



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة غرداية

UNIVERSITE GHARDAÏA

كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

قسم الري والهندسة المدنية

Département Hydraulique et Génie Civile



N° d'enregistrement

/...../...../...../...../.....

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine : ST

Filière : Hydraulique

Spécialité : Hydraulique Urbaine

THEME

**Dimensionnement d'une station de déminéralisation à la
commune de Guerrara Wilaya de Ghardaia par l'osmose inverse**

Déposé:11/06/2025

Par

Bettache Tayeb

Par le jury composé de :

OULED BELKHIR Echikh	<i>UnivGhardaia</i>	<i>Examineur</i>
LACHEHAB Senna	<i>UnivGhardaia</i>	<i>Examinatrice</i>
Mechri Bachir	<i>UnivGhardaia</i>	<i>Encadreur</i>

Année universitaire : 2025/2024

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dédicace

Je dédie ce travail

*À mes chers parents qui m'ont toujours soutenu et encouragé à tout
moment À mes chers frères*

Pour tous les membres de ma famille

*À tous mes enseignants tout au long de mes études Veuillez accepter
l'expression de ma profonde gratitude pour votre soutien,
encouragement et affection.*

À tous mes amis et mes collègues de l'université.

Bettache Tayeb

Remerciement

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Monsieur **Bachir Mechri**, mon directeur de mémoire, pour son encadrement précieux, ses conseils pertinents et son soutien tout au long de ce travail. Sa disponibilité et son expertise ont été d'une grande importance pour la réalisation de ce mémoire.*

*Je remercie également chaleureusement Monsieur **Tayeb** et Monsieur **Mokhtar, Lachehab Senna, Mechri Bachir** enseignants à l'Université de Ghardaïa, pour avoir accepté d'évaluer ce travail et pour leurs remarques constructives qui ont enrichi ce mémoire.*

*Mes remerciements s'adressent également à **la subdivision de l'hydraulique de la daïra de El Guerrara** pour leur précieuse collaboration et leur aide dans la collecte des données et la compréhension du terrain.*

Enfin, je remercie toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à l'aboutissement de ce travail. Leur soutien moral, technique ou scientifique a été inestimable.

Résumé

Ce mémorandum porte sur une étude scientifique et technique visant à déterminer la taille optimale d'une usine de dessalement des eaux souterraines par osmose inverse. L'objectif est de fournir de l'eau potable pour répondre aux besoins actuels et futurs de la population. La qualité de l'eau brute a été initialement analysée en termes de salinité, de minéraux dissous et de paramètres physico-chimiques, ce qui a permis de déterminer son aptitude au traitement par membranes d'osmose inverse. La conception de l'usine dépend de plusieurs facteurs techniques, dont les plus importants sont le débit journalier requis, l'efficacité du système et le taux de rejet de sel, ainsi que les propriétés des membranes utilisées et les conditions d'exploitation (pression, température et qualité du prétraitement). Des équations de conception de base ont également été adoptées pour calculer la taille des unités de prétraitement (telles que la filtration sur sable et les filtres), les unités de pompage, le nombre de membranes, le nombre d'étages et la pression requise pour atteindre des performances optimales. Cette étude vise à présenter un modèle de conception pratique, applicable dans les zones désertiques souffrant de pénurie d'eau et de salinité élevée des ressources en eau, en améliorant l'efficacité du dessalement et en réduisant les coûts énergétiques.

Mots-clés : Dessalement - Osmose inverse - Conception d'usine - Dimensionnement - Eaux souterraines - Membranes - Traitement physique

الملخص

تتناول هذه المذكرة دراسة علمية وهندسية لتحديد الحجم الأمثل لمحطة تحلية مياه جوفية بتقنية التناضح العكسي ، وذلك بهدف توفير مياه صالحة للشرب تلبي احتياجات السكان الحالية والمستقبلية. تم في البداية تحليل نوعية المياه الخام من حيث الملوحة، والمعادن الذائبة، والمعايير الفيزيائية والكيميائية، مما سمح بتحديد مدى ملاءمتها للمعالجة عبر أغشية التناضح العكسي. يعتمد تصميم المحطة على مجموعة من العوامل التقنية أهمها معدل التدفق اليومي المطلوب، ومردودية النظام، ومعدل الرفض الملحي، بالإضافة إلى خصائص الأغشية المستخدمة وظروف التشغيل (الضغط، درجة الحرارة، نوعية ما قبل المعالجة). كما تم اعتماد معادلات التصميم الأساسية لحساب حجم وحدات ما قبل المعالجة (كالترشيح الرملي والمصافي)، وحدات الضخ، وعدد الأغشية، وعدد المراحل، والضغط المطلوب لتحقيق الأداء الأمثل. تهدف هذه الدراسة إلى تقديم نموذج تصميمي عملي يمكن اعتماده في المناطق الصحراوية التي تعاني من ندرة المياه وارتفاع نسب الأملاح في الموارد المائية، وذلك من خلال تحسين كفاءة التحلية وتقليل الكلفة الطاقوية.

الكلمات المفتاحية : تحلية المياه - التناضح العكسي - تصميم المحطة - تحديد الحجم - المياه الجوفية - الأغشية - المعالجة الفيزيائية

Abstract

This memorandum covers a scientific and engineering study to determine the optimal size for a groundwater desalination plant using reverse osmosis technology. The aim is to provide potable water to meet the current and future needs of the population. The quality of the raw water was initially analyzed in terms of salinity, dissolved minerals, and physical and chemical parameters, which allowed for determining its suitability for treatment using reverse osmosis membranes. The design of the plant depends on a number of technical factors, the most important of which are the required daily flow rate, system efficiency, and salt rejection rate, in addition to the properties of the membranes used and operating conditions (pressure, temperature, and pre-treatment quality). Basic design equations were also adopted to calculate the size of pre-treatment units (such as sand filtration and filters), pumping units, the number of membranes, the number of stages, and the pressure required to achieve optimal performance. This study aims to present a practical design model that can be adopted in desert areas suffering from water scarcity and high salinity levels in water resources, by improving desalination efficiency and reducing energy costs.

Keywords: Desalination - Reverse Osmosis - Plant Design - Sizing - Groundwater - Membranes - Physical Treatment.

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements

Dédicace

Résumé

Table des matières

Liste des Figurees

Liste des Tableau ux

INTRODUCTION GENERALE

I. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	2
I.1 INTRODUCTION	2
I.2 SITUATION GEOGRAPHIQUE :.....	2
I.3 CONDITIONS CLIMATIQUES.....	2
I.3.1 Analyse Des Précipitation.....	2
I.3.2 Analyse des températures	6
I.3.3 Etude De L'évaporation.....	6
I.3.4 LES VENTS.....	7
I.4 APERÇUGEOLOGIQUEDELAREGION:.....	9
I.5 GEOLOGIE DUSITE:.....	9
I.6 ACTIVITE AGRICOLE DE LA COMMUNE :.....	10
I.7 RESSOURCE HYDRIQUE.	10
I.8 RESEAUX D'ASSAINISSEMENT :	10
I.9 CONCLUSION.....	11
II. GENERALITE SUR LE DESSALEMENT	13
II.1 INTRODUCTION	13
II.2 DEFINITION DU DESSALEMENT	13
II.3 TYPOLOGIE DES EAUX DESSALEES.....	13
II.3.1 Eaux de mer	13
II.3.2 Eaux saumâtres	14
II.4 LES STATIONS DE DESSALEMENT DANS LE MONDE	14
II.5 LE DESSALEMENT EN ALGERIE.....	14
II.5.1 Répartition des stations	14
II.5.2 Stations monoblocs :.....	15
II.6 DIFFERENTS PROCEDES DE DESSALEMENT :.....	16
II.6.1 Procédés thermiques	17
II.6.2 Procédés membranaires	18
II.7 REJETS DE SAUMURES	19
II.8 CONTRAINTES TECHNIQUES	19
II.8.1 Entartrage.....	19
II.8.2 Colmatage	19
II.8.3 Corrosion.....	20
II.9 AVANTAGES ET INCONVENIENTS DU DESSALEMENT.....	20
II.10 CONCLUSION.....	20
III. L'OSMOSE INVERSE.....	21

TABLE DES MATIÈRES

III.1	INTRODUCTION	21
III.2	QU'EST-CE QUE L'OSMOSE EXACTEMENT ?	21
III.2.1	Qu'est-ce que l'osmose inverse et comment fonctionne-t-elle ?	21
III.3	PRINCIPE DE L'OSMOSE INVERSE :	22
III.4	PRESSION OSMOTIQUE:.....	23
III.4.1	Schéma général d'une installation d'osmose inverse :	24
III.4.2	L'alimentation en eau de mer :	24
III.4.3	Le prétraitement:.....	24
III.4.4	Installation de dessalement :	25
III.4.5	Post-traitement :	25
III.5	CARACTERISTIQUES PRINCIPALES D'UNE UNITE D'OSMOSE INVERSE :.....	25
III.5.1	Taux de conversion :	25
III.5.2	Sélectivité :.....	25
III.5.3	Débit spécifique ou densité de flux volumique :	26
III.6	MECANISMES DE TRANSFERT :	26
III.7	MODULE D'OSMOSE INVERSE.....	26
III.7.1	Modules en spirale :	26
III.7.2	Modules tubulaires.....	27
III.7.3	Modules plans et en plaques	28
III.7.4	Modules en fibres :.....	28
III.7.5	Modules en céramique :	28
III.7.6	Modules en fibres creuses :.....	28
III.8	DUREE DE VIE DES MEMBRANES :	29
III.9	CONSOMMATION D'ENERGIE :	29
III.10	RECUPERATION D'ENERGIE :	30
III.11	CONCLUSION :	32
IV.	DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE DEMINERALISATION.....	33
IV.1	INTRODUCTION	33
VI.	DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE DEMINERALISATION.....	35
VI.2	DIMENSIONNEMENT DU FILTER A SABLE MULTICOUCHE	35
VI.4	FILTRE A CARTOUCHE	37
VI.5	DIMENSIONNEMENT DU FILTER A CARTOUCHE	37
VI.6	DIMENSIONNEMENT DU FILTER A CARTOUCHE (TRAITEMENT PRINCIPAL).....	38
VI.7	NOMBRE DE FILTER SA CARTOUCHE.....	38
VI.8	DIMENSIONNEMENT DU FILTRE A CARTOUCHE (TRAITEMENT DES EAUX DE RE MINERALISATION)	39
VI.9	DEMINERALISATION.....	39
VI.10	PERMEABILITE DE LA MEMBRANE:	40
	Concentration moyenne entre l'alimentation et le rejet.....	41
VI.11	EMPLACEMENT DES PREDATEURS:	42
VI.12	CARACTERISTIQUES DE SEAUX BRUTES	42
VI.13	LAMOLALITE DES EAUX:	43
VI.14	LA MOLALITE TOTALE:	43
VI.15	LA CONCENTRATION DE L'EAU D'ALIMENTATION:	43
VI.16	NOMBRE DE PERMEATEURS.....	44
	Etage 1:	44
	Concentration en sels du rejet:	44
	Concentration moyenne entre l'alimentation et le rejet:	44
	La pression osmotique de l'alimentation:.....	44
	La pression osmotique de production:	44

TABLE DES MATIÈRES

La pression osmotique moyenne entre l'alimentation et le rejet:	44
Facteur de correction de flux de rétention de la membrane:	45
Facteur de correction de la température	45
Débit de production :	46
Débit d'alimentation:	46
Débit moyen entre l'alimentation et le rejet:	46
Facteur de correction du passage des sels:	46
Taux de passage des sels:	46
Les solides totaux dissous de la production:	46
Les solides totaux dissous du rejet:	46
Perte de charge à travers le perméateur:	47
VI.17 CALCUL DES CONVERSIONS	47
Débit de production total:	47
Débit d'alimentation:	48
VI.18 CALCUL DES NOUVELLES CONVERSIONS:	48
Débit de production totale:	49
Débit d'alimentation:	49
Calcul des Nouvelles conversions:	50
Débit de production totale:	50
Débit d'alimentation:	50
Débit spécifique du perméateur à la production :	51
Nombre total des perméateurs de l'installation	51
Nombre de perméateurs dans chaque ligne:	51
Disposition par étage	51
Débit de production	51
Débit de rejet total:	52
Conversion total:	52
Prévision de qualité d'eau osmose :	52
Qualité de l'eau produite	53
VI.19 REMINERALISATION	54
Quantité d'eau ajoutée dans le réservoir:	54
La capacité de la station	55
VI.20 CONCLUSION	56
CONCLUSION GENERALE	56
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	57
ANNEXEN	60

Liste des Figures

Figure I-1: Localisation de la ville d'El Guerrara par rapport à Ghardaïa	2
Figure I-2: Précipitation Moyenne Mensuelles.....	4
Figure I-3: Variation des Pluies Saisonnières	5
Figure I-4: Variation de la Température Moyenne Mensuelle.	6
Figure I-5: Evaporation moyennemensuelle	7
Figure I-6: Vitesse maximal du vent.....	9
Figure II-1: Différents procédés de dessalement	16
Figure II-2: : Les procédés thermiques	17
Figure II-3: Distillation multi-effets (MED)	17
Figure II-4: Distillation multi-étagée (MSF)	18
Figure II-5: Schéma d'une unité de distillation avec compression de vapeur.....	18
Figure II-6: Procédés membranaires	19
Figure III-1: L'osmose.....	21
Figure III-2: Fonctionnement de l'osmose	22
Figure III-3: Principe d'osmose inverse	22
Figure III-4: Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse	24
Figure III-5: Module spirale.....	27
Figure III-6: Modules tubulaires	27
Figure III-7: module plant.....	28
Figure III-8: module fibres creuses.....	29
Figure III-9: membranes à fibres creuses.....	29
Figure III-10: Tours de refroidissement.....	30
Figure III-11: Les pompes d'alimentation des filtres à sable sont illustrées	31
Figure III-12: filtres à sable	31
Figure III-13: Pompes d'alimentation de filtres à cartouche.....	31
Figure III-14: Filtres à cartouche	32

Liste des Tableaux

Tableau I-1 : Caractéristiques des Précipitation Moyenne Annuelles.....	3
Tableau I-2: Précipitation Moyennes Mensuelles.....	3
Tableau I-3: Caractéristiques des Précipitations Moyennes Annuelles.....	4
Tableau I-4: Caractéristiques des Précipitations Moyennes Annuelles.....	5
Tableau I-5: Répartition des pluies saisonnières.....	5
Tableau I-6: Variation de la Température Moyenne Mensuelle.....	6
Tableau I-7: Evaporation moyenne mensuelle(mm).....	7
Tableau I-8: Moyennes mensuelles des vitesses maximal du vent.....	8
Tableau I-9: les agricultures répertoriées.....	10
Tableau I-10: Caractéristiques des forages de la ville de Guerrara.....	11
Tableau II-1: La salinité de l'eau de mer et des océans.....	13
Tableau II-2: Stations de dessalement en Algérie réalisées entre 2005 -2014.....	15
Tableau II-3: Stations monoblocs de dessalement réalisé en Algérie.....	16
Tableau VI-1: Choix du filtre à sable (traitement principal).....	36
Tableau VI-2: Les normes N.A et OMS [J. Rodier, B. Legube, and N. Merlet2009,sgg2011- B. Zineddine, Z. Mehdadi, H. Benhassaini 2015].....	36
Tableau VI-3: Choix du filtre à sable (traitement aux de reminéralisation).....	37
Tableau VI-4: Les types de filtres à cartouche.....	38
Tableau VI-5: Le type de filtre à cartouche choisi.....	39
Tableau VI-6: Calcul du nombre de filtre à cartouche pour reminéralisation.....	39
Tableau VI-7: Caractéristiques initiales de la membrane.....	41
Tableau VI-8: Résultats d'analyse physico-chimique(Source ANRHghardaia).....	42
Tableau VI-9: Calcul De La Molalité.....	43
Tableau VI-10: designation du facteur de correction du flux de rétention de la membrane....	45
Tableau VI-11: les résultats de calculs de l'étape 2.....	47
Tableau VI-12: calcul corrigé de capacités en utilisant les nouvelles conversions.....	48
Tableau VI-13: Calcul corrigé des capacités en utilisant les nouvelles conversions.....	50
Tableau VI-14: Concentrations des eaux brutes.....	53
Tableau VI-15: Concentration de l'eau produite pour la disposition 8/3.....	54
Tableau VI-16: Récapitulatif de tous les résultats.....	54
Tableau 0-17: Récapitulatif de tous les résultats.....	54

Introduction générale

Introduction générale

La raréfaction des ressources en eau douce est l'un des défis majeurs auxquels sont confrontés les pays, notamment dans les régions arides et semi-arides, où les eaux souterraines constituent la principale, voire la seule, source d'eau pour répondre aux besoins croissants des populations et des différents secteurs économiques. Cependant, la qualité de cette eau est souvent inférieure aux normes requises, en raison d'une salinité élevée ou de la présence d'éléments indésirables, ce qui nécessite un traitement avant distribution.

Dans ce contexte, les technologies de dessalement sont apparues comme des solutions stratégiques pour garantir la sécurité hydrique, notamment l'osmose inverse (OI), qui a démontré son efficacité en termes d'efficacité, d'efficacité énergétique et de qualité de l'eau produite. Cependant, la conception d'une usine de dessalement performante nécessite un dimensionnement précis basé sur des données techniques et de terrain, notamment la qualité de l'eau brute, les besoins de consommation et les options de traitement associées, notamment lors de l'étape de déminéralisation, essentielle pour améliorer la qualité de l'eau produite et la protéger de la corrosion et de la sédimentation.

