

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

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA



Faculté des Sciences Appliquées
Département de Génie des Procédés
Domaine : Science et Technologie



Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Génie des Procédés de l'Environnement

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

Présenté par :

HEMIM Boutheyne

Thème

***Les différents procédés de dessalement des
eaux à la région d'Ouargla***

Soutenu publiquement le : 11/06/2024

M^{me} KETEB Lamia

M^{elle} KACHI Sacia

M^{me} HADJI Warda

MAA

MAB

MAB

Uni. Kasdi Merbah Ouargla

Uni. Kasdi Merbah Ouargla

Uni. Kasdi Merbah Ouargla

Présidente

Examinatrice

Encadrante

Année universitaire 2023/2024

REMERCIEMENTS

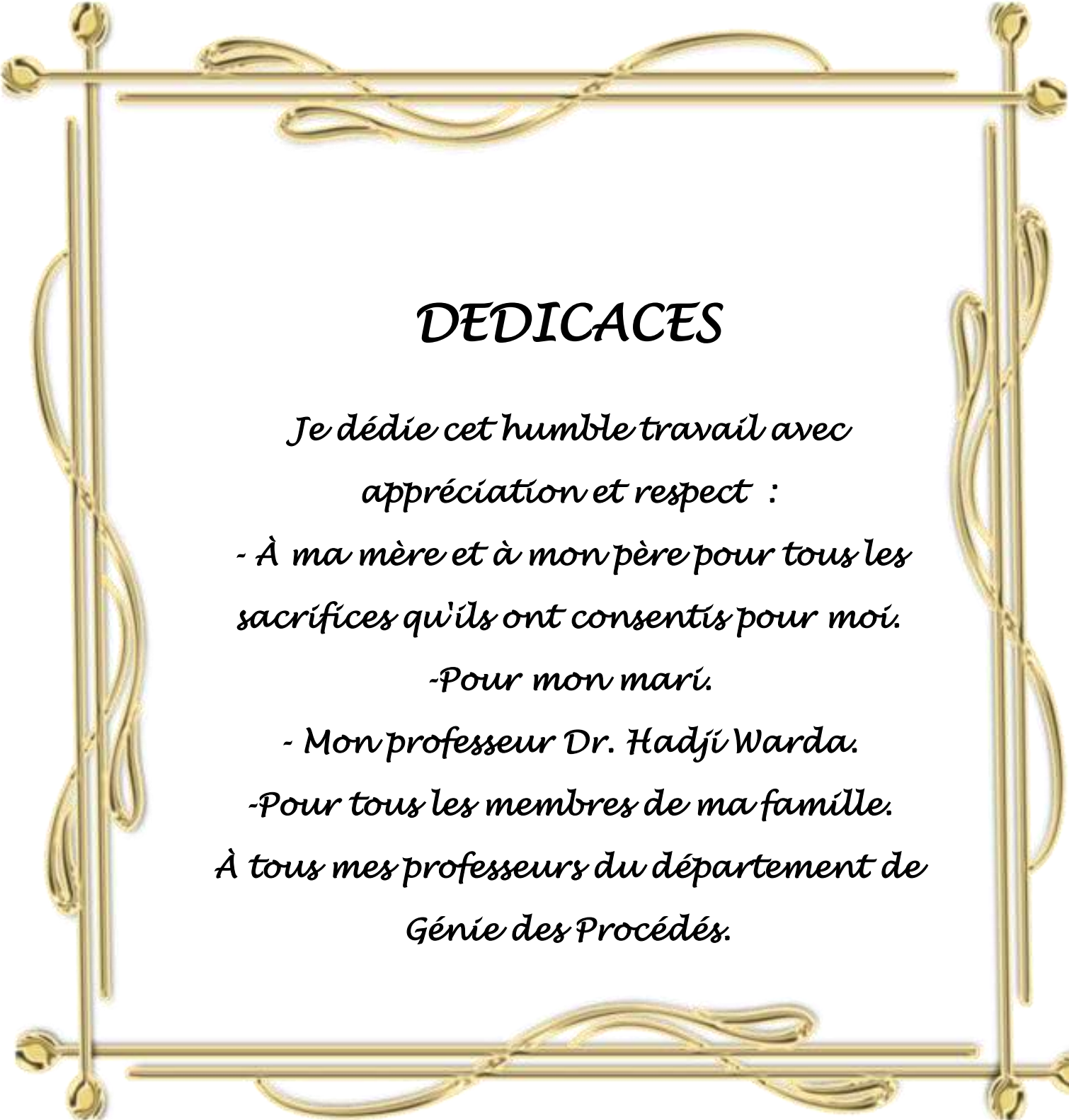
Je remercie ALLAH le Tout-Puissant de m'avoir donné le privilège et l'opportunité d'étudier, qui m'a guidé avec la bénédiction de mes parents sur le chemin de la lumière, de la science et de la connaissance pour réaliser cette thèse.

Au terme de ces travaux, je désire exprimer ma profonde gratitude à m'encadrante, M^{me} HADJI Warda, maître assistante B à l'Université KASDI MERBAH de Ouargla, pour ses orientations, sa patience, sa générosité, sa confiance et ses conseils, tout au long de ce travail scientifique.

J'adresse mes remerciements aux membres du jury qui m'ont honoré et d'accepter d'examiner ce travail.

En fin, Je remercie toutes personnes qui ont contribué de près ou de loin à ce travail.

Merci encore une fois



DEDICACES

*Je dédie cet humble travail avec
appréciation et respect :*

*- À ma mère et à mon père pour tous les
sacrifices qu'ils ont consentis pour moi.*

-Pour mon mari.

- Mon professeur Dr. Hadji Warda.

-Pour tous les membres de ma famille.

*À tous mes professeurs du département de
Génie des Procédés.*

RÉSUMÉ

RÉSUMÉ

Les ressources en eau souterraines dans la région de Ouargla, sont représentées, comme partout ailleurs dans les régions du Sahara septentrional, par deux grands systèmes aquifères superposés : le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT). La conséquence de la qualité des eaux de consommation de la région de Ouargla qui est caractérisée par une forte salinité de l'ordre 3g/l, cette dernière, influe sur la santé du consommateur, qui provoque dans certain cas l'apparition à long terme des maladies rénales ou chroniques. Pour cela La wilaya de Ouargla a bénéficié d'un programme d'envergure portant sur la réalisation de neuf (9) stations de déminéralisation de l'eau potable, au niveau des complexes hydrauliques répartis sur différents quartiers du chef-lieu de la wilaya, La présente étude consiste à vérifier le rendement du fonctionnement des membranes d'osmose inverse en fonction de la qualité de l'eau des différentes nappes de la région de OUARGLA.

Mots clés : eau osmosée, osmose inverse, déminéralisation, rendement, qualité, brut.

الملخص

تتمثل موارد المياه الجوفية في منطقة ورقلة، كما في كل مكان آخر من المناطق الشمالية من الصحراء الجزائرية، من قبل اثنين من شبكات طبقات المياه الجوفية الكبيرة بطابقين : القاري البيني (CT) و المركب النهائي (CI). نتيجة لاستهلاك المياه في مدينة ورقلة التي تتميز بالملوحة الجذرية العالية حوالي 3 غرام لكل لتر ونتيجة للتأثيرات السلبية في ارتفاع هادا الأخير على صحة المستهلك التي قد تؤدي الى ظهور امراض الكلى او امراض مزمنة على المدى البعيد، فان ولاية ورقلة قد خصصت برنامجا مكثفا لصنع تسعة محطات لتحلية مياه الشرب والتي تنتشر على مختلف مناطق ورقلة ولذلك فإننا قمنا بدراسة هذه المحطات وذلك للتحقق من كفاءة التشغيل للأغشية التناضح العكسي وهذه الدراسة تكون على طبقات مختلفة من المياه الجوفية.

الكلمات المفتاحية: ماء التناضح، التناضح العكسي، إزالة المعادن، مردود، الجودة، الخام

ABSTRACT

Ground water resources in the region of Ouargla are represented, as elsewhere in the northern Sahara regions, by two superimposed aquifer systems: the Continental Intercalary (CI) and the Terminal Complex (CT). The consequence of the quality of drinkable water in the region of Ouargla, which is characterized by a high salinity of the order 3g / l, influences the health of the consumer, which in certain cases causes a long-term the appearance of onset of kidney or chronic disease. For this purpose, the wilaya of Ouargla has benefited from a large-scale program for the construction of nine (9) stations for the demineralization of drinking water, at the level of the hydraulic complexes distributed in different districts of the capital of the wilaya, This study consists of checking the efficiency of the operation of the reverse osmosis membranes as a function of the water quality of the different sheets of the OUARGLA region.

Keywords : osmosis water, reverse osmosis ,demineralizatio, yield, qualit, crude.

LISTES DES TABLEAUX, FIGURES ET SYMBOLES

Liste des tableaux

Tableau III.01. Caractéristiques des stations de déminéralisation des eaux à Ouargla.	30
Tableaux III.02. Points de similitude et points de différence entre les stations.....	36
Tableau IV.01. Normes d'eau potable selon l'Algérie et selon l'OMS	43

Liste des figures

Figure I.1: Principe de Traitement au charbon actif	7
Figure.I.2 : Système d'échangeur d'ions.	8
Figure I.3: Différents composés rencontrés dans les eaux naturelles et les techniques permettant leur élimination	8
Figure. I.4 : Principe de l'osmose inverse	9
Figure I.5 : Schéma du principe de la nanofiltration	10
Figure. I.6 : Principe de l'ultrafiltration	10
Figure I.7 : Schéma de principe de la microfiltration tangentielle	11
Figure. I.8 : Principe de l'électrodialyse	12
Figure II.1: Procédés et capacité de production respective	15
Figure II.2 : Principe des phénomènes d'osmose et d'osmose inverse	16
Figure II.3 : Schéma simple du procédé d'osmose inverse.	17
Figure II.4 : Pression osmotiques	18
Figure II.5: Module spiralé.	19
Figure II.6 : Module à membrane tubulaire	20
Figure III.1 : Situation générale	26
Figure. III. 2 : Coupe hydrogéologique à travers le Sahara.....	27
Figure III.3: plan de localisation des Neuf stations avec les forages d'alimentation.	29
Figure III.4 : une pompe d'acide sulfurique	31
Figure III.5 : La pompe de gavage.....	32
Figure III.6: ligne de filtre à sable	32
Figure III.7: pompe injection d'antitartre	33
Figure III.8: les filtre a cartouche	34
Figure III.9: pompe a haute pression	34
Figure III.10: Unité d'osmose inverse	35
Figure IV.01 : Appareil de mesure de la turbidité (HACH 2100Q)	40
Figure IV.2. Multi paramètre portable, type HI 9829	41
Figure IV.3 : Spectrophotomètre de paillasse DR3900	43
Figure V.1 : Variation des valeurs et le rendement de pH.....	46
Figure V .2 : Variation des valeurs et le rendement de la conductivité.....	46
Figure V .3 : Variation des valeurs et le rendement de TDS	47
Figure V .4 : Variation des valeurs et le rendement de résidu sec.....	48
Figure V .5: Variation des valeurs et le rendement de la turbidité	48
Figure V.6 : Variation des valeurs et le rendement de TH	49
Figure V.7 : Variation des valeurs et le rendement de TH	49

Figure V.8 : Variation des valeurs et le rendement de calcium	50
Figure V.9 : Variation des valeurs et le rendement de magnésium	50
FigV.10 Variation de la teneur des ions Bicarbonates HCO_3^-	51
Fig V.11 Variation de la teneur des ions Chlorures Cl^-	51
Fig V.12 Variation de la teneur des ions Sodium Na^+	51
FigV.13 Variation de la teneur des ions Potassium K^+	51
FigV.14Variation de la teneur des ions sulfates (SO_4^{2-})	52
FigV.15Variation de la teneur des ions nitrates (NO_3^-).....	52

Liste des abréviations

ADE : Algérienne Des Eaux.

EB : eau brute

EO : eau osmosée

OI : Osmose Inverse

OMS : Organisme Mondiale de la Santé.

pH : potentiel Hydrogène

R : Le rendement

Rs: Résidu Sec

TAC : Titre Alcalimétrique Complet

TDS : Taux des Sel Dissout

TH : Dureté Totale

SOMMAIRE

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS.....	I
DEDICACES	II
Résumé.....	III
Listes des Tableaux, Schémas, Figures Et Symboles	V
Liste des tableaux.....	VI
Liste des figures	VII
Liste des abréviations.....	IX
Sommaire	X
Introduction générale	1
Partie bibliographique.....	4
Chapitre I Les différents procédé de dessalement	5
I.1. Introduction	6
I.2. Les sources d'eau salée :	6
I.2.1. Les eaux saumâtres.....	6
I.2.2. Les eaux marines	6
I.3. Les techniques séparatives à membranes utilisées dans le traitement des eaux.....	6
I.3.1. Adsorption	6
I.3.2. Echange d'ions :	7
I.3.3. Les différentes filières	8
I.3.3.2. Nano-filtration	9
I.3.3.3. Ultrafiltration	10
I.3.3.4. Microfiltration	11
I.3.4. Distillation	12
I.3.5. Dessalement par congélation.....	12
I.4. Conclusion	13
Chapitres II Le dessalement par L'osmose inverse	14
II.1. Introduction	15
II.2. Procédés de déminéralisation utilisée en Algérie.....	15
II.3. Osmose inverse	15
II.4. Principe de l'osmose inverse.....	16
II.5. Eléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse	17
II.6. Pression osmotique.....	17
II.7. Les modules d'osmose inverse.....	18
II.7.1. Définition des modules	18
II.7.2. Les types de modules	18

II.7.2.1. Modules spirales.....	19
II.7.2.2 Les modules tubulaires.....	19
II.7.2.3. Les modules à fibres creuses	20
II.7.2.4. Module plan ou filtre-presse	20
II.8. Phénomène de colmatage	20
II.9. Nettoyage des membranes.....	21
II.9.1. Les rétro lavages	21
II.9.2. Nettoyages chimiques	21
II.10. Durée de vie des membranes d'osmose inverse.....	21
II.11. Les avantages et inconvénients de l'osmose inverse	22
II.11.1. Les avantages	22
II.11.2. Les inconvénients	22
II.12. Conclusion.....	23
Partie expérimentale	24
Chapitre III Présentation de la région et des stations d'étude	25
III.1. Introduction.....	26
III.2. Présentation de la région d'étude	26
III.2.1. Situation géographique	26
III.2.2. Caractéristique climatique :	27
III.2.3. Hydrogéologie	27
III.2. Présentation le projet de déminéralisation à Ouargla	27
III.2.1. Introduction.....	27
III.2.2. Description du projet	28
III.2.3. Lieu d'implantation des stations	28
III.2.4. Capacité du projet	30
III.2.5. Impact du projet.....	30
III.3. Description des différentes étapes de processus.	31
III.3.1. Alimentation depuis les forages :	31
III.3.1.1. Conditionnement d'eau brute.....	31
III.3.1.2. Préchloration	31
III.3.2. Ligne de Production.....	31
III.3.2.1 Pompe de Gavage	31
III.3.2.2. Filtration sur sable	32
III.3.2.2.1 Lavage des filtres	32
III.3.2.3. Acidification	33
III.3.2.4 Dosage du séquestrant	33
III.3.2.5. Filtration sur cartouche	33

III.3.2.7 Pompage Haute pression.....	34
III.3.2.8. Unité d'osmose inverse.....	34
III.3.2.8.1 Le premier Etage.....	34
III.3.2.8.2. Deuxième Etage.....	35
III.3.2.9. Station de rinçage.....	35
III.3.2.10. Station de nettoyage chimique.....	35
III.3.2.11. Eau brute de mélange.....	35
III.3.2.12. Désinfection.....	36
Chapitre IV Matériel et méthodes.....	38
IV.1. Introduction.....	39
IV.2. Analyse de l'eau.....	39
IV.2.1. Le prélèvement :.....	39
IV.2.2. Paramètres d'analysés.....	40
IV.2.2.1. Paramètres organoleptiques.....	40
IV.2.2.2. Paramètres physiques :.....	40
IV.2.2.3. Paramètres chimiques :.....	41
IV.3. Normes de potabilité :.....	43
IV.4. Calcul du rendement :.....	44
IV.5. Conclusion :.....	44
Chapitre V Résultats et discussion.....	45
V.1. Résultats du suivi des paramètres physico-chimiques.....	46
V.1.1. Evolution du pH.....	46
V.1.2. Variation de la conductivité.....	46
V.1.3. Solides dissous totaux (TDS).....	47
V.1.4. Résidu sec :.....	47
V.1.5. Evolution de la turbidité.....	48
V.1.6. Variation de la dureté totale (TH).....	49
V.1.7. Variation des de titre alcénique complète TAC :.....	49
V.1.8. Variation des cations et des anions :.....	50
V.1.8.1. Variation de la teneur des ions calcium (Ca^{2+}).....	50
V.1.8.2. Variation de la teneur des ions magnésium (Mg^{2+}).....	50
V.1.8.3. Les autre cations et anions.....	51
CONCLUSION GENERALE.....	53
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	55
Annexe.....	58

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale

Dans notre planète, l'eau douce, facilement disponible (lacs, fleuves, certaines eaux souterraines), ne représente que 0,07 % de la ressource totale soit environ 1 million de km³. Mais, la répartition de cette eau est très inégale (Tahri et al, 2010).

En effet seulement 10 pays se partagent à eux seuls 60 % des réserves d'eau douce alors que 29 autres (principalement en Afrique et au Moyen-Orient) sont au contraire confrontés à des pénuries d'eau douce. Dans ces pays, 650 millions de personnes souffrent du manque d'eau. On estime qu'en 2050, 2,5 milliards de personnes souffriront du manque d'eau à cause de l'évolution de la démographie et de l'augmentation des consommations en eau.

