

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية وزارة  
التعليم العالي و البحث العلمي

NATIONAL HIGHER SCHOOL FOR  
HYDRAULICS

"The Mujahid Abdellah ARBAOU"



المدرسة الوطنية العليا للري

"المجاهد عبد الله عرباوي"

ⵎⵓⵔⵉⵏⵉ ⵎⵓⵔⵉⵏⵉ ⵎⵓⵔⵉⵏⵉ ⵎⵓⵔⵉⵏⵉ ⵎⵓⵔⵉⵏⵉ

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

*Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique*

**Option :** Réutilisation des eaux non conventionnelle

### **THEME :**

## **EXTENSION DE LA STATION DE DESSALEMENT D'EAU DE MER DE BENI-HAOUA WILAYA DE CHLEF PAR L'OSMOSE INVERSE**

**Présenté par :**

**BERRACHICHE Mohamed**

**Devant les membres du jury**

<b>Nom et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
DJELLAB Mohamed	Professeur	Président
LEULMI MEDJDOUB Sonia	MCB	Examineur
BETATACHE Hayat	MCB	Examineur
KOLIAI Djaffar	Associé	Examineur
HACHEMI Abdelkader	MCA	Promoteur

**Session JUIN 2024**

---

# Remerciement

---

*Tout d'abord, je remercie Dieu de m'avoir donné la force de mener à bien ce travail jusqu'au bout, car je tiens à exprimer mes sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de loin ou de près à l'élaboration de cette mémoire.*

*Je tiens à remercier Monsieur HACHEMI Abdelkader. En tant que directeur de mémoire, il m'a guidé dans mon travail.*

*J'adresse également mes sincères remerciements aux membres du jury.*

*Je ne peux oublier de remercier chaleureusement toutes les personnes du groupe SDEM à Beni haoua, qui m'ont beaucoup aidé lors de mon stage pratique, ainsi que Monsieur (Hamza el-hamri, Kherraz abdelkader) et toutes les personnes de cette unité chacun par elle nom.*

*Un grand merci à ma mère et mon père, pour leur amour, leurs conseils ainsi que leur soutien inconditionnel, tant moral qu'économique, qui m'ont permis de réaliser les études que je souhaitais et donc cette mémoire.*

*Je tiens à exprimer ma gratitude aux amis et collègues qui m'ont apporté leur soutien moral et intellectuel tout au long de ma démarche.*

---

# Dédicace

---

*A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.*

*À mes chères sœurs pour leurs encouragements constants et leur soutien moral, Et à mes chers frères pour leur soutien et leurs encouragements.*

*À tous les membres de ma famille qui m'ont soutenu tout au long de mon parcours universitaire.*

*J'espère que ce travail sera la réalisation de vos prétendus désirs et le résultat de votre soutien continu.*

## LISTE DES ABREVIATIONS

### Liste des abréviations

<b>RO</b>	osmose inverse
<b>MES</b>	matières en suspension
<b>SW-SR</b>	eaux de mer – rejection de sel
<b>PEHD</b>	polyéthylène a haute densité
<b>D</b>	diamètre
<b><math>\Pi</math></b>	pression osmotique
<b>GPM</b>	gallon per million
<b><math>\Delta H</math></b>	perte de charge

### ملخص

تحتوي بلدية بني حواء على محطة لتحلية مياه البحر تم إنجازها سنة 2016. توفر هذه المحطة لبلدية بني حواء قيمة إنتاجية تصل إلى 5000 متر مكعب يوميا مع العلم ان مردود المحطة حاليا اقل كثيرا من القيمة الانتاجية للتصميم. قمنا في هذه المذكرة بتصميم المحطة قصد توسعتها لزيادة كمية الإنتاج من اجل تزويد البلديات المجاورة بمياه الشرب, خلال هذه المذكرة قمنا بوصف منطقة الدراسة، ثم قدمنا نبذة مختصرة عن محطة تحلية المياه في بني حواء، ثم ذكرنا بإيجاز معلومات عن المياه و مختلف طرق تحلية مياه البحر . وبعد ذلك شرعنا في تصميم المحطة بعد حساب الاحتياجات المائية لكل بلدية من بلديات دائرة بني حواء. وبعد الانتهاء من عملية التصميم تطرقنا لذكر عنصر الامن و الصحة الازم لسلامة العاملين داخل المحطة ، و في الأخير اختتمنا المذكرة بخاتمة مختصرة ذكرنا فيها اهم النتائج و قمنا بالتعليق عليها .

**الكلمات المفتاحية:** تحلية مياه البحر، توسيع، محطة، الاحتياجات المائية، المدن المجاورة ، بني حواء ، تصميم.

### Résumé

La commune de Beni Haoua dispose d'une usine de dessalement d'eau de mer qui a été achevée en 2016. Cette station assure à la commune de Beni Haoua une valeur de production allant jusqu'à 5 000 mètres cubes par jour, sachant que le rendement de la station est actuellement inférieur à la valeur de production nominale.

Dans cette mémoire, nous avons conçu la station dans le but de l'agrandir pour augmenter la production afin d'alimenter les municipalités voisines en eau potable. Au cours de cette mémoire, nous avons décrit la zone d'étude, puis nous avons présenté un bref aperçu de la station de dessalement à Beni Haoua, puis nous avons brièvement évoqué des informations sur l'eau et les différentes méthodes de dessalement de l'eau de mer. Après cela, nous avons commencé à concevoir la station après avoir calculé les besoins en eau de chaque municipalité du daïra de Beni Haoua. Après avoir terminé le processus de conception, nous avons abordé l'élément de l'hygiène et sécurité nécessaire à la sécurité des travailleurs à l'intérieur de la station. Enfin, nous avons conclu la mémoire par une brève conclusion dans laquelle nous avons mentionné les résultats les plus importants et les avons commentés.

**Mots clés :** dessalement d'eau de mer, agrandir, station, les besoins en eau, Beni Haoua, municipalités voisines, dimensionnement.

## RESUME

### Abstract

The commune of Beni Haoua has a seawater desalination plant which was completed in 2016. This station provides the commune of Beni Haoua with a production value of up to 5,000 cubic meters per day, knowing that the output of the station is currently lower than the nominal production value.

in this memory, we designed the station with the aim of expanding it to increase production in order to supply neighboring municipalities with drinking water. During this memory, we described the study area, then we presented a brief overview of the desalination plant in Beni Haoua, then we briefly discussed information about water and the different desalination methods of the sea water. After that, we started to design the station after calculating the water needs of each municipality in the Beni Haoua daïra. After completing the design process, we addressed the health and safety element necessary for the safety of workers inside the station. Finally, we concluded the memory with a brief conclusion in which we mentioned the most important results and commented on them.

**Keywords:** seawater desalination, expanding, station, water needs, Beni Haoua, neighboring municipalities, design.

# TABLE DE MATIÈRES

## LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

### INTRODUCTION GÉNÉRALE

CHAPITRE I .....	12
I.1 Introduction.....	13
I.2 Description de milieu .....	13
I.2.1 Situation géographique .....	13
I.2.2 Milieu physique.....	14
a. Précipitation :.....	14
b. Température : .....	14
c. Vitesse du vent : .....	15
I.2.3 Relief, géologie, hydrographie .....	15
I.3 Conclusion .....	16
II.1 Introduction.....	18
II.2 Ressources d'eau .....	19
II.3 L'eau en Algérie .....	20
II.3.1 L'état de l'Algérie sur le plan hydrique .....	20
II.3.2 Les ressources en eaux en Algérie .....	21
II.4 L'eau potable .....	22
II.3.1 Définition de l'eau potable .....	22
II.3.2 Caractéristiques de l'eau potable.....	22
II.3.3 Normes de potabilité.....	23
II.5 Conclusion .....	24
III.1 Introduction.....	26
III.2 Généralité sur le dessalement de l'eau de mer .....	26

## TABLE DE MATIERES

III.2.5 Définitions.....	26
III.2.5 Stations de dessalement en Algérie .....	26
III.2.5 Schéma général d'une installation de dessalement .....	29
III.2.5 Différents procédés de dessalement .....	29
III.2.5 Critères de choix et comparaisons des procédés de dessalement .....	35
III.2.5 Explication de la méthode d'osmose inverse.....	35
IV.2.1 L'osmose inverse.....	36
IV.3 Composants clés de l'usine de dessalement à osmose inverse .....	36
IV.4 Paramètres de performance du RO .....	38
IV.4.1 Types des membranes.....	40
IV.4.2 Le problème majeur de l'osmose inverse.....	43
IV.5 Les avantages et inconvénients de l'osmose inverse.....	44
IV.6 Conclusion .....	45
CHAPITRE IV.....	46
IV.1 Introduction .....	47
IV.2 Présentation de la station de dessalement de beni haoua .....	47
IV.2.1 Situation géographique de la station .....	47
IV.2.2 Profil de SDEM de beni haoua .....	48
IV.2.3 Procédé de dessalement au niveau de la station.....	49
2. Filtration granulaire duel (plusieurs couches de matières filtrantes) :.....	52
3. Filtre d'affinement et de sécurité (filtre à cartouche) : .....	53
IV.3 État de fonctionnement de la station .....	62
IV.3.1 Production quotidienne de la station.....	62
IV.3.2 État physique de la station .....	62
IV.4 Conclusion .....	63
CHAPITRE V .....	64

## TABLE DE MATIERES

V.1 Introduction .....	65
V.2 Estimation des besoins en eau .....	65
V.4.1 Catégories des besoins .....	65
V.4.2 Choix de la dotation .....	65
V.4.3 Consommation moyenne journalière.....	66
V.4.4 Variation du débit .....	68
V.4 Dimensionnement de la station de dessalement .....	69
V.4.1 Conduite de captage.....	70
V.4.2 Prétraitement .....	76
V.4.3 Unité d'osmose inverse .....	88
V.4.4 Post traitement .....	105
V.5 Calcule hydraulique .....	109
V.6 Conclusion .....	116
CHAPITRE VI .....	117
Hygiène et sécurité de travail .....	117
VI.1 Introduction .....	118
VI.2 Gestion des signaux de danger et de risque.....	118
VI.3 Les normes de signalisation de danger .....	121
VI.4 L'emplacement des panneaux de signalisation .....	122
VI.5 Conclusion .....	123
Annexe	
BIBLIOGRAPHIE	

## LISTE DES TABLEAUX

Table II.1 : Répartition spatiale des eaux souterraines du nord du pays. [28] .....	21
Table II.2 : Répartition spatiale des eaux de surface. [28] .....	22
Table II.3 : Normes d'eau potable selon l'Algérie et selon l'OMS. [Source ADE].....	24
Table III.1: Quelques valeurs moyennes de la salinité de l'eau de mer.....	26
Table III.2 : Les 11 méga stations de dessalement d'eau de mer actuellement en.....	27
Table III.3 : Les stations Monoblocs du dessalement d'eau de mer actuellement en exploitation. [11].....	28
Table IV. 1 : Types d'encrassements des membranes. [6] .....	44
Table V.1 : caractéristique de la conduite d'alimentation. ....	49
TABLE IV.2 : PRODUCTION QUOTIDIENNE DE LA STATION. ....	62
TABLE IV.3 : LES PROBLEMES DE LA STATION.....	63
Table V.1 : population à l'horizon d'étude.....	66
Table V.2 : consommation domestique. ....	66
Table V.3 : Consommation par équipements.....	67
Table V.4 : Consommation industrielle.....	67
Table V.5 : Consommations touristiques. ....	68
Table V.6 : Récapitulation des consommations moyennes journalières. ....	68
Table V.7 : débit des sources d'eaux des différentes villes.....	69
Table V.8: nouveau débit de production de SDEM de beni haoua.....	69
Table V. 10 : pertes de charge pour différent diamètre sélectionnées.....	74
Table V.11 : comparaison économique entre diamètre 600 et 700.....	75
Table V. 12 : calcule de perte de charge pour la conduite sélectionner. ....	75
Table V. 13 : résultats de dimensionnement de la conduite d'alimentation. ....	76
Table V.14 : Données de dimensionnement de décanteur lamellaire.....	77
Table V.15 : Résultats du calcul d'un décanteur lamellaire. ....	80
Table V.16 : Caractéristiques des filtres duels sous-pression [34].....	81
Table V.17 : données de Calcule perte de charge.....	82
Table V.18 : résultats de calcule de filtre duel pour 1 ligne. ....	84
Table V.19 : Caractéristiques de cartouche.....	84

## LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

<i>Table V.20 : Résultats de dimensionnement de filtre a cartouche.</i> .....	85
Table V.21 : Récapitulation des Résultats de calcul de conditionnement chimique. ....	88
Table V.22 : caractéristiques de membrane LG : SW 400-SR.....	89
Table V.23 : La molalité moyenne des composants chimique (ions).....	94
Table V.24 : valeurs des capacités recalculées avec les nouvelles conversions. ....	98
Table V.25: Calcul de TDS de l'eau osmosée. ....	101
Table V.26 : Résultats de calculs de l'installation d'osmose inverse. ....	102
Table V.27 : Caractéristiques final de système RO. ....	108
Table V.28: les singularités de partie aspiration entre captage et décanteur.....	111
Table V.29:les singularités de partie refoulement entre captage et décanteur.....	112
Table V.30:les singularités de partie aspiration entre décanteur et RO. ....	114
Table V.31: singularités de partie refoulement entre décanteur et RO.....	115

## LISTE DES FIGURES

Figure I. 1 : carte de situation de la daïra de Beni haoua [source : Google Earth].....	13
Figure I. 2 : situation géographique de la zone d'ÉTUDE .....	13
Figure I. 3 : Précipitations MOYENNES MENSUELLES [source : Nasa data Access viewer]..	14
Figure I.4: Température moyenne mensuelle [source : Nasa data Access viewer]. ....	15
Figure I.5: Vitesse du vent moyen mensuelle [source : Nasa data Access viewer].....	15
Figure II.1 : cycle de l'eau.....	18
Figure II.2 : La répartition de l'eau sur la terre. [24].....	20
Figure III.1 : Schéma général d'une installation de dessalement. ....	29
Figure III.2 : Classification des différentes techniques de dessalement suivant leur catégorie et la nature de l'énergie utilisée.[19] .....	29
Figure III.3 : Schéma du procédé de l'Electrodialyse. [6] .....	30
Figure III.4 : Schéma des procédés de l'osmose. [6] .....	31
Figure III.5 : Principe de la distillation membranaire [33].....	31
Figure III.6: Schéma du procédé de la distillation par compression de vapeur. [6].....	32
Figure III.7: Schéma du procédé de la distillation à multiples effets. [6] .....	33
Figure III.8 : Schéma du procédé de la distillation à détente étagée. [6].....	33

## LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Figure III.9 : Schéma du procédé de l'adsorption. [6] .....	34
Figure III.10 : Montage expérimental du procédé de dessalement par congélation. [16] .	34
Figure IV. 1 : principe d'osmose et osmose inverse.....	36
Figure 2 : principe d'osmose et osmose inverse (12).....	36
Figure 3 : principe d'osmose et osmose inverse (12).....	36
Figure 4 : principe d'osmose et osmose inverse (12).....	36
Figure 5 : principe d'osmose et osmose inverse (12).....	36
Figure 6 : principe d'osmose et osmose inverse (12).....	36
Figure 7 : principe d'osmose et osmose inverse (12).....	36
Figure 8 : principe d'osmose et osmose inverse (12).....	36
Figure 9 : Module à membrane tubulaire. (25) .....	41
Figure IV.1 : situation géographique de la SDEM de beni haoua [source : Google Earth]..	48
Figure IV.2 : image du bloc RO de la station. ....	49
Figure IV.3 : Processus de dessalement par osmose inverse. ....	49
Figure IV.4 : dessableur rectangulaire. ....	51
Figure IV.5 : décanteur lamellaire. ....	52
Figure IV.5 : décanteur lamellaire. ....	52
Figure IV.6 : filtre duel. ....	53
Figure IV.6 : filtre duel. ....Error! Bookmark not defined.	
Figure IV.7 : filtre à cartouche. ....	54
Figure IV.7 : filtre à cartouche. ....Error! Bookmark not defined.	
Figure IV.8 : pompe à haute pression. ....	57
Figure IV.8 : pompe à haute pression. ....	57
Figure IV.9 : un rack dans le système RO. ....	58
Figure IV.9 : un rack dans le système RO. ....Error! Bookmark not defined.	
Figure IV.10 : réservoir de stockage. ....	61
Figure IV.10 : réservoir de stockage. ....	61
Figure IV.11 : système de pompage de refoulement.....	61
Figure IV.11 : système de pompage de refoulement.....Error! Bookmark not defined.	
Figure V.1 : Logiciel [Q+ Projection Software V3.3.0.1]. ....	102
Figure V.1 : Logiciel [Q+ Projection Software V3.3.0.1]. ....Error! Bookmark not defined.	
Figures V.4 : les paramètres de conception. ....	103

## LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Figures V.4 : les paramètres de conception. ....	Error! Bookmark not defined.
Figures V.3 : Le profil d'eau d'alimentation. ....	103
Figures V.3 : Le profil d'eau d'alimentation. ....	Error! Bookmark not defined.
Figures V.2 : source d'eau. ....	Error! Bookmark not defined.
Figures V.2 : source d'eau. ....	103
Figures V.5 : schéma avec les résultats de simulation de système RO. ....	104
Figures V.5 : schéma avec les résultats de simulation de système RO. ..	Error! Bookmark not defined.
Figures V.6 : état de système simulé. ....	104
Figures V.6 : état de système simulé. ....	Error! Bookmark not defined.
Figures V.7: schéma avec les résultats de simulation de système RO dans le nbr de membrane par Vessel est 8 membranes. ....	105
Figures V.7: schéma avec les résultats de simulation de système RO dans le nbr de membrane par Vessel est 8 membranes. ....	105
Figures V.8: insertion de débit de blindage. ....	107
Figures V.8: insertion de débit de blindage. ....	Error! Bookmark not defined.
Figures V.9: schéma et résultats de simulation de système RO avec blindage dans le nbr de membrane par Vessel est 8 membranes. ....	107
Figures V.9: schéma et résultats de simulation de système RO avec blindage dans le nbr de membrane par Vessel est 8 membranes. ....	107
Figures V.10: état de système simulé. ....	108
Figures V.10: état de système simulé. ....	Error! Bookmark not defined.
Figure VI. 1 : Panneau de danger.....	118
Figure VI. 1 : Panneau de danger.....	118
Figure VI. 2 : panneau de danger des produits chimiques. ....	118
Figure VI. 2 : panneau de danger des produits chimiques. ....	118
Figure VI. 3 : Panneau d'interdiction. ....	119
Figure VI. 3 : Panneau d'interdiction. ....	119
Figure 4 : Panneau d'interdiction intitulé ne pas touchez. ....	119
Figure 4 : Panneau d'interdiction intitulé ne pas touchez. ....	119
Figure VI. 5 : Panneau d'avertissement. ....	119
Figure VI. 5 : Panneau d'avertissement. ....	119

## **LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES**

<b>Figure VI.6 : Panneau d'avertissement intitulé haute tension danger de mort. ....</b>	<b>119</b>
<b>Figure VI.6 : Panneau d'avertissement intitulé haute tension danger de mort. ....</b>	<b>119</b>
<b>Figure VI.7 : Les équipements de protection individuel.....</b>	<b>120</b>
<b>Figure VI.7 : Les équipements de protection individuel.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

# ***INTRODUCTION GÉNÉRALE***

Les ressources en eau pourraient se raréfier dans les prochaines décennies à l'échelle mondiale. Cette situation affectera de manière significative les régions soumises à un climat aride à semi-aride. La croissance des besoins à travers l'évolution rapide de la population, le développement industriel et l'extension de l'agriculture conjuguée à la réduction des ressources liée à l'augmentation de la fréquence des événements climatiques extrêmes : sécheresse, inondations transitoires et /ou liée aux changements climatiques constituent les principaux facteurs responsables de la raréfaction de la ressource en eau.

La demande en eau douce augmente considérablement en raison de l'augmentation de la population et de l'amélioration du niveau de vie, ce qui coïncide avec le problème de sécheresse dont souffrent de nombreux pays.

Pour faire face à ce problème, plusieurs solutions ont été recherchées, dont le dessalement de l'eau de mer, afin de combler le déficit hydrique résultant du manque d'eau douce.

La ville de Beni Haoua dispose d'une station de dessalement d'eau d'une capacité de 5 000 mètres cubes par jour, le seul bénéficiaire de cette station est uniquement la ville de Beni Haoua et non toutes les communes de la daïra.

La daïra de Beni Haoua est l'un des plus grands districts de l'État de Chlef et est composé de trois communes.

Chacune de ces municipalités se caractérise par une population relativement élevée et un niveau de vie amélioré, ce qui les rend davantage nécessiteuses de sources d'eau potable.

L'objectif de ce mémoire est d'agrandir l'usine de dessalement d'eau de la ville de Beni Haoua pour approvisionner en eau potable chacune des trois communes, à savoir Beni Haoua, Breira et Oued goussine, après le processus de calcul des besoins totaux en eau de ces communes.

# CHAPITRE I

## Présentation de la zone d'étude

## I.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter la ville de Beni haoua, en indiquant sa situation géographique, climatique, géologique et hydrographique.

## I.2 Description de milieu

Nous décrivons cette région sous plusieurs aspects :

### I.2.1 Situation géographique

Beni haoua, (anciennement Francis Garnier), est une des communes de la daïra de Beni haoua, qui se situe dans la wilaya de Chlef, aux côtés des communes de Breira et Oued goussine. Elle est située à 170 km, à l'ouest d'Alger et 95 km au nord-est de Chlef. Elle s'étend sur une superficie de 102 km<sup>2</sup>.

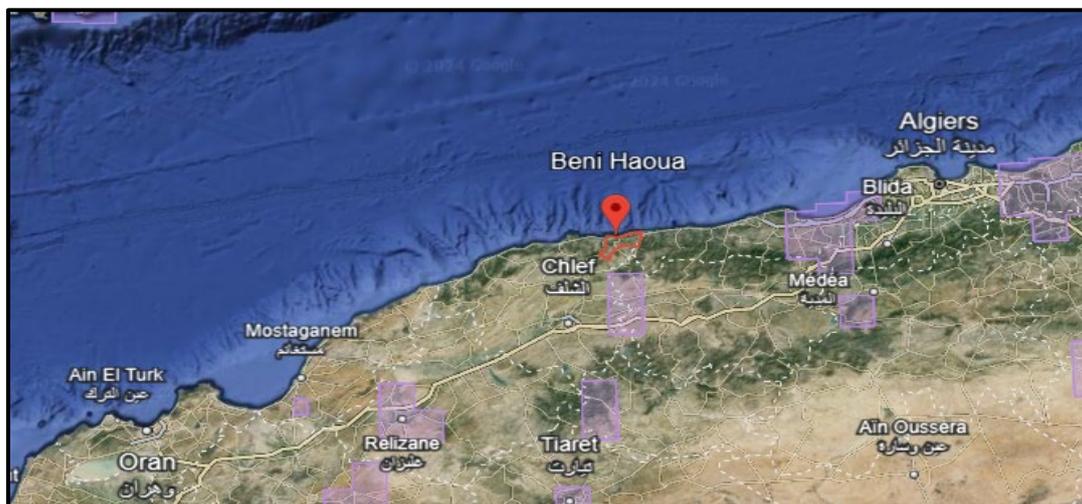


FIGURE I. 1 : CARTE DE SITUATION DE LA DAÏRA DE BENI HAOUA [SOURCE : GOOGLE EARTH].

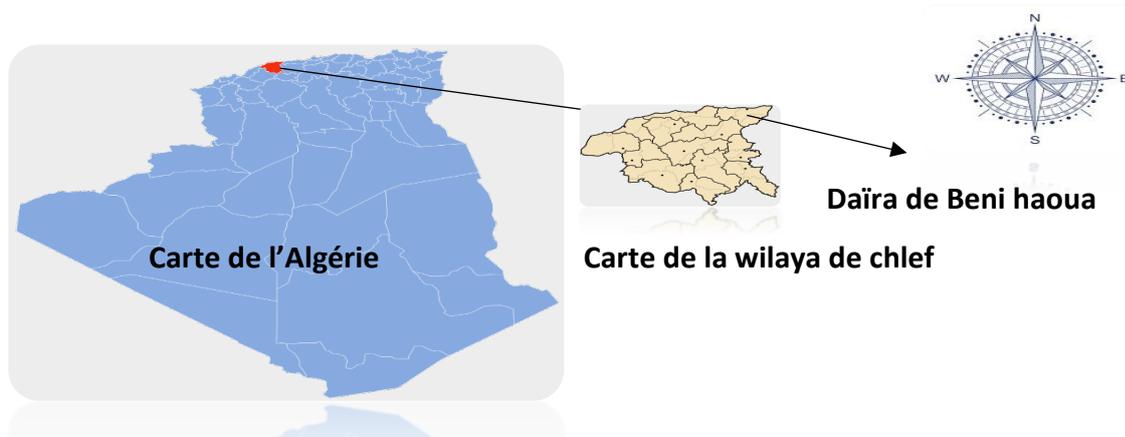


FIGURE I. 2 : SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE D'ÉTUDE .

### I.2.2 Milieu physique

Le climat de Beni Haoua est décrit en mentionnant 3 facteurs :

#### a. Précipitation :

Les précipitations sont réparties de manière inégale tout au long de l'année, avec des étés chauds et secs et des hivers doux et humides. La majeure partie des précipitations tombe pendant les mois d'hiver, de novembre à avril. Les précipitations mensuelles moyennes à Beni haoua sont comprises entre 500 et 900 mm (**cartes des pluies moyennes annuelles du Nord de l'Algérie mars 2003**) [ANNEXE 03].

