



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

Mémoire

MASTER PROFESSIONNEL

Domaine : Science et Technologie

Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Dessalement

Présenté par :

KARKOURI Hanane

Thème

***Etude comparative de la capacité de dessalement de la
station de Touggourt et les stations de Ouargla***

Soutenu publiquement le : 18/06/2025

Devant le jury composé de :

CHAOUKI Mourad

UKM –Ouargla

Encadreur

RAACHE Mohammed Nasreddine

UKM –Ouargla

Présidente

HADJI Warda

UKM –Ouargla

Examinatrice

Année universitaire:2024/202

Remercie

Louange à Dieu qui m'a permis d'achever Ce travail et de guider mes pas tout au long de ce parcours scientifique.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et ma sincère reconnaissance à Mon encadrant, Dr. Chawki Mourad, pour son soutien constant, ses précieuse orientations et ses remarques constructive qui ont grandement contribué à la réalisation de ce mémoire.

J'exprime également ma reconnaissance à l'ensemble des enseignants du département de Génie des Procédés de l'Université Kasdi Merbah – Ouargla, pour les efforts déployés dans notre formation académique et scientifique tout au long de ces années d'étude.

Je remercie aussi chaleureusement l'administration et le personnel de la station de dessalement de Touggourt, pour leur coopération généreuse et leur aide dans la collecte des informations et des données nécessaires à ce travail.

Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements et toute Mon affection à ma famille bien-aimée, véritable pilier de Mon parcours, dont les prières, le soutien et l'encouragement m'ont permis de surmonter les difficultés et d'atteindre cet accomplissement.

Hanane

Dédicace

Au nom de Dieu, le Clément, le Miséricordieux

À ma mere vénérée, Madame Aziza Kachi,
En reconnaissance des sacrifices qu'elle a consentis, de l'amour et des prières
inlassables qu'elle m'a prodigués,
À vous qui avez été mon soutien et mon refuge, je dédie mes plus sincères
marques de gratitude et de reconnaissance.

À mon père respecte, Monsieur Abdallah,
En témoignage de ma profonde reconnaissance pour son soutien constant, ses
conseils éclairés,
Et les valeurs de rigueur et de persévérance qu'ils ont ancrées en moi.

À mes chers frères et sœurs,
Je vous adresse tout mon amour et ma gratitude. Vous avez toujours été un appui
précieux tout au long de mon parcours académique.

À mes oncles maternels et paternels,
Ainsi qu'à mes grands-parents, à qui je dois tant de prières et de fidélité,
Pour l'influence profonde qu'ils ont eue dans Mon cheminement personnel.

À mon Amie fidèle, Mounira,
Pour son soutien sincère et constant, je lui exprime toute ma reconnaissance.

À tous ceux qui m'ont tendu la main, ne sera-ce que par un mot bienveillant,
Je dédie Ce modeste travail, en implorant le Tout-Puissant qu'Il le rende sin-
cerement voué à Sa cause,
Qu'Il le rende bénéfique, et qu'Il constitue une étape bénie sur la voie du savoir et
de la construction.

Ô Seigneur, Fai's que Ce travail témoigne en ma faveur et non contre moi,
et accorde-moi la réussite dans Ce qui Te satisfait.

HANANE

المخلص

تم في هذه الدراسة تحليل جودة المياه المعالجة في محطة تقرت ومقارنتها بمحطات ورقلة، وذلك وفقًا لمعايير المنظمة العالمية (OMS). أظهرت النتائج عدم مطابقة عدة معايير كيميائية في محطة تقرت، مثل العسر الكلي، الملوحة، الكلوريدات، المغنيسيوم، والبوتاسيوم. أظهرت محطات ورقلة تباينًا في نتائج مقارنة بالمعايير، خاصة في العسر الكلي، حيث لوحظ في محطة تقرت ارتفاع في بعض المعايير الكيميائية عن القيم الموصى بها من طرف المنظمة العالمية، بينما كانت منخفضة في محطات ورقلة. كما سجلت محطة تقرت تجاوزات في تركيز الكلور المغنيسيوم، ما يستدعي تحسين نظام المعالجة وتعزيز الرقابة. وتؤكد هذه النتائج على ضرورة إعادة تقييم إستراتيجية محطة تقرت لضمان جودة المياه وسلامتها.

الكلمات المفتاحية:

تقرت، ورقلة، المحطة.

Résumé:

Dans cette étude, la qualité de l'eau traitée de la station de Touggourt a été analysée et comparée à celle des stations d'Ouargla, conformément aux normes de l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Les résultats ont montré que plusieurs paramètres chimiques à Touggourt ne sont pas conformes aux normes recommandées, notamment la dureté totale, la salinité, les chlorures, le magnésium et le potassium. résultats éloignés des normes, en Les stations d'Ouargla ont présenté une variabilité des résultats par rapport aux normes, particulier pour la dureté totale. À Touggourt, certains paramètres chimiques dépassaient les valeurs recommandées, tandis qu'ils étaient plus faibles à Ouargla. Des dépassements ont également été enregistrés pour le chlore et le magnésium à Touggourt, ce qui nécessite une amélioration du système de traitement et du contrôle de qualité. Ces résultats soulignent la nécessité de réévaluer la stratégie de traitement de la station de Touggourt afin de garantir la qualité et la sécurité de l'eau.

Mots-clés :

Touggourt, Ouargla, station.

Summary:

This study analyzed the quality of treated water at the Touggourt station and compared it with the Ouargla stations, based on the standards set by the World Health Organization (WHO). The results showed that several chemical parameters in Touggourt, such as total hardness, salinity, chlorides, magnesium, and potassium, did not comply with WHO recommendations. The Ouargla stations showed variability in the results compared to the standards, particularly in terms of total hardness. Higher values of certain chemical parameters were observed in Touggourt compared to the recommended limits, while lower levels were found in Ouargla.

Touggourt also recorded exceedances in chlorine and magnesium levels, indicating the need to improve the treatment and quality control systems. These findings highlight the urgent need to reassess Touggourt treatment strategy to ensure safe and high-quality water.

Keywords:

Touggourt, Ouargla, station.

Liste des Tableaux

Tableau	Titre	Page
1	Représentation des concentrations des éléments admissibles dans l'eau potable selon les normes internationales et nationales	6
2	d'exploitation de la station selon les taches et le nombre de jours de travail	16
3	Les quartiers alimentés en eau et la quantité d'eau distribuée	17
4	La station est alimentée par les forages albien suivants	18
5	Résultats d'analyses les Forage de la station	33
6	Normes de potabilité	34
7	Résultats d'analyses d'eaux traitées	34

Liste des figures

Figure	Titre	page
1	Le schéma illustre les classifications des différentes technologies de dessalement en fonction du type de technologie utilisée dans chaque procédé.	9
2	Le schéma d'osmose inverse	12
3	Carte illustrant la situation géographique de la ville de Touggourt	14
4	Schéma des étapes de dessalement de l'eau à la station de Touggourt	30
5	Résultat d'analyses de Ph	36
6	Résultat d'analyses de Salinité	36
7	Résultat d'analyse de Dureté Totale (TH)	37
8	Résultat d'analyses de Magnésium (Mg ²⁺)	38
9	Résultat d'analyses de Potassium (K ⁺)	38
10	Résultat d'analyses de Chlorures (Cl ⁻)	39

Liste des images

Image	Titre	page
1	Le puits Al-Albani, Source Ain El-Sahara	20
2	pointé pour ajouter produits chimique	21
3	Tours de Refroidissement	23
4	Réservoir d'eau albanaise	24
5	Station de pompage eau Traitée	25
6	Filtres à Sable	26
7	filtres à cartouches	27
8	Filtres d'osmose inverse	28
9	Réservoir de mélange	29
10	Réservoir d'eau traitée	30
11	Station de pompage de distribution	30

Table des matières

Sommaire

المخلص	d
<i>Liste des Tableaux</i>	I
<i>Liste des figures</i>	I
<i>Liste des images</i>	II
Introduction	1
Chapitre I : Généralités sur l'eau et le dessalement.....	3
I.1. Définition L'eau	3
I.2. Importance del'eau	3
I.3.1. Source d'eau.....	4
I.3.2 L'eau douce de surface	4
I.3.3. L'eau de mer	4
I.3.4. Les eaux souterraines	4
I.4. Les normes de qualité de l'eau potable:	5
I.5.1 Les principaux éléments indésirables:.....	6
I.6.1. Dessalement de l'eau	7
I.6.1.2. Techniques de dessalement de l'eau.....	8
I.7.1. Généralités sur la déminéralisation	9
I.8.1. L'osmose inverse «OI» :.....	9
Chapitre II : étude d'une station de dessalement	13
II.1.Présentation de la zone d'étude (Touggourt) :	13
II.2.2.Situation géographiques:	14
Chapitre III : résultats et discussion	32
Introduction.....	32
III.2.Qualité des eaux de la station d'TOUGGOURT	32
Conclusion	42
Références bibliographiques	46

Introduction

Introduction

Les ressources en eau constituent un pilier fondamental du développement durable. Cependant, de nombreux pays, notamment l'Algérie, sont confrontés à des défis croissants dus à la pression accrue sur ces ressources. En raison de la croissance démographique rapide, de l'expansion urbaine et des changements climatiques, l'Algérie est désormais classée parmi les pays souffrant de stress hydrique. Cette crise est particulièrement manifeste dans les régions du sud, telles que Touggourt et Ouargla, où les sources d'eau de surface sont quasi inexistantes et où les eaux souterraines constituent la principale ressource.