Dans ce contexte, ce mémorandum met en lumière les aspects techniques et scientifiques liés à la détermination de la taille optimale d'une usine de dessalement utilisant la technologie de l'osmose inverse pour le traitement des eaux souterraines. Cette détermination repose sur une étude de terrain approfondie et une analyse de données quantitatives et qualitatives, en mettant l'accent sur la relation entre les étapes de traitement (dessalement, déminéralisation, pré- et post-traitement) et leur impact sur la performance globale de l'usine.

Ce mémorandum vise à présenter un modèle de conception scientifique prenant en compte ces variables pour déterminer la taille optimale de l'usine de dessalement et assurer sa rentabilité à long terme.

CHAPITRE I

Présentation de la zone d'étude

I. Présentation de la zone d'étude

I.1 Introduction

La ville d'El Guerrara, située dans la wilaya de Ghardaïa au sud de l'Algérie, dépend principalement des eaux souterraines pour répondre à ses besoins en eau potable. Bien que les eaux des puits disponibles dans la région soient potables du point de vue sanitaire et chimique, elles présentent un goût désagréable en raison de la forte concentration de sels dissous, ce qui les rend peu appréciées par la population locale. Cette situation a conduit à envisager l'amélioration de la qualité de l'eau sur le plan gustatif sans compromettre sa sécurité, en adoptant des technologies modernes telles que l'osmose inverse comme solution efficace pour améliorer les caractéristiques physiques et organoleptiques de l'eau.

I.2 Situation géographique :

El Guerrara ou Guerrara est la deuxième importante commune de la wilaya de Ghardaïa après le chef-lieu, située à environ 115 km au nord-est de la commune de Ghardaïa à 32° 47' de latitude Nord, 4° 29' de longitude Est et a 303 mètres d'altitude. Sa superficie est de 2 900 km². [1]



Figur I-1: Localisation de la ville d'El Guerrara par rapport à Ghardaïa

I.3 Conditions Climatiques

Cette synthèse climatique, s'appuie sur les données climatiques de la station de Noumérat (ONM-Ghardaïa), située au sud de la commune de Ghardaïa.

I.3.1 Analyse Des Précipitation

Les précipitations constituent un facteur essentiel pour définir le climat régnant dans la région et pour l'analyse des ressources en eau.

- Précipitations Annuelles

La pluviométrie observée à la station de Noumérat met en évidence l'importance des variations d'amplitude de la pluviométrie d'une année à l'autre. La variation des précipitations annuelles durant la période d'observation montre l'écart important entre les valeurs extrême, signe d'une irrégularité. Nous résumons dans le Tableau uN°1 les principales caractéristiques des précipitations moyennes annuelles :

Tableau I-1 : Caractéristiques des Précipitation Moyenne Annuelles.

	Valeurs
PmoyAnnuelle(mm)	111.60
PmoyAnnuelle(mm)	21.2
PmoyAnnuelle(mm)	197.7

Nous remarquons que la précipitation maximale annuelle peut dépasser la moyenne annuelle, signe d'une très grande irrégularité et de grands écarts des précipitations.

- Précipitation Mensuelles

La pluviométrie moyenne interannuelle a été évaluée 111.6mm. Sa répartition mensuelle est donnée dans le Tableau u ci-dessous :

Tableau I-2: Précipitation Moyennes Mensuelles

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Sép	Oct	Nov	Déc	Total
Précipitations (mm)	9.2	15.8	11.6	6.5	11.9	10.6	12.8	12.5	10.1	4.3	1.0	5.3	111.6
%	8.2	14.2	10.4	5.8	10.7	9.5	11.5	11.2	9.1	3.9	0.9	4.8	100

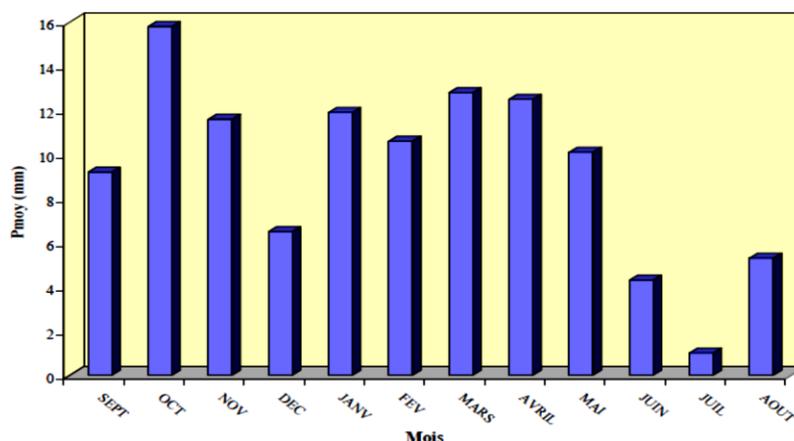


Figure I-2: Précipitation Moyenne Mensuelles

L'analyse du Tableau u et de la Figure met en évidence deux saisons bien marquées :

Une saison humide allant de Septembre à Mai, avec quelques maxima remarquables en Octobre, Mars et Avril.

Une saison sèche allant de Juin à Août, avec des minima remarquables en Juin et Juillet avec une pluviométrie pratiquement nulle sur ces deux mois. Le Tableau uN°3 résume les caractéristiques des précipitations moyennes annuelles :

Tableau I-3: Caractéristiques des Précipitations Moyennes Annuelles

	Valeurs
PAN(mm)	111.60
Pmoymensuelle(mm)	9.30
Pmoymensuelle(mm)	1.00
Pmoymensuelle(mm)	15.0
Ecarttype	4.23
CV	0.45

- Précipitation Maximale Journalières

Les précipitations maximales journalières permettent de calculer les intensités des pluies les plus fréquentes et d'estimer, par conséquent, un débit de crue (débit de pointe des eaux pluviales).

La série d'observations enregistrée entre nous a permis de déduire la pluviométrie maximale journalière, qui est de 43,8 mm. Le Tableau u n°4 résume les caractéristiques des précipitations journalières maximales :

Tableau I-4: Caractéristiques des Précipitations Moyennes Annuelles

	Valeurs
Pjmax	20.20
Ecarttype	9.56
CV	0.47

- **Précipitations Saisonnières**

Pour apprécier la variation des précipitations ou le régime pluviométrique saisonnier de la région, nous avons calculé le total des précipitations de chaque saison. Nous résumons dans le Tableau u N°5 la variationsaisonnière des précipitations :

Tableau I-5: Répartition des pluies saisonnières

Mois	Sept – Oct - Nov	Déc – Jan -Fév	Mar – Avr - Mai	Juin- Jui - Aou
Saison	Automne	Hiver	Printemps	Eté
El Guerrara	36.64 mm	28.91mm	35.46mm	10.61mm
	32.82%	25.90%	31.77%	9.50%

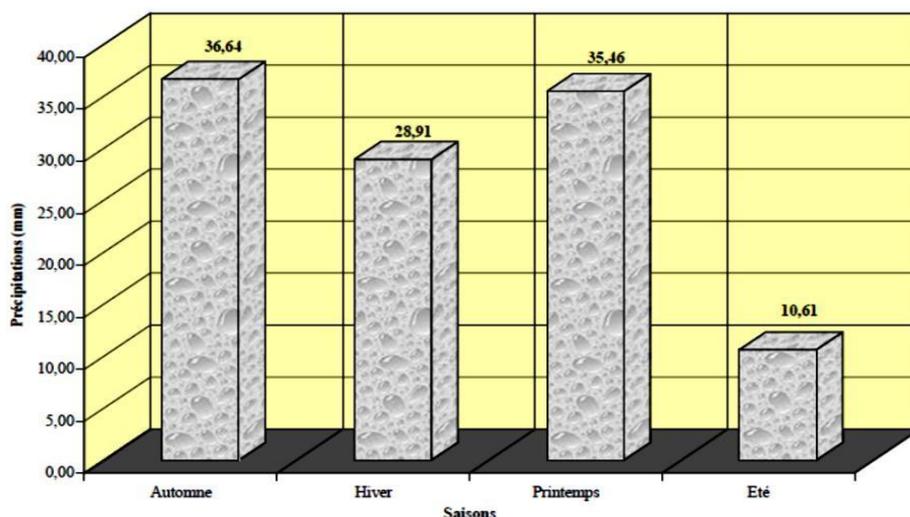


Figure I-3: Variation des Pluies Saisonnières

En examinant les données du Tableau u N°15, nous remarquons que les saisons les plus pluvieuses sont l'automne et le printemps avec plus de 30% de précipitations chacune, l'été est le mois le moins pluvieux avec moins de 10% de précipitations.

I.3.2 Analyse des températures

Températures moyennes mensuelles Nous résumons dans le Tableau u N°6, la variation de la moyenne mensuelle des Température

Nous remarquons que la température moyenne annuelle est égale à 19,4°C avec un minima moyen enregistré le mois Janvier de 8,6°C et un maxima moyen enregistré le mois de Juillet de 31,5°C.

Tablea I-6: Variation de la Température Moyenne Mensuelle

Mois	Sép.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout
TEMP. MOY. EN°C	26.1	19.9	13.8	9.6	8.6	10.8	14.1	17.2	22.4	27.8	31.5	31.0

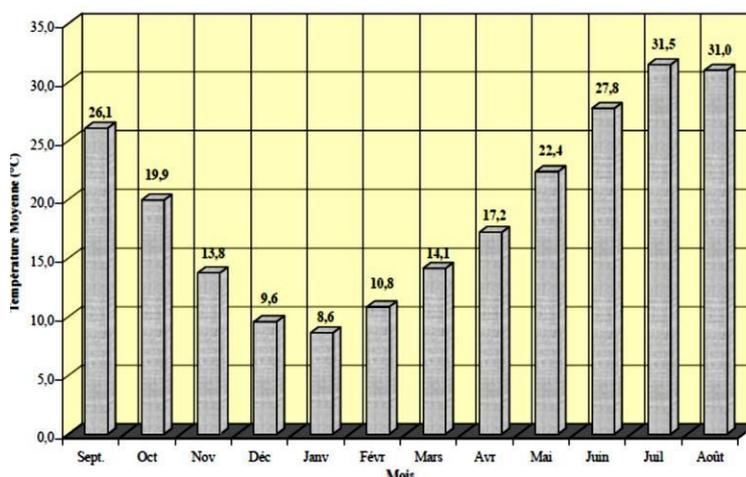


Figure I-4: Variation de la Température Moyenne Mensuelle.

I.3.3 Etude De L'évaporation

Evaporation Mesurée L'évaporation est mesurée journallement sur le bac type COLORADO de la station de Ghardaïa. Cette évaporation journalière est définie par larelation:

$$E=P \pm H$$

E:Evaporation journalière du bac en mm,

P : Précipitation en mm,
 H: Hauteur d'eau ajoutée ou enlevée dans le bac(mm).

Pour notre zone d'étude, les valeurs observées de l'évaporation du plan d'eau libre sont résumées dans le Tableau u N°07 suivants :

Tableau I-7: Evaporation moyenne mensuelle(mm)

Mois	Sép.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	annuel
Evaporation (mm)	286.4	179.3	107.5	77.8	81.8	110.6	181.3	246.8	329.7	378.4	439.9	382.0	2801.53

Nous représentons dans la Figuree suivante la variation de l'évaporation par rapport à la précipitation et la température

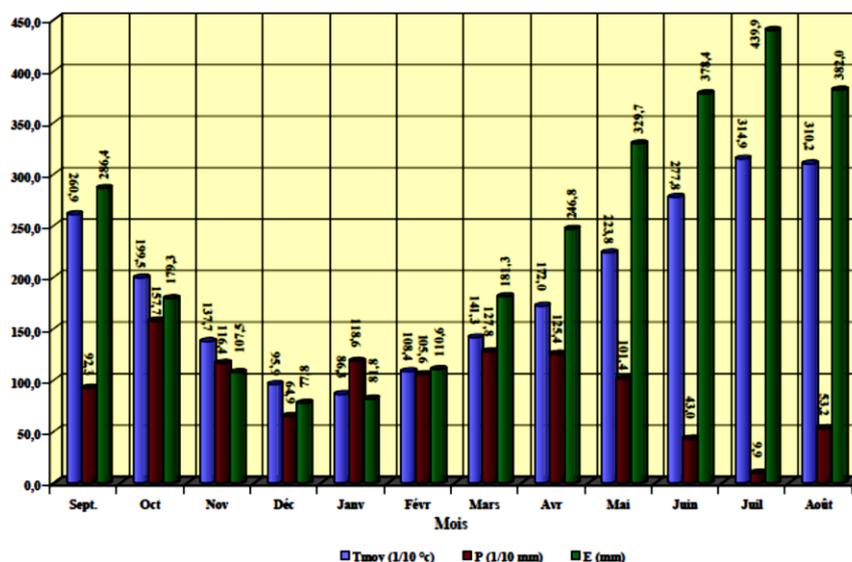


Figure I-5: Evaporation moyennemensuelle

Nous remarquons que l'évaporation varie proportionnellement à la température et contrairement à la précipitation. Cette évaporation est faible entre Novembre et Mars et plus faible encore entre Décembre et Janvier, c'est-à-dire durant la période humide, Lorsque les précipitations sont plus élevées que les températures. Au cours des autres mois de l'année l'évaporation est très importante enregistrant des pics très élevés allant à 440 mm le mois de Juillet.

I.3.4 LES VENTS

En hiver, les latitudes les plus basses permettent aux perturbations du front polaire de descendre vers Sud atlantiques et le Saharaseptentrional ; les vents sont réguliers sur la partie méridionale

des hautes pressions, dit : l'Alizé d'Harmattan. En été, les influences sahariennes s'étendent dans toutes l'Algérie septentrionale jusqu'au Sud de l'Europe à cause des déplacements des hautes pressions vers les latitudes les plus élevées.

- Au Sud du Sahara: ce sont les vents du Nord à Nord/Est.
- Au Nord/Est du Sahara: ce sont les vents Alésiens saisonniers Nord à Nord/Est.
- Au Nord du Sahara: ce sont les vents du Sud très brûlants.

▪ LES VENTS D'ORIGINE NORD

Les vents du Nord sont les plus fréquents pendant les mois de Janvier à Mars, Octobre et Décembre. Ils sont à l'origine d'importantes précipitations quand les perturbations qui se forment sur la Méditerranée progressent vers le Sud Algérien.

▪ LES VENTS D'ORIGINE EST

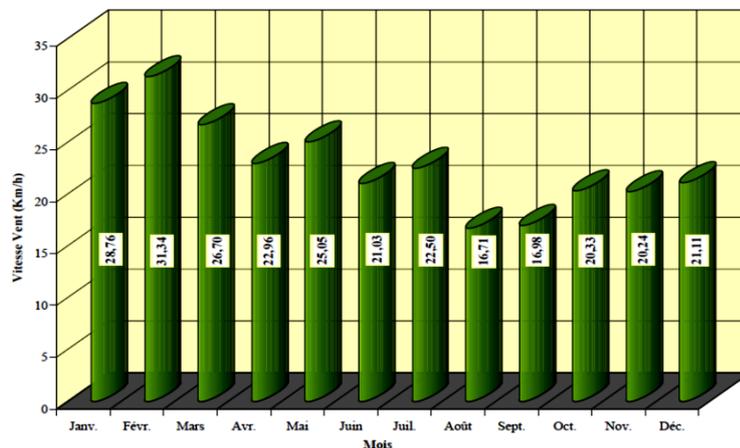
Cette direction prédomine au cours des mois d'Avril jusqu'à Septembre avec des fois des vents soufflant du Nord au Sud. Les vents du Sud sont à l'origine du sirocco qui atteint les côtes méditerranéennes. Ils sont fréquents pendant l'été (Juillet–Août) et rares en hiver mais peuvent se manifester au mois de Septembre.

▪ LES VENTS D'ORIGINE OUEST:

Ces vents sont présents pendant toute l'année avec cependant une certaine force remarquable au cours de l'hiver et du printemps. Les averses qu'on observe pendant ces deux saisons sont dues à ces vents qui circulent d'Ouest en Est. Nous résumons dans le Tableau u 08 suivant les vitesses des vents observés de la station de Noumérat :

Tableau I-8: Moyennes mensuelles des vitesses maximal du vent

Mois	Sép.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout
Vent max (km/h)	28.76	31.34	24.36	22.96	25.05	21.03	17.05	16.71	16.98	20.33	20.24	21.11



Figur I-6: Vitesse maximale du vent.