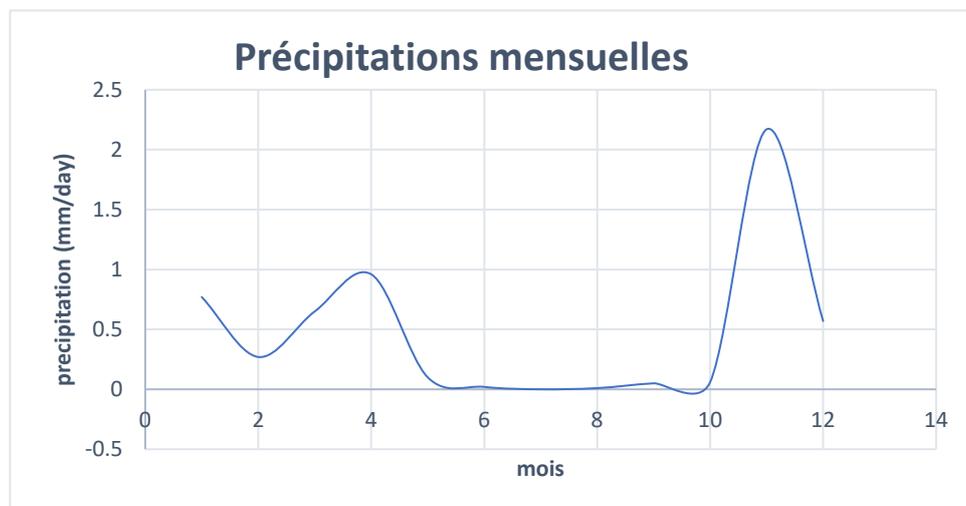


FIGURE I. 3 : PRECIPITATIONS MOYENNES MENSUELLES [SOURCE : NASA DATA ACCESS VIEWER].

#### b. Température :

Les températures sont généralement douces tout au long de l'année, avec des étés chauds et des hivers doux. Les températures les plus élevées sont généralement enregistrées en May et juin. Les températures les plus basses sont généralement enregistrées en janvier et février, avec des moyennes d'environ 13-14°C.

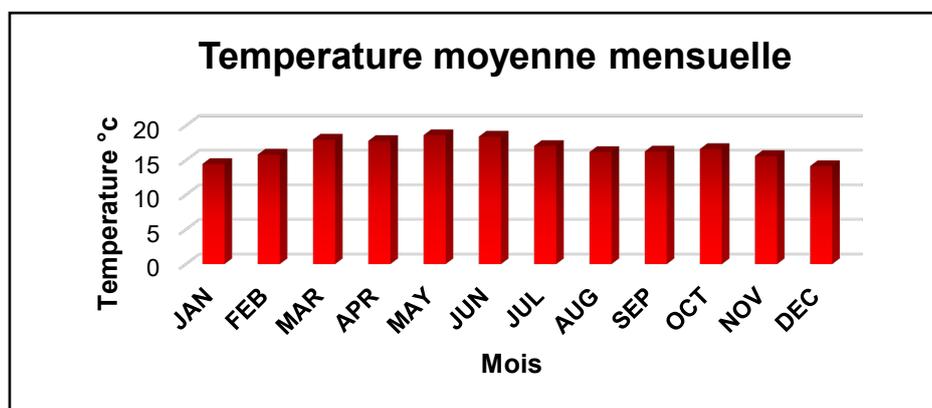


FIGURE I.4: TEMPERATURE MOYENNE MENSUELLE [SOURCE : NASA DATA ACCESS VIEWER].

### c. Vitesse du vent :

La vitesse du vent moyen mensuelle dans cette zone varie entre 5 et 15 kilomètres par heure en Journée normale. La vitesse moyenne du vent est d'environ 12 km/h.

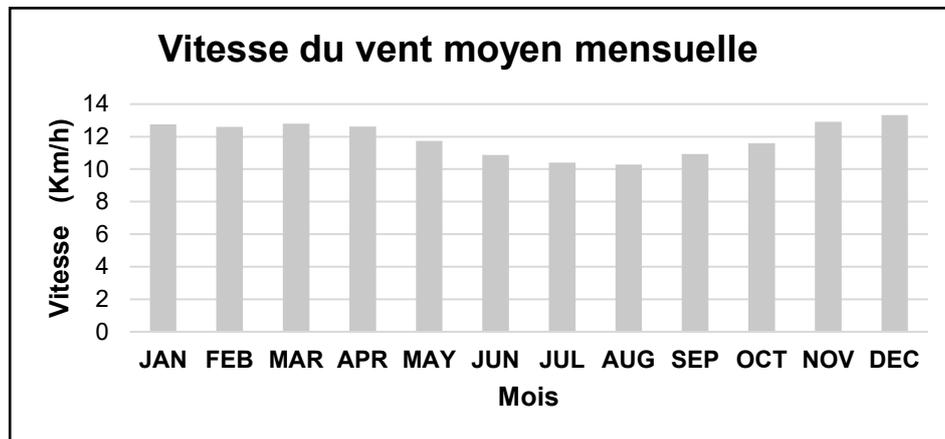


FIGURE I.5: VITESSE DU VENT MOYEN MENSUELLE [SOURCE : NASA DATA ACCESS VIEWER].

### I.2.3 Relief, géologie, hydrographie

Cette partie du Dahra algérois est une zone à reliefs moyens, naguère boisée, mais aujourd'hui qui l'est très peu, sauf en de rares endroits comme la forêt domaniale de Bissa. Cette forêt compte du chêne-liège, du chêne vert, des pins, du houx ; des arbres fruitiers sauvages tels que les cerisiers et les ronces. La partie maquis compte surtout de la bruyère, de la ciste et de la lavande au sein d'un tapis de lentisque très dense. D'autres espèces végétales peuplent ce territoire aussi. Forêt bien arrosée en hiver et au printemps, elle maintient sa verdure toute l'année. D'autres petites forêts ont résisté à la déforestation et aux incendies chroniques. La forêt de Menterache, de Bouchghal ou Bouchghal et de Tamezguida.

C'est aussi une zone riche en terrains géologiquement intéressante et en minéralisations utiles. La région de Beni Haoua, prolongement oriental de Ténès appartient au Tell septentrional, zone comprise entre la vallée de Cheliff, la terminaison occidentale de la Mitidja et au nord la Méditerranée ainsi que les deux massifs littoraux de Ténès à l'ouest et celui du Chenoua à l'est. Cette partie de la chaîne alpine d'Afrique du Nord s'appelle Dahra algérois.

Les cours d'eau qui coulent même pendant la période estivale sont relativement nombreux. On en dénombre une dizaine (principaux et affluents) dont, l'Oued Lekbir (Oued lethine) avec plusieurs affluents importants (Oued Hamla et Oued Legseb) ; Oued Menterache, Oued Outar, Oued Goussine et Oued Bouchghal. Chacun des oueds a ses propres affluents qui limitent des versants et des lignes de crêtes, donnant une morphologie typiquement montagneuse à cette zone. [1]

### **I.3 Conclusion**

Grâce aux données que nous avons collectées, il nous est apparu clairement que Beni Haoua est une région méditerranéenne caractérisée par un climat méditerranéen. Elle occupe également une vaste superficie et contient plusieurs cours d'eau.

## CHAPITRE II

### Généralités sur l'eau en algérie

## II.1 Introduction

L'eau est l'un des éléments fondamentaux de notre planète. Elle couvre près des  $\frac{3}{4}$  de sa surface. La quantité d'eau présente sur Terre est identique depuis 3,5 milliards d'années. Il y a autant d'eau qui s'évapore que d'eau qui retombe sous forme de précipitations. La fréquence des précipitations et leur quantité sont toutefois très différentes en fonction de la localisation et conditionnent la disponibilité de réserves d'eau douce. Cela implique un accès à l'eau potable très inégal en fonction des différentes zones géographiques terrestres. L'eau est par conséquent un bien précieux, car très inégalement réparti. Toute cette eau est présente sur terre sous trois états :

- liquide (pluie, brouillard, cours d'eau, lacs, nappes, mers et océans)
- solide (neige, givre, glaces et glaciers)
- gazeux (vapeur d'eau).

L'eau passe d'un état à l'autre et circule en permanence sur notre planète : c'est le cycle de l'eau.

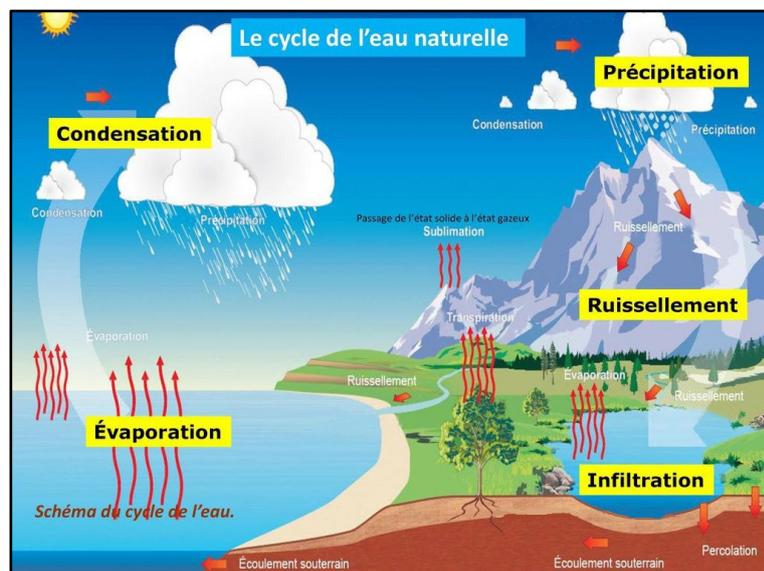


FIGURE II.6 : CYCLE DE L'EAU.

Dans ce chapitre, nous présentons une synthèse bibliographique sur un certain nombre de généralités sur l'eau, ainsi les diverses ressources hydriques contenues dans la nature.

## II.2 Ressources d'eau

Il existe 3 grands types d'eau en Algérie :

### a. Eaux superficielles (eau de surface) :

Elles sont constituées par toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine soit les eaux de ruissellement, soit les nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseau puis de rivière. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisés par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (étangs et lacs) ou artificielles (retenues, barrages) caractérisées par une surface d'échange eau-atmosphère quasiment immobile, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour souvent élevé. La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours à travers l'ensemble des bassins versants. Au cours de son cheminement, l'eau dissout les différents éléments constitutifs des terrains ; par échange à la surface eau-atmosphère, les eaux se chargent en gaz dissous (O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>...).

C'est une source d'eau facilement accessible, ce qui la rend propice à la pollution urbaine, agricole ou industrielle.

### b. Eaux souterraines :

Les eaux qui ne sont ni réévaporées, ni retournées à la mer par ruissellement s'infiltrent dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines. La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes.

La surface supérieure de la nappe est appelée surface piézométrique. L'altitude de chaque point de cette surface est appelée niveau piézométrique qu'il ne faut pas confondre avec le niveau hydrostatique d'une surface d'eau libre.

### c. Eaux de mer et eaux saumâtres :

Les eaux de mer sont celle qu'on retrouve dans les mers et les océans, c'est une eau très chargée en sel minéraux surtout le NaCl (35 g/l en moyenne et peut atteindre 50 g/l près des côtes des

régions chaudes). Les eaux saumâtres ont une teneur en sel inférieure à celle de l'eau de mer, cette teneur est comprise entre 1 et 10 g/l. [

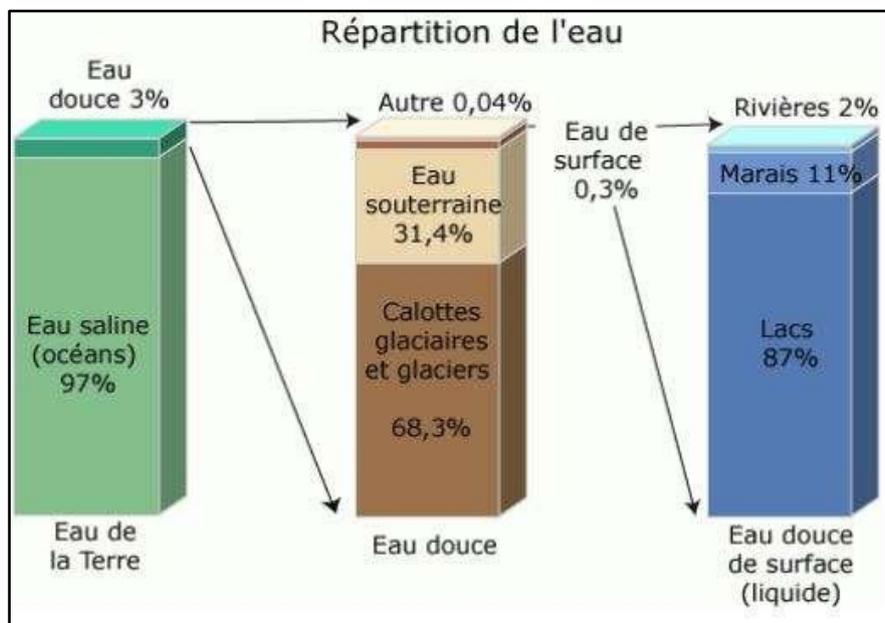


FIGURE II.7 : LA REPARTITION DE L'EAU SUR LA TERRE. [2]

### II.3 L'eau en Algérie

Nous discuterons ici de l'état de l'eau en Algérie et de ses ressources les plus importantes.

#### II.3.1 L'état de l'Algérie sur le plan hydrique

L'Algérie est classée parmi les pays les plus déficitaires en eau. De part son appartenance à la zone géographique du "Middle-Est and North Africa (MENA)" et la quasi-totalité de son territoire (87%) classé en zone désertique, sa pluviométrie moyenne annuelle varie de 1600 mm dans l'extrême nord-est à 12 mm à l'extrême sud-ouest. Néanmoins, la pluviométrie moyenne du territoire, toutes zones confondues, n'est que de l'ordre de 89 mm. De ce fait, l'Algérie est classée parmi les 13 pays africains qui souffrent le plus du manque d'eau. En effet, avec moins de 500 m<sup>3</sup> /habitant/an d'eau renouvelable, l'Algérie dispose de moins de 50% du seuil théorique de rareté fixé par la Banque mondiale à 1000 m<sup>3</sup> par habitant et par an. [3]

### II.3.2 Les ressources en eaux en Algérie

En matière de source d'eau, nous mentionnons deux grandes catégories :

#### 1. Les ressources en eaux souterraines :

Dans le nord du pays, les eaux souterraines ont été évaluées par les services techniques de l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH) et de la Direction des Grands Aménagements Hydrauliques (DGAIH) dans le cadre du Plan national de l'eau à environ 1,9 milliards de m<sup>3</sup>. [4]

La répartition par région hydrographique des eaux souterraines du nord se présente comme suit :

**Table II.1 : Répartition spatiale des eaux souterraines du nord du pays. [4]**

<i>Bassin hydrographique</i>	<b>Oranie chott chergui</b>	<b>Chélif Zahrez</b>	<b>Algérois Soumam Hodna</b>	<b>Constantinois Seybouse Mellègue</b>	<b>Total</b>
<i>Ressources pot. (Hm3/ an)</i>	375	231	745	28,9	1.894
<i>Total (%)</i>	19.7	12.2	39.2	28.9	100.0

Dans le Sud du pays, quelques nappes phréatiques, souvent saumâtres, existent dans les lits d'oueds tels que les oueds Ghir, M'zab, Saoura etc..., mais l'essentiel du potentiel en eau se trouve dans les nappes du Sahara septentrional qui ont fait l'objet d'études en 1969-1971, (ERES UNESCO) et en 1981-1985 (ANRH, Projet RAB PNUD). [4]

#### 2. Les ressources en eau de surface :

Les écoulements de surface avaient été estimés pendant la période coloniale à 15 milliards de m<sup>3</sup> (XIX<sup>e</sup> Congrès géologique international ALGER – 1952) pour les bassins tributaires de la Méditerranée (123000 km<sup>2</sup>), c'est-à-dire sans tenir compte des bassins qui dépendent des chotts. Dans les dernières études menées dans le cadre du Plan National de l'eau (ANRH et DGAIH) et qui intègrent des années de sécheresse (jusqu'à 1993), les ressources en eau de surface sont évaluées à 12.4 milliards de m<sup>3</sup> répartis par bassin hydrographique selon le tableau suivant :

Table II.2 : Répartition spatiale des eaux de surface. [4]

<i>Bassin hydrographique</i>	Oranie Chott Chergui	Chélif Zahrez	Algérois Soumam Hodna	Constantinois Seybouse Mellègue	Sud	Total
<i>Ressources pot. (Hm<sup>3</sup>/an)</i>	1025	1840	4380	4500	600	12,34
<i>Pourcentage (%)</i>	8,7	15,7	37,3	38,3	0,48	100.0

## II.4 L'eau potable

Nous discuterons ici de la définition de l'eau potable et mentionnerons ses caractéristiques les plus importantes.

### II.3.1 Définition de l'eau potable

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Afin de définir précisément une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présentes dans l'eau.

### II.3.2 Caractéristiques de l'eau potable

L'eau doit répondre à des critères de potabilité très stricte Pour pouvoir être consommée en toute sécurité. Ces normes varient en fonction de la législation en vigueur et selon qu'il s'agit d'une eau destinée à la consommation humaine ou d'une eau industrielle.

A ce jour, il existe 63 critères de potabilité de l'eau, que l'on peut regrouper en 5 grands paramètres :

- **Les paramètres physico-chimiques :**

Ils correspondent aux caractéristiques de l'eau tels que le pH, la température, la conductivité ou la dureté de l'eau et délimitent les quantités maximales à ne pas dépasser pour certains composants comme les ions, les chlorures, le potassium et les sulfates.

- **Les paramètres organoleptiques :**

Ils concernent la couleur, le goût et l'odeur de l'eau. L'eau doit être agréable à boire, claire et sans odeur. Ces paramètres étant liés au confort de consommation, ils n'ont pas de valeur sanitaire directe.

- **Les paramètres microbiologiques :**

Ils permettent de contrôler que l'eau ne contient aucun germe pathogène, comme les virus, les bactéries ou les parasites, pouvant provoquer des maladies, voire des épidémies.

- **Les paramètres liés aux substances indésirables :**

Ils concernent les substances telles que les nitrates, les nitrites et les pesticides.

- **Les paramètres liés aux substances toxiques :**

Les micropolluants tels que l'arsenic, le cyanure, le chrome, le nickel, le sélénium ainsi que certains hydrocarbures sont soumis à des normes très sévères à cause de leur toxicité. Leur teneur tolérée est de l'ordre du millionième du gramme.

### **II.3.3 Normes de potabilité**

Les normes définissant une eau potable sont variables suivant la législation en vigueur, qui permet de protéger les personnes. Ces normes ne sont pas définitives. Aujourd'hui, on mesure plutôt les caractéristiques les plus appropriées et on les compare avec les normes national (Algérienne) ou mondial (OMS).

Table II.3 : Normes d'eau potable selon l'Algérie et selon l'OMS. [Source ADE]

<i>Paramètre</i>	<i>Unité</i>	<i>Norme algérienne</i>	<i>Norme de l'OMS</i>
<i>PH</i>	/	6.5-8.5	6.5-9.2
<i>Température</i>	C°	25	/
<i>Conductivité</i>	µs/cm	2800	/
<i>Résidus secs à 180°C</i>	Mg/l	2000	1500
<i>Turbidité</i>	NTU	2	5
<i>Dureté total (TH)</i>	Mg/l	500	500
<i>Calcium</i>	Mg/l	200	/
<i>Magnésium</i>	Mg/l	150	150
<i>Sodium</i>	Mg/l	200	/
<i>Potassium</i>	Mg/l	20	/
<i>Sulfate</i>	Mg/l	400	250
<i>Chlorure</i>	Mg/l	500	250
<i>Nitrate</i>	Mg/l	50	50
<i>Nitrite</i>	Mg/l	0.1	0.1
<i>Aluminium</i>	Mg/l	0.2	0.2
<i>Phosphate</i>	Mg/l	0.5	0.5
<i>Ammonium</i>	Mg/l	0.5	/
<i>Matières organiques</i>	Mg/l	3	/
<i>Métaux lourds</i>	Mg/l	0.3	/
<i>Fer</i>	Mg/l	0.3	0.3
<i>Manganèse</i>	Mg/l	0.5	0.1

## II.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté des généralités sur l'eau en mentionnant les sources d'eau, les types et les caractéristiques de l'eau potable et Nous avons conclu qu'il est nécessaire de rationaliser la consommation d'eau conventionnelle.

## CHAPITRE III

### Généralités sur le dessalement

### III.1 Introduction

Plusieurs facteurs telque la sècheresse et l'augmentation de la population amène de nombreuses régions du monde à se trouver en manque d'eau ; pour cela de nombreuses solutions ont été envisagées pour pallier ce problème, y compris le dessalement de l'eau de mer.

### III.2 Généralité sur le dessalement de l'eau de mer

#### III.2.5 Définitions

- a. **Le dessalement de l'eau** : est un processus qui permet de retirer le sel de l'eau salée ou saumâtre afin de la rendre potable après traitement.
- b. **Salinité** : La salinité mesure la concentration des sels dissous dans l'eau de mer, elle s'exprime le plus souvent en [g/l]. La salinité peut être différente d'une mer à une autre. Les salinités les plus basses se rencontrent au voisinage des pôles ou dans les zones de fort apport d'eau douce. La salinité augmente au fur et à mesure que l'on se rapproche des tropiques. [5]

Le tableau ci-dessus présente Quelques valeurs moyennes de la salinité de l'eau de mer :

**Table III.4: Quelques valeurs moyennes de la salinité de l'eau de mer.**

<i>MER</i>	<b>valeur</b>	<b>Unité</b>
<i>Océan Atlantique</i>	35	g/l
<i>Mer Méditerranée</i>	38	g/l
<i>Mer Rouge</i>	40	g/l
<i>Golfe Persique jusqu'</i>	46	g/l

#### III.2.5 Stations de dessalement en Algérie

Le littoral de l'Algérie compte plusieurs stations de dessalement de l'eau de mer réparties les wilayas côtières.

**1. Méga stations :**

Il y a 11 grandes stations de dessalement d'eau de mer ont été réalisées et mises en service, la plus grande est de Mactaa (Oran), avec une capacité de 500 000m<sup>3</sup>/j.

**Table III.5 : Les 11 méga stations de dessalement d'eau de mer actuellement en****Exploitation.**

<b>N°</b>	<b>Localisation</b>	<b>Capacité m<sup>3</sup>/j</b>	<b>Population à servir</b>	<b>Echéancier prévisionnel</b>
<b>01</b>	Kahrama (Arzew)	90.000	540.000	En Exploitation
<b>02</b>	Hamma (Alger)	200.000	L'Algérois	En Exploitation
<b>03</b>	Skikda	100.000	666.660	En Exploitation
<b>04</b>	BeniSaf (AinTemouchent)	200.000	1.333.320	En Exploitation
<b>05</b>	Mostaganem	200.000	1.333.320	En Exploitation
<b>06</b>	Fouka (Tipaza)	120.000	666 660	En Exploitation
<b>07</b>	CapDjinet (Boumerdes)	100.000	666 660	En Exploitation
<b>08</b>	Souk Tleta (Tlemcen)	200.000	1.333.320	En Exploitation
<b>09</b>	Honaine (Tlemcen)	200.000	1.333.320	En Exploitation
<b>10</b>	Mactaa (Oran)	500.000	1 333 320	En Exploitation
<b>11</b>	Ténès (Chlef)	200.000	999.990	En Exploitation

## 2. Stations Monoblocs:

L'Algérie comprend également un groupe de petites usines de dessalement d'eau de mer, et le tableau suivant présente les stations monoblocs qui sont actuellement en exploitation :

**Table III.6 : Les stations Monoblocs du dessalement d'eau de mer actuellement en exploitation.**

<i>Wilaya</i>	<b>Site</b>	<b>Commune</b>	<b>Capacité (m<sup>3</sup>/j)</b>	<b>Population à servir</b>
<i>Alger</i>	Champ de tir	Zéralda	5 000	33 330
<i>Alger</i>	Palm Beach	Staoueli	2 500	16 660
<i>Alger</i>	La Fontaine	Ain Benian	5 000	33 330
<i>Tlemcen</i>	Ghazaouet	Ghazaouet	5 000	33 330
<i>Tipasa</i>	Bou Ismail	Bou Ismail	5 000	33 330
<i>Skikda</i>	L.BenMhidi	L.BenMhidi	7 000	47 000
<i>Tizi –Ouzou</i>	Tigzirt	Tigzirt	2 500	16 660
<i>Oran</i>	Bou Sfer	Bou Sfer	5 000	33 330
<i>Oran</i>	Les Dunes	Ain Turk	2X2 500	33 330
<i>Ain-Temouchent</i>	Bou Zdjer	Bou Zdjer	5 000	33 330
<i>Ain-Temouchent</i>	Chatt el Ward	Bou Zdjer	5 000	33 330
<i>Boumerdes</i>	Corso	Corso	5 000	33 330

### III.2.5 Schéma général d’une installation de dessalement

On peut diviser une installation de dessalement en 4 postes principaux :

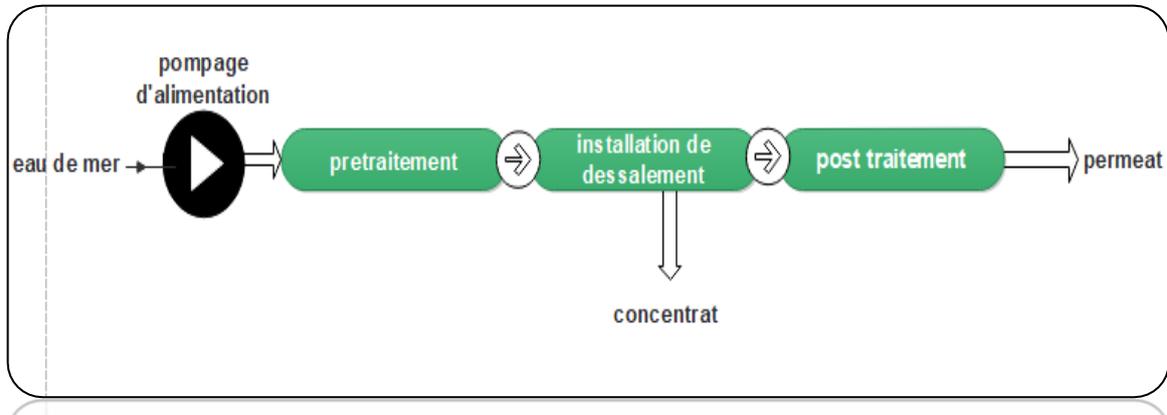


FIGURE III.8 : SCHEMA GENERAL D'UNE INSTALLATION DE DESSALEMENT.