Dans ce contexte, le dessalement des eaux souterraines apparaît comme une solution stratégique et nécessaire pour garantir un approvisionnement en eau potable durable, notamment dans les zones arides et isolées. L'usine de dessalement des eaux souterraines de Touggourt est ainsi un projet phare, visant à traiter les eaux salines et à améliorer leur qualité pour répondre aux besoins de consommation, conformément aux normes nationales et internationales. [1]

Des études récentes montrent que l'Algérie fait face à une pression croissante sur ses ressources hydriques, ce qui exige l'adoption de solutions techniques innovantes, comme le dessalement de l'eau, en particulier dans un contexte climatique difficile. Les autorités algériennes ont répondu à ce défi par d'importants investissements dans le développement des stations de dessalement, afin d'augmenter la capacité de production d'eau dessalée et d'assurer sa distribution équitable entre les régions. [2]

Dans cette optique, comparer la performance de l'usine de Touggourt à d'autres installations similaires, comme celle d'Ouargla, constitue une étape essentielle pour évaluer l'efficacité opérationnelle et la qualité de l'eau produite, identifier les défis techniques, et garantir le respect des normes sanitaires et environnementales, notamment celles de l'Organisation mondiale de la santé (OMS)

Cette étude vise à :

1. Analyser la qualité de l'eau traitée dans la station de dessalement de Touggourt, en évaluant ses caractéristiques physico-chimiques.
2. Comparer les résultats des analyses chimiques des eaux traitées dans les stations de Touggourt et Ouargla aux normes de l'OMS

Introduction

3. Évaluer l'efficacité des processus opérationnels de l'usine de Touggourt et déterminer leur conformité aux exigences sanitaires et environnementales.

4. Proposer des recommandations techniques et opérationnelles pour améliorer la qualité de l'eau dessalée et assurer la durabilité des performances de l'installation.

Cette étude est structurée en trois chapitres principaux, en plus de l'introduction et de la conclusion

Chapitre 1 : Généralités sur l'eau et le dessalement

Ce chapitre aborde l'importance de l'eau, ses sources, la situation hydrique en Algérie, ainsi qu'une présentation des technologies de dessalement, avec un accent particulier sur l'osmose inverse, largement utilisée dans les stations de dessalement en Algérie.

Chapitre 2 : Étude de la station de dessalement de Touggourt

Ce chapitre décrit l'infrastructure de l'usine, son emplacement géographique, son organisation structurelle, ses étapes de fonctionnement et les technologies de traitement mises en œuvre.

Chapitre 3 : Discussion et analyse des résultats

Il comprend l'analyse des échantillons d'eau brute et d'eau traitée, l'évaluation de leur conformité aux normes internationales, et la comparaison des résultats obtenus à Touggourt avec ceux de la station d'Ouargla.

À travers cette étude, nous cherchons à fournir une évaluation approfondie de l'efficacité de la station de dessalement de Touggourt, ainsi qu'à déterminer dans quelle mesure elle répond aux besoins locaux en eau potable. Nous espérons que les résultats de cette recherche contribueront à améliorer la performance future des stations de dessalement en Algérie.

Chapitre I

Généralités sur l'eau et le dessalement

Chapitre I : Généralités sur l'eau et le dessalement

Introduction

L'eau est une ressource vitale et essentielle pour la planète Terre, jouant un rôle crucial dans le soutien de la vie à sa surface. Dans Ce chapitre, nous aborderons le sujet de l'eau de manière générale, en commençant par sa définition et son importance, puis en passant par les normes de qualité acceptables. Nous mettrons également en lumière les principaux éléments indésirables. Enfin, nous présenterons la définition du dessalement de l'eau, ses différentes techniques, En plus du concept de déminéralisation.

I.1. Définition L'eau

L'eau, à l'état pur, est un corps liquide, incolore, inodore et sans saveur à température ambiante. Elle est composée de deux volumes d'hydrogène et d'un volume d'oxygène.

Une eau pure est essentielle pour la santé, répondant à des critères stricts de potabilité sur les plans bactériologique et physico-chimique. Indispensable à la vie humaine, l'eau joue un rôle central dans nos activités sociales, économiques et sanitaires. Elle est au cœur du vivant et influence directement le développement des civilisations. [3]

I.2. Importance del'eau

L'eau joue un rôle essentiel dans le bon fonctionnement de l'organisme. Elle permet l'élimination des déchets par l'urine, régule la température corporelle grâce à la sudation et à la ventilation pulmonaire, et favorise l'absorption des vitamines hydrosolubles par les muqueuses intestinales. Une déshydratation importante, avec une perte d'eau de 12 %, peut être fatale.

Bien qu'elle ne contienne ni protéines, ni glucides, ni lipides, l'eau n'est pas considérée comme un aliment et ne fournit pas d'énergie brute. Cependant, elle est indispensable à la vie, car elle permet au corps d'exploiter l'énergie contenue dans les aliments.

En cas de privation totale d'eau, des troubles graves apparaissent dès le troisième jour, pouvant entraîner la mort entre le cinquième et le sixième jour. [3]

I.3.1. Source d'eau

Les sources d'eau sont des réservoirs naturels de liquides. Elles se déclinent en plusieurs types, parmi lesquels : [4]

I.3.2 L'eau douce de surface

Ce terme désigne l'ensemble des eaux présentes à la surface terrestre, notamment les rivières, les lacs, les étangs, les canaux et les marais. Leur volume total est relativement faible, représentant seulement 0,18 million de km³, soit 0,013 % de l'hydrosphère. On qualifie cette eau de douce en raison de sa faible concentration en sels dissous par rapport à l'eau de mer [4].

I.3.3. L'eau de mer

Les eaux de mer désignent les vastes réservoirs d'eau salée que sont les océans et les mers, couvrant environ 71 % de la surface terrestre. Elles résultent en grande partie du mélange entre l'eau douce issue des rivières et des lacs et l'eau salée présente dans les fonds marins.

L'hémisphère sud constitue le principal réservoir d'eau de mer, tandis que l'hémisphère nord abrite plusieurs mers salées, dont certaines sont reliées aux océans, comme la mer Méditerranée et la mer Baltique.

Les eaux de mer jouent un rôle essentiel en tant que source de nourriture pour de nombreuses espèces marines. Elles sont également exploitées pour la production de sel, l'extraction de minéraux et la production d'énergie, notamment éolienne et hydroélectrique. Cependant, elles font face à plusieurs menaces, notamment la pollution, la surpêche et les effets du changement climatique. [4]

I.3.4. Les eaux souterraines

Les eaux souterraines sont des réserves d'eau situées sous la surface terrestre, accessibles par des puits ou des forages. Elles se forment lorsque l'eau de pluie et d'autres précipitations s'infiltrent dans le sol et traversent différentes couches rocheuses jusqu'à atteindre une barrière imperméable où elles s'accumulent.

Ces ressources sont essentielles pour les populations humaines, car elles constituent une source fiable et durable d'eau potable. Elles sont également utilisées pour l'irrigation, la

production d'énergie hydroélectrique, ainsi que dans divers secteurs industriels et pour le refroidissement des installations.

Toutefois, les eaux souterraines sont vulnérables à la pollution, à la surexploitation, à la modification des habitats naturels et aux changements climatiques. Leur gestion durable est donc cruciale pour préserver leur qualité et garantir leur disponibilité pour les générations futures. [4]

I.4. Les normes de qualité de l'eau potable:

L'eau potable est contrôlée selon des normes internationales établies par l'Organisation mondiale de la santé (OMS), visant à protéger la santé humaine contre les maladies et les risques potentiels. Certaines caractéristiques de l'eau peuvent être perçues par les sens, telles que la couleur, l'odeur, le goût et l'apparence, tandis que les autres normes reposent sur des analyses physiques, chimiques et microbiologiques [5].

Tableau 1 : Représentation des concentrations des éléments admissibles dans l'eau potable selon les normes internationales et nationales [6].

Élément	Unités utilisées	OMS	Normes Nationales
Indice d'hydrogène	pH	8.5-6.5	8.5-6.5
Conductivité électrique	µs/cm	-	2800
Turbidité	NTU	5	5
Résiduel Secs	mg/l	1200	1500
Température	-	25	25
Chlore libre	-	1-0.6	5
Dureté	mg/l	500	500
Aluminium (Al ³⁺)	mg/l	0.2	0.2
Calcium (Ca ²⁺)	mg/l	150-100	200
Magnésium (Mg ²⁺)	mg/l	100	150
Sodium (Na ⁺)	mg/l	200	200
Potassium (K ⁺)	mg/l	15-10	12
Sulfate (SO ₄ ²⁻)	mg/l	500	400
Chlorures (Cl ⁻)	mg/l	600-200	500
Nitrates (NO ₃ ⁻²)	mg/l	44	50

Nitrites (NO_3^-)	mg/l	0.2	0.2
Ammonium (NH_4^+)	mg/l	0.5-0.005	0.5
Argent (Ag^+)	$\mu\text{g/l}$	-	100
Cuivre (Cu^{2+})	mg/l	2	2
Fluorure(F)	mg/l	1.5	1.5
Zinc (Zn^{2+})	mg/l	3	5
Mercure	mg/l	0.5	6
Phosphates (PO_4^{3-})	$\mu\text{g/l}$	0.5	0.5
Plomb(Pb)	$\mu\text{g/l}$	10	10
Manganèse (Mn^{2+})	$\mu\text{g/l}$	0.10-0.005	50
Cadmium(Cd)	$\mu\text{g/l}$	0.003	3

I.5.1 Les principaux éléments indésirables:

5.1.1. Fer:

La présence de fer dans l'eau est due à la dissolution des composés ferreux présents dans le sol. Dans les conditions normales des eaux de surface, avec un pH compris entre 5,5 et 8,5, le fer se présente sous forme Fe^{2+} , ce qui donne à l'eau un goût désagréable et inacceptable. Cependant, en raison de sa capacité rapide à s'oxyder, il se transforme en Fe^{3+} puis précipite sous forme de $\text{Fe}(\text{OH})_3$. La présence de fer dans l'eau ne représente pas un danger pour la santé humaine tant que sa concentration reste inférieure à 1,03 mg/l, et il joue un rôle essentiel dans le transport de l'oxygène dans le sang [7].

