau restera inchangé pour les consommateurs algériens (grâce aux subventions) (Boye. 2008)

II.3.3.1. Les stations de dessalement en Algérie

Tableau 1 : Stations de dessalement en Algérie réalisées entre 2005 -2014

N°	Station	wilaya	Capacité m ³ /j	Mise en Service
01	Kahrama Arzew	Oran	90.000	2005
02	Hamma	Alger	200.000	2007
03	Skikda	Skikda	100.000	2007
04	Beni Saf	Ain Timouchent	200.000	2007
05	Mostaganem	Mostaganem	200.000	2008
06	Douaouda	Alger Ouest	100.000	2008
07	Souk Tlata	Tlemcen	200.000	2011
08	Honain	Tlemcen	200.000	2012
09	Cap Blanc	Oran	200.000	2008
10	El-Taref	El-Taref	50.000	2008
11	Ténès	Chlef	200.000	2008
12	Magtaâ	Mostaganem	500.000	2014
13	Oued Sebt	Tipaza	100.000	2009
14	Cap Djenet	Alger Est	100.000	2011
Total	14 stations		2 400 000	

Source : Algérienne des eaux

II.3.3.2. Les stations monoblocs :

Petites stations monobloc En vertu d'une réforme institutionnelle engagée en 2001, l'Algérienne des Eaux a amorcé la réalisation de 21 petites unités de dessalement de 2500 m chacune, totalisant 57 000 m. Ces réalisations ont été installées dans 6 Wilayas (Skikda, Alger, Boumerdès, Tipaza, Tlemcen et Tizi Ouzou) et ont été faites sur concours définitif, c'est-à-dire, le budget de l'Etat. (Akli.2007)

Tableau 2 : Stations monoblocs de dessalement réalisé en Algérie

N°	Wilaya	Site	Commune	Capacité (m ³ /j)
01	Tlemcen	Ghazaouet	Ghazaouet	2 500
02		Ghazaouet II	Ghazaouet	2 500
03	Tipaza	Bou-Ismaïl	Bou-Ismaïl	5 000
04	Alger	Champ de tir	Zeralda	2 500
05		Champ de tir 2	Zeralda	2 500
06		Palme Beach	Staouali	2 500
07		La Fontaine	Ain Benian	2 500
08		La Fontaine	Ain Benian	2 500
Total	8 stations			22500

Source : Algérienne des eaux

II.4. Impacts de rejets de dessalement :

Impacts sur l'environnement Parmi les impacts dus à une usine de dessalement, il y a ceux qui se limitent à la phase de construction et ceux qui sont liés à la phase d'exploitation. Les impacts commencent avec la transformation de l'occupation du sol, puis continuent avec des conséquences visuelles et des nuisances sonores pour s'étendre à des émissions dans l'atmosphère et des rejets dans l'eau ou sols 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 différentes zones, affectant notamment la qualité de l'air, la qualité de l'eau, la flore et la faune, la perturbation d'écosystèmes importants (dunes de sable, herbiers marins et autres habitats vulnérables par suite de l'emplacement choisi pour le trajet des canalisations), le dragage et l'élimination des déblais qui en résultent, le bruit, les entraves à l'accès du public et aux loisirs. La qualité de l'air et de l'eau joue un rôle crucial dans ces impacts, qui ont ensuite un impact sur la flore, la faune et les écosystèmes. Le principal impact environnemental associé aux procédés de dessalement provient de la production de saumure : solution à forte teneur en sels qui résulte de la « concentration » de l'eau de mer ou de l'eau saumâtre dessalée. Cependant, il ne faut pas oublier, lors d'une éventuelle évaluation, l'impact environnemental causé par une station de dessalement, comme les problèmes de dégradation paysagère, bruits, émissions de gaz (CO₂, NO_x), ou encore les rejets associés comme les eaux provenant du nettoyage (filtres de sable, membranes et dépôts). (Noureddine et Hassini. 2019)

II.4.1. La saumure

Les usines de dessalement rejettent en fait la même charge de constituants de l'eau de mer que celle qu'elles ont reçue, mais dans un volume d'eau moindre. Avec le procédé MSF, un taux de récupération habituel sur la base de l'eau d'alimentation est de 10% et la salinité de la saumure concentrée est donc 1,1 fois plus élevée que celle de l'eau d'alimentation. Le concentré est généralement dilué par deux avec l'eau de refroidissement avant d'être rejeté, et par conséquent le facteur de concentration est de 1,05, ce qui réduit les impacts sur l'environnement.

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

.À part le volume proprement dit, les modalités et l'emplacement du rejet sont essentiels pour les impacts qui peuvent en résulter. La longueur de l'émissaire, sa distance au rivage, son niveau au-dessus du fond de la mer, l'existence ou non d'un diffuseur, ainsi que la profondeur de l'eau et les caractéristiques hydrologiques (courants, vagues) peuvent conditionner la dispersion de la saumure et l'efficacité de la dilution au point de rejet et, par voie de conséquence, l'impact potentiel sur l'environnement (PNUE, 2001)

Le tableau dessous représentatif des caractéristiques physico-chimiques des eaux de mer et de la saumure.

Le tableau 3 : Caractéristiques principales de l'eau de mer et saumure

Paramètres	Eau de mer	Rejet (saumure)
Conductivité (ms/cm)	47	73,5
Salinité (g/l)	32	60
Turbidité (NTU)	1,14	2,03
pH	7,61	7,31
T (°C)	20	20
[Ca ²⁺] (g/l)	0,449	0,841
[Mg ²⁺] (g/l)	0,998	2,013
Chlorure (g/l)	14,200	22,412
Sulfates (g/l)	3,7	2,573
TA (°F)	0	0
TAC (°F)	13	28

II.5. les paramètres d'une eau potable :

Pour être considérée comme eau potable, l'eau doit être exempte de toutes substances considérées comme nocives pour la santé :

- Les germes pathogènes, comme les bactéries et les virus
- Les micro-organismes parasites
- Les substances chimiques indésirables, comme les nitrates, les phosphates, les métaux lourds, les hydrocarbures et les pesticides

Pour pouvoir être consommée en toute sécurité, l'eau doit répondre à des critères stricts du Ministère de la Santé et du Conseil Général de la Santé Publique dans le secteur de l'eau d'Hygiène Publique. Ces normes varient en fonction de la législation en vigueur et selon qu'il s'agit d'une eau destinée à la consommation humaine ou d'une eau industrielle.

Il existe actuellement 63 critères sur l'eau potable qui peuvent être divisées en 5 paramètres principaux :

➤ **II.5.1 Les paramètres physico-chimiques :** ils correspondent aux caractéristiques de l'eau tels que le pH, la température, la conductivité ou la dureté de l'eau et délimitent les quantités maximales à ne pas dépasser pour certains composants comme les ions, les chlorures, le potassium et les sulfates.

Exemples

- La teneur en sulfate doit être inférieure à 250 mg/l
 - La teneur en chlorures doit être inférieure à 200 mg/l
 - La teneur en potassium doit être inférieure à 12 mg/l
 - Le pH de l'eau doit être compris entre 6,5 et 9
 - Le TH soit la dureté de l'eau, qui correspond à la mesure de la teneur d'une eau en ions calcium et magnésium, doit être supérieur à 15 degrés français. Autrement dit, une eau ne doit pas posséder moins de 60 mg/l de calcium ou 36 mg/l de magnésium, sinon elle sera jugée trop douce : pour ne pas corroder les canalisations, elle devra faire l'objet de minéralisation et/ou de neutralisation pour retrouver un équilibre calco-carbonique.
- **II.5.2 Les paramètres organoleptiques** : ils concernent la couleur, le goût et l'odeur de l'eau. L'eau doit être agréable à boire, claire et sans odeur. Ces paramètres étant liés au confort de consommation, ils n'ont pas de valeur sanitaire directe.
- **II.5.3 Les paramètres microbiologiques** : ils permettent de contrôler que l'eau ne contient aucun germe pathogène, comme les virus, les bactéries ou les parasites, pouvant provoquer des maladies, voire de épidémies.
- **II.5.4 Les paramètres liés aux substances indésirables** : ils concernent les substances telles que les nitrates, les nitrites et les pesticides.
- La teneur en nitrates ne doit pas dépasser 50 mg/l
 - La teneur en fluor doit être inférieure à 1.5 mg/l
- **II.5.5 Les paramètres liés aux substances toxiques** : les micropolluants tels que l'arsenic, le cyanure, le chrome, le nickel, le sélénium ainsi que certains hydrocarbures sont soumis à des normes très sévères à cause de leur toxicité. Leur teneur tolérée est de l'ordre du millionième du gramme. (site web 3)

II.6. les Normes de potabilité de l'eau

Selon le JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE :

Décret exécutif n°14-96 du 2 Jomada 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.

Article 1er. _Le présent décret a pour objet de modifier et de compléter certaines dispositions du 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.

Art. 2. _ Les dispositions de l'alinéa 2 de l'article 3 du décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011.

Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine selon la législation algérienne :

Voir Le tableau N°1

II.6. Conclusion :

Désormais, le dessalement de l'eau est considéré comme une option stratégique pour garantir la sécurité hydrique et réaliser un développement durable dans le nord de l'Algérie, face aux pressions croissantes dues au changement climatique et à l'augmentation de la population. Grâce à des partenariats étrangers et à la réalisation de nombreux projets financés par l'État, l'Algérie a remporté un grand succès dans ce domaine

Chapitre III

Les procédés de dessalement de l'eau

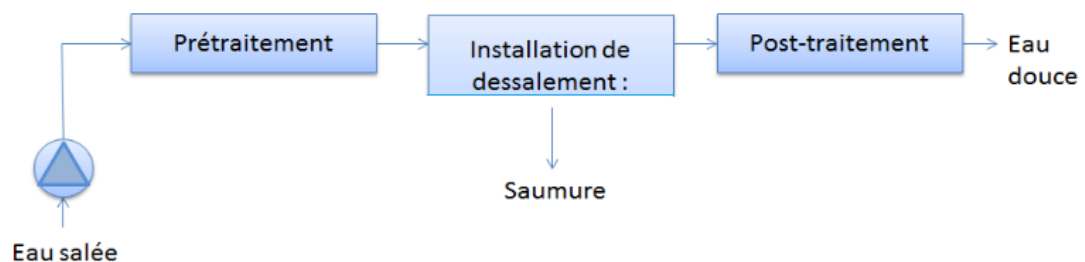
III.1. Introduction :

La Dessalement de l'eau est une technologie prometteuse et une solution efficace pour obtenir de l'eau potable. Grâce à osmose inversée, par distillation ou encore par électrodialyse, ces techniques permettent de séparer le sel de l'eau de mer

III.2. Structure générale d'une installation de dessalement :

On peut schématiser une installation de dessalement de la manière suivante divisée en 4 postes distincts

- Une prise d'eau de mer
- Un poste de prétraitement
- L'installation de dessalement proprement dite
- Un poste de traitement (Maurel.2001)



Source : Maurel. A., (2006), Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres, 2e édition

Figure 3 : schéma d'une installation de dessalement de l'eau de mer

III.2.1. La prise d'eau de mer :

L'arrivée d'eau de mer à l'usine de dessalement doit permettre d'obtenir une eau de meilleure qualité. Plus précisément, en ce qui concerne les matières en suspension. Cette prise en compte de la qualité de l'eau est d'autant plus importante que le procédé de dessalement choisi sera l'osmose inverse (Maurel .2006)

Elle peut s'effectuer soit par prise directe, ou par puits côtiers. Ce dernier système permet d'obtenir une eau non turbide, ce qui soulage les prétraitements (Bouguerrouche et Hamiche.2014)

III.2.2. Le poste de pompage :

La tour de captage de l'eau de mer où s'effectue la première opération consiste à pomper l'eau de mer par le biais de plusieurs pompes dont une de réserve, par aspiration à vide. Trois tubes de grilles à gros grains et des tamis autonettoyants sont utilisés dans le système de préfiltration de cette tour. Grâce à cette filtration, l'eau est moins chargée en de bris marins et reste homogène (Ayad et Bensaoula.2019)

III.2.3. Le poste de prétraitement :

Il est nécessaire d'effectuer un prétraitement de l'eau de mer avant osmose inverse car les membranes d'OI sont très sensibles au colmatage et alors une bonne qualité de l'eau en entrée des modules d'OI est indispensable pour assurer des performances stables sur le long terme. L'objectif du prétraitement est de réduire le colmatage, améliorer la durée de vie des membranes, améliorer la qualité de l'eau produite et garantir la maintenance des imperfections de l'OI.

Les procédés de prétraitement sont physiques et chimiques :

- Les prétraitements physiques sont constitués des préfiltres mécaniques, de la filtration à sable et des filtres à cartouche.
- Tandis que le prétraitement chimique consiste en l'addition d'inhibiteurs d'entartrage, de coagulants, de désinfectants et de poly-électrolytes

Aujourd'hui, la majorité des usines d'OI utilisent un procédé de prétraitement conventionnel or, avec la baisse constante du prix des éléments membranaires et la mauvaise qualité des ressources en eau, ce prétraitement par procédé membranaire trouve de plus en plus sa place dans les étapes de prétraitement avant osmose inverse. (Benabadji et Saidi 2016)

III.2.4. L'installation de dessalement :

Il s'agit d'un processus par lequel le sel est éliminé de l'eau brute (eau douce ou eau de mer). Le système peut être un «système membranaire », un « système thermique » ou « un autre système ». Le choix de la meilleure technologie de dessalement dépend de l'environnement, de la géographie de la maturité de la technologie, de l'eau brute et de la qualité de l'eau produite, de la disponibilité des technologies, de l'énergie nécessaire au fonctionnement de l'installation

disponible, de la capacité des opérateurs à faire fonctionner cette technologie, des coûts, ... etc.
(Ahmouda et.Biaa.2016)

III.2.5. Le Poste de traitement

III.2.5.1. Les traitements de neutralisation ou de reminéralisation des eaux

Pour maintenir l'équilibre de l'eau, il est possible de recourir à tous les procédés visant à réduire la concentration en dioxyde de carbone. En revanche, un traitement de ce type a des effets temporaires limités car le CO₂ est particulièrement labile et les changements de pression que subit l'eau lors de son transport dans le réseau peuvent provoquer sa disparition. En outre, une augmentation de la température ravivera la précipitation en déplaçant la courbe d'équilibre.
(Benabadji et Saidi .2016)

III.2.5.2. La décarbonatation

On a observé que les eaux trop dures ont un pH d'équilibre extrêmement bas. qu'il ne permet pas de former du carbonate de plomb et qu'il ne serait pas possible de garantir le seuil prévu par la limite de qualité de 10 µg/L pour le plomb quand le réseau est composé de tuyauteries et accessoires comportant ce métal. Par conséquent, il est impératif de procéder à une décarbonatation des réactifs

Utilisables sont :

- La chaux : $\text{Ca(OH)}_2 + \text{Ca(HCO}_3)_2 \rightarrow 2 \text{CaCO}_3(\text{s}) + 2 \text{H}_2\text{O}$
- La soude : $2 \text{NaOH} + \text{Ca(HCO}_3)_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCO}_3(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}$

Si l'eau est suffisamment dure (cette dureté liée aux chlorures ou aux sulfates), on peut utiliser

Le carbonate de soude (Na₂CO₃): $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaSO}_4 \rightarrow \text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{Na}_2\text{SO}_4$ AYAD
(AYAD A. F ET BENSOUA M. S.2019)

III.2.5.3. La désinfection

La désinfection Certaines eaux brutes présentent l'avantage de ne pas avoir à être désinfectées. Cependant, la désinfection reste un des procédés de base les plus importants à utiliser. Même dans le cas d'eaux souterraines (qui sont souvent exemptes de virus ou bactéries pathogènes), la désinfection est mise en place à titre préventif. Elle prévient tout risque de contamination par infiltration.