L'état de Ouargla et le district de Ouargla en particulier sont alimentés en eau potable par une source d'eau primaire. Il s'agit d'eau souterraine stockée dans le sol dans ses différentes couches et exploitée par des puits souterrains.

Les eaux souterraines sont considérées comme la seule ressource dans notre région, mais elles présentent une forte salinité car la composition de ces eaux est liée à la nature chimique des couches géologiques traversées.

Cette salinité présente un problème majeur, face à des conditions climatiques défavorable, à une croissance démographique très importante, au développement industriel, les volumes d'eau mobilisées et mobilisable sont insuffisante et le recours à des ressources en eau non conventionnelles telle que : le dessalement des eaux saumâtres semble être la solution incontournable.

Le déminéralisation des eaux saumâtre est un sujet très important actuellement, et de penser à réaliser des unités de dessalement de vient jour après jour une nécessité car il permet la satisfaction des besoins des consommateurs en eau potable soit du côté quantitatif ou qualitatif (eau de bonne qualité, douce et agréable).

La wilaya d'Ouargla a bénéficié d'un programme d'envergure portant sur la réalisation de neuf (9) stations de déminéralisation de l'eau potable, au niveau des complexes hydrauliques répartis sur différents quartiers du chef-lieu de wilaya, Les 9 stations concernées par le projet de la ville de OUARGLA sont actuellement alimentées en eau brutes à partir de 27 forages exploités, dont 2 forages Albiens. Le présent projet consiste à réaliser 9 stations de déminéralisation pour améliorer la qualité de l'eau potable actuellement distribuée à Ouargla et d'en réduire la salinité qui est actuellement de 3 à 6 g/l pour la ramenée après désalinisation à 0,8 g/l. Les différentes stations permettront de traiter 70 500M³/J pour fournir 75% d'eau déminéralisée, soit environ 53 000 M³/j.

Les principaux objectifs fixés dans le cadre de ce travail de recherche sont : L'évaluation des résultats d'analyses physico-chimique de ces échantillons de l'eau brut et l'eau osmose pour voir le rendement de fonctionnement des membranes d'osmose inverse.

Démontrer L'efficacité des quatre (04) stations de dessalement des eaux par le procédé d'osmose inverse à partir de la discussion des résultats d'analyse physico-chimique des eaux traitée.

Le manuscrit se composera en deux parties principales. La première partie de ce travail sera relative à l'étude bibliographique, subdivisée en deux chapitres : le premier chapitre sera consacré à la différentes procédent de dessalement, et le deuxième chapitre nous avons fait une étude bibliographique sur la méthode de l'osmosé inverse.

La deuxième partie est l'expérimentale : qui comporte trois chapitres : le premier : Description de la région d'étude et les stations de déminéralisation par OI. Et les deux autres chapitres, un sur les matériel et méthodologie de ce travail et l'autre sur les résultats et leur discussion. Et on conclut par une conclusion générale.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I

LES DIFFÉRENTS PROCÉDÉS DE DESSALEMENT

I.1. Introduction

Le dessalement de l'eau de mer ou des eaux saumâtres est une technique prometteuse pour certains pays. Depuis plusieurs années, les méthodes de dessalement de l'eau de mer sont utilisées. Cependant, leur prix (de 1 à 2 euros / m³) restreint souvent leur utilisation aux pays développés. Néanmoins, au cours des dernières années, la capacité des usines de dessalement a considérablement augmenté et les coûts de production par m³ ont rapidement baissé (kehal,2000).

I.2. Les sources d'eau salée :

Selon les types d'eau, les scientifiques les ont divisés selon leur nature et leurs composants en deux types principaux :

I.2.1. Les eaux saumâtres

L'eau saumâtre est un type d'eau salée non potable dont la salinité est inférieure à celle de l'eau débordante. Les eaux saumâtres renferment généralement entre 1 et 10 g de sels par litre. Il s'agit parfois d'eaux de surface, mais le plus souvent d'eaux souterraines qui ont accumulé des sels en dissolvant certains sels présents dans les sols qu'elles ont traversés. Ils sont donc constitués en fonction de la nature des sols traversés et de la vitesse de circulation dans ces sols. Le CaCO₃, le CaSO₄, le MgCO₃ et le NaCl sont les sels dissous les plus importants.

I.2.2. Les eaux marines

La salinité des eaux de mer est la caractéristique la plus significative, c'est-à-dire la quantité totale de sels (chlorures de sodium et de magnésium, sulfates, carbonates). Les eaux des mers et des océans ont une salinité moyenne de 35 g.L⁻¹.

I.3. Les techniques séparatives à membranes utilisées dans le traitement des eaux

L'utilisation des techniques déminéralisations connaît une croissance rapide, en raison notamment de la multiplication des domaines d'application. Parmi ces procédés en site.

I.3.1. Adsorption

L'adsorption est un phénomène de surface par lequel des atomes ou des molécules de gaz ou de liquides (adsorbats) se fixent sur une surface solide (adsorbant). Le phénomène inverse, par lequel les molécules adsorbées sur une surface s'en détachent (à haute température ou d basse pression) se nomme la désorption. (belmabedi.A, 2016)

On utilise l'adsorption pour éliminer les substances humiques (couleur), les goûts, les odeurs, les phénols et plusieurs substances toxiques non-biodégradables.

- **Traitement au charbon actif**

Les charbons actifs sont préparés à partir de corps possédant une structure de cellulose qui peut, par pyrolyse et/ou action chimique, être transformée en structure de carbone de très grande surface massique (600 à 1500 m²/g). Le charbon actif se présente soit sous forme d'une poudre (particules de 10 à 50 µm), soit sous celle d'un matériau granuleux. - Dans le premier cas, il est appliqué en tête de la décantation ou plus rarement, en tête du filtre ; dans le second, il constitue le lit granuleux d'ouvrage parfois appelé deuxième étage de filtres. On vise alors en principe uniquement son effet adsorbant, et il est placé après des filtres de sable. (belmabedi.A, 2016)

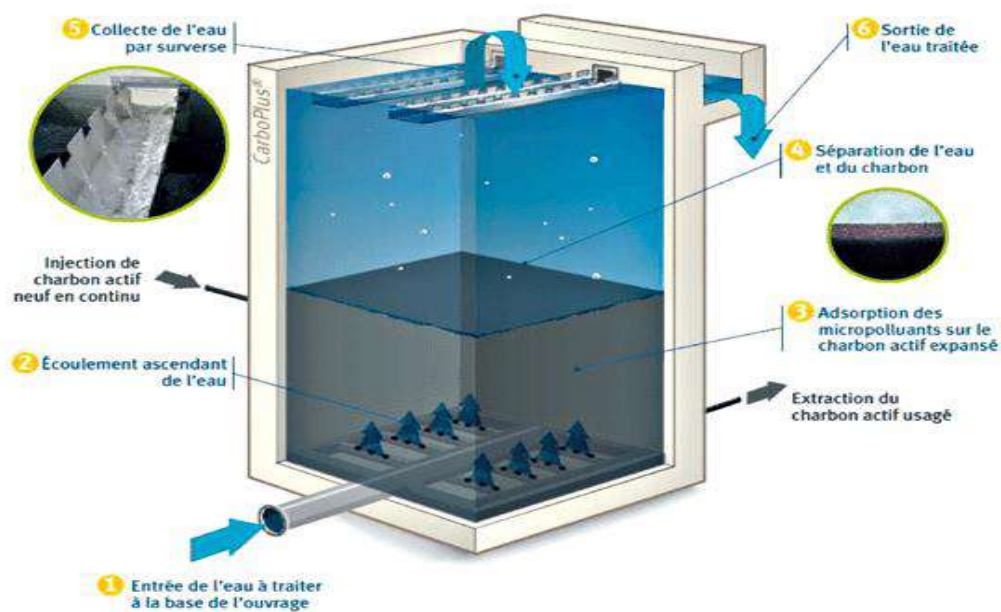


Figure I.1: Principe de Traitement au charbon actif

I.3.2. Echange d'ions :

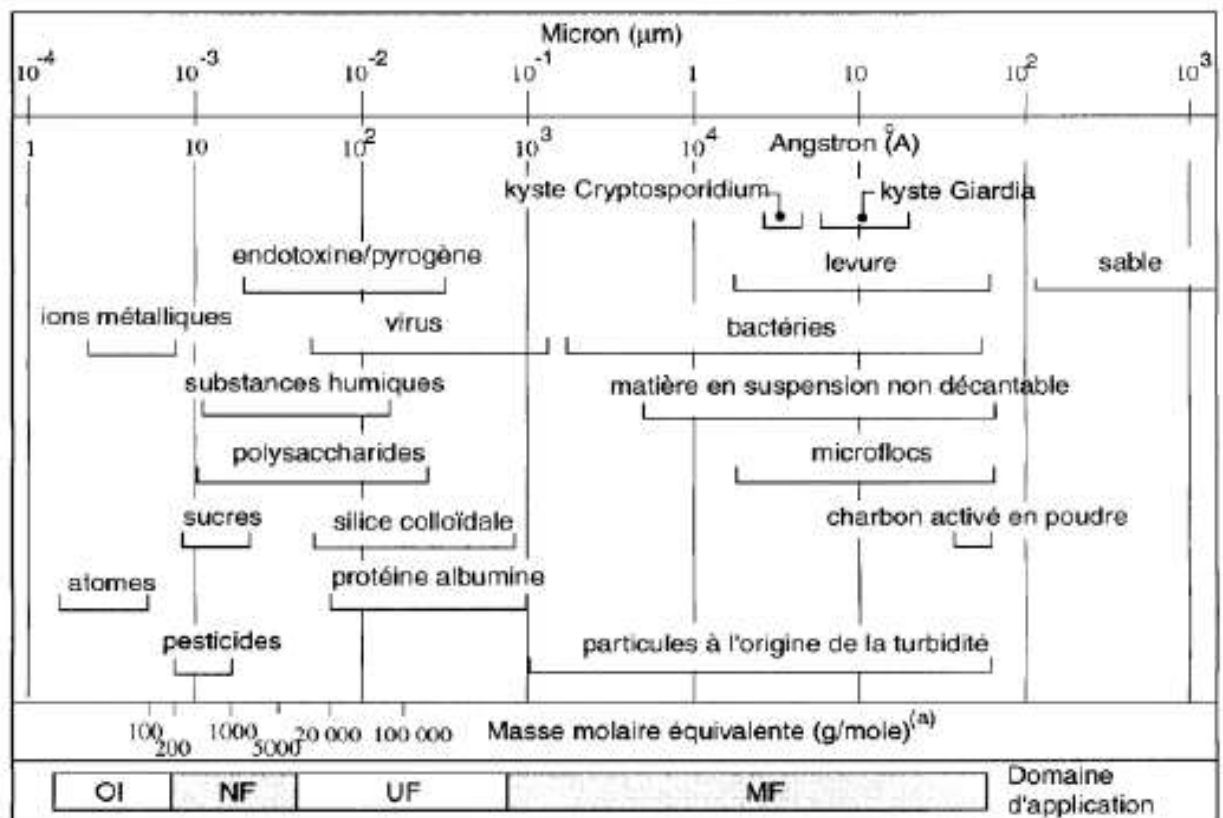
L'échange d'ions est une opération par laquelle, dans certaines conditions, une substance insoluble (résine) attire un ion positif ou négatif d'une solution et rejette un autre ion de même signe. Les résines échangeuses d'ions sont de zéolithe souvent synthétique ou un polymère modifié de telle façon que des groupes ioniques soient présents sur ses chaînes (Lamine et Harikencheikh, 2017). Le traiteur d'eau fait appel aux échangeurs cationiques et anioniques



Figure.I.2 : Système d'échangeur d'ions. (FNDA ,2002)

I.3.3. Les différentes filières

Le tableau ci-dessous présente le champ d'application des différentes techniques de filtration classique et des différentes techniques de séparation par membrane.



I.3.3.1. L'osmose inverse

L'osmose inverse utilise des membranes denses qui laissent passer l'eau et arrêtent tous les sels. Cette technique est utilisée pour :

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

Le phénomène d'osmose est un phénomène qui tend à équilibrer la concentration en solutés de part et d'autre d'une membrane semi-perméable. Le phénomène d'osmose est un phénomène naturel courant, notamment à travers les membranes cellulaires. La membrane semi-perméable laissera passer le solvant (le soluté ne passe pas) pour équilibrer la concentration. La différence de concentration crée une pression, appelée Pression osmotique. Pour inverser le passage du solvant et augmenter la différence de concentration, il faut appliquer une pression supérieure à la pression osmotique.

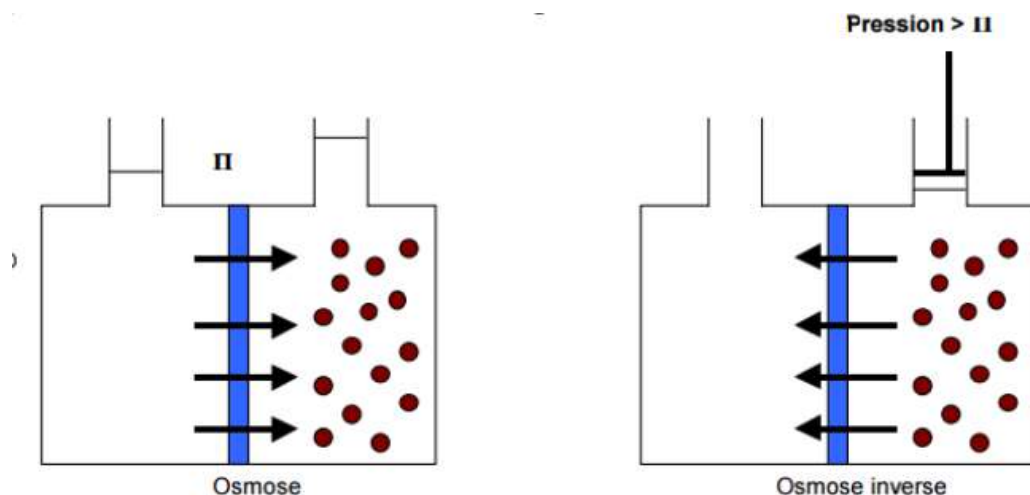


Figure. I. 4 : Principe de l'osmose inverse (FNDA ,2002)

I.3.3.2. Nano-filtration

Cette technique se situe entre l'osmose inverse et l'ultrafiltration. Elle permet la séparation de composants ayant une taille en solution voisine de celle du nanomètre (soit 10 Å) d'où son nom. Les sels ionisés monovalents et les composés organiques non ionisés de masse molaire inférieure à environ 200 - 250 g/mol ne sont pas retenus par ce type de membrane. Les sels ionisés multivalents (calcium, magnésium, aluminium, sulfates...) et les composés organiques non ionisés de masse molaire supérieure à environ 250 g/mol sont, par contre, fortement retenus (Maurel Alain – 1993). Nota Bene : Dans le cas des macromolécules, l'unité de masse molaire que l'on utilise est le dalton : 1 Da = 1 g/mol.

Les mécanismes de transfert sont intermédiaires entre ceux de l'osmose inverse et ceux de l'ultrafiltration. Cette technique est souvent utilisée pour l'adoucissement des eaux.

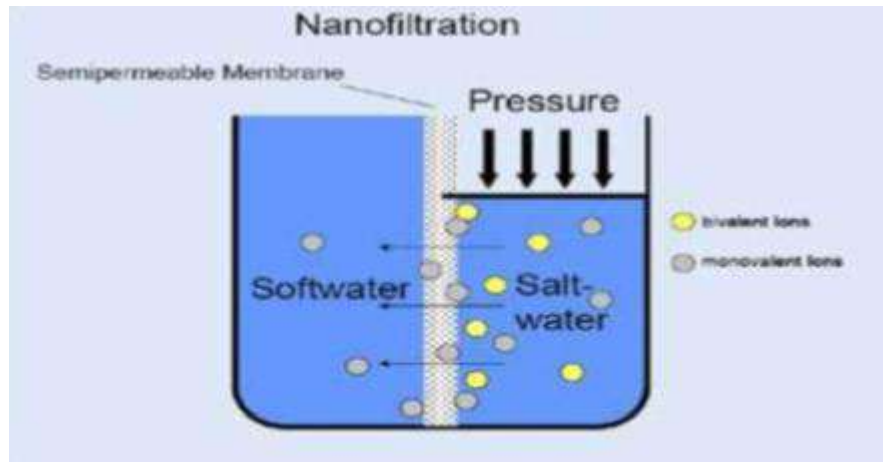


Figure I.5 : Schéma du principe de la nanofiltration

I.3.3.3. Ultrafiltration

L'ultrafiltration utilise des membranes microporeuses dont les diamètres de pores sont compris entre 1 et 100 nm. De telles membranes laissent passer les petites molécules (eau, sels) et arrêtent les molécules de masse molaire élevée (polymères, protéines, colloïdes) (Maurel Alain, 1993). Pour cette raison, cette technique est utilisée pour l'élimination de macro solutés présents dans les effluents ou dans l'eau à usage domestique, industriel (électronique) ou médical.