5.1.2. Manganèse:

Les eaux naturelles contiennent des sels de manganèse issus de la dissolution des roches ou de l'évolution environnementale. Le manganèse est toxique pour les poissons à des concentrations dépassant 1200 mg/l [7].

5.1.3. Phosphates :

Les phosphates sont des substances nutritives pour les plantes. Toutefois, lorsque leur concentration dépasse 60 mg/l, cela peut provoquer des altérations dans la structure de certaines plantes. Une concentration élevée de phosphates dans l'eau potable peut entraîner des vomissements et des diarrhées chez l'homme.

La source naturelle des phosphates résulte de la décomposition des matières organiques et de la dissolution des sels phosphatés, tandis que la source industrielle provient des détergents et des industries chimiques [7].

5.1.4. Nitrates:

Les nitrates proviennent principalement de la décomposition des matières organiques, des eaux usées agricoles et domestiques. Les recherches médicales ont démontré les effets nocifs des nitrates, en particulier chez les nourrissons. Les nitrates représentent le stade final de l'oxydation des composés azotés organiques. Leur présence dans l'eau témoigne du processus d'autoépuration. La consommation d'eau contenant 46 mg/l de nitrates peut entraîner une asphyxie due au manque d'oxygène dans le sang, causée par leur transformation en nitrites [7].

5.1.5. Nitrites:

Les nitrites représentent une étape transitoire entre l'ammonium et les nitrates dans le processus d'oxydation. Ils peuvent provenir de sources naturelles ou de la présence directe de nitrates. Des concentrations élevées de nitrites sont toxiques pour les poissons. Leur présence dans l'eau potable peut entraîner une baisse de la pression artérielle et une diminution de l'oxygène dans le sang, notamment chez les jeunes enfants [7].

I.6.1. Dessalement de l'eau

I. 6.1.1. Définition

La désalinisation de l'eau est un procédé technique visant à éliminer ou à réduire la concentration des sels dissous et d'autres substances indésirables présents dans l'eau de mer ou l'eau saumâtre, afin de la transformer en eau douce adaptée aux usages humains, qu'il s'agisse de consommation, d'irrigation agricole ou d'applications industrielles diverses. Le niveau de traitement requis varie selon l'usage prévu, car les normes de qualité de l'eau désalinisée diffèrent en fonction de son utilisation [8].

Ce processus utilise différentes sources d'énergie, parmi lesquelles l'énergie solaire, considérée comme une option écologique et durable. Les techniques de désalinisation permettent de réduire la salinité de l'eau d'un taux moyen de 3, 5 % à environ 0,5 % ou moins, rendant ainsi l'eau adaptée à un usage humain et agricole. [8].

I.6.1.2. Techniques de dessalement de l'eau

Les techniques de dessalement de l'eau peuvent généralement être classées en deux grandes catégories :

1. Les techniques thermiques

2. Les techniques membranaires

Ces techniques sont les plus répandues et les plus utilisées. Il existe également d'autres méthodes de dessalement en cours de développement, qui reposent sur l'utilisation des sources d'énergies renouvelables, comme illustré dans le schéma numéro [9].

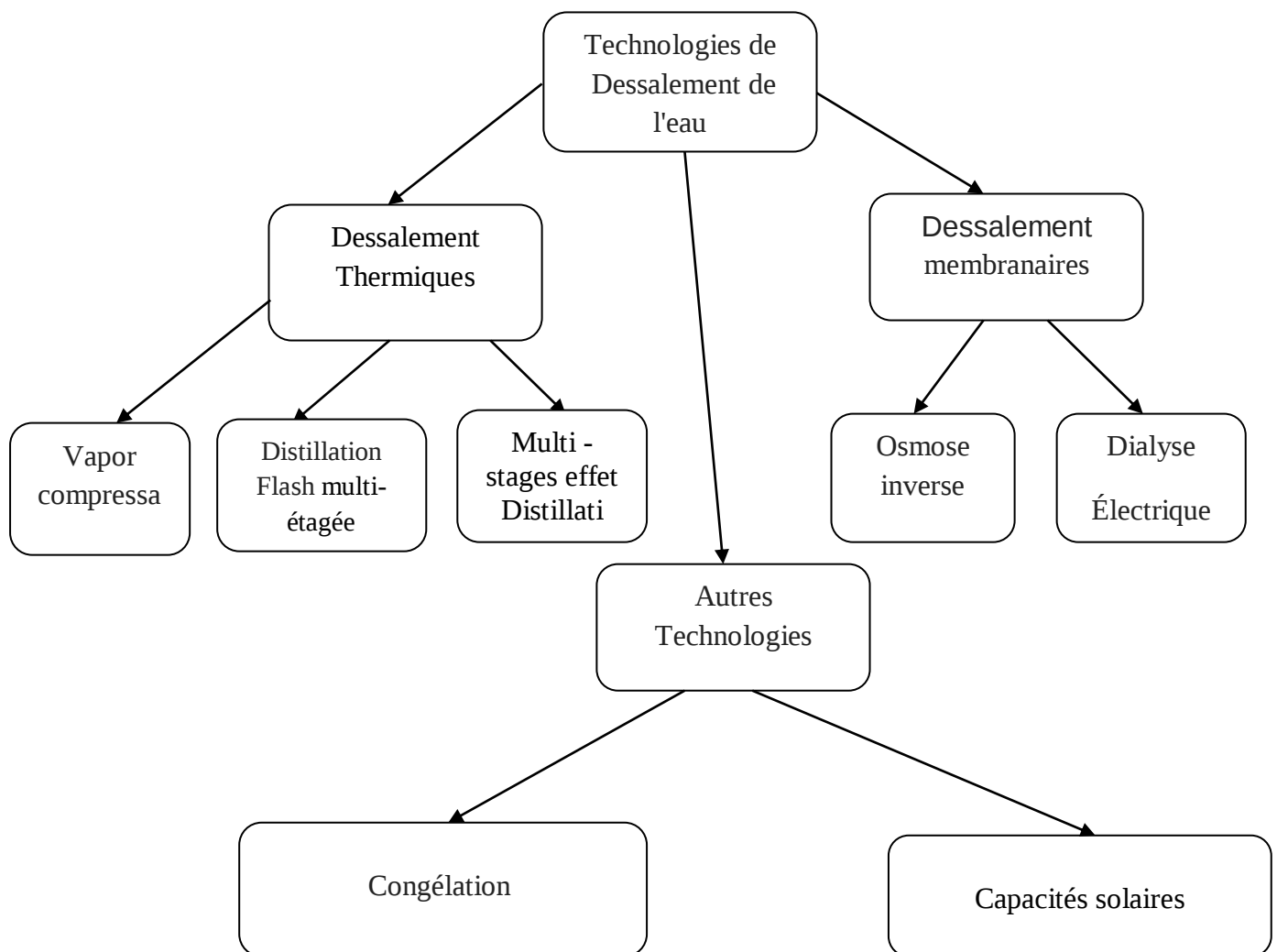


Figure 1 : Le schéma illustre les classifications des différentes technologies de dessalement en fonction du type de technologie utilisée dans chaque procédé.

I.6.1.2.1. Technologies thermiques :

Les technologies de dessalement thermique reposent principalement sur l'utilisation de l'énergie thermique pour évaporer l'eau salée et séparer les sels. Parmi les techniques les plus courantes figurent : Distillation Flash multi- étagée (MSF), la distillation multi-effets (MED) et la compression de vapeur (VC). Chaque méthode diffère par le mode d'utilisation de la chaleur pour réaliser le processus de séparation.

I.6.1.2.2. Technologies membranaires :

Les technologies membranaires de dessalement s'appuient sur l'utilisation de membranes semi-perméables pour séparer les sels et les substances dissoutes de l'eau. Ce processus peut être réalisé soit par l'application d'une pression qui pousse l'eau à travers la membrane, soit par un gradient de concentration permettant le passage de l'eau pure sans les sels. Ces méthodes sont largement privilégiées en raison de leur efficacité élevée, de leur simplicité d'exploitation et de leur facilité de contrôle.

I.7.1. Généralités sur la déminéralisation

I.1.1. Déminéralisation des eaux

La déminéralisation est l'une des méthodes les plus couramment utilisées pour obtenir de l'eau pure à partir d'une eau brute contenant des concentrations variables de sels dissous. Il s'agit d'un procédé de traitement de l'eau visant à éliminer partiellement ou totalement les sels dissous [10].

I.1.2. Principe de la déminéralisation

Le principe de la déminéralisation repose sur l'élimination quasi complète des ions présents dans l'eau filtrée. Ce processus nécessite l'utilisation d'échangeurs anioniques fortement basiques, après un passage à travers des résines cationiques et un dispositif .

La qualité de l'eau obtenue dépend principalement du taux de régénération de l'échangeur cationique. En effet, les fuites ioniques, responsables de la conductivité résiduelle, sont généralement dues à des traces de soude caustique issues de l'échangeur [10].

I.8.1. L'osmose inverse «OI» :

L'osmose est 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.

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 [11].

I.8.1.1.Principe de l'osmose inverse :

Le procédé OI (Osmose inverse) consiste à séparer les substances dissoutes d'une solution salée pressurisée en la faisant diffuser à travers une membrane. À mesure qu'une quantité d'eau diffuse à travers la membrane, la concentration en sels de la fraction restante augmente.

Dans le même temps, une partie de l'eau d'alimentation est rejetée sans diffuser à travers la membrane.

Cette solution a recours à des membranes filtrantes spécifiques. Ce sont en fait des films de polyamides semi-perméables à l'eau. Leurs pores sont minuscules (moins d'un nanomètre de diamètre), une taille qui entraîne une sélection : seules les molécules d'eau traversent la membrane, les sels dissous ne passent pas, et encore moins les impuretés contenues dans l'eau. Après passage membranaire, l'eau ressort débarrassée de 99 % de son sel [11].