Cette désinfection est effectuée par :

- le chlore ou ses dérivés (chlore gazeux, eau de Javel, dioxyde de chlore).
- l'ozone : -les ultraviolets.
- la filtration sur membranes.

Comme nous l'avons vu plus haut, chaque procédé de base utilisé a ses avantages et ses inconvénients. (Graindorge et Landot.2014)

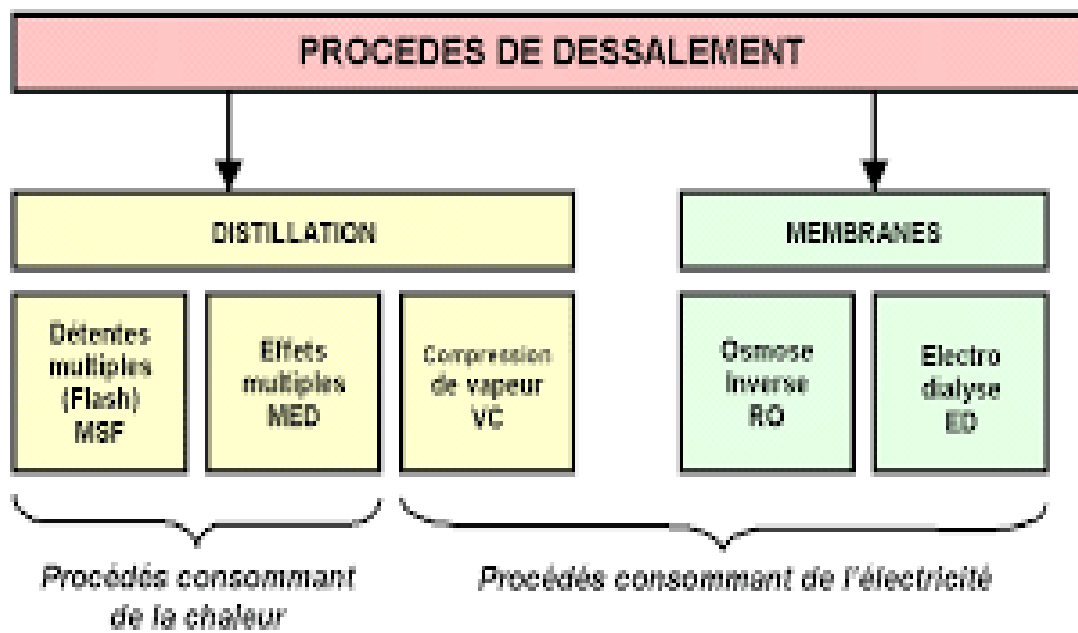
III.2.5.4. L'aération :

Le perméat peut diminuer la quantité d'oxygène, surtout si on utilise du bisulfate de sodium. Il faut donc l'aérer en ménageant une ou plusieurs chutes d'eau (la hauteur totale de chute pour atteindre la saturation est de 1,2 m) qui va s'effectuer à l'entrée du bassin de stockage de l'eau à distribuer. La chloration de l'eau devra s'effectuer en aval de cette chute, pour ne pas détruire le chlore. (Degreement, 1989)

III.3. Les procédés de dessalement :

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

1. es procédés thermiques qui se basent sur le principe de l'évaporation de la successive condensation
2. les techniques membranaires qui utilisent les capacités de certaines membranes à retenir les particules dissoutes dans l'eau (Maurel.2006)



Source : Maurel. A., (2006), Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres, 2e édition

Figure 4 : Les divers procédés de dessalement

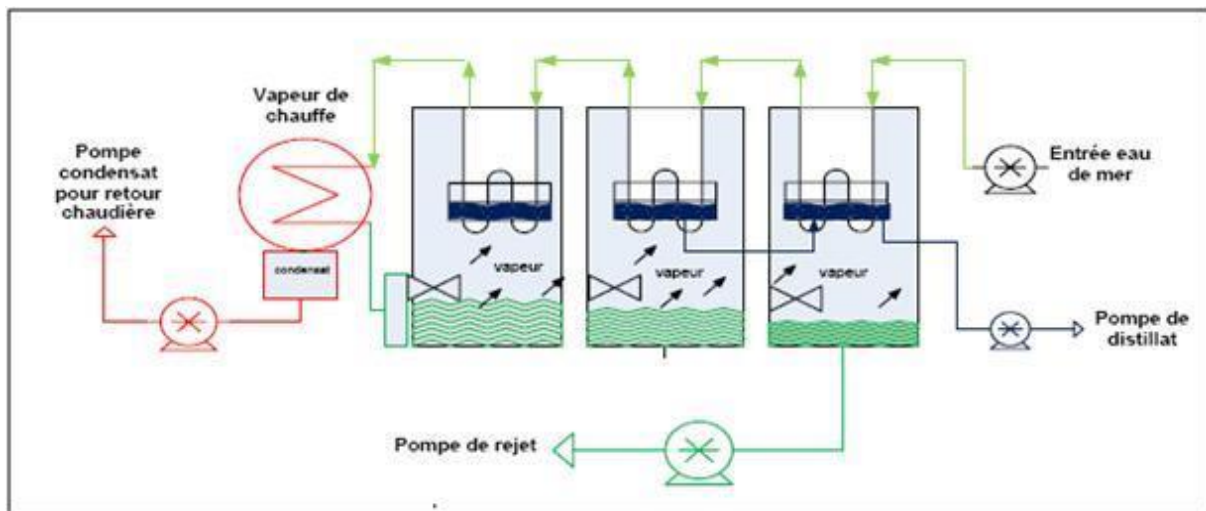
III.3.1. Les procédés thermiques de distillation :

III.3.1.1 La distillation multi-flash :

La distillation multi -flash utilise le principe de la vaporisation instantanée (distillation flash). Les condenseurs des différents étages du procédé permettent à l'eau de mer prétraitée d'entrer dans l'installation où elle est préchauffée. Elle est ensuite introduite dans une chaudière ou un réchauffeur, où elle est chauffée jusqu'à une température d'environ 110°C. On introduit ensuite de l'eau de mer chaude dans le bas du premier étage, où la pression est inférieure à sa pression de vapeur saturante. Il en résulte une vaporisation instantanée par détente (distillation flash).

La vapeur produite se condense sur les parois du condenseur et est récupérée. L'eau de Mer restante entre dans la chambre suivante, où la température et la pression sont plus basses. Une nouvelle distillation flash se produit dans cette chambre. Phénomène se répète jusqu'à la dernière chambre. Les écarts de pressions entre les chambres permettent l'écoulement de phénomène se répète jusqu'à la dernière chambre. Les écarts de pressions entre les chambres permettent l'écoulement de l'eau de mer et de l'eau douce produite jusqu'à la dernière chambre sans l'utilisation de pompes. Ce procédé offre la possibilité d'une production de plus de 25000

$\text{m}^3 \text{j}^{-1}$, avec une salinité allant de 50 à 100 mg. L^{-1} pour consommation électrique de 1 à 3 kWh.m^{-3} d'eau produite (Jean-Pierre .2009).

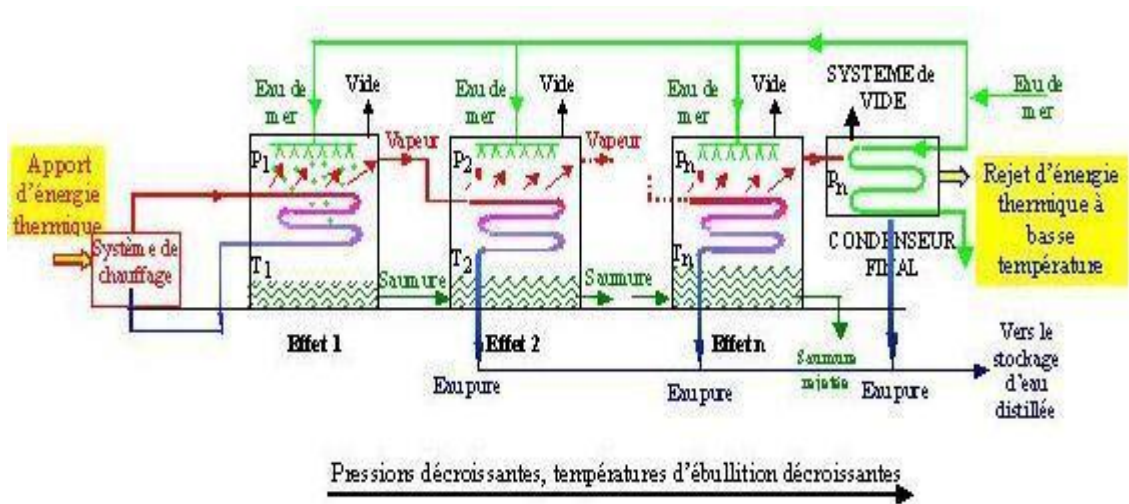


Source : UNEP/MAP (2003), dessalement de l'eau de mer en méditerranée évaluation et lignes directrices, MAP Technical Reports Series No. 139, Athens.

Figure 5 : Distillation multi- flash

III.3.1.2 La distillation à multiple effets

Distillation à multiples effets (MED) : Ce procédé repose sur l'évaporation, à pression réduite, d'un volume d'eau de mer préchauffée à une température de 70 à 80°C. L'évaporation. La détente au sein des étages successifs assure la présence d'eau sur une surface d'échange. On transfère la chaleur à travers cette surface en utilisant soit de la vapeur produite par une chaudière, soit de l'eau chaude provenant d'un récupérateur de chaleur. Vapeur ainsi produite dans le premier effet est condensée pour produire de l'eau douce dans le deuxième effet où règne une pression inférieure, ainsi la chaleur de condensation qu'elle cède permet d'évaporer une partie de l'eau de mer contenue dans le deuxième effet et ainsi de suite. Donc, seule l'énergie nécessaire à l'évaporation dans le premier effet provient de l'extérieur, c'est-à-dire la multiplication. La réduction de la consommation spécifique est rendue possible grâce au nombre d'effets. (Énergie/ m^3 d'eau douce produite) (Viviane. 2003)

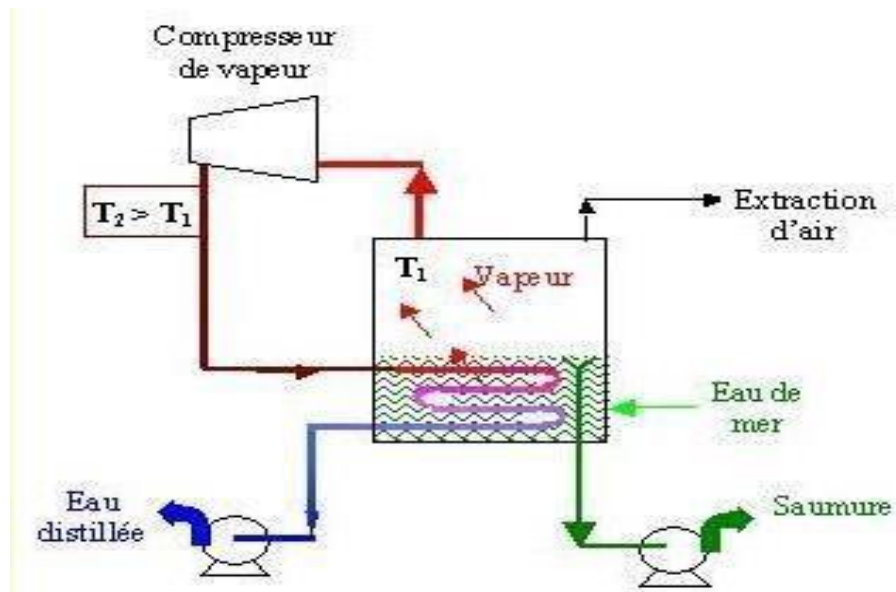


Source : DANIS P., (2003), Dessalement de l'eau de mer.

Figure 6 : Distillation à multiples effets (MED)

III.3.1. 3 Compression de vapeur

Pendant la distillation par compression de vapeur, l'eau de mer est chauffée jusqu'à ébullition dans une enceinte thermiquement séparée. Un compresseur aspire la vapeur et l'élève jusqu'à sa température de saturation. Cette vapeur traverse ensuite un faisceau tubulaire placé à la base de l'enceinte et se condense en provoquant l'évaporation de l'eau salée. Ce processus permet d'atteindre une production maximale de $5\,000\text{ m}^3.\text{j}^{-1}$ avec une salinité de $1\text{ à }50\text{ mg.L}^{-1}$ pour une consommation énergétique de $12\text{ à }17\text{ kWh.m}^{-3}$ d'eau produite. Outre leur consommation énergétique élevée, les procédés de distillation présentent plusieurs contraintes techniques. Tout d'abord, il est nécessaire d'évacuer les gaz incondensables présents dans l'eau de mer qui se sont évaporés lors du processus de distillation. Des prétraitements sont également requis comme une chloration, une filtration par tamisage à 0.5mm et un traitement antitartre (Jean-Pierre .2009).



Source : DANIS P., (2003), Dessalement de l'eau de mer. Techniques de l'Ingénieur, traité Génie des procédés, J2 70

Figure 7 : La compression de vapeur

III.3.1.4 Comparaison entre les méthodes de distillation

Tableau 4 : Comparaison entre les méthodes de distillation.

	Distillation multi-flash (MSF)	Distillation à multiples effets (MED)	Compression mécanique de vapeur (VC)
Principe	Détentes successives	Détentes successives	Compression (cf. principe pompe à chaleur)
Température (°C)	90-120 (chambre 1) 30 (chambre n)	60-70	60
Pression (bar)	2 (chambre 1) 0,05 (chambre n)	Basse : 0.25-0.4	0.7-1
Prétraitement de l'eau	Nécessaire	Nécessaire	Nécessaire
Capacité de traitement	Grande : 4.000 à 57.000 nr jour (Buros, 1990).	Grande : 2.000 à 20.000 m ³ /jour	Installations de petites et de moyennes capacités (<5000 m ³ /jour) Capacité plus importante si association avec d'autres techniques
Avantages	Fiabilité	Récupération d'énergie (chaleur latente de vaporisation) maximale Bons rendements	Faible consommation électrique
Inconvénients	Important prétraitement		Rendement limité à cause de problèmes de corrosion et d'entartrage des composants

Source : C. Le Guern, P. Lachassagne, Y. Noël, F. Persin et I. De Buysscher, « Dessalement et recharge artificielle : synthèse technico-économique », 2003, Rapport BRGM/RP—52262 FR.