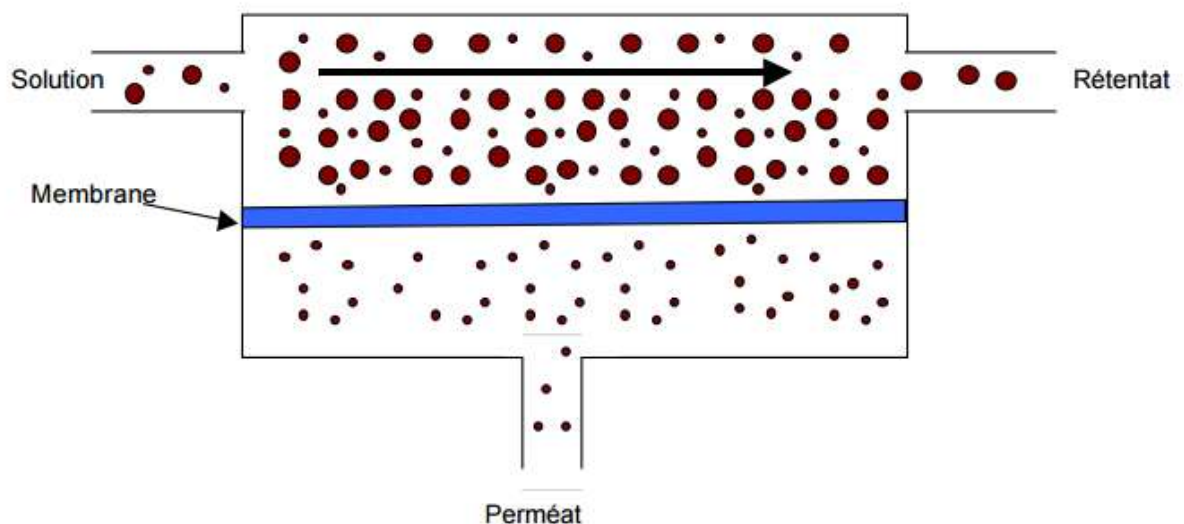


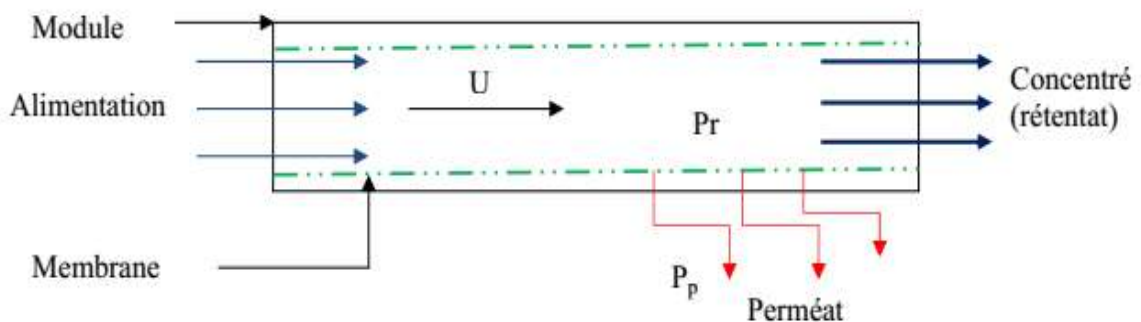
Figure. I. 6 : Principe de l'ultrafiltration (FNDA ,2002)

I.3.3.4. Microfiltration

Tangentielle Ce procédé de séparation solide-liquide met en œuvre des membranes dont les diamètres de pores sont compris entre 0,1 et 10 μm . Il permet donc la rétention des particules en suspension, des bactéries et indirectement des colloïdes et de certains ions après fixation de ces derniers sur des plus grosses particules obtenues par complication, précipitation ou floculation.

Théoriquement, la différence entre ultrafiltration et microfiltration est très nette.

- L'ultrafiltration fonctionne en phase liquide homogène alors que la microfiltration a pour objectif une séparation solide-liquide ;
- La pression de travail est généralement plus faible dans le cas de la microfiltration (Pression transmembranaire < 3 bars) (Allgeier, 2001);
- Les flux de filtration sont souvent plus importants dans le cas de la microfiltration.



U : vitesse tangentielle, Pr : pression du rétentat, Pp : pression du perméat

Figure I.7 : Schéma de principe de la microfiltration tangentielle (Soro, 2012).

I.3.3.5. Electrodialyse

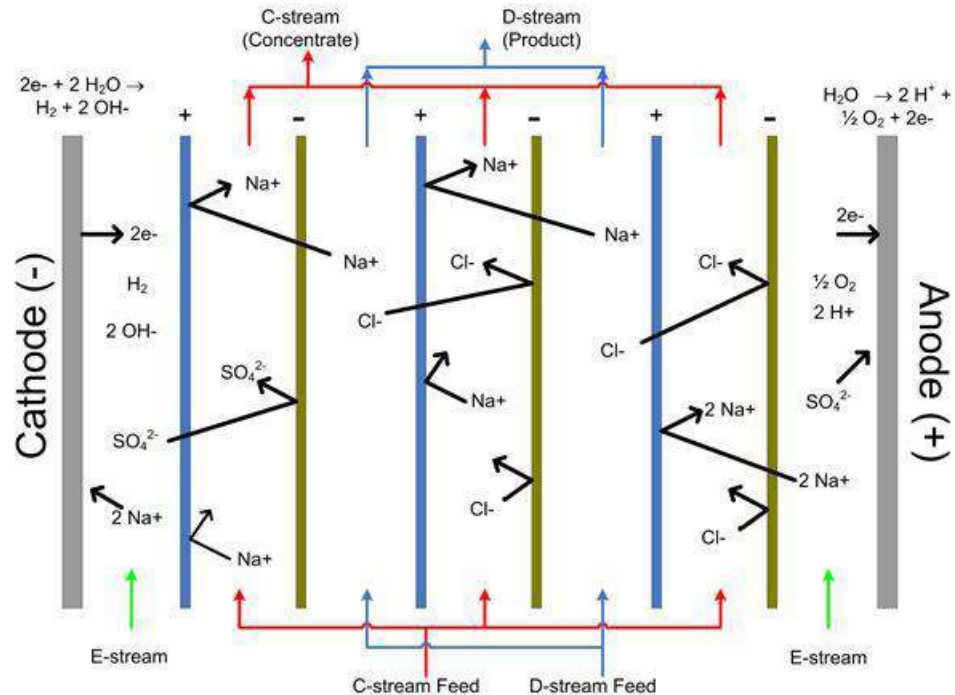
L'appareil qui l'effectue, un électro dialyseur, est composé de nombreux compartiments et de membranes alternativement anioniques et cationiques. Lors de l'action du champ électrique, la membrane anionique autorise le passage des anions et la membrane cationique laisse franchir les cations.

Les cations sortent du premier compartiment en franchissant la membrane cationique et sont bloqués dans le deuxième compartiment par la membrane anionique. Les anions sortent aussi du premier compartiment en migrant la membrane anionique et sont bloqués par la membrane cationique.

Ce qui explique que le premier compartiment a sa concentration en sel dissous qui diminue. C'est donc un compartiment de dilution. Le deuxième compartiment se voit augmenter

en sels dissous. C'est alors un compartiment de concentration. Un compartiment est en dilution, l'autre en concentration, l'autre en dilution, l'autre en concentration et ainsi de suite. Une électrode à chaque extrémité de l'appareil assure le passage du courant. Les membranes alternativement anioniques et cationiques séparent les compartiments. Les substances non ionisées qui sont dissoutes dans la solution a sa teneur qui reste la même, car le courant électrique n'a aucune influence (Violleau, 1999).

L'élimination des sels à un rendement d'environ 45 % par passe, il faut donc plusieurs passes.



Courtesy EET Corporation
www.eetcorp.com

Figure. I. 8 : Principe de l'électrodialyse

I.3.4. Distillation

La distillation est un procédé qui comporte une vaporisation, une condensation et une récupération de la chaleur libère par la condensation.

On procède à la vaporisation en fournissant de l'énergie sous forme de chaleur (procédé thermique) ou sous forme de travail mécanique. La température de travail en 0.5et 125°C, la salinité d'eau obtenue est nettement inférieure à 100 mg/l (Raymondndes, 1990).

I.3.5. Dessalement par congélation

Lorsqu'on refroidit une eau de mer jusqu'à environ - 2°C, il y a formation de cristaux de glace constitués d'eau douce. L'eau de mer étant alors plus concentré, elle résiste mieux à la congélation.

Le dessalement des eaux de mer par congélation est particulièrement intéressant dans les régions où la température de l'eau est souvent inférieure à 0°C car, dans ces conditions, on peut aménager des bassins à ciel ouvert. Lorsque la température est suffisamment basse, on remplit ces bassins sur une hauteur de 10 à 15 cm ; lorsque la couche de glace atteint une épaisseur de 1 à 1.5 cm, on enlève la saumure et on recueille la glace.

La production d'eau douce de ces bassins est de 40 à 50 l/m² lorsque la température de l'air est de - 5°C et de 120 à 160 l/m² lorsque cette dernière est de - 20°C.

Le procédé de la congélation plus économique que la distillation pour produire de l'eau douce (Raymond, 1990).

I.4. Conclusion

Les procédés membranaires classiques et l'osmose inverse connaissent un essor important dans la déminéralisation des eaux saumâtres. Toutefois, quelle que soit le procédé, il constituera un élément dans une chaîne d'opération de traitement. Par ailleurs, comme nous l'avons précisé chaque industrie est un cas particulier. La synthèse bibliographique que nous avons réalisée montre que ces techniques membranaires offrent de nombreuses possibilités d'emploi et une qualité du perméat conforme aux normes.

CHAPITRES II

LE DESSALEMENT PAR L'OSMOSE INVERSE

II.1. Introduction

Parmi toutes les technologies de dessalement, l'osmose inverse est la technologie la plus répandue au niveau international. L'objectif de ce chapitre est de présenter et d'expliquer le principe de technique d'osmose inverse.

II.2. Procédés de déminéralisation utilisée en Algérie

Au niveau national, il existe plusieurs stations de déminéralisation ou de dessalement qui traitent soit des eaux de mer soit des eaux saumâtres et qui utilisent les différents procédés de traitement tels que l'osmose inverse, l'électrodialyse, les échangeurs d'ions. Cependant, le traitement par osmose inverse demeure le procédé le plus utilisé en Algérie (fig.II.1).

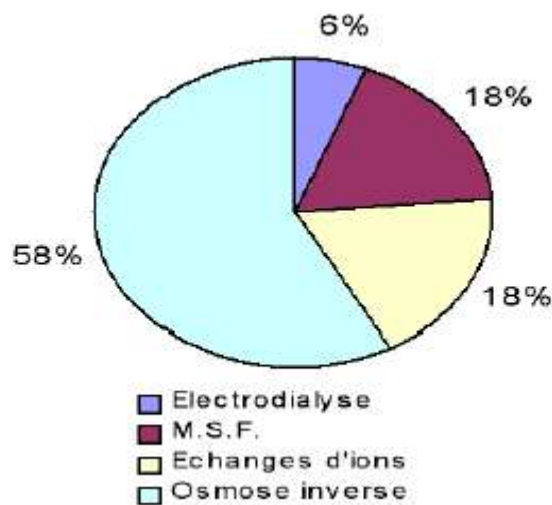


Figure II.1: Procédés et capacité de production respective

II.3. Osmose inverse

L'osmose inverse (OI) : Typiquement utilisée pour le dessalement de l'eau de mer ou la déminéralisation des eaux saumâtres. L'osmose inverse est la plus ancienne des techniques de séparation par membrane. Elle utilise des membranes denses pour retenir la majorité des solutés et ne laisser passer que le solvant (l'eau, en général) (Romdhane, 2014).

L'osmose inverse s'applique à tous les cas où une déminéralisation d'une concentration d'ions ou de molécules organiques sont recherchées, on le trouve dans :

- Déminéralisation des eaux saumâtres.
- Dessalement des eaux de mer.
- Traitement des eaux résiduaires industrielles urbaines.
- Production de chlore et de soude.
- Production d'eau de très haute qualité (eau de chaudière, eaux ultra pures, des industries électroniques, fabrication des semi-conductrices industries photo,

fabrication des produits de beauté, produit pharmaceutiques, industrie nucléaire, et l'eau ultra pure pour les laboratoires et les hôpitaux.

- Récupération des métaux dans le rinçage à l'aval des bains de galvanisation

II.4. Principe de l'osmose inverse

L'osmose un phénomène qui tend à équilibrer la concentration en soluté de part et d'autre d'une membrane semi-perméable. C'est un phénomène naturel, notamment à travers les membranes cellulaires.

Le phénomène d'osmose va se traduire par un flux d'eau dirigé de la solution diluée vers la solution concentrée. Si l'on essaie d'empêcher ce flux d'eau en appliquant une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Il arrivera un moment où la pression appliquée sera telle que le flux d'eau va s'annuler.

Si pour simplifier, on suppose que la solution diluée est de l'eau pure, cette pression d'équilibre est appelée pression osmotique. Une augmentation de la pression au-delà de la pression osmotique va se traduire par un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique (Fig II.2), c'est-à-dire de la solution concentrée vers la solution diluée ; c'est le phénomène d'osmose inverse (Atallah, 2014).

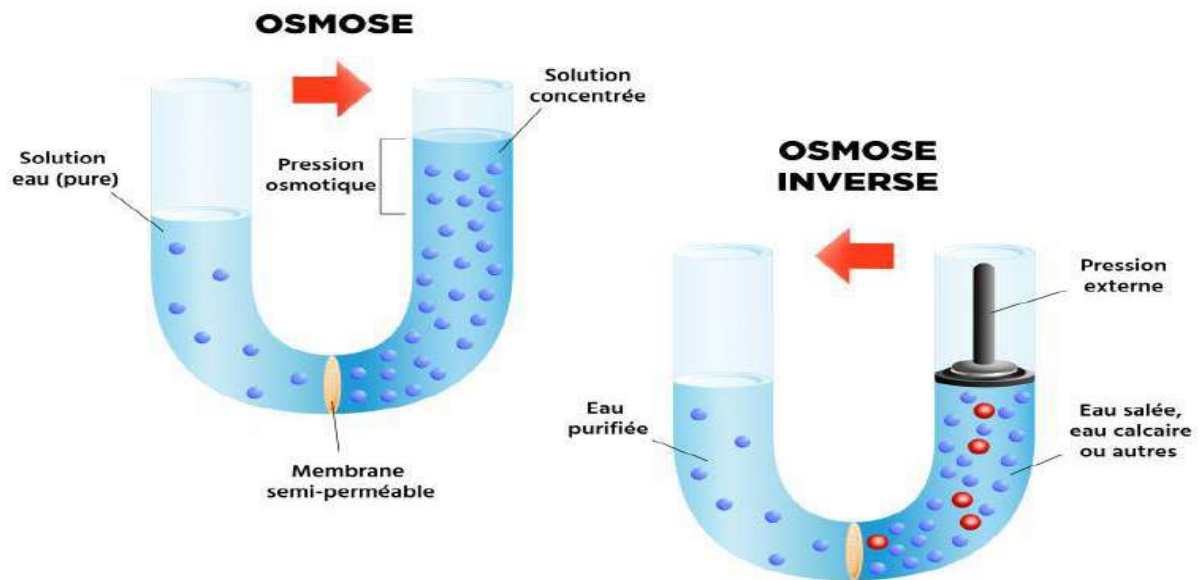


Figure II.2 : Principe des phénomènes d'osmose et d'osmose inverse

Le procédé OI consiste à séparer les substances dissoutes d'une solution salée pressurisée en la faisant diffuser à travers une membrane. En pratique, l'eau d'alimentation est pompée dans une cuve étanche où elle est pressurisée contre la membrane. À mesure qu'une fraction de l'eau

diffuse à travers la membrane, la teneur en sels de la fraction restante augmente. Dans le même temps, une partie de cette eau d'alimentation est rejetée, sans diffuser à travers la membrane. Sans ce rejet régulateur, l'eau d'alimentation pressurisée continuerait à accroître sa concentration en sels, ce qui engendrerait des problèmes tels que la précipitation des sels sursaturés et une pression osmotique accrue à travers la membrane (Romdhane, 2014).

II.5. Eléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse

Un système OI se compose des éléments de base suivants (Fig II.3) :

- Pré-traitement
- Pompes à haute pression
- Unité d'osmose inverse
- Post-traitement

Les unités d'osmose inverse comportent principalement en plus des modules les éléments suivants :

- Une pompe à haute pression (40 à 80 bars) pour l'osmose inverse.
- Un échangeur de chaleur pour maintenir les liquides aux températures souhaitées.
 - Une étape d'élimination préalable des plus grosses particules est toujours nécessaire. (Filtre Multimédia, Cartouche 20 microns, Cartouche 5 microns) (Noureddine, 2008)



Figure II.3 : Schéma simple du procédé d'osmose inverse (Amitouche, 2016).

II.6. Pression osmotique

La pression osmotique (Fig. II.4) peut être calculée par la loi de Van 't Hoff qui exprime que la pression osmotique exercée par un soluté est égale à la pression que ce corps aurait exercé dans l'état gazeux parfait dans le même volume (V) et à la même température (T). Si le soluté est dissocié en i ions, la pression osmotique sera i fois supérieure (Benaissa, 2013).