L'analyse de la Figure, montre que la vitesse maximale du vent, mise à part les mois d'Août et Septembre, elle dépasse les 20 km/h, avec des pics qui peuvent atteindre 30 km/h enregistrés en Janvier et Février. Ces vents de différentes directions sont caractérisés par une circulation importante de grandes masses mouvantes de sable. Cette mouvance du sable augmente davantage en se déplaçant vers le Sud de la zone étudiée. Ceci implique la formation des bancs de sable et des dunes, au niveau des obstacles ou lors d'une diminution de la vitesse du vent. [3]

I.4 Aperçu Géologique de la région:

La géologie de la région de Guerrara se caractérise par le développement des formations d'âge néogène (Mio-Pliocène) et quaternaire qui reposent en discordance sur ses formations carbonatées du crétacé supérieur. Le Mio-Pliocène est constitué de marnes versicolores, conglomérats, calcaire dolomitique (carapace) et de grès friable consolidé. Le quaternaire est largement répandu à travers toute la région, il est représenté par des dépôts d'érosion et d'altération physico-chimique. Du point de vue tectonique, la structure géologique de la région de Guerrara représente une tectonique étagée et calme. Elle appartient structurellement au domaine de la plateforme saharienne [1]

I.5 Géologie du site:

La géologie du site est composée comme suit : 0 à 0,2 m sable grossier à fin rougeâtre 0,2 à 0,6 m Grès très dur blanchâtre 0,6 à 1,2 m Sable grossier à fin grisâtre 1,2 à 3,30 m Sable compact grisâtre Le terrain est formé essentiellement d'une couche de sable compacte en profondeur qui devient par foissable graveleux à caillouteux rougeâtre, reposant sur des grès. Ces derniers Parfois affleurent.

Hydrologie du site :

Les nappes ont été détectées du moins jusqu'à 3,30m de profondeur. En plus le réseau hydrologique s'inscrit à côté du site par un lit d'Oued. L'analyse granulométrique résume comme suit:

- Gravier 07 %
- Grossable 38%
- Sable fin 43%

I.6 Activité agricole de la commune:

La surface agricole totale (SAT) s'élève à 1664 ha soit 4193,28 m³/h, représente environ 14% du débit de la STEP à l'horizon 2030 et 10 % de la capacité de production de la STEP en 2015. D'après les informations collectées des services de la DSA de Guerrara les périmètres d'irrigation sont exclusivement réservés à la plantation de palmiers dattiers. [29]

D'après les informations collectées des services de la DSA de Guerrara les périmètres d'irrigation sont exploités par les agricultures répertoriées dans le Tableau u suivant

Tableau I-9: les agricultures répertoriées

Nombre	Nom de l'Océan	Programme	Surface (ha)
1	Agzou	RA	160
2	Agzou jeunesse	APFA	24
3	Tafezouine	APFA	108
4	Drine leamyade M2	Privilège	100
5	Drine 4	Privilège	100
6	Drine 5	Privilège	100
7	Drine 1	APFA	138
8	Leamyade drine M1	Privilège	100
9	Leamyade Réclamation	APFA	140
10	Leamyade L'ancien	RA	120
11	Leamyade Réclamation	RA	120
12	Leamyade Jerayefe	RA + APFA	80
13	Drine 3	APFA + Privilège	104
14	Elgartoufa	APFA	170
15	Elgartoufa Educateurs	Privilège	100
A	En dehors de l'océan	-	-

Le total de la surface du périmètre est à environ 1664 ha.

I.7 Ressource hydrique.

La ville de El Guerrara est alimentée à partir des forages en nombre de 9 forages, gérés et exploités par l'Algérienne des eaux (ADE) ci-dessous le Tableau u récapitulatif des

caractéristiques des forages.

Tableau I-10: Caractéristiques des forages de la ville de Guerrara

NOM DU FORAGE	Débit mobilisé (l/s)	Débit exploité (l/s)	Mesuré (l/s)	Estimé (l/s)	Volume total exploité (m ³ /j)	Gestionnaire	Heures de pompage (heures)
ERRAHMANET	40	23	Bloqué	23	1325	ADE	16
S-BELKHEIR	49	21	21,11	-	1814	ADE	24
Sidi Abdelkader	44	14	Bloqué	14	1210	ADE	24
S'HAN	36	25	Bloqué	25	2160	ADE	24
S-EJANAIA	9	7	Bloqué	7	605	ADE	24
KOUIET ECHOUF	50	19	S/Compteur	19	1642	ADE	24
BOUKERTAS	50	21	S/Compteur	21	1814	ADE	24
ERRABWA	45	24	Bloqué	24	2074	ADE	24
S-EJENAIA 2	50	19	Bloqué	19	1642	ADE	24
S'hen 1	40	25	Bloqué	25	1385	ADE	24
Nouveau Pole	55	24	Bloqué	24	1210	ADE	24
Nouveau Village agricole	50	25	Bloqué	25	1285	ADE	24
Total					18166		

Les besoins en Eau pour la ville d'El Guerrara pour l'horizon 2024 données recueillies des services de la subdivision de l'hydraulique, suivant le schéma directeur d'AEP est de 28 780m³/j, soit un déficit de l'ordre de 10614 m³/j.

I.8 Conclusion

La ville d'El Guerrara constitue un exemple significatif des régions sahariennes qui dépendent presque exclusivement des eaux souterraines pour satisfaire leurs besoins en eau potable. Bien que ces eaux soient considérées comme potables sur le plan sanitaire. Ainsi, il devient nécessaire de recourir à des technologies de dessalement avancées, telles que l'osmose inverse, afin d'améliorer les caractéristiques organoleptiques de l'eau et la rendre plus douce et agréable à consommer, sans altérer sa qualité sanitaire. Cette approche s'inscrit dans une démarche visant à assurer la durabilité des ressources hydriques et à offrir une eau de meilleure qualité répondant aux attentes de la population locale.

CHAPITRE II

Généralité sur le dessalement

II. Généralité sur le dessalement

II.1 Introduction

L'image d'une planète recouverte à 75 % d'eau suggère l'existence d'une ressource abondante et renouvelable. Cependant, 97 % de l'hydrosphère est constituée d'eau salée, et seulement 2,53 % de l'eau disponible est douce, dont la majeure partie est piégée sous forme de glace et de neige. Ainsi, à peine 0,001 % des ressources hydriques, soit environ 14 000 millions de m³, sont accessibles à l'usage humain. Face à ce déficit, le dessalement de l'eau de mer apparaît comme une alternative indispensable.

II.2 Définition du dessalement

Le dessalement est un procédé visant à éliminer les solides dissous présents dans l'eau de mer ou l'eau saumâtre afin de produire de l'eau potable. La teneur en sel est généralement exprimée par la concentration en solides dissous totaux (TDS), qui désigne l'ensemble des minéraux, métaux, cations et anions dissous dans l'eau et détermine ainsi sa salinité [5]

II.3 Typologie des eaux dessalées

II.3.1 Eaux de mer

La caractéristique principale de l'eau de mer est sa salinité, c'est-à-dire sa teneur globale en sels (chlorures de sodium et de magnésium, sulfates, carbonates). La salinité des mers ouvertes oscille autour de 35 g/L, valeur standard pour l'eau de mer, mais elle varie en fonction de l'équilibre précipitation-évaporation. Dans les mers fermées ou peu ouvertes sur les océans, cette valeur peut être sensiblement différente [6].

Tableau II-1: La salinité de l'eau de mer et des océans

Mer ou océan	Salinité
Mer Baltique	7000
Mer Caspienne	13500
Mer Noir	20000
Mer Adriatique	25000
Océan Pacifique	33600
Océan Atlantique	33800
Mer Méditerranée	39000
Golfe Arabique	43000
Mer Rouge	43000
Mer Morte	270000

II.3.2 Eaux saumâtres

Les eaux saumâtres sont des eaux salées non potables dont la salinité est inférieure à celle de l'eau de mer, comprise entre 1 et 10 g/L. Elles se présentent sous forme d'eaux de surface ou souterraines et tirent leur composition des sols qu'elles traversent. Leurs principaux composants sont le CaCO_3 , le CaSO_4 , le MgCO_3 et le NaCl [6].

II.4 Les stations de dessalement dans le monde

De nombreuses régions côtières, dépourvues de ressources en eau douce, dépendent entièrement ou partiellement des techniques de dessalement. En 2018, 15 900 usines de dessalement réparties dans 177 pays produisaient 95 millions de m^3 d'eau douce par jour, destinés à 62,3 % à la consommation humaine, 30,2 % à l'industrie et le reste à l'agriculture et à la production énergétique [4]. En 2008, le monde comptait 13 869 stations, concentrées principalement autour de la Méditerranée, du Golfe Persique, de la péninsule Arabique, et sur les côtes indienne, américaine, chinoise, australienne et japonaise [7].

II.5 Le dessalement en Algérie

II.5.1 Répartition des stations

Le Tableau u I.2 présente la répartition des stations de dessalement en Algérie entre 2005 et 2014. L'Algérie dispose de 23 petites stations (2 500 m^3/j chacune) totalisant une capacité de 57 500 m^3/j , réparties dans huit wilayas. Certaines d'entre elles ont été réalisées par l'entreprise allemande LINDE-KCA [8].

Le Tableau u ci-dessous donne la répartition des stations de dessalement en Algérie entre 2005 -2014 :

Tableau II-2: Stations de dessalement en Algérie réalisées entre 2005 -2014

N	Station	Wilaya	Capacité m³ /j	Mise en service
01	Kahrama Arzew	Oran	90.000	2005
02	Hamma	Alger	200.000	2007
03	Skikda	Skikda	100.000	2007
04	Bnisef	Ain Temouchent	200.000	2007
05	Mostaganem	Mostaganem	200.000	2008
06	Douaouda	Alger Ouest	100.000	2008
07	Souk Tlata	Tlemcen	200.000	2011
08	Honain	Tlemcen	200.000	2012
09	Cap Blanc	Oran	200.000	2008
10	El-Taref	El-Taref	50.000	2008
11	Ténès	Chleff	200.000	2008
12	Magtaâ	Mostaganem	500.000	2014
13	Oued Sebt	Tipaza	100.000	2009
14	Cap Djenet	Alger Est	100.000	2011
Total	14 Stations		2400 000	

II.5.2 Stations monoblocs :

Ce sont des stations de petite capacité (2500 m³ /j). L'Algérie en possède 23 petites stations de dessalement d'eau de mer pour une capacité de 57 500 m³ /j ont été réalisées et réparties à travers 08 wilayas. Cette opération a été soumise à la passation de deux marchés. 08 stations du Tableau u, sur 05 sites d'une capacité globale de 22 500 m³/j ont été réalisées par l'entreprise Allemande LINDE-KCA.

Tableau II-3: Stations monoblocs de dessalement réalisé en Algérie

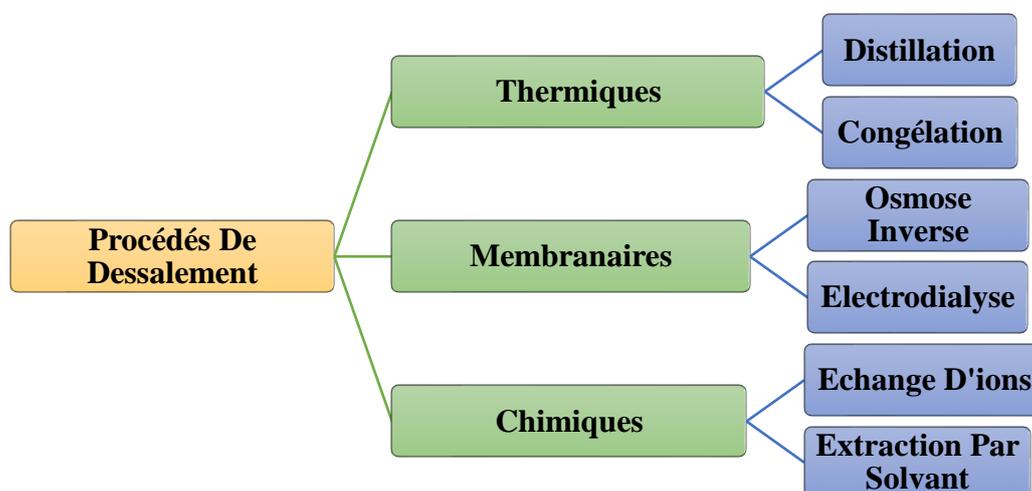
N°	Wilaya	Site	Commune	Capacité (m3/J)
1	Tlemcen	Ghazaouet	Ghazaouet	2500
2		Ghazaouet 2	Ghazaouet	2500
3	Tipaza	Bou-Ismaïl	Bou-Ismaïl	5000
4	Alger	Champ de tir	Zeralda	2500
5		Champ de tir 2	Zeralda	2500
6		Palm Beach	Staouali	2500
7		La fontaine	Ain Benian	2500
8		La fontaine	Ain Benian	2500
Total	8 Station			22500

II.6 Différents procédés de dessalement :

Les méthodes actuelles de dessalement des eaux sont classées en trois catégories, selon le Principe appliqué :

- Les procédés thermiques ;
- Les procédés membranaires ;
- Les procédés chimiques.

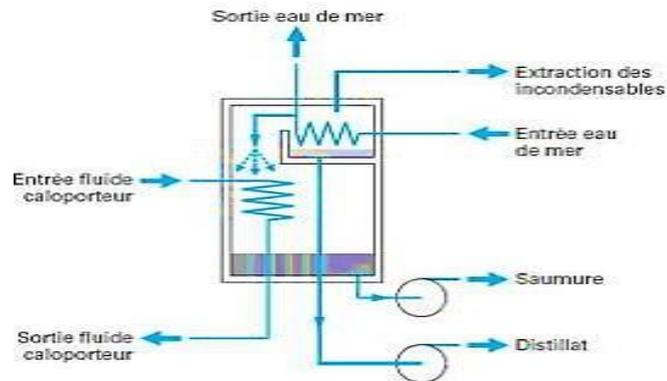
Parmi les procédés mentionnés précédemment, la distillation et l'osmose inverse sont des technologies qui ont démontré leurs performances dans le traitement de l'eau de mer. En effet, ces deux procédés sont les plus commercialisés dans le marché mondial du dessalement. Les autres techniques n'ont pas connu un essor important dans le domaine à cause de Problèmes.



Figur II-1: Différents procédés de dessalement

II.6.1 Procédés thermiques

- **Distillation simple effet** : reproduction du cycle naturel de l'eau par évaporation et condensation.



Figur II-2 : Les procédés thermiques

- **Distillation multi-effets** : récupération successive de la chaleur pour optimiser le rendement.

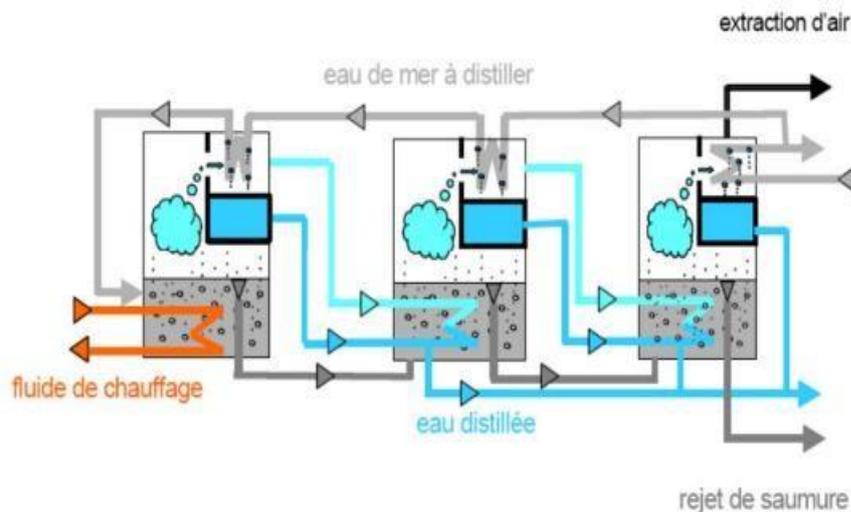


Figure II-3: Distillation multi-effets

- **Distillation multi-étagée** : vaporisation instantanée sous pression réduite dans des étages successifs.