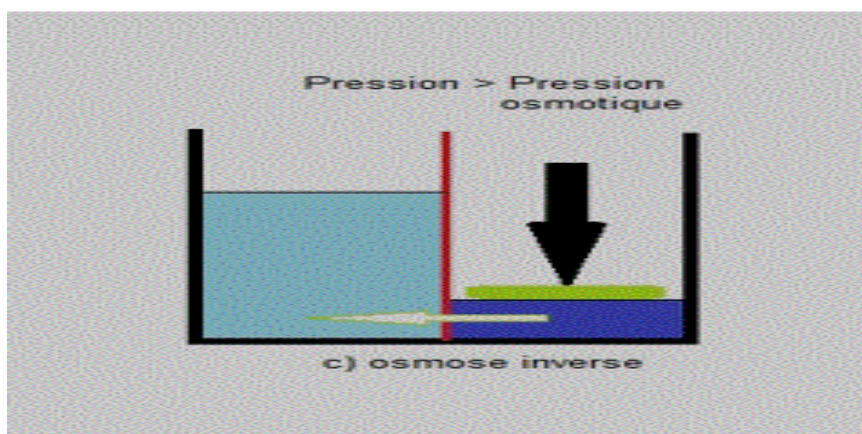


Figure 2 : Schéma d'osmose inverse

Conclusion

Dans Ce Chapitre, nous avons présenté une vue d'ensemble des concepts fondamentaux liés à l'eau. Nous avons examiné ses principales sources, les normes de qualité requises ainsi que les éléments indésirables pouvant l'affecter. Par ailleurs, nous avons défini le processus de dessalement de l'eau, en exposant ses différentes techniques, et expliqué le concept de déminéralisation.

Chapitre II

Étude d'une station de dessalement

Chapitre II : étude d'une station de dessalement

II.1.Présentation de la zone d'étude (Touggourt) :

II.1.1.Situation astronomique :

La wilaya de Touggourt est située à l'intersection de la latitude 33.116 degrés Nord et de la longitude 6.0783 degrés Est [12].

II.1.2.Situation géographique : La wilaya de Touggourt est située dans le sud-est de l'Algérie, au sein de la région du Sahara.et est limitée par les localités suivantes:

- Au sud: la ville de Ouargla sur la route nationale n° 32, distante de 160 km.
- À l'est : El Oued sur la route nationale n° 16, distante de 95 km.
- Au nord: Biskra sur la route nationale n° 03, distante de 220 km.
- Au sud-ouest : la ville de Ghardaïa par la route d'El Guerrara et Berriane, distante de 350 km.
- À l'ouest: la ville de Djelfa par la route de Messaad, distante de 380 km, et elle est éloignée de la capitale Alger de 650 km [12].

Chapitre II Etude d'une station de dessalement



Figure 3 : Carte illustrant la situation géographique de la ville de Touggourt

II.2.1.La position astronomique:

La station de déminéralisation de Touggourt est localisée aux coordonnées géographiques suivantes: 33, 04° de latitude nord et 6, 04° de longitude [13].

II.2.2.Situation géographiques:

II.2.2.1. Présentation de la station de dessalement de Touggourt

La station de dessalement de Touggourt est située dans la commune de Nezla, dans la région d'Aïn Essahra, relevant de la wilaya de Touggourt, à proximité de la route nationale n°03 menant vers la wilaya d'Ouargla. Elle s'étend sur une superficie d'environ 4 hectares. Le projet a été réalisé par le groupe émirati AMEC/Metito Algeria et achevé le 13 juillet 2015, tandis que sa mise en service effective a eu lieu le 9 avril 2015.

Chapitre II Etude d'une station de dessalement

Le site a été choisi par la Direction des ressources en eau de la wilaya d'Ouargla (DREW) afin de faciliter le raccordement de l'ensemble des forages souterrains à la station. Sa capacité de production atteint 34 560 m³/jour, soit l'équivalent de 400 litres/seconde, pour un coût total d'environ 1 786 866 908, 67 DZD.

La station est dédiée au dessalement des eaux souterraines et à l'amélioration de leur qualité en éliminant les sels et les minéraux. Elle permet ainsi de réduire la salinité de l'eau de 2, 2 g/l à environ 0,6 g/l, rendant l'eau propre à la consommation.

L'approvisionnement de la station repose sur quatre forages artésiens profonds d'environ 1 700 mètres chacun : Ain Essahra 01, Ain Essahra 02, Sidi Mehdi 02 et Sidi Mehdi 03. Les eaux extraites présentent une température élevée pouvant atteindre 60 °C. Elles sont collectées en un point central de la station, où elles subissent ensuite plusieurs étapes de traitement à l'aide de technologies avancées.

II.2.2.2.Principe de fonctionnement de la station

La station fonctionne selon la technique de l'osmose inverse, et son exploitation — mise en marche et arrêt — est contrôlée par un programme de supervision installé sur un ordinateur, appelé SCADA, utilisé pour surveiller et gérer automatiquement les différentes parties de la station.

Chapitre II Etude d'une station de dessalement

II.2.2.3. Exploitation de la station

II.2.2.3.1. Coûts de gestion de la station: La gestion de la station repose sur:

Tableau 2 : Coûts d'exploitation de la station selon les tâches et le nombre de jours de travail [13].

Désignations des coûts	Pour assurer un fonctionnement Continu 24/24h tout au long du mois	Mensuel actuel (03 jour par semaine)	Remarque
Consommation d'électricité	18.000.000.00DA	600.000.00AD	La valeur actuelle de recouvrement ne dépasse 7.000.000.00 DA chaque mois.
Produits chimiques	520.000.00DA	17.400.00AD	
Maintenance générale	1.500.000.00DA	150.000.00AD	
Laboratoire	50.000.00DA	10.000.00AD	
Total	20.070.000.00DA	777.400.00AD	

Chapitre II Etude d'une station de dessalement

II.2.2.3.2. Les zones actuellement desservies en eau traitée sont:

Tableau 3 : Les quartiers alimentés en eau et la quantité d'eau distribuée [14].

Nommer le quartier	Durée de distribution 8-10 heures par tranche	Nombre d'habitants	Quantité d'eau distribuée	Remarque
Quartier d'Aïn Sahara et certaines parties des quartiers de la municipalité de Nazla	Tous les lundis	27507	3840m ³	/
Quartier ER-Remal (01.02.03) + Quartier Al Nakhil	Tous les lundis	11198	3600 m ³	/
Les quartiers de la commune de Touggourt, une partie de la commune de Tebesbest et de la commune de Zaouia El Abidia	Tous les mardis	83066	3600 m ³	Ces quartiers sont alimentés à partir des réservoirs du complexe hydraulique.

Chapitre II Etude d'une station de dessalement

II.2.2.4.méthode de fonctionnement de la station:

II.2.2.4.1La station est alimentée par les forages albien suivants:

La station de dessalement d'eau de Touggourt est alimentée par 4 forages albien identiques, de type APE. Leur profondeur atteint 1700 mètres et ils se situent dans les zones sahariennes. Ces forages se caractérisent par une température de 60 °C et une salinité estimée à 2, 1 g/litre. Le problème principal réside dans la forte teneur en carbonates, Ce qui provoque une réaction formant du calcaire.

Tableau 4 : La station est alimentée par les forages albien suivants [14].

Nom de forage	Débit	Salinité	Température	Profondeur	Longueur de Conduite d'adduction
Sidi Mahdi 02	150 l/s	2 à 2.5g/l	50 à 60 C°	1759 m	9800 m
Sidi Mahdi03	110 l/s	2 à 2.5g/l	50 à 60 C°	1760 m	11000 m
Ain Sahra 01	142 l/s	2 à 2.5g/l	50 à 60 C°	1799 m	Sursite
Ain Sahra 02	130 l/s	2 à 2.5g/l	50 à 60 C°	1859 m	1300m



Image 1 : Le puits Al-Albani, Source Ain El-Sahara

II.2.2.4.2. Tours de refroidissement

Le système de refroidissement est composé de quatre tours de refroidissement indépendantes, chacune fonctionnant de manière autonome. Chaque unité mesure à la fois le débit et la température de l'eau. La capacité totale du système est d'environ 1970 m³/h. Ce système permet de refroidir l'eau de 55°C à 25°C en hiver, et jusqu'à 30°C en été.

Pendant le processus de refroidissement, on estime qu'environ 4 % du débit d'eau (soit 79, 5 m³/h) s'évapore, tandis que 75 % de l'eau.

Les eaux provenant de quatre puits se rejoignent en un point via un canal de 600 mm de diamètre, traversant un mélangeur statique en spirale, connecté à trois petits tuyaux, par lesquels les produits chimiques suivants sont injectés:

Chapitre II Etude d'une station de dessalement

1. Premier Tuyau: injection de chlore (Chloro) pour la désinfection.
2. Deuxième tuyau : ajout d'un anti-tartre (Anti Tarter) pour éliminer les dépôts calcaires.
3. Troisième tuyau : contient un acide (Acide) qui dissout le calcaire en suspension, empêche sa précipitation et régule le pH.



Image 2 : pointé pour ajouter produits chimique

Après l'ajout des produits chimiques, l'eau passe par un deuxième mélangeur statique en spirale pour assurer une homogénéité parfaite, puis elle est dirigée vers les quatre tours de refroidissement.

Chaque tour est composée de 5 cellules, et chaque cellule est équipée d'un ventilateur pour extraire l'air chaud.

À l'intérieur de chaque cellule se trouvent deux tuyaux :

Tuyau jaune : pour l'entrée de l'eau chaude.

Tuyau blanc : pour la sortie de l'eau refroidie.

Chaque cellule comprend également deux bassins où l'eau est collectée, descendant à travers des médias de refroidissement (Media) qui attirent l'air dans le sens opposé à celui de l'eau, améliorant ainsi l'efficacité du refroidissement. Les cellules comprennent également :

Des grilles anticalcaires pour empêcher le passage des dépôts.

Un débitmètre instantané pour mesurer le débit d'eau en temps réel.