III.4.1 les procédés membranaires :

III.4.1.1. Électrodialyse :

L'ED est un procédé qui exploite la mobilité des ions de l'électrolyte sous un champ électrique pour le dessalement à travers une membrane qui élimine sélectivement le sel. Il a donc été introduit sur le marché au début des années 1960. Une unité ED de base se compose de centaines de cellules reliées par des électrodes. Le bloc extérieur qui constitue la batterie. L'eau d'alimentation traverse toutes les unités simultanément, fournissant un flux continu d'eau dessalée et de saumure concentrée, en fonction de la conception du système. Des produits chimiques peuvent être ajoutés à la boucle pour réduire la capacité d'encrassement. (Bouros, 1992)

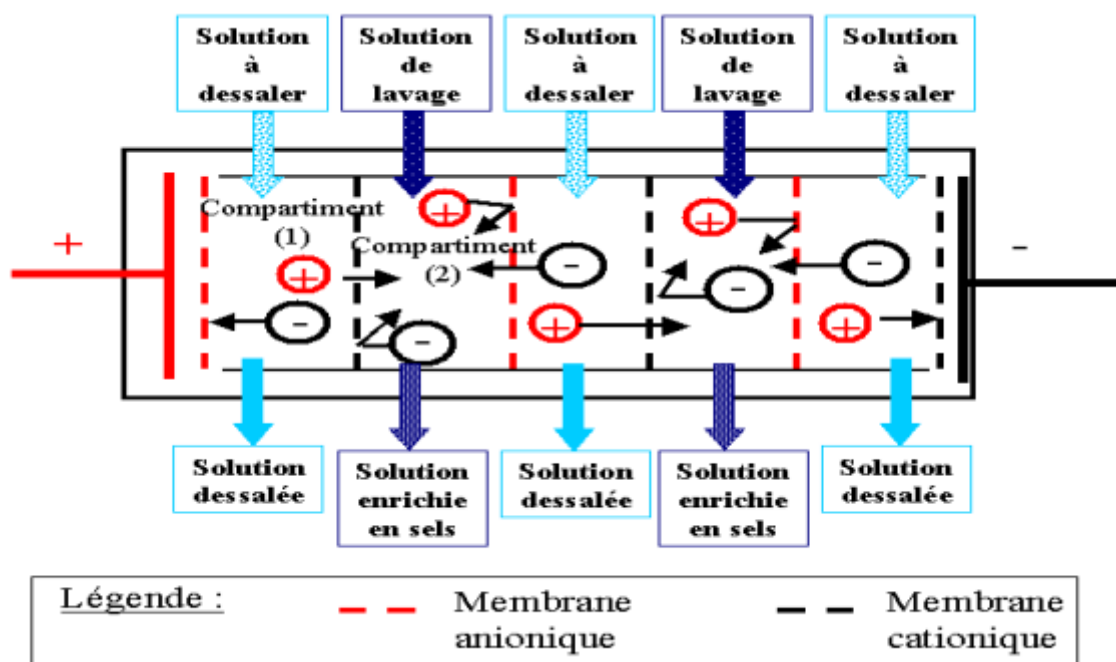


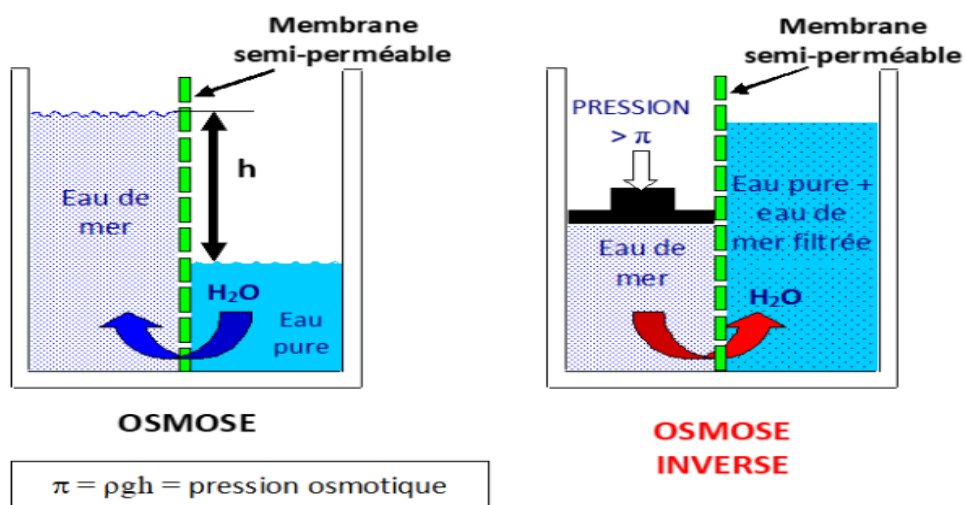
Figure 8 : Principe de dessalement par l'électrodialyse [H].

III. 4.1.2 L'Osmose inverse :

L'osmose inverse est un procédé qui utilise une membrane semi-perméable pour séparer l'eau et les sels dissous sous pression (54 à 80 bars pour l'eau de mer). Le processus se déroule à température ambiante et n'implique aucun changement de phase. La membrane polymère utilisée permet le passage des molécules d'eau mais pas des particules d'une taille de 10 à 7 nm, des sels dissous et des molécules organiques. L'énergie nécessaire à l'osmose inverse est uniquement l'énergie électrique consommée principalement par la pompe haute pression. La teneur en sel de l'eau imprégnée est d'environ 0,5 g.L⁻¹ (Viviaine .2003)

4.1.2 .1.Principe de l'osmose inverse

L'osmose est le transfert d'un solvant (dans la plupart des cas de l'eau) à travers une membrane semi-perméable en raison d'un gradient de concentration. Considérons un système comportant deux compartiments séparés par une membrane semi-perméable et contenant deux solutions de concentrations différentes (Figure 1). L'osmose fera passer l'eau d'une solution diluée à une solution concentrée. Si l'on essaie d'arrêter l'écoulement de l'eau en appliquant une pression sur une solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose diminuera. À un moment donné, la pression appliquée contrecarrera l'écoulement de l'eau. Si par souci de simplicité nous supposons que la solution diluée est de l'eau pure, cette pression d'équilibre est appelée pression osmotique (Viviaine .2003)



Source : Bushnak, A. (2012), Évaluation des meilleures technologies disponibles pour le dessalement en zones rurales/locales. Rapport final, Gestion Intégrée Durable de l'Eau - Mécanisme de Soutien (SWIM - SM)

Figure 9 : Osmose et osmose inverse

Une augmentation de pression au-dessus de la pression osmotique fera circuler le flux d'eau dans le sens opposé au flux osmotique (voir figure 1), c'est-à-dire d'une solution concentrée vers une solution diluée : C'est le phénomène inverse de l'osmose, Pour les solutions suffisamment diluées, la pression osmotique notée π peut être calculée d'après la loi de Van 't Hoff :

$$\Pi = i \times C \times R \times T, \text{ où :}$$

- i est le nombre d'ions dissociés dans le cas d'un électrolyte,
- C est la concentration en sels en mol.m^{-3}
- R est la constante des gaz parfaits $R = 8,314 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$
- T est la température absolue de la solution en Kelvin

Application :

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

$$\Pi = 2 \times (35 \times 103/58,5) \times 8,314 \times 293 = 29,14 \times 10^5 \text{ Pa} = 29,14 \text{ bar.}$$

Le débit spécifique J_1 (débit massique par m^2 de membrane) d'eau osmosée produite est proportionnel à la différence entre la pression appliquée P et la pression osmotique π de la solution concentrée.

$$J_1 = A \times (P - \pi), \text{ où } A \text{ est le coefficient de perméabilité vis-à-vis de l'eau pure.}$$

Le flux spécifique de sel traversant la membrane est quant à lui proportionnel à la différence de concentration de part et d'autre de la membrane.

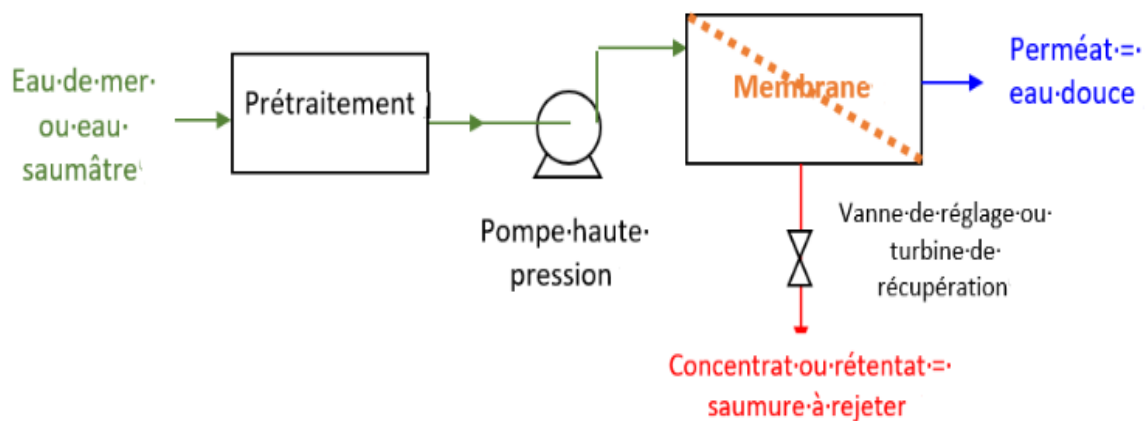
$$J_2 = B \times \pi C, \text{ où } B \text{ est le coefficient de perméabilité vis-à-vis du sel (Viviane .2003)}$$

4.1.2 .2.Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse

Un système OI se compose des éléments de base suivants :

- Pré-traitement

- Pompes à haute pression
- Bloc membrane
- Post-traitement



Source : Site Eduscol - Culture Sciences-Chimie

Figure 10 : Schéma simplifié de la filière de dessalement par osmose inverse

Le dessalement par osmose inverse nécessite au préalable un prétraitement de l'eau de mer pour éviter la sédimentation de matières en suspension sur les membranes, qui peut rapidement conduire à une réduction du débit résultant. Selon le type de module d'osmose inverse, il est crucial de préserver chaque particule d'une taille supérieure à 10 à 50 μm . Ceci est réalisé par une préfiltration grossière et une filtration sur sable pour éliminer les plus grosses matières en suspension, qui nécessitent ensuite une stérilisation et une acidification pour empêcher la croissance microbienne sur la membrane et éviter la précipitation des carbonates. Enfin, la filtration sur cartouche permet de restituer les particules d'une taille de plusieurs dizaines de μm qui n'étaient pas retenues par le filtre à sable

La pompe haute pression permet l'injection de l'eau de mer dans le module d'osmose inverse dans lequel se trouvent les membranes.

De plus, un autre phénomène se produit lors de l'osmose inverse : c'est la polarisation de concentration de la membrane. Effectivement, au fil du temps, la concentration de la solution salée augmente, car la plupart des molécules sont retenues d'un seul côté de la membrane. C'est pourquoi la pression osmotique augmente près de la couche limite, ce qui comporte des risques

de précipitation des composés à faible produit de solubilité. Pour un même rendement, la pression à appliquer est donc plus élevée. Afin d'éviter ce phénomène, on procède à un balayage continu de la membrane du côté de la solution salée. Toute l'eau n'est pas filtrée, une partie sert à nettoyer la membrane. Ce processus est donc similaire à une filtration tangentielle. L'eau non filtrée est appelée retentât tandis que l'eau qui a traversé la membrane est appelée perméat. Afin de limiter la consommation d'énergie du procédé, on peut placer sur le circuit du retentât une turbine qui permet de récupérer une partie de l'énergie contenue dans ce fluide sous haute pression. (Bouabdallah et Behilil .2006)

6.5-Comparaison entre les méthodes membranaires :

Tableau 5 : Comparaison entre les méthodes membranaires.

	Osmose inverse (OI)	Nanofiltration (NF)	Electrodialyse (ED)
Principe	Membrane semi-perméable Pression osmotique	Membrane semi- perméable à porosité contrôlée Gradient de pression	Migration des espèces ioniques sous l'effet d'un champ électrique
Prétraitement de l'eau	Nécessaire	Nécessaire	Nécessaire
Capacité de traitement	Faible à grande	Faible à grande	Faible à grande
Avantages	Purification poussée	Perméabilité de la membranc plus élevée qu'en osmose inverse : flux d'eau traitée 5 fois plus importants. Moins énergétique que l'osmose inverse	Consommation d'énergie électrique directement proportionnelle à la quantité de sel à extraire.
Inconvénients	Eaux agressives et peu minérales : post traitement nécessaire - si production d'eau potable.	Moins sélectif que l'osmose inverse Post-traitement nécessaire	Coût
Autres Informations		Souvent appliqué en amont d'autres techniques (osmose inverse ou MED) pour éviter les phénomènes parasites (entartrage, colmatage).	Développement limité au traitement des eaux saumâtres , Principalement pour des questions de coût.

Source : C. Le Guern, P. Lachassagne, Y. Noël, F. Persin et I. De Buysscher, « Dessalement et recharge artificielle : synthèse technico-économique » ,2003, Rapport BRGM/RP—52262-FR.

Conclusion

Le dessalement de l'eau de mer est maintenant une activité industrielle et la capacité de production augmente chaque année. Le coût de production et les usines dépendent de facteurs, y compris deux facteurs importants : l'énergie électrique et thermique, tandis que certains processus sont très populaires sur le marché mondial, en particulier l'osmose inverse, qui est une technologie avec une capacité de production importante à des coûts moyens, ainsi que la distillation.