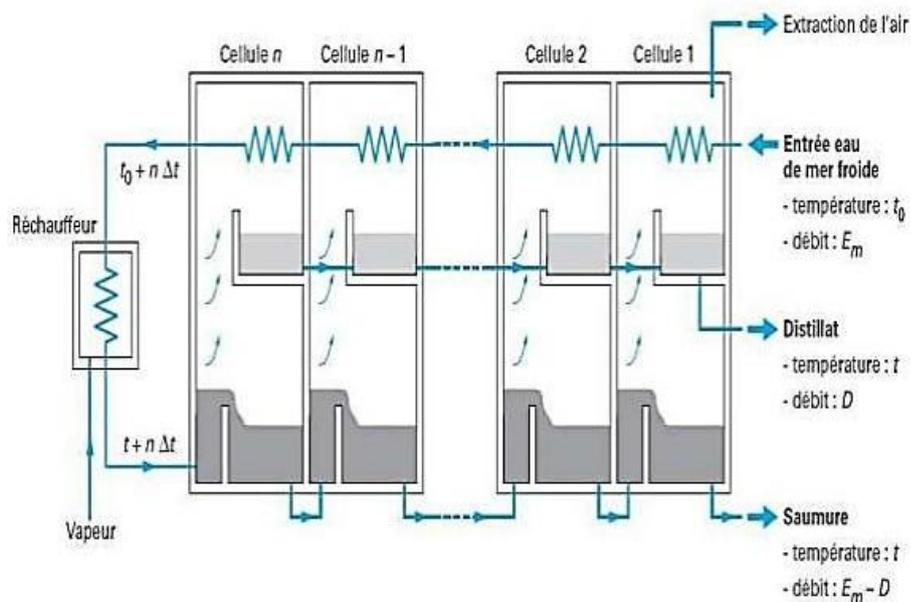
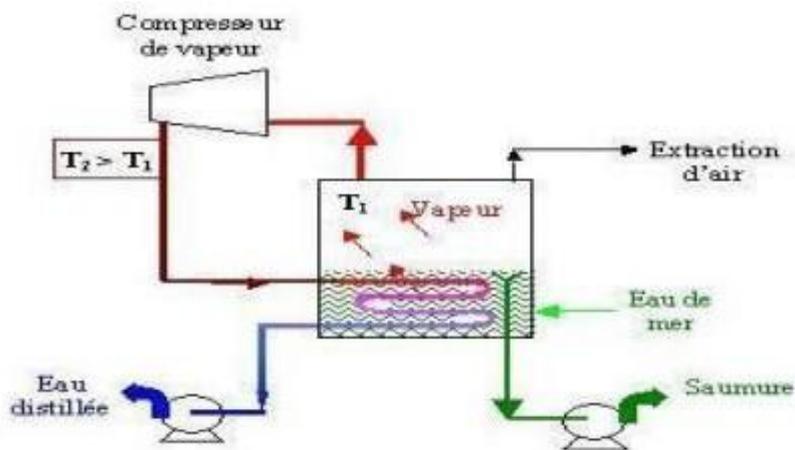


Figure II-4: Distillation multi-étagée

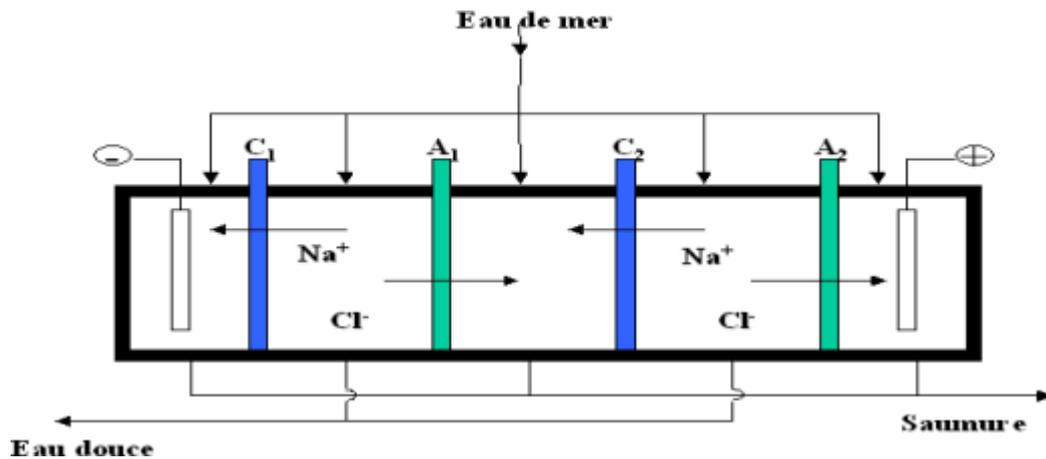
- **Compression de vapeur** : revalorisation de la vapeur par compression mécanique ou



Figur II-5: Schéma d'une unité de distillation avec compression de vapeur

II.6.2 Procédés membranaires

- **Électrodialyse** : séparation ionique sous l'effet d'un champ électrique.
- **Osmose inverse (OI)** : application d'une pression supérieure à la pression osmotique pour inverser le flux d'eau et séparer les sels dissous [11].



Figur II-6: Procédés membranaires

- **Échangeurs d'ions** : substitution d'ions présents dans l'eau par ceux fixés sur un matériau échangeur [12,13].
- **Extraction par solvant**
- **Procédés alternatifs** : congélation, dessalement solaire et éolien. Ces derniers, souvent expérimentaux, permettent d'alimenter des zones isolées à faible coût mais nécessitent des installations fiables et simples pour garantir leur durabilité [14].

II.7 Rejets de saumures

Les rejets de saumures issus des stations de dessalement, qu'ils soient directs ou indirects via des émissaires sous-marins, constituent un enjeu environnemental majeur pour les zones côtières. Leur dispersion insuffisante entraîne la dégradation des milieux aquatiques. Une bonne maîtrise des écoulements est essentielle pour limiter leur impact [15].

II.8 Contraintes techniques

II.8.1 Entartrage

Dépôt de sels minéraux sur les surfaces d'échange thermique, principalement constitué de CaCO_3 , Mg(OH)_2 et CaSO_4 , entraînant perte de rendement et obstruction des conduites [16].

II.8.2 Colmatage

Accumulation de matières organiques et de micro-organismes sur les membranes en osmose inverse, réduisant la capacité de production. Un prétraitement adapté, incluant souvent coagulation-floculation et filtration, permet de limiter ce phénomène [16].

II.8.3 Corrosion

Dégradation progressive des métaux sous l'effet de l'eau salée, provoquant fuites, ruptures et pollution de l'eau produite [17].

II.9 Avantages et inconvénients du dessalement

✓ Avantages :

- Accès à une ressource abondante et peu polluante.
- Disponibilité à proximité des zones peuplées et des sites industriels.
- Progrès technologiques récents dans les procédés (notamment l'osmose inverse).
- Réduction des coûts dans les régions côtières [18].

✓ Inconvénients :

- Coût élevé des installations et forte consommation énergétique.
- Émissions de gaz à effet de serre.
- Dégradation des littoraux et perturbation des écosystèmes marins.
 - Présence possible de métaux lourds et rejets de saumure [18].

II.10 Conclusion

Le dessalement représente aujourd'hui une solution technique efficace pour sécuriser l'approvisionnement en eau douce. Toutefois, son développement nécessite une vigilance accrue quant à son impact environnemental, notamment en ce qui concerne les rejets concentrés en sels.

CHAPITRE III

L'osmose inverse

III. L'osmose inverse

III.1 Introduction

Dans le milieu naturel, l'osmose joue un rôle fondamental dans le maintien des équilibres biologiques. Cependant, en milieu industriel, on parle d'osmose inverse, un procédé qui consiste à appliquer une pression élevée P (supérieure à la pression osmotique, généralement autour de 80 bars) pour forcer l'eau salée à traverser une membrane en direction du compartiment contenant de l'eau douce. Cette membrane séparant les deux compartiments ne laisse passer que l'eau, ce qui permet ainsi d'obtenir de l'eau douce du côté opposé. À l'inverse, dans des conditions naturelles, sans membrane ni pression appliquée, l'eau douce se mélangerait progressivement à l'eau salée jusqu'à atteindre un équilibre de concentration.

III.2 L'osmose

L'osmose repose sur le principe d'équilibre : lorsque deux liquides présentant des concentrations différentes en particules dissoutes entrent en contact, leurs concentrations se mélangent jusqu'à devenir uniformes. Si ces deux liquides sont séparés par une membrane semi-perméable (laissant passer les liquides mais retenant les solides dissous), le liquide le plus faiblement concentré en solides dissous traverse la membrane et rejoint le liquide le plus concentré. Le niveau d'eau d'un côté de la membrane augmente après un certain temps. La pression osmotique est la différence de hauteur.

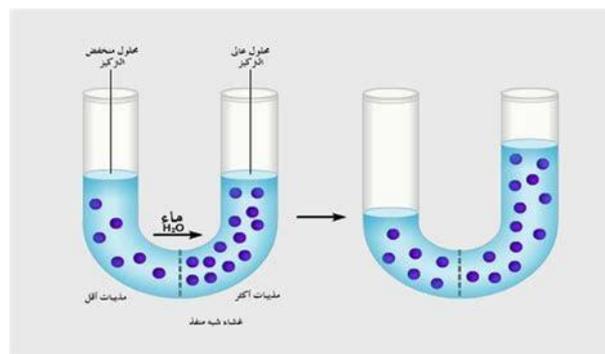


Figure III-1: L'osmose

III.2.1 Fonctionnement de l'osmose inverse

L'osmose inverse consiste à faire passer de l'eau à travers des membranes semi-perméables sous l'effet de la pression différentielle de la solution semi-concentrée. Cette méthode élimine les sels de l'eau saumâtre à plus de 92 %. En revanche, avec l'eau de mer, le flux est tangentiel à la membrane. Il est parallèle à la membrane et se poursuit indéfiniment. Au niveau de la membrane, une partie de la solution à traiter est séparée à un débit Q_0 en deux parties de concentrations différentes :

- Une partie du débit Q_p qui traverse la membrane ;

- Une partie du débit Q_c qui ne traverse pas la membrane et contient les molécules ou particules transportées par la membrane.

Séparation de phase liquide par perméabilité membranaire

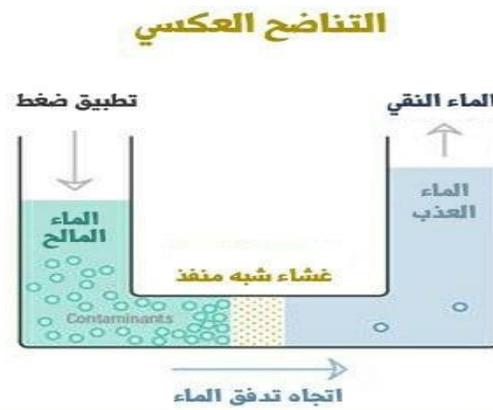
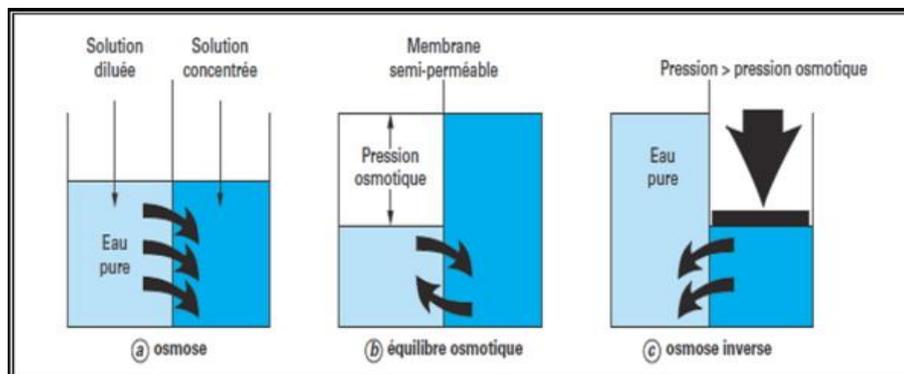


Figure III-2: Fonctionnement de l'osmose

III.3 Principe de l'osmose inverse :

On appelle osmose le phénomène de transfert d'un solvant (généralement de l'eau) à travers une membrane sous l'effet d'un gradient de concentration.

Imaginons un système composé de deux compartiments séparés par une membrane semi-perméable, contenant chacun une solution de concentrations différentes (voir Figuree II.1). Dans ce cas, l'osmose provoque un déplacement de l'eau depuis la solution la moins concentrée vers la solution la plus concentrée



Figur III-3: Principe d'osmose inverse

Sil'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 flux d'eau va s'annuler. Si, pour simplifier, nous supposons que la solution diluée est de l'eau pure, cette

pression d'équilibre est appelée pression osmotique. Si la pression augmente au-delà de la pression osmotique, cela entraînera un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique. C'est-à-dire de la solution concentrée vers la solution diluée :

c'est la phénomène d'osmose inverse qui a été découvert en 1950 par Reid à l'université de Floride. (États - Unis) dans le cadre d'études relatives au dessalement de l'eau de mer et qui s'est développé dans les années 1960 lorsque Loeb et Sourira Jan ont réussi à obtenir des membranes asymétriques à perméabilité élevée à l'université de Californie (États- Unis) (membrane à base d'acétate de cellulose). [19]

III.4 Pression osmotique:

La pression osmotique peut être

calculée en se basant sur le comportement des molécules du soluté diluée. On peut appliquer la loi des

$$\text{gaz parfaits : } \pi V = n .R .T(I)$$

π : pression osmotique ;

V : volume de la solution ;

N : nombre de moles de soluté ;

R : constante des gaz parfaits ;

T : température absolue ;

La loi de Van 't Hoff exprime que la pression osmotique exercée par le soluté est égale à la pression que ce corps aurait exercée 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 Supérieures. [19]

La pression osmotique d'une solution est directement proportionnelle à la concentration en soluté : [20]

$$\Pi = i . C .R .T (2)$$

Avec :

Π : Pression osmotique (bar) ;

I : Nombre d'ions dissociés dans le cas d'un électrolyte ;

C : Concentration molaire (mol. L⁻¹) ;

R : Constante des gaz parfaits (0,082 L.bar.mol⁻¹K⁻¹) ;

T : Température absolue (K)

Dans le cas d'une solution saline, la pression osmotique Peut être, en première approximation estimée à 0,7 bar par g/l de salinité : [21]

$$\Pi = 0,7C \quad (3)$$

Π : pression osmotique en bar ;

C : concentration en sel en g/l ;

III.4.1 Schéma général d'une installation d'osmose inverse :

Les éléments principaux qui composent une installation d'osmose inverse sont les suivants (Figure II

- .2) :_ La membrane proprement dite ;
- _ le module ;
- _ La pompe haute pression ;
- _ Éventuellement un système de récupération d'énergie ;
- _ le poste de prétraitement ; [19]

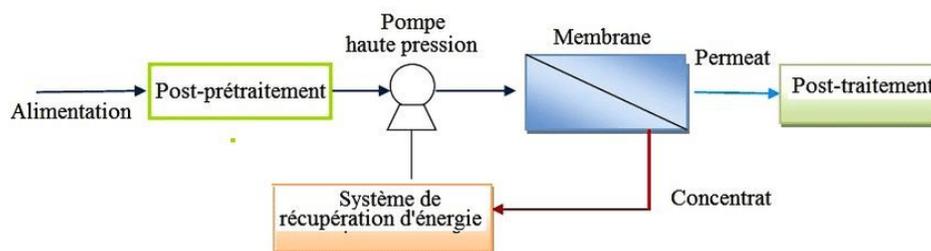


Figure III-4: Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse

III.4.2 L'alimentation en eau de mer :

Il est possible de le faire soit par prise directe, soit par puits côtiers. Ce dernier système permet d'obtenir une eau non turbide, ce qui réduit les prétraitements [23].

Dans le cas où l'eau provient de la mer via une prise d'eau à ciel ouvert, le système comprendra les têtes de prises

d'eau, les conduites d'acheminement des têtes de prises d'eau vers les puits de prises d'eau, la station de pompage dans le puits et les conduites à terre, du puits à l'installation de prétraitement. Les têtes de prises d'eau doivent être correctement situées afin d'éviter l'aspiration de matériaux flottants ou de sédiments, pour garantir une alimentation suffisante en eau salée [24].

III.4.3 Le prétraitement:

La salinité, les matières en suspension et les matières organiques des différents océans ou mers du globe sont variées énormément. Les systèmes de prétraitement de l'eau de mer avant dessalement ont pour but d'éliminer les matières en suspension et le plancton qui sont susceptibles de colmater les installations de dessalement [25].

Les techniques de prétraitement de l'eau de mer sont:

- Chloration : Bloque la prolifération des organismes vivants. Evite l'obstruction des conduites.
- Filtration : Protège les pompes et assure le bon fonctionnement des pulvérisateurs.
- Antitartre : La distillation favorise la précipitation du carbonate de calcium qui se dépose sur la paroi des échangeurs et réduit le transfert de chaleur [23].

III.4.4 Installation de dessalement :

L'installation de dessalement est chargée de retirer les sels contenus dans l'eau brute (eau saumâtre ou eau de mer). Cette opération peut être réalisée par un procédé membranaire, thermique ou une technologie alternative. Le choix du système le mieux adapté dépend de plusieurs facteurs : la géographie, l'environnement, la disponibilité et la maturité des technologies, la nature de l'eau brute et la qualité d'eau souhaitée, les ressources énergétiques disponibles, les compétences des opérateurs et les coûts d'exploitation [24].

III.4.5 Post-traitement :

Le post-traitement permet de rendre l'eau dessalée potable, car à la sortie de l'unité de dessalement, elle est déminéralisée et donc impropre à la consommation.

Il comprend deux étapes principales :

Correction de la corrosivité : Cette opération consiste à reminéraliser l'eau en y ajoutant de l'hydroxyde de calcium ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ou du carbonate de calcium (CaCO_3).

Désinfection finale : Bien que certains procédés, comme l'osmose inverse, éliminent l'ensemble des micro-organismes, une désinfection finale est indispensable avant distribution [23].

III.5 Caractéristiques principales d'une unité d'osmose inverse :

taux de conversion, taux de rejet, débit spécifique.

III.5.1 Taux de conversion :

Le taux de conversion (Y) est, par définition, La fraction du débit de liquide qui traverse la membrane : [19]

$$Y = Q_p / Q_0 \quad (4)$$

Q_p : perméat à débit.

Q_0 : La solution à traiter.

III.5.2 .Sélectivité :

La sélectivité d'une membrane est en général définie par le taux de rétention ou le taux de rejet de l'espèce (sel, macromolécule, particule) que la membrane est censée retenir : [21]

$$TR = C_0 - C_p / C_0 = 1 - C_p / C_0 \quad (5)$$

C_0 : concentration de l'espèce à retenir dans la solution ;

C_p : concentration de la même espèce dans le perméat.

III.5.3 Débit spécifique ou densité de flux volumique :

Pour une sélectivité donnée, le débit par unité de surface (densité de flux volumique) doit être optimisé afin de concilier performance de séparation et rentabilité de l'investissement.