Une vanne de sécurité empêchant le passage de l'eau en cas d'urgence.

Chapitre II Etude d'une station de dessalement

Le système est connecté à deux conduites principales:

Une conduite de type PRV de 350 mm de diamètre: pour l'arrivée de l'eau brute en provenance du mélangeur chaud.

Une conduite en PVC de 160 mm de diamètre: pour la sortie de l'eau refroidie vers un réservoir de stockage d'eau albienne d'une capacité de 5000 m³.



Image 3 : Tours de Refroidissement

Chapitre II Etude d'une station de dessalement

II.2.2.4.3. Réservoir d'eau albanaise (semi-enterré) :

Le réservoir d'eau albanaise constitue un élément essentiel du système de refroidissement, où l'eau refroidie provenant des tours de refroidissement est stockée. Ce réservoir est de type semi-enterré et possède une capacité opérationnelle d'environ 5000 mètres cubes. Il est équipé de plusieurs instruments de mesure permettant de surveiller les caractéristiques physiques et chimiques de l'eau, notamment des capteurs pour le niveau d'eau, la température, le pH, ainsi que la conductivité électrique. Ces instruments garantissent la qualité de l'eau et son adéquation aux exigences opérationnelles.

L'alimentation en eau des lignes de production est assurée par une station de pompage adjacente au réservoir, équipée de trois pompes d'alimentation, chacune ayant une capacité nominale d'environ 507 mètres cubes par heure, assurant ainsi un débit continu et efficace pour répondre aux besoins de l'installation.



Image 4 : Réservoir d'eau albanaise

Chapitre II Etude d'une station de dessalement

II.2.2.4.3. Station de pompage de l'eau Traitée

La station se compose de trois lignes de production principales pour la production d'eau, en plus d'une ligne de secours utilisée en cas d'arrêt de l'une des lignes.

La station de pompage comprend plusieurs composants essentiels, notamment une pompe dédiée au lavage des filtres à sable, un compresseur d'air et des panneaux de contrôle.

Les pompes aspirent l'eau Traitée

(Albanaise) depuis le réservoir et l'acheminent vers les filtres à sable, avec un débit pouvant atteindre 5000 m³/h.

Quant au compresseur d'air, il fournit l'air nécessaire au fonctionnement du système de commande des vannes, en assurant leur ouverture et leur fermeture selon les besoins opérationnels.



Image 5 : Station de pompage eau Traitée

II.2.2.4.4.Filtres à Sable

La station comprend 12 filtres à sable, chaque ligne de production étant équipée de 4 filtres connectés entre eux. Chaque filtre à sable est composé de quatre couches de filtration, disposées de haut en bas comme suit:

Une couche de gravier grossier de 7, 5 cm d'épaisseur,

Une couche de gravier fin de 5 cm,

Une couche de sable de 30 cm,

Et enfin, une couche de charbon anthracite de 50 cm d'épaisseur.

Chapitre II Etude d'une station de dessalement

L'eau pénètre dans le filtre par le haut et s'écoule vers le bas, permettant ainsi aux différentes couches de retenir les impuretés et les particules en suspension.

Le débit à Travers chaque filtre à sable est d'environ 127 m³.



Image 6 : Filtres à Sable

II.2.2.4.5. Les filtres à cartouches

L'eau passe à Travers 3 lignes de filtres à cartouches, chaque ligne contenant 4 filtres. Chaque filtre est composé de 32 membranes fines qui ne laissent pas passer les particules dont la taille dépasse 5 μ m. À ce stade, on ajoute du méta bisulfite de sodium (NaHSO_3) pour éliminer le Chlore, ainsi qu'un agent antitartre.

Le rôle principal de ces filtres est de protéger les membranes de l'unité d'osmose inverse contre les particules qui auraient pu passer à travers le filtre à sable.

Chapitre II Etude d'une station de dessalement



Image 7 : filtres à cartouches

II.2.2.4.6. Unité d'osmose inverse

L'unité d'osmose inverse se compose de 3 lignes parallèles, chacune contenant 66 tubes, avec 6 membranes à l'intérieur de chaque tube. La capacité totale de l'unité est de 1440 m³/h, avec un taux de conversion de 75%

Le traitement s'effectue en deux étapes, réparties sur deux niveaux :

Premier Niveau:

Il comprend 44 tubes. L'eau provenant des filtres à cartouches traverse les membranes osmotiques à l'aide de pompes à haute pression (HP). Environ 50 % de l'eau est traitée à Ce stade, tandis que le reste est dirigé vers le second niveau.

Deuxième niveau:

Il est constitué de 22 tubes et traite l'eau concentrée issue du premier niveau. Cette étape permet de récupérer 25 % d'eau supplémentaire. L'eau restante, plus concentrée (saumâtre), est ensuite évacuée dans un canal de rejet dédié. Ainsi, on obtient 75 % d'eau traitée (Osmose inverse) contre 25 % d'eau concentrée qui est éliminée.



Image 8 : Filtres d'osmose inverse

II.2.2.4.7. Réservoir de mélange

Après le processus d'osmose inverse, l'eau est collectée dans un réservoir de mélange divisé en deux sections afin d'assurer un mélange efficace. Dans Ce réservoir, l'eau osmoses (75 %) est mélange avec de l'eau brute ou albienne (25 %), tout en ajoutant du Chlore. L'objectif de Ce mélange est d'ajuster la Conductivité de l'eau pour qu'elle se situe entre 500 et 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (microsiemens par centimeter).



Image 9 : Réservoir demélange

II.2.2.4.8. Réservoir d'eau traitée

L'eau provenant du réservoir de mélange est stockée dans un réservoir dédié à l'eau traitée, d'une capacité totale de 10 000 m cubes, avec un niveau d'eau atteignant 5, 80 m. Les pompes situées à la station de pompage se chargent d'aspirer cette eau depuis le réservoir et de la distribuer vers les zones résidentielles en fonction des besoins de consommation.

Chapitre II Etude d'une station de dessalement



Image 10 : Réservoir d'eau traitée



Image 11 : Station de pompage de distribution

Chapitre II Etude d'une station de dessalement

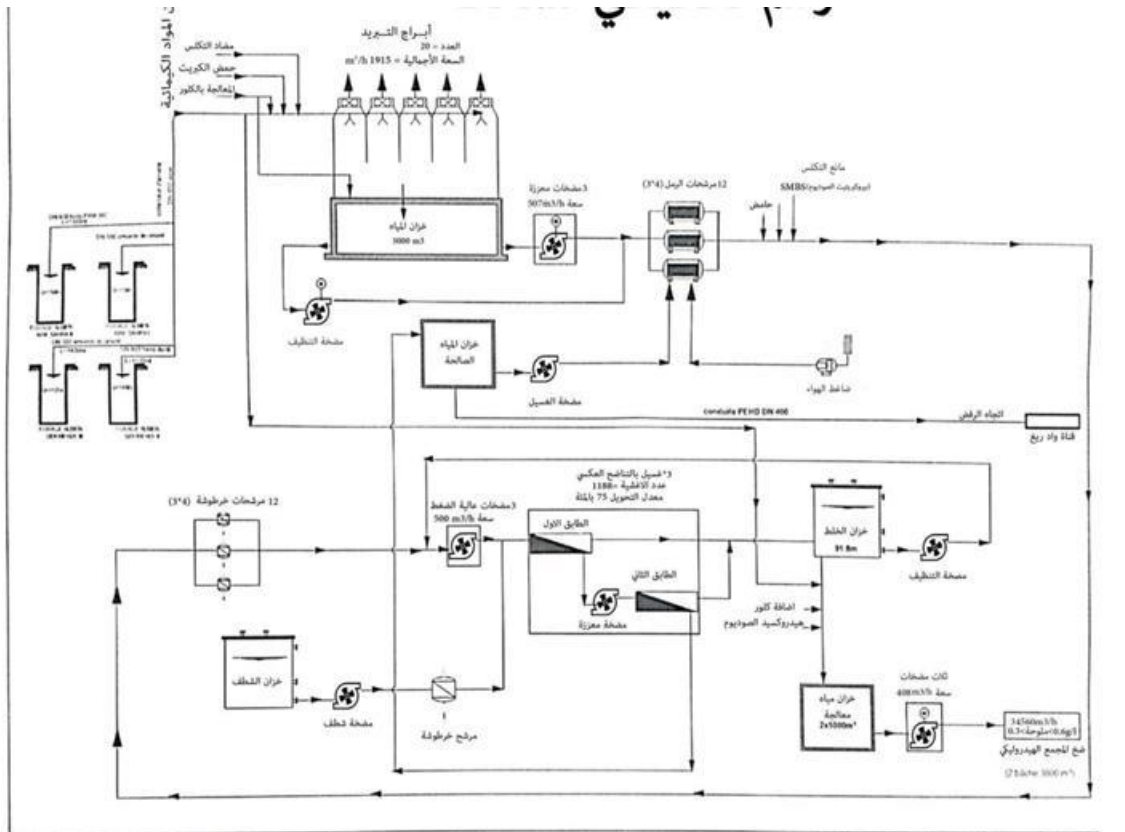


Figure 4 : Schéma des étapes de dessalement de l'eau à la station de Touggourt

Chapitre III

Résultats et discussions

Chapitre III : résultats et discussion

Introduction

Les laboratoires jouent un rôle clé et important dans les usines, de sorte que la qualité et le suivi de la matière première des matériaux à convertir en regardant régulièrement et intervention en temps opportun en cas de caractéristiques de changement de traitement. Tout cela s'applique à notre laboratoire et au même rôle, mais il est différent en termes de matière produite (l'eau), en regardant les caractéristiques physico-chimique de l'eau.

III.2.Qualité des eaux de la station d'TOUGGOURT

III.2.1.Résultats d'analyses des eaux Brute

Afin de déterminer la qualité physico-chimique des eaux de la station de Touggourt, on a effectué des analyses sur des échantillons prélevés au niveau de forages qui alimentent (tableau05).