Chapitre IV

Méthodologie

IV.1. Situation géographique

Le site de l'usine de dessalement d'eau de mer de HONAINE est localisé dans la wilaya de TLEMCEN, Daira de HONAINE, commune de Honaine au niveau de la ZET de Tefsout A 60 km du chef-lieu de wilaya, la daïra de Honaine s'étend sur une superficie de 137 Km et se situe au Nord Est de la ville de Tlemcen. Elle est limitée :

- Au Nord par la mer méditerranéenne
- A l'Est par la wilaya d'Ain Témouchent
- A l'Ouest par la Daïra de Nedroma et de Ghazaouet
- Au Sud par la Daïra de Remchi

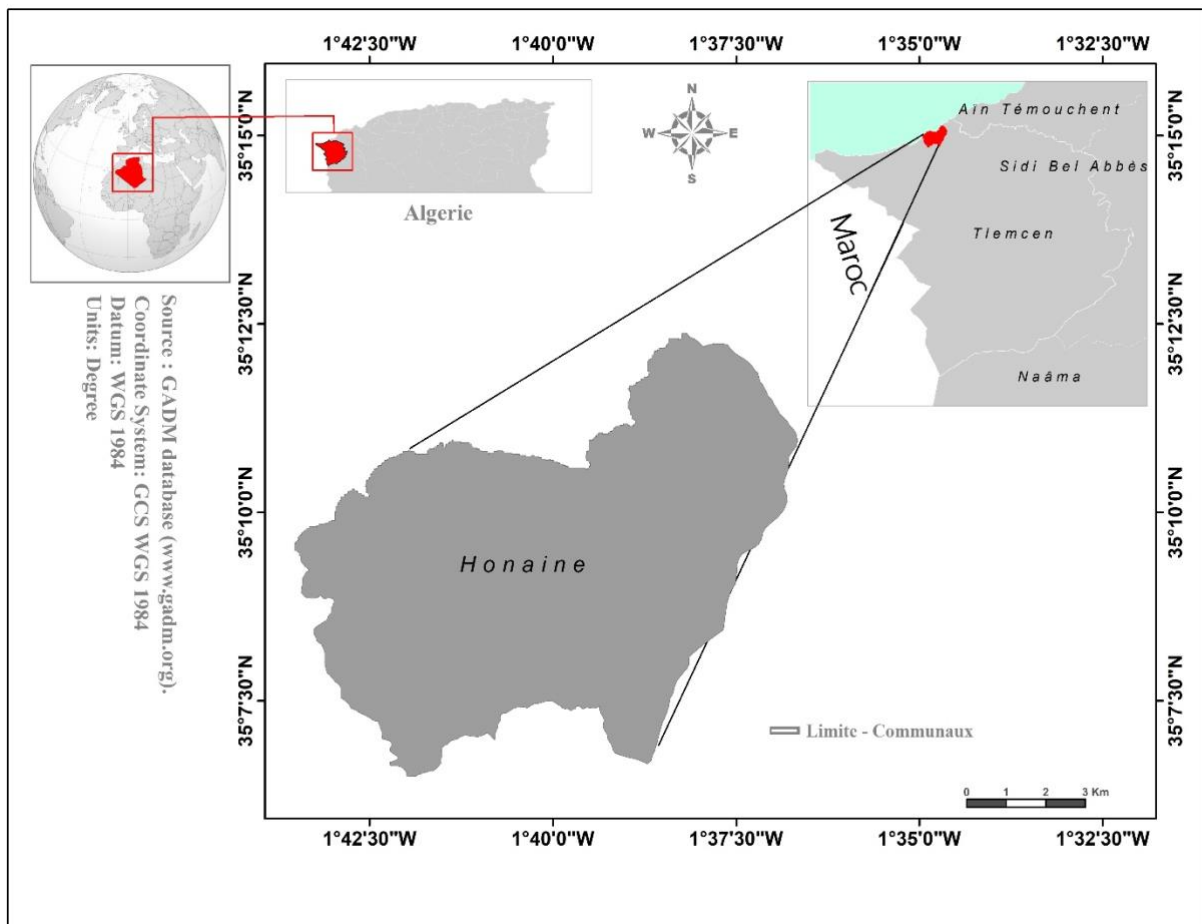


Figure 11 : localisation de la commune de honaine (origine 2024).

La localisation proposée pour l'implantation de l'Usine d'Eau de Mer Honaine, d'une superficie de 58 485 hectares, est la suivante

- Au Nord : la mer méditerranéenne
- Au Sud : Zones de maquis
- A l'Est : Zones de maquis et une partie de la ZET de Tafout
- A l'Ouest : Quelques habitations de l'ACL Honaine et une partie de la ZET

Les coordonnées du site, selon la carte d'Etat-major de Ghazaouet no 207 à échelle 1/50.000 sont : X = 639 020 m Y = 3.892.500 m

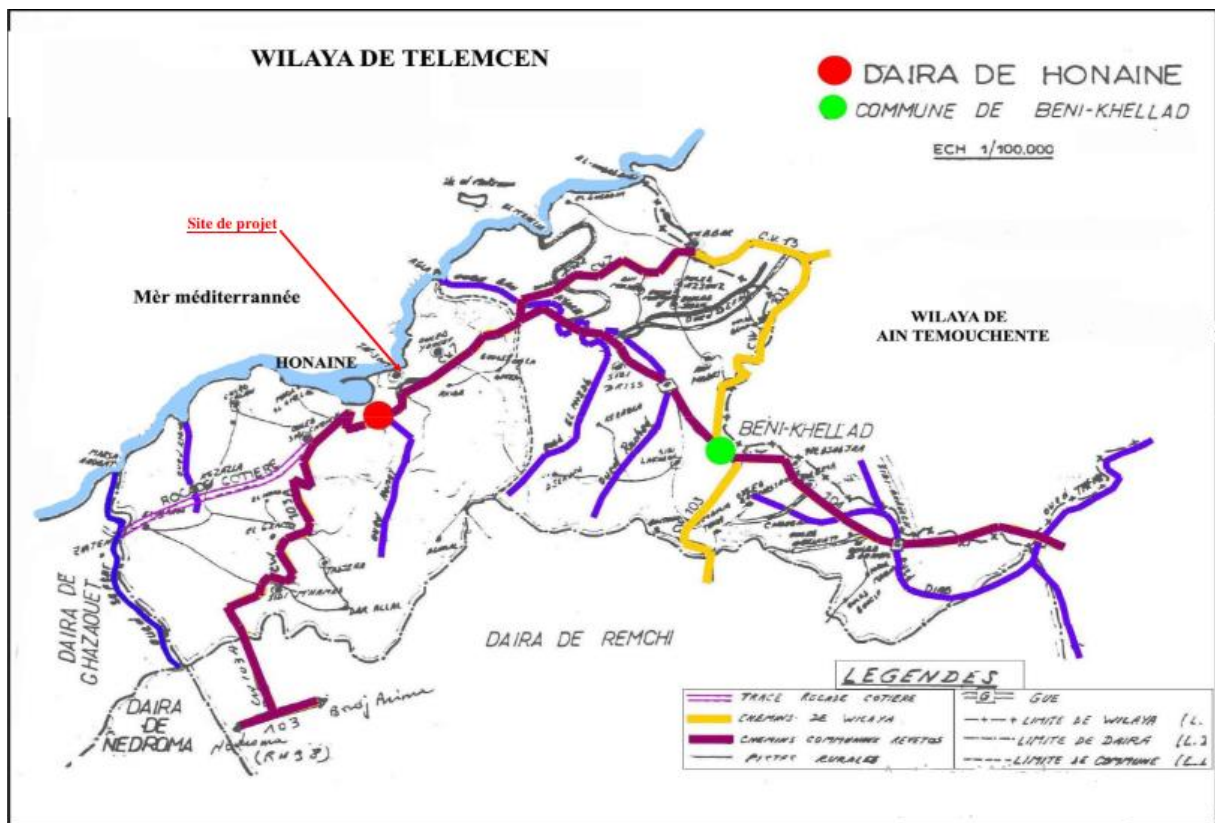


Figure 12 : localisation de la station (origine 2024).

IV.2 .Présentation du promoteur de projet

La station est Située à mi-distance entre Ghazaouet et Béni-Saf, la commune de Honaine se trouve à 69 kilomètres au nord de Tlemcen chef-lieu de wilaya. Entamés en 2006 par le groupement espagnol Geida (composé des Cobra, sadyt, Befesa and Codesa), les travaux de réalisation de la station de dessalement de l'eau de mer, dans le commune de Honaine (plage de Tafsouit). Cette usine assure l'eau potable pour 23 communes ainsi que les agglomérations urbaines du grand Tlemcen (Tlemcen, Mansourah et Chetouane), soit une population d'environ 555.000 habitants. La capacité de l'usine de dessalement est de 200.000 m³ jour d'eau potable qui est produite par la filtration à sable/osmose inverse. Cette importante station est gérée par des actionnaires qui sont Algerian Energy compagny (AEC) à hauteur de 49 % et Geida (Espagne) à hauteur de 51 %. Ensuite Les eaux produites sont transférées à l'algérienne des eaux.

IV.3. Structure du projet

Ce projet comprend la réalisation et l'exploitation d'une usine de dessalement par osmose inverse de l'eau de mer de (10 x 20.000 m³/j).

L'usine de dessalement a été étudiée sur la base des objectifs généraux suivants :

- Durée technique de 25 ans ;
- Fiabilité des installations ;
- Sécurité du personnel et des équipements ;
- Equipements, matériaux et procédés surs et testés ;
- Maintenance des installations ;
- Facilité de l'exploitation des installations ;
- Protection de l'environnement.

IV.4.Principales données techniques du projet

Tableau 6 : données techniques du projet (origine 2024).

Paramètre	unité de mesure	valeur
Production d'eau	m3/j	200.000
Superficie	m2	53.169
Prise d'eau de mer	m3/h	17.729
Salinité de l'eau de mer	ppm	36.700
Température de prise d'eau de mer	°C	17
Volume d'eau rejetée	m3/h	9.6635
Qualité de l'eau	ppm	< 400
Température de l'eau rejetée	°C	17
Taux de rendement de dessalement	%	47
Durée de la construction	Mois	24
Coût	Million de USD	230

IV.5. Processus du dessalement appliqué dans la station du dessalement de Honaine

Le processus du dessalement appliqué au niveau de la station de dessalement de Honaine comporte quatre phases principales :

- phase de captation de l'eau de mer et pompage
- phase de filtration (prétraitement).
- phase d'osmose inverse.
- phase de reminéralisations (post-traitement)

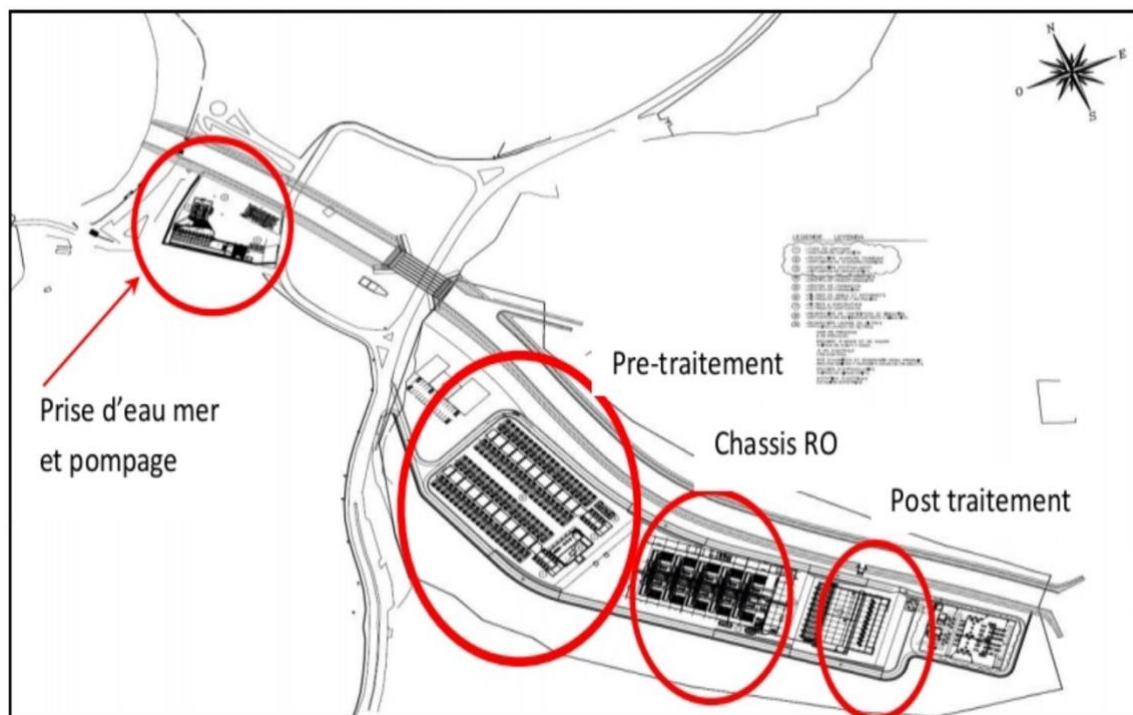


Figure 13 : les phases de dessalement dans la station de Honaine (origine 2024).

IV.5.1. phase de captation de l'eau de mer et pompage

Cette phase a pour l'objet de capter l'eau et d'éliminer les particules grossières et de préparer l'eau pour les deux phases de filtration ultérieures. La prise de l'eau de mer se fait à une profondeur de 7 m et de 1800 m³/h du bord de la plage. La captation est réalisée par prise d'eau ouverte et le captage est effectué au moyen d'une tour de captage et pompé par 11 pompes dont 10 en service et 01 de secours.

Le captage doit pouvoir garantir 5 objectifs fondamentaux, à savoir :

- Garantir la quantité de l'eau de mer nécessaire ;
- Avec la meilleure qualité possible ;
- Avec la moindre variation de la qualité physique chimique et biologique ;
- Avec le moindre coût possible ;
- Avec le moindre impact physique et environnemental.

Tous ces objectifs pourraient conditionner à long terme le fonctionnement de l'usine.



Figure 14 : Vue de la zone de captation et pompage (origine 2024).

Sur la fig. Nous pouvons voir une vue d'ensemble de la phase de captation et pompage, qui composée essentiellement de :

- Filtres rotatifs.
- Les pompes d'eau de mer.
- Le Prétraitement Chimique

IV.5.1.1. Tour de captage

Elle est en béton armé de 10 mètres de hauteur par rapport au fond marin. Cette tour est dotée de six fenêtres pour l'entrée d'eau de mer de 2 x1.5 m ces fenêtres sont situées à 7 m au-dessus du fond

La tour de captage est dotée d'un système de pré-filtration comprenant deux tubes :

- Grilles à gros grains (1 mm).
- Tamis auto nettoyants

IV.5.1.2. Filtre rotatif

Il y a deux filtres rotatifs qui ont comme objectif d'éliminer les éléments solides, algues et la matière organique car ils sont constitués par des grilles mécaniques et sont nettoyés à côté de la sortie



Figure 15 : les filtres rotatifs (origine 2024).

IV.5.1.3. Pompes d'eau de mer

Le débit total du groupe de pompage de la tour de captage est légèrement supérieur au débit nécessaire (18934 m³/h) car il doit assurer également le pompage d'eau nécessaire pour le lavage des tamis. Les pompes d'eau de mer sont de type à aspiration à vide.



Figure 16 : Pompe aspirante (origine 2024).

IV.5.2.phase de filtration (prétraitement)

IV.5.2.1.Prétraitement chimique

✓ Traitement par l'hypochlorite de sodium : Cette étape se fait grâce à deux citernes NaOCl d'une capacité de 140 m³ chacun, munies des pompes destinées à injecter l'hypochlorite de sodium au niveau du système de pompage de l'eau de mer soit au réservoir de captage ou du refoulement des pompes d'eau de mer. L'injection d'hypochlorite s'effectue au moyen de 4+1 pompe dosage, l'une d'elle étant en réserve.

✓ Traitement par le chlorure ferrique : D'autres citernes de FeCl₃ de 70 m³ munies à 4+1 pompes sont utilisées pour injecter le FeCl₃ au niveau du système de pompage de l'eau de mer. Une injection éventuelle d'acide sulfurique pour ajuster le pH est possible lors du traitement. Cette injection a pour but d'éliminer les matières en suspension et les matières colloïdales présentes dans l'eau de mer

IV.5.2.2.Prétraitement physique

Cette étape du processus de dessalement dont le but est d'éliminer les solides en suspension, les matières organiques et les micro-organismes. Elle est aussi nécessaire pour éviter la détérioration des pompes, l'incrustation, l'encrassement et la dégradation des membranes d'osmose inverse par les micro-organismes.

IV.5.2.2.1. système de filtration à sable et anthracite

Ce système élimine la plupart des particules en suspension, huile et graisses qui restent dans l'eau de mer et produit une eau filtrée à basse turbidité prête pour l'étape d'osmose inverse.