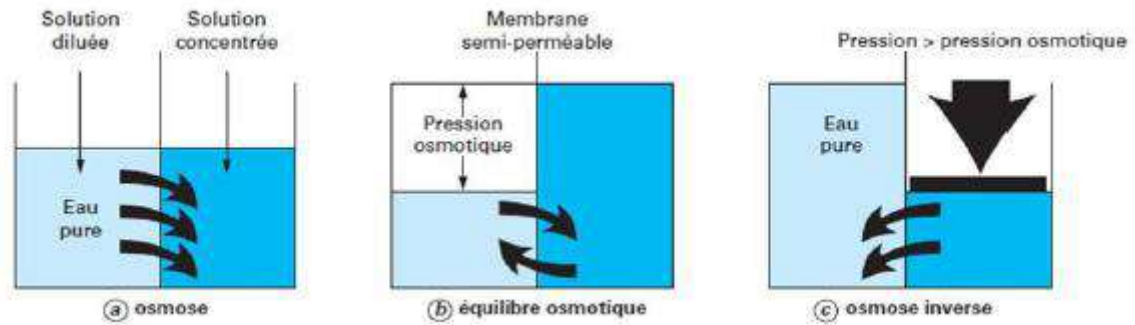


Figure II.4 : Pression osmotiques (Benaissa, 2013)

La pression osmotique d'une solution est reliée à l'activité du solvant par la relation

$$\pi = \frac{RT}{V} \log_e a$$

Π : pression osmotique (bar)

R : concentration des gaz parfaits ($\text{cm}^3 \cdot \text{bar} \cdot \text{k}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$)

T : température thermodynamique (K)

V : volume partiel molaire du solvant ($\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$).

a : activité du solvant

- **Le pompage haut pression**

Avant l'entrée dans les membranes d'O.I, l'eau prétraitée arrive au système de pompage de haute pression généralement entre 55 et 85 bars, en fonction de la température et de la salinité.

II.7. Les modules d'osmose inverse

II.7.1. Définition des modules

Les appareils unitaires de séparation, mettant en œuvre des membranes, sont appelés « cartouches » ou « modules ». Leur conception est différente suivant la forme de la membrane et doit, à la fois, assurer une circulation suffisante à la surface de celle-ci et présenter une bonne compacité. Ils sont aussi conçus en fonction de l'application à venir et doivent satisfaire aux facilités d'exploitation (montage, démontage, nettoyage) (Benaissa, 2013).

II.7.2. Les types de modules

Les modules supportent les membranes. Actuellement quatre types de modules sont commercialisés :

II.7.2.1. Modules spirales

Les modules de type spirales (Figure II.5) sont constitués d'une membrane plane et des espaceurs qui sont enroulés sur un tube destiné à recueillir le perméat, de manière à former des canaux permettant l'écoulement du perméat et de la solution (Lamine et Harikencheikh, 2017).

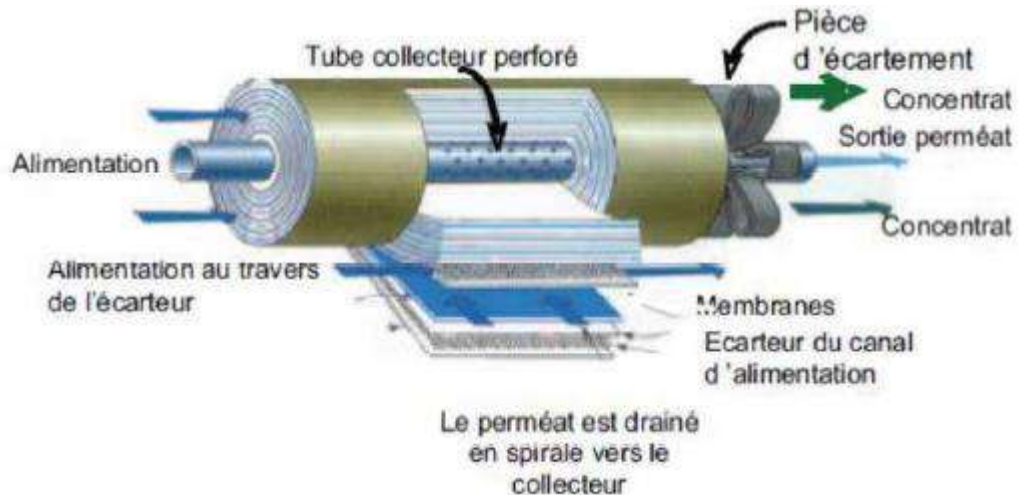


Figure II.5: Module spirale.

II.7.2.2 Les modules tubulaires

Les membranes sont placées ou formées à l'intérieur d'un tube support, poreux ou percé de trous de drainage, et de diamètre variant de 10 à 40 nm (Figure II.6). Ces tubes sont ensuite placés en parallèle ou en série dans une enveloppe cylindrique pour constituer le module unitaire. L'hydrodynamique de l'écoulement est parfaitement défini et des vitesses de circulation pouvant atteindre 6 m.s-1 sont possibles si un régime de forte turbulence est nécessaire. Ces modules ne nécessitent pas de pré filtration fine du liquide à traiter et sont faciles à nettoyer. Leur inconvénient majeur est leur faible compacité et un prix de revient élevé par m2 installé (Takabait, 2012).

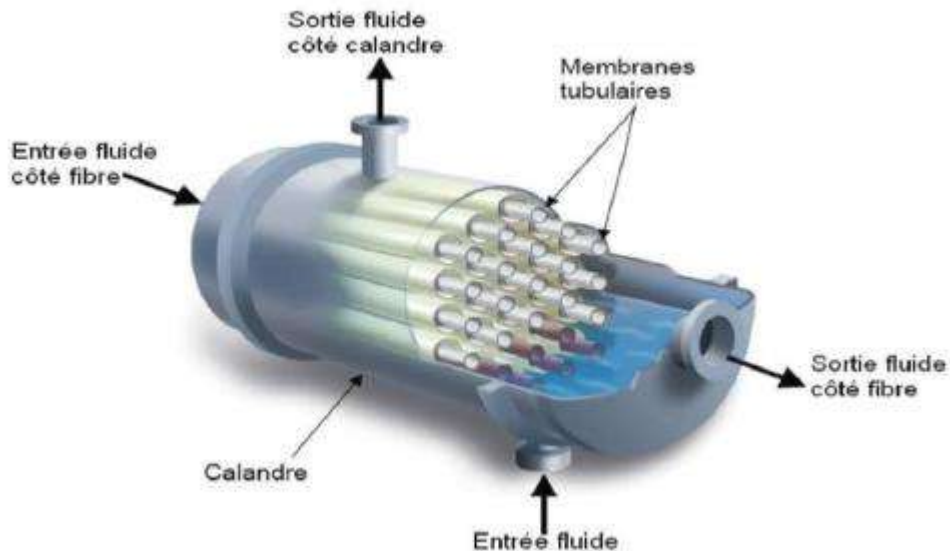


Figure II.6 : Module à membrane tubulaire (Degaa et Tercha, 2019).

II.7.2.3. Les modules à fibres creuses

Ils rassemblent un ensemble de fibres creuses de quelques centimètres à un mètre de longueur et dont l'épaisseur est de l'ordre de 100 à 200 μm en un faisceau de diamètre inférieur à 3 mm. Elles sont assemblées en parallèle selon deux configurations possibles :

- Int-Ext : la solution à traiter circule à l'intérieur des fibres et le perméat est récupéré à l'extérieur des fibres. Il y a écoulement tangentiel. Cette technique est habituellement utilisée lorsque l'on est intéressé par le concentrât.
- Ext- Int : la solution circule à l'extérieur des fibres et le perméat est récupéré à l'intérieur des fibres en mode frontal. Cette technique est habituellement utilisée lorsque l'on est intéressé par le perméat (Alam et Kerroum, 2008).

II.7.2.4. Module plan ou filtre-presse

Cette configuration dérivée des filtres presses est constituée d'un empilement de membranes sous forme de feuilles. Les membranes sont disposées parallèlement les unes aux autres et sont séparées par des grilles ou support (Takabait, 2012).

II.8. Phénomène de colmatage

Le colmatage peut être défini comme l'ensemble des phénomènes qui interviennent dans la modification des propriétés filtrantes d'une membrane, excepté la compaction et la modification chimique. Il s'agit de phénomènes physiques, chimiques, biologiques, se produisant à l'interface membrane-solution ou dans le volume poreux, dont la conséquence est une obstruction des pores entraînant à la fois des variations de perméabilité et de sélectivité (Benaissa, 2013).

Les conséquences du colmatage sont la diminution accentuée du flux de perméat, à cause de la résistance supplémentaire à la filtration, provenant des dépôts résultant d'une augmentation de la concentration (Gâter, 2012).

II.9. Nettoyage des membranes

II.9.1. Les rétro lavages

Les rétro lavages consistent à inverser le sens d'écoulement au travers de la membrane et le gradient de pression de façon à envoyer le perméat au travers de la membrane et ainsi permettre l'évacuation du dépôt et des particules participant au blocage de pores.

Le succès d'une opération de filtration passe par une bonne efficacité des rétro lavages de façon à maintenir une productivité élevée. Ainsi, si les rétro lavages sont généralement réalisés à l'aide du perméat, il est aussi proposé d'utiliser de l'air et du perméat ou encore uniquement de l'air.

Les rétro lavages, quel que soit leur mode de mise en œuvre, ne permettent généralement pas d'assurer la restauration intégrale à long terme de la perméabilité des membranes.

II.9.2. Nettoyages chimiques

Le nettoyage chimique est presque toujours nécessaire si l'on veut que l'installation fonctionne suivant ses performances nominales. La décision d'effectuer un nettoyage chimique d'un module d'osmose inverse peut être liée :

- Soit à une valeur de la perte de charge que l'on s'impose comme maximum à ne pas dépasser ;
- Soit à une valeur du débit de perméat lorsque la diminution atteint 20 à 25% par rapport au débit nominale ;
- Soit à un programme de nettoyage systématique prédéterminé. Ceci est utilisé lorsque l'on a une installation importante qui comporte un nombre élevé de modules. On peut ainsi avoir une partie des modules en nettoyage tandis que le reste assure la production.

II.10. Durée de vie des membranes d'osmose inverse

Il est très difficile de déterminer exactement la durée de vie des membranes d'osmose inverse. En effet, la durée de vie dépend de la nature de la membrane mais aussi de ses conditions d'utilisation, notamment :

- La Pression de fonctionnement ;
- La Température de l'eau ;

- Le pH de l'eau ;
- La qualité du prétraitement.

Enfin, la notion même de la durée de vie d'une membrane n'est pas très nette. Les performances d'une membrane d'osmose inverse évoluent lentement au cours du temps et en général on change les membranes lorsque la qualité du perméat dépasse un certain seuil. Mais pour différentes raisons, l'exploitant peut très bien augmenter la durée de vie des membranes en faisant fonctionner l'installation au-delà de ce seuil (Benaissa, 2013).

II.11. Les avantages et inconvénients de l'osmose inverse

II.11.1. Les avantages

- Un taux de conversion élevé (supérieur à 55%) ;
- Une flexibilité par rapport à la variation de la demande en eau ;
- Une durée de mise en oeuvre réduite.
- Après l'osmose inverse on obtient une eau très pure possédant des mesures bio électroniques parfaites pour la santé, pratiquement identiques qu'à celles des eaux de sources les plus naturelles.
- pH légèrement acide de 6,6 (idéal pour la digestion, l'assimilation des aliments et rééquilibrage de pH du sang généralement trop toxique).
- Résistivité élevée 20000 à 30000 Ohms, ce qui permet une parfaite élimination des toxines par les reins (Si Mohammed, 2013).

II.11.2. Les inconvénients

Malgré les avantages, il y a aussi des inconvénients comme :

- Sensibilité à la variation de la qualité d'eau brute et surtout aux pollutions ;
- Nécessité d'un personnel qualifié ;
- Exploitation relativement difficile surtout au niveau du prétraitement ;
- Un coût de maintenance élevé dû aux frais de renouvellement des membranes d'une durée de vie ne dépassant pas 7 ans à présent.
- ✓ La perte de cinq litres d'eau pour un litre d'eau osmosée car la membrane doit être continuellement nettoyée.
- ✓ Comme l'eau est déminéralisée, elle est parfois agressive et corrosive pour les tuyauteries.

- ✓ L'eau perd tous ses minéraux y compris les minéraux bénéfiques comme certains alcalins, notamment le calcium et le magnésium. Il est donc préférable de reminéraliser l'eau avant de la boire (Hamdaoui, 2016 ; Benaissa, 2013).

II.12. Conclusion

La déminéralisation de l'eau souterraine par osmose inverse est à l'heure actuelle un procédé majeur pour la production d'eau potable dans les pays souffrant d'une pénurie d'eau douce. L'objectif principal de cette technique est l'élimination des sels, des matières organiques et des microorganismes présents dans l'eau souterraine. Les avantages de l'osmose inverse sont sa simplicité de mise en œuvre et son faible coût énergétique.

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CHAPITRE III

PRÉSENTATION DE LA RÉGION ET DES STATIONS D'ÉTUDE

III.1. Introduction

Ce présent chapitre a pour but de donner une description générale sur la région d'étude et les stations de déminéralisation. Ces stations sont dotées d'un système d'osmose inverse assurant la déminéralisation des eaux. Ces stations sont destinées à l'approvisionnement en eau potable de la ville d'Ouargla. Nous allons commencer le chapitre par une présentation de la zone d'étude puis une description des différentes étapes de déminéralisation des eaux au niveau de la station.

III.2. Présentation de la région d'étude

III.2.1. Situation géographique

La Ville de Ouargla est située ou sud-est de l'Algérie, est l'une des grandes villes de Sahara Algérienne, elle est dans une dépression appelée « cuvette de Ouargla ». La cuvette de Ouargla est située au sud de la wilaya, occupant le chef-lieu, ayant une superficie d'environ 99,000 hectares. Elle inclut les agglomérations de Ouargla, N'Goussa, Rouissat, Ain El Beida et Sidi Khoulied. Ses coordonnées géographiques sont : les Longitudes 5°15' et 5°25' Est et les Latitudes 31°55' et 32°00' Nord.

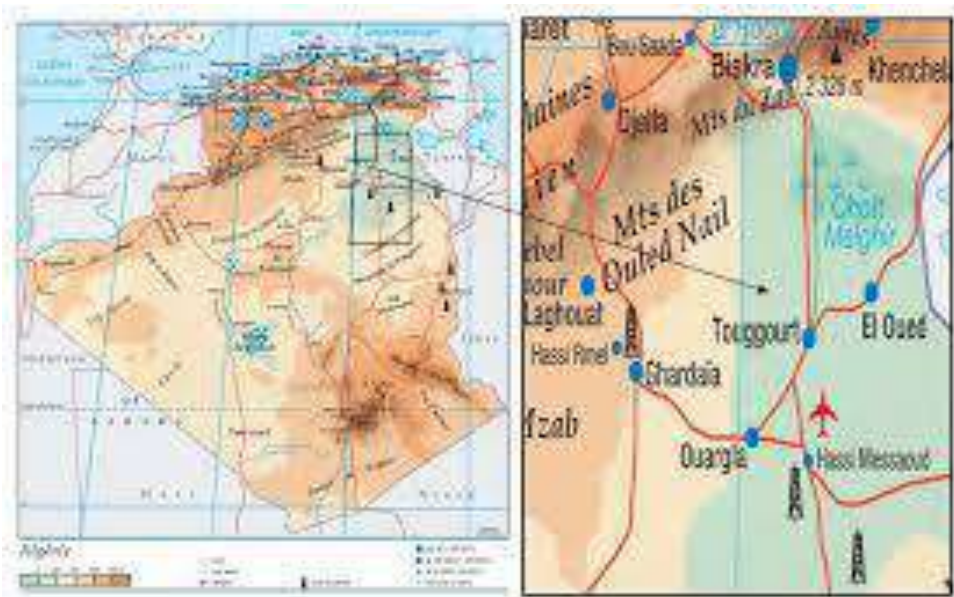


Figure III.01 : Situation générale

La cuvette de Ouargla est limitée :

- Au Nord par Sebkhath Safioune ;
- A l'Est par ergs Touil et Arifdji ;
- Au Sud par les dunes de Sedrata ;
- A l'Ouest par le versant est le dorsal du M'Zab ;

III.2.2. Caractéristique climatique :

La Wilaya de Ouargla est caractérisée par un climat Saharien, avec une pluviométrie très réduite, des températures élevées et une forte évaporation.

III.2.3. Hydrogéologie

Dans les oasis d'Ouargla, il y a des nappes souterraines captives et phréatiques, Donc en peu dire que le grand bassin sédimentaire du Sahara septentrional contient trois principaux aquifères : A la base, se situe la nappe du continental intercalaire qui classe l'un des plus grands réservoirs captifs du monde (CI) (Albien) ; au milieu, se localise la nappe du complexe terminal (CT) (Turonien, la nappe du Sénonien et la nappe du Mio-Pliocène) et au sommet, s'installent les nappes phréatiques (non exploites).