Il est à noter que les caractéristiques biologiques n'ont été pas mesurées car les eaux qui alimentent la station sont souterraines de la nappe sénonien profonde et qui se considère comme protégée contre toute contamination

Tableau 05 : Résultats d'analyses les Forage de la station

L'élément	Unités	Forage d'AIN-Sahra1
Paramètres Physico-chimique		
pH		47.3
Conductivité à 25 °C	µS/Cm	2950
Turbidité	NTU	/
TDS	mg/l	1475
Salinité	mg/l	1.6
Résidu sec à 105°C	mg/l	2110.02
ParamètresGlobal		
Calcium Ca+2	mg/lCaCo3	/
Magnésium Mg+2	mg/l	/
Potassium K+	mg/l	10
ChloruresCl-	mg/l	1145
Dureté Totale (TH)	mg/lCaCo3	1750

III.2.2.Normes de potabilité

Une eau potable doit répondre à des normes physico-chimiques établies officiellement par chaque pays. En absence de ces dernières, la plupart des pays se réfère aux normes de l'OMS. Les différentes normes de potabilité sont regroupées dans le tableau (06).

Tableau (06): Normes de potabilité

Pays referencesparameters	Unites	OMS
Chlorures Cl ⁻	mg/l	205
Calcium (Ca ²⁺)	mg/l	200
Sodium (Na ²⁺)	mg/l	200
Magnésium (Mg ²⁺)	mg/l	50
Potassium (K ⁺)	mg/l	12
Ph	Un. Ph	6.5- 8.5
Turbidité	NTU	5
Salinité	mg/l	10
Dureté Totale (TH)	mg/lCaCo3	500
BicarbonateHCO ₃	mg/l	/

III.2.3.Résultats d'analyses des eaux traitées :

Pour étudier les résultats des analyses du traitement de l'eau pour la station d ' Touggourt nous avons pris les échantillons deux fois par mois pendant deux mois consécutifs : Février, en Mars. Comme le montre le Tableau07

Tableau (07). Résultats d'analyses d'eaux traitées

L'élément	Unité	Eau Traitée
Paramètres Physico-chimiques		
pH	-	7.2
Conductivité à 25 °C	µS/Cm	762
Turbidité	NTU	0.02
TDS	mg/l	381

Salinité	mg/l	0.3
Résidu sec à 105°C	mg/l	325.32
ParamètresGlobal		
Calcium Ca+2	mg/lCaCo3	102.5
Magnésium Mg+2	mg/l	97.5
Potassium K+	mg/l	14
ChloruresCl-	mg/l	50
Dureté Totale (TH)	mg/lCaCo3	200
Résidu sec à 105°C	mg/l	325.32

Comparatif entre les résultats d'analyses et les normes de l'OMS
 Nous faire la comparaissant les paramètres l'important entre les résultats d'analyses et les normes de l'OMS, Pour voir l'étendue de concordance entre l'eau traitée et les normes référentielle (OMS).

III.2.4. Interprétation des résultats

Après l'apparition du résultat des échantillons et résultat des eaux l'eau brute et traitée (Stations) pour chacune paramètre (pH, Salinité, Dureté Totale, Magnésium, Potassium, Chlorures). Nous pouvons comparer la valeur de chaque séparément avec les normes de OMS sur ces courbes suivant :

pH:

Dans la période d'étude on Remarque la valeur de pH de l'eau traité à la sortie de la station variant entre 7,03 et 7,76a.

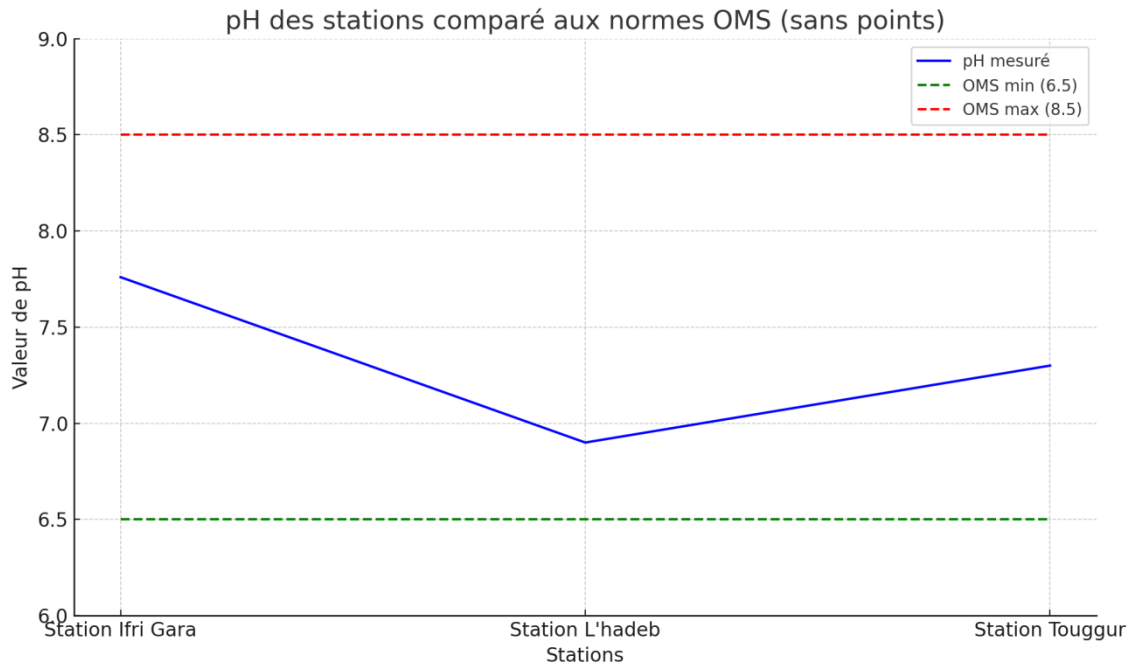


Figure 5 : Résultat d'analyses de pH

Donc la valeur de pH entre les valeurs (6.5 et 8.5) minimales et maximale de la norme de référence (OMS) De cela, nous ne concluons que de pH l'eau traitée dans les normes.

Salinité

La figure 6, en présente la variation de la salinité da l'eau la sortie de la station.

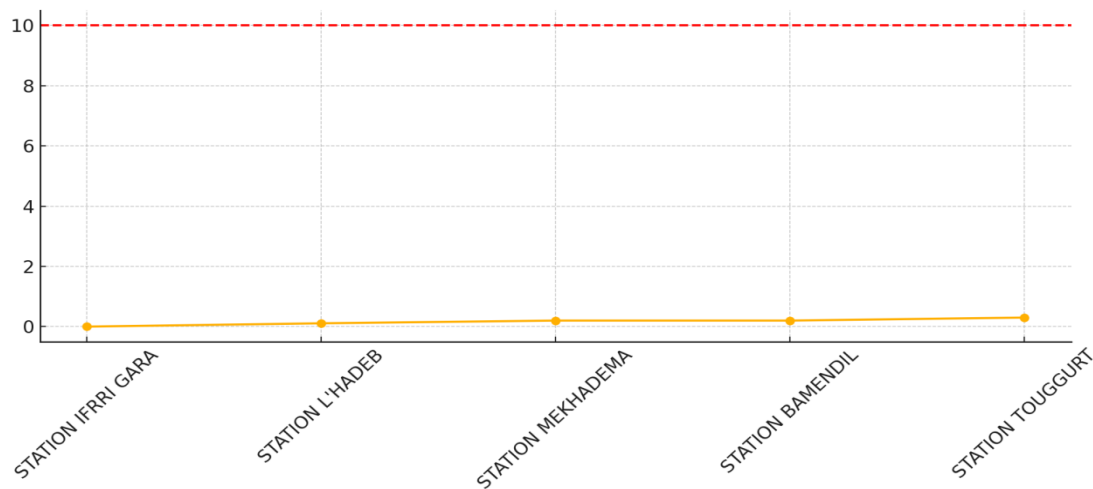


Figure 6: Résultat d'analyses de Salinité

À la sortie de la station la salinité des eaux traitée variée entre (0.35mg/l et 0.9mg/l) et la majorité dépasse la norme (OMS).généralementla salinité d'eau brute et l'eau traitée inacceptable.

Dureté Totale (TH)

Dans la Figure7.on Remarque la valeur de Dureté totale de l'eau traité à la sortie de la station variant entre (24mg/let 200mg/l).

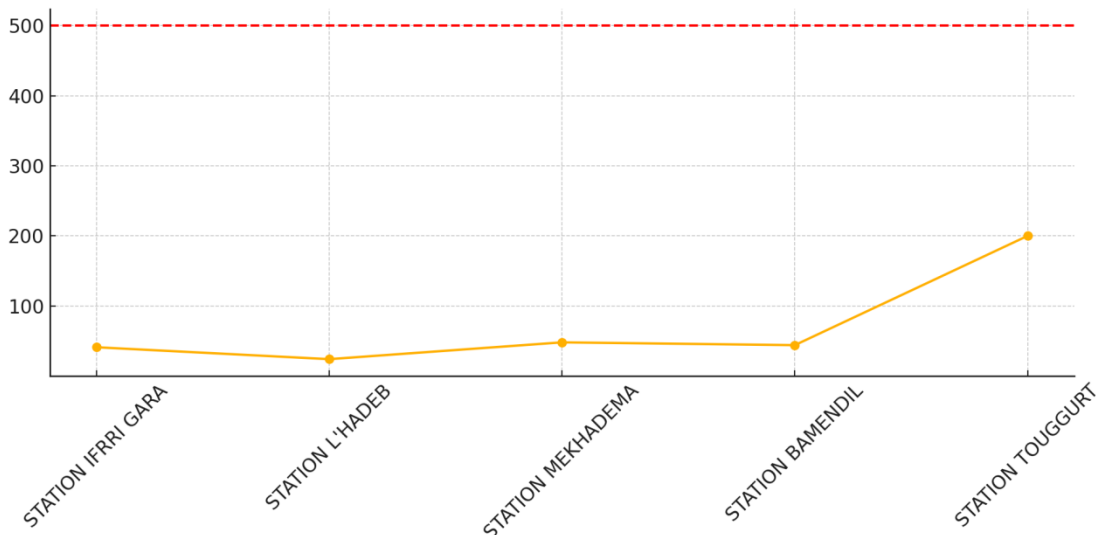


Figure 7:Résultat d'analyse de Dureté Totale (TH)

La figure 7 montre que la dureté totale prélevée dans les eaux traitée par rapportà la dureté totale de norme d'OMS.