L'encrassement du filtre appelé colmatage dépend :

- De la quantité de particules présentes dans l'eau
- Du débit d'eau par m² de surface de filtration (vitesse de filtration)
- De la granulométrie du sable
- De la qualité de l'eau
- De la périodicité du contre lavage

Ce système de filtration comporte 80 filtres répartis en deux phases :

➤ La première phase est constituée de 48 filtres contenant chacun :

- Une couche supérieure de 600 mm de hauteur d'anthracite de 0.4 à 1.6 de diamètre.
- Une couche intermédiaire de 400 mm de hauteur de lit de sable de 0.4 à 0.8 de diamètre.
- Une couche inférieure comporte à la fois 100 mm d'anthracite de 1.4 à 2.5mm et 100 mm de sable de 4 à 8 mm de diamètre.

➤ La deuxième phase est constituée de 32 filtres contenant :

- Une couche supérieure de 700 mm de hauteur d'anthracite de 0.4 à 0.8 mm de diamètre.
- Une couche intermédiaire de 200 mm de hauteur de lit de sable de 0.55 mm de diamètre et de 1.4 de coefficient d'uniformité.
- Une couche inférieure comprenant 100 mm de sable de 2 mm et de 1.4 de coefficient d'uniformité.

Ces filtres sont dotés d'un système de lavage comprenant 3 pompes et 3 soufflantes, Le fluide de lavage est de la saumure qui est utilisés par démarrage automatique avec un lavage de 4 filtres en même temps en parallèle. L'objet de ce système est de laver les filtres de la saleté qu'ils ont retirée de l'eau de mer et qui provoque une perte de charge qui a tendance à augmenter dans le filtre, en fonctionnement normal.

Les critères de lavage sont les suivants :

- Si la pression différentielle entre l'entrée et la sortie est supérieure ou égale à 0,7 bars,

– le débit dans un filtre est de 80% par rapport au débit du fonctionnement optimal du filtre.



Figure 17 : Les filtres à sable (origine 2024).

✓ Injection du méta bisulfite de sodium (Na_2SO_3) : L'utilisation du méta bisulfite de sodium permet d'éliminer le chlore résiduel contenu dans l'eau de mer avant son arrivée aux membranes d'osmose inverse, évitant leur détérioration par oxydation. L'injection de la solution de Na_2SO_3 se fait avant la filtration à sable ou à cartouche pour donner un maximum de temps de contact possible. L'équipement est composé de deux réservoirs d'accumulation-dissolution de capacité 13m^3 chacun, et 4+1 pompes doseuses. Les tuyauteries d'injection du produit sont en polyéthylène

✓ Injection d'inhibiteur anti-scalant: Afin d'éviter les précipitations des sels de sulfate de calcium et de strontium, d'hydroxyde ferrique et de fluorure de calcium, dans les membranes, on dosera un inhibiteur dont l'action est destinée à empêcher la formation des réseaux cristallins, en maintenant les ions dispersés et en permettant de dépasser la limite de produit de solubilité de ces sels. L'addition de ce produit est réalisée au cours de fonctionnement, en amont des filtres à cartouches.

✓ Injection d'hydroxyde de sodium : L'addition de ce produit a pour objet de la réduction du bore. L'équipement est composée de réservoirs pour la préparation de la solution du soude et de deux pompes doseuses, plus une de réserve. L'addition de produit est effectuée en cours de fonctionnement et en amont des filtres à cartouches, pour fournir le plus du temps de contact

Possible. Les pompes doseuses seront réglables de 10% à 100% de leur capacité maximale La régulation du positionneur est automatique avec actionnement depuis le panneau du contrôle.

✓ Injection de dioxyde de Carbone CO₂ : Il est destiné à réduire le pH d'eau de mer et à éviter les précipitations de carbonates et de bicarbonates. Les installations sont composées d'un dépôt de stockage, où le dioxyde de carbone fabriqué dans le générateur de CO₂ est stocké. La réduction de pH rend l'action bactéricide du chlore plus effectif. Le point d'injection de ce produit peut se situer au refoulement des pompes d'eau de mer, à travers un système de bougie poreuse

IV.5.2.2.2. Système de filtration à cartouche

C'est une microfiltration assurée par des cartouches en polypropylène de 25 microns et d'un diamètre de 61 mm, dans des réservoirs métalliques en position verticale. Son rôle est la protection des pompes à haute pression, Il protège aussi les membranes contre le bouchage ou les obstructions des canaux hydrauliques. Ces filtres sont renouvelés périodiquement après 171 jours d'utilisation. Avant et après les filtres à cartouche, des prises d'échantillon d'eau pour la mesure du SDI sont installées, afin de déterminer l'efficacité de la filtration et la qualité de l'eau avant d'entrer dans les membranes. La station est équipée de 20 filtres à cartouches, et dans chaque filtre il y a 170 cartouches.



Figure 18 : Les filtres à cartouches (origine 2024).

L'eau filtrée produite est stockée dans un réservoir fermé. Cette eau, à partir de ce réservoir, est utilisée pour alimenter les unités d'osmose inverse, une autre partie est utilisée pour le rinçage et le nettoyage des filtres à sable.

IV.5.3. phase d'osmose inverse

Le dessalement de l'eau de mer est réalisé par son passage à travers le système d'osmose inverse, cette étape est la clé du processus, elle permet la séparation des sels de l'eau de mer. Sur les Fig 19 et 20 on peut voir le schéma simplifié des étapes d'osmose inverse ainsi qu'une vue d'ensemble de cette zone.

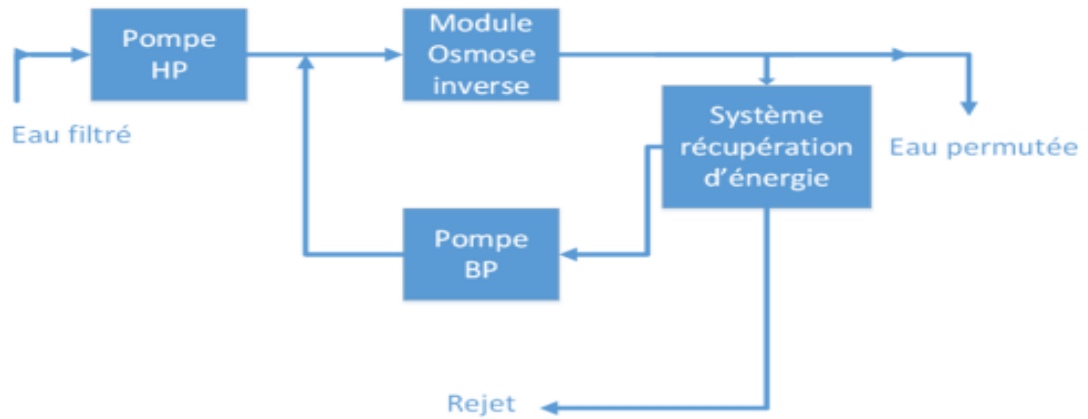


Figure 19 : Schéma simplifié de l'étape d'osmose inverse (origine 2024).

Cette étape est constituée de 10 unités appelées « Rack », et chaque unité est composée de :



Figure 20 : Vue de la zone d'osmose inverse (origine 2024).

IV.5.3.1. Un châssis à membrane

Composé de 222 modules à 7 membranes .Ces membranes type spirale sont composées de :

- Une couche de polyamide à 0.15 μ
- Une couche de poly-sulfone à 40 μ pour supporter la couche polyamide
- Une couche de polyester qui donne une certaine résistance mécanique de la membrane à 100 μ



Figure 21 : Châssis a membranes (origine 2024).

Afin de démarrer l'unité, il faut vérifier les paramètres suivants :

- Turbidité après les filtres à cartouches <0.05 NTU ;
- SDI après les filtres à cartouches <4 ;
- Redox après les filtres à cartouches <200mv



Figure 22 : Appareillage de mesure avant l'entrée d'eau dans les châssis (origine 2024).

IV.5.3.2. Une pompe à haute pression

Une pompe haute pression asservie au démarrage de l'unité d'osmose inverse doit avoir une pression de l'ordre de 4-7 bars en amont fourni par un groupe motopompe d'eau brute, commandé au moyen des pressostats, son rôle est l'augmentation de la pression en amont des membranes d'osmose inverse à une pression de service optimale jusqu'à 20 bars, si l'eau produite satisfait les conditions prédéfinies, l'eau sera orientée vers le bac d'eau consommation sinon elle sera recyclée à nouveau par une pompe dite BP.

IV.5.3.3. Pompe à basse pression

Une pompe de basse pression a comme rôle le recyclage des eaux traitées en cas de haute conductivité, une électrovanne en aval des membranes de traitement alimente la pompe qui a son tour l'orienté vers la pompe HP pour être à nouveau traité par les membranes d'osmose inverse jusqu'à l'obtention d'une eau satisfaisant les critères puis celle-ci sera orientée vers le bac d'eau consommation.

IV.5.3.4. Récupération de l'énergie avec échangeur de pression

Le dispositif de récupération d'énergie PX (Pressure Exchanger) facilite le transfert de pression du courant de rejet saumâtre à haute pression au courant d'alimentation en eau de mer à basse pression. Il fait ceci en mettant les deux courants en contact momentané direct ce qui se produit dans les conduits d'un rotor. Le rotor est introduit dans un manchon en céramique entre deux capuchons en céramique avec des jeux précis qui, lors du remplissage avec de l'eau à haute pression, créent un palier hydrodynamique presque sans friction. À tout instant donné, la moitié des conduits du rotor sont exposés au courant à haute pression et l'autre moitié au courant à basse pression. Alors que le rotor tourne, les conduits passent une zone scellée qui sépare la haute pression et la basse pression. Ainsi, les conduits qui contiennent la haute pression sont séparés des conduits adjacents contenant la basse pression par le joint d'étanchéité qui est formé avec les ailettes du rotor et le capuchon céramique. L'eau de mer fournie par la pompe d'alimentation en eau de mer circule dans un conduit de retour sur le côté gauche à basse pression. Ce flux expulse la saumure enduit côté droit. Que le rotor tourne après une zone scellée, la saumure à haute pression circule dans le côté droit du conduit, comprimant et l'eau de mer. L'eau de mer en haute pression ressort alors vers la pompe de surpression.

IV.6. Nettoyage chimique des lignes à haute pression :

Il est nécessaire d'effectuer le lavage des membranes pour éviter les dépôts au niveau de la membrane. Le lavage est fait par la soude caustique ou l'acide sulfurique qui sont dosés par des pompes doseuses. Ces produits sont stockés dans un réservoir de mélange.



Figure 23 : Réservoir pour le nettoyage chimique (origine 2024).

Pour le nettoyage chimique, on dispose de deux citernes de stockage de produits chimiques de nettoyage, ainsi que d'un réservoir intermédiaire d'eau traitée. Le signe qu'une membrane est colmatée est :

- La différence de pression, d'entrée et de sortie de la membrane est > 1.2 bar et l'augmentation de la perte de charge à travers les modules.
- La variation des débits de rejet.
- La pression d'alimentation subit une augmentation de plus de 10 %.

L'opérateur devra initialement sélectionner la ou les citernes de nettoyage chimique qu'il souhaite utiliser pour les opérations d'agitation et de remplissage, en choisissant ensuite celle des deux opérations qu'il désire effectuer.

IV.7.Salle de contrôle

Comme toute installation industrielle, la station a fondé une architecture contrôle-commande pour surveiller et commander le procédé physique et les équipements associés. On trouve dans la salle de contrôle des écrans de supervision doté d'un système de contrôle de type « Honeywell Experion Process knowledge » System (PKS) qui est distribué avec une plate-forme d'automatisation de processus avancée, intègre les topologies DCS et SCADA.L'ingénieur d'exploitation communique avec l'opérateur par talkie-walkie.

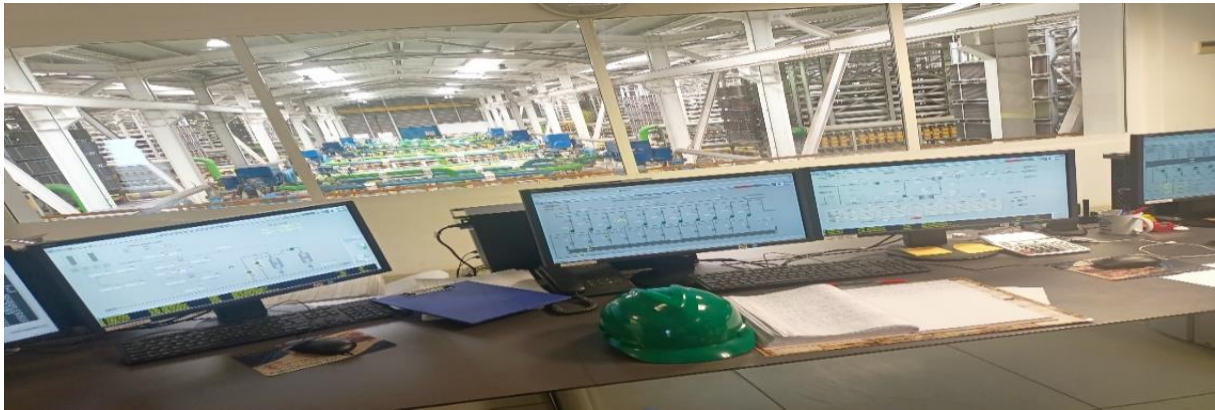


Figure 24 : salle de contrôle (origine 2024).

IV.8. Phase de reminéralisations (post-traitement)

L'eau issue du traitement de l'osmose inverse est indemne de tous les minéraux, c'est-à-dire non consommable, une reminéralisations (ajout des minéraux) est nécessaire pour rendre cette eau potable. L'injection automatique de CO₂ (Fig. 25.) pour réduire le pH proche de 5 permet de rendre plus efficace le processus de reminéralisations. Ce dernier est réalisé dans des tours ou chambres en nombre de dix, à l'intérieur desquelles est situé le lit de calcite (carbonate de calcium) de 2.86 m de L'eau traitée traverse ce lit de calcite et chemine vers le fond du réservoir à travers un canal intégré à l'intérieur de la tour. Après cela, un doseur

Automatique sera utilisé pour ajouter de l'hypochlorite de sodium provenant des deux citernes mentionnées précédemment.



Figure 25 : Les réservoirs de CO2 (liquide) (origine 2024).

Le pompage des eaux produites est effectué par dix plus une (10+1) pompes pour propulser l'eau depuis la citerne de stockage de 50 000 m³, vers le réservoir de stockage comme c'est illustré sur la (fig.26), afin de la distribuer par l'ADE, tandis que le rejet de saumure sera évacué par un émissaire marin pénétrant jusqu'à 1000 m dans la mer dans le but d'assurer une meilleure dilution et d'éviter des conséquences indésirables pour l'environnement



Figure 26 : Réservoir d'eau produit (origine 2024).

IV. 9.Rejet de saumure : Le rejet de la saumure est assuré par les installations de rejet. Les points d'admission sont suffisamment loin dans le large pour ne pas perturber le bon fonctionnement de ladite station, et ceci dans toutes les conditions météorologiques. Le point de rejet est positionné de telle sorte que la saumure, qui a une forte salinité ne sera pas recirculer dans l'eau captée qui doit subir le dessalement.



Figure 27 : Rejet de saumure (origine 2024).