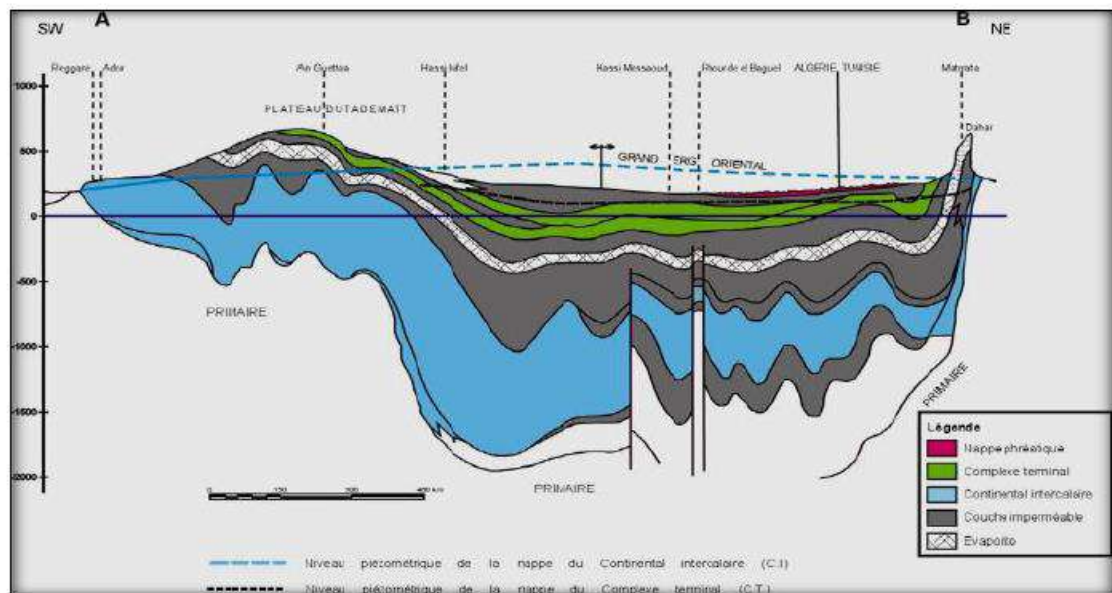


Figure. III. 02 : Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (d'après UNESCO 1972)

III.2. Présentation le projet de déminéralisation à Ouargla

III.2.1. Introduction

En raison de la qualité de l'eau potable qui dépassent la salinité de 3 g / l, provoquant des problèmes au niveau des différents systèmes d'eau dans la ville de Ouargla, il a fallu opter de lancer un Projet intitulé : Etude, réalisation, exploitation et assistance pour la maintenance de neuf stations de déminéralisation d'eau à Ouargla pour rabaisser le taux de salinité à 0,5 g/l et

mettre fin ainsi à la souffrance des citoyens. Dans ce chapitre nous mettons en évidence les spécificités techniques de ce projet

III.2.2. Description du projet

Le projet consiste à réaliser neuf (09) stations de déminéralisation. Chaque station est implantée à l'intérieur d'un complexe hydraulique déjà existant. Les neuf (09) complexes hydrauliques existants sont alimentés à partir de forages, et donnent des eaux d'une salinité d'environ 03 g/l. L'objectif premier de ce projet est d'améliorer la qualité de l'eau potable actuellement déminéralisé à la population de la ville d'Ouargla et d'en réduire la salinité pour la ramener à une valeur inférieure à 0,5 g/l. Les paramètres physicochimiques et bactériologiques seront conformes aux recommandations de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé). Les neuf (09) stations permettront de traiter 70 500 m³/j pour fournir 75% d'eau traitée, soit 52 875 m³/j (ADE, 2016).

III.2.3. Lieu d'implantation des stations

Le projet se compose de neuf stations, dont Sept stations dans la commune de Ouargla, GHERBOUZ, AIN ELKHIR, M'KHADMA, IFRI-GARA, CTE BOUZIDE, BAMENDIL VILLAGE, BAMENDI L'KHEFDJI. et les deux stations restantes dans la commune de Rousset , ELHDEB et ZIAYNA , Comme le montre la fig III.3.(ADE, 2016).

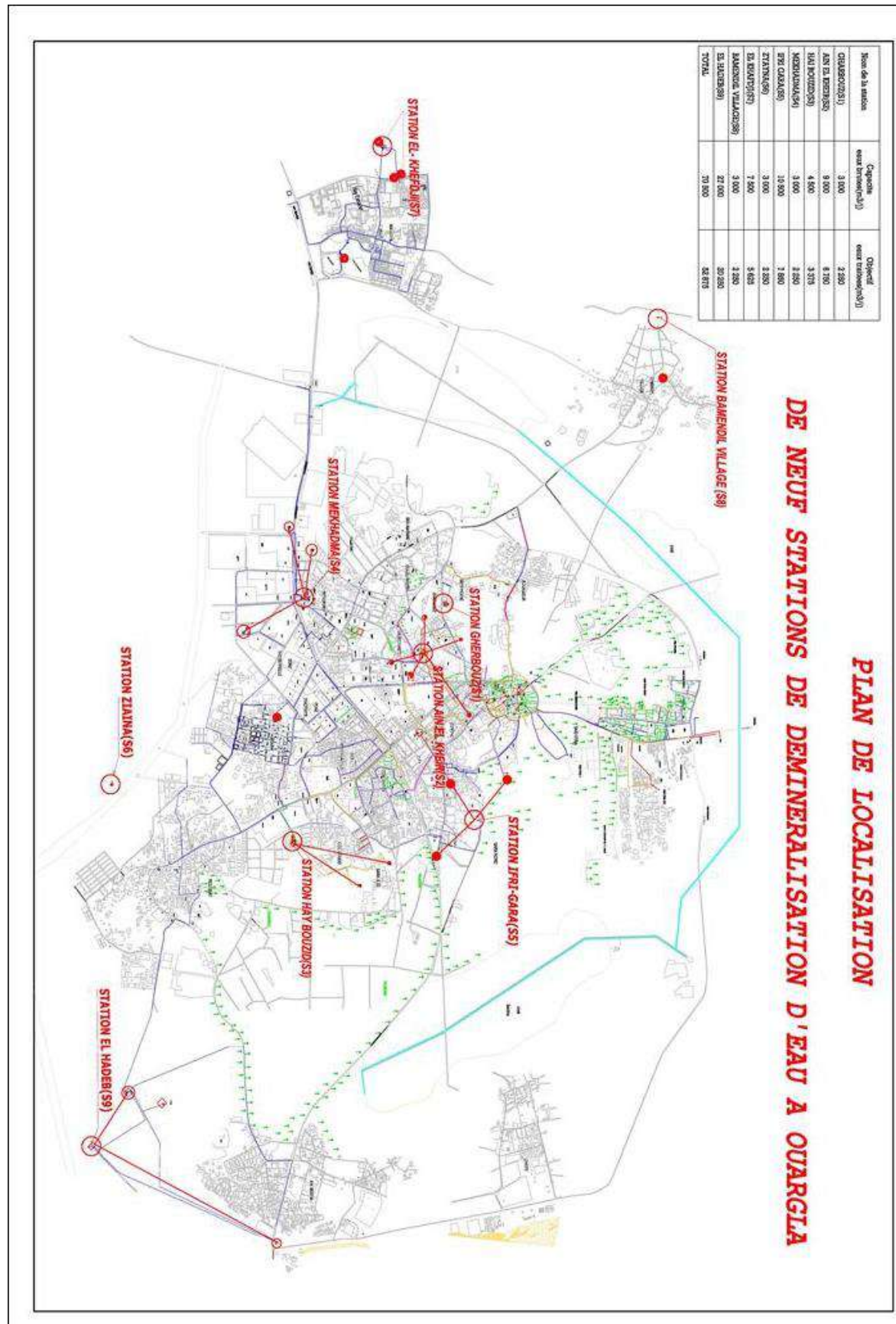


Figure III.3: plan de localisation des Neuf stations avec les forages d'alimentation.

III.2.4. Capacité du projet

La capacité des stations de projet diffère en termes de différences dans la superficie et la capacité des complexes hydrauliques existants. Comme le montre le tableau (8). NB : Le rendement de la station est 75 %. c.à.d. L'eau brute $\times$ 75 % = l'eau traité.

Tableau III.01 : Caractéristiques des stations de déminéralisation des eaux à Ouargla (ADE, 2016).

Nom de la station	Capacité d'eaux brut(m ³ /j)	Objectif d'eaux traitées(m ³ /j)	nbr d'habitant servie moyenne de 150I/J.hab	Forage
GHARBOUZ(S1)	3000	2250	15000	02
AINELKHIR(S2)	9000	6750	45000	05
CITI BOUZID(S3)	4500	3375	22500	03
IFRI-GARA(S4)	10500	7850	52333	04
ZYAYNA(S5)	3000	2250	15000	02 (1albin)
EL KHAFDJI(S6)	7500	5625	37500	03
BAMENDIL(S7)	3000	2250	15000	02
EL HADEB(S8)	27000	20250	135000	03 (1albin)

III.2.5. Impact du projet

- Réduction de la salinité de l'eau (avant le projet $\pm$ 3 g/litre et salinité actuelle <0,5 g/litre).
- Respect des normes de l'organisation mondiale de la santé OMS par rapport aux caractéristiques physicochimiques de l'eau distribuée.
- Amélioration de la qualité de l'eau.
- Diminution et élimination du phénomène d'entartrage des réseaux.
- Créations d'emplois définitifs. (93 emplois) et temporaires (ADE, 2016).

III.3. Description des différentes étapes de processus.

III.3.1. Alimentation depuis les forages :

L'eau brute provient des forages existants et elle est, ensuite, refoulée jusqu'au bassin d'eau brute. Le débit provenant de chaque forage sera ajusté manuellement en agissant sur les vannes y corresponde afin d'avoir un débit total des eaux brutes de $3000\text{m}^3/\text{j}$.

III.3.1.1. Conditionnement d'eau brute.

Un conditionnement par injection d'acide sulfurique de l'eau brute. L'injection se fait par une doseuse à partir d'une station de dosage d'acide.



Figure III.4 : une pompe d'acide sulfurique

III.3.1.2. Préchloration

Une pré chloration est prévu par injection d'eau de javel qui sera mis en service en cas de besoin pour faire un traitement de choc en cas de nécessité pour désinfecter l'installation. L'injection se fait par une pompe doseuse à partir d'une station de dosage d'eau de javel.

III.3.2. Ligne de Production

Les stations de déminéralisation est composée de trois lignes de production indépendantes. Chaque ligne est composée de ce qui suit :

III.3.2.1 Pompe de Gavage

La pompe de gavage est la première étape d'alimentation de la ligne d'osmose inverse, cette pompe est dimensionnée de façon que la ligne fonctionne avec son débit nominal et une pression adéquate pour vaincre les pertes de charges le long du circuit. L'aspiration de la pompe se fait directement du réservoir d'eau brute.



Figure III.5 : La pompe de gavage

III.3.2.2. Filtration sur sable

Une batterie de filtre à sable sous pression (2 filtres par ligne) est prévue pour améliorer l'indice de colmatage, bien que l'eau soit une eau de forage elle est naturellement filtrée. Elle possède des caractéristiques physiques bonne (pas de matières en suspension, une bonne turbidité).

Ces filtres travaillent d'une manière automatique par un jeu de vannes pneumatiques qui s'ouvrent et se ferment suivant le besoin de process.

Le colmatage de ces filtres est contrôlé par la mesure de pression différentielle qui déclenche automatiquement leur lavage en cas où cette pression atteint le point de consigne.



Figure III.6: ligne de filtre à sable

III.3.2.2.1 Lavage des filtres

Le lavage des filtres à sables se fait en plusieurs étapes, les deux étapes importantes sont :

- Brassage avec de l'air

Une soufflante d'air est prévu pour injecter de l'air dans le lit de sable à contre-courant pour fluidiser le lit et faciliter le détachement des matières retenues par le filtre.

- Lavage avec de l'eau

Une pompe de lavage est prévue pour injecter à contre-courant l'eau qui provient du réservoir 40m³, cette eau entraîne les matières retenues sur le lit de sable et l'envoie vers le drainage le lavage s'arrête lorsque l'eau sera limpide. Ce cycle de lavage sera déterminé en phases et en temps lors de mise en service.

III.3.2.3. Acidification

A sa sortie du filtre à sable l'eau sera dirigée vers les étapes de traitement. Une injection d'acide sulfurique pour correction de pH est prévue en cas de nécessité puisque l'eau est déjà acidifiée au début.

L'injection se fait par une pompe doseuse à partir d'une station de dosage d'acide sur la conduite principale de la ligne d'osmose inverse

III.3.2.4 Dosage du séquestrant

Pour protéger les membranes de précipitation des sels, une injection d'antitartre (séquestrant) est prévue

L'injection se fait par une pompe doseuse à partir d'une station de dosage de Séquestrant sur la conduite principale de la ligne d'osmose inverse.



Figure III.7: pompe injection d'antitartre

III.3.2.5. Filtration sur cartouche

Une filtration sur cartouche est prévue afin de mieux protéger les membranes contre les matières en suspension s'ils existent. Les cartouches seront soit thermo soudé soit en fils bobiné avec un seuil de 5 μ . La différence de pression qui sera mesurée sert comme indicatif pour le contrôle du colmatage des filtres.



Figure III.8: les filtre a cartouche

III.3.2.7 Pompage Haute pression

Afin de vaincre la pression osmotique et garantir une production d'eau osmosée, une pompe aspire l'eau à partir des filtres à cartouches et le porte à une pression adéquate pour traverser le train des membranes. Cette augmentation de pression sera régulée de façon à produire la quantité d'eau nécessaire.



Figure III.9: pompe a haute pression

III.3.2.8. Unité d'osmose inverse

III.3.2.8.1 Le premier Etage

Les membranes de l'unité d'osmose inverse sont mises en deux étages de type série rejet pour atteindre un taux de conversion totale de 75%.

Le premier étage comprend 9U (Nbre de membrane) /U 6 mbrn. Tubes de pression qui sont mis en parallèle et reçoit la totalité de débit refoulé par la pompe HP.

Le flux entrant sera divisé en deux flux, eau osmosée ou perméat et eau saumâtre(rejet)

III.3.2.8.2. Deuxième Etage

Le deuxième étage travaille en série avec le premier, il reçoit le rejet du premier étage pour produire encore de l'eau osmosée.

La production du deuxième étage sera regroupée avec la production du premier étage pour donner la production totale de la ligne d'osmose inverse.



Figure III.10: Unité d'osmose inverse

III.3.2.9. Station de rinçage

Après chaque arrêt de la ligne et afin de protéger les membranes d'osmose inverse, une station de rinçage des membranes par de l'eau osmosée est prévue.

L'eau est aspirée à partir de la bache de rinçage et refoulée par la pompe de rinçage sur les membranes pendant un temps bien déterminé pour les laisser imbibées dans l'eau propre.

III.3.2.10. Station de nettoyage chimique

Une station de nettoyage chimique est prévue pour un éventuel nettoyage chimique des membranes en cas de colmatage.

Ce nettoyage se fait à partir d'une bache de préparation de produits chimiques pour un nettoyage soit acide soit basique et avec des pompes prévues pour cet effet.

Le nettoyage se fera lorsqu'on atteint une différence de pression consigne soit pour le premier étage ou pour le deuxième.

III.3.2.11. Eau brute de mélange

L'eau osmosée produite par les trois lignes sera mélangée avec de l'eau brute pour avoir une salinité n'excédant pas les 600ppm, Ces eaux sont stockées dans les réservoirs pour être distribuées vers la ville.

III.3.2.12. Désinfection

L'eau de production qui sera distribuée vers les citoyens sera désinfectée par injection d'eau de javel afin de le rendre potable.

L'injection de l'eau de javel se fait à travers une pompe doseuse à partir d'une station de dosage de javel.

Tableaux III.02 : Points de similitude et points de différence entre les stations de dessalement à Ouargla

Station de dessalement	Les similitudes	Les différences
BAMANDIL	✓ 120m³/h sont traités en deux lignes ✓ Les mêmes étapes de dessalement ✓ Le même nombre de 2filtres à sable 2 ✓ Le même nombre de membranes 9 (6 au-dessus et 3 en dessous) ✓ Production de 75% d'eau osmotique et 15% d'eau salée ✓ Température de l'eau ne dépassant pas 35° ✓ Il existe deux lignes Membrane	✓ Nombre de forage est 2 ✓ Débit de forage 95m³/h
CITE BOUZID	✓ Les mêmes étapes de dessalement ✓ Le même nombre de filtres à sable (2) ✓ Nombre d'unités Membrane 2 ✓ Température de l'eau ne dépassant pas 35° ✓ Il existe deux lignes Membrane	✓ Nombre de forage 3 ✓ Débit de forage 180m³/h en deux lignes ✓ 180m³/h sont traités en deux lignes ✓ Le même nombre de membranes 12 (8 au-dessus et 4 en dessous) ✓ Production de 67.5% d'eau osmotique et 23.5% d'eau salée ✓
ZYAYNA	✓ 120 m³/h sont traités en deux lignes ✓ Les mêmes étapes de dessalement ✓ Le même nombre de filtres à sable 2 ✓ Nombre d'unités Membrane 2 ✓ Le même nombre de membranes 9 (6 au-dessus et 3 en dessous) ✓ Production de 75% d'eau osmotique et 15% d'eau salée ✓ Il existe deux lignes Membrane ✓ Température de l'eau ne dépassant pas 35°	✓ Nombre de forage 1 ✓ Débit de forage 90m³/h ✓ Propriété de refroidissement par eau avant traitement ✓ Température de l'eau 62°
AIN EL KHEIR	✓ 120m³/h sont traités ✓ Les mêmes étapes de dessalement ✓ Le même nombre de filtres à sable (2) ✓ Nombre d'unités Membrane 2 ✓ Il existe deux lignes Membrane ✓ Température de l'eau ne dépassant pas 35°	✓ Nombre de forage est 5 ✓ Débit de forage 92m³/het94 m³/h/74 m³/h 66m³/h ✓ Nombre de membranes 16 (11 au-dessus et 5en dessous)
EL HDEB	✓ Les mêmes étapes de dessalement	✓ Nombre de forage est 3

		✓ Propriété de refroidissement par eau avant traitement ✓ Débit de forage 500/550 m³/h ✓ Nombre de filtres à sable (6) ✓ Nombre d'unités Membrane 3 ✓ Nombre de membranes 48 (32 au dessus et 16 en dessous) Dans une ligne
--	--	--

CHAPITRE IV

MATÉRIEL ET MÉTHODES

IV.1. Introduction

Une eau potable est une eau qui ne provoque pas de risque infectieux ou parasitaire ni de risque due à sa composition chimique. Elle doit être limpide, fraîche et ne contient ni odeur ni saveur. Cependant, les eaux souterraines qui sont considérées comme potables, peuvent contenir des substances minérales ou organiques qui gênent par conséquence leur qualité. Durant ce chapitre, nous allons présenter les différentes caractéristiques des eaux potables organoleptiques, et physico-chimiques.