Magnésium

Dans cette courbe, (Figure 8). Montre que la valeur de Magnésium l'eau traitée de la station variant entre 46.628 mg/l et 97, 05 mg/l.

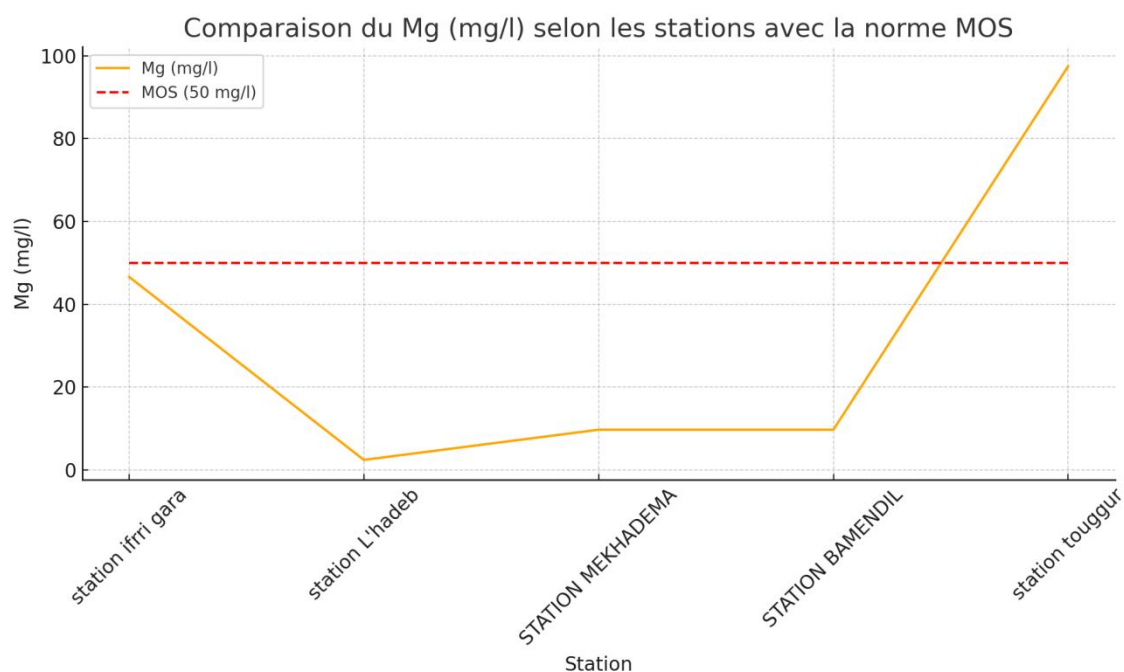


Figure8: Résultat d'analyses de Magnésium (Mg^{2+})

Nous constatons la valeur de Magnésium de l'eau traitée à la sortie de la station les valeurs sont inférieures à la valeur de la norme d'OMS. De cela, nous concluons que le Magnésium de l'eau traitée est hors normes.

Potassium

La Figure 9 montre que les valeurs de Potassium de l'eau traitée à la sortie de la station varient entre 2 mg/l et 38.5 mg/l.

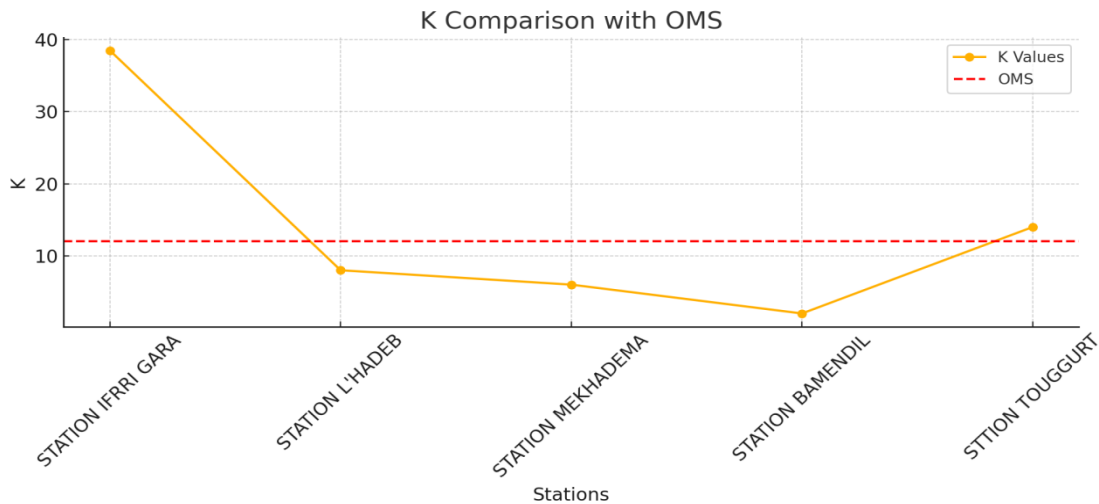


Figure 9: Résultat d'analyses de Potassium (K⁺)

On trouve que le Potassium d'eau brute très élevée, et pour l'eau traitée à la sortie de la stationne pas stable la valeur maximale 38.5 mg/l et la valeur minimales 2 mg/l c.à.d. les valeurs de potassium non conforme à la norme.

Les Chlorures

La Figure 10 montre que les concentrations en Chlorures de l'eau traitée à la sortie de la station varient entre 41.89 mg/l et 500 mg/l

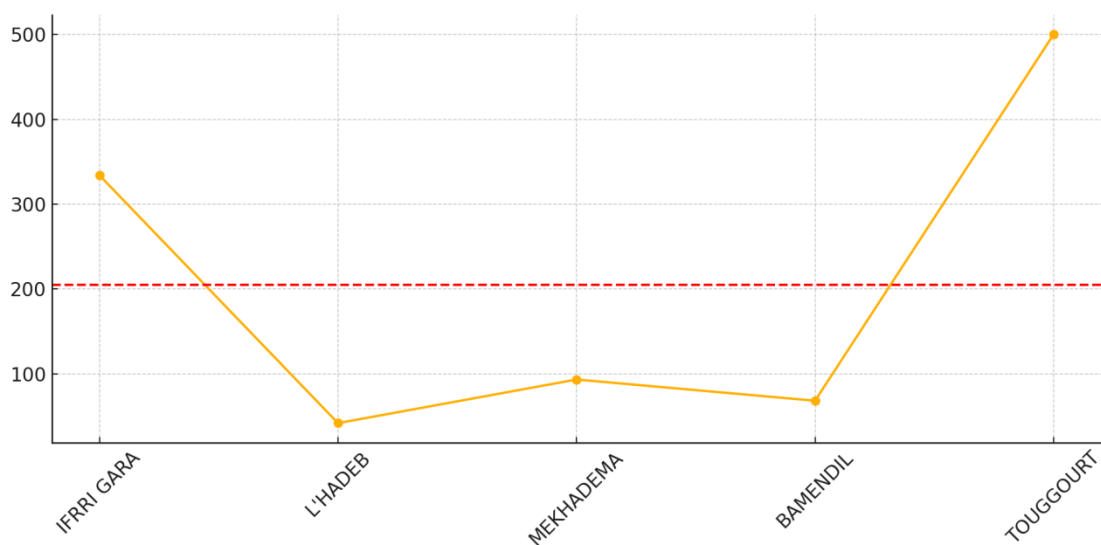


Figure10: Résultat d'analyses de Chlorures

Nous trouve que le Chlorures de l'eau traitée à la sortie de la stationne pas stable la valeur maximale est 500 mg/l et la valeur minimale 41.89 mg/l c.à.d. les valeurs de Chlorures non conforme à la norme de OMS.

III.2.4. discussion les résultats

Discussion des résultats des valeurs de pH:

Les valeurs mesurées du pH dans les stations de dessalement étudiées montrent une variabilité notable, pouvant être attribuée à la qualité variable de l'eau brute entrante, aux technologies de traitement utilisées, ainsi qu'au niveau d'entretien et de performance des équipements.

Les stations IFRI GARA (7.76), TOUGGURT (7.3), et L'HADEB (6.9) ont enregistré des valeurs situées dans l'intervalle recommandé par l'Organisation Mondiale de la Santé (6.5 – 8.5), ce qui reflète l'efficacité des procédés de traitement appliqués et leur capacité à maintenir un équilibre acido-basique approprié, indispensable pour garantir la potabilité de l'eau.

Par conséquent, on peut conclure que la majorité des stations analysées sont conformes aux normes de qualité de l'eau en matière de pH, ce qui constitue un indicateur positif de la performance des technologies de dessalement mises en œuvre.

Discussion des résultats des valeurs de salinité:

Une salinité inférieure à la limite recommandée par l'OMS ne présente pas de risque sanitaire direct, mais peut entraîner une déminéralisation de l'eau, affecter sa qualité organoleptique et augmenter les coûts d'exploitation ainsi que l'impact environnemental. Une étape de déminéralisation est donc essentielle pour garantir la conformité aux standards de qualité de l'eau potable.

Discussion des résultats des valeurs de Dureté Totale (TH):

La majorité des stations analysées présentent des niveaux de TH faibles à modérés, traduisant une bonne qualité de l'eau. La valeur élevée enregistrée à Touggourt pourrait s'expliquer par des particularités géologiques locales ou par l'exploitation de sources hydriques distinctes, ce qui justifie la nécessité d'un suivi périodique.