III.6 Mécanismes de transfert :

Dans le procédé d'osmose inverse, le mécanisme de transfert repose sur le modèle de solubilisation-diffusion. Les différentes espèces moléculaires, qu'il s'agisse du soluté ou du solvant, se dissolvent dans la membrane semi-perméable puis diffusent à travers celle-ci, de manière comparable à un transfert dans un milieu solide ou liquide, sous l'effet combiné d'un gradient de concentration et de pression.

Par convention, nous attribuons l'indice 1 au solvant (l'eau) et l'indice 2 au soluté (le sel). Afin de simplifier l'étude, nous considérons la présence d'un seul soluté [19].

Les flux de solvant et de soluté à travers la membrane sont exprimés par les deux relations suivantes [26] :

$$J_1 = A (\Delta P - \Delta \pi) \quad (6)$$

Avec :

J_1 (kg.m⁻².s⁻¹) : flux d'eau à travers la membrane ;

A (kg.s⁻¹ .Pa⁻¹ .m⁻²) : perméabilité de la membrane à l'eau ;

ΔP (Pa) : différence de pression de part et d'autre de la membrane ;

$\Delta \pi$: différence de pression osmotique de part et d'autres de la membrane ; [26]

$$J_2 = B \Delta C \quad (7)$$

Avec :

J_2 (kg.m⁻².s⁻¹) : flux de sel à travers la membrane ; B (m⁻¹.s⁻¹) : perméabilité de la membrane au sel

ΔC (kg.m⁻³) : différence de concentration en sel de part et d'autres de la membrane ; [27]

III.7 Module d'osmose inverse**III.7.1 Modules en spirale :**

Ces modules Figureent parmi les plus utilisés dans le domaine des technologies membranaires. À l'origine développés pour le dessalement de l'eau, leur conception compacte et leur coût abordable ont rapidement séduit de nombreux secteurs industriels. Aujourd'hui, ils sont également employés dans des applications immergées, notamment dans les industries laitières, de jus et de pulpes. Voir FigureeIII.3

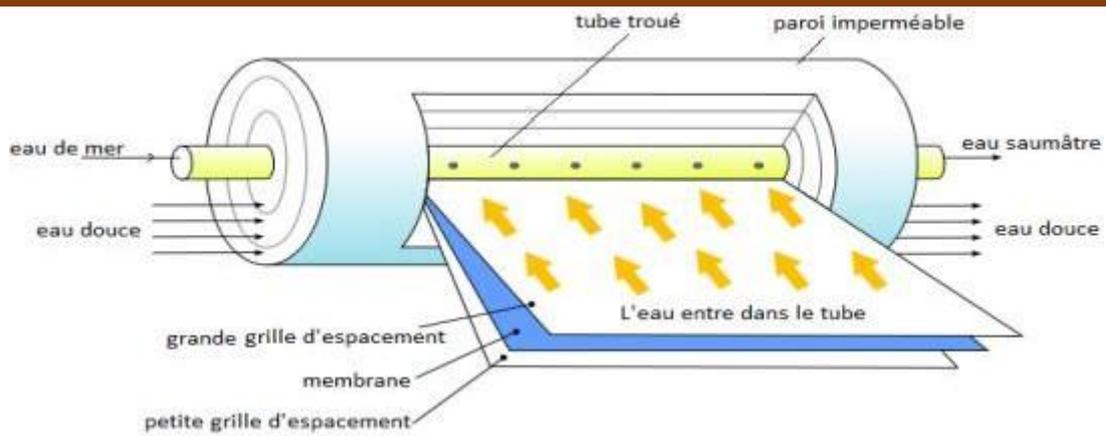


Figure III-5: Module spirale

III.7.2 Modules tubulaires

Grâce à leur conception simple, ces modules sont largement utilisés dans les laboratoires pédagogiques, car ils permettent de calculer aisément le nombre de Reynolds et d'établir théoriquement les coefficients de transfert de masse (voir Figure II-4). Ils présentent plusieurs avantages notables :

- Ils supportent la présence de solides en suspension ainsi que des filtres à des concentrations élevées. Cependant, ils possèdent également certains inconvénients :
- Ils nécessitent un espace important.
- Le remplacement des membranes est compliqué et demande du temps.
- Les modules de grand diamètre consomment beaucoup d'énergie.
- Ils sont coûteux et offrent une flexibilité limitée.
- Ils exigent des rinçages périodiques, engendrant des coûts élevés liés à l'utilisation de produits chimiques

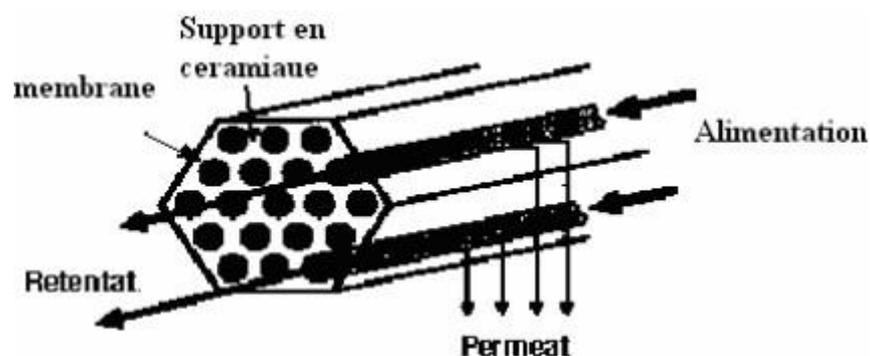
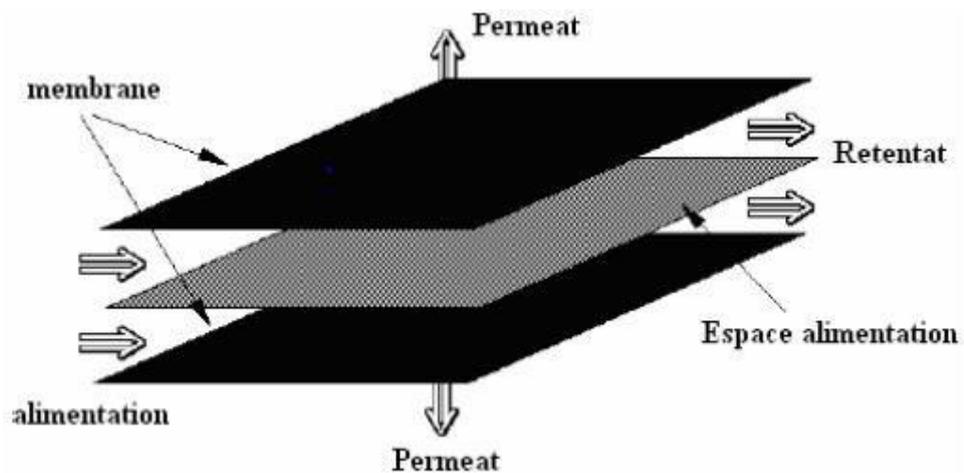


Figure III-6: Modules tubulaires

III.7.3 Modules plans et en plaques

Dominant le marché européen pendant près de 15 ans, ces modules ont vu leur développement freiné en raison de leur coût élevé et du manque d'innovation.

Le système à feuilles plates propose une conception particulièrement robuste mais onéreuse. Certains modèles récents sont capables de supporter des pressions très élevées, atteignant jusqu'à 100 bar.



Figur III-7: module plant

III.7.4 Modules en fibres :

Ces modules sont similaires aux modules tubulaires, mais avec des diamètres intérieurs inférieurs à 2 mm, ce qui leur vaut cette appellation. La principale différence réside dans le fait qu'il s'agit de membranes sans support mécanique, ce qui les rend plus fragiles. Ils sont principalement utilisés dans les procédés d'ultrafiltration. [29]

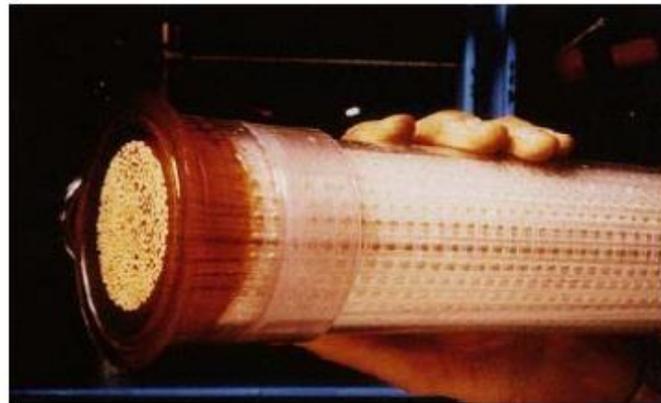
III.7.5 Modules en céramique :

Ces modules sont très onéreux. Théoriquement, ils offrent une excellente efficacité pour la microfiltration (MF). Toutefois, leur présence sur le marché reste aujourd'hui très limitée. [29]

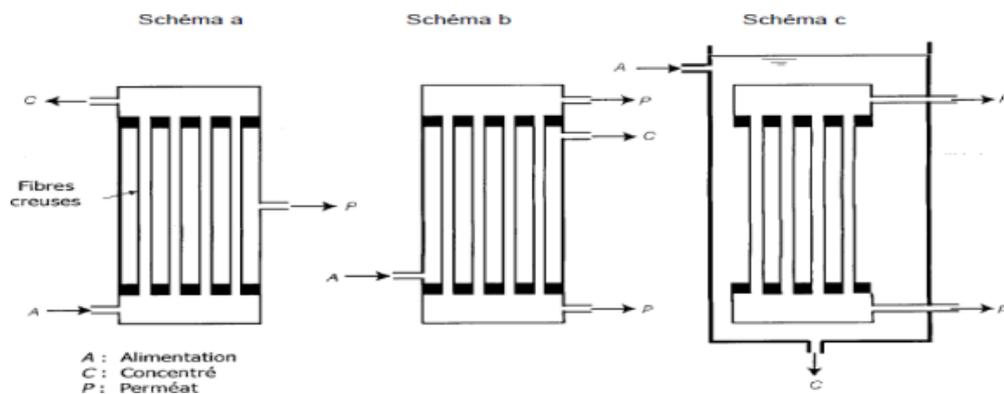
III.7.6 Modules en fibres creuses :

Ces modules sont constitués de fibres disposées en forme de U et regroupées de façon à assurer l'étanchéité aux deux extrémités du module. Le liquide à traiter circule perpendiculairement à l'axe des fibres, tandis que le concentrat est collecté dans une enceinte entourant le faisceau, permettant son évacuation à l'une des extrémités. Le perméat, quant à lui, s'écoule à l'intérieur des fibres avant d'être

recupéré dans un collecteur (voir Figures II-6 et II-7). Ce type de module nécessite un prétraitement approprié. [29]



Figur III-8: module fibres creuses



Figur III-9: membranes à fibres creuses

III.8 Durée de vie des membranes :

Aujourd'hui, la durée de vie des membranes dépasse 5 ans, contre seulement 2 à 3 ans auparavant. Cette amélioration se traduit par un taux de renouvellement annuel estimé entre 10 et 20 %. [19]

III.9 Consommation d'énergie :

Le procédé d'osmose inverse, ne nécessitant aucun changement de phase, présente une consommation énergétique inférieure à celle d'autres techniques de séparation, telles que la distillation. Par ailleurs, ce procédé peut fonctionner dans des conditions thermodynamiques proches de la réversibilité.

Cependant, dans la pratique, la consommation énergétique reste toujours supérieure au minimum théorique, et ce pour plusieurs raisons :

- Pour obtenir un flux d'eau satisfaisant à travers la membrane, il est indispensable de maintenir une pression de fonctionnement nettement supérieure à celle des conditions réversibles.
- Afin de limiter les phénomènes de polarisation de concentration, les vitesses de circulation dans les modules doivent rester suffisamment élevées.
- Enfin, en l'absence de système de récupération d'énergie, le concentrât est évacué via une simple vanne, ce qui engendre une perte énergétique importante. [19]

III.10 Récupération d'énergie :

Dans les stations de dessalement d'eau de mer, où les pressions de fonctionnement varient généralement entre 60 et 90 kg/cm², la récupération de l'énergie contenue dans le débit de rejet est indispensable pour des raisons à la fois énergétiques et économiques.

À l'origine, des turbines Francis étaient utilisées, mais leur rendement restait faible, avoisinant les 65 %. Elles ont ensuite été remplacées par des turbines Pelton, offrant des rendements supérieurs à 80 %.

Plus récemment, ces systèmes ont à leur tour été dépassés avec l'arrivée de dispositifs d'échange d'énergie, qui atteignent des performances supérieures à 90 %. Ces nouveaux systèmes présentent également l'avantage de nécessiter une pompe haute pression environ 50 % moins puissante que celle d'une station conventionnelle, permettant ainsi des économies d'énergie considérables. [32]

III.11 Composants et unités de base d'une usine d'enlèvement de métaux



Figur III-10: Tours de refroidissement.



Figur III-11: Les pompes d'alimentation des filtres à sable sont illustrées



Figur III-12: filtres à sable



Figure III-13: Pompes d'alimentation de filtres à cartouche



Figure III-14: Filtres à cartouche

III.12 Conclusion :

L'osmose inverse a connu une avancée technologique notable avec l'introduction sur le marché de membranes en polyamide, offrant une durée de vie prolongée. Il s'agit d'une technique à haute performance, capable de traiter une large gamme de concentrations. Contrairement à l'électrodialyse et à la distillation, réservées à des usages plus spécifiques, l'osmose inverse vise principalement à éliminer les sels, les matières organiques et les micro-organismes présents dans les eaux souterraines.

CHAPITRE IV

Dimensionnement de la station de déminéralisation

IV. Dimensionnement de la station de déminéralisation

IV.1 Introduction

La conception d'une usine d'enlèvement de minéraux vise d'abord à déterminer l'étendue des différents processus (prétraitement, traitement principal ainsi qu'une usine de désinfection) impliqués dans cette usine. Avant de déterminer la taille, vous devez d'abord choisir l'emplacement de cette usine.

Chapitre IV Dimensionnement de la station de déminéralisation Nouveau Village agricole

Tableau IV-1: Diverses Analyses D'eau De Forages A Guerrara

	KoudietEchouf	Sidi Belkheir	Aghrem (Bouqartas)	Saguiet Djenaia 1	Saguiet Djenaia 2	S'hen 1	S'hen 2	Nouveau Village agricole	Nouveau Pole	Raboua ELKhadra	Sidi Abdelkader	Zone indisterial
Ph	0.7	7.2	7.5	7.2	7.5	7.5	7.2	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
Coductivité	2490	2420	2550	2360	2351	2437	2430	2652	2300	2409	2508	2390
Sol	1.1	1.1	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.1	1.1	1.2	1.1
TDS(mg/l)	1252	1234	1272	1194	1201	1240	1233	1340	1072	1212	1323	1241
TC	25.7	20.6	26	28.9	21.5	21.1	27.1	29	21.7	21.9	25.5	14.9
Turbidité	0.305	67.1	0.528	1.41	0.424	0.526	0.24	0.594	0.777	0.52	0.695	0.892
Ca2+(mg/l)	118.63	161.923	165.128	165.29	216.432	179.55	152.3	211.3	184.36	198.79	141.08	163.526
Mg2+(mg/l)	50.544	78.73	60.264	72.9	36.936	74.844	69.98	112.6	90.39	59.29	69.012	61.236
Th(mg/l)	588	728	660	712	692	756	668	675	832	740	572	660
Na+(mg/l)	212.5	-	185	200	177.77	200	190.9	500	177.77	177.77	190.9	205.55
K+(mg/l)	19.09	-	19.09	18.18	17.27	16.36	18.18	50	17.27	18.18	19.02	18.18
Cl-(mg/l)	385.72	394.237	392.819	409.836	404.464	424.45	446.707	905	387.146	407	405.53	370.129
So42-(mg/l)	566.9	523.1	594	546.8	404.4	566.5	579	681.25	501.7	556	692.3	403
No3 -(mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	248.88	-	-	-	-
Tac(mg/l)	195.2	204.96	212.28	224.48	231.8	207.4	159.2	0.032	292.8	253.76	173.24	234.24
Fer(mg/l)	0.129	0.086	0.0026	0.702	0.074	0.022	0.043	0	0.037	0.07	0.008	0.001
Nh4+(mg/l)	0.002	0.251	-	0.005	0	0	0.014	0	0	0	0.017	0
No2 -(mg/l)	0.01	-	0.346	0.029	0.175	0	0	-	0	0.241	0.012	-
P(mg/l)	0.002	1.969	-	0.033	-	-	0.023	-	-	-	0.038	0.176

À la lumière des analyses précédentes des eaux des puits de la ville d'El Guerrara, il a été constaté que le puits du village agricole présente une salinité relativement plus élevée par rapport aux autres puits.

Ainsi, l'étude a été menée sur le puits du village agricole ainsi que sur le puits adjacent du nouveau Pôle."