### III.2.5 Différents procédés de dessalement

On distingue deux techniques principales de séparation de l’eau et du sel :

- La première consiste à provoquer un changement de phase de l’eau, qui se sépare alors naturellement du sel. C’est par exemple le cas du cycle naturel de l’eau, où se produit une évaporation suivie d’une condensation. Reproduire ce phénomène pour récupérer l’eau douce s’appelle le dessalement thermique par distillation, mais on retrouve aussi des techniques de cristallisation dans lesquelles l’eau est solidifiée. [19]
- Le deuxième type de dessalement utilise une membrane sélective pour séparer les sels de l’eau, cette catégorie de procédé est appelée la séparation membranaire.

Ces deux catégories sont Mentionnées dans la figure 2 :

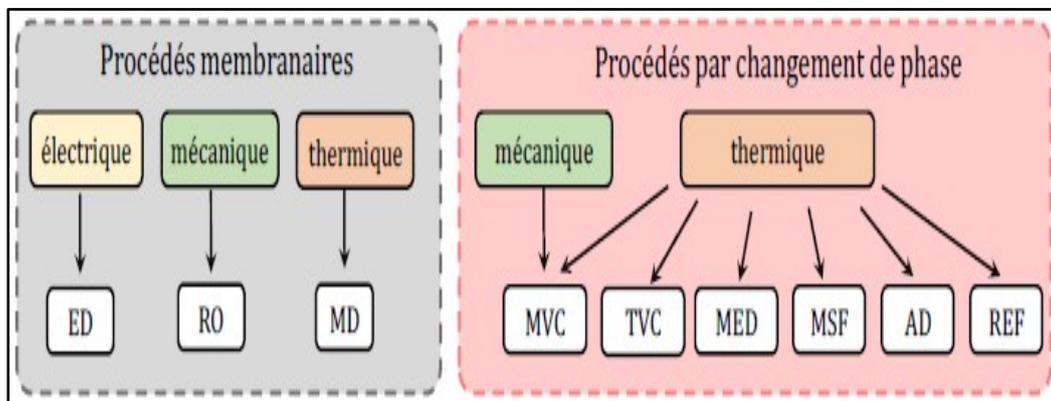


FIGURE III.9 : CLASSIFICATION DES DIFFERENTES TECHNIQUES DE DESSALEMENT SUIVANT LEUR CATEGORIE ET LA NATURE DE L'ENERGIE UTILISEE.[6]

## 1. LES PROCÉDÉS MEMBRANAIRES :

### a. Électrodialyse (DE):

L'électrodialyse est une technique de séparation électrochimique à travers des membranes sélectives soumises à un champ électrique. Sous l'action d'un champ électrique, les ions positifs (Cations) traversent les membranes cationiques et les négatifs (Anions) traversent les membranes anioniques. L'électrodialyse est principalement mise en œuvre dans des procédés de dessalement d'eaux saumâtres avec de faibles salinités, inférieures à 10g/L. [7]

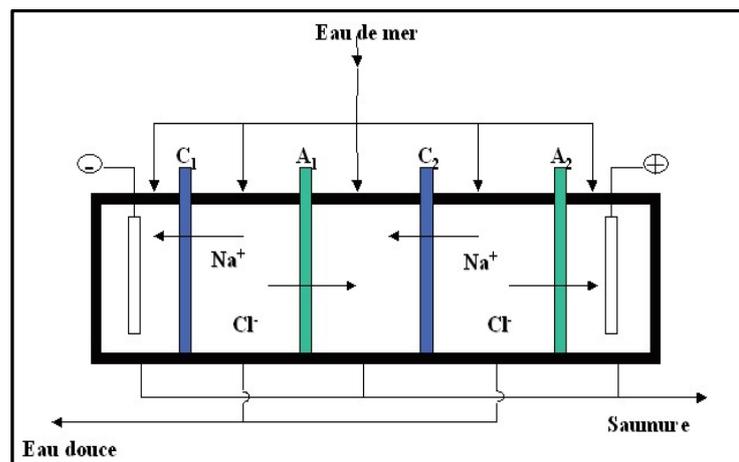


FIGURE III.10 : SCHEMA DU PROCÉDE DE L'ELECTRODIALYSE. [7]

### b. Osmose Inverse (RO):

L'osmose est un phénomène naturel : lorsque deux solutions salines de concentrations différentes sont séparées par une membrane semi-perméable, l'eau passe spontanément de la solution la moins concentrée vers la plus concentrée. Lorsque l'équilibre est établi, la différence de pression entre les deux compartiments est la pression osmotique.

L'osmose inverse repose sur le principe contraire. Lorsqu'une pression importante (supérieure à la pression osmotique) est appliquée à l'eau salée, l'eau douce traverse la membrane qui est constituée d'une pellicule de polymère perméable et sélective ; elle permet seulement le passage des molécules d'eau, produisant ainsi de l'eau douce.

La pression osmotique est de l'ordre de 29 bars pour l'eau de mer. Plus l'eau est chargée en sels, plus la pression osmotique est élevée. [7]

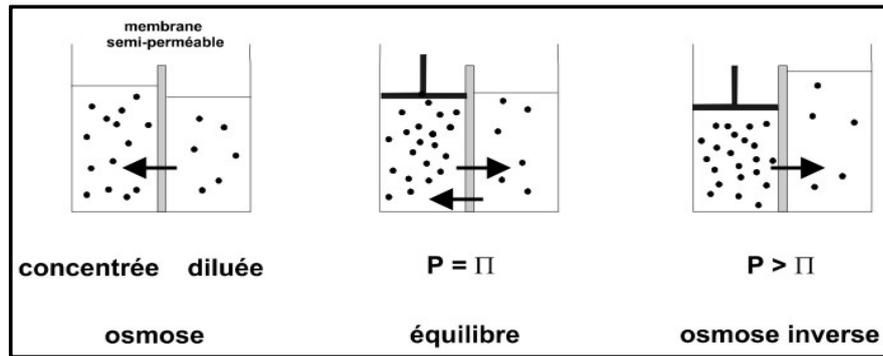


FIGURE III.11 : SCHEMA DES PROCÉDES DE L'OSMOSE. [7]

### c. Distillation membranaire (MD) :

La technologie de distillation membranaire est une méthode de séparation efficace combinant la séparation à membrane et la technologie de distillation. La distillation membranaire (MD) fonctionne à l'aide d'une membrane microporeuse hydrophobe, mais perméable à la vapeur. Elle permet ainsi uniquement le transfert de vapeur à travers la membrane sous une différence de pression de saturation. La vapeur d'eau libérée traverse la membrane pour être ensuite condensée. [7]

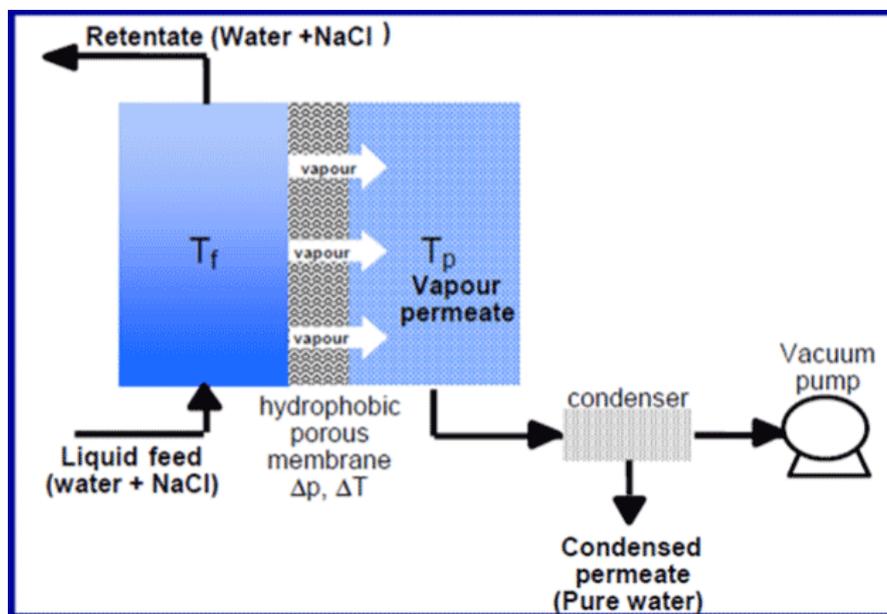


FIGURE III.12 : PRINCIPE DE LA DISTILLATION MEMBRANAIRE

## 2. LES PROCÉDÉS PAR CHANGEMENT DE PHASE :

Y'a plusieurs procédés et sont les suivant :

### a. Distillation par compression de vapeur (MVC et TVC) :

Le procédé de distillation par compression de vapeur (VC) est utilisé pour des installations de dessalement de petite ou moyenne capacité. Le procédé par compression de vapeur diffère des autres procédés de distillation en ce qu'il n'utilise pas de source de chaleur extérieure, mais la compression de la vapeur d'eau (au moyen, par exemple, d'un compresseur pour accroître la pression de la vapeur et la température de condensation).

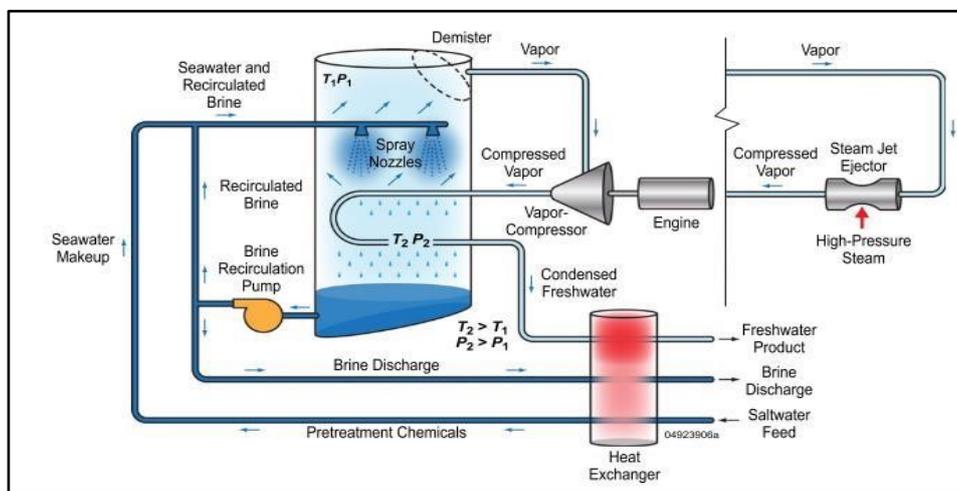


FIGURE III.13: SCHEMA DU PROCEDE DE LA DISTILLATION PAR COMPRESSION DE VAPEUR. [7]

### b. Distillation à multiples effets (MED):

Le développement des unités MED a longtemps été pénalisé par les problèmes d'entartrage qui étaient mal contrôlés. Ce procédé est pourtant financièrement attractif, en particulier lorsqu'il est associé à un dispositif de compression de vapeur.

Dans une cellule MED, l'eau de mer est pulvérisée sur un faisceau tubulaire dans lequel circule la vapeur de chauffage. La vapeur produite par évaporation dans la première cellule sert au chauffage de la deuxième cellule et ainsi de suite. Comme dans le procédé MSF, les températures et les pressions décroissent dans les cellules successives. Les températures varient de 65°C à 40°C.

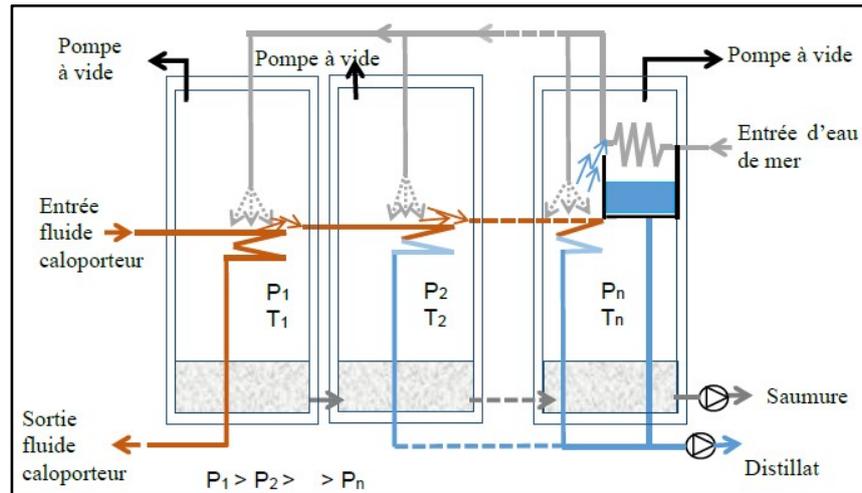


FIGURE III.14: SCHEMA DU PROCEDE DE LA DISTILLATION A MULTIPLES EFFETS. [7]

**c. Distillation à détente étagée (MSF) :**

Le principe de la technique du multi stage flash consiste à chauffer l'eau de mer et à la faire circuler à travers des cellules successives dans lesquelles les températures et les pressions sont décroissantes, dans chaque cellule, une partie de l'eau salée va se vaporiser et être condensée. Les températures varient entre 40 et 110 °C de la première à la dernière cellule.

[13]

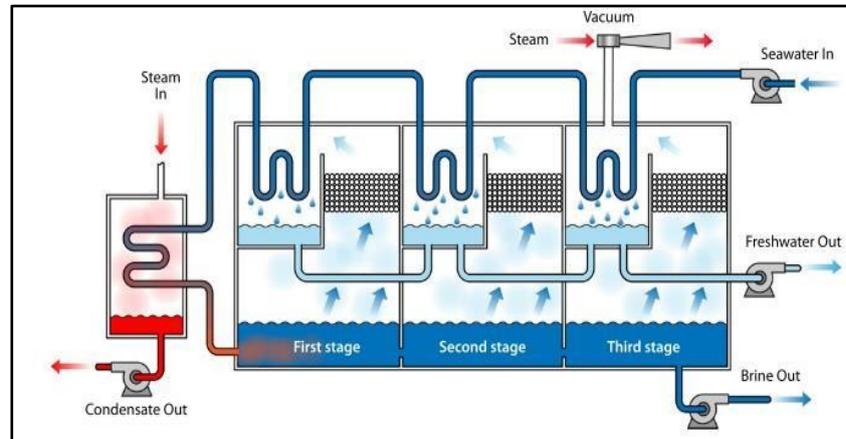


FIGURE III.15 : SCHEMA DU PROCEDE DE LA DISTILLATION A DETENTE ETAGEE. [7]

**d. L'adsorption (AD) :**

La technique de dessalement par adsorption repose sur l'utilisation de lits d'adsorption permettant dans un premier temps d'absorber la vapeur d'eau de la solution salée puis de la

désorber et la condenser. Le système est constitué d'un évaporateur, d'un condenseur et de deux lits d'adsorption.

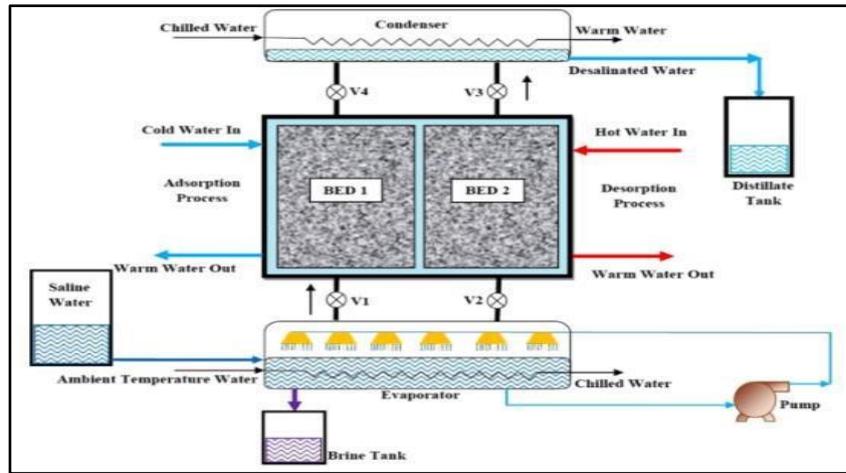


FIGURE III.16 : SCHEMA DU PROCEDE DE L'ADSORPTION. [7]

**e. La réfrigération (REF) :**

Le dessalement par réfrigération consiste à porter l'eau salée à des conditions de pression ou de température inférieures à celle de cristallisation. Ainsi, des cristaux d'eau pure formés sont récupérés puis fondus pour obtenir de l'eau douce. Diverses techniques de réfrigération existent, comme par exemple la réfrigération sous vide où l'eau est refroidie en dessous de son point triple pour former à la fois de la glace et de la vapeur. [7]

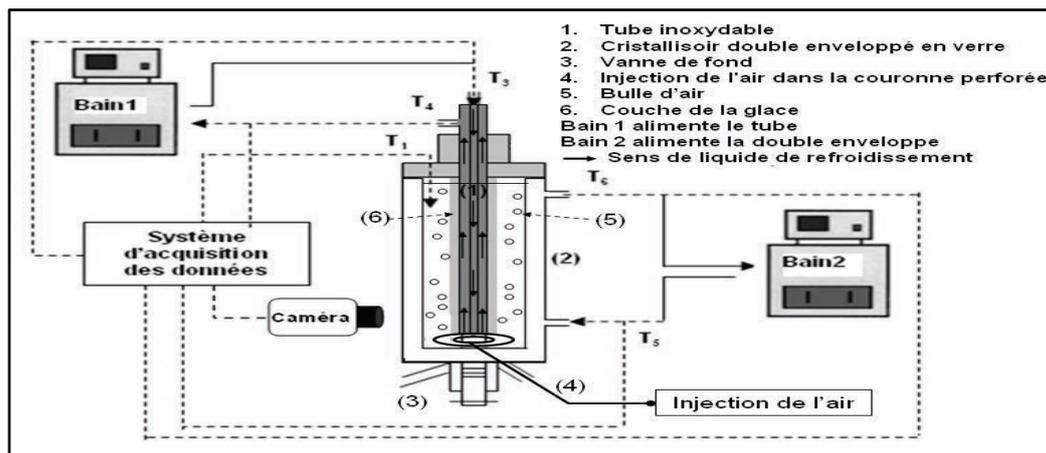


FIGURE III.17 : MONTAGE EXPERIMENTAL DU PROCEDE DE DESALEMENT PAR CONGELATION.

### III.2.5 Critères de choix et comparaisons des procédés de dessalement

Le choix d'un procédé de dessalement dépend de plusieurs critères techniques et économiques, à savoir :

- Salinité et compositions chimiques de l'eau brute à traité (eau de mer d'alimentation).
- Température d'alimentation de l'eau brute (eau de mer, eau saumâtres, ...).
- Caractéristiques physiques de l'eau brute (matières en suspension, turbidité, ...) déterminent le type de prétraitement à utiliser.
- Capacité de production de l'installation.
- Qualité et salinité exigée de l'eau produite (eau douce).
- Lieu et condition du site d'implantation.
- Source d'énergie disponible (thermique, électrique, pétrole, renouvelable, ...).
- Cout des équipements de production (conduites, pompes, unité de dessalement, ...)
- Cout de la consommation énergétique.
- Cout des produits chimiques.
- Cout de la main d'œuvre.
- Impacte du dessalement sur l'environnement.

### III.2.5 Explication de la méthode d'osmose inverse

L'osmose est le phénomène de diffusion de la matière caractérisé par le passage de molécules de solvant d'une solution vers une autre à travers la membrane semi-perméable qui sépare ces deux solutions dont les concentrations en soluté sont différentes ; le transfert global de solvant se fait alors de la solution la moins concentrée (milieu hypotonique) vers la solution la plus concentrée (milieu hypertonique) jusqu'à l'équilibre (milieux isotoniques). Ce phénomène concerne uniquement les échanges entre deux solutions liquides qui ont des concentrations de solutés différentes, séparées par une paroi semi-perméable.

### IV.2.1 L'osmose inverse

Le flux osmotique du côté eau pure à travers la membrane vers le côté solution saline se produira jusqu'à ce que l'équilibre du potentiel chimique soit rétabli. L'équilibre se produit lorsque la différence de pression hydrostatique résultant des changements de volume des deux côtés est égale à la pression osmotique. L'application d'une pression externe du côté de la solution saline, égale à la pression osmotique, provoquera également l'équilibre. Une pression supplémentaire augmentera le potentiel chimique de l'eau dans la solution saline et provoquera un écoulement de solvant vers le côté eau pure, car son potentiel chimique est désormais plus faible. Ce phénomène est appelé osmose inverse.

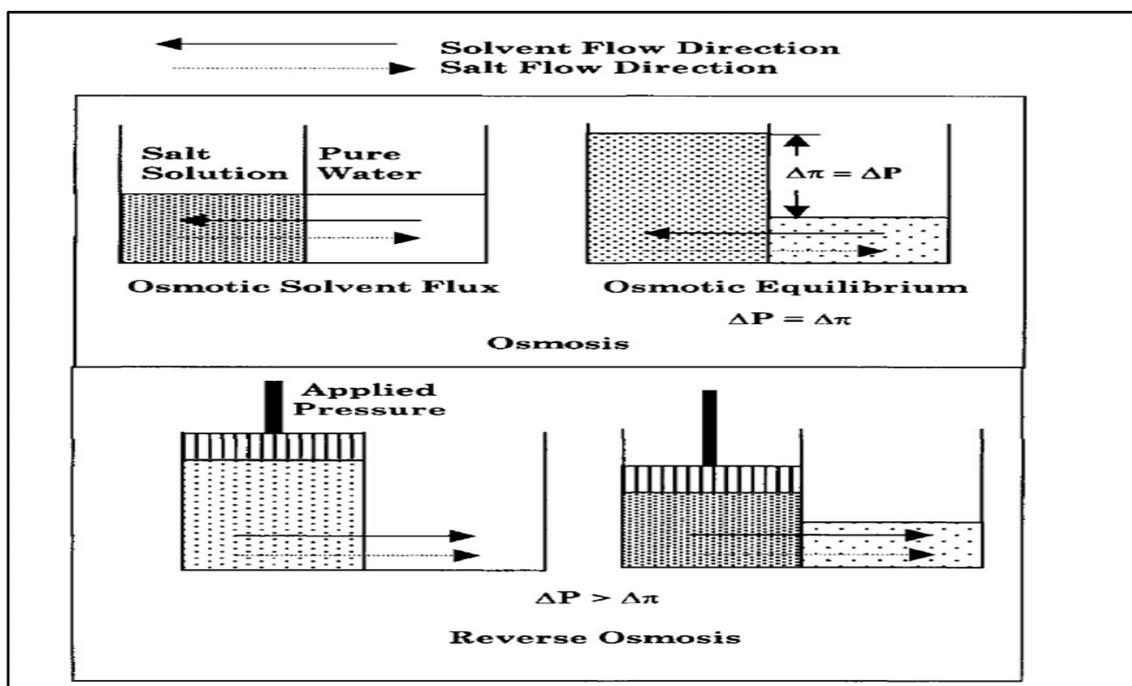


FIGURE III.11: PRINCIPE D'OSMOSE ET OSMOSE INVERSE.

### IV.3 Composants clés de l'usine de dessalement à osmose inverse

Comme toute autre source d'eau naturelle, l'eau de mer contient des solides sous deux formes (en suspension et dissous). Les matières en suspension se présentent sous forme de particules insolubles (particules, débris, organismes marins, limons, colloïdes, etc.). Des solides dissous

sont présents dans la forme soluble (ions de minéraux comme le chlorure, le sodium, le calcium, le magnésium, etc.)

À l'heure actuelle, pratiquement toutes les usines de dessalement RO intègrent deux systèmes de traitement clés étapes conçues pour éliminer séquentiellement les solides en suspension et dissous de l'eau de source. Le but de la première étape – le prétraitement de l'eau de source – est d'éliminer les matières en suspension et empêcher certains des solides solubles naturels de se transformant en forme solide et précipitant sur les membranes RO pendant le processus de séparation du sel.

La deuxième étape, le système RO, sépare les solides dissous de l'eau de source prétraitée, produisant ainsi de l'eau fraîche à faible salinité adaptée à l'alimentation humaine. Consommation, utilisations agricoles et pour applications industrielles et autres.

Une fois le processus de dessalement terminé, l'eau douce produite par le système RO est traitée d'avantage pour la protection contre la corrosion et la santé, et désinfectée avant d'être distribuée pour une utilisation finale. Cette troisième étape du procédé de traitement de l'usine de dessalement est désignée comme post-traitement.

Les éléments constitutifs d'une station de dessalement d'osmose inverse sont schématisés sur la figure 2.

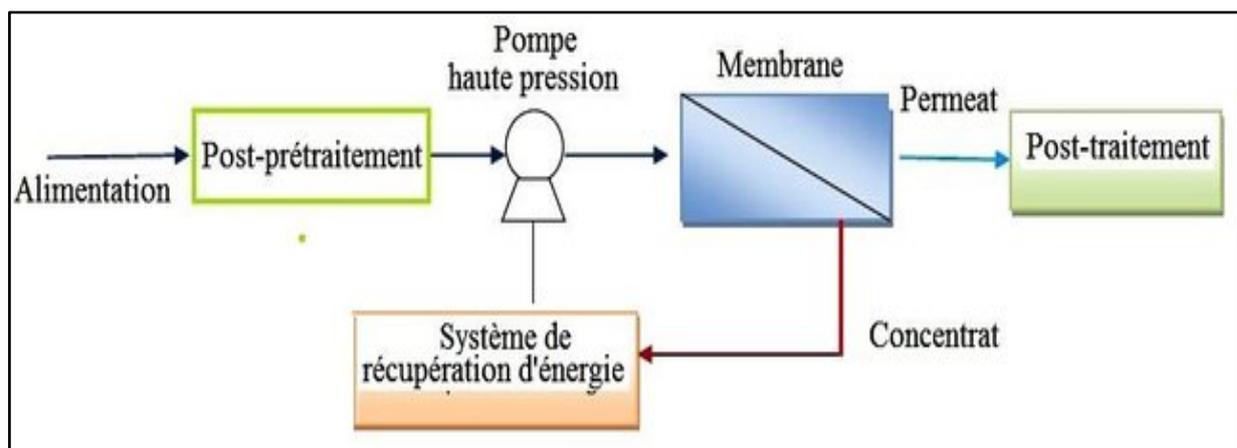


FIGURE III.12: SCHEMA DE PRINCIPE D'UNE UNITE DE DESSALEMENT BASE SUR LE PRINCIPE D'OSMOSE INVERSE. [8]

#### IV.4 Paramètres de performance du RO

Le processus RO est défini en termes d'un certain nombre de variables, notamment :

- Pression osmotique et de fonctionnement
- Rejet du sel
- Passage de sel
- Flux de perméation
- Récupération du perméat

Les entreprises de fabrication de membranes définissent les spécifications du système en termes de qualité des aliments, qui incluent la salinité et la température.