Bien que l'ensemble des valeurs restent en dessous des seuils admissibles, les variations significatives observées imposent une surveillance continue et rigoureuse des ressources en eaux.

Discussion des résultats des valeurs de *Magnésium* Mg:

La présence de niveaux très élevés dans la station de Touggourt pourrait indiquer une contamination géologique naturelle ou des pratiques anthropiques entraînant une accumulation de magnésium. Une telle augmentation pourrait représenter un risque pour la santé en cas de consommation prolongée de cette eau. Des mesures de surveillance et de traitement de l'eau doivent être envisagées dans cette région, en particulier lorsque les valeurs dépassent les normes sanitaires établies

Discussion des résultats des valeurs de potassium K:

Les valeurs enregistrées sont considérées comme sûres et indiquent que l'eau ne contient pas de concentrations nocives en potassium. Les différences observées entre les stations peuvent être naturelles, résultant des variations dans les sols et les sources hydriques.

Aucun signe de danger n'a été détecté pour le moment, mais il est recommandé de poursuivre la surveillance, en particulier dans les stations dont les valeurs s'approchent des seuils supérieurs.

Discussion des résultats de l'analyse des chlorures (Cl⁻):

Les résultats obtenus pour les concentrations en chlorures dans l'eau traitée à la sortie de la station de dessalement montrent une variabilité importante, avec une valeur minimale de 41,89 mg/l et une valeur maximale atteignant 500 mg/l. Cette instabilité peut être attribuée à une variation dans la qualité de l'eau brute, à une efficacité fluctuante du processus de traitement, ou à des problèmes liés à l'entretien des installations.

Selon les recommandations de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), la concentration maximale acceptable de chlorures dans l'eau potable est de 250 mg/l [1]. Par conséquent, la valeur maximale mesurée dépasse cette limite, indiquant une non-conformité ponctuelle aux normes de potabilité, ce qui peut affecter le goût de l'eau et représenter un risque pour la santé des personnes sensibles.

Il est donc essentiel de renforcer le suivi de cette composante afin d'assurer la stabilité de la qualité de l'eau produite et sa conformité aux normes internationales. Vu que notre station est en phase d'essai de mise en service alors ces résultats d'analyses effectuées vont nous idées à chercher d'approcher de point d'équilibre des eaux distribuées suivant la norme de l'OMS. Généralement et a l'échelle mondiale c'est très difficile de produire parfaitement des eaux suivant la Norme de l'OMS que il nous faut beaucoup des moyens hydrauliques (équipements, ouvrage, réhabilitation de réseaux, forage)

Conclusion

D'après les analyses en laboratoire effectuées sur les échantillons d'eau, qui ont porté sur six tests distincts, il ressort que la qualité de l'eau brute à l'entrée de la station ainsi que celle de l'eau traitée à sa sortie présente une instabilité et ne respecte pas les normes de référence établies par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS).

Cette variation des résultats est attribuée à la phase initiale de mise en service de la station, ainsi qu'aux caractéristiques physico-chimiques de l'eau traitée. Ainsi, le non-respect des normes à ce stade peut être considéré comme un phénomène attendu. Toutefois, une fois la phase de mise en service achevée et la stabilité opérationnelle atteinte, l'exploitant est contractuellement tenu d'appliquer les normes internationales définies par l'OMS afin de garantir la qualité de l'eau produite.

Conclusion

Conclusion

Les données de terrain et environnementales indiquent que l'Algérie fait face à une crise hydrique croissante caractérisée par la complexité et la multiplicité de ses causes et manifestations. D'une part, la croissance démographique rapide, l'expansion urbaine et l'augmentation des besoins dans les secteurs agricole et industriel ont exercé une pression sans précédent sur les ressources en eau traditionnelles. D'autre part, les changements températures, ont aggravé la pénurie d'eau, en particulier dans les régions du sud arides et semi-arides. Selon les rapports des organisations internationales, la part d'eau par habitant en Algérie est tombée à moins de 500 mètres cubes par an, classant le pays parmi les zones solutions non conventionnelles et durables pour garantir la sécurité hydrique.

Dans ce contexte critique, la désalinisation des eaux souterraines émerge comme l'une des options stratégiques vitales adoptées par l'Algérie dans sa politique de gestion de l'eau pour faire face aux défis futurs. L'état a accordé une attention croissante à ce secteur, allouant des investissements considérables estimés à environ 5,4 milliards de dollars pour étendre les capacités des stations de dessalement, avec des plans ambitieux de construction de six nouvelles stations d'ici 2030, dans le cadre d'une vision globale visant à assurer un approvisionnement régulier en eau, en particulier dans les régions du sud où les ressources superficielles et souterraines diminuent simultanément).

Cette étude a mis en lumière la station de dessalement de Touggourt comme un projet opérationnel et son efficacité à améliorer la qualité de l'eau produite. Les résultats montrent que la station joue un rôle clé dans la fourniture d'eau potable pour la ville de Touggourt et les communes voisines, tout en rencontrant des défis à la qualité de l'eau traitée et à sa conformité aux normes nationales et internationales telles que celles de l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Certaines déviations dans les concentrations chimiques ont été observées, nécessitant une amélioration des étapes opérationnelles ainsi que des méthodes de maintenance et de contrôle.

L'étude comparative entre la station de Touggourt et celle de Ouargla a révélé des différences importantes en termes de performance, notamment la qualité de l'eau produite,

Conclusion

soulignent la nécessité de revoir les conceptions techniques et de les adapter aux caractéristiques géologiques et chimiques propres à chaque région afin d'assurer une efficacité accrue du traitement de l'eau et de réduire l'écart entre la réalité et les recommandations des institutions sanitaires et environnementales mondiales .

Sur la base des résultats de cette étude, plusieurs recommandations scientifiques et pratiques sont proposées pour assurer le développement et l'amélioration des performances des stations de dessalement en Algérie, notamment : premièrement, la modernisation des infrastructures techniques et l'adoption de technologies avancées telles que les membranes nanotechnologiques et les énergies renouvelables afin de réduire les coûts et améliorer l'efficacité ; deuxièmement, le renforcement des capacités humaines à travers la formation continue et la spécialisation des ingénieurs et techniciens ; troisièmement, la mise en place de systèmes de contrôle et de gestion rigoureux pour surveiller la qualité de l'eau à chaque étape du traitement ; enfin, l'adoption d'un cadre légal et réglementaire strict garantissant la conformité aux normes internationales, et assurant l'équilibre entre les aspects environnementaux, économiques et sociaux de ces projets.

En conclusion, cette étude confirme que la désalinisation des eaux souterraines n'est pas une solution temporaire ou d'urgence, mais une orientation stratégique durable incontournable face aux changements climatiques et aux pressions environnementales qui affectent l'Algérie. La station de Touggourt constitue un modèle prometteur, mais le succès de cette expérience nécessite une vision intégrée incluant l'amélioration de l'efficacité, la réduction des impacts environnementaux, et le renforcement de l'intégration entre les différents secteurs de gestion de l'eau, afin d'atteindre une sécurité hydrique réelle garantissant la durabilité des ressources et protégeant les générations future

Références

Références

Références bibliographiques

- 1) Atallah A , "Procede De Dessalement Et Qualite Physico-chimique De L'eau de mer de Honaine", Majistir Universite Abou Bekr Belkaid Tlemcen ,2014; Page 1
- 2) Mansour Mohamed , Zireg Hanane "La Performance De La Station De Dessalement ", Master Université Oran 2 Mohamed Ben Ahmed, 2018;Page 1, Page 2.
- 3) Becharef M, Bennoura Bouchiba S, "Etude La Qualité De L'eau Dessalee Et Traitee Par La Station Ch Aatt El Hillal (Ain Temouchent)", Mater Université T Aire Belhadj Bouchaib De Ain-Temouchent, 2019;Pag3.
- 4) Azeb S, Bouhemil A, " Etude Des Procèdes De La Station De Déminéralisation Oued Souf - Caractérisation Et Aptitude Des Eaux- Dessalees ", Mater Université Badji Mokhtar-Annaba, 2023;Pag4.Pag5.
- 5) الضب شيماء، بالمسمار مبروكة، " دراسة الخصائص والتصنيف متعدد المتغيرات لبعض العلامات التجارية لمياه المنابع الجزائرية المعبأة"، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، 2020، ص12، ص13.
- 6) الجريدة الرسمية الجمهورية الجزائرية، العدد45، 18جويلية2024.
- 7) شحامي شيماء، شهبوي ريمياء، "دراسة الهيدروكيميائية للمياه الموجهة للشرب بمنطقة ورقلة"، مذكرة ماستر، جامعة قاصدي مرباح-ورقلة، 2021، ص27، ص28.
- 8) حلالة كوثر، موساوي منال، "دراسة نظرية لتحلية مياه البحر"، مذكرة ماستر، جامعة قاصدي مرباح-ورقلة، 2022، ص24.
- 9) Chaif M, Messaoudi Z, "Calcul La Station De Pompage D'eau De Mer De Honaine", Mater Universit Abou Bekr Belkaid, 2015, Pag6, 7,8.
- 10) Boulia N, Saidi M, "Etude Qualitative De L'eau D'alimentations Des Equipement Du Complexe Fertial- Annaba", Mater, Université Badji Mokhtar-Annaba, 2020, Pag18, Pag19.
- 11) Amoumene M, Gattouche Kh, " Suivi Qualitatif De La Station De Traitement Des Eaux Par Osmose Inverse Ifri S5w. Ouargla" Mater, Universit Kasdi Merbah Ouargla, 2022, Pag31, pag32.
- 12) العابد إبراهيم، "معالجة المياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بواسطة نباتات منقية محلية"، مذكرة ماستر، جامعة قاصدي مرباح-ورقلة، 2015، ص46.
- 13) Station De Deminer Alisation Touggourt

Références