Tableau 0-2 : Les normes N.A et OMS [J. Rodier, B. Legube, and N. Merlet2009, sgg2011- B. Zineddine, Z. Mehdadi, H. Benhassaini 2015]

	Paramètres	Symbole	Unité	N.A	OMS
Paramètres physiques	Potentiel d'hydrogène	pH	/	≥6,5 et≤9	6,5 - 8,5
	Température	/	°C	25	25
	Conductivité	/	µs/cm	2800	1400
	Turbidité	/	NTU	5	5
	Salinité	/	/	/	/
	Sels Totaux Dissous	TDS	mg/l	/	1000
Paramètres chimique	Ammonium	NH_4^+	mg/l	0,5	0,5
	Nitrites	NO_2^-	mg/l	0,2	0,5
	Ortho-phosphates	PO_4^{3-}	mg/l	/	0,5
	Calcium	Ca^{2+}	mg/l	200	75-200
	Magnésium	Mg^{2+}	mg/l	/	150
	Dureté totale	TH	mg/l	500	100-500
	Sodium	Na^+	mg/l	200	200
	Potassium	K^+	mg/l	12	12
	Chlorures	Cl^-	mg/l	500	250
	Sulfates	SO_4^{2-}	mg/l	400	250
	résidu sec	/	mg/l	1500	1000
	Nitrates	NO_3^-	mg/l	50	50
	Titre Alcalimétrique complet	TAc	mg/l	500	500
	Fer	Fe^{2+}	mg/l	0,3	0,3
Paramètres bactériologique	Coliformes totaux	/	nb/100ml	0	10
	<i>Escherichia coli</i>	/	nb/100ml	0	0
	<i>Streptocoque fécaux</i>	/	nb/100ml	0	0
	Spores A.S.R	/	nb/20ml	0	0

IV.2 Dimensionnement du filtre à sable multicouche

Le choix du filtre à sable Le débit d'eau à traiter est $Q=35l/s$ La détermination de Caractéristique de fil tremulticouch en écessitel'utilisation les catalogue

Tableau 0-3: Choix du filtre à sable (traitement principal)

station	Débit total			Caractéristiques du filtre unitaire			Nombre de filtres	
	Q(l/s)	Q(m ³ /j)	Q (GPM) (l/s)	Qi(GPM)NN	Qi(l/s)	ΔP (m)	N	NN
1	35	3024	550.62	79	5.021	7	6.969	7
2				159	10.106	7	3.463	4
3				239	15.191	14	2.303	3
4				318	20.213	19	1.731	2
5				393	24.980	30	1.401	2

Qi:debitde fil terunitaire normalisé.

NN : nombre normalisé des filtres à sable. On choisit le nombre de filter à sable NN=2

D’où on traiter a le debit total qui arrivera au complexe hydraulique enutilisant deux(2)

❖Filtres à sable caractérisé par:

✓Une perte de chargeΔP=19 m

✓Un debit unitaire de l’ordrede318GPM

$$N=Q/Q_1$$

➤ Ces filtres à sables eront placés en parallèle.

IV.3 Filtres à sable pour réminéralisation

En utilisant le catalogue des filtres à sable existants, on aura les résultats suivant Q

i : débit de filtre unitaire normalisé.

Tableau 0-4: Choix du filtre à sable (traitement aux de réminéralisation)

station	Débit total			Caractéristiques Du filter unitaire			Nombre de filtres	
	Q(l/s)	Q(m3/j)	Q (GPM)	Qi(GPM)NN	Qi(l/s)	ΔP (m)	N	NN
1	4.03	348.38	63.43	79	5.021	7	0.802	1
2				159	10.106	7	0.398	1
3				239	15.191	14	0.265	1
4				318	20.213	19	0.199	1
5				393	24.980	30	0.161	1

NN : nombre normalisé des filtres à sable. On choisit lenombre de filtre à sable NN=1.

D'où on traiter a le débit total qui arrivera au complexe hydraulique en utilisant un seul(5) filtres à sable caractérisé par :

- ✓ Un debit unitaire de l'ordrede79GPM
- ✓ Une perte de charge ΔP=7m

$$N=Q/Q_1$$

$$TDS_N = \frac{(Q_A \times TDS_{PU}) + (Q_P \times TDS_P)}{Q_A + Q_P} \rightarrow Q_A = \frac{(TDS_N - TDS_P) \times Q_P}{(TDS_{PU} - TDS_N)}$$

IV.4 Filtre à cartouche

Les filtres à cartouches ont installés pour éviter l'ordre encrassement rapide des membranes de la station de déminéralisation des eaux saumâtre

IV.5 Dimensionnementdufilteràcartouche

On peu determiner les dimensions du filtre à cartouche à partir des données suivantes

- Longueur«L»
- Surface effective de filtration«S»
- La vitesse effective de filtration«V»
- Perte decharge unitaire«ΔPi»

Dans la station de déminéralisation, on utilise deux types de filtres à cartouche pour:

- ✓ Traiter les eaux brutes à déminéraliser (traitement principal)
- ✓ Traiter les eaux de reminéralisation (traitement secondaire)

IV.6 Dimensionnement du filtre à cartouche (traitement principal)

Tableau 0-5: Les types de filtres à cartouche

TYPESDEFILTRESACARTOUCHES		
Type des filtres	Débit de filtre	La longueur
6	60GPM	10inchs
12	120GPM	20inchs
18	180GPM	30inchs
24	240GPM	40inchs

De ce Tableau u, on déduit que le débit de filtre unitaire est

$$UQ = 180 \text{ GPM}$$

$$UQ = 259200 \text{ GPD}$$

Si on convertit ce même débit, on obtient

$$UQ = 981,07 \text{ m}^3/$$

Le débit total TQ à traiter est

$$TQ = 351/s$$

$$TQ = 3024 \text{ m}^3/j$$

IV.7 Nombre de filtre à cartouche

Le nombre N de filtre à cartouche est défini comme étant le rapport entre le débit total et le débit unitaire

$$N = Q_T / Q_U$$

$$\text{D'où, on obtient } N = 3.08$$

- ✓ Donc, on traite les eaux à déminéraliser par quatre (04) filtres à cartouches de type 18.

IV.8 Dimensionnement du filtre à cartouche (Traitement des eaux de ré minéralisation)

Tableau 0-6: Le type de filter àcartouche choisi

Type des filtres	Débit defiltre	La longueur
12	120GPM	20inchs

Dans le Tableau u suivant,on résume les calculs de dimensionnement

Tableau 0-7:Calcul du nombre de filter sà cartouche pour réminéralisation

	Débitde filter unitaire			Débitderéminéralisation		Nombre de filtres (N)	
	unité	GPM	GPD	m ³ /j	l/s		m ³ /j
valeur		120	172800	654.05	4.03	348.38	0.53

Donc,on utilise un seul(01) filtre à cartouche de type12pour traiter les eaux deréminéralisation

IV.9 Déminéralisation

- Dimensionnement d’une station de déminéralisation par Osmose Inverse
- ✓ Les facteurs influençant sur le dimensionnement

Dans le but de concevoir une installation en utilisant le perméateur, il est nécessaire de corriger la capacité ou le débit de production de perméateur en tenant compte des conditions de travail.

- ✓ Le debit initial de production:

Le debit initial de production sous les conditions standards est donné par

$$Q_{w10} = K_{w10}(\Delta P_0 - \Delta \Pi_0)$$

Q_{w10} = débit initial à travers la membrane.

K_{w10} =perméabilité initiale de la membrane.

ΔP_0 =différence de pression à travers la membrane.

$\Delta \pi_0$ =différence de pression osmotique

$$\Delta P = P_{FR} - P_P$$

Où:

$$P_{FR} = \frac{P_F + P_R}{2} = P_{Fabs} - \frac{\Delta P_{FR}}{2}$$

P_{Fabs} =Pression absolue de l'alimentation en(Psi)

P_F =Pression de l'eau produit en(Psi).

P_{FR} =pression moyenne de l'eau dans le module en(psi)

$\Delta P_{FR}=P_F- P_R$ (perte de charge à travers le module). La

perte de charge moyenne $\Delta P_{FR}/ 2$

Si on connaît le débit initial Q_{wi0} aux conditions standard précitées,il est possible de calculer

IV.10 Perméabilité de la membrane:

Perméabilité de la membrane qui à son tour peut être utilisée dans des conditions autre que standard.

$$K_{wi}=Q_{wi}/(\Delta p -\Delta\pi).$$

$$K_{wi0}=1/(\Delta p_0 -\Delta\pi_0)$$

K_{wi} : facture de pression à la condition standard en(Psi)

La pression osmotique π peutetre calculée à partir des deux expressions suivants

$$\pi = 1,12(T + 273) \times \sum mi \text{ en (psi)} \dots\dots\dots(1)$$

$$\pi = \frac{0.0385 \times C_{FR} \times (T+273)}{1000 + \frac{C_{FR}}{1000}} \dots\dots\dots(2)$$

Avec:

T:température en(°c)

m_i :molalité de la solutéi

C_{FR} :concentration en(ppmNaCl)

La différence de la pression Osmotique entre les solutions concentré es et diluées séparées par

$$C_{FR} = \frac{C_F + C_R}{2}$$

la Membrane est prise égale à la pression osmotique moyenne entre les deux solutions

Avec:

C_F :concentration en sels dan sl'eau d'alimentation en(ppmNaCl)

C_R :concentration en sels dans l'eau de rejet en(ppmNaCl)

$$C_R = \frac{C_F - C_P}{1 - Y}$$

Y:taux de conversion

C_P :concentration en sels del'eau produite

Sion estime que dans la production $C_P \approx 0$ (SP<10%)

$$C_R = \frac{C_F}{1 - Y}$$

Pour le module, aux conditions standard:

$$P_{F1} = P_{F0} - \frac{\Delta P_{FR0}}{2}$$

Tableau 0-8:Caractéristiques initiales de la membrane

Caractéristique	Unité	Valeur
Débitspécifiqueinitial $Q_{w_{i0}}$	GPM	8,33
DiamètreD	inchs	7,95
ConversionY	%	85
TempératureT	°C	25
Pression de fonctionnement PF	psi	400
Concentration de l'eau d'alimentation C_{F0}	mg/l	1500
Tauxdepassagedesel SP_0	%	>10
Pertedechargemoyenne $P_{FR0}/2$	psi	3

Psi:0,068atmet1atm=10⁵bar.

$$\Delta P_0 = P_{F0} - (\Delta P_{FR0}/2)$$

$$\Delta P_0 = 400 - 3.$$

$$\Delta P = 397 \text{ Psi}$$

✓ **Concentration en sels de rejet:**

$$C_{R0} = \frac{C_{F0}}{1 - Y_0} = \frac{1500}{1 - 0,85}$$

$$C_{R0} = 10000 \text{ ppm NaCl}$$

✓ **Concentration moyenne entre l'alimentation et le rejet**

$$C_{FR0} = \frac{C_{F0} + C_{R0}}{2} = \frac{1500 + 10000}{2}$$

$$C_{FR0} = 5750 \text{ ppm NaCl}$$

$$\Delta \pi = \frac{0,0385 \times C_{FR0} \times (T + 273)}{1000 - \frac{C_{FR0}}{1000}} = \frac{0,0385 \times 5750 \times 298}{1000 - \frac{5750}{1000}}$$

$$\Delta \pi = 66,35 \text{ psi}$$

$$K'_{wi0} = \frac{1}{\Delta P_0 - \Delta \pi} = \frac{1}{397 - 66,35}$$

$$K'_{wi0} = 0,00302 \text{ psi}$$

$$PCF = K'_{wi0} \times \left(P_F - \frac{\Delta P_{FR}}{2} - \pi_{FR} \right)$$

PCF:facture de correction de la production pour obtenir une conductivité du perméateurs aux

conditions de travail

$$TCF=1,03^{(T-25)}$$

TCF:facture de correction du débit de

production. $Q_F = Q_{wi0} \cdot PCF \cdot TCF \cdot MFRC$

Avec:

MFRC:facture de correction du flux de rétention de la membrane

IV.11Emplacement des prédateurs:

La plus grande performance est obtenue quand le flux traversant un paquet de percepteurs est suffisant pour maintenir une bonne distribution d'eau. Lapression d'alimentation au2eme étage est plus faible que celle des 1 ères étage du fait de la perte de charge à travers les prédateurs et différant raccordements

$$P_{F2} = P_{F1} - \frac{\Delta P_{FR1}}{2} - \Delta P_{BAL}$$

ΔP_{BAL} : Perte de pression due aux raccordements hydrauliques.

$$\Delta P_{BAL} = 35 \text{ psi}$$

IV.12Caractéristiquesdeseauxbrutes

Les caractéristiques des eaux se basent essentiellement sur les analyses physico- chimiques, leTableau u suivant montreles concentrations des éléments chimiques dissous Dans l'eau dans le forage:

Tableau 0-9:Résultats d'analyse physico-chimique(SourceANRHghardaia)

Elément	concentration(mg/l)
Ca ²⁺	211,3
Mg ²⁺	112,6
Na ⁺	500
K ⁺	50
Cl ⁻	905
SO ₄ ²⁻	681,25
HCO ₃ ⁻	181,48
NO ₃ ⁻	11
Totale	2652,63

IV.13 La molalité des eaux:

Le dimensionnement de la station de déminéralisation par osmose inverse nécessite la transformation des concentrations des éléments chimiques en molalité (mol/1000gr) par la formule suivante :

Avec cette relation on peut calculer la molalité de chaque constituant, les résultats obtenus sont résumés dans le Tableau u suivant :

$$M_T = \frac{\text{concentration} \times 10^3}{m \times (10^6 - \sum \text{concentrations})}$$

Avec cette relation on peut calculer la molalité de chaque constituant, les résultats obtenus sont résumés dans le Tableau u suivant :

Tableau 0-10: Calcul De La Molalité

Elément	Molalité des eaux (mol/m ³)
Ca ²⁺	0,00530
Mg ²⁺	0,00463
Na ⁺	0,0218
K ⁺	0,00129
Cl ⁻	0,02556
SO ₄ ²⁻	0,00712
HCO ₃ ⁻	0,00298
NO ₃ ⁻	0,00018
Total	0,06884

IV.14 La molalité totale:

$$m_T = \frac{\sum m_i \cdot Q_i}{\sum Q_i}$$

Q: débit de forage (l/s)

$$m_T = \frac{68,84 \times 10^{-3} \times 54,34}{54,34}$$

m_T = 68.84 × 10⁻³ mol/1000gr d'eau

IV.15 La concentration de l'eau d'alimentation:

Par l'égalité entre les deux équations (1) et (2) représentée ci-dessous, on peut déterminer la concentration de l'eau d'alimentation:

$$\pi = 1,12(T + 273) \times \sum m_i \quad \text{en (psi)}$$

$$\pi = \frac{0.0385 \times C_{FR} \times (T+273)}{1000 + \frac{C_{FR}}{1000}}$$

$$(1) = (2) \Rightarrow C_F = \frac{1,12 \times m_T \times 10^6}{38,5 + 1,12 \times m_T}$$

$$C_F = \frac{1,12 \times 68,84 \times 10^{-3} \times 10^6}{38,5 + 1,12 \times 68,84 \times 10^{-3}}$$

IV.16 Nombre de perméateurs

Nous admettons deux étages avec une conversion totale de 85% pour élever le débit de production

➤ **Etage1:**

Y1=50%

➤ **Concentration de l'eau d'alimentation :**

CF1=CF=1998,70ppmNaCl

Concentration en sels du rejet:

$$C_{R1} = C_{F1} / (1 - Y_1)$$

$$= 1998,70 / (1 - 0,5).$$

CR1=3997,40PPmNaCl

➤ **Concentration moyenne entre l'alimentation et le rejet:**

$$C_{FR1} = (C_{F1} + C_{R1}) / 2$$

CFR1=2998,05PPmNaCl

➤ **La pression osmotique de l'alimentation:**

$$PP_{F1} = 8,308 \times 0,9 (T + 273) m_T$$

$$PP_{F1} = 8,308 \times 0,9 (25 + 273) 0,06884$$

PPF1=153.40psi

➤ **La pression osmotique de production:**

$$PP_{P1} =$$

$$0,01 \times PPF1$$

$$PP_{P1} = 0,01 \times 153$$

$$.40 \text{ PPP1} =$$

$$1.53 \text{ psi}$$

➤ **La pression osmotique moyenne entre l'alimentation et le rejet:**

$$PPFR1 = (0,0385 C_{FR1} (T + 273)) / (1000 - (C_{FR1} / 1000))$$

$$PPFRI=(0,0385 \times 2998,05 \times (25+273)) / (1000 - (2998,05 / 1000))$$

PPFRI=34,50Psi

Facteur de correction de la production:

$$PCF_1 = K' \omega_{io} (P_{FI} - (\Delta P_{FRI} / 2) - P_{PFRI})$$

$PCF_1 = 0,00283(400 - (3) - 34,50)$ **PCF₁=1,03**

➤ **Facteur de correction de flux de rétention de la membrane:**

Dans le Tableau u suivant, on présente les valeurs du facteur de correction du flux de rétention de la membrane en fonction de la pression de fonctionnement, la température et la durée de vie de la membrane

Tableau 0-11: designation du facteur de correction du flux de rétention de la membrane