IV.10.Sous-station électrique

Cette sous station a pour but d'alimenter les différentes zones de la station, elle est composée de deux lignes d'entrée de SONELGAZ de 220 kV :

- Ligne 1 (Beni-Saf) ;
- Ligne 2 (SBA - S-A-BOZ).

Pour chaque ligne nous avons :

- Transformateurs de courant *TC*
- Sectionneur automatique motorisé (Sectionneur de ligne)

- Transformateurs de tension *TP* (Entrée ligne)
- Sectionneur avec prise de terre (Sectionneur de malt)
- Interrupteur automatique motorisé (Disjoncteur de ligne)
- Sectionneur automatique motorisé (Sectionneur d'Guiage)
- Barre de couplage des lignes (Sectionneur d'Accouplement)
- Transformateurs de tension de mesure 220 kV / 110 V **TP**
- Sectionneur motorisé (Sectionneur Transfo,)
- Interrupteur automatique (Disjoncteur Transfo,)
- Paratonnerres de Protection
- Transformateur de 45 MVA 220 kV / 10

IV.11.Echantillonnage et mode de prélèvement

IV.11.1. Sites de prélèvements

Il Ya différentes étapes de prélèvement dans la station de dessalement de l'eau de mer de Honaine :

- Au niveau de la prise d'eau de mer ;
- Avant la filtration à sable et anthracite ;
- A l'entrée production après la filtration à cartouche (Avant l'étape d'osmose inverse) ;
- Au niveau de réservoir de l'eau traitée ;

IV.11.2 Mode de prélèvement

PRISE D'ECHANTILLON POUR ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE. Selon la station de dessalement honaine)

IV.11.2.1. Matériel nécessaire

- Emballage : pour les analyses complètes on emploiera toujours les emballages que facilite le laboratoire qui va réaliser les déterminations analytiques. S'il n'y en avait pas ; On devra utiliser des emballages en verre ou en plastique parfaitement propres, ayant une capacité minimale d'un litre. On recommande l'utilisation de flacons stériles de 500 ml, pour les déterminations spéciales (métaux, hydrocarbures, etc.). On devra consulter le responsable sur le type d'emballage à utiliser qui répondra des Déterminations sollicitées.
- Glacière portable.
- Equipement pour la détermination de chlore (seulement quand L'échantillon est une eau chlorée).

IV.11.2 2. Procédé à suivre

Quand on doit prendre dans un même lieu des échantillons pour une analyse physico Chimique et bactériologique, le premier à extraire sera celui qui correspondra à analyse bactériologique, dans ce cas en extrayant l'échantillon pour la physico-Chimique. On ne répètera pas les étapes 1, 2, 3, 4.

- a) Enlever du robinet les tubes en caoutchouc ou tout autre dispositif présent (écarter les robinets en plastique)
- b) Vérifier la propreté du robinet, dans le cas où il serait sale nettoyer le goulot.
- c) Ouvrir le robinet et laisser couler l'eau à un débit maximal pendant 5 à 10 Secondes et ensuite 2 à 5 minutes à débit moyen, afin d'entraîner l'eau Présente dans la tuyauterie qui aurait pu stagner pendant longtemps.
- d) Il S'agit d'eau chlorée, réaliser la mesure de chlore résiduel selon l'instruction De travail correspondante.
- e) Pour certaines analyses mesurer la température de l'eau.
- f) Ouvrir les emballages, les remplir et les fermer immédiatement.
- g) Noter sur étiquettes des emballages ou dans un registre séparé en relation Avec l'échantillon, les données suivantes :
 - ✓ Lieu de la prise.
 - ✓ Date et heure de la prise.
 - ✓ Valeurs obtenues du chlore.
 - ✓ Type d'analyse à réaliser (optionnel).
 - ✓ Personne qui réalise la prise.
 - ✓ Observations, s'il y en avait.
 - ✓ Mettre l'emballage dans une glacière portable pour son transport.

IV.11.2 3. CONSERVATION ET TRANSPORT DES ECHANTILLONS

Pourvu que le temps qui s'écoule entre la prise des échantillons et leur livraison au Laboratoire soit supérieure à 4 heures, on devra les conserver réfrigérés et le Transport se réalisera à l'aide de glacières qui contiendront une certaine quelconque Réfrigération. En tout cas le temps qui passera entre la prise des échantillons et la livraison au laboratoire devra être inférieure à 24 heures

IV.12. Mesure du pH

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

➤ Matériels et réactifs

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

➤ Mode opératoire

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



Figure 29 : Appareil multi-paramètres (HANNA, Combo, waterproof) (origine 2024).

IV.13. Mesure de la Température

Pour mesurer la température de l'eau, la station de dessalement est équipée par un Thermomètre numérique introduit directement au niveau de la canalisation. Cette mesure de T° est effectué aussi sur les échantillons à l'aide d'un appareil multi-paramètres (HANNA, Combo, waterproof) au niveau du laboratoire.

IV.14. Mesure de la Turbidité

À l'aide d'un Turbidimètre (HANNA, Hi 93703) étalonné à trois points entre 0,10 et 500 NTU, on mesure de la turbidité de l'échantillon avec des cubes en verre bien nettoyés et bien séchés, remplis de l'eau à analyser et le résultat est affiché en NTU.



Figure 29 : Turbidimètre (HANNA, Hi 93703) (origine 2024).

IV.15. Mesure des matières en suspension (MES)

Mesure de MES (Matières en suspension) :

➤ Appareillage :

- Membrane en fibre de verre
- Capsule
- Système filtrant
- Echantillon d'eau

➤ Mode opératoire :

- On pèse une membrane en fibre de verre à l'aide d'une balance numérique et on note m_0 .
- On met cette membrane dans une capsule en nickel puis on la place dans le système de filtration
- On filtre 1 litre d'eau brute à travers cette membrane
- Après la filtration, on met la membrane dans un four pendant 2 heures. Puis on refait le pesage et on note m_1 .

$$\text{MES} = m_1 - m_0$$

IV.16. Mesure de la conductivité

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

La mesure nécessite :

- Matériels et réactifs
 - Un Becher.
 - conductimètre
 - solution d'étalonnage
- Mode opératoire

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

Chapitre V
Résultats et interprétations

Les résultats suivants montrent les analyses de l'eau de saumure mesurées à l'intérieur de la station :

V.1. résultats de pH

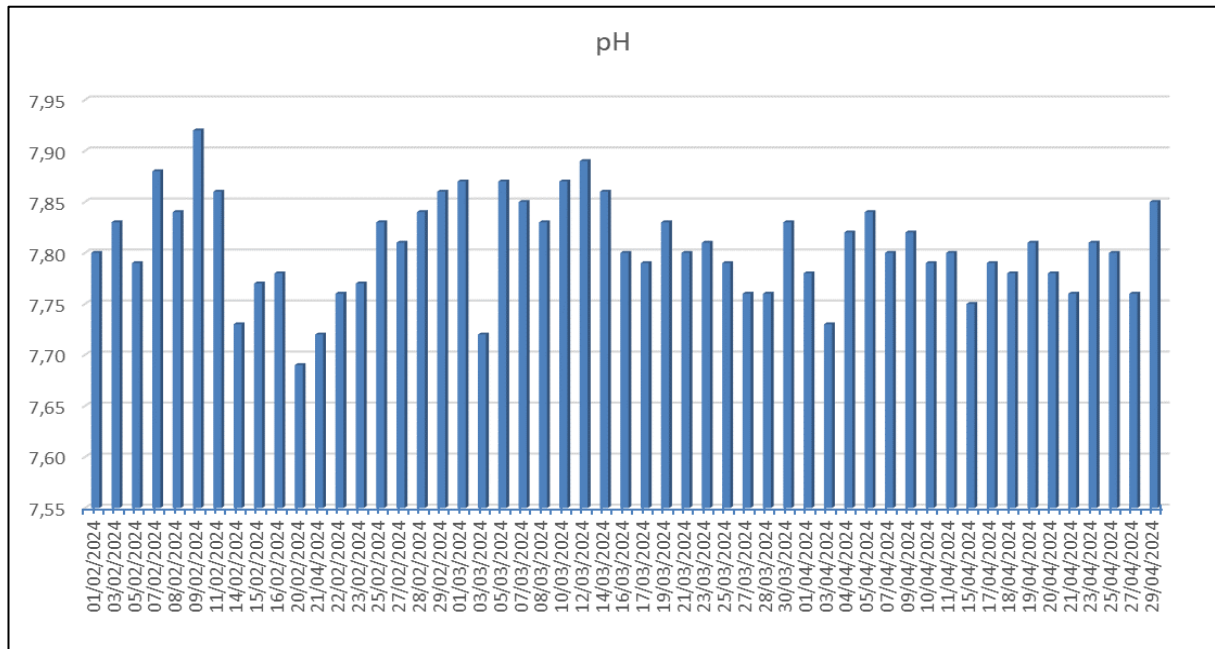


Figure 30 : Variation journalière du PH de l'eau de saumure dans la station de Honaine (Période entre 1 février au 29 avril 2024).

Le graphique montre la variation du pH de l'eau de saumure dans la station de Honaine mesurée sur une période de 3 mois (entre 1 février au 29 avril 2024) L'axe des abscisses représente le temps, exprimé en jours, et l'axe des ordonnées représente le pH.

Interprétation :

1. Fluctuations de pH : - Le pH varie principalement entre 7,55 et 7,95 sur l'échelle du graphique. - La plupart des valeurs de pH se situent entre 7,70 et 7,90, indiquant une légère alcalinité de l'eau puisque le pH neutre est de 7,0.
2. Tendances générales : - On observe des variations quotidiennes notables mais pas de tendance claire à la hausse ou à la baisse sur la période étudiée. - La variation journalière ne semble pas suivre un cycle particulier (comme hebdomadaire ou mensuel), suggérant que les changements de pH pourraient être influencés par des facteurs externes ou des événements ponctuels.
3. Périodes spécifiques : - Il y a quelques pics et creux marqués. Par exemple, autour du 9 février et du 12 mars, le pH atteint presque 7,95, tandis que certains jours comme le 20 février, il descend à environ 7,65. - Ces variations pourraient être dues à des événements spécifiques tels

Que des précipitations, des rejets industriels ou agricoles, ou d'autres perturbations environnementales

V.1 résultats de T° (°C)

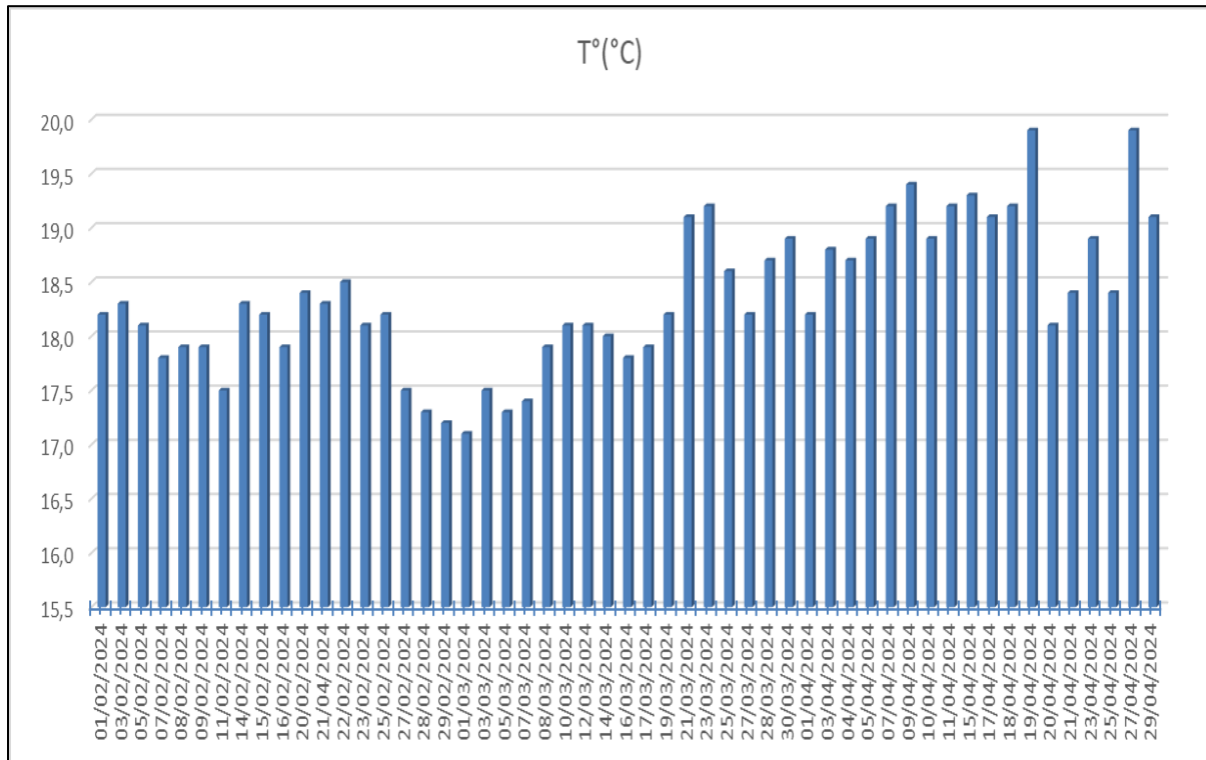


Figure 31 : Variation journalière du T° (°C) de l'eau de saumure dans la station de honaine (Période entre 1 février au 29 avril 2024).

Le graphique montre des températures moyennes mensuelles de l'eau de saumure aux stations de Honaine mesurée sur une période de 3 mois (entre 1 février au 29 avril 2024). L'axe des abscisses représente le temps exprimé en jours, tandis que l'axe des ordonnées représente les températures.

En février, les températures varient principalement entre 17.5°C et 18.5°C, avec quelques jours où elles descendent légèrement en dessous de 17.5°C. En mars, une baisse des températures est observée, avec des valeurs oscillant souvent entre 16.5°C et 17.5°C. En avril, on constate une augmentation progressive des températures, atteignant fréquemment des valeurs entre 18°C et 19.5°C, avec quelques pics proches de 20°C.

Variabilité : Les températures montrent une variabilité quotidienne notable. Par exemple, au début de la période (février), les variations sont moins prononcées par rapport à mars, où il y a une baisse plus marquée. En avril, il y a une tendance à la hausse avec une variabilité quotidienne significative, indiquant une transition saisonnière. Points saillants : Il y a quelques

Jours en avril où les températures atteignent presque 20°C, ce qui est le maximum enregistré sur cette période. Il y a également quelques jours où les températures descendent en dessous de 17.5°C, surtout en mars, ce qui est le minimum enregistré. En conclusion, ce graphique illustre une tendance globale à la hausse des températures de l'eau saumâtre à la station de Honaine sur ornementale les trois mois étudiés, avec une variabilité quotidienne notable et des fluctuations plus importantes en mars et avril comparées à février.