##### 1. Pression osmotique et de fonctionnement :

La pression osmotique d'une solution peut être déterminée expérimentalement par mesurer la concentration de sels dissous dans la solution. La pression osmotique est obtenue à partir de l'équation suivante :

$$\pi = R T \sum X_i$$

- $\pi$  est la pression osmotique (kPa).
- T est la température (K).
- R est la constante universelle des gaz, 8,314 kPa m<sup>3</sup>/kg mol K.
- $\sum X_i$  est la concentration de toutes les constituantes dans une solution (kgmol/m<sup>3</sup>)

La pression de fonctionnement est ajustée pour surmonter les effets indésirables des éléments suivants :

- Pression osmotique
- Pertes par frottement
- Résistance membranaire
- Pression de perméat

Si la pression de service est égale à la somme des résistances ci-dessus, le débit de perméat à travers la membrane serait minime ou égal à zéro ; par conséquent, la pression de service est réglée à une valeur plus élevée afin de maintenir débit de perméat économique.

## 2. Rejet du sel :

Le rejet du sel est défini par :

$$SR = \left(1 - \frac{X_p}{X_f}\right) \times 100$$

Où SR est le rejet du sel. Par exemple, une eau de mer d'alimentation avec 42 000 ppm et un perméat avec une salinité de 150 ppm donnent un pourcentage de passage du sel de 99,64 %. De même, pour une alimentation en eau saumâtre avec une salinité de 5000 ppm et une salinité de perméat de 150 ppm donne un pourcentage de passage du sel de 97%. Les deux cas indiquent la différence spectaculaire entre les membranes de dessalement de l'eau de mer et l'eau saumâtre. La technologie membranaire actuelle fournit des valeurs de rejet de sel supérieures à 99 % pour les membranes d'eau de mer et d'eau saumâtre.

## 3. Passage de sel :

Passage de sel Sp d'une membrane est défini comme le rapport entre la concentration en sel dans le perméat TDS<sub>p</sub> et dans l'eau d'alimentation saline TDS<sub>f</sub>, c'est indicateur de la quantité de sels qui restent dans le perméat RO après le dessalement.

$$Sp = \frac{TDS_p}{TDS_f} \times 100$$

## 4. Flux de perméation :

Productivité du procédé défini par le débit de perméation Q<sub>p</sub>, divisé par la surface membranaire. Il représente aussi la vitesse du fluide perpendiculaire à la surface de la membrane.

$$J = \frac{Q_p}{S}$$

## 5. Récupération du perméat

La récupération du perméat est un autre paramètre important dans la conception et l'exploitation des systèmes d'osmose inverse. Le taux de récupération ou de conversion de l'eau d'alimentation en produit (perméat) est défini par :

$$R = \frac{M_p}{M_f} \times 100$$

Où R est le taux de récupération (en %),  $M_p$  est le débit d'eau de perméat et  $M_f$  est le débit d'eau d'alimentation. Le taux de récupération affecte le passage du sel et l'écoulement du produit. À mesure que le taux de récupération augmente, la concentration de sel du côté de la saumure d'alimentation de la membrane augmente, ce qui entraîne une augmentation du débit de sel à travers la membrane. De plus, une concentration plus élevée de sel dans la solution de saumure d'alimentation augmente la pression osmotique, réduisant ainsi  $(\Delta P - \Delta \pi)$  et par conséquent le débit d'eau du produit.

La récupération des membranes pour les systèmes d'osmose inverse est passée au fil des ans de valeurs inférieures de 10 à 20 % à des valeurs supérieures actuelles allant jusqu'à 50 %. Ceci est réalisé en partie grâce à une conception appropriée du système et à l'utilisation de plusieurs modules de membranes enroulées en spirale dans le même récipient sous pression. Comme pour les membranes à fibres creuses, il est courant d'utiliser un seul module dans le même récipient sous pression.

#### IV.4.1 Types des membranes

##### 1. Selon la composition chimique :

Les types de membranes d'osmose inverse en termes de composition chimique sont :

- **Membranes en acétate de cellulose :**

Le matériau de base est la cellulose dont on remplace un ou plusieurs groupements hydroxyle par des groupements acétate ; ce type de polymère est le plus ancien (1957).

- **Membranes en polyamide :**

Compte tenu des inconvénients de l'acétate de cellulose, des membranes de types polyamide ont été développées. Il existe plusieurs types de polymères caractérisés par une liaison amide (- CONH -).

- **Membranes en poly-sulfone :**

Les premières membranes à base de poly-sulfone sont apparues au milieu des années 1970. Elles sont caractérisées par un groupement  $SO_2$  relativement stable relié à deux noyaux benzéniques.

- **Membranes Composites :**

Les membranes composites sont apparues entre 1970 et 1980 et constituent un net progrès par rapport aux membranes asymétriques classiques. Ce sont en effet des membranes asymétriques dont l'épaisseur de la peau est nettement plus fine que celle des membranes classiques de LOEB-SOURIRAJAN.

## 2. Selon la géométrie :

### a. Les modules tubulaires :

Ces modules sont constitués de tubes métalliques ou plastiques sur lesquels est fixée la membrane semipermeable. A cause de son coût élevé, ce type n'est plus utilisé en dessalement, mais toujours utilisé en agroalimentaire. [7]



FIGURE III.14: MODULE A MEMBRANE TUBULAIRE. [7]

### b. Les modules à fibres creuses :

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

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

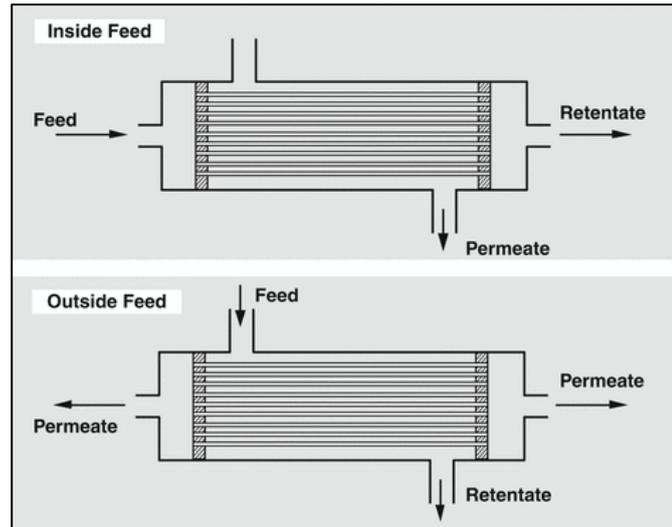


FIGURE III.15: MODULES A FIBRES CREUSES. [9]

**c. Modules à plaques :**

Les modules plans sont les plus anciens et les plus simples. Dans ce type, les membranes sont empilées en mille-feuilles séparées par des cadres intermédiaires qui assurent la circulation des fluides.

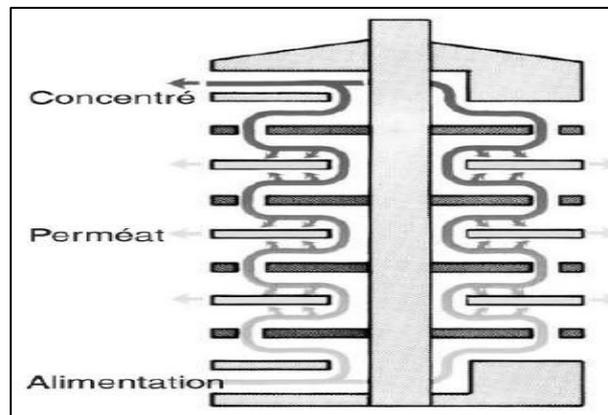


FIGURE III.16: MODULE PLAN. [7]

#### d. Les modules spiralés :

Les membranes planes sont enroulées en spirale autour d'un tube creux et perforé destiné à collecter le perméat. Entre les membranes est placé un grillage plastique de 0,8 à 1,2 mm d'épaisseur, qui a pour but de créer une turbulence dans la circulation du fluide. On obtient ainsi un cylindre multicouche où le perméat s'écoule selon un chemin spiralé vers le tube poreux tandis que l'alimentation circule axialement dans les canaux.

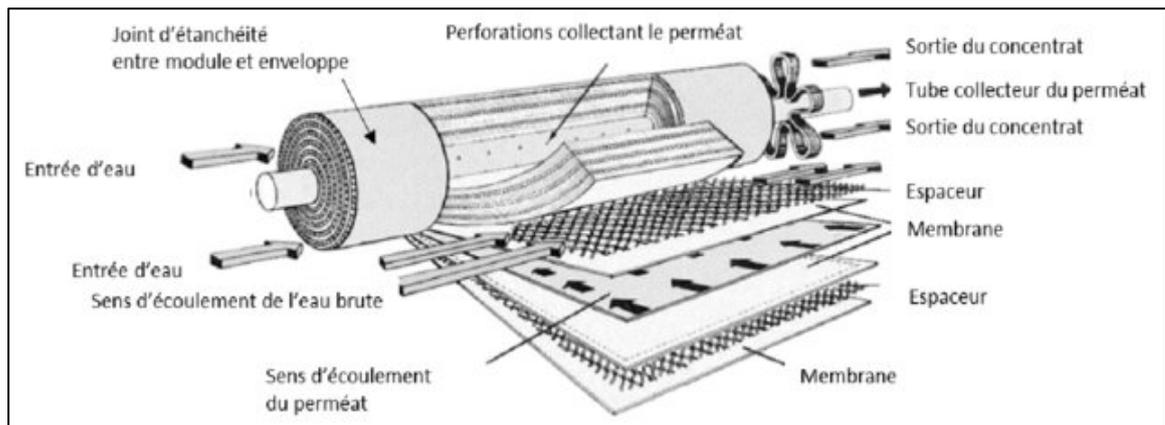


FIGURE III.17: MODULE SPIRAL. [10]

#### IV.4.2 Le problème majeur de l'osmose inverse

Le principal défaut de la technologie de l'osmose inverse (OI) est l'encrassement des membranes. En effet, toutes les membranes d'osmose inverse perdent leurs performances et s'encrassent avec le temps.

L'encrassement de la membrane est un processus au cours duquel un soluté ou une particule se dépose sur la surface ou dans les pores de la membrane, ce qui entraîne une dégradation des performances de la membrane. Il s'agit d'un obstacle majeur à l'utilisation généralisée de cette technologie. [7]

Généralement, il existe 5 types d'encrassement qui se différencient par leurs causes ainsi que le prétraitement approprié (**Tableau 1**).

Table III.4 : Types d'encrassements des membranes. [7]

<i>Type d'encrassement</i>	<b>Causes</b>	<b>Prétraitement approprié</b>
<i>Biologique</i>	Bactéries, micro-organismes, virus, protozoaires	Chloration
<i>Organique</i>	Matière organique naturelle, acides humiques et fulviques, biopolymères	Coagulation + filtration + adsorption sur charbon actif
<i>Minéral (ou inorganique)</i>	Sulfates et carbonates de calcium, de magnésium, de baryum ou de strontium	Anticalcaire, Acidification
<i>Colloïdal</i>	Complexes organiques et inorganiques, particules colloïdales, micro algues	Coagulation/ floculation + filtration
<i>Particulaire</i>	Sable, argile, matières en suspension	Filtration

#### IV.5 Les avantages et inconvénients de l'osmose inverse

Voici quelques avantages et inconvénients associés à l'osmose inverse :

##### 1. Avantages :

- Capacité de séparation élevée.
- Une séparation à température modérée, une absence de changement de phase, donc une moindre dépense énergétique comparée à des opérations comme la distillation ou l'évaporation.
- Cette technologie prend peu d'espace de traitement par rapport autres technologies.

## 2. Inconvénients :

- Perte de minéraux, car elle élimine également les minéraux essentiels.
- Le coût de maintenance : Un coût de maintenance élevé dû aux frais de renouvellement des membranes d'une durée de vie ne dépassant pas 7 ans à présent.
- Exigence de la haute pression.
- Risque de colmatage.

## IV.6 Conclusion

Le dessalement de l'eau de mer par osmose inverse est à l'heure actuelle un procédé majeur pour la production d'eau potable dans les pays souffrant d'une pénurie d'eau douce. L'objectif principal de cette technique est l'élimination des sels, des matières organiques et des microorganismes présents dans l'eau de mer.

A travers ce chapitre, nous avons constaté que la technologie du dessalement de l'eau s'est largement répandue avec ses différentes méthodes. Il nous est également apparu que le choix de la méthode de dessalement dépend de plusieurs critères.

## CHAPITRE IV

### Présentation de la station de dessalement de beni haoua

### IV.1 Introduction

A travers ce chapitre, je donnerai un aperçu complet de l'usine de dessalement de Beni Haoua en mentionnant son emplacement et les étapes les plus importantes qu'elle adopte pour produire de l'eau potable.

### IV.2 Présentation de la station de dessalement de beni haoua

La mise en service finale de la station de dessalement beni haoua était en juin 2016 dont la capacité de production est de 5000 m<sup>3</sup>/j par la technique d'osmose inverse, assurant l'approvisionnement en eau potable de la commune de beni haoua Uniquement sur 3 communes appartenant aux daïras de Beni Haoua.

Le gestionnaire de la station est « **ADE** ».

#### ➤ **Présentation du ADE :**

L'ADE est un établissement public à caractère industriel et commercial crée par décret exécutif n° 01-101 du 21 avril 2001, dans le cadre d'une réforme institutionnelle engagée par le gouvernement.

L'Algérienne Des Eaux, c'est 34 518 employés présents sur tout le territoire national, engagés à assurer une eau de qualité et en quantité suffisante à la population.

#### IV.2.1 Situation géographique de la station

Le site de la station de dessalement est localisé dans la région de Chlef, à la sortie ouest de la ville de beni haoua, plus précisément proche de « oued mentrach » à 1 km du la centre de la commune de beni haoua, elle est limitée par :

- Le nord : la mer Méditerranée
- Le sud : la route nationale N°11
- L'ouest : oued mentrach
- L'est : club de plongée big Blue

Location de la station de dessalement : **36°32'12"N 1°34'25"E**

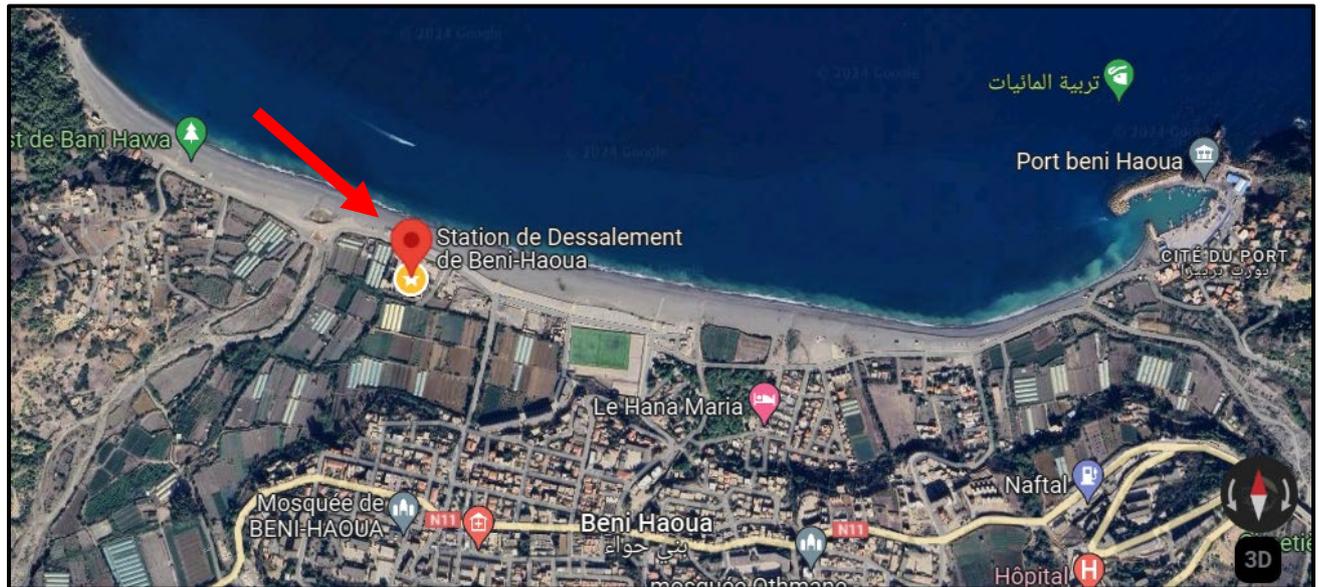


Figure IV.26 : situation géographique de la SDEM de beni haoua [source : Google Earth].

#### IV.2.2 Profil de SDEM de beni haoua

- **Site** : Beni haoua wilaya de Chlef
- **Caractéristique d'eau de mer** :
  - PH = 8.5
  - CONDUCTIVITÉ = 5000  $\mu\text{S}/\text{cm}$
- **Technique de production** : osmose inverse
- **Nbr de filière** : 2
- **Capacité de production par filière** : 2500  $\text{m}^3/\text{jour}$
- **Débit d'entrée** : 232  $\text{m}^3/\text{heure}$
- **Débit de production** : 104.2  $\text{m}^3/\text{heure}$
- **Taux de récupération** : 45%
- **Pression max de service** : 70 bars
- **Température** : 18-22 °C
- **Réalisation** : Utilisé à Alger, la capitale, et transféré à Beni haoua en 2016



FIGURE IV.27 : IMAGE DU BLOC RO DE LA STATION.

### IV.2.3 Procédé de dessalement au niveau de la station

#### IV.2.3.1 Processus général de dessalement :

Le processus du dessalement d'eau de mer dans la station de Beni Haoua comporte quatre étapes principales schématisées sur la figure suivante :

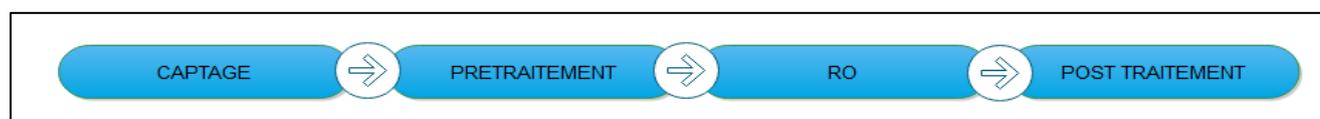


FIGURE IV.28 : PROCESSUS DE DESSALEMENT PAR OSMOSE INVERSE.

#### IV.2.3.2 Étapes de dessalement des eaux de mer :

##### a. Captage de l'eau de mer :

Il s'agit du processus de transport de l'eau de la mer à la station pour traitement par la méthode de conduite sous-marine, et cela se fait à travers un système composé de :

- Crépine : c'est la prise d'eau de mer.
- Conduite d'amenée de caractéristiques suivantes :

Table V.7 : caractéristique de la conduite d'alimentation.

Matériau	Longueur (m)	Profondeur de captage (m)
Pvc Ø500 PN 16	500	10 – 12

- Système de pompage d'alimentation en eau :

Marque de fabricant :	EMICA
Nbr de pompes installées :	3
Nbr de pompes en fonctionnement :	1
Débit unitaire :	232 m <sup>3</sup> /h
Pression :	4 kg/cm <sup>2</sup>
Type :	centrifuge
Montage :	horizontal
Puissance moteur/pompe :	75 KW

#### **b. Prétraitement :**

Le but de la deuxième étape de dessalement est d'éliminer :

- Les solides en suspension
- Les matières organiques
- Les micro-organismes

Cette étape comporte deux types de traitements :

##### ➤ **Prétraitement physique :**

Le prétraitement physique, consiste à séparer les solides en suspension dans l'eau. Il se fait comme suit :

#### **1. Décantation :**

La décantation est un procédé de clarification des eaux, La décantation permet la séparation solide-liquide désirée.

L'étape de décantation est nécessaire lorsque la charge de l'eau brute est trop élevée pour permettre l'usage d'une filtration directe sans provoquer le colmatage trop rapide des filtres.

La décantation physico-chimique peut être utilisée pour réduire les impuretés d'origine particulaire (turbidité) et/ou dissoutes (couleur vraie ou COT, fer, sulfures, arsenic valence 5, dureté, etc.). Les matières dissoutes doivent préalablement avoir été précipitées et/ou adsorbées à un floc de coagulant.

- **Décanteur a sable rectangulaire (dessableur) :**

Le sable se dépose au fond, car la vitesse de sédimentation dépend largement du poids des grains de sable.



**Figure IV.29 : dessableur rectangulaire.**

- **Décanteur lamellaire rectangulaire :**

Ce type de décantation consiste à augmenter la surface de décantation sans augmenter l'espace de décantation en ajoutant des paliers inclinés cad plusieurs sous décanteur dans un seul ouvrage, il existe plusieurs méthodes de ce type de décantation.

Le type décantation lamellaire approuvé dans cette station est celle de tube incliné de 60° à contrecourant CAD l'écoulement se fait au sens contraire de la décantation.



FIGURE IV.30 : DECANTEUR LAMELLAIRE.

FIGURE IV.31 : DECANTEUR LAMELLAIRE.

## 2. Filtration granulaire

### duel (plusieurs couches de matières filtrantes) :

On procèdera à l'élimination des particules qui peuvent exister dans l'eau de mer, en filtrant l'eau de mer à travers des filtres a (sables + anthracite).

#### Les caractéristiques de système :

Fabricant :	astramatic
Type :	duel
Nbr de filtres :	5
Débit nominal unitaire :	46.4 m <sup>3</sup> /h
Vitesse de filtration :	10 m/h
Débit nominal total :	232 m <sup>3</sup> /h
Débit max unitaire :	65 m <sup>3</sup> /h
Vitesse max de filtration (cas de lavage) :	15 m/h
Matériau :	PRFV

Pression de conception :	6 Kg/cm <sup>2</sup>
Diamètre :	2350 mm
Hauteur silex filtrant :	600 mm
Granulométrie :	0.4-0.8 mm
Hauteur anthracite filtrante :	500 mm
Granulométrie:	0.8-1.2 mm



**FIGURE IV.32 : FILTRE DUEL.**

### **3. Filtre d'affinement et de sécurité (filtre à cartouche) :**

Une fois l'eau de mer filtrée au niveau des filtres duel, l'eau est conduite au niveau de la microfiltration afin d'éliminer toutes les particules qui peuvent rester en suspension de dimensions supérieures à 5 microns.

Cette partie du process se composera d'une carcasse de filtre d'affinement construite en prfv, les cartouches seront de type purtrex de 2,4 pouces de diamètre et 40 pouces de longueur, fabriquées en polypropylène compacté de 5 microns.

#### **Les caractéristiques de système :**

Nbr de carcasses de filtration :	4
Nbr de cartouches par carcasse :	33
Ordre de filtration :	5 µm



FIGURE IV.33 : FILTRE A CARTOUCHE.

### ➤ **Prétraitement chimique :**

Le prétraitement chimique comporte 3 étapes :

#### **1. Désinfection :**

Afin d'éliminer la présence des bactéries et autres formes de vie qui peuvent être présentes dans l'eau de mer et qui affecteront négativement le process, il sera installé un équipement de chloration à base d'hypochlorite de sodium.

Au début, l'hypochlorite sera injecté à l'entrée des filtres à sable, pour donner un temps de contact à celui-ci ; mais on n'écarte pas la possibilité de chlorer directement au niveau du puits en fonction des conditions de contamination de la prise.

L'équipement de dosage d'hypochlorite de sodium se composera d'un réservoir d'hypochlorite de 500 litres et une pompe doseuse de 2 l/h de débit.

Le réservoir sera construit en polyéthylène de haute densité apte à contenir l'hypochlorite de sodium à 39°.

Le débit d'eau de mer à traiter sera de 232 m<sup>3</sup>/h et il a été considéré une dose moyenne d'hypochlorite de sodium de 3 ppm ce qui donne au réservoir une autonomie de 14 jours.

## **2. Dosage de l'acide sulfurique :**

Pour avoir une efficacité majeure de l'action de l'hypochlorite de sodium, qui agit mieux à un ph bas et pour éviter la précipitation et les incrustations du carbonate de calcium, on dispose d'un système de dosage d'acide sulfurique pour pouvoir ajuster le ph.

L'acide est injecté à l'entrée des filtres à sable, et a un système de dilution en amont construit en PVDF résistant aux hautes températures atteintes au niveau des points d'injection.

Le système de dosage de l'acide sulfurique se compose d'un réservoir de stockage de 500 litres de capacité construit en PEHD et une pompe doseuse d'un débit de 7.55 l/h qui sera en PVDF et du type de déplacement positif.

Le débit d'eau de mer à traiter sera de 93 m<sup>3</sup>/h et il a été considéré une dose moyenne d'hypochlorite de sodium de 19 ppm ce qui donne au réservoir une autonomie de 14 jours.

## **3. Dosage de métabisulfite de sodium :**

L'utilisation de métabisulfite permet d'éliminer le chlore contenu dans l'eau de mer avant son arrivée aux membranes d'osmose inverse après le filtre cartouche. L'injection de la solution de métabisulfite (Na<sub>2</sub>O<sub>5</sub>S<sub>2</sub>) se fait par un équipement composé d'un réservoir d'emmagasinement d'une capacité de 500 litres construit en PEHD et d'une pompe doseuse d'un débit de 7.55 l/h.

Le débit d'eau de mer à traiter sera de 93 m<sup>3</sup>/h et une dose moyenne de métabisulfite de 6 ppm a été considéré, ce qui donne au réservoir une autonomie de 10 jours.

### **c. Système de pompage à haute pression et turbine de récupération :**

L'eau parfaitement conditionnée arrive au système de pompage à haute pression, lequel l'impulse vers les membranes d'osmose inverse. L'eau à traiter à une pression osmotique naturelle de 28 kg/cm<sup>2</sup> approximativement, cette pression naturelle plus la pression nécessaire pour l'obtention de la production calculée dans notre cas et pour les conditions de conception, elle est de 68 kg/cm<sup>2</sup> avec un débit de 232 m<sup>3</sup>/h et elle est obtenue moyennant l'emploi des pompes centrifuges et turbine de récupération.