IV.2. Analyse de l'eau

La période de notre campagne a été pendant les mois de février, mars, avril 2024. Les échantillons à analyser sont relevés de quatre (04) points différents dans les stations de déminéralisation (GHERBOUZE, IFRI, AIN ELKHIR et CITE BOUZID):

Echantillon **(EB)** : est l'eau d'entrée de la station de déminéralisation (eau de forage ou bien eau brute) ;

Echantillon **(EO)** : est l'eau épurée par les membranes d'osmose inverse (eau osmosée) ;

Les analyses physiques à savoir le pH, la conductivité, et le TDS ont été faites au niveau du laboratoire de recherche Génie de l'eau et de l'environnement en milieu Saharien de l'université Kasdi Merbah Ouargla, mais pour les analyses chimiques des anions et des cations ont été prélevés comme des données des fiches d'analyse de l'Algérienne Des Eaux (ADE) de Ouargla et interpréter et comparés avec les exigences de norme Algérienne relative au décret exécutif N° 14-96 pour l'eau destinée à l'alimentation en eau potable.

IV.2.1. Le prélèvement :

Prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate et importante. A savoir le matériel, mode de prélèvement, les volumes adaptés pour chaque type d'analyse.

a. Caractéristique de l'échantillon : Pour faire les analyses et ses résultats seront valables, il faut respecter les conditions suivantes :

- L'échantillon est représentatif
- L'échantillon est homogène
- La technique de prélèvement
- Récipient convenable (matériau, propreté...)
- Marquage de récipient

b. Matériels de l'échantillonnage : Doit faire l'objet d'une attention particulier, l'emploi des bouteilles en polyéthylène rincée suffisamment avec de l'eau du point de prélèvement, le bouchon sera placé de tel façon qu'il n'y ait aucune bulle d'air.

c. Mode de prélèvement :

Il est indispensable de laisser couler l'eau assez longtemps pendant quelque minute avant de prélever l'échantillon pour bien rincer les conduites ; Les flacons seront de nouveau rincés trois fois avec de l'eau à analyser puis remplis jusqu'au bord et en place les bouchons. (RODIER, 1996)

IV.2.2. Paramètres d'analysés

IV.2.2.1. Paramètres organoleptiques

Ces caractéristiques englobent la turbidité, la couleur, l'odeur et le goût. Jadis, lorsque les eaux renferment ces propriétés, elles sont considérées comme potables.

- **La Turbidité**

La turbidité de l'eau est liée à sa transparence. Elle donne une idée de la teneur en matière en suspension. Une eau dont la turbidité est inférieure à 5 unités néphélométrie (UNT) est généralement jugée acceptable pour la consommation. La turbidité de l'eau est mesurée à l'aide d'un Turbidimètre marque HACH 2100Q (Figure IV.1).



Figure IV.1 : Appareil de mesure de la turbidité (HACH 2100Q)

IV.2.2.2. Paramètres physiques :

- **Le pH :**

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques, et dépend de facteurs multiples,

dont la température et l'origine de l'eau, il représente une indication importante en ce qui concerne l'agressivité de l'eau (aptitude à dissoudre le calcaire).

- **La conductivité électrique :**

La conductivité représente l'un des moyens de valider les analyses physicochimiques de l'eau, en effet des contrastes de conductivité mesurés sur un milieu permettent de mettre en évidence des pollutions, des zones de mélange ou d'infiltration... (Pescod, 1985 ; Rodier, 1984).

- **Le taux des sel dissous TDS :**

Le TDS désigne la quantité de sels dissous dans un liquide, notamment l'eau qui est un puissant solvant pour de nombreux minéraux. Il ne faut pas confondre le TDS avec la dureté de l'eau qui est relative à son dosage en calcium et magnésium.

Le pH, conductivité, et TDS (les solides dissous totaux) des solutions sont effectuée à l'aide d'un appareil de mesure multi-paramètre portatif du type HI 9829 (Fig.IV.2).



Figure IV.2. Multi paramètre portatif, type HI 9829

IV.2.2.3. Paramètres chimiques :

L'analyse chimique de l'eau doit être conditionnelle et soumis à des tests qui confirment que les résultats sont justes et fiable à savoir le calcul de la balance ionique (la différence entre la somme des ions positifs et négatifs).

- **Dureté Totale (TH)**

La dureté de l'eau ou l'hydrométrie est une mesure globale de la concentration en sels (de calcium et de magnésium) dissous dans l'eau. On a calculé par la méthode de titrage par EDTA.

- **Titre alcalimétrique complet (TAC)**

Le titre alcalimétrique complet (TAC) correspond à la somme des teneurs en ions hydroxyde, bicarbonate et carbonate exprimé en degré français (°F). On a calculé par la méthode de titrage par acide sulfurique

- **Mesure des actions et des anions :**

Les résultats des analyses d'eau des actions et des anions ont été donnés par laboratoire central de l'Algérie Des Eaux.

1. Calcium Ca^{2+} Considéré comme un élément essentiel (99% dans le squelette), le calcium doit être fourni au corps humain à raison de 0.7 à 2 g/j. Des concentrations élevées dans l'eau ne présentent pas de danger pour la santé

2. Magnésium Mg^{2+} Le magnésium est l'un des éléments les plus répandus dans la nature, il constitue environ 2.1% de l'écorce terrestre. Il constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. A partir d'une concentration de 100mg/l et pour des sujets sensibles, le magnésium donne un goût désagréable à l'eau.

3. Bicarbonates HCO^{3-} Les bicarbonates résultent de la dissolution de carbonate de calcium ou suite à l'hydrolyse de CO_2 .

4. Chlorures Cl^- Ils sont très répandus dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl), et de calcium (CaCl_2). On a calculé par la méthode de titrage par nitrate d'argent

5. Sodium Na^+ Pour le sodium contenu dans les eaux de boisson, il faut souligner que les valeurs limites varient en fonction de ressources disponibles et des habitudes alimentaires.

6 - Sulfates SO_4^{2-} La teneur en sulfate (SO_4^{2-}) dans l'eau est liée aux composés alcalins de la minéralisation. Selon l'intolérance des consommateurs.

7. Potassium K^+ La teneur du potassium dans les eaux naturelles est de l'ordre de 10 à 15mg/l à une telle valeur, le potassium ne présente pas d'inconvénients pour la santé des individus.

Pour la mesure des sulfates, Sodium, Potassium on utilise un appareil de mesure spectrophotomètre de paillasse DR3900 (Fig IV.3).



Figure IV.3 : Spectrophotomètre de paillasse DR3900

IV.3. Normes de potabilité :

Les normes définissant une eau potable sont variables suivant la législation en vigueur, qui permet de protéger les personnes dont la santé est les plus fragiles. Ces normes ne sont pas définitives, étant donné que le déversement des eaux usées industrielles augmente la quantité et la diversité des produits toxiques présents dans une eau. Aujourd'hui on mesure plutôt les caractéristiques les plus appropriées et on les compare à des normes nationale (Algérienne) ou mondiale (OMS).

Tableau IV. 01. Normes d'eau potable selon l'Algérie et selon l'OMS (ADE, 2016).

Paramètre	Unité	Norme algérienne	Norme de L'OMS
pH	/	6.5-9	6.5-9.2
Température	C°	25	/
Conductivité	μS/cm	2800	/
Résidus sec à 180°C	mg/l	770	1500
Turbidité	NTU	1.02	5
Dureté (TH)	mg/l	500	500
Calcium	mg/l	200	/
Magnésium	mg/l	150	150
Sodium	mg/l	200	/
Potassium	mg/l	12	/
SULFAT	mg/l	400	250
Chlorure	mg/l	500	250

Nitrate	mg/l	50	50
Nitrite	mg/l	0.2	0.1
Aluminium	mg/l	0.2	0.2
Phosphate	mg/l	5	0.5
Ammonium	mg/l	0.5	/
Matières organique	mg/l	3	/
Métaux lourds	mg/l	0.3	/
Fer	mg/l	0.3	0.3
Manganèse	mg/l	0.5	0.1

IV.4. Calcul du rendement :

On calcule le rendement pour et le comparer aux paramètres analysés et se calcule comme suit :

$$R\% = (\text{Eau brut} - \text{Eau osmosée}) / (\text{Eau brut}) * 100 \dots\dots(1)$$

IV.5. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons discuté des généralités sur l'eau potable et ses propriétés, type de pollution de l'eau potable et les facteurs physiques et chimiques de l'eau potable

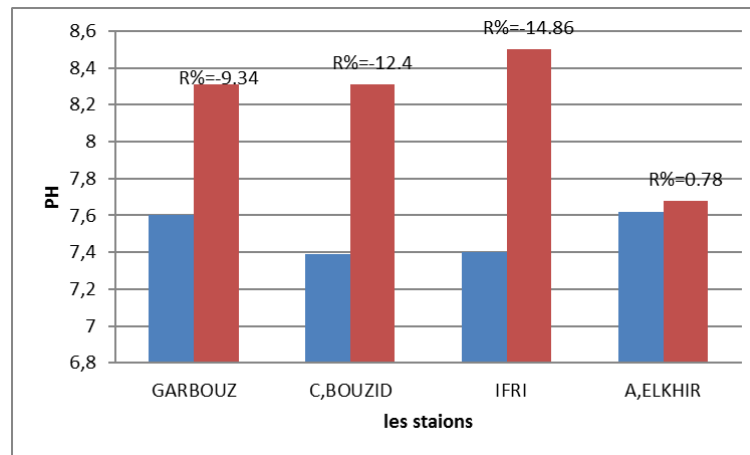
CHAPITRE V

RÉSULTATS ET DISCUSSION

V.1. Résultats du suivi des paramètres physico-chimiques

V.1.1. Evolution du pH

Les mesures du pH moyenne pendant les trois mois février, mars, avril 2024 des différentes eaux analysées, sont montrés dans la figure suivante.



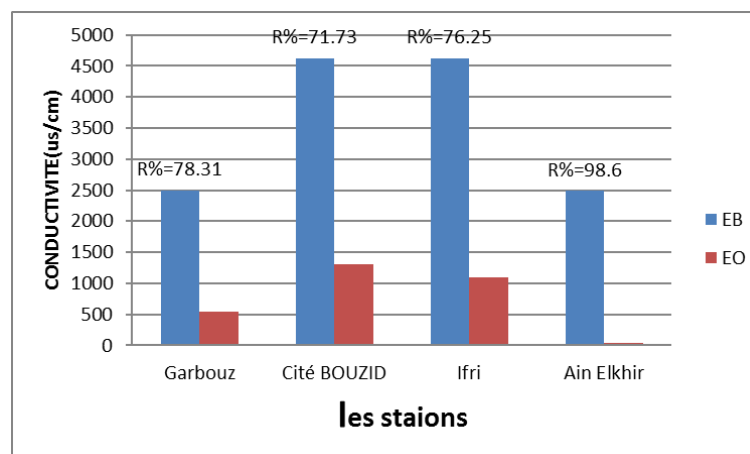
EB : Eau Brute ; EO : Eau Osmosée ; R% : rendement.

Figure V.1 : Variation des valeurs et le rendement de pH

Selon les résultats présentés par la figure VI.01, nous pouvons constater que le pH de l'eau brute est relativement proche de la neutralité, les valeurs du pH obtenues varient entre 7,39 et 7,62 puis commence à augmenter après avoir traversé les différentes étapes déminéralisation, est les deux valeurs (brute et osmosée) répond aux normes algérienne (6,5 _ 9).

V.1.2. Variation de la conductivité

La conductivité est l'une des paramètres le plus importante de la qualité de l'eau déminéralisé.



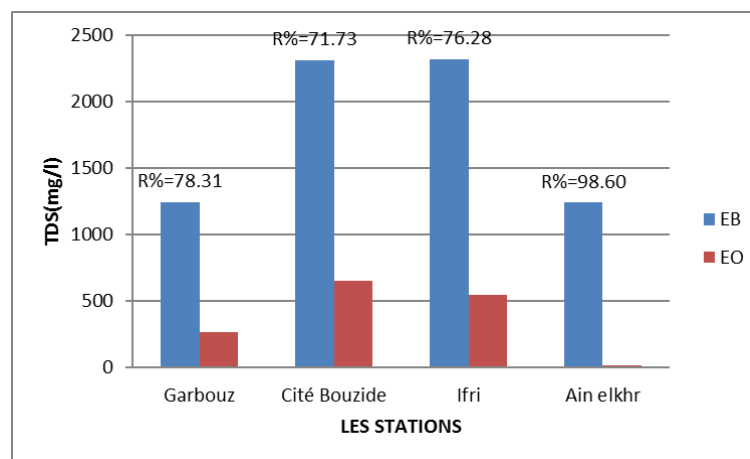
EB : Eau Brute ; EO : Eau Osmosée ; R% : rendement.

Figure V .2 : Variation des valeurs et le rendement de la conductivité

Le suivi de l'évolution de la conductivité électrique de l'eau (Figure V.2) a permis de constater que des quatre stations sont élevées et dépassent la norme de potabilité ($2800 \mu\text{S}/\text{cm}$) pour l'eau brute, et après l'étape de filtre à sable, elle reste presque inchangeable (JORA, 2014).. Après le passage par les membranes de l'osmose inverse, la conductivité de cette eau varie entre 34.5 et $1306 \mu\text{S}/\text{cm}$. C'est une valeur qui est largement inférieure à la norme de potabilité ($2800 \mu\text{S}/\text{cm}$). Ces résultats confirment effectivement le rôle important que jouent les membranes d'osmose inverse ainsi que leurs efficacités dans la séparation des ions minérales de l'eau. La diminution de la valeur de la conductivité dans l'eau osmosée est causée par l'abaissement de concentration des ions et des cations dans l'eau lors de son passage à travers les membranes.

On remarque que la conductivité dans la station de Ain Elkhir est inférieure à la conductivité de Gharbouz, Ziaina et Bamandil Cela est dû à la nature du la nappe captée et l'efficacité du traitement osmosé, comme le montre le rendement : 98.6%.

V.1.3. Solides dissous totaux (TDS)



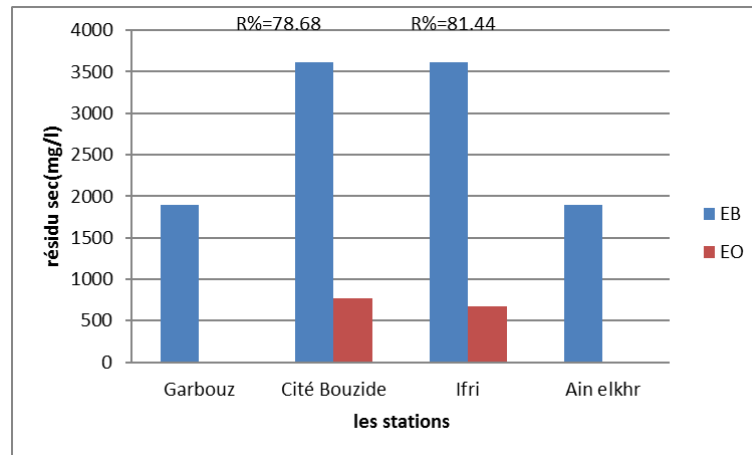
EB : Eau Brute ; EO : Eau Osmosée ; R% : rendement.

Figure V .3 : Variation des valeurs et le rendement de TDS

D'après le graphique, on constate que la station de déminéralisation à purifier presque la quasi-totalité de minéraux et solides dissouts (TDS) dans l'eau après avoir traversé les membranes d'osmose inverse, parce que ces derniers sont responsables de la forte concentration de TDS. On conclut que l'osmose inverse a un grand rôle dans l'enlèvement de TDS.

V.1.4. Résidu sec :

Les mesures résidu sec des différentes eaux analysées pendant les trois mois sont présentées dans la figure V.4.

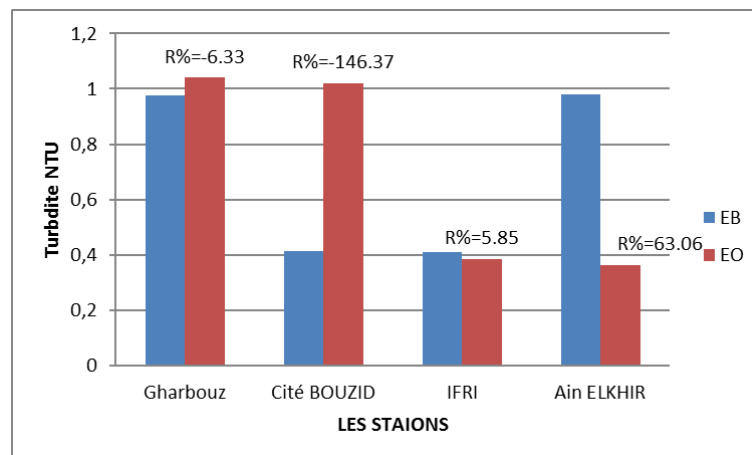


EB : Eau Brute ; EO : Eau Osmosée ; R% : rendement.

Figure V .4 : Variation des valeurs et le rendement de résidu sec

Les résultats obtenus montrent des valeurs élevées de la tenue de résidu sec dans l'eau brute, et après l'étape d'osmose inverse elle a subi une diminution remarquable. On remarque une élimination totale des résidus sec dans les stations de Gharbouze et Ain Elkhir.