Pression de fonctionnement en(psi)	Température en(° C)	Capacité initial	Durée de vie de la membrane (1ans)	Durée de vie de la membrane (3ans)
400	5	0,55	0,914	0,900
	10	0,64	0,907	0,890
	15	0,74	0,891	0,872
	20	0,86	0,868	0,845
	25	1,00	0,828	0,800
	30	1,16	0,767	0,730
	35	1,34	0,675	0,629
300	5	0,40	0,936	0,925
	10	0,46	0,929	0,917
	15	0,54	0,919	0,905
	20	0,62	0,901	0,883
	25	0,72	0,868	0,845
	30	0,83	0,817	0,787
	35	0,97	0,736	0,695
200	5	0,24	0,956	0,952
	10	0,28	0,953	0,947
	15	0,32	0,946	0,937
	20	0,37	0,934	0,923
	25	0,43	0,910	0,894
	30	0,50	0,871	0,848
	35	0,58	0,807	0,776

$MFRC_1 = 0,8 \text{ à } 400 \text{ psi, à } 25^\circ \text{C}$ et avec une durée de vie de la membrane de 3 ans

➤ **Facteur de correction de la température**

$$TFC = 1,03^{(T-25)}$$

$$TFC = 1,03^{(25-25)}$$

TFC=1

➤ **Débit de production :**

$$Q_{P1} = PCF_1 * TCF * MFRC_1 * Q_{wi0} \quad Q_{P1} =$$

$$1,03 \times 1 \times 0,8 \times 8,33$$

$$Q_{P1} = 6,84 \text{ GPM}$$

➤ **Débit d'alimentation:**

$$Q_{F1} = Q_{P1} / Y_1 \quad Q_{F1}$$

$$= 6,84 / 0,5$$

$$Q_{F1} = 13,68 \text{ GPM}$$

➤ **Débit de rejet:**

$$Q_{R1} = Q_{F1} -$$

$$Q_{P1} \quad Q_{R1} = 13,68 -$$

$$6,84 \quad Q_{R1} = 6,84$$

$$\text{GPM}$$

➤ **Débit moyen entre l'alimentation et le rejet:**

$$Q_{FR1} = (Q_{F1} + Q_{R1}) / 2$$

$$Q_{FR1} = (13,68 + 6,84) / 2$$

$$Q_{FR1} = 10,26 \text{ GPM}$$

➤ **Facteur de correction du passage des sels:**

$$SPCF_1 = (C_{F0} \times C_{FR1}) / (PCF_1 \times C_{F1} \times C_{FR0})$$

$$SPCF_1 = (1500 \times 2998,05) / (1,03 \times 1998,70 \times 5750)$$

$$SPCF_1 = 0,38$$

➤ **Taux de passage des sels:**

$$SP_1 = SP_0 \times SPCF_1 \quad SP_1 =$$

$$0,1 \times 0,38$$

$$SP_1 = 0,038$$

➤ **Les solides totaux dissous de la production:**

$$TDSP_1 = SP_1 \times TDS_0 = 0,038 \times 2652,63$$

$$TDSP_1 = 101,18 \text{ mg/l}$$

➤ **Les solides totaux dissous du rejet:**

$$TDSR_1 = (1 - SP_1) \times TDS_0 = (1 - 0,038) \times 2652,63 \quad TDSR_1 = 2551,45 \text{ mg/l}$$

➤ **Perte de charge à travers le perméateur:**

$$\Delta P_{FR1} = 0,703 \times Q_{FR1}$$

$$\Delta P_{FR1} = 0,703 \times 10,26$$

$$\Delta P_{FR1} = 7,21 \text{ psi}$$

✓ On résume les résultats de calculs de l'étage2 dans le Tableau u suivant

Tableau 0-12:les resultants de calculs de l'étage2

Facteur de correction	étage02	Unité
Y ₂	0,5	
C _{F2}	3997,40	ppmNaCl
P _{F2}	361,39	Psi
C _{R2}	7994,79	ppmNaCl
C _{FR2}	5996,10	ppmNaCl
m ₂	0,00263	
PPF ₂	5,85	Psi
PPP ₂	0,059	Psi
PPFR ₂	69,21	Psi
PCF ₂	0,82	
MFRC ₂	0,828	
TCF ₂	1,00	
Q _{P2}	5,64	GPM
Q _{F2}	11,27	GPM
Q _{R2}	5,64	GPM
Q _{FR2}	8,45	GPM
SPCF ₂	0,48	
SP ₂	0,048	
TDS _{P2}	4,85	mg/l
TDS _{R2}	96,33	mg/l
ΔP_{FR2}	5,94	Psi

IV.17 Calcul des conversions

Nous nous somme sintéresses dans cette partie d'utiliser l'arrangement 8/3 ,pour la Determination des taux de conversion globale et des débits de production totale .Pour calculer le débit de production totale ,on prend les valeurs des différents débits de chaque étage.

$$\text{Etage1: } 8 \times Q_{P1} = 8 \times 6,84 = 54,71 \text{ GPM}$$

$$\text{Etage2: } 3 \times Q_{P2} = 3 \times 5,64 = 16,91 \text{ GPM}$$

➤ **Débit de productionotal:**

$$Q_{PT} = 54,71 + 16,91$$

$$Q_{PT} = 71,62 \text{ GPM}$$

➤ Débit d'alimentation:

QF

T =

$\frac{Q_{PT}}{Y_T}$

QF

T =

$\frac{71,62}{0,85}$

QFT=84,26GPM

➤ On calcule les conversions Y₁ et Y₂ pour corriger les calculs de chaque étage.

$$Y_1 = \frac{54,71}{84,26} \times 100 = 64,94 \%$$

$$Y_2 = \frac{16,91}{84,26 - 54,71} \times 100 = 57,22 \%$$

Tableau 0-13: calcul corrigé de capacités en utilisant les nouvelles conversions

Facteur de correction	étage01	unité	Facteur de correction	étage02	unité
TDS ₀	2652,63				
T	25	°C			
Y ₁	0,6494		Y ₂	0,5722	
C _{F1}	1998,70	ppmNaCl	C _{F2}	5700,18	ppmNaCl
P _{F1}	400	psi	P _{F2}	362,57	Psi
C _{R1}	5700,18	ppmNaCl	C _{R2}	13324,66	ppmNaCl
C _{FR1}	3849,44	ppmNaCl	C _{FR2}	9512,42	ppmNaCl
m ₁	0,06884		m ₂	0,00347	
PPF ₁	153,40	Psi	PPF ₂	7,72	Psi
PPP ₁	1,53	Psi	PPP ₂	0,077	Psi
PPFR ₁	44,34	Psi	PPFR ₂	110,18	Psi
PCF ₁	1,00		PCF ₂	0,71	
MFRC ₁	0,80		MFRC ₂	0,828	
TCF ₁	1,00		TCF ₂	1,00	
Q _{P1}	6,65	GPM	Q _{P2}	4,88	GPM
Q _{F1}	10,25	GPM	Q _{F2}	8,53	GPM
Q _{R1}	3,59	GPM	Q _{R2}	3,65	GPM
Q _{FR1}	6,92	GPM	Q _{FR2}	6,09	GPM
SPCF ₁	0,50		SPCF ₂	0,62	
SP ₁	0,050		SP ₂	0,062	
TDS _{P1}	133,54	mg/l	TDS _{P2}	8,22	mg/l
TDS _{R1}	2519,09	mg/l	TDS _{R2}	125,32	mg/l
ΔP _{FR1}	4,87	Psi	ΔP _{FR2}	4,28	Psi

IV.18 Calcul des nouvelles conversions:

Pour calculer le débit de production total, on calcule le débit total de chaque étage:

Etage 1 : $8 \times Q_{P1} = 8 \times 6,65 = 53,23 \text{ GPM}$ Etage 2: $3 \times Q_{P2} = 3 \times 4,88 = 14,64 \text{ GPM}$

➤ **Débit de production totale:**

$$Q_{PT}=53,23+14,64$$

$$Q_{PT}=67,87\text{GPM}$$

➤ **Débit d'alimentation:**

$$Q_{FT} = \frac{Q_{PT}}{Y_T} = \frac{67,87}{0,85}$$

$$Q_{FT}=79,85\text{GPM}$$

➤ Pour voir si les résultats sont compatibles avec les normes ou non, on doit calculer les différences entre les conversions comme suit

$$\Delta Y_1\% = Y_1(\text{premier calcul}) - Y_1(\text{deuxième calcul})$$

$$\Delta Y_2\% = Y_2(\text{premier calcul}) - Y_2(\text{deuxième calcul})$$

ΔY_1 et ΔY_2 sont calculées en valeurs absolues.

Si $\Delta Y_1 < 1\%$ et $\Delta Y_2 < 1\%$, les résultats alors sont acceptables et la déminéralisation est réalisée, si non on doit corriger les facteurs de correction en utilisant les nouvelles conversions.

$$Y_1 = \frac{53,23}{79,85} \times 100 = 66,66\% \rightarrow \Delta Y_1 = 66,66 - 64,94 = 1,73\% > 1\%$$

$$Y_2 = \frac{14,64}{79,85 - 53,23} \times 100 = 55,01\% \rightarrow \Delta Y_2 = 57,22 - 55,01 = 2,22\% > 1\%$$

Comme les résultats ne sont pas acceptables, on refait les calculs en utilisant les nouvelles conversions

Tableau 0-14: Calcul corrigé des capacités en utilisant les nouvelles conversions

Facteur de correction	étage01	Unité	Facteur de correction	étage02	Unité
TDS0	2652,63				
T	25	°C			
Y ₁	0,6666		Y ₂	0,5501	
C _{F1}	1998,70	ppm NaCl	C _{F2}	5995,32	ppm NaCl
P _{F1}	400	Psi	P _{F2}	362,67	Psi
C _{R1}	5995,32	ppm NaCl	C _{R2}	13324,66	ppm NaCl
C _{FR1}	3997,01	ppm NaCl	C _{FR2}	9659,99	ppm NaCl
m ₁	0,06884		m ₂	0,00362	
PPF ₁	153,40	Psi	PPF ₂	8,06	Psi
PPP ₁	1,53	Psi	PPP ₂	0,081	Psi
PPFR ₁	46,04	Psi	PPFR ₂	111,91	Psi
PCF ₁	0,99		PCF ₂	0,70	
MFRC ₁	0,80		MFRC ₂	0,828	
TCF ₁	1,00		TCF ₂	1,00	
Q _{P1}	6,62	GPM	Q _{P2}	4,85	GPM
Q _{F1}	9,93	GPM	Q _{F2}	8,82	GPM
Q _{R1}	3,31	GPM	Q _{R2}	3,97	GPM
Q _{FR1}	6,62	GPM	Q _{FR2}	6,39	GPM
SPCF ₁	0,53		SPCF ₂	0,60	
SP ₁	0,053		SP ₂	0,060	
TDS _{P1}	139,33	mg/l	TDS _{P2}	8,33	mg/l
TDS _{R1}	2513,30	mg/l	TDS _{R2}	131,00	mg/l
ΔP _{FR1}	4,66	Psi	ΔP _{FR2}	4,50	Psi

➤ **Calcul des Nouvelles conversions:**

Pour calculer le débit de production totale, on calcule le débit total de chaque

$$\text{étage : Etage 1 : } 8 \times Q_{P1} = 8 \times 6,62 = 52,97 \text{ GPM}$$

$$\text{Etage 2: } 3 \times Q_{P2} = 3 \times 4,85 = 14,55 \text{ GPM}$$

➤ **Débit de production totale:**

$$Q_{PT} = 52,97 + 14,55 \text{ } Q_{PT} = 67,52 \text{ GPM}$$

➤ **Débit d'alimentation:**

$$Q_{FT} = \frac{Q_{PT}}{Y_T} = \frac{67,52}{0,85}$$

$$Q_{FT} = 79,44 \text{ GPM}$$

✓ On calculi à nouveau les nouvelles conversions, puis on calcule les différences ΔY_1 et ΔY_2

$$Y_1 = \frac{52,97}{79,44} \times 100 = 66,68 \% \rightarrow \Delta Y_1 = 66,68 - 66,66 = 0,02\% < 1\%$$

$$Y_2 = \frac{14,55}{79,44 - 52,97} \times 100 = 54,98 \% \rightarrow \Delta Y_2 = 55,01 - 54,98 = 0,03\% < 1\%$$

On voit que ces resultants sont en accord

➤ **Débit spécifique du perméateur à la production :**

$$Q_{SPC} = \frac{Q_{PT}}{n} = \frac{67,52}{11} = 6,14 \text{ GPM /perméateur}$$

n: nombred'arrangement

➤ **Nombre total des perméateurs de l'installation**

$$N_T = \frac{Q_{WT}}{Q_{SPC}}$$

Avec:

Q_{WT} =Débit totalde production

Q_{WT} =Débitd'eau brute×conversiontotal

Q_{WT} =3024×264,2/(24×60)×0

$$N_T = \frac{471,60}{6,14} = 76,82 \approx 77 \text{ perméateur}$$

,85 Q_{WT} = 471,60 GPM

➤ **Nombre de perméateurs dans chaque ligne:**

$$n = \frac{N_T}{N} = \frac{77}{1} = 77 \text{ perméateur}$$

N:nombre de ligne

➤ **Disposition par étage**

Etage1: $77 \times \frac{8}{11} = 56$ perm

Etage2: $77 \times \frac{3}{11} = 21$ perm

➤ **Débit de production**

Etage1: $Q_{P1} = 56 \times 6,62 = 369,95$ GPM

Etage2: $Q_{P2} = 21 \times 4,85 = 101,64$ GPM

Donc le débit de production d'une ligne devient:

$$Q_{Pt} = 369,95 + 101,64$$

$$Q_{Pt} = 471,60 \text{ GPM}$$

✓ Débit de production de notre installation d'osmose inverse pour la disposition 8/3 est:

$$Q_{PT} = n \times Q_{Pt} = 1 \times 471,60$$

n: nombre de ligne

$$Q_{PT} = 471,60 \text{ GPM}$$

$$Q_{PT} = 2570,40 \text{ m}^3/\text{j}$$

➤ **Débit de rejet total:**

$$Q_{RT} = n \times N \times Q_R$$

n: nombre de ligne

N: nombre de membrane de chaque

$$Q_{RT} = 1 \times 21 \times 3,97 = 83,14 \text{ GPM}$$

modèle Q_R : débit de rejet

➤ **Conversion total:**

$$Y_T = \frac{Q_{PT}}{Q_{PT} + Q_{RT}} \times 100 = \frac{471,60}{471,60 + 83,14} \times 100$$

$$Y_T = 85,01\%$$

✚ **Prévision de qualité d'eau osmose:**

➤ **Concentration moyenne :**

$$[Ca^{+2}]_{moy} = \frac{\sum Q_i \times [Ca^{+2}]_i}{\sum Q_i} \quad [Ca^{+2}]_{moy} = \frac{54,34 \times 211,3}{54,34} = 211,3 \text{ mg/l}$$

Tableau 0-15:Concentrations des eaux brutes

élément	Concentration moyenne
Ca ²⁺	211,3
Mg ²⁺	112,6
Na ⁺	500
K ⁺	50
Cl ⁻	905
(SO ₄) ⁻²	681,25
(HCO ₃) ⁻	181,48
(CO ₃) ⁻²	0
(NO ₃) ⁻	11
Total	2652,63

Qualité de l'eau produite

$$Y_1=66,66\% \qquad Q_{P1}=52,97\text{GPM} \qquad SP_1=0,053$$

$$Y_2=55,01\% \qquad Q_{P2}=14,55\text{GPM} \qquad SP_2=0,060$$

Etage1:

➤ **Concentration de l'eau produite**

$$[Ca^{+2}]_{P1} = SP_1 \times [Ca^{+2}]_F = 0,053 \times 211,3$$

$$[Ca^{+2}]_{P1} = 11,10 \text{ ppm}$$

➤ **Concentration de l'eau de rejet**

$$[Ca^{+2}]_{R1} = \frac{[Ca^{+2}]_F - Y_1 \times [Ca^{+2}]_{P1}}{1 - Y_1} = \frac{211,3 - 0,6666 \times 11,10}{1 - 0,6666}$$

$$[Ca^{+2}]_{R1} = 611,63 \text{ ppm}$$

Etage2:

➤ **Concentration de l'eau produite:**

$$[Ca^{+2}]_{P2} = SP_2 \times [Ca^{+2}]_{R1} = 0,060 \times 611,63$$

$$[Ca^{+2}]_{P2} = 36,57 \text{ ppm}$$

➤ **Calcul de la concentration moyenne:**

$$[Ca^{+2}]_{\text{moy}} = \frac{52,97 \times 11,10 + 14,55 \times 36,57}{67,52}$$

$$[Ca^{+2}]_{\text{moy}} = 16,59 \text{ ppm}$$

Suivant la même méthode, on fait les calculs pour le reste des concentrations, pour le 1^{er} étage ainsi que pour le 2^{ème}. Le Tableau ci-après résume le différent calcul

Tableau 0-16: Concentration de l'eau produite pour la disposition 8/3

Ions	étage1				étage2		Concentration moyenne ppm
	aliment	SP1	pro en ppm	rejeten ppm	SP2	pro en ppm	
Ca²⁺	211,3	0,053	11,10	611,63	0,060	36,57	16,59
Mg²⁺	112,6		5,91	325,93		19,49	8,84
Na⁺	500		26,26	1447,29		86,53	39,25
K⁺	50		2,63	144,73		8,65	3,93
Cl⁻	905		47,54	2619,60		156,61	71,04
(SO₄)⁻²	681,25		35,78	1971,93		117,89	53,48
(CO₃)⁻²	0		0,00	0,00		0,00	0,00
(HCO₃)⁻	181,48		9,53	525,31		31,41	14,25
(NO₃)⁻	11		0,58	31,84		1,90	0,86
salinité résiduelle en mg/l							208,24

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous:

Tableau 0-17: Récapitulatif de tous les résultats

Arrangement	étage	Taux de conv (Yi)	Nombre de perméateurs par étage	Débit de production par étage en (m ³ /j)	Nombre de perméa total	Taux de conversion globale en %	Q _P ren (m ³ /j)	Salinité résiduelle TDSPT en (mg/l)
8/3	1 ^{ère}	66,66	56	2016,41	77	85,01	2570,4	208,24
	2 ^{ème}	55,01	21	553,99				

IV.19 Réminéralisation

Les eaux produites sont très douces par rapport aux normes Algériennes des eaux potables, donc pour augmenter la salinité de ces eaux produites pour qu'elles s'adaptent avec les normes, on ajoute une quantité d'eau dans le réservoir de stockage.