Le système proposé consiste en trois groupes de pompage travaillant en parallèle est formé par pompe multi turbine type booster construit en AISI 904L.

L'eau impulsée par le pompage antérieur alimente une turbine de récupération actionnée par le rejet de l'installation des membranes.

**Les principales caractéristiques du système sont :**

➤ **Pompe haute pression :**

Marque	GRUNDFOS
Débit nominal unitaire	77 m <sup>3</sup> /h
Pression	49 kg/cm <sup>2</sup>
Nombre de pompes	3 unités
Débit nominale totale	232 m <sup>3</sup> /h
Pression totale	48 kg/cm <sup>2</sup>
Vitesse	5000 tours/min
Rendement	70 %
Puissance absorbée unitaire	155 kilowatts
Puissance absorbée totale	4605. Kilowatts
Puissance totale installée	160 x 3 kilowatts
Matière	AISI 904L

➤ **Turbine de récupération :**

Fabricant	FEDCO
Type	turbo charger
Modèle	HPB 240
Débit moteur	127 m <sup>3</sup> /h

Pression motrices	67 kg/cm <sup>2</sup>
Pression de sortie	0,2 kg/cm <sup>2</sup>
Rendement	63 %
Puissance récupérée	245 kW
Matériaux	duplex SS.



FIGURE IV.34 : POMPE A HAUTE PRESSION.

➤ **Système de membrane de l’Osmose inverse :**

L'installation des membranes sera construite pour une ligne de production de 2500 mètres cubes par jour.

L'installation est pourvue de membrane de configuration spirale construite en polyamide spécialement pour des eaux marines jusqu'à 50000 ppm de haute élimination des sels.

Le choix des membranes de haut rejet de sel a pour objet pouvoir produire une eau traitée d'une salinité totale inférieure à 400 mg/l en un seul passage.

Ces membranes ont une grande résistance chimique et peuvent travailler à un pH de 2 à 13 ce qui donne une grande facilité de lavage et récupération acceptant une grande variété de produits chimiques de lavage.

Les membranes sont groupées sur un châssis et monte dans 33 tubes à pression de 7 unités fabriquée en prfv, Bobines est conçue à une pression de travail de 1000 psi.

Les tubes à pression sont disposés en une étape travaillant à une récupération totale de 45 %.

**Les principales caractéristiques sont :**

Nombre de membranes	231
Fabricant	Nitto hydraulique
Modèle	SWC3
Aire	380 ft <sup>2</sup>
Configuration	spirale
Diamètre	8 pouces
Longueur	40 pouces
Matériaux	polyamide

Les collections d'entrée depuis la pompe aux porte membrane et sorti de rejet jusqu'au récupérateurs seront construits en acier inoxydable AISI 904L réalisant les unions aux portes membrane moyennant des unions VITAILIC. La saumure sera conduite par un collecteur en PVC.



**FIGURE IV.36 : UN RACK DANS LE SYSTEME RO.**

La capacité dessalée par skid est 2500 m<sup>3</sup>/j. La capacité totale de production est de 5000 m<sup>3</sup> nominal de la production de l'eau par jour.

Le système d'équilibre osmotique dans les installations de dessalement d'eau de mer est essentiel pour maintenir un fonctionnement optimal. Lorsque l'installation s'arrête, un phénomène d'osmose naturelle se produit à l'intérieur des membranes. En effet, à travers la membrane, une solution concentrée entre en contact avec une solution diluée, provoquant un flux rétroactif. Cela peut entraîner le drainage du concentrat de l'installation et le remplissage d'air des tubes de membrane. Lorsque l'installation est remise en marche, des coups de bélier peuvent se produire, ainsi que des cassures des membranes et des tubes de pression en raison de la compression brusque de l'air contenu dans les tubes. Pour éviter ces problèmes, il est essentiel de prendre des mesures appropriées pour assurer un volume d'eau traitée suffisant, afin de remplir les tubes de pression et les membranes et d'assurer l'équilibre osmotique. Par exemple, certaines installations utilisent un réservoir d'eau de 4000 litres construit en polyester renforcé pour éviter les risques de précipitation des sels sur les membranes lorsque l'installation est à l'arrêt. La concentration de cette eau dépend de la conception de l'installation.

#### **d. Équipement de nettoyage chimique des membranes :**

Avec le temps toutes les installations de membrane souffrent d'encrassement qui dépend plus ou moins de prétraitement installé et des caractéristiques de l'eau d'alimentation nécessitant deux ou trois lavages par an.

D'un autre côté le déplacement est une opération nécessaire qu'on installation est hors services durant un temps appréciable son but est celui d'éliminer les hautes concentrations salines au niveau des membranes et des pompes prévoyant les éventuelles précipitations qui pourraient affecter le rendement des membranes et la vie des équipements.

L'équipement de lavage est constitué d'un réservoir de préparation des réactifs de 2000 litres construit en PEHD ce réservoir sera doté d'une vanne automatique. l'apport d'eau qui prendra de l'eau du réservoir d'équilibre osmotique afin d'assurer un remplissage constant sachant que cette eau sera utilisée pour effectuer le poste-Lavage il sera doté d'un agitateur

électrique de résistance d'échauffement d'un thermostat de sécurité et des interrupteurs De niveau maximum moyen et minimum.

Pour la réalisation de lavage, deux pompes de type centrifuge seront installées construire en AISI 316 de 115 m<sup>3</sup>/h à une pression de décharge de 4 barres.

La pompe Citée ci-dessus injecte les réactifs de nettoyage et l'eau de déplacement à travers un micro filtre construit en prfv équipé de cartouches dans les caractéristiques sont identiques à celles des filtres d'affinement du prétraitement, mais de 20 microns de degré de filtration.

#### **d. Post traitement :**

Après le passage de l'eau prétraitée dans les membranes, l'osmose inverse élimine non seulement les contaminants présents dans l'eau potable, mais également les minéraux. A la sortie de l'unité d'osmose, on obtient une eau dessalée pauvre en minéraux.

Cette eau a quelques aspects non souhaitables :

- Un fort potentiel corrosif.
- Carence alimentaire causant des risques de maladies cardiovasculaires.
- L'OMS (organisation mondiale de la Santé) recommande 10 mg/L de Magnésium et 30 mg/L de Calcium pour une eau potable.

Pour cela, il faut la reminéraliser.

La reminéralisation est la transformation de molécules organiques en formes inorganiques.

Dans cette station la reminéralisation est réalisée par blindage avec les eaux de forage.

#### **e. Réservoir tampon et pompage du refoulement :**

L'eau traitée sera stockée dans un réservoir cylindrique vertical de 1000 litres de capacité utile construits en prfv.



**FIGURE IV.37 : RESERVOIR DE STOCKAGE.**

L'eau traitée est transférée vers le réservoir de stockage de 1000 m<sup>3</sup> construit en béton armé.

La distribution de l'eau traitée vers le château sera menée par un système de pompage (2+1) de caractéristiques suivantes :

Hmt : 12 bars

Débit max : 105 m<sup>3</sup>/h

Type : pompe centrifuge multicellulaire



**FIGURE IV.39 : SYSTEME DE POMPAGE DE REFOULEMENT.**

### IV.3 État de fonctionnement de la station

La station ne fonctionne pas avec la valeur nominale :

#### IV.3.1 Production quotidienne de la station

La station de Beni Haoua est divisée en deux filières dont chacune produit 2 500 mètres cubes, et l'une des filières est en panne.

Le tableau suivant présente les valeurs de productivité de la station pendant 7 jours consécutifs :

TABLE IV.8 : PRODUCTION QUOTIDIENNE DE LA STATION.

<i>Jours</i>	<b>Débit de production (m3/j)</b>	<b>Nbr heures</b>	<b>Taux de production (%)</b>	<b>Observation</b>
1	600	7	12	-
2	400	5	8	Nettoyage de décanteur
3	800	9	16	Chute de tension
4	600	7	12	Microcoupure électrique
5	600	7	12	Microcoupure électrique
6	640	8	12.8	Chute de tension
7	600	7	12	-

**Commentaire :** On constate à partir de ce tableau que le taux de production de la station est estimé à 12 % de sa valeur nominale dans un délai moyen de 7 heures. Cela est dû à plusieurs raisons dont les plus importantes seront citées.

#### IV.3.2 État physique de la station

Je présenterai dans le tableau suivant les problèmes les plus importants dont souffre la station, qui affectent grandement la productivité de la station :

TABLE IV.9 : LES PROBLEMES DE LA STATION.

<i>Problèmes</i>	<i>Filière</i>
<i>6 filtres à sable en panne</i> 	2
<i>Une conduite manquante</i> 	2
<i>Colmatage des membranes</i>	1+2
<i>2 pompes de refoulement en panne</i> 	Station
<i>Les fuites</i>	1+2

Ce sont donc les défauts les plus importants qui réduisent la productivité de la station de dessalement.

#### IV.4 Conclusion

A travers ce chapitre, j'ai présenté un bref aperçu de la station, dans lequel nous avons découvert les étapes les plus importantes du traitement de l'eau à l'intérieur de la station, en particulier l'étape d'osmose inverse, qui est considérée comme le symbole de la station. Aussi, nous avons découvert que la station ne fonctionne pas à sa pleine capacité de production, pour les raisons que j'ai mentionnées.

## CHAPITRE V

### Dimensionnement de la station de dessalement

## V.1 Introduction

Le processus d'extension de la station nécessite de vérifier que les installations de la station sont capables d'accueillir le nouveau débit, puis de le conserver ou d'en conserver une partie ou de le remplacer complètement, à travers d'autres données telles que l'espace de travail ou généralement selon des aspects techniques et économiques.

La conception d'une station de dessalement est de dimensionner les différentes étapes de traitement :

- Captage
- Prétraitement
- Traitement principal
- Post de traitement

Avant le dimensionnement, on doit en premier temps estimer les besoins en eau potable des 3 villes (beni haoua, breira, oued goussine).

## V.2 Estimation des besoins en eau

L'estimation des besoins en eau d'une agglomération dépend de plusieurs facteurs (évolution de la population, des équipements sanitaires, du niveau de vie de la population, entreprises, commerce et utilisation publique, etc.). Elle diffère aussi d'une période à une autre et d'une agglomération à une autre.

### V.4.1 Catégories des besoins

- Besoins domestiques.
- Besoins publics.
- Besoins industriels.
- Autres besoins (Hôpitaux, sanitaire, protection civile...).

### V.4.2 Choix de la dotation

La consommation en eau dépend du confort des habitations, le niveau de vie de la population ainsi l'accroissement démographique, la dotation moyenne par habitant et par jour est estimée comme suit :

- Ville de moins de 20 000 habitants : 150 à 200 litres / jour / habitant.
- Ville de 20 000 à 100 000 habitants : 200 à 300 litres / jour / habitant.
- Ville de plus de 100 000 habitants : 300 à 400 litres / jour / habitant

**V.4.3 Consommation moyenne journalière**

$$Q_{moyj} = (Q/1000i) \times Ni \dots\dots\dots VI.1$$

**Avec :**

**Q<sub>moyj</sub>** : la consommation moyenne journalière [m<sup>3</sup>/j].

**Q<sub>i</sub>** : dotation journalière [l/j/h].

**N<sub>i</sub>** : nombre d'habitants.

➤ **Consommation domestique :**

$$Ph = P0 + (1 + \tau)^n \dots\dots\dots VI.2$$

**Avec**

**Ph** : Population finale (à l'horizon).

**P0** : Population initiale.

**τ** : Taux d'accroissement de la population.

**n** : L'horizon de calcul

**Table V.10 : population à l'horizon d'étude.**

<i>Ville</i>	<b>P0 (2024) habitant</b>	<b>N ans</b>	<b>τ</b>	<b>Ph habitant Ph habitant (2049)</b>
<i>Beni haoua</i>	<b>26522</b>	<b>25</b>	<b>0.0154</b>	38862.90379
<i>Breira</i>	<b>13467</b>	<b>25</b>	<b>0.0154</b>	19733.30538
<i>Oued goussine</i>	<b>9500</b>	<b>25</b>	<b>0.0154</b>	13920.4278

Les tableaux suivant nous donneront les consommations moyennes journalières futures des villes de beni haoua, breira et oued goussine.

**Table V.11 : consommation domestique.**

<i>Ph habitant</i>	<b>Dotation domestique (l/j)</b>	<b>Consommation domestique (m3/j)</b>
72516.63697	<b>200</b>	<b>14503.32739</b>

➤ **Consommation par équipements :**

Les consommations moyennes par équipements des 3 villes sont données dans le tableau suivant :

Table V.12 : Consommation par équipements.

<i>Équipement</i>	<b>Effectif</b>	<b>Unité</b>	<b>Dotation (l/j/unité)</b>	<b>Consommation (m3/j)</b>
<i>3 lycées</i>	<b>2720</b>	<b>Élève</b>	<b>25</b>	<b>68</b>
<i>5 Cem</i>	<b>3803</b>		<b>20</b>	<b>76.06</b>
<i>11 primaires</i>	<b>5905</b>		<b>15</b>	<b>88.575</b>
<i>2 hôpitaux</i>	<b>76</b>	<b>Lits</b>	<b>400</b>	<b>30.4</b>
<i>1 abattoir</i>	<b>24</b>	<b>Tête</b>	<b>500</b>	<b>12</b>
<i>9 mosquées</i>	<b>3976</b>	<b>Fidèle</b>	<b>50</b>	<b>198.8</b>
<i>4 gradins</i>	<b>1255</b>	<b>m2</b>	<b>4</b>	<b>5.02</b>
<i>Marché</i>	<b>120</b>	<b>m2</b>	<b>4</b>	<b>0.48</b>
<i>7 bains douche</i>	<b>79</b>	<b>Utilisateur</b>	<b>200</b>	<b>15.8</b>
<i>Protection civile</i>	<b>43</b>	<b>Employé</b>	<b>200</b>	<b>8.6</b>
<i>3 communes</i>	<b>96</b>		<b>150</b>	<b>14.4</b>
<i>Daïra</i>	<b>33</b>		<b>150</b>	<b>4.95</b>
<i>Police</i>	<b>90</b>		<b>200</b>	<b>18</b>
<i>Gendarmerie</i>	<b>150</b>		<b>200</b>	<b>30</b>
<i>3 postes</i>	<b>23</b>		<b>150</b>	<b>3.45</b>
<i>Total</i>				<b>574.535</b>

➤ **Consommation industrielle :**

➤

Les consommations moyennes par industries des 3 villes sont données dans le tableau suivant

:

Table V.13 : Consommation industrielle.

<i>Industrie</i>	<b>Production</b>	<b>Unité</b>	<b>Dotation (l/j/unité)</b>	<b>Consommation (m3/j)</b>
<i>5 boulangeries</i>	<b>11600</b>	<b>Kg de pain</b>	<b>1</b>	<b>11.6</b>
<i>Confiterie</i>	<b>1200</b>	<b>Pot</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<i>Total</i>				<b>17.6</b>

➤ **Consommations touristiques :**

Les consommations moyennes touristiques des 3 villes sont données dans le tableau suivant :

**Table V.14 : Consommations touristiques.**

<i>Équipement touristique</i>	<b>Effectif</b>	<b>Unité</b>	<b>Dotation (l/j/unité)</b>	<b>Consommation (m3/j)</b>
<i>1 hôtel</i>	<b>60</b>	<b>Place</b>	<b>500</b>	<b>30</b>
<i>2 complexes</i>	<b>80</b>	<b>Place</b>	<b>600</b>	<b>48</b>
<i>Total</i>				<b>78</b>

➤ **Récapitulation pour toutes les villes :**

**Table V.15 : Récapitulation des consommations moyennes journalières.**

<i>Catégorie de besoin</i>	<b>Qmoy j (m3/j)</b>
<i>Domestique</i>	<b>15953.66013</b>
<i>Public</i>	<b>508.375</b>
<i>Industrie</i>	<b>17.6</b>
<i>Touristique</i>	<b>78</b>
<i>Les fuites</i>	<b>4967.29054</b>
<i>TOTAL</i>	<b>19725.50111</b>

**NB :** les fuites et les gaspillages au niveau du réseau en majorant la consommation moyenne de 30%.

### **V.4.4 Variation du débit**

➤ **Débit maximal journalier :**

La consommation maximale journalière est la majoration de la consommation moyenne journalière par un coefficient  $K_j$  défini ci-dessous.

-coefficient d'irrégularité journalière  $K_j$  :

$$K_j = Q_{max j} / Q_{moy j} \dots\dots\dots VI.3$$

Avec :

$Q_{maxj}$  : consommation maximale journalière [ $m^3/j$ ]

$Q_{moyj}$  : consommation moyenne journalière [ $m^3/j$ ]

$K_j$  : coefficient d'irrégularité journalière compris entre (1,10 et 1,30)

Dans notre cas, on prendra  $K_j = 1,26$ .

$$Q_{maxj} = Q_{moyj} \times K_j$$

➤ Les sources d'eaux des différentes villes :

Table V.16 : débit des sources d'eaux des différentes villes.

Source d'eaux	Débit ( $m^3/j$ )
Beni haoua	5900
Oued goussine	800
Breira	1200
TOTAL	7900

➤ Calcul de nouveau débit de production de SDEM de beni haoua :

Table V.17 : nouveau débit de production de SDEM de beni haoua.

Horizon de calcul	$Q_{moy j}$ ( $m^3/j$ )	$Q_{max j}$ ( $m^3/j$ )	Débit total des sources ( $m^3/j$ )	Déficit ( $m^3/j$ )	Production actuelle SDEM ( $m^3/j$ )	NOUVELLE DEBIT SDEM ( $m^3/j$ )
2049	19725.5	24854.	7900	16954.	5000	21954.1314
	0111	1314		1314		

Après avoir calculé les besoins et les déficits en eau potable, on remarque que la production en eau potable actuelle des installations existantes est insuffisante, donc il faut au minimum une capacité de production de la station de dessalement de  $22000 m^3/j$ .

#### V.4 Dimensionnement de la station de dessalement

Après avoir calculé les besoins en eau et évoqué les problèmes les plus importants dont souffre la station de dessalement de Beni Haoua, nous allons maintenant

concevoir la station sans exclure ce qui peut être préservé des installations pour le processus de traitement.

Les étapes de traitement que je caractérise dans le processus de conception et de vérification sont les suivantes :

- Conduite de captage
- Décanteur lamellaire
- Filtre à sable
- Filtre a cartouche
- Ro
- Post traitement
- Calcule hydraulique

#### **V.4.1 Conduite de captage**

Le point de captage de l'eau à la station s'étend à 500 mètres de la station et à une profondeur de 12 mètres. Nous concevrons la conduite gravitaire de captage en suivant plusieurs étapes.

➤ **Choix du matériau de conduite :**

Type de conduite choisi est PEHD grâce à deux avantages : Une insensibilité à la salinité de l'eau de mer et une flexibilité qui permet aux conduites de résister durablement aux courants marins sans se détériorer.

➤ **Caractéristique de PEHD :**

- **Corrosion :**

Le PE est inerte chimiquement, pour pratiquement tous les usages, à l'intérieur de sa plage de température d'utilisation. Il ne rouille pas, ne se pique pas, ne se corrode pas. De ce fait, son épaisseur n'est modifiée par aucune corrosion chimique ou électrique provenant du milieu environnant.

- **Abrasion :**

La surface paraffinique du polyéthylène lui assure un faible coefficient de friction. Les tubes en polyéthylène ont ainsi une excellente résistance à l'abrasion. Par rapport aux autres tubes traditionnellement utilisés dans le domaine du transport de l'eau, l'utilisation de tubes en polyéthylène permet d'augmenter considérablement la durée de vie des canalisations vis-à-vis de l'abrasion.

- **Flexibilité :**

La propriété de flexibilité et l'aptitude à se déformer sans dommage permanent permettent en outre aux conduites d'être cintrées dans le cas de tracés difficiles ou de changement de direction.

- **Étanchéité :**

Le mode d'assemblage du PE (soudage par électro fusion et soudage bout à bout) confère au réseau une étanchéité quasiment parfaite. Des essais de résistance à la pression hydraulique effectués au laboratoire ont montré que les joints de soudures sont plus fiables que le tube. Lorsque l'essai est poussé jusqu'à la rupture, celle-ci se produit toujours en dehors de la zone de soudure.

- **Les avantages et les inconvénients de la conduite PEHD :**

**Table VI.9 : Les avantages et les inconvénients de la conduite PEHD.**

<i>Conduit</i>	<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<p><i>Tuyau en polyéthylène à haute densité</i></p> 	Conduites flexibles	Dilatation importante sous l'effet de la chaleur donc utilisation de joints
	Nécessite peu de pièces spéciales	Élasticité importante
	Peu de fuite	Matériaux légers
	Bonne élasticité	Technique de soudage nécessite des experts
		Nécessite un temps de refroidissement après fusion.

- **Le calcul technico-économique de diamètre :**

- **Critère de calcul :**

La vitesse dans les conduites est comprise entre 1,3 et 2,0 m/s pour limiter la formation de dépôts (les moules et les Matières en suspension).

▪ **Données de calcul :**

- **Qal:** *debit d'alimentation* =  $(Q_{permeat}/0.45) + Q_{blindage} = (22000/0.45) + 185.34 = 0.568 \text{ m}^3/\text{s}$
- **v :** viscosité cinématique de l'eau de mer =  $1.1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
- **g :** accélération de la pesanteur =  $9.81 \text{ m/s}^2$
- **ε :** coefficient de rugosité =  $0.007 \text{ mm}$
- **L :** Longueur de la conduite d'alimentation =  $500 \text{ m}$

▪ **Méthode de calcul :**

Pour élever un débit Q à une hauteur géométrique H donnée on peut à priori donner à la canalisation un diamètre quelconque car en faisant varier la puissance du groupe élévatoire, on peut toujours obtenir le débit Q imposé dans un tuyau de diamètre donné.

Si on adopte donc un grand diamètre, le prix (Pc) de la canalisation sera élevé, par contre (J) sera faible, on économise donc sur le prix du groupe (Pg) et le prix (Pe) de l'énergie nécessaire au pompage.

Si au contraire, on adopte un petit diamètre, Pc est plus faible mais Pg et Pe seront plus élevés. Il y a donc intérêt à choisir le diamètre qui permettra d'obtenir le prix de revient minimal de l'ensemble de l'installation en exploitation (par exemple le prix du m<sup>3</sup> d'eau élevé, compte tenu de l'amortissement de la canalisation et du groupe élévatoire et de la consommation d'énergie) en fonction du diamètre D. Actuellement, le diamètre économique est déterminé par une des relations suivantes :

$$D = \sqrt{Q} \text{ Formule de Bonin ..... VI.4}$$

$$D = 1.5 \times \sqrt{Q} \text{ Formule de Bresse ..... VI.5}$$

**Donc :**

$$D = \sqrt{0.568} = 0.752225 \text{ m}$$

$$D = 1.5 \times \sqrt{0.568} = 1.1283 \text{ m}$$

On choisit une série de diamètres commerciaux proches de D1 et D2, et on effectue le calcul Technico-économique. Pour la détermination du diamètre optimal, les pertes de charges sont calculées à partir de la formule de Colebrook :

$$\Delta H = \frac{\lambda}{D} \times \frac{V^2}{2g} \times L \text{ ..... VI.6}$$

Selon le nbr de Reynold, on calcule le coefficient de pertes de charge  $\lambda$ , Pour :

- $Re < 1200$  (régime laminaire) :  $\lambda = \frac{64}{Re}$  .....VI.7
- $1200 < Re < 100000$  :  $\lambda = 0.316 \times Re^{-0.25}$  **formule de blassius** .....VI.8
- $Re > 100000$  :  $\lambda = 0.79 * \sqrt{\frac{\epsilon}{D}}$  **formule de blench** .....VI.9

Avec le nombre de Reynolds est calculé avec la formule suivante :

$$Re = \frac{V \times D}{\nu} \text{ .....VI.10}$$

**Avec :**

- $\Delta H$  : perte de charge unitaire par frottement en m de colonne d'eau par m de tuyau
- $\lambda$  : Coefficient de perte de charge sans dimension
- $D$  : diamètre intérieur du tube en m
- $V$  : vitesse d'écoulement (m/s)
- $g$  : accélération de la pesanteur en  $m/s^2$
- $\epsilon$  : coefficient de rugosité
- $Re$  : nombre de Reynolds
- $\nu$  : viscosité cinématique de l'eau de mer  $1.1 * 10^6 \text{ m}^2/s$

On calcule la perte de charge unitaire :

$$J = \frac{\lambda}{D} \times \frac{V^2}{2g} \text{ .....VI.11}$$

On calcule la perte de charge linéaire :

$$\Delta H = J \times L$$

**Avec :**

$L$  : Longueur de la conduite d'alimentation

Pour le calcul des pertes de charge totale, On fait une majoration sur la perte de charge de 5%, pour prendre en considération les pertes de charge singulières.

Le tableau suivant contient les calculs techniques et économiques sur lesquels s'appuie le choix du diamètre économique du tuyau :

Table V. 18 : pertes de charge pour différent diamètre sélectionnées.

<i>Diamètre INT (mm)</i>	<i>Débit (m3/s)</i>	<i>Vitesse (m/s)</i>	<i>Re</i>	<i>Coefficient de perte de charge</i>	<i>Perte de charge unitaire (m/m)</i>	<i>Perte de charge (m)</i>	<i>Perte de charge total (5% de plus) (m)</i>
500	0.568	2.894	1148495.89	0.00296	0.003	1.262	1.325
600	0.568	2.010	957079.912	0.00270	0.001	0.463	0.486
700	0.568	1.475	819353.554	0.00250	0.00040	0.198	0.208
800	0.568	1.129	716934.360	0.00234	0.000	0.095	0.100
900	0.568	0.892	637274.987	0.00220	0.000	0.050	0.052
1000	0.568	0.723	573547.488	0.00209	0.000	0.028	0.029
1100	0.568	0.597	521406.807	0.00199	0.000	0.016	0.017
1200	0.568	0.502	477956.240	0.00191	0.000	0.010	0.011

On élimine les diamètres 500, 800,900,1000,1100 et 1200 mm vu que le critère de la vitesse n'est pas vérifié.

Maintenant le choix du diamètre est lié à deux critères important, la perte de charge et le cout de la conduite.