V.1.5. Evolution de la turbidité

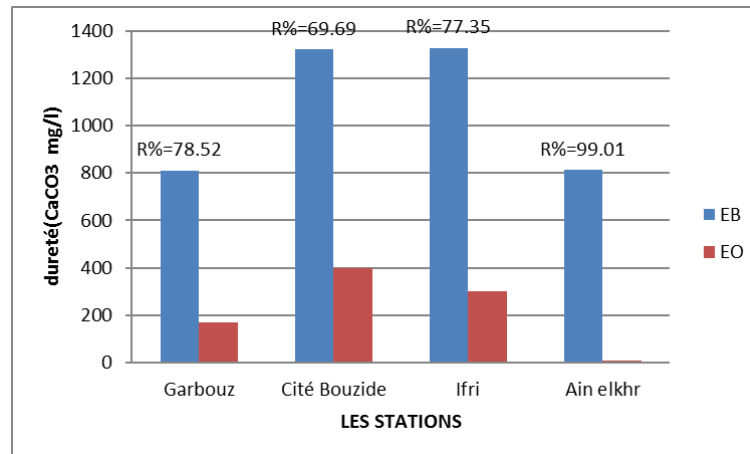


EB : Eau Brute ; EO : Eau Osmosée ; R% : rendement.

Figure V .5: Variation des valeurs et le rendement de la turbidité

Selon les résultats d'analyse (Fig V.5) la turbidité de l'eau brute, filtrée (sur filtre à sable puis sur filtre à cartouches) et traitée par osmose inverse est conforme à la norme de potabilité (JORA, 2014) et est largement inférieure à 5 NTU (norme algérienne). On peut observer que les valeurs de la turbidité fluctuent considérablement autour de deux valeurs extrêmes estimées à 0.362 et 1.04 NTU. On remarque une augmentation de turbidité aux stations de Gherbouz et Cité Bouzid.

V.1.6. Variation de la dureté totale (TH)

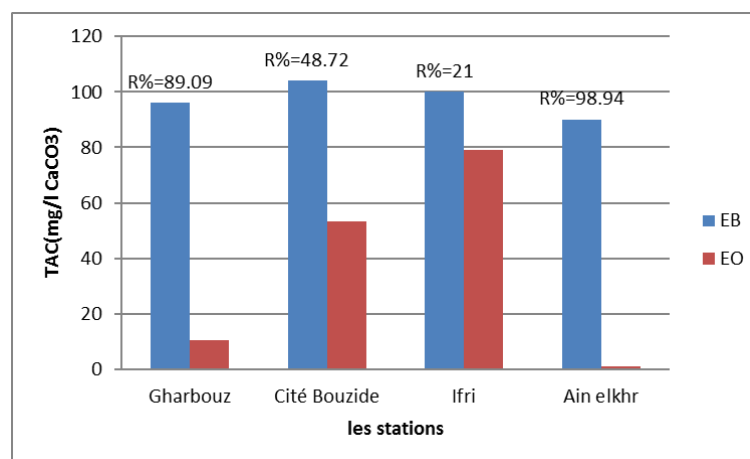


EB : Eau Brute ; EO : Eau Osmosée ; R% : rendement.

Figure V.6 : Variation des valeurs et le rendement de TH

À l'entrée de la station, la valeur de la dureté totale ($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$) dans l'eau brute atteint (810-1325 mg/L en CaCO_3). Cette lecture est largement supérieure à la dureté admissible pour les eaux potables (500 mg/L). À partir des données des eaux analysées, nous constatons que les taux de dureté totale diminuent progressivement dans la station de traitement jusqu'à une valeur aux alentours de 08 à 400 mg/L en CaCO_3 pour l'eau osmosée. Il semble que l'élimination de la dureté dans la station par osmose inverse est très efficace (69,69-99%).

V.1.7. Variation des titres alcalimétrique complet TAC :



EB : Eau Brute ; EO : Eau Osmosée ; R% : rendement.

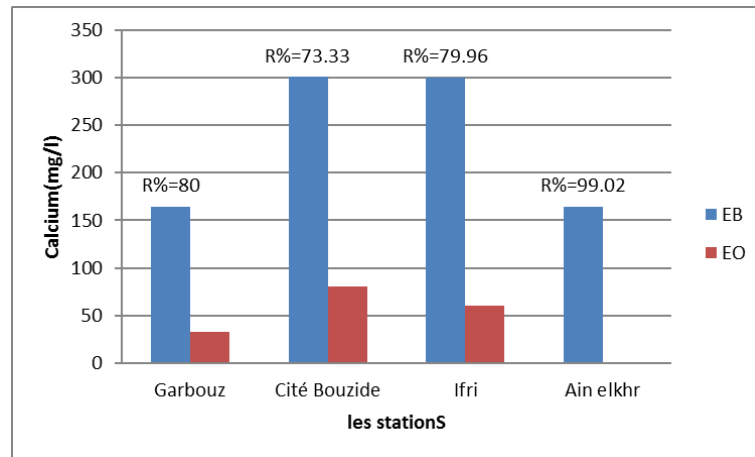
Figure V.7 : Variation des valeurs et le rendement de TAC

À l'entrée de la station, la valeur de la TAC dans l'eau brute atteint (30-104 mg/L en CaCO_3), nous constatons que les taux de dureté totale diminuent progressivement dans la station de traitement jusqu'à une valeur aux alentours de 0.95 à 79 mg/L en CaCO_3 pour l'eau osmosée.

Il semble que l'élimination de la dureté dans la station par osmose inverse est très efficace (21-98,44%).

V.1.8. Variation des cations et des anions :

V.1.8.1. Variation de la teneur des ions calcium (Ca^{2+})

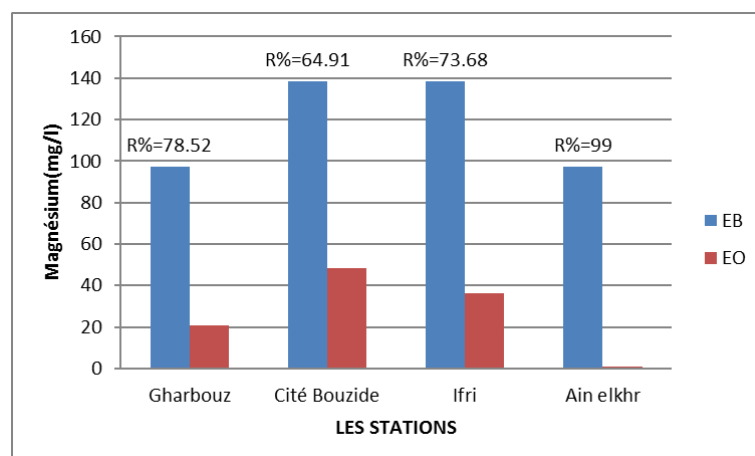


EB : Eau Brute ; EO : Eau Osmosée ; R% : rendement.

Figure V .8 : Variation des valeurs et le rendement de calcium

À l'entrée de la station, la concentration de calcium dans l'eau brute atteint entre 164.3 et 300.6 mg/L. Le suivi de cette teneur à la sortie de l'OI montre que le traitement entraîne un abaissement de la concentration en calcium < 200 mg/L ($<$ norme de potabilité), atteindre jusqu'à 1.6 mg/L (station Ain Elkhir de 99,02%).

V.1.8.2. Variation de la teneur des ions magnésium (Mg^{2+})



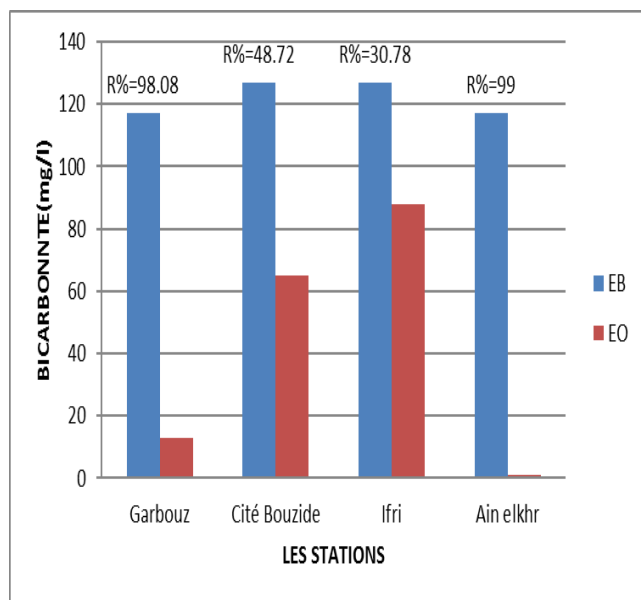
EB : Eau Brute ; EO : Eau Osmosée ; R% : rendement.

Figure V .9 : Variation des valeurs et le rendement de magnésium

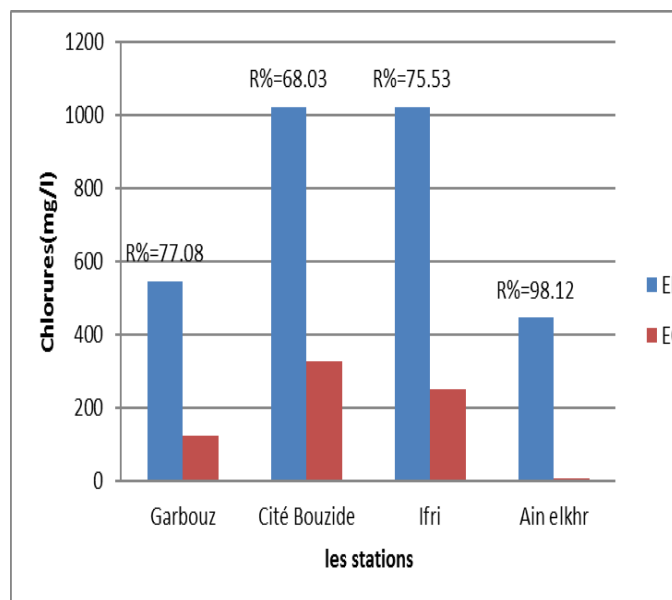
À l'entrée de la station, la concentration de magnésium dans l'eau brute atteint (97,3 -138.5 mg/L). À la sortie de la station, les teneurs en magnésium pour les quatre stations varient entre

0,9 et 48,61 mg/L. Donc elles sont inférieures à la norme de potabilité (150 mg/L). On conclut de cela que la performance des stations de déminéralisation est très efficace (64.91-99%).

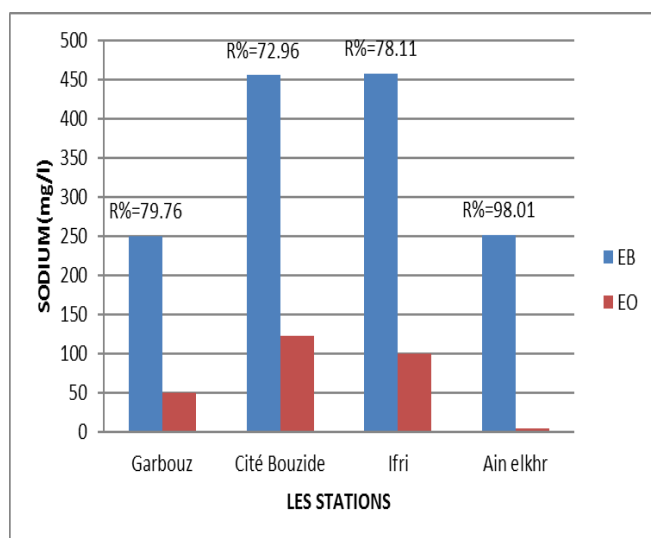
V.1.8.3. Les autre cations et anions



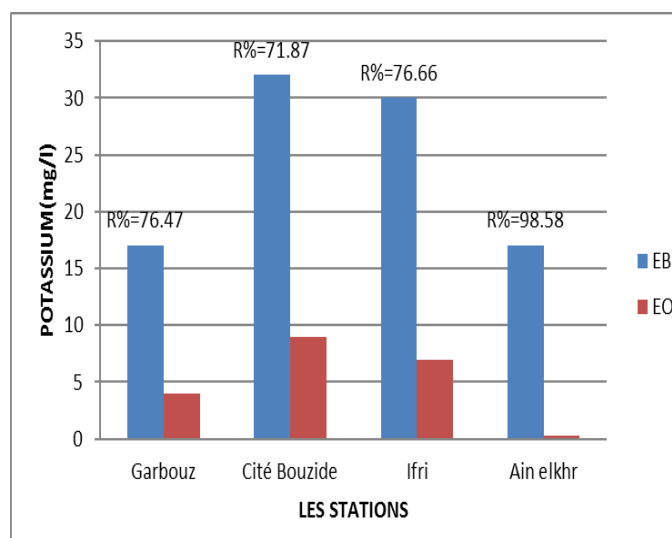
**FigV.10 Variation de la teneur des ions
Bicarbonates HCO_3^-**



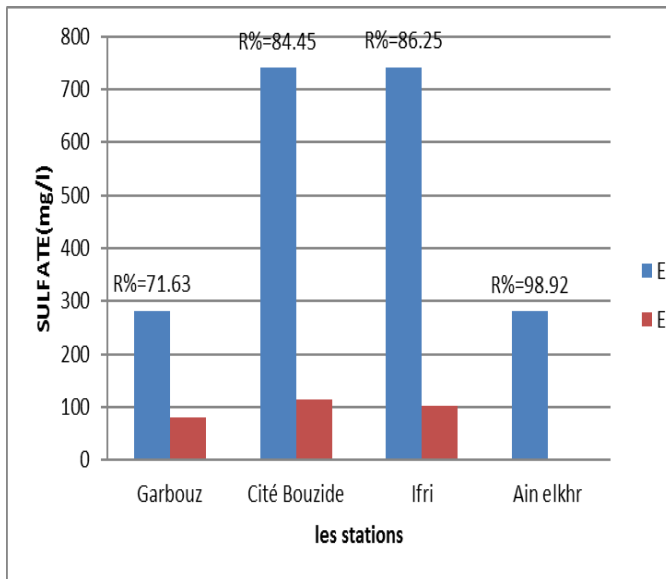
**Fig V .11 Variation de la teneur des ions
Chlorures Cl^-**



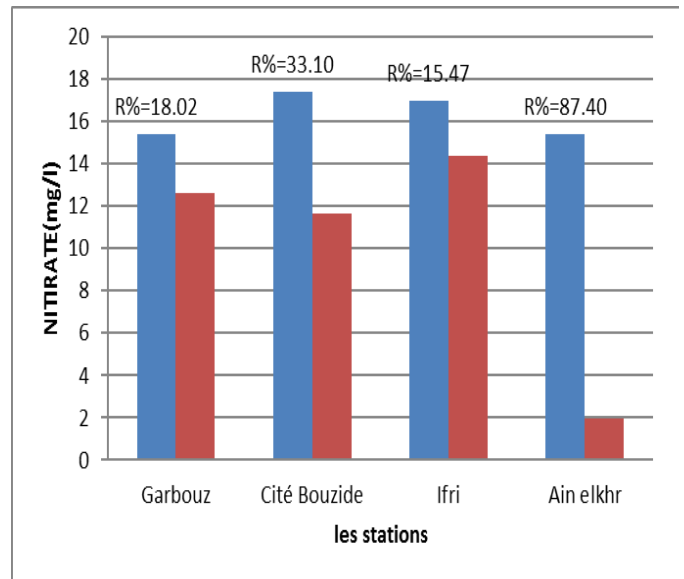
**Fig V.12 Variation de la teneur des ions
Sodium Na^+**



**FigV.13 Variation de la teneur des ions
Potassium K^+**



FigV.14 Variation de la teneur des ions sulfates (SO_4^{2-})



FigV.15 Variation de la teneur des ions nitrates (NO_3^-)

A partir des résultats présentés dans les figures V.10, V.11, V.12, V.13, V.14, V.15 nous pouvons constater que la teneur en ions est élevée dans l'eau brute, ces résultats montrent qu'après traitement de ces eaux par OI on arrive à éliminer une forte teneur de ces ions de HCO_3^- , Cl^- , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , et NO_3^- . Ainsi, on peut dire que le procédé d'osmose inverse est très efficace, surtout à la station de Ain elkhire. Par ailleurs, ces teneurs sont largement supérieures à la concentration admissible pour les eaux potables ($\text{Cl}^- < 500 \text{ mg/L}$, $\text{Na}^+ < 200 \text{ mg/L}$, $\text{K}^+ < 12 \text{ mg/L}$, $\text{SO}_4^{2-} < 400 \text{ mg/L}$, et $\text{NO}_3^- < 50 \text{ mg/L}$).

Pratiquement dans toutes ces stations de dessalement sont mélangés ce l'eau osmosé avec l'eau brute par 75% (ne dépassent pas les normes de potabilité des eaux), pour améliorer la qualité minérale de l'eau de boissons.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

A L'issue de cette étude, nous pouvons conclure beaucoup des choses :

Les eaux de la région de Ouargla sont des eaux légèrement saumâtres, dure et de qualité médiocre à mauvaise, et ceci nous ramène à penser à la nécessité de procéder au dessalement et la réalisation des stations des traitements.

Dans notre région, le procédé utiliser est celui de déminéralisation par 'osmose inverse. A l'aide de ce procédé, on obtient une eau très déminéraliser et cela revient de la sélectivité de membrane d'osmose inverse qu'il s'agit d'un fort taux de rétention pour tous les sels.

L'eau osmosée est nettement en dessous des critères de potabilités d'une eau de consommation humain sur le plan physico-chimique, une ré-minéralisation est indispensable pour obtenir une eau qui répond au goût agréable des consommateurs toujours en respectant les normes.