V.1 résultats de la turbidité

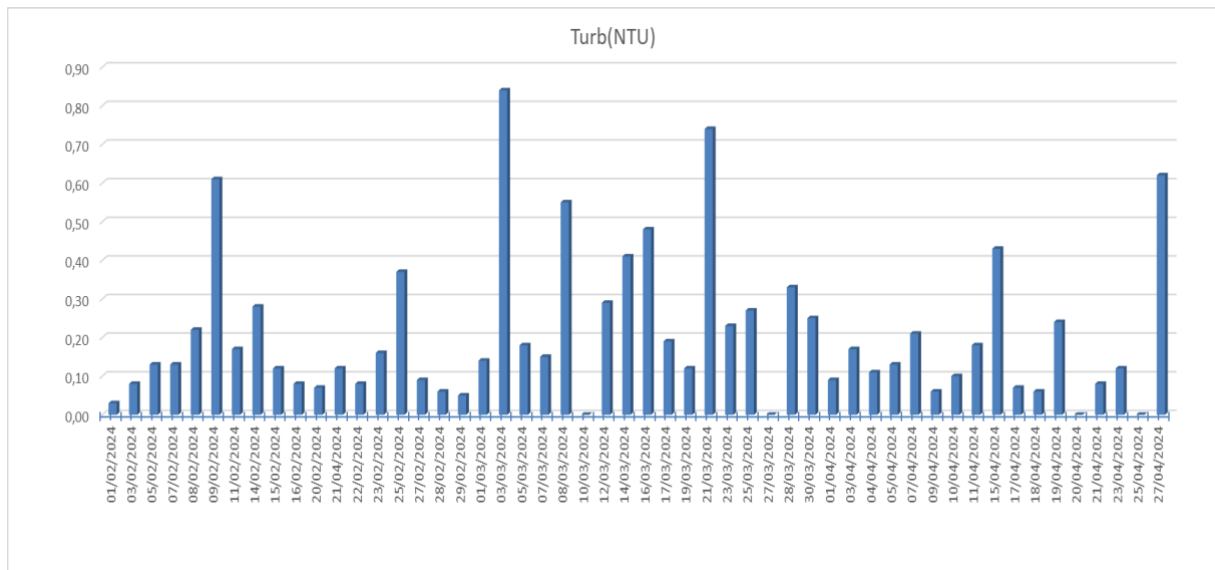


Figure 32 : Variation journalière de la turbidité (NTU) de l'eau de saumure dans la station de Honaine (Période entre 1 février au 29 avril 2024).

Le graphique montre la variation journalière de la turbidité (NTU) dans la station de Honaine mesurée sur une période de 3 mois (entre le 1er février et le 29 avril 2024.). L'axe des abscisses représente le temps exprimé en jour et l'axe des ordonnées représente la valeur de la turbidité (NTU)

Interprétation :

Variation Générale : La turbidité varie quotidiennement et présente des fluctuations significatives pendant la période étudiée. La plupart des valeurs se situent entre 0,00 et 0,30 NTU, ce qui indique une eau relativement claire pour ces jours. Pics de Turbidité : Plusieurs jours présentent des pics de turbidité dépassant les 0,50 NTU, avec des valeurs atteignant jusqu'à environ 0,90 NTU. Ces pics sont observés notamment le 9 février, le 3 mars, le 8 mars, le 21 mars et le 27 avril 2024

V.1 résultats des Matières en Suspension (MES)

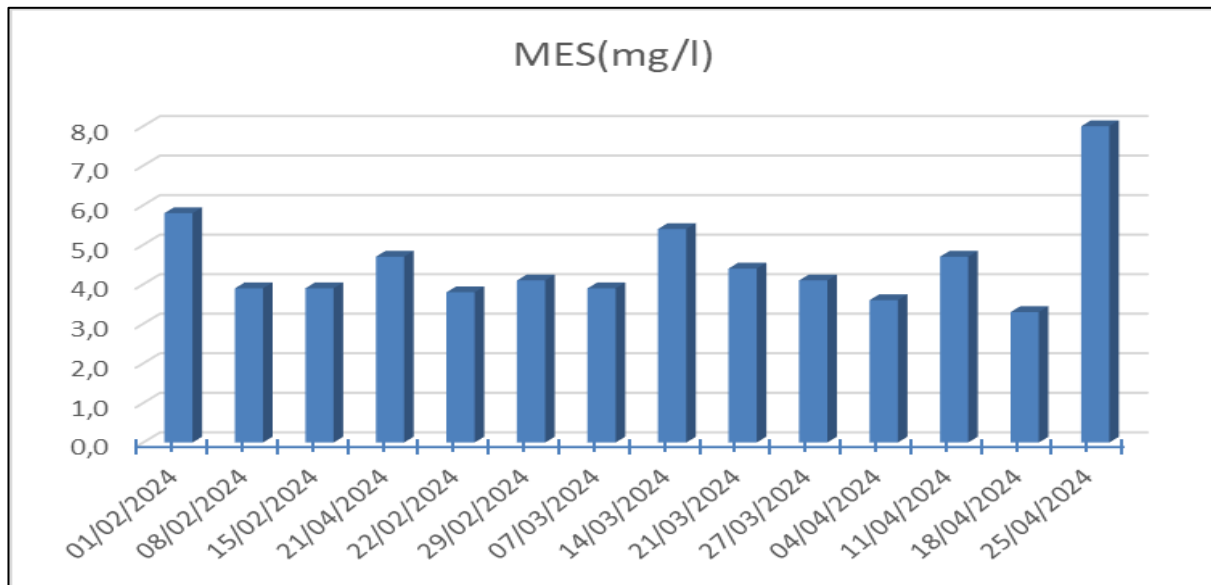


Figure 33 : Variation du MES de l'eau de saumure dans la station de honaine (Période entre 1 février au 29 avril 2024).

Le graphique montre la variation des Matières en Suspension (MES) dans l'eau de saumure à la station de Honaine sur une période de 3 mois (entre 1er février au 29 avril 2024). L'axe des abscisses représente le temps exprimé en jour et L'axe des ordonnées représente la valeur de MES (mg/l)

1. Tendances générales : - Les concentrations de MES fluctuent au cours de la période, avec des pics notables et des périodes de baisse relative.
2. Points culminants : - Le 1er février 2024, la concentration en MES est la plus élevée avec environ 6,0 mg/l. - Le 25 avril 2024, un autre pic est observé avec une concentration légèrement supérieure à 6,0 mg/l.
3. Périodes de baisse :- Le 22 février 2024 et le 7 mars 2024 montrent des valeurs plus basses, autour de 3,5 à 4,0 mg/l. - Des concentrations plus stables et relativement basses se trouvent entre le 04 avril 2024 et le 18 avril 2024, où les valeurs sont autour de 3,0 à 4,5 mg/l.
4. Variations intermédiaires :- Les valeurs de MES varient modérément entre le 14 mars 2024 et le 27 mars 2024, ainsi qu'entre le 4 avril 2024 et le 25 avril 2024, avec des concentrations oscillant autour de 4,0 à 5,0 mg/

V.1 résultats de la conductivité

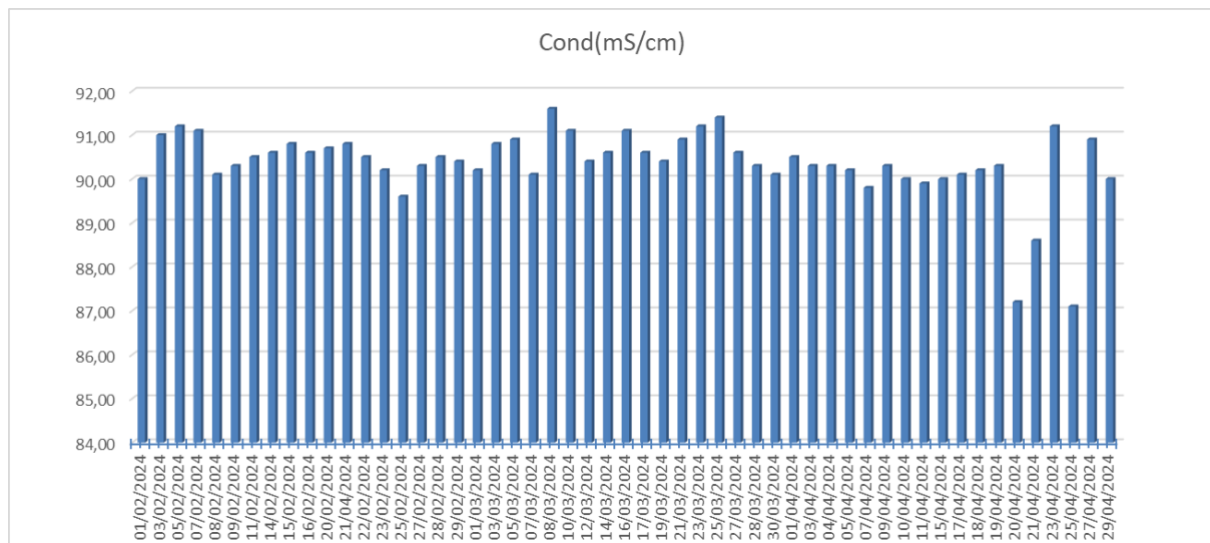


Figure 34 : Variation journalière du cond (mS/cm) dans la station de honaine (Période entre 1 février au 29 avril 2024).

Le graphique montre la variation journalière de la conductivité (Cond) en mS/cm de l'eau de saumure à la station de Honaine sur une période de 3 mois (entre 1er février au 29 avril 2024). L'axe des abscisses représente le temps exprimé en jour et L'axe des ordonnées représente la valeur de (Cond) en mS/cm

Interprétation des données :

1. Tendances générales : - La conductivité de l'eau de saumure varie entre environ 84,0 mS/cm et 91,0 mS/cm sur la période étudiée. - La plupart des valeurs de conductivité se situent entre 88,0 mS/cm et 91,0 mS/cm, indiquant une certaine stabilité.
2. Périodes de haute conductivité : - Plusieurs pics de conductivité proche de 91,0 mS/cm sont observés tout au long de la période, montrant des moments où la concentration en sels dissous dans l'eau est élevée.
3. Périodes de baisse de conductivité : - Quelques baisses notables de la conductivité sont visibles, notamment aux environs du 5 avril et vers la fin du mois d'avril, où les valeurs descendent en dessous de 87,0 mS/cm.

Chapitre V : Résultats et interprétation

4. **Variations intermédiaires : Entre les pics et les baisses, la conductivité oscille généralement autour de 89,0 à 90,0 mS/cm, suggérant des fluctuations modérées mais régulières

Et parallèlement à ces analyses, la station fait appel à un laboratoire externe “ EL FETH “ accrédité par l'État pour compléter les 25 paramètres.

	Analyses externes eau de Saumure Année 2024									Evaluation
	pH	T°	DBO5	MES	DCO	Huiles et graisses	Azote kjeldahl	Cond	Fer	
DATE	(--)	(°C)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mS/cm)	(mg/l)	
19/02/2024	7,99	18,4	8,00	5,02	11,52	0,0	8,40	84,00	0,00	OPENLAB
19/03/2024	7,99	18,2	9,00	5,19	11,20	0,0	1,42	82,50	0,00	OPENLAB

Discussion

Le pH

Le pH de l'eau de saumure est un paramètre crucial qui influence non seulement les processus de traitement de l'eau mais aussi l'écosystème marin. Des fluctuations importantes du pH peuvent avoir des effets délétères sur la faune et la flore marine.

Un pH trop acide ou trop alcalin peut perturber les processus biologiques des organismes marins, tels que la calcification des coraux et des coquillages. Un pH non équilibré peut également affecter la solubilité des métaux lourds, augmentant ainsi leur toxicité pour les organismes marins. (Stumm, W., et Morgan, J. J. 1996)

La conductivité

La conductivité de l'eau de saumure est directement liée à sa salinité, qui a des implications significatives pour les écosystèmes marins. Des niveaux élevés de conductivité, indicatifs d'une forte concentration en sels dissous, peuvent perturber l'osmorégulation des organismes marins, en particulier les espèces non tolérantes aux variations de salinité.

Une étude menée par (Sharp et al. 1986) souligne que des changements brusques de salinité peuvent entraîner un stress physiologique, affectant la reproduction, la croissance et la survie des espèces marines.

La température

La température de l'eau influence une multitude de processus chimiques et biologiques. Une température plus élevée peut accélérer les réactions chimiques indésirables et favoriser la croissance de micro-organismes pathogènes.

Les changements de température peuvent également affecter la solubilité de l'oxygène dans l'eau, impactant ainsi les écosystèmes aquatiques (Wetzel, R. G. 2001).

La turbidité

La turbidité est une mesure de la clarté de l'eau et est influencée par la présence de particules en suspension telles que le limon, l'argile, les matières organiques et les micro-organismes. Une turbidité élevée peut protéger les pathogènes des processus de désinfection et indiquer une contamination par des sédiments ou des matières organiques.

Une faible turbidité est essentielle pour une désinfection efficace et une bonne qualité de l'eau potable (McGuire M. J et McLain, J. L.1999).

Les Matières en Suspension (MES)

Les matières en suspension (MES) dans l'eau incluent les particules solides comme le limon, l'argile, et les matières organiques et inorganiques. Les MES peuvent augmenter la turbidité de l'eau, réduire l'efficacité des processus de désinfection et provoquer l'encrassement des systèmes de traitement.

Des concentrations élevées de MES peuvent également transporter des contaminants adsorbés, y compris des métaux lourds et des produits chimiques organiques (Tchobanoglous et al. 2003).

Pour évaluer l'impact environnemental marin de la station Honaine, nous comparons les résultats des analyses de l'eau de mer à Honaine, pour cinq (5) paramètres principaux avec Décret exécutif N° 06 -141 du 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels .Tableau N°07

- ✓ La température de l'eau impacte les réactions chimiques et biologiques, avec une limite fixée à 30 degrés Celsius. Les températures observées varient entre 17.5 et 19.2 degrés Celsius, avec une moyenne de 19.08 degrés Celsius pour les mois de février, mars et avril, bien en deçà de la limite fixée
- ✓ La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire l'électricité, ce qui est lié à la concentration des ions dissous. La moyenne des valeurs de conductivité enregistrées varie mensuellement : 90.51 micro siemens par centimètre, 90.72 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 90.30 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour les mois de février à mars. Cela est légèrement plus élevé que ce que suggère le tableau des valeurs limites
- ✓ PH Le pH mesure l'acidité ou l'alcalinité d'une solution sur une échelle de 0 à 14, où 7 est neutre. Selon les normes algériennes, le pH acceptable pour les eaux de saumure doit se situer entre 6,5 et 8,5. Dans les résultats de la station de dessalement de Honaine, le pH varie de 7,69 à 7,88 en février, et de 7,75 à 7,87 en mars, ce qui est conforme aux normes

Discussion

- ✓ **Matières en Suspension (MES)** Les MES représentent les particules solides en suspension dans l'eau. La norme algérienne fixe une limite à 35 mg/L. Les résultats de Honaine montrent des valeurs variant de 0,03 mg/L à 5,4 mg/L, toutes bien inférieures à la limite.
- ✓ **Turbidité** La turbidité mesure la clarté de l'eau. Elle est influencée par les particules en suspension telles que les MES. Les résultats montrent des valeurs de turbidité variant entre 0,00 NTU et 4,7 NTU. Bien qu'il n'y ait pas de norme spécifique pour la turbidité dans le tableau des normes algériennes.