Pour La conduite de diamètre 700mm c'est elle qui représente la perte de charge la plus faible par rapport aux autres, mais ce facteur ne représente pas un critère décisif

pour notre choix. C'est pour cela qu'on doit faire une étude économique pour le choix du diamètre optimal.

**Table V.19 : comparaison économique entre diamètre 600 et 700.**

<i>Diamètre choisi (m)</i>	Diamètre intérieur du marché (m) PN16	Diamètre extérieur du marché (m) PN16	Prix (DA/ml)	Prix Total (DA)
600	625.8	710	4100	2050000
700	705.2	800	5053	2526500

Notre choix pour un diamètre technico-économique est basé sur l'aspect technique, c'est-à-dire la vérification de la vitesse et la perte de charge ainsi l'aspect économique (le cout de la conduite).

Alors le diamètre le plus rentable dans ces caractéristiques est le DN700 mm vu que :

- La vitesse est de l'ordre de 1.48 m/s
- La perte de charge est de 0.208 m
- Le cout est moyen par rapport aux autres variantes

On Calcule la perte de charge sur le diamètre intérieur du marché de la conduite choisi DN 705.2 mm [annexe 01].

**Table V. 20 : calcule de perte de charge pour la conduite sélectionner.**

<i>Diamètre intérieur (mm)</i>	Débit (m3/s)	Vitesse (m/s)	Re	Coefficient de perte de charge	Perte de charge unitaire (m/m)	Perte de charge linéaire (m)	Perte De charge total (m)
705.2	0.568	1.45494	814305.09	0.00249	0.000381	0.190401	0.200

Donc la perte de charge pour le diamètre intérieur 705.2 mm égale à 0.2 m

- **Résultat** : Après le processus de calcul, j'ai choisi une conduite en PEHD avec les caractéristiques mentionnées dans le tableau suivant :

**Table V. 21 : résultats de dimensionnement de la conduite d'alimentation.**

<b>Matériaux</b>	<b>Pression nominale (bars)</b>	<b>Diamètre intérieur (mm)</b>	<b>Diamètre extérieur (mm)</b>	<b>Prix Total (DA)</b>
<i>PEHD</i>	16	705.2	800	2526500

#### V.4.2 Prétraitement

Avant de procéder le dessalement, un prétraitement est nécessaire pour un bon fonctionnement de l'unité de point de vue physique, chimique et bactériologique.

C'est un traitement destiné à éliminer fondamentalement les éléments solides, les algues et la matière organique, par le passage de l'eau de brute à travers des filtres à sable et anthracite et à travers des filtres à cartouches.

La filtration est un procédé utilisant le passage d'un mélange solide liquide à travers un milieu poreux qui retient les solides et laisse passer le liquide.

La chaîne de prétraitement se compose de :

- **Prétraitement physique :**
  - Décanteur lamellaire
  - Filtration rapide (filtre à sable)
  - Microfiltration (filtre à cartouche)
- **Prétraitement chimique :**
  - Hypochlorite sodium
  - Acide sulfurique
  - Métabisulfite de sodium

### V.4.2.1 Prétraitement physique

#### a.1 Décanteur lamellaire

Le décanteur lamellaire est un équipement utilisé dans le traitement des eaux pour séparer les particules solides en suspension.

Voici son rôle et fonctionnement :

- **Sédimentation des particules :**

Le décanteur lamellaire permet la sédimentation des particules en utilisant des lamelles inclinées. Les particules plus lourdes se déposent sur les lamelles et forment une boue au fond du décanteur.

- **Augmentation de la surface de sédimentation :**

Les lamelles augmentent la surface de sédimentation par rapport à un décanteur conventionnel. Cela permet une meilleure séparation des particules et une efficacité accrue.

- **Clarification de l'eau :**

L'eau clarifiée s'écoule vers le haut entre les lamelles. La boue sédimentée est collectée au fond du décanteur.

➤ **Données de calcul :**

**Table V.22 : Données de dimensionnement de décanteur lamellaire.**

<i>Données</i>	
<i>IB (ml/g)</i>	70
<i>Lp (m)</i>	2.5
<i>lp (m)</i>	2
<i>α (°)</i>	60
<i>Q (m<sup>3</sup>/h)</i>	60
<i>V (m<sup>3</sup>)</i>	250
<i>MES (g/l)</i>	2
<i>e (cm)</i>	10
<i>VC (m<sup>3</sup>)</i>	140

**Avec :**

QBrute : Débit d'eau brute en (m<sup>3</sup>/h) = (Qpermeat/0.45) + Qblindage .

MES : la concentration des boues dans le bassin biologique (g/l).

IB : indice de boues (ml/g).

lp : largeur d'une lamelle (m).

Lp : longueur d'une lamelle (m).

α : angle d'inclinaison des lamelles par rapport à l'horizontal (°).

e : écartement entre les lamelles (m).

V : Volume du bassin d'aération (m<sup>3</sup>).

➤ **Méthode de calcul:**

Les équations caractéristiques du décanteur lamellaires sont les suivantes :

$$STP = \frac{Q}{vH} \dots\dots\dots VI.12$$

$$STP = n \times lp \times (Lp \times \cos \alpha + e \times \sin \alpha) \dots\dots\dots VI.13$$

**Avec :**

STP : surface totale projetée (qui est la projection au sol de la surface de décantation) en m<sup>2</sup>.

lp : largeur des lamelles (m).

Lp : longueur des lamelles (m).

n : nombre total de lamelles sur l'étape de décantation lamellaire.

α : inclinaison des plaques (°).

L'équation de Hazen est valable pour les plaques inclinées, mais dans ce cas, la surface projetée horizontalement est le paramètre important.

L'efficacité d'un décanteur lamellaire est conditionnée par la surface projetée correspondant à la projection à l'horizontal des plaques du décanteur ; cette caractéristique est fonction de l'angle d'inclinaison des plaques, l'écartement des plaques permettant, dans un même volume, d'augmenter la surface totale projetée, et l'inclinaison des lames favorisant ou non l'auto curage du faisceau lamellaire. Ainsi, pour optimiser le fonctionnement de ces décanteurs, il est possible de diminuer l'inclinaison des plaques, en vue d'augmenter la

surface totale projetée, et/ou limiter l'espace inter-lames, pour augmenter la surface totale projetée.

Toutefois, la diminution de l'espace inter-lames favorise l'obstruction des canaux, donc il est recommandé d'utiliser un écartement de 10cm entre les lamelles, ainsi la diminution de l'inclinaison des plaques limite l'auto curage des lames et peut même le supprimer, et dans ce cas de figure, un angle d'inclinaison de 60° est recommandé.

**Note :** La plupart des ouvrages de décantation sont actuellement dimensionnés sur la base d'une vitesse ascensionnelle de 0,8 m/h pour les stations à faible charge massique et de 1,5 m/h pour les stations fonctionnant à des charges plus élevées (> 0,5 kg de DBO. /kg MVS.j). Les éléments techniques exposés dans le précédent paragraphe montrent que la valeur de 0,8 n'est acceptable que si les boues sont de bonne qualité (IB < 120 ml/g) et que leur concentration ne dépasse pas 5 g/l.

\* **La vitesse de Hazen :**

On détermine la charge hydraulique superficielle (ou vitesse de Hazen)  $V_H$  dans le clarificateur à l'aide de l'abaque [annexe 02].

\* **Le volume corrigé  $V_c$  :**

$$V_c = MES \times IB \dots\dots\dots \text{VI.14}$$

$$V_c = 2 \times 70 = 140 \text{ ml/l}$$

D'après l'abaque de la figure, la vitesse correspondante à un volume corrigé de 140 ml/l est :

$$V_H = 0,83 \text{ m/h}$$

\* **La surface totale projetée :**

$$STP = Q/V_H$$

$$STP = 2044.759 / 0.83 = 2463.565205 \text{ m}^2$$

\* **La surface d'une lamelle :**

$$SP = l_p \times L_p \dots\dots\dots \text{VI. 15}$$

$$S_p = 2 \times 2.5 = 5 \text{ m}^2$$

\* **Le nombre de lamelles est :**

$$n = \frac{STP}{l_p \times (L_p \times \cos \alpha + e \times \sin \alpha)} \dots\dots\dots \text{VI.16}$$

$$n = \frac{STP}{l_p \times (L_p \times \cos \alpha + e \times \sin \alpha)}$$

$$N = 493 \text{ lamelles}$$

\* **La longueur du décanteur lamellaire :**

a : représente la zone d'introduction de la boue. Elle sert généralement pour dissiper l'énergie, il convient usuellement de prendre une longueur de 0,5m.

$$a = 0,5\text{m}$$

b : la longueur projetée de la dernière plaque.

$$b = Lp \times \cos\alpha = 5 \times \cos(60)$$

$$b = 1,25\text{m}$$

C : la longueur totale occupée par les lamelles

$$c = (n - 1) \times e = 0,1 \times (493 - 1) = 49.144437 \text{ m}$$

Donc, la longueur du décanteur est :

$$Lg = a + b + c = 0,5 + 1,25 + 49.144437$$

$$Lg = 50.894437 \text{ m}$$

\* **La largeur du décanteur lamellaire :**

La largeur du décanteur correspond à la largeur d'une plaque soit 2m.

$$Lr = 2 \text{ m}$$

Le tableau suivant regroupe tous les résultats du dimensionnement du décanteur lamellaire :

**Table V.23 : Résultats du calcul d'un décanteur lamellaire.**

<i>Décanteur nouveau</i>		
<i>Débit d'alimentation</i>	Q (m <sup>3</sup> /h)	2044.75912
<i>Vitesse de hazen</i>	V <sub>H</sub> (m/h)	0.83
<i>Surface totale projetée</i>	STP(m <sup>2</sup> )	2463.565205
<i>Surface d'une lamelle</i>	Sp(m <sup>2</sup> )	5
<i>Nombre des lamelles</i>	n	492.4443674
<i>Zone d'introduction des boues</i>	a(m)	0.5
<i>Longueur projetée de la dernière plaque</i>	b(m)	1.25
<i>Longueur totale occupée par les lamelles</i>	C(m)	49.14443674
<i>Longueur du décanteur</i>	L(m)	50.89443674
<i>Largeur du décanteur</i>	l (m)	2

**a.2 Filtre duel**

Le média filtrant représente le milieu filtrant, il existe différentes configurations possibles :

- Couche de granulométrie uniforme (sable)
- Bicouche (anthracite + sable)
- Multicouche (Sable + Anthracite + Grenat)

Pendant le processus de prétraitement, nous choisissons un filtre duel sous-pression.

➤ **Caractéristiques des filtres duels sous-pression :**

**Table V.24 : Caractéristiques des filtres duels sous-pression [11].**

<i>Caractéristiques des filtres duels sous-pression</i>				
<i>Couche</i>	Caractéristiques			Unité
<i>Couche 1</i>	Matériau		Anthracite	-
	Granulométrie		1.4-2.5	Mm
	Hauteur	Filtre verticale	0.6-1	M
		Filtre horizontale	0.4-0.6	
<i>Couche 2</i>	Matériau		Sable	-
	Granulométrie		0.2-0.6	mm
	Hauteur	Filtre verticale	0.4-1	m
		Filtre horizontale	0.4-0.6	
<i>Couche support</i>	Matériau		Gravier	-
	Granulométrie		2-4	mm
	Hauteur	Filtre verticale	0.1-0.3	M
		Filtre horizontale		
<i>Total</i>	Hauteur totale de filtre	Filtre verticale	1.1-2.3	
		Filtre horizontale	0.9-1.5	

➤ **Les données de calcule :**

**Table V.25 : données de Calcule perte de charge.**

<b>Calcule perte de charge</b>				
<i>PARAMÈTRE</i>	SYMBOLE	VALEURS		
		Anthracite	Sable	UNITE
<i>Débit d'eau traite</i>	Qe	24537.11	24537.11	m <sup>3</sup> /j
<i>Viscosité dynamique</i>	μ	0.000955	0.000955	Kg/m. s
<i>Masse volumique</i>	ρ	1025	1025	Kg/m3
<i>Porosité de matériau</i>	εs	0.5	0.6	-
<i>Diamètre de matériau</i>	dps	1.4	0.4	mm
<i>Vitesse de filtration</i>	Vf	0.002777778	0.002777778	m/s
<i>Longueur totale de filtre</i>	L	2.3		m

➤ **Méthode de calcule :**

\* **Calcule des pertes de charge :**

Le modèle suivant permet de calculer la perte de charge à travers un lit de particule de porosité donnée par la formule suivante (loi d'Ergun) :

$$\frac{\Delta p}{L} = 151.2 \times \frac{\mu}{d^2} \times \frac{(1-\epsilon)^2}{\epsilon^3} \times Vf + 1.8 \times \frac{\rho}{d} \times \frac{(1-\epsilon)^2}{\epsilon^3} \times Vf^2 \dots\dots\dots \mathbf{VI.17}$$

La perte de charge à travers la couche d'anthracite :

$$\Delta p1 / L = 0.0885 \text{ bars}$$

Et on a :

$$1 \text{ bars} = 10 \text{ m}$$

On trouve :

$$\Delta p1 / L = 0.203 \text{ m}$$

La perte de charge à travers la couche de sable :

$$\Delta p2 / L = 0.017 \text{ bars}$$

On trouve :

$$\Delta p2 / L = 0.1724 \text{ m}$$

La perte de charge totale :

$$\Delta p_{T/L} = \Delta p_1 / L + \Delta p_2 / L$$

$$\Delta p_{T/L} = 0.2609 \text{ m}$$

$\Delta p_{T/L} = 0.2609 \text{ m} < 1 \text{ m}$  donc c'est une valeur acceptable

**\* Le nombre de filtres :**

Pour de petites installations (<90 l/s) le nombre de filtres minimal est de 2, pour les autres, on applique la formule suivante :

$$N = 1.2 \times Q^{0.5} \dots\dots\dots \text{VI.18}$$

N = nombre de filtres

Q= débit d'eau brute pour 1 ligne (MGD)

On a :

$$1 \text{ MGD} = 3785 \text{ (m}^3\text{/j)}$$

Donc, on a :

$$Q = 6.48 \text{ MGD}$$

$$N = 1.2 \times 6.48^{0.5}$$

N = 5 filtres au minimum

Par mesure de sécurité, on prend (N = 5 + 1)

**\* La surface filtrante ST :**

$$\Omega = \frac{Q_{\text{filtres}}}{VF} \dots\dots\dots \text{VI.19}$$

$$\Omega = 24537.11 / (11 \times 24)$$

$$\Omega = 101.12 \text{ m}^2$$

La surface d'une filtration sera égal à :

$$S = \Omega / N_f \dots\dots\dots \text{VI.20}$$

$$S = 20.223 \text{ m}^2$$

**\* Le diamètre de filtre :**

Le diamètre d'un filtre sera égale à :

$$D = \sqrt{S \cdot 4 / \Pi}$$

$$D = 5.08 \text{ m}$$

D'après les produits normalisés commercialisés, nous choisirons les filtres avec les caractéristiques suivantes :

Table V.26 : résultats de calcul de filtre duel pour 1 ligne.

<i>Type du média filtrant</i>	<i>Profondeur du média (cm)</i>	<i>Vitesse de passage (m/h)</i>	<i>Pertes de charges (m)</i>	<i>Nombre de filtres</i>	<i>Surface filtrante (m2)</i>	<i>Diamètre (m)</i>
<i>Filtre duel</i>	230	10	0.6	5+1	20.2	5.07

### a.3 Filtre à cartouches

Ces filtres travaillent sous pression (de 4 à 200 bars) et permettent l'élimination de particules de plus fine jusqu'à 0.5 micro, et permis aussi la prévention de toutes perte de matériaux filtrants ou de toutes de particule par voie atmosphérique.

Il existe deux types de filtres à cartouches :

- Les cartouches consommables.
- Les cartouches régénérables (par nettoyage).

**Rq** : Le filtre à cartouches choisi pour notre cas est de type consommable.

Les caractéristiques de cartouche ont été mentionnés dans le tableau suivant :

Table V.27 : Caractéristiques de cartouche.

<i>Caractéristiques de cartouche</i>			
<i>PARAMETRE</i>	<i>SYMBOLE</i>	<i>VALEURS</i>	<i>UNITE</i>
<i>Longueur de cartouche</i>	L	40	Inches
<i>Vitesse de filtration</i>	V	235.7	m <sup>3</sup> /j.m2
<i>Surface de filtration</i>	S	0.37	m2
<i>Perte de charge</i>	ΔP	0.204	bars
<i>Matériau</i>	Polypropylène compacté		
<i>Ordre de filtration</i>	5 μm		

➤ **Données de calcule :**

QBrute (1 ligne) = 24537.109 m3/j

➤ **Méthode de calcule :**

\* **Calcul de débit par cartouche Qc :**

$$Q_c = S \times V \dots\dots\dots \text{VI.21}$$

$$Q_c = 0.37 \times 235.68$$

$$Q_c = 87.58 \text{ m}^3/\text{j}$$

On prend (5+1) filtres d'où la surface d'un filtre à cartouche donc chaque filtre traite :

$$Q_{al} = Q_{Brute} (1 \text{ ligne}) / \text{nbr de filtre par ligne} = 24537.109/5$$

$$Q_{al} = 4907.422 \text{ m}^3/\text{j}$$

\* **Nombre des cartouches dans chaque filtre :**

$$N = Q_{al} / Q_c \dots\dots\dots \text{VI.22}$$

$$N = 4907.422 / 87.58$$

$$N = 56.272$$

Donc N=57 cartouches par filtre.

La perte de charge par tous les cartouche :

$$\Delta p = N \times \Delta p_c \dots\dots\dots \text{VI.23}$$

**Donc :**

$$\Delta p = 57 \times 0.204 = 11.48 \text{ bars.}$$

Donc la perte de charge par les cartouches est dans l'intervalle recommandé (4 à 200 bars).

➤ **Résultat de calcule :**

**Table V.28 : Résultats de dimensionnement de filtre a cartouche.**

<i>Filtre a cartouche</i>		
<i>Nbr de Vessels par ligne</i>	5+1	Unité
<i>Nombre de cartouches par Vessel</i>	57	m
<i>ΔPf perte de charge par Vessel</i>	11.48	bars

**V.4.2.2 Prétraitement chimique :**

Le prétraitement chimique joue un rôle essentiel dans le dessalement de l'eau. Voici quelques rôles :

- **Réduction des Impuretés :**

Le prétraitement chimique élimine les impuretés présentes dans l'eau brute, telles que les particules en suspension, les matières organiques et les micro-organismes. Cela réduit la charge sur les membranes de dessalement (comme l'osmose inverse) et améliore leur durabilité.

- **Stabilisation du pH :**

Le pH de l'eau brute peut varier. Le prétraitement chimique ajuste le pH pour des conditions optimales de dessalement. Un pH stable améliore l'efficacité des membranes.

Donc le prétraitement chimique améliore l'efficacité, la durabilité et la qualité de l'eau produite lors du dessalement.

- **Données initiales :**

- $Q_p$  (1 ligne) =  $m^3/j$
- $Q_{bl}$  =  $m^3/j$
- $Q_{Br}$  =  $Q_p/R + Q_{bl}$   $m^3/j$
- $R$  = 45%

- **Conditionnement chimique :**

- **Oxydant pour la désinfection l'eau d'alimentation hypochlorite sodium :**

Afin d'éliminer la présence des bactéries et autres formes de vie qui peuvent être présentes dans l'eau de mer et qui affecteront négativement le process, il sera installé un équipement de chloration à base d'hypochlorite de sodium.

- \* **Données :**

- $Q_{pt1} = (Q_p + Q_{bl})/2/24 = (22000 + 185.33)/2/24 = 462.1944 \text{ m}^3/h$
- $R = 45 \%$
- $R_i = 160 \%$
- $D_d = 2 \text{ PPM}$
- $\rho = 1100 \text{ g/l}$

**Avec :**

Qpt1 : débit de production pour 1 ligne (m<sup>3</sup>/h)

R : conversion de système RO (%)

Ri : richesse commerciale (%)

Dd : dose désirée (ppm)

ρ : densité (g/l)

\* **Calcul de la dose exigée :**

$$Dr = (QBr \times Dd \times 100 \times 100) / (Ri \times R) \dots\dots\dots \mathbf{VI.24}$$

$$Dr = 1283.8733 \text{ g/h}$$

\* **Calcul de débit de pompe doseuse :**

$$Qd = \frac{Dr \times 100}{\rho \times C} \dots\dots\dots \mathbf{VI.25}$$

$$Qd = 2.3343150 \text{ l/h}$$

▪ **Acide sulfurique :**

Pour avoir une efficacité majeure de l'action de l'hypochlorite de sodium, qui agit mieux à un ph bas et pour éviter la précipitation et les incrustations du carbonate de calcium, on injecte l'acide sulfurique pour pouvoir ajuster le ph.

\* **Données :**

- Qpt1 = (Qp + Qbl)/2/24 = (22000 + 125.47)/2/24 = 460.94 m<sup>3</sup>/h
- R = 45 %
- Ri = 98 %
- Dd = 19 PPM
- ρ = 1800 g/l

\* **Calcul de la dose exigée :**

$$Dr = (QP \times Dd \times 100 \times 100) / (Ri \times R)$$

$$Dr = 19913.13634 \text{ g/h}$$

\* **Calcul de débit de pompe doseuse :**

$$Qd = \frac{Dr \times 100}{\rho \times C}$$

$$Qd = 11.062854 \text{ l/h}$$

▪ **Métabisulfite de sodium :**

L'utilisation du métabisulfite de sodium permet d'éliminer le chlore résiduel contenu dans l'eau de mer avant son arrivée aux membranes d'osmose inverse, évitant leur détérioration par oxydation.

\* **Données :**

- $Q_{pt1} = (Q_p + Q_{bl})/2/24 = (22000 + 125.47)/2/24 = 460.94 \text{ m}^3/\text{h}$
- $R = 45 \%$
- $R_i = 100 \%$
- $D_d = 6 \text{ PPM}$
- $\rho = 1100 \text{ g/l}$

\* **Calcul de la dose exigée :**

$$D_r = (Q_p \times D_d \times 100 \times 100)/(R_i \times R) = 6162.5917 \text{ g/h}$$

\* **Calcul de débit de pompe doseuse :**

$$Q_d = \frac{D_r \times 100}{\rho \times C} = 18.674 \text{ l/h}$$

❖ **Récapitulation des Résultats de calcul de conditionnement chimique :**

**Table V.29 : Récapitulation des Résultats de calcul de conditionnement chimique.**

<i>Solution</i>	<b>Dose exigée (g/h)</b>	<b>Débit du pompe doseuse (l/h)</b>
<i>Hypochlorite de sodium (NaClO)</i>	1280.4091	2.3280166
<i>Acide sulfurique (H2SO4)</i>	19859.4071	11.033004
<i>Métabisulfite de sodium (Na2S2O5)</i>	6162.5917	18.67452

**V.4.3 Unité d'osmose inverse**

**V.4.3.1 Dimensionnement de système RO :**

Pour concevoir le système d'osmose inverse qui permet de produire 22000 m<sup>3</sup>/j contenant des solides totaux dissous (TDS) < 500 ppm à partir d'eau de mer, Contenant 34678.02 ppm de TDS, nous avons choisi le perméateur (LG : SW 400-SR).

Nous proposons un montage simple à un étage, Ces perméateurs ont un débit de production  $Q_{w0}$  établi sous les conditions standards de Fonctionnements préconisés par les constructeurs.

**Table V.30 : caractéristiques de membrane LG : SW 400-SR.**

<b>LG : SW 400-SR</b>	<b>Débit de production Qp</b>	<b>22.7</b>	<b>m3/j</b>
	<b>Température t0</b>	<b>25</b>	<b>°C</b>
	<b>Configuration de module</b>	<b>Spiral</b>	<b>-</b>
	<b>Matériau de module</b>	<b>Composite Polyamide</b>	<b>-</b>
	<b>Longueur de module</b>	<b>40</b>	<b>Inches</b>
	<b>Largeur de module</b>	<b>8</b>	<b>Inches</b>
	<b>Aire de module</b>	<b>400</b>	<b>ft2</b>
	<b>Concentration en sel de l'eau d'alimentation CFO</b>	<b>32000</b>	<b>mg/l en NaCl</b>
	<b>Conversion Y</b>	<b>8</b>	<b>%</b>
	<b>Pression de fonctionnement PF</b>	<b>5500</b>	<b>Kpa</b>
	<b>Taux de passage de sel SP</b>	<b>0.3</b>	<b>%</b>

- La perte de charge moyenne :  $\Delta P_{fr0} / 2 = 3 \text{ psi}$

C'est sous conditions que le constructeur a établies les caractéristiques de ce module. Dans notre cas, les conditions de fonctionnement sont différentes des conditions standards par conséquent quelques corrections s'imposent notamment la salinité de l'eau.

❖ **Les facteurs influençant le dimensionnement :**

Dans le but de concevoir une installation en utilisant le perméateur LG : SW 400-SR, il est nécessaire de corriger la capacité ou débit de production du perméateur en tenant compte des conditions de travail.