- **Quantité d'eau ajoutée dans le réservoir:**

On donne:

- ✓ Salinité d'eau pure $TDS_{PU}=2652,63\text{mg/l}$
- ✓ Salinité d'eau produite $TDS_P=208,24\text{mg/l}$
- ✓ Salinité d'eau potable pour les normes algérienne $TDS_N=500\text{mg/l}$
- ✓ Débit d'eau produit $Q_P=2570,40\text{m}^3/\text{j}$

Pour déterminer la valeur du débit d'eau Q_A qui alimente le réservoir de stockage, on applique la formule de calcul de la salinité telle que :

$$TDS_N = \frac{(\sum Q_i \times TDS_i)}{\sum Q_i}$$

Donc:

$$TDS_N = \frac{(Q_A \times TDS_{PU}) + (Q_P \times TDS_P)}{Q_A + Q_P} \rightarrow Q_A = \frac{(TDS_N - TDS_P) \times Q_P}{(TDS_{PU} - TDS_N)}$$

$$Q_A = \frac{(500 - 208,24) \times 2570,40}{(2652,63 - 500)} = 348,39 \text{ m}^3/\text{j}$$

La capacité de la station

Donc le nouveau débit de la production de la station est égal:

$$Q = Q_P + Q_A$$

$$Q = 2570,40 + 348,39 = 2918,79 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q = 33,78 \text{ l/s}$$

Conception la sua une station de dessalement d'eau souterraine technique d'osmose inverse

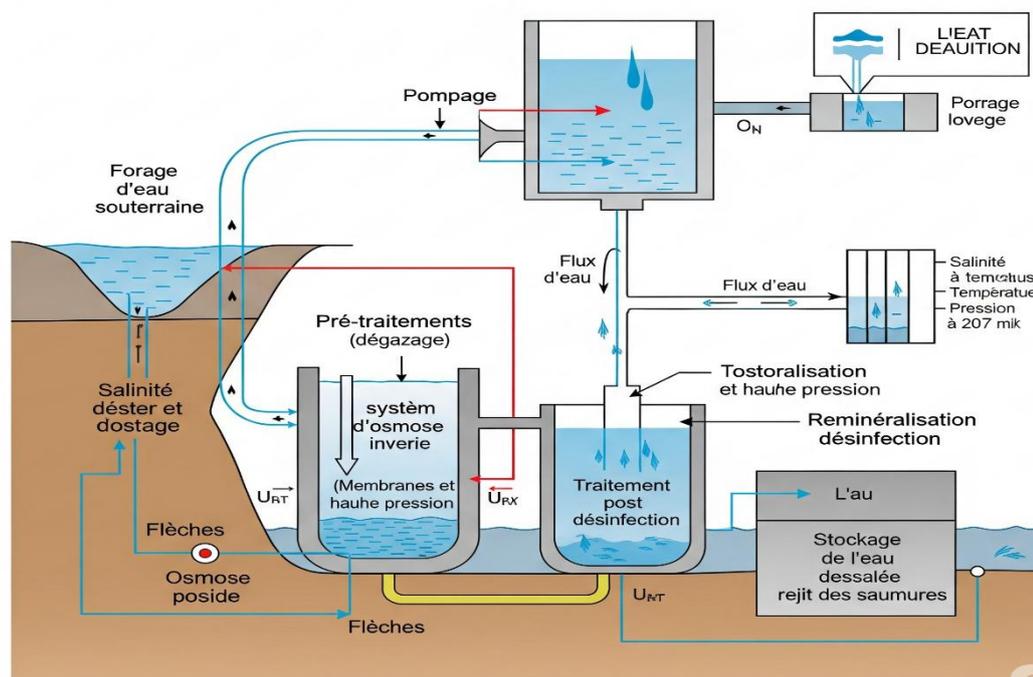


Figure IV-1 : conception la sua une station de dessalement d'eau souterraine technique d'osmose inverse

IV.20.Conclusion

L'installation dédiée à l'élimination des minéraux de l'eau potable commence par l'étape de prétraitement, qui comprend l'utilisation d'un filtre à sable et d'un filtre à cartouche pour la filtration fine. Pour l'étape principale, la technologie d'osmose inverse a été choisie, où la membrane est monocouche et se compose de deux étapes.

Concernant le processus de désinfection, de l'hypochlorite de sodium est ajouté à l'eau traitée Pour détruire les micro-organisme spathogènes.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Face aux défis croissants liés à la raréfaction des ressources en eau dans les régions arides et semi-arides, le dessalement revêt une importance capitale pour améliorer la sécurité hydrique et répondre à la demande croissante en eau potable. Cette étude s'inscrit dans ce cadre et aborde la question de la détermination de la taille d'une usine de dessalement des eaux souterraines par osmose inverse, en tenant compte des caractéristiques physiques et chimiques de l'eau brute et des conditions d'exploitation optimales de cette technologie.

Cette recherche a déterminé la capacité nominale de l'usine de dessalement à 33,78 mètres cubes par jour, avec un système de traitement proposé comprenant :

- Un filtre à sable pour éliminer les impuretés en suspension et les gros solides ;
- Trois filtres microniques (cartouches) pour la préprotection membranaire ;
- Deux unités d'osmose inverse (deux membranes) pour assurer l'élimination efficace des sels et minéraux dissous.

La conception proposée a démontré son adéquation aux caractéristiques qualitatives des eaux souterraines utilisées, tant en termes de salinité que de turbidité, et répondait également aux normes techniques adoptées pour la conception des usines de dessalement de petite et moyenne taille. Les aspects hydrauliques et opérationnels ont été pris en compte, notamment la pression de service, le taux de récupération et la qualité de l'eau produite, garantissant ainsi la durabilité et l'efficacité de l'usine à moyen terme.

Cette étude souligne l'importance d'adopter une approche scientifique rigoureuse pour la conception des usines de dessalement, en équilibrant efficacité opérationnelle et coût économique. Elle ouvre également des perspectives d'application de ce modèle dans d'autres régions présentant des conditions hydriques similaires, avec la possibilité de le développer ultérieurement pour répondre à la demande croissante ou intégrer des technologies complémentaires telles que le traitement avancé ou les énergies renouvelables.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. Anonyme, Déshydratation mécanique des boues, Fiche technique 4, Septembre 2012, 6p.[MV de caoH2] Anonyme, Chaux vive, Fiche technique, Édition 04/2007
2. Audibert J, la logique floue optimise la centrifugation des boues, Degrément, Novembre 1998,
3. BAHA S., BENSARI F., Epuration des eaux usées domestique par les boues activées études de la performance de la STEP D'AIN EL HOUTZ, Mémoire de Master En Hydraulique, Université Abou BekrBelkaid, 2014, 80p.
4. Canler J.P, Lionel Julien, Efficacité des principaux produits envisageables pour améliorer la décantabilité de la boue en cas de crise aigüe de foisonnement, Cemagref de Lyon,
5. CSHPF, Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France. (1995)-Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines Section des eaux, 22 pages.
6. DEGEMENT « le memento technique de l'eau ». tom1 TOM2 Edition LavoisierP60.
7. Dégrilleurinclinéavecracleursàchaînes, Fichetechnique,lasociété Inofilter,3p.
8. Dhaouadi H., Traitement des Eaux Usées Urbaines, Les procédés biologiques d'épuration, cours pour l'enseignement, Université de Tunis, 2008, 34 p.
9. Direction Des Ressources En Eau De La Wilaya De Ghardaïa Rapportd'utilisation des eaux épurées pour l'irrigation des périmètres agricoles à Guerrara, Berriane et El Menea.
10. Document élaboré par le GIS-BIOSTEP, Coordination R Jean-Pierre Canler, Dysfonctionnements biologiques des stations d'épuration : origines et solutions FNDAE n° 33, Document technique. 2005, 123p.
11. Effet du pH sur le rendement de la nitrification, <http://www.recifrance.com/Articles/Technique/nitrification.html>, consulté le 20/04/2016.
12. FAO. (2010). The wealth of waste, the economics of wastewater use in agriculture. Rapport FAO. Rome. 129p.
13. GAID 1984 « épuration biologique des eaux usée urbain Tome 1 » édition OPU Alger.»
14. GAIDA.,ÉpurationBiologiqueDesEauxUséesUrbaines,livreTome2,EdOPU, 1984,Alger, 234p
15. J A Blumenthal 1, M A Babyak, K A Moore, W E Craighead, S Herman, P Khatri, R Waugh, M A Napolitano, L M Forman, M Appelbaum, P M Doraiswamy, K R "Krishnan Effects of exercise training on older patients with major depression" PMID: 10547175 DOI: 10.1001/archinte.159.19.2349
16. La centrifugation des boues, <http://www.deshydratation-boues.com/avantagesphtml>, consulté le

Références bibliographiques

28/04/2016.

17. LAID BOUCHAALAL,(2017) Ressources Hydriques: Traitement Et ReutilisationDes Eaux Usees En Algerie Water ResourcesTreatment And Reuse Of Wastewater In Algeria Article · May 2017.
18. M. Saeed Sheikh, Ester Fernandez-Salas, Myounghee Yu, Arif Hussain,Jonathan ‘ ’ Cloning and Characterization of a Human Genotoxic andEndoplasmic Reticulum Stress-inducible cDNA That Encodes Translation Initiation Factor.
19. NAFISSA BETAOUAF, 2012 Réutilisation des eaux usées dans l’agriculture urbaine et périurbaine au Maghreb arabe. Avantages et inconvénients, universitéTlemcen.
20. ONA,(2018).Tableau udebordexploitationmoisdefévrier2018
21. Pierre Y., Jean Marc Perret, Jean Pierre Canler, vers une meilleure connaissance des déchets issus de l’étape des prétraitements, Cemagref R Equipe Traitement des eaux résiduaires, 24p.
22. RADIER J 2005 l’analyse de l’eau naturelle, eau résiduelle ; eau de mer « 8 éditiondunode technique Paris »
23. Rejsek F. (2002). Analyse des eaux, Aspects Réglementaires Et Techniques. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine. France.
24. Rodier, J. (2009) .Analyse de l’eau : Eaux naturelles, 9ième Edition : Dunod, Paris(France).
25. Sadowski A.G., Méthode de calcul d’une filière de traitement, Document technique, Mars 2002, 99p.
26. Santa cruz, Quelques paramètres caractéristiques des boues activées, Fiche d’exploitation n°1, novembre 2006, 70p.
27. TALEB M. K., État de l’assainissement d’une zone côtière Analyses et perspectives d’aménagement Cas: Commune d’Ain El Türck, Mémoire de magister en sciences de l’environnement et climatologie, Université d’Oran, 2006, 159p.
28. Tamrabet L. (2007). Traitement et réutilisation des eaux usées dans les pays duMENA : Cas de l’Algérie. Rapport réalisé pour le compte de la FAO (Office Régional

Bibliographie

duFAOauProcheOrient,Caire, Egypte).

29. Tamrabet L. (2007). Traitement et réutilisation des eaux usées dans les pays duMENA : Cas de l'Algérie. Rapport réalisé pour le compte de la FAO (Office Régional du FAO au Proche Orient, Caire, Egypte).

30. Wilaya De Ghardaïa (2019) « Monographie De la wilaya de Ghardaïa » République Algérienne Démocratique Et Populaire Wilaya De Ghardaïa Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaires

ANNEXES

ANNEXE N°1 L'EAU D'IRRIGATION

Tableau n°43 Normes de réutilisation de seaux usées épurées (MRE, 2007; JORA, 2012) (PROJET IRRIGATION, 2013)

Paramètres	Unité	Normes		
		FAO*(1985)	OMS**(1989)	JORA(2012)
pH		6,5-8,4*		6,5-8,5
CE	ds/m	<0,7* Aucune restriction 0,7- 3,0 *restriction légère à modérée >3,0 * Forte restriction		3
MES	mg/l	<30**		30
DCO	mg O ₂ /l	<40**		90
DBO ₅	mg O ₂ /l	<10**		30
NO ⁻	mg/l	50**		30
NO ⁻	mg/l	<1**		Non disponible
NH ⁺	mg/l	<2**		Non disponible
PO ₃ ⁻	mg/l	<0,94**		Non disponible
SAR	meq/l	<3* Aucune restriction 3-9* restriction légère à modérée >9* Forte restriction		Non disponible
Coliformes totaux	UFC/100ml	Non disponible		Non disponible
Streptocoque fécaux	UFC/100ml	1000**		Non disponible
Salmonelles	UFC/1L	Absence**		Non disponible

Annexes

ANNEXEN°2 Tableau uN°1 Recommandation microbiologiques révisées de l'OMS pour le traitement des eaux usées avant utilisation en agriculture (PROJET IRRIGATION, 2013)

Catégories	Condition de réutilisation	Groupe exposés	Techniques d'irrigation	Nématodes intestinaux b	Coliformes fécaux c	Traitements recommandés pour atteindre le niveau de qualité microbiologique
A	Irrigation sans restrictions A1 Pour les cultures maraîchères consommées crues, les terrains des sports, les parcs publics. d	Travailleurs, consommateur, public.	Toutes	≤ 0,1e	≤ 103	Série de bassins de stabilisation bien conçus, réservoir de stockage et de traitement remplis séquentiellement, ou traitement équivalent (p. ex. traitement secondaire conventionnel suivi soit d'un lagunage tertiaire, soit d'une filtration et d'une désinfection).
B	Irrigation restreinte. Céréales, cultures industrielles, fourragères et forêt	B1 travailleurs (mais pas les enfants < 15 ans), populations alentour	Paraspersion	≤ 1	≤ 105	Série de bassins de rétention dont un bassin de maturation ou un bassin séquentiel ou traitement équivalent (p. ex. traitement secondaire conventionnel suivi soit par des lagunages tertiaires, soit une filtration).
		B2 comme B1 B3 travailleur dont les enfants < 15 ans, population alentour	Par rigole d'infiltration ou par gravité Toutes	≤ 1 ≤ 0,1	≤ 103 ≤ 103	Comme pour la catégorie A Comme pour la catégorie A
C	Irrigation localisée sur des cultures de la catégorie B s'il n'y a pas d'exposition des travailleurs ou du public	Aucun	Goutte-à-goutte, micro-jet, etc.	Pas de norme	Pas de norme	Prétraitement nécessaire pour des raisons techniques liées à l'irrigation, mais pas moins qu'une sédimentation primaire

Annexes

(a) Dans certains cas particuliers, les facteurs épidémiologiques, socio-culturels et environnementaux devront être pris en compte, et les recommandations modifiées en conséquence.

(c) Moyenne géométrique G du nombre N /100ml. La moyenne géométrique (G) est définie comme étant la racine Nième du produit des N termes d'une série statistique.

(d) Une limite plus restrictive (≤ 200 coliformes fécaux/100 ml) est appropriée pour les pelouses publiques, comme les pelouses d'hôtels, avec lesquelles le public peut avoir un contact direct.

(e) Cette limite peut être augmentée à ≤ 1 œuf/l si (i) il fait chaud et sec et que l'irrigation de surface n'est pas pratiquée ou (ii) le traitement de l'eau contient aussi des traitements chimiothérapeutiques anti-helminthes.

(f) Dans le cas des arbres fruitiers, l'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la récolte, et aucun fruit ne doit être récolté au sol. L'irrigation par aspersion ne doit pas être utilisée.

Annexes

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique

Faculté des sciences et de la
technologie
Département d'Hydraulique et
Génie Civil

جامعة غرداية



Université de Ghardaïa

كلية العلوم و التكنولوجيا

قسم الري والهندسة المدنية

ترخيص بإيداع مذكرة الماستر

بعد الاطلاع على التصحيحات المطلوبة على محتوى المذكرة المنجزة من طرف:

الطالب(ة): بطاش الطيب

الشعبة: ري

التخصص: ري حضري

نحن الأساتذة:

الإمضاء	الصفة	الرتبة والجامعة الأصلية أو المؤسسة	الإسم واللقب
	رئيس	أستاذ محاضر ب (جامعة غرداية)	اولاد بلخير الشيخ
	ممتحن	أستاذ محاضر ب (جامعة غرداية)	لشهب سنة
	مؤطر	أستاذ مساعد أ (جامعة غرداية)	مشري بشير

نرخص بإيداع النسخة النهائية لمذكرة الماستر بعنوان:

Dimensionnement d'une station de déminéralisation par L'osmose inverse à la
commune de Guerrara Wilaya de Ghardaïa

رئيس القسم