Les résultats des analyses de la station de dessalement de Honaine mettent en évidence la conformité aux normes algériennes en ce qui concerne le pH, la température, la conductivité, le niveau de particules en suspension (MES) et la turbidité. Cela garantit une haute qualité de l'eau salée et souligne l'importance du respect de ces normes pour protéger l'environnement marin et préserver la biodiversité

Conclusion

Conclusion

La progression technologique dans le domaine du dessalement de l'eau de mer par osmose inverse a indéniablement apporté des améliorations significatives, rendant le processus plus efficace sur le plan énergétique. En Algérie, plusieurs projets de stations de dessalement ont été mis en œuvre au cours des dernières décennies pour répondre aux besoins croissants en eau potable.

La station de dessalement de Honaine, avec sa capacité de production de 200 000 m³ par jour, est un exemple notable de ces projets. Elle a été conçue pour approvisionner en eau potable 23 communes de la wilaya de Tlemcen, soit environ 600 000 habitants. Cette station utilise plusieurs filtres à sable et anthracite dans son processus de prétraitement, ce qui contribue à éliminer les impuretés et les particules présentes dans l'eau de mer avant le dessalement proprement dit.

Un aspect particulièrement remarquable de la station de Honaine est sa capacité à récupérer environ 97 % de l'énergie contenue dans le concentrât, ce qui représente un progrès significatif en termes d'efficacité énergétique. Cette récupération d'énergie peut contribuer à réduire les coûts opérationnels et à minimiser l'empreinte environnementale de la station.

En résumé, la station de dessalement de Honaine illustre comment les avancées technologiques et les investissements dans l'infrastructure peuvent aider à garantir un approvisionnement durable en eau potable pour les communautés qui en ont besoin.

Ce travail consiste en une étude sur cette station de dessalement, ainsi qu'une évaluation de l'impact environnemental sur le milieu marin

Voici les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de saumure sur les 5 paramètres principaux (pH, température (T°), conductivité, turbidité (Turb.), matières en suspension (MES)) :

1. pH : - Les valeurs de pH varient généralement entre 7.70 et 7.90 avec une moyenne de 7.80 en février et 7.82 en mars. Les valeurs restent stables autour de la neutralité.

2. Température (T°) : - Les températures mesurées oscillent entre 17.5°C et 18.5°C, La moyenne pour février est de 17.98°C et pour mars de 18.12°C.

Conclusion

3. Conductivité (Cond) :- Les valeurs de la conductivité sont comprises entre 88,0 mS/cm et 91.10 mS/cm. Les moyennes mensuelles sont de 90.51 mS/cm pour février et 90.72 mS/cm pour mars, indiquant une stabilité dans la salinité de l'eau de saumure

4. Turbidité (Turb.) : - La turbidité varie de NTU 0,00 à 0,30 NTU. La moyenne pour février est de 0.16 NTU et pour mars de 0.30 NTU, indiquant généralement une faible présence de particules en suspension.

5. Matières en suspension (MES) :- Les valeurs de MES vont de 4,0 mg/l à 5,0 mg/l. La moyenne pour février est de 4.37 mg/l et pour mars de 4.45 mg/l, montrant une variabilité mais restant généralement à des niveaux faibles. En résumé, les analyses montrent des résultats stables et conformes aux normes pour les paramètres principaux de l'eau de saumure

Selon les résultats des paramètres étudiés, on peut dire que l'eau de saumure rejetées par la station de dessalement de Honaine sont de bonne qualité et n'ont pas un impact significatif sur le milieu marin ni sur la biodiversité. Cela est dû au respect des normes algériennes et des normes de l'Organisation mondiale de la santé en matière de respect de la législation environnementale ainsi que d'autres lois sur la qualité de l'eau et la sécurité des employés. Ainsi, nous espérons augmenter le nombre de stations de dessalement le long de la côte algérienne pour fournir une plus grande quantité d'eau douce, à condition de respecter les lois algériennes et internationales.

Les annexes

Les annexes

De dessalement d'eau de mer de HONAINE Nationale Eau et Environnement 12 FEVRIER 2007 Décret exécutif N° 06 -141 du 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

Tableau N°07 : les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

N°	Paramètres	Unité	Valeurs Limites	Tolérances 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	DBO ₅	"	35	40
8	Aluminium	"	3	5
9	Substances toxiques bioaccumulable	"	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

La nécessité de respecter la législation algérienne et, le cas échéant, des organisations de financement comme l'OPIIC (Banque Mondiale), devrait conduire à l'atténuation d'un certain nombre d'impacts négatifs pour la qualité de l'eau.

Tableau n°08 : paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine (norme algérienne, 2014)

7 Jomada El Oula 1435 9 mars 2014		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 13		15
ANNEXE				
Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine				
Tableau 1 : paramètres avec valeurs limites				
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 déssalées 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	
	Hydrocarbures polycycliques aromatiques (H.P.A) totaux	µg/l	0,2	
	Fluoranthène, benzo (3,4) fluoranthène, benzo (1,12) fluoranthène, benzo (3,4) pyrène, benzo (1,12) pérylène, indéno (1,2,3-cd) pyrène, benzo (3,4) pyrène	µg/l	0,01	
	Benzène	µg/l	10	
Toluène	µg/l	700		
Ethylbenzène	µg/l	300		

Tableau n°08 : Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine (norme Algérienne, 2014). (Suite)

16		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 13		7 Joumada El Oula 1435 9 mars 2014	
ANNEXE (suite)					
GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS 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 carbamates	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		
	Chlorite	µg/l	0,07		
	Trihalométhanes par substance individualisée :	-Chloroforme	µg/l	200	
- Bromoforme		µg/l	100		
- Dibromochlorométhane		µg/l	100		
- 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 n°08 : Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine (norme Algérienne, 2014). (Suite)

7 Jomada El Oula 1435 9 mars 2014		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 13		17
Tableau 2 Paramètres avec valeurs indicatives				
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 déssalées 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	

Références bibliographique

A

Akli. S, 2007. Le dessalement de l'eau de la mer ou l'irrigation économe ?. Mémoire De Magister En Sciences Agronomique Institut National agronomique El-Harrach Alger

AHMOUDA.I ET. BIAA.H, 2016.Traitement des rejets de dessalement de l'eau de mer cas de « Les dunes » Oran, mémoire de master, Université Larbi Tebssi.

Ayad.A. F et Bensaoula.M. S, 2019. Etude des performances de fonctionnement d'une station de dessalement d'eau de mer : cas de la SDEM de Honaine. Université Aboubakr Belkaïd–Tlemcen.

B

Benabadji. A et Saidi I, 2016. : Etude sur le Dessalement de l'Eau Saumâtre préparée à partir des Eaux de Mer issues du prétraitement de la station de Souk-Tlata, Mémoire de Master, Université de Tlemcen, Département Hydraulique.

Bouabdallah. H ET Behilil. M. E, 2021. ETUDE DU PROCEDE ET DE LA CONDUCTIVITE DE DESSALEMENT DE L'EAU DE MER DE LA STATION DE MOSTAGANEM. .Mémoire de master en génie pétrochimique, Abdel Hamid ibn badis université – Mostaganem.

Bouarourene. M. ET Sadi .M, 2016. Caractérisation est valorisation de quatre sources de la région de Toudja Wilaya de Bejaia. Mémoire de Master en Sciences Agronomiques. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 65p

Bouguerrouche.M et Hamiche.K, 2014. Commande d'un Système de Dessalement d'Eau de Mer par Osмосes Inverse. Projet de Fin d'Etudes En vue de l'obtention du diplôme D'Ingénieur d'Etat en Automatique. Ecole Nationale Polytechnique, 10, AV. Hassen Badi, El-Harrach, Algérie

Boye. H, 2008. Eau, énergie dessalement et changement climatique en méditerrané. Plan bleu. Conseil général de l'Environnement et du Développement Durable Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire, France.

Brasilia, 2013. Manuel pratique d'analyse de l'eau.4ème édition. Fondation Nationale de la Santé 54, 57, 63 p.

Boeglin.J-C, 2001. Propriétés des eaux naturelles. Dossier N° G1110. Environnement Technologies de l'eau. Technique de l'ingénieur

D

Dunglas. J, 2014. Le dessalement de l'eau de mer une nouvelle méthode pour accroître la ressource en eau. Académie D'agriculture De France.

Degrement. J, 2005. Mémento technique de l'eau. Lavoisier-Lexique technique de l'eau. Tome 1, Paris. 2503p.

Desjardins. R, 1997. Le traitement des eaux, 2eme Edition revue et corrigee. P302-304. Montréal

Dégréement, 1989. Mémento technique de l'eau », Lavoisier-Lexique technique de l'eau. Tome 1, Paris.

Degremont S, 1989. Mémento technique de l'eau. Technique et documentation. Tome.1 Edition du cinquantenaire. P : 3

Danis. P, 2003. Dessalement de l'eau de mer. Techniques de l'Ingénieur, traité Génie des procédés.

F

Festy .B, Hartemann .P, Ledrans .M, Levallois. P, Payement .P et Tricard .D, (2003). Qualité de l'eau. In : Environnement et santé publique - Fondements et pratiques. pp.333-368. Gérin M, Gosselin P, Cordier S, Viau C, Quénel P, Dewailly É, rédacteurs. Edisem / Tec & Doc, Acton Vale / Paris

G

Graindorge.J et Landot.E, 2014.La qualité de l'eau potable techniques et responsabilités. Dossier d'experts. Territorial Editions.145p .France.

I

Idres.S, 2020.Synthèse bibliographique des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux naturelles. Mémoire de master. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

J

Jean-Pierre.M ,2009. Approche intégrée du dessalement d'eau de mer : distillation membranaire sous vide pour la réduction des rejets salins et possibilités de couplage avec l'énergie solaire thèse de doctorat de l'université de Toulouse.

M

Maurel .A, 2006.Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres, 2ème Ed. Tec&Doc Lavoisier.

Margat.J et Monition.L, 1971. « LES EAUX SOUTERRAINES GESTION ET PROTECTION » organisation mondiale de la santé Genève, bureau de recherche géologique et minières. Service géologique nationale. Orléans p 44.

McGuire. M. J. et McLain. J. L, 1999. The evolution of water quality monitoring in the United States. Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA, 48(6), 301-305

N

Noureddine et Hassini.N, 2019. « Impact environnemental de la station de dessalement de Brédéah (Algérie) : entre le légal et le réel », 1 IMSI, Université d'Es-Sénia, BP 1524 Oran Algérie. 2 Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université d'Es-Sénia, BP 1524 Oran Algérie

P

Pandita.B et Kumarj.K, 2013. Drinking Water Désinfection techniques. Taylor & Francis Group, CRC Press.

PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT(PNUE), 2001 dessalement de l'eau de mer dans les pays méditerranéens : évaluation des impacts sur l'environnement et lignes directrices proposées pour la gestion de la saumure. PNUE(DEC)/MED WG190/inf.8.Athènes,Grèce.

R

Romy .H, 2008. Les nations unies et le problème de l'eau dans le monde : essai sur Onu-eau. Mémoire en science politique. Université du Québec Montréal

S

Stumm.Wet Morgan.J.J, 1996. Aquatic Chemistry: Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters (3rd Ed.). Wiley-Interscience

Sharp. J. H., culver.M.E et sanford.L.P, 1986. The Influence of Salinity on Marine Life. Marine Ecology Progress Series.33.15-22

T

Tchobanoglous. G., Burton. F. L., et. Stensel. H. D, (2003). Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. McGraw-Hill.

U

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

V

Viviane. R, 2003. Le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres. In culture Sciences-Chimie [en ligne]. Nicolas Lévy. Site hébergé par l'Ecole Normale Supérieure. Mis à jour le 1er avril 2013. Disponible sur : <http://culturesciences.chimie.ens.fr/dossiers-chimie-societe-article-DessalementEauMer.html>

W

Wetzel. R.G, 2001. Limnology: Lake and River Ecosystems. (3rd Ed.). Academic Press

Y

Yveline. L, 1990. L'univers sonore animal : rôle et évolution de la communication acoustique. Ed. Gauthier-Villars. 8792p.

<https://www.techniques-ingenieur.fr/glossaire/eau> (site web 1)

<https://www.energy.gov.dz/?article=projet-de-dessalement-de-l'eau-de-mer>

MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES MINES (site web 2)

<https://www.cieau.com/espace-enseignants-et-jeunes/les-enfants-et-si-on-en-apprenait-plus-sur-leau-du-robinet/la-definition-de-leau-potable/> (site web 3)

Résumé :

La station de dessalement d'eau de mer de Honaine est l'une des plus grandes d'Algérie, fournissant de l'eau potable d'une capacité de 200 000 m³ par jour à 23 communes de la wilaya de Tlemcen, grâce à la technologie de l'osmose inverse. Ce travail vise à comprendre les enjeux liés au traitement et à l'analyse de l'eau, en incluant une exploration approfondie des étapes du processus de dessalement et une évaluation de l'impact environnemental de la station sur le milieu marin. À cet effet, les résultats d'analyse des eaux d'saumure rejetées par la station ont été étudiés sur une période de trois mois (janvier, février, mars). À la lumière des résultats obtenus, nous pouvons dire que les analyses de l'eau salée rejetée en mer sont conformes aux normes algériennes en termes de température, de pH, Turbidité ,conductivité et matières en suspension (MES)

Mots clés : Station de dessalement de l'eau de mer Honaine – Eau de saumure – osmose inverse
- Analyses physico-chimiques

Summary:

The seawater desalination plant of Honaine is one of the largest in Algeria, providing drinking water with a capacity of 200,000 m³ per day to 23 municipalities in the Tlemcen province, thanks to reverse osmosis technology. This work aims to understand the issues related to water treatment and analysis, including an in-depth exploration of the desalination process steps and an assessment of the plant's environmental impact on the marine environment. To this end, the analysis results of the brine water discharged by the plant were studied over a period of three months (January, February, and March). In light of the results obtained, we can say that the analyses of the saline water discharged into the sea comply with Algerian standards in terms of temperature, pH, turbidity, conductivity, and suspended solids (SS)

Key words: Honaine seawater desalination plant – Brine water – reverse osmosis –
Physico-chemical analyzes

الملخص:

تعد محطة حنين لتحلية مياه البحر من أكبر المحطات في الجزائر، حيث توفر مياه الشرب بقدرة 20 ألف متر مكعب يوميا لـ 23 بلدية في ولاية تلمسان، بفضل تقنية التناضح العكسي. ويهدف هذا العمل إلى فهم القضايا المتعلقة بمعالجة المياه وتحليلها، بما في ذلك استكشاف متعمق لمراحل عملية التحلية وتقييم التأثير البيئي للمحطة على البيئة البحرية. ولهذا الغرض تمت دراسة نتائج تحليل المياه المالحة التي تصرفها المحطة على مدى ثلاثة أشهر (فيفري، مارس وابريل). على ضوء النتائج المتحصل عليها يمكن القول إن تحاليل المياه المالحة المصروفة في البحر تتوافق مع المعايير الجزائرية من (MES) حيث درجة الحرارة ودرجة الحموضة والعكارة والتوصيل والمواد الصلبة العالقة.

الكلمات المفتاحية: محطة تحلية مياه البحر هنين – مياه متوسطة الملوحة – التناضح العكسي-التحليلات الفيزيائية والكيميائية