Le débit initial de production sous les conditions de fonctionnement est donné par :

$$Q_{wo} = k_{wo} \times (\Delta P_o - \Delta \Pi_o) \dots\dots\dots \text{VI.26}$$

Avec :

- $Q_{w0}$  : débit initial à travers la membrane
- $K_{wi}$  : perméabilité initiale de la membrane  $\Delta P_0$  : différence de pression à travers la membrane
- $\Delta \Pi_0$  : différence de pression osmotique

$$\Delta P = PFR - Pp \dots\dots\dots \mathbf{VI.27}$$

$$PFR = PF + PR / 2 = PF_{abs} - \Delta PFR / 2 \dots\dots\dots \mathbf{VI.28}$$

$$\Delta PFR = PF - PR \dots\dots\dots \mathbf{VI.29}$$

Où :

- $PF_{abs}$  : pression absolue de l'alimentation en (psi)
- $Pp$  : pression de l'eau produite en (psi)
- $PFR$  : pression moyenne de l'eau dans le module en (psi)
- $\Delta PFR$  : perte de charge à travers le module

Si on connaît le débit initial  $Q_{wio}$  aux conditions standards précitées, il est possible de calculer la perméabilité de la membrane qui à son tour peut être utilisée dans des conditions autres que standard.

$$K_{wi} = \frac{Q_{wi}}{(\Delta P - \Delta \Pi)} \dots\dots\dots \mathbf{VI.30}$$

On pose :

$$K'_{wi} = \frac{1}{(\Delta P - \Delta \Pi)}$$

Avec :

- $K_{wi}$  : perméabilité initiale de la membrane
- $K'_{wi}$  : facteur de pression aux conditions standards en (psi)

La pression osmotique  $\Pi$  peut être calculée à partir de la loi de Van 't Hoff :

$$\Pi = 1,12 \times (T + 273) \times \Sigma mI \dots\dots\dots \mathbf{VI.31}$$

La pression osmotique moyenne entre alimentation et rejet dans l'étage est donnée par :

$$\Pi = \frac{0,0385 \times C \times (T+273)}{1000 - (C/1000)} \dots\dots\dots \mathbf{VI.32}$$

Où :

- T : température en (°C)
- mi : molalité du soluté i en (moles/1000 gr de H2O)
- C : concentration en (ppm NaCl)

La différence de pression osmotique entre les solutions concentrées par la membrane est prise égale la pression osmotique moyenne entre les deux solutions :

$$\Delta\Pi = \Pi_{FR} = \frac{0.0385 \times CFR \times (T + 273)}{1000 - (CFR/1000)}$$

Avec :

$$CFR = CF + \frac{CR}{2} \dots\dots\dots \mathbf{VI.33}$$

$$CR = CF - \frac{CP}{1-y} \dots\dots\dots \mathbf{VI.34}$$

Si on estime que dans la production CP = 0 (SP<10%)

$$CR = \frac{CF}{1 - y}$$

Avec :

- CF : Concentration en sels dans l'eau d'alimentation en (ppm NaCl)
- CR : Concentration en sels dans l'eau de rejet en (ppm NaCl)
- Y : Taux de conversion = 0.45

Pour le module notre module, aux conditions standards on a :

$$\Delta PFRO / 2 = 3 \text{ psi}$$

$$\Delta p_0 = PF_0 - (\Delta PFRO / 2) = 400 - 3$$

$$\Delta p_0 = 397 \text{ psi}$$

\* **Concentration en sels du rejet :**

$$CR0 = CF0 / (1 - y0)$$

$$CR0 = 32000 / (1 - 0,45)$$

$$CR0 = 58181.8181 \text{ ppm NaCl}$$

\* **Concentration moyenne entre l'alimentation et rejet :**

$$CFR0 = (CF0 + CR0) / 2$$

$$CFR0 = (32000 + 58181.8181) / 2$$

$$CFR0 = 45090.909 \text{ ppm NaCl}$$

**Donc, on obtient :**

$$\Delta\Pi = \Pi FR = \frac{0,0385 \times CFR0 \times (T + 273)}{1000 - (CFR0 / 1000)}$$

$$\Delta\Pi = (0,0385 \times 45090.909 \times (25 + 273)) / (1000 - (45090.909 / 1000))$$

$$\Delta\Pi = 3734.600457 \text{ Kpa}$$

$$K'wio = 1 / (\Delta P - \Delta\Pi0)$$

$$K'wio = 1 / (5479.33 - 3734.600457)$$

$$K'wio = 0,00283 \text{ psi-1}$$

En utilisant  $k'wio = 0.0005732 \text{ kpa-1}$ , il nous sera possible de calculer le facteur de correction de la production des modules :

$$PCF = k'wio \times (\Delta P - \Delta\Pi) = k'wio \times (\Delta P - \Delta\Pi FR) \dots\dots\dots \mathbf{VI.35}$$

**Avec :**

$$\Delta P = PF - \frac{\Delta PFR}{2}$$

Donc la relation de PCF devient :

$$PCF = k'wio \times (PF - \frac{\Delta PFR}{2} - \Pi FR) \times C \dots\dots\dots \mathbf{VI.36}$$

Un autre facteur peut entrer en compte, il s'agit du coefficient de rétention de l'eau au niveau de la membrane (MFRC), il varie linéairement avec la pression pour une durée de vie donnée (voir l'annexe).

Un dernier facteur correctif du débit de production est dû à l'effet de la température sur la productivité du perméateur (TCF), il est défini par :

$$TCF = (1.03)^{(T-25)} \dots\dots\dots \text{VI.37}$$

Avec :

- TCF : facteur de correction du débit de production
- $Q_w(T)$  : débit de l'eau à la température ambiante
- $Q_w(25^\circ\text{c})$  : débit de l'eau à  $25^\circ\text{c}$

D'où le débit corrigé :

$$QF = Q_{wio} \times PCF \times TCF \times MFRC \dots\dots\dots \text{VI.38}$$

❖ **Emplacement des perméateurs dans l'installation :**

La plus grande performance est obtenue quand le flux traversant un paquet de perméateurs est suffisant pour maintenir une bonne distribution.

Pour notre perméateur en utilisant les raccords en nylon ( $\Delta P_{BAL} = 241.38 \text{ kpa}$ )

❖ **Calcul de la molalité :**

La molalité est déterminée par la relation suivante :

$$m_i = \frac{C_i \times 1000}{M_i \times (10^6 - TDS)} \dots\dots\dots \text{VI.39}$$

Avec :

- $C_i$  : Concentration de l'élément  $i$  (mg/l)
- $M_i$  : masse molaire de l'élément (g/mol)
- $TDS = \sum C_i$  : total des sels dissous (mg/l)

Avec cette relation, on peut calculer la molalité de chaque constituant, et déduire la molalité totale, en faisant la somme des molalités de tous les constituants.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau ci-après :

Table V.31 : La molalité moyenne des composants chimique (ions).

<i>Paramètre</i>	<i>Masse (g)</i>	<i>Concentration (mg/l)</i>	<i>mi</i>
<i>PH</i>	6.3		
<i>CE mS/cm</i>	54500		
<i>Calcium Ca+2</i>	<b>40.08</b>	<b>413</b>	<b>0.010674564</b>
<i>Magnésium Mg+2</i>	<b>24.31</b>	<b>1249</b>	<b>0.053223727</b>
<i>Sodium Na+</i>	<b>22.99</b>	<b>10160</b>	<b>0.457807119</b>
<i>Potassium K+</i>	<b>39.1</b>	<b>387</b>	<b>0.010253261</b>
<i>Strontium Sr+2</i>	<b>87.62</b>	<b>8</b>	<b>9.45833E-05</b>
<i>Bor B+3</i>	<b>10.8</b>	<b>4</b>	<b>0.000383675</b>
<i>Ammonm NH4+</i>	<b>18.04</b>	<b>0.01</b>	<b>5.74237E-07</b>
<i>Chlorures Cl-</i>	<b>35.45</b>	<b>19535</b>	<b>0.570853911</b>
<i>Sulfate SO42-</i>	<b>96.06</b>	<b>2712</b>	<b>0.029246568</b>
<i>Bicarbonate HCO3-</i>	<b>61.02</b>	<b>142</b>	<b>0.002410704</b>
<i>Carbonate CO32-</i>	<b>60.02</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Brom Br-</i>	<b>79.9</b>	<b>67</b>	<b>0.000868672</b>
<i>Fluor F-</i>	<b>19</b>	<b>1</b>	<b>5.45223E-05</b>
<i>Nitrite NO2-</i>	<b>46.01</b>	<b>0.01</b>	<b>2.25152E-07</b>
<i>Nitrate NO3-</i>	<b>62</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Ortho-Phosphate PO43-</i>	<b>94.97</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

On obtient :

$$m_T = 1.135872 \text{ mol/kg}$$

\* **Calcul de la concentration de l'eau d'alimentation en ppm NaCl :**

Par l'égalité entre les deux équations A et B représentés ci-dessous on peut déterminer la concentration de l'eau d'alimentation en ppm NaCl.

$$\Pi = 1,12 \times (T + 273) \times mT$$

$$\Pi = \frac{0,0385 \times CF \times (T + 273)}{1000 - (CF/1000)}$$

$$CF1 = \frac{1,12 \times mT \times 10^6}{38,5 + (1,12 \times mT)}$$

**Application:**

$$CF1 = \frac{1,12 \times 1.135872 \times 10^6}{38,5 + (1,12 \times 1.135872)} = 31986.60127 \text{ ppm NaCl.}$$

❖ **Calcul de nombre de perméateurs :**

On a 1 étage avec une conversion totale de 45%. La perte de charge moyenne :  $\Delta PFR = 41.34$  kpa ;  $\Delta PFR/2 = 20.67$  kpa par module.

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

$$CF1 = 31986.60127 \text{ ppm NaCl}$$

$$Y1 = 45 \%$$

\* **Concentration en sel du rejet :**

$$CR1 = CF1 / (1 - y1)$$

A.N :

$$CR1 = 31986.60127 / (1 - 0,45)$$

$$CR1 = 58157.45686 \text{ ppm NaCl}$$

\* **Concentration moyenne en sel entre l'alimentation et le rejet :**

$$CFR1 = (CF1 + CR1) / 2$$

**A.N:**

$$CFR1 = (31986.60127 + 58157.45686) / 2$$

$$CFR1 = 45072.02907 \text{ ppm NaCl}$$

\* **Pression osmotique de l'alimentation :**

$$PPF1 = 8.308 \times 0.9 \times (T + 273) \times mt \quad \dots\dots\dots \text{VI.40}$$

$$= 8.308 \times 0.9 \times (25 + 273) \times 1.135872$$

PPF1 = 2537.7084 kpa

\* **Pression osmotique de production :**

$$PPP1 = 0,01 \times PPF1 \quad \dots\dots\dots \text{VI.41}$$

$$= 0,01 \times 2537.7084$$

PPP1 = 25.38 kpa

\* **Pression osmotique moyenne entre l'alimentation et le rejet :**

$$PPFR1 = \frac{0,265 \times CFR1 \times (T+273)}{1000 - (CFR1 / 1000)} \quad \dots\dots\dots \text{VI.42}$$

$$= \frac{0,265 \times 45072 \times 02907 \times (25+273)}{1000 - (45072.02907 / 1000)}$$

PPFR1 = 3732.962935 kpa

\* **Facteur de correction de la production :**

$$PCF1 = k'wio \times (PF0 - (\Delta PFR0/2) - PPFR)$$

$$PCF1 = 0.0005732 \times (5500 - \frac{41.34}{2} - 3732.963)$$

PCF1 = 1.0009386

\* **Facture de correction du flux de rétention de la membrane :**

$$MFRC1 = 1.017^{(-((1.079) \times (800^{3.209}) \times 10^{-9}))}$$

MFRC1= 0.9630453 à 800 psi,25 C° et 3 ans la durée de vie de la membrane .

\* **Facture de correction de température :**

$$TCF = (1,03) \times (T - 25)$$

$$TCF = (1,03) \times (25 - 25)$$

TCF =1

\* **Débit de production :**

$$QP1 = PCF1 \times TCF \times MFRC1 \times Qwio$$

$$QP1 = 1.0009 \times 1 \times 0.9631 \times 22.7$$

QP1 = 21.8816 m3/j

\* **Débit d'alimentation :**

$$QF1 = QP1 / y1$$

$$QF1 = 21.8816 / 0,45$$

QF1 = 48.6259 m³/j

\* **Débit de rejet :**

$$QR1 = QF1 - QP1$$

$$QR1 = 48.6259 - 21.8816$$

$$QR1 = 26.7442345 \text{ m}^3/\text{j}$$

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

$$QFR1 = (QF1 + QR1) / 2 = (48.6259 + 26.7442345) / 2$$

$$QFR1 = 37.685058 \text{ m}^3/\text{j}$$

\* **Facteur de correction du passage de sels :**

$$SPCF1 = \frac{CF0 \times CFR1}{PCF1 \times CF1 \times CFR0}$$

$$SPCF1 = \frac{32000 \times 45072.029}{1.0009386 \times 31986.60127 \times 45090.909}$$

$$SPCF1 = 0.99906$$

\* **Taux de passage de sels :**

$$SP1 = SP0 \times SPCF1$$

$$SP1 = 0.0003 \times 0.99906$$

$$SP1 = 0.000299719 = 0.0299 \%$$

\* **Les solides totaux dissous de perméat :**

$$TDSP1 = TDS \times SP1$$

$$TDSP1 = 34678.02 \times 0.000299719$$

$$TDSP1 = 10.39 \text{ mg/l}$$

\* **Perte de charge à travers perméateur :**

On a  $QFR1 = 6.91 \text{ GPM}$ , en projetant cette valeur sur la courbe [voir l'annexe 03], on trouve la valeur de la perte de charge à travers le perméateur  $\Delta PFR1$ .

$$\Delta PFR1 = 8 \text{ psi}$$

**Avec :**

$$1 \text{ m}^3/\text{j} = 0.1834 \text{ GPM}$$

$$1 \text{ Kpa} = 0.01 \text{ bars}$$

$$1 \text{ bars} = 14.5 \text{ psi}$$

\* **Calcul des conversions :**

On pose que le Vessel contient 2 perméateur et on a 1 étage donc :

$$Q_{PT} = 2 \times Q_{P1} = 2 \times 4.013 = 8.03 \text{ GPM}$$

Donc :

$$Q_{PT} = 8.03 \text{ GPM}$$

\* Soit une alimentation :

$$Q_{FT} = Q_{PT} / y_T \dots\dots\dots VI.43$$

$$Q_{FT} = 8.03 / 0.45$$

$$Y = 45 \%$$

$$Q_{FT} = 17.84 \text{ GPM}$$

$$Y_1 = (8.03 / 17.84) \times 100 = 0.4501 = 45 \%$$

\* Calcul corrigé des capacités en utilisant la nouvelle conversion :

La méthode de calcul est la même et Tous les résultats des valeurs recalculées sont résumés dans le tableau suivant :

**Table V.32 : valeurs des capacités recalculées avec les nouvelles conversions.**

<i>Paramètres</i>	<b>Etage 01</b>
<i>CF (ppm)</i>	31986.601
<i>CR (ppm)</i>	58157.457
<i>CFR (ppm)</i>	45072.029
<i>PPFR (Kpa)</i>	3732.9629
<i>PCF</i>	1.00093
<i>MFRC</i>	0.9631
<i>QP (m3/j)</i>	21.88165
<i>QF (m3/j)</i>	48.625881
<i>QR (m3/j)</i>	26.74424
<i>QFR (m3/j)</i>	37.68506
<i>SPCF</i>	0.999062327
<i>SP</i>	0.0002997
<i>TDSP (ppm)</i>	10.393651
<i>ΔPFR (Kpa)</i>	48.26

\* **Calcul de nouvelle conversion :**

$$QPT = 2 \times QP1 = 2 \times 4.01 = 8.02 \text{ GPM}$$

**Donc :**

$$QPT = 8.02 \text{ GPM}$$

\* **Soit une alimentation :**

$$QFT = QPT / yT$$

$$YT = 45 \%$$

$$QFT = 17.84 \text{ GPM}$$

$$y1 = (8.02 / 17.84) \times 100 = 45.012$$

$$\Delta y1 = 0.000001 \% \lll 5\%$$

Ces résultats sont en bon accord avec les premiers.

\* **Calcule du débit spécifique :**

$$Qsp = Qpt / 2 = 8.02 / 2$$

$$Qsp = 4.01 \text{ GPM / perméateur.}$$

$$Qsp = 21.88 \text{ m}^3/\text{j}$$

\* **Calcul du nombre des perméateurs total de l'installation :**

$$NT = QWT / QSP \dots\dots\dots \text{VI.45}$$

$$QWT = 22000 \text{ m}^3/\text{j}$$

**D'où :**

$$NT = 22000 / 21.88 = 1006 \text{ perméateurs}$$

\* **Calcul du nombre de perméateurs dans chaque ligne :**

On dispose 2 lignes de production donc :

Le calcul se fait comme suite :

$$N = NT / 2 = 1006 / 2 = 503 \text{ membrane.}$$

\* **Calcul du débit de production :**

Donc le débit de production d'une ligne devient :

$$QPT = 21.88165 \times 503 \times 2$$

$$QPT = 22012.93631 \text{ m}^3/\text{j}$$

\* **Calcul de débit de rejet :**

$$QRT = QF - QPT \dots\dots\dots \text{VI.46}$$

$$QRT = 26904.69993 \text{ m}^3/\text{j}$$

\* **Calcul de conversion total :**

$$YT = \frac{QPT}{(QPT + QRT)} = (22012.93631 / (22012.93631 + 26904.69993)) \times 100$$

$$YT = 45 \%$$

❖ **Calcul de la qualité de l'eau produite :**

Le perméateur [LG : SW 400-SR] dont le taux de passage des sels (SP) est inférieur à 1%, sous les conditions standards de fonctionnement.

Le calcul de la concentration en sels de l'eau produite se fera par la méthode suivante :

**On a :**

[Ca+2] F = 413 mg/l à l'état initial

$$SP1 = 0.0002993 = 0.02993 \% \quad Y = 45 \%$$

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

$$[Ca + 2]P1 = SP1 \times [Ca + 2]F = 0.0002993 \times 413$$

$$[Ca + 2] P1 = 0.123784 \text{ ppm}$$

\* **Concentration du l'eau de rejet :**

$$[Ca + 2]R1 = \frac{([Ca+2] F1 - y1 \times [Ca+2] P1)}{(1-y1)} \dots\dots\dots \text{VI.47}$$

$$[Ca+2] R1 = \left( \frac{413 - (0.45 \times 0.123784)}{1 - 0.45} \right)$$

$$[Ca+2] R1 = 750.8078 \text{ ppm}$$

**Remarque :**

Suivant la même méthode ont fait les calculs pour le reste des concentrations des éléments présents, le tableau suivant présente les différents résultats trouvés.

Table V.33: Calcul de TDS de l'eau osmosée.

<i>Eléments</i>	<b>Concentration</b>				
	<b>C<sub>F1</sub></b> (mg/l)	<b>Sp<sub>1</sub></b>	<b>Y<sub>1</sub></b>	<b>C<sub>P1</sub></b> (mg/l)	<b>C<sub>R1</sub></b> (mg/l)
<i>Calcium</i> <i>Ca+2</i>	413	0.00299	0.45	0.123784	750.807813
<i>Magnésium</i> <i>Mg+2</i>	1249			0.374349	2270.602806
<i>Sodium Na+</i>	10160			3.045142	18470.235793
<i>Potassium</i> <i>K+</i>	387			0.115991	703.541462
<i>Strontium</i> <i>Sr+2</i>	8			0.002398	14.543493
<i>Bor B+3</i>	4			0.001199	7.271746
<i>Ammonm</i> <i>NH4+</i>	0.01			0.000003	0.018179
<i>Chlorures</i> <i>Cl-</i>	19535			5.855005	35513.391360
<i>Sulfate</i> <i>SO42-</i>	2712			0.812837	4930.244042
<i>Bicarbonate</i> <i>HCO3-</i>	142			0.042560	258.146996
<i>Brom Br-</i>	67			0.020081	121.801752
<i>Fluor F-</i>	1			0.000300	1.817937
<i>Nitrite</i> <i>NO2-</i>	0.01			0.000003	0.018179
<i>TDS<sub>p</sub> (PPM)</i>				10.39365	
<i>TDS<sub>r</sub> (PPM)</i>				63042.441558	

**Commentaire :** Nous constatons dans le tableau que la valeur du TDS est très faible et ne répond pas aux normes de l'eau potable, et c'est pourquoi nous devons recourir au processus de reminéralisation lors de la phase finale de traitement.

Le tableau suivant résume les principaux résultats de calculs de l'installation d'osmose inverse :

**Table V.34 : Résultats de calculs de l'installation d'osmose inverse.**

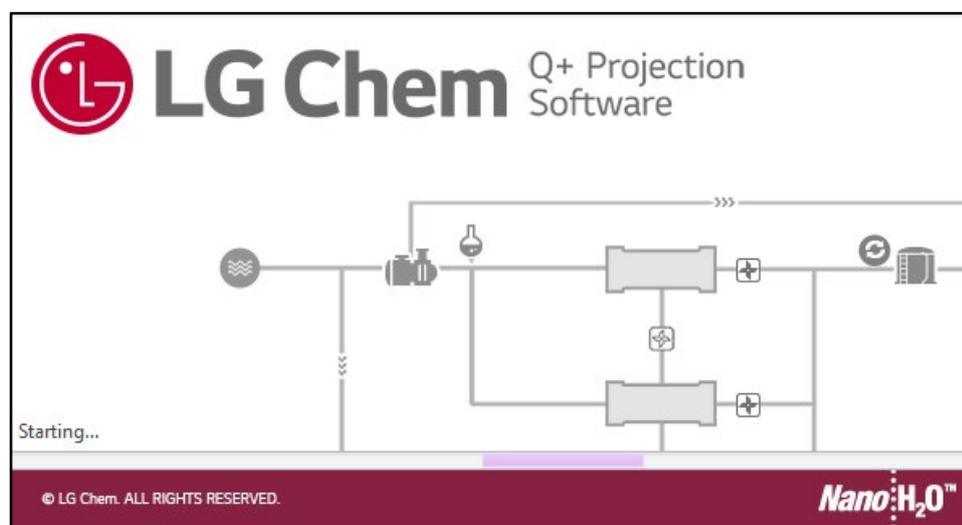
<i>Conversion totale de post RO Yt</i>	0.45	%
<i>Nbr de membrane</i>	1006	Unité
<i>Nbr de membrane par Vessel</i>	7	Unité
<i>Nbr de Vessel totale</i>	144	Unité
<i>Aire totale de membrane</i>	259.548	Inches2
<i>TDS p</i>	10.393651	ppm

#### V.4.3.2 Simulation du système RO sans blindage :

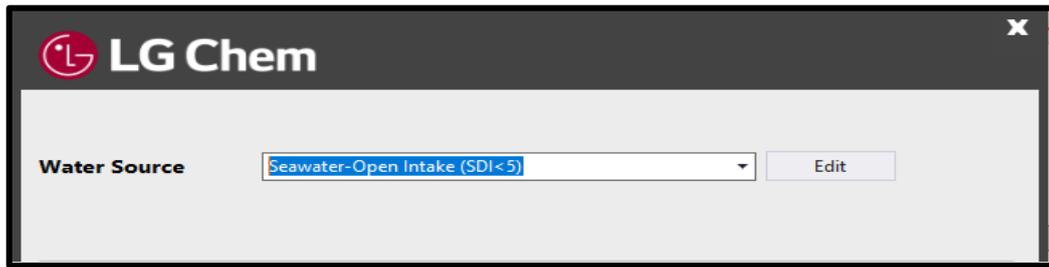
##### ❖ Logiciel de simulation [Q+ Projection Software V3.3.0.1] :

Q+ est un outil puissant pour la conception de systèmes RO, utilisée pour estimer les performances des membranes et à optimiser vos conceptions.

##### ❖ Données initiales de simulation :



**FIGURE V.40 : LOGICIEL [Q+ PROJECTION SOFTWARE V3.3.0.1].**



FIGURES V.43 : SOURCE D'EAU.

**Water Profile** MFE [Add New] [Manage]

Total Dissolved Solid (TDS) 34404.96 mg/L    pH 6.30    Temp. 25.00 °C  
 Total Osmotic Pressure 24.61 bar  
 Charge Balance All Ions [Balance Ion Selection]

Name	mg/L	mg/L as CaCO3	Balanced mg/L
Ammonium (NH4)		0.01	0.03
Sodium (Na)		10160	22096.56
Potassium (K)		387	494.88
Magnesium (Mg)		1249	5137.8
Calcium (Ca)		413	1030.44
Strontium (Sr)		8	9.13
Barium (Ba)		0	0
Fluoride (F)		1	2.63
Chloride (Cl)		19535	27552.89
Sulfate (SO4)		2712	2823.24
Nitrate (NO3)		0	0
Carbonate (CO3)		0.07	0.12
Bicarbonate (HCO3)		142	116.36
Boron (B)		4	18.5
Bromide (Br)		67	41.93
Silica (SiO2)		0	0
Carbon dioxide (CO2)		75.54	171.48

[Balance & Save] [Close] Nano:H<sub>2</sub>O™

FIGURES V.42 : LE PROFIL D'EAU D'ALIMENTATION.

**Project Name** extension SDEM  
**Case** beni haoua  
**Customer** BERRACHICHE  
**Username** mohamed  
**Date** 6/3/2024

**Design Parameter** [←]

**Feed Water** MFE [▼]

**Feed Source** [Waves Icon]  
**Water Profile** [Network Icon]

Temp. 25.00 °C  
 pH 6.30

**Membrane Age**  
 Pass #1 3.00  
 Pass #2 [ ]

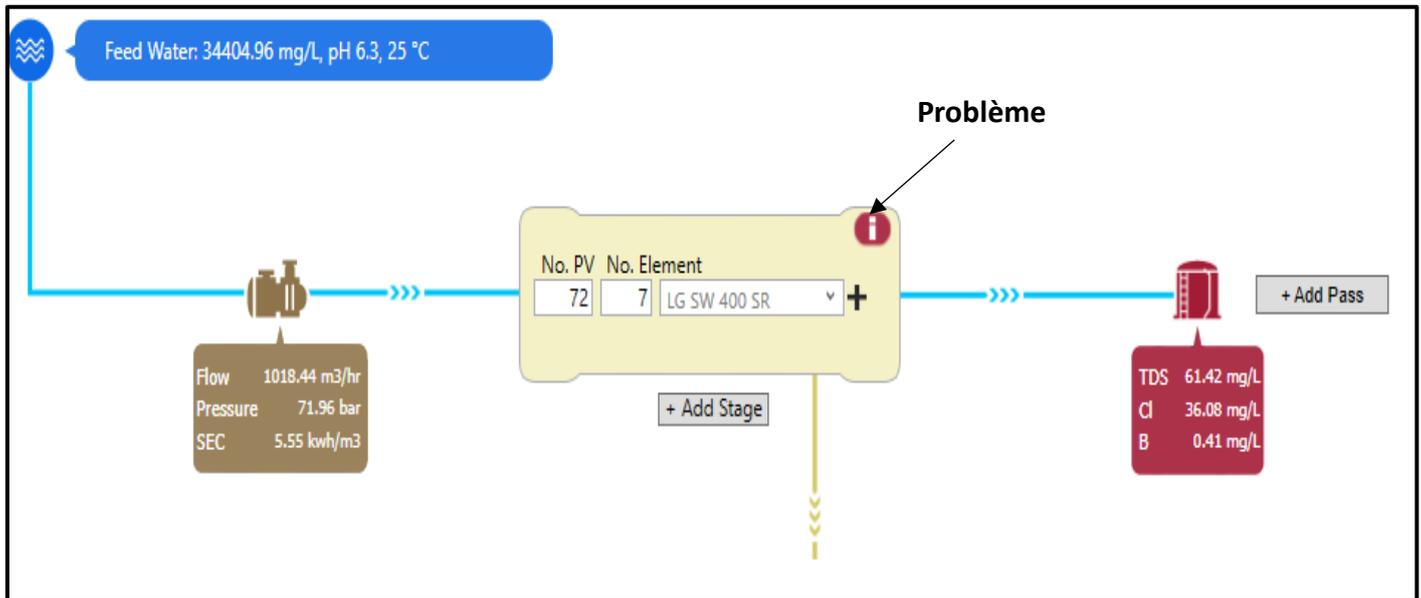
**Flow Rate**

**System**  
 Feed 1018.44 m3/hr  
 Permeate  458.30 m3/hr  
 Conc. 560.14 m3/hr  
 Recovery  45.00 %

**Pass #1**  
 Feed  1018.44 m3/hr  
 Permeate  458.30 m3/hr  
 Conc.  560.14 m3/hr  
 Recovery  45.00 %  
 Avg. Flux 22.25 lmh

FIGURES V.41 : LES PARAMETRES DE CONCEPTION.