Notre étude nous a permis de conclure aussi que le changement de la nappe captée affecte les rendements dans les différentes stations et les différents paramètres mesurés. Le rendement global était le plus important dans le cas de la station de AIN ELKHIR, et ceci en élimination des ions.

Pour une bonne maîtrise de l'exploitation de ces stations et une maintenance correcte des installations de dessalement, on propose que les institutions, les universités, et les centres de recherches posent un programme de recherche pour apporter des solutions aux problèmes des techniques au dessalement, parce que le rejet des eaux salées après déminéralisation affecte les conduites de réseau d'assainissement et par conséquence l'environnement. Et de trouvé des autres méthodes de minimisé les minéraux a partie des filtres d'osmose inverse (exactement aux normes de potabilité), et son perd d'énergie.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- [1] **ADE (2016)** Étude, réalisation, exploitation et assistance pour la maintenance de neuf stations de déminéralisation d'eau à OUARGLA projets.
- [2] **Allgeier S. (2001)**. Overview of regulatory issues facing microfiltration and ultrafiltration, Proceedings of the 2001 Membrane Technology Conference of the American Water Works Association, San-Antonio, Texas, USA.
- [3] **Amitouche M. (2016)**. Impacts des rejets des stations de dessalement sur le milieu récepteur, Thèse de doctorat en Hydraulique, Université Mohamed Khider – Biskra.
- [4] **Aroura A. (1997)**. L'homme et son milieu. Ed 531/77 .135p
- [5] **Belmabdi.A.(2016)** Cour de procédés membranaires. Univ. Ouargla
- [6] **Bouchard, C., Kouadio, P., Ellis, D., Rahni, M., Lebrun, R.E. (2000)** Les procédés à membranes et leurs applications en production d'eau potable, Vecteur Environnement ; 33 :4 :28-38.
- [7] **Takabait, F. (2012)**. Traitement de l'Eau de Forage par Osmose Inverse au Niveau du Complexe Agroalimentaire Cevital. Mémoire de master en chimie, option analyse, Université A. MIRA - Bejaïa.
- [8] **Benaissa F.Z. (2013)**. Etude sur le procédé d'osmose inverse pour le dessalement des eaux faiblement saumâtres, Mémoire de master master en Hydraulique, option : Technologies de Traitement des Eaux, Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen.
- [9] **Benarous Aida ,Sayeh Khaira ; (2011)** ; Impact de l'utilisation de l'huile de cade sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine ; mémoire de fin d'études.
- [10] **Chelgham Maamar ;** Etude de la Qualité des eaux potable produite par la station de déminéralisation de GHARBOUZ à la ville de Ouargla.
- [11] **FNDAE ,2002** Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau document technique N°14 Fonds National Pour Le Développement Des Adductions D'eau p71.
- [12] **Kehal S. (2000)**. Rétrospective et perspectives du dessalement en Algérie. Desalination, 136(2001), 35-42
- [13] **Lamine N., Harikencheikh I. (2017)**. Diagnostique et amélioration du fonctionnement de la station de dessalement de Tizirt. Mémoire de master en sciences agronomique, option : Traitement Et Valorisation Des Ressources Hydriques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

- [14] **Maurel A** (1993), Techniques séparatives à membranes : osmose inverse, nanofiltration, ultrafiltration, microfiltration tangentielle – Considérations théoriques, in Techniques de l'Ingénieur, p.p. 1-24.
- [15] **Mehdi Metaiche** ; (2006) ; Optimisation des systèmes de dessalement par osmose inverse : conception, paramètres de fonctionnement et simulation numérique. Université de Blida.
- [16] **Moudjeb Miloud** ; (2016) ; Etude de la station de dessalement de Mostaganem ; Univ Mohamed Boudiaf Oran ;
- [17] **Nouredine N. (2008)**. Etude d'impact des rejets des déminéralisations de Brédeah sur L'environnement, Mémoire de Master en Sécurité Industrielle et Environnement, Université Es-Sénia –Oran, Algérie.
- [18] **Rodier J.** (1984). L'analyse de l'eau : l'eau naturelle, eau résiduaire, eaux de mer. 8ème Ed., Dunod, Paris.1365p
- [19] **Romdhane A. (2014)**. Procédés de séparation membranaire pour la production en continu de nanocristaux de polysaccharides : approche expérimentale et modélisation, Thèse de doctorat en Mécanique des Fluides, Énergétique, Procédés. Université de Grenoble.
- [20] **Rouvilois – Brigol.,**1975. Le pays de Ouargla (Sahara Algérien). Variation et organisation d'un espace rural en milieu désertique. Ed département géographique Univ, Sorbonne. Paris. Tome 2. 316 p.
- [21] **Soro D. (2012)**. Couplage de procédés membranaires pour la clarification et la concentration du jus de pomme de cajou : performances et impacts sur la qualité des produits, Thèse de doctorat en Génie des procédés, Université De Montpellier SupAgro.
- [22] **Tahri T., Bettahar A., Douani M., AbdulWaha S., AlHinai H., AlMulla Y.** (2010). Dessalement de l'eau de mer par l'énergie solaire en vue de l'irrigation d'une serre agricole.
- [23] **Violleau V. (1999)**. Déminéralisation par électrodialyse en présence d'un complexant application au lactosérum, Thèse de doctorat en Sciences des Agro-ressources, Université de Toulouse.

ANNEXE

1/Station de dessalement de GHERBOUZ



Figurer 1 Image prise par satellite



Figurer 2 Construire le traitement de l'extérieur



Figurer 3 Construire la guérison de l'intérieur filtres à sable et le membranes



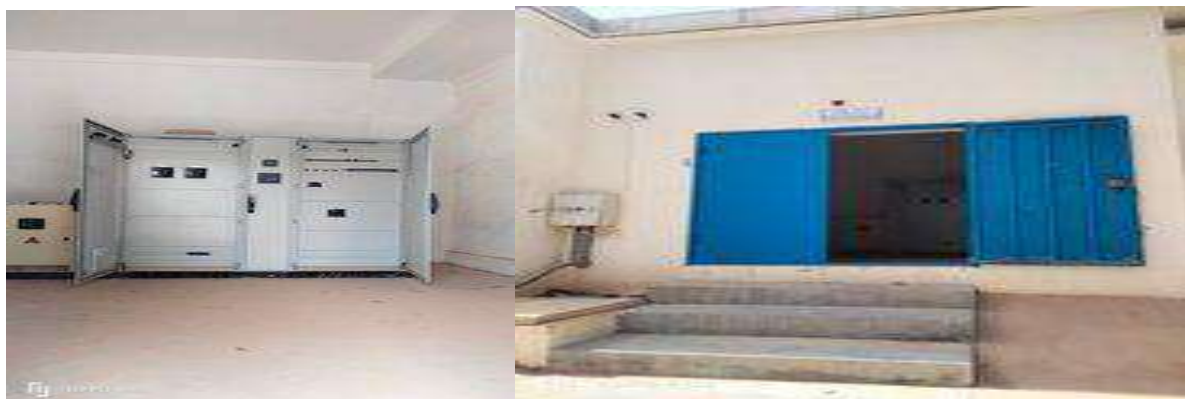
Figurer 4 Bâtiment de chloration de l'extérieur



Figurer 5 Bâtiment de chloration de l'intérieur Et des réservoirs pour chlore liquide et solide



Figurer 6 Bâtiment de Laboratoire d'analyse à la station de GHARBOUZ



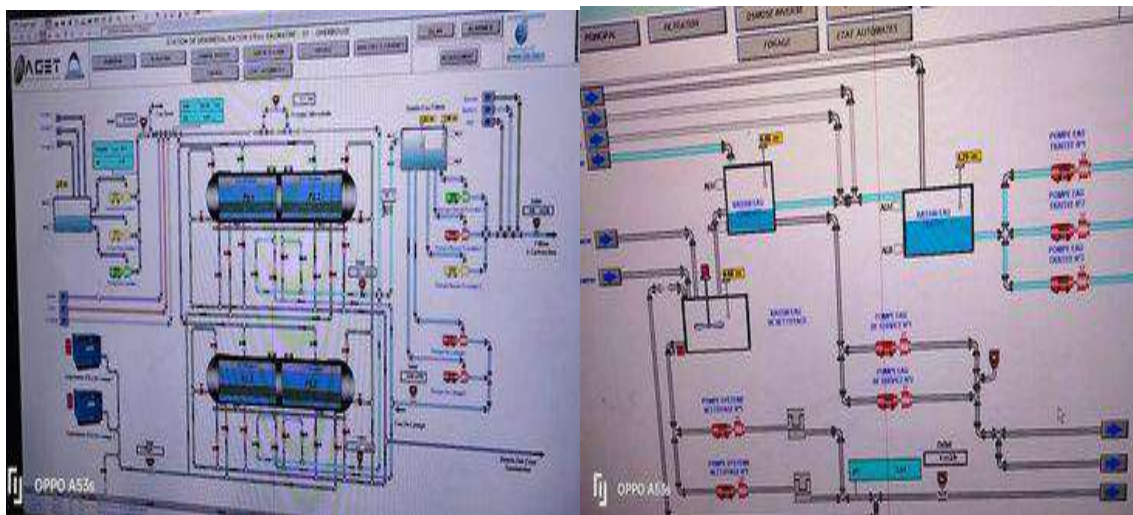
Figurer 7 Bâtiment Locale d'énergie à la station de GHARBOUZ.



Figurer 8 La Bâche d'eau à la station de GHARBOUZ



Figurer 9 Le Château d'eau à la station de GHARBOUZ



Figurer 10 Plan de travail de la station



Figurer 11 Pompes haute pression et 3 filtres à cartouches

2/Station de dessalement de BAMANDIL



Figurer 12 Image prise par satellite Station de dessalement de BAMANDIL



Figurer 13 Le Château d'eau et Bâtiment de traitement



Figurer 14 FORAGE 1et 2 et les membranes 9 (6 au-dessus et 3 en dessous)

3/ Station de dessalement de CITE BOUZID



Figurer 15 La façade avant et Image prise par satellite Station de dessalement de_CITE BOUZID



Figurer 16 Les membranes 12 (8 au-dessus et 4 en dessous

4/ Station de dessalement de ZYAYNA



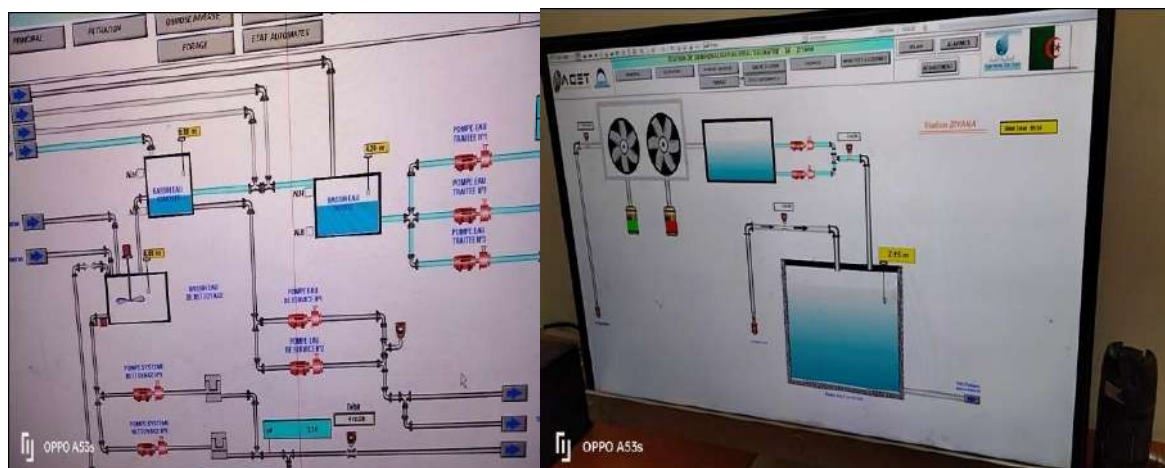
Figurer 17 La façade avant et Image prise par satellite Station de dessalement de ZYAYNA



Figurer 18 Forage et Bâtiment de traitement

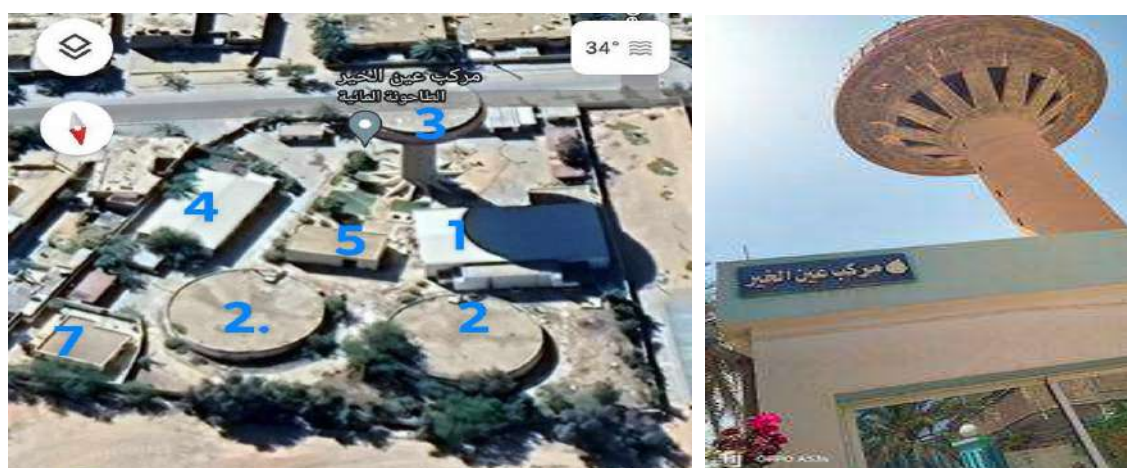


Figurer19 Dispositif de refroidissement par eau

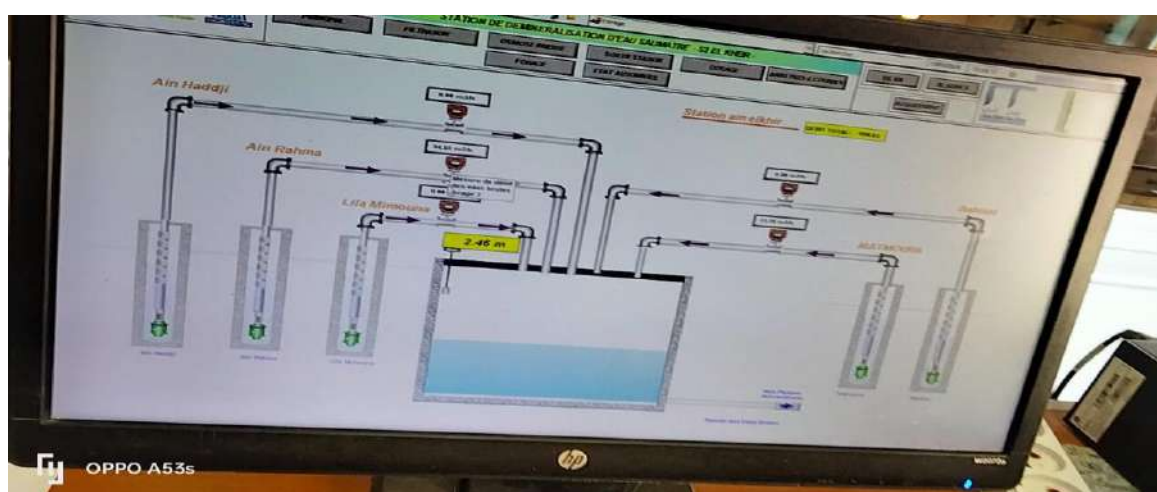


Figurer 20 Plan de travail de la station et plan de travail de la fontaine à eau

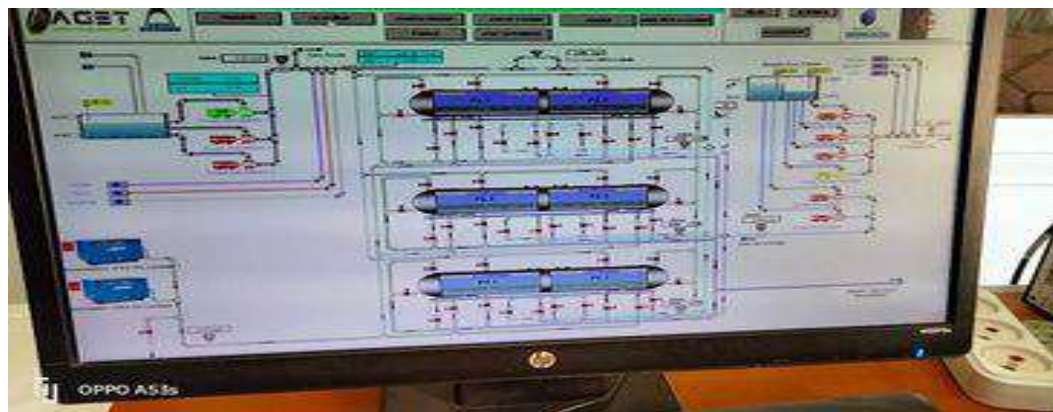
5/Station de dessalement de AIN EL KHEIR



Figurer 21 Image prise par satellite et La façade avant de Station de dessalement



Figurer 22 nombres de la FORAGE



Figurer 23 : Plan de travail de la station

6/Station de dessalement de EL HDEB



Figurer 24 : Image prise par satellite et La façade avant de Station de dessalement



Figurer 25 : Bâtiment de traitement et nombre de la FORAGE



Figurer 26 : Ventilateurs de refroidissement à eau



Figurer 27 : filtres à sable(6) et Membrane 3



Figurer 28 : Pompes haute pression et filtre cartouche