❖ Résultats :



FIGURES V.44 : SCHEMA AVEC LES RESULTATS DE SIMULATION DE SYSTEME RO.

LG Chem

Pass 1 > Stage 1

Element Name	Test Conditions	Permeate Flow	Membrane Area	Salt Rejection	Boron Rejection
LG SW 400 SR	32000 ppm of NaCl, 800 psi ,Recovery: 8% , 25 °C-Celsius , pH:8, Boron: 5 ppm	6000gpd	400ft <sup>2</sup>	99.85%	93%

Element	Position	RO Feed (m3/hr)	Permeate Flow (m3/hr)	Flux (l/mh)	Element Recovery (%)	Pressure Drop (bar)	Net Driving Pressure (bar)	Polarization	Feed TDS (ppm)	Permeate TDS (ppm)
LG SW 400 SR	1	14.15	1.3	34.88	9.16	0.48	42.37	1.14	34400.98	33.12
LG SW 400 SR	2	12.85	1.16	31.23	9.03	0.41	39.1	1.13	37867.76	40.55
LG SW 400 SR	3	11.69	1.03	27.62	8.78	0.35	35.75	1.13	41623.81	50.08
LG SW 400 SR	4	10.66	0.9	24.11	8.4	0.3	32.38	1.12	45625.82	62.34
LG SW 400 SR	5	9.77	0.77	20.77	7.9	0.26	29.05	1.11	49805.66	78.12
LG SW 400 SR	6	8.99	0.66	17.68	7.31	0.23	25.83	1.1	54073.76	98.4
LG SW 400 SR	7	8.34	0.55	14.88	6.63	0.2	22.79	1.09	58327.5	124.36

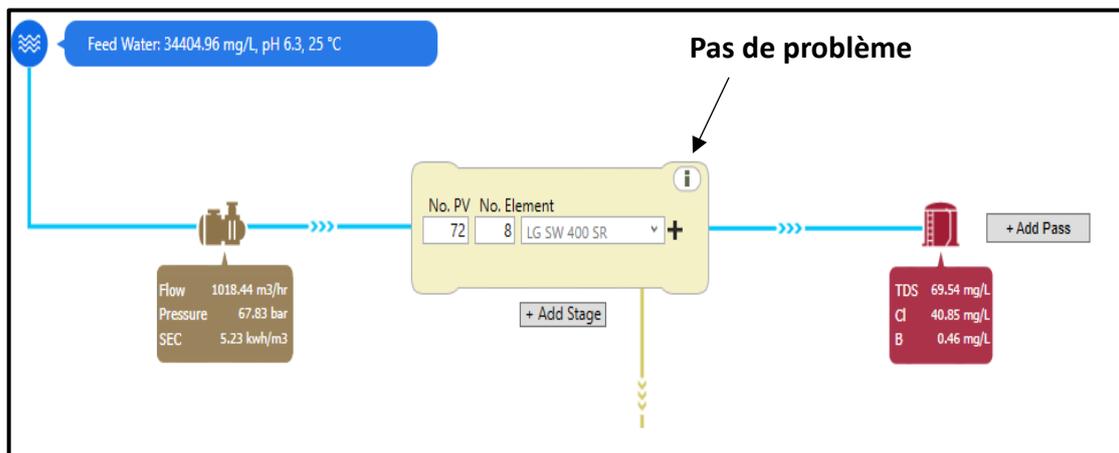
FIGURES V.45 : ETAT DE SYSTEME SIMULE.

- **Commentaire** : On note que la valeur des sels dans l'eau de perméat est d'environ 62, Cette valeur est différente de la valeur que nous avons atteinte grâce aux calculs théoriques, ce qui signifie qu'il existe une différence entre notre calcul et celui du programme. Il apparaît également clairement qu'il existe un problème de conception, à savoir que la valeur du flux dépasse la valeur admissible dans la première membrane du Vessel.
- **Proposition** : Ma proposition est d'ajouter une membrane à l'intérieur du Vessel donc on change aussi la taille de vessel pour qu'il contienne 8 membranes, donc le débit de production augmente jusqu'à :
  - Nbr de membrane ajoutés ( $N_a$ ) =  $nbr\ de\ vessel \times 1 = 144 \times 1 = 144$  membranes
  - $Q$  (membrane ajoutés) =  $N_a \times Q\ spécifique\ membrane = 144 \times 21.9 = 3153.6\ m^3/j$
  - $Q_p' = Q_{besoin} + Q_{blindage} + Q$  (membranes ajoutés) =  $22000 + 185.3 + 3153 = 25839\ m^3/j$

Donc le nouveau débit sera égal à **25839m<sup>3</sup>/j**

#### ❖ Résultats :

- \* **Commentaire** : On constate qu'après ajout d'une membrane au Vessel, le problème de flux Qui a dépassé la Valeur admissible n'existe plus.



FIGURES V.46: SCHEMA AVEC LES RESULTATS DE SIMULATION DE SYSTEME RO DANS LE NBR DE MEMBRANE PAR VESSEL EST 8 MEMBRANES.

#### V.4.4 Post traitement

Le post-traitement dans une station de dessalement joue un rôle essentiel pour améliorer la qualité de l'eau produite après le système d'osmose inverse.

❖ **La désinfection l'eau produit par hypochlorite sodium :**

**Données :**

$$Q_{pt1} = (Q_p + Q_{bl})/2/24$$

$$Q_{pt1} = (22000 + 185.33)/2/24 = 462.194375 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$R_i = 160 \%$$

$$D_d = 0.5 \text{ PPM}$$

$$\text{Densité} = 1100 \text{ g/l}$$

\* **Calcule de la dose exige :**

$$D_r = (Q_P \times D_d \times 100)/R_i$$

$$D_r = 144.43574 \text{ g/h}$$

\* **Calcule de débit de la pompe doseuse :**

$$Q_d = \frac{D_r \times 100}{\rho \times C}$$

$$Q_d = 0.262611 \text{ l/h}$$

❖ **Reminéralisation :**

Les eaux produites très douces par rapport les eaux potables pour les normes algérienne donc pour augmenter la salinité de l'eau produit pour adapter les eaux potables, ont ajouté une quantité d'eau pure dans le réservoir de stockage.

Calcul la quantité d'eau ajoutée du réservoir :

**On donne :**

- Salinité d'eau pure  $TDS_{PU} = 34678.02 \text{ mg/l}$
- Salinité d'eau produite  $TDS_P = 103.93 \text{ mg/l}$
- Salinité d'eau potable acceptable pour les normes algériennes  $TDS_N = 300 \text{ mg/l}$
- Débit d'eau produit  $Q_P = 22000 \text{ m}^3/\text{j}$ .

Pour déterminer la valeur du débit d'eau  $Q_A$  qui alimenté le réservoir de stockage on applique la formule de calcul la salinité tell que :

$$TDS_N = (\sum Q_i \times TDS_i) / \sum Q_i \dots\dots\dots \text{VI.48}$$

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

Donc :

$$QA = \frac{(TDSN - TDSP) \times QP}{TDSPU - TDSN}$$

$$QA = \frac{(300 - 10.39) \times 22000}{34678.02 - 300} = 185.33412 \text{ m}^3/\text{j}$$

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

$$Q = QP + QA$$

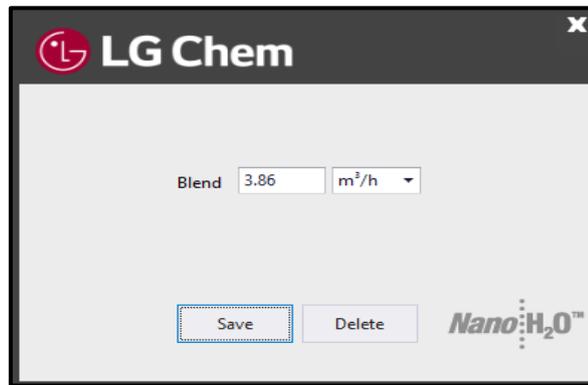
$$Q = 22000 + 185.33412 = 22185.33412 \text{ m}^3/\text{j}$$

Donc :

La concentration des sels minéraux est égale TDS = 300 ppm NaCl

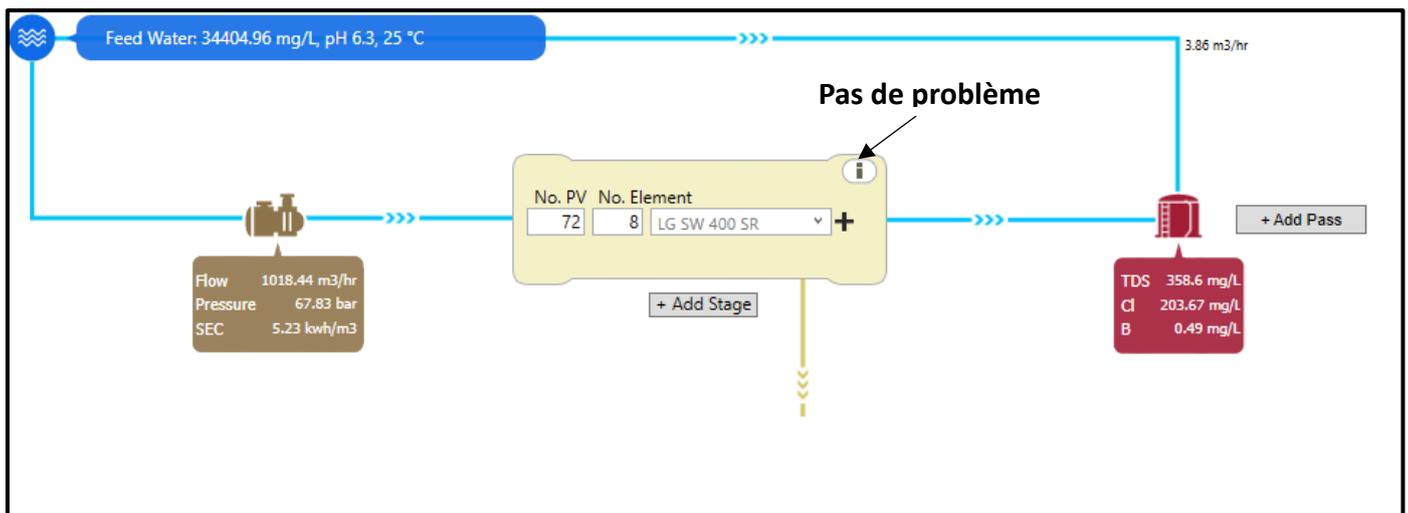
❖ Simulation du système RO avec blindage :

➤ Données :



FIGURES V.48: INSERTION DE DEBIT DE BLINDAGE.

➤ Résultats :



FIGURES V.49: SCHEMA ET RESULTATS DE SIMULATION DE SYSTEME RO AVEC BLINDAGE DANS LE NBR DE MEMBRANE PAR VESSEL EST 8 MEMBRANES.

Element Name	Test Conditions				Permeate Flow	Membrane Area	Salt Rejection	Boron Rejection
LG SW 400 SR	32000 ppm of NaCl, 800 psi ,Recovery: 8% , 25 °C-Celsius , pH:8, Boron: 5 ppm				6000gpd	400ft²	99.85%	93%

Element	Position	RO Feed (m3/hr)	Permeate Flow (m3/hr)	Flux (lmh)	Element Recovery (%)	Pressure Drop (bar)	Net Driving Pressure (bar)	Polarization	Feed TDS (ppm)	Permeate TDS (ppm)
LG SW 400 SR	1	14.15	1.18	31.86	8.37	0.48	38.7	1.12	34400.98	35.68
LG SW 400 SR	2	12.96	1.06	28.64	8.21	0.42	35.75	1.12	37539.62	43.12
LG SW 400 SR	3	11.9	0.95	25.48	7.96	0.36	32.76	1.12	40893.72	52.48
LG SW 400 SR	4	10.95	0.83	22.42	7.61	0.32	29.78	1.11	44424.71	64.27
LG SW 400 SR	5	10.12	0.73	19.52	7.17	0.28	26.84	1.1	48077.68	79.14
LG SW 400 SR	6	9.39	0.62	16.82	6.65	0.25	24.01	1.09	51784.41	97.86
LG SW 400 SR	7	8.77	0.53	14.36	6.09	0.22	21.31	1.08	55469.03	121.36
LG SW 400 SR	8	8.23	0.45	12.16	5.49	0.2	18.8	1.07	59055.66	150.74

FIGURES V.51: ETAT DE SYSTEME SIMULE.

- **Commentaire :** Nous remarquons qu'après le processus de blindage, le TDSp a augmenté jusqu'à 358.6 ppm, ce qui est l'une des valeurs acceptées dans les normes internationales et nationales pour l'eau potable. Cette valeur de TDSp est quelque peu proche de la valeur que nous avons obtenu à partir de calculs théoriques. Nous pensons qu'il n'y a aucun problème du point de vue de la conception, et nous nous fierons aux résultats. Le programme est à titre de référence, donc le nombre de membranes totale sera de 1152 et TDS de perméat sera de 358.6 ppm.

Table V.35 : Caractéristiques final de système RO.

<i>Caractéristiques finale de système RO</i>		
<b>Nbr de membrane</b>	<b>1152</b>	<b>Unité</b>
<b>Nbr de Vessel</b>	<b>114</b>	<b>Unité</b>
<b>TDSp</b>	<b>358.6</b>	<b>ppm</b>
<b>Nbr de rack</b>	<b>2</b>	<b>Rack</b>

### V.5 Calcule hydraulique

Le but du calcul hydraulique est de déterminer les diamètres des canalisations séparant les installations de la station et de déterminer la hauteur manométrique totale pour choisir les pompes nécessaires au transfert de l'eau d'une installation à l'autre dans le cas d'une canalisation sous pression.

Le calcul hydraulique se fait entre les installations suivantes :

- ❖ Bassin de captage-décanteur

- ❖ Décanteur -RO

- ❖ **Données initiales :**

- $Q_{br\ total} = 0.5679887\ m^3/s$
- $Q_{br1} = 0.2836\ m^3/s$
- Matériaux de conduite = FRP
- $\varepsilon = 0.0015$
- $\rho = 1026\ kg/m^3$
- $g = 9.81\ m/s^2$
- $\eta = 0.0013\ pa.s$
- $U = 1.27 \cdot 10^{-6}\ m^2/s$
- $C_p\ captage = -1\ m$
- $C_p\ décanteur = 2,5\ m$
- $C_p\ filtre\ duel = 2,7\ m$
- $C_p\ filtre\ à\ cartouche = 2.7\ m$
- $C_p\ RO = 2.7\ m$

**Avec :**

- $Q_{br\ total}$  : débit d'eau brute ( $m^3/s$ )
- $Q_{br1}$  : *debit d'eau brute pour une ligne de production* ( $m^3/s$ ) =  $Q_{br\ total}/2$
- $\varepsilon$  : Rugosité Absolue (mm)
- $\rho$  : Densité eau de mer ( $kg/m^3$ )
- $g$  : Accélération de la pesanteur ( $m/s^2$ )
- $\eta$  : Viscosité dynamique (Pa. s)
- $U$  : Viscosité cinématique ( $m^2/s$ )
- $C_p$  : cote piézométrique (m)

❖ **Méthode de calcul :**

❖ **Captage- décanteur :**

▪ **Partie aspiration :**

**Données :**

- $Q = Q_{br} \text{ totale} = 0.5679887 \text{ m}^3/\text{s}$
- $La = 5 \text{ m}$
- $Va = 1.5 \text{ m/s}$
- $Dc = \sqrt{\left(\frac{4 \times Q}{\pi V}\right)} = 694.527376 \text{ mm}$
- $DN = 800 \text{ mm}$
- $\frac{\varepsilon}{DN} = 0.00000188$
- $Vc = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} = 0.80895619 \text{ m/s}$

**Avec :**

- $Q_{br}$  = débit d'eau brute ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
- $La$  = longueur d'aspiration (m)
- $Va$  = vitesse admissible (m/s)
- $Dc$  = diamètre calculé (mm)
- $DN$  = diamètre normalisé (mm)
- $\frac{\varepsilon}{DN}$  : Rugosité relative
- $VC$  = vitesse corrigée (m/s)

\* **Perte de charge linéaire d'aspiration :**

$$Re = 5.11E+08 > 100000$$

**Donc :**

$$\lambda = 0.79 * \sqrt{\frac{\varepsilon}{DN}} = 0.001081752$$

$$\Delta H_{a.L} = \frac{\lambda}{DN} \times \frac{V^2}{2g} \times La$$

$$\Delta H_{a.L} = 0.00023137 \text{ m}$$

\* Perte de charge singulière d'aspiration :

$$\Delta H_{a.s} = \sum K \times \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots VI.49$$

Table V.36: les singularités de partie aspiration entre captage et décanteur.

Singularité	Valeur (K)	Nombre	Valeur
Coude 90°	0.75	1	0.75
Coude 45°	0.35	0	0
Vanne	0.05	1	0.05
Clapet anti retour	2	0	0
Joint dilatation	0.2	1	0.2
Réducteur (Divergeant)	0.4	0	0
Réducteur (Convergeant)	0.9	1	0.9
Du réservoir au conduit	0.5	0	0
De la conduite au réservoir	1	0	0
Pertes de charge singulières (m)	<b>0.063218541</b>		

$$\Delta H_{a.s} = 0.063218541 \text{ m}$$

\* Perte de charge d'aspiration :

$$\Delta H_a = \Delta H_{a.L} + \Delta H_{a.s} \dots\dots\dots VI.50$$

$$\Delta H_a = 0.00023137 + 0.063218541 = 0.063604419 \text{ m}$$

▪ Partie refoulement :

Données :

- \* Q= Qbr totale = 0.567988645 m3/s
- \* Lr : longueur de refoulement (m) = 111 m
- \* Va = 2.8 m/s
- \*  $D_c = \sqrt{\left(\frac{4 \times (Q)}{\pi V}\right)} = 508.3419875 \text{ mm}$
- \* DN = 600 mm

\*  $V_c = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} = 0.934102149 \text{ m/s}$

\* **Perte de charge linéaire de refoulement :**

$Re = 4.42E+08 > 100000$

**Donc :**

$\lambda = 0.0012491 \text{ m}$

$\Delta Hr. L = \frac{\lambda}{DN} \times \frac{V^2}{2g} \times Lr = 0.010544013 \text{ m}$

\* **Perte de charge singulière de refoulement :**

$\Delta Hr. s = \sum K \times \frac{V^2}{2g}$

**Table V.37: les singularités de partie refoulement entre captage et décanteur.**

<i>Les singularités</i>	Valeur (K)	Nombre	Valeur
<i>Coude 90°</i>	0.75	5	3.75
<i>Coude 45°</i>	0.35	0	0
<i>Vanne</i>	0.05	2	0.1
<i>Clapet anti retour</i>	2	1	2
<i>Joint dilatation</i>	0.2	1	0.2
<i>Réducteur (Divergeant)</i>	0.4	1	0.4
<i>Réducteur (Convergeant)</i>	0.9	0	0
<i>Du réservoir au conduite</i>	0.5	0	0
<i>De la conduite au réservoir</i>	1	0	0
<i>Pertes de charge singulières (m)</i>	<b>0.28615</b>		

$\Delta Hr. s = 0.28685 \text{ m}$

\* **Perte de charge refoulement :**

$\Delta Hr = \Delta Hr. L + \Delta Hr. s = 0.010544013 + 0.28685 = 0.29739 \text{ m} \dots\dots\dots \text{VI.51}$

\* **Perte de charge totale :**

$\Delta HT = \Delta Ha + \Delta Hr = 0.0636044 + 0.29739 = 0.361 \text{ m}$

\* **Hauteur géométrique :**

$Hg = Cp (\text{décanteur}) - Cp (\text{captage}) \dots\dots\dots \text{VI.52}$

$Hg = 3.5 \text{ m}$

\* **Hauteur manométrique totale :**

$$HMT = \Delta HT + Hg + 40 \dots\dots\dots VI.53$$

HMT = 43.8610 m = 4.39 bars

**Remarque :** Un bon fonctionnement d'un filtre à cartouche exige une pression minimale de 2 bars et ne doit pas dépasser 5 bars. Pour cela, et afin d'assurer la pression de fonctionnement des filtres à cartouche, il est impératif de prévoir une deuxième station de pompage appelée « Station de pompage intermédiaire » avant les éléments des filtres à cartouche. Notons aussi, qu'une pression minimale de 2 bars est exigée à l'entrée des pompes à Haute Pression (Pompes HP) donc la pression minimale exigée totale est **4 bars**.

❖ **Décanteur- ro :**

▪ **Partie aspiration :**

**Données :**

- Q= Qbr = 0.56729582 m3/s
- La = 5 m
- Va = 1.5 m/s
- $Dc = \sqrt{\left(\frac{4 \times Q}{\pi V}\right)} = 694.527376 \text{ mm}$
- DN = 800 mm
- $Vc = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} = 0.8089562 \text{ m/s}$

\* **Perte de charge linéaire d'aspiration :**

Re = 5.11E+08

$\lambda = 0.0010818$

$\Delta Ha. L = \frac{\lambda}{DN} \times \frac{V^2}{2g} \times La = 0.00023137 \text{ m}$

\* **Perte de charge singulière d'aspiration :**

$$\Delta Ha. s = \sum K \times \frac{V^2}{2g}$$

Table V.38: les singularités de partie aspiration entre décanteur et RO.

<i>Pertes de charge singulières</i>	Coefficient de perte de charge (K)	Nombre	Valeur
<i>Coude 90°</i>	0.75	0	0
<i>Coude 45°</i>	0.35	0	0
<i>Vanne</i>	0.05	1	0.05
<i>Clapet anti retour</i>	2	0	0
<i>Joint dilatation</i>	0.2	1	0.2
<i>Réducteur (Divergeant)</i>	0.4	0	0
<i>Réducteur (Convergeant)</i>	0.9	1	0.9
<i>Du réservoir au conduite</i>	0.5	0	0
<i>De la conduite au réservoir</i>	1	1	1
<i>Pertes de charge singulières (m)</i>	0.07153677		

$$\Delta H_{a.s} = 0.07153677 \text{ m}$$

\* Perte de charge d'aspiration :

$$\Delta H_a = \Delta H_{a.L} + \Delta H_{a.s} = 0.00023137 + 0.07153677 = 0.071942978 \text{ m}$$

▪ Partie refoulement :

Données :

- $Q_{br1} = Q_{br}/2 = 0.2839943 \text{ m}^3/\text{s}$
- $L_r = 126 \text{ m}$
- $V_a = 1.5 \text{ m/s}$
- $D_c = \sqrt{\left(\frac{4 \times Q}{\pi V}\right)} = 359.45207 \text{ mm}$
- $DN = 400 \text{ mm}$
- $V_c = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} = 0.5720184 \text{ m/s}$

Remarque : la station contient 2 lignes de production.

\* **Perte de charge linéaire de refoulement :**

$$Re = 1.81E+08$$

$$\lambda = 0.00152983$$

$$\Delta Hr. L = \frac{\lambda}{DN} \times \frac{V^2}{2g} \times Lr = 0.00824559 \text{ m}$$

\* **Perte de charge singulière de refoulement :**

$$\Delta Hr. s = \sum K \times \frac{V^2}{2g}$$

**Table V.39: singularités de partie refoulement entre décanteur et RO.**

<i>Pertes de charge singulière</i>	<b>Valeur (K)</b>	<b>Nombre</b>	<b>Valeur</b>
<i>Coude 90°</i>	<b>0.75</b>	<b>18</b>	<b>13.5</b>
<i>Coude 45°</i>	<b>0.35</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Vanne</i>	<b>0.05</b>	<b>12</b>	<b>0.6</b>
<i>Clapet anti retour</i>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<i>Joint dilatation</i>	<b>0.2</b>	<b>3</b>	<b>0.6</b>
<i>Réducteur (Divergeant)</i>	<b>0.4</b>	<b>1</b>	<b>0.4</b>
<i>Réducteur (Convergeant)</i>	<b>0.9</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Du réservoir au conduite</i>	<b>0.5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>De la conduite au réservoir</i>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Pertes de charge singulières (m)</i>	<b>0.758622</b>		

$$\Delta Hr. s = 0.758622 \text{ m}$$

\* **Perte de charge de refoulement :**

$$\Delta Hr = \Delta Hr. L + \Delta Hr. s = 0.00824559 + 0.758622 = 0.293424 \text{ m}$$

\* **Perte de charge totale :**

$$\Delta HT = \Delta Ha + \Delta Hr = 0.071942978 + 0.293424 = 0.360995 \text{ m}$$

\* **Hauteur géométrique :**

$$Hg = Cp(RO) - Cp(decanteur)$$

$$Hg = 2.7 - 2.5 = 0.2 \text{ m}$$

\* **Hauteur manométrique totale :**

$$HMT = \Delta HT + Hg + 40$$

HMT = 40.5654 m = 4 bars

### **V.6 Conclusion**

Après avoir calculé les besoins en eau, estimés à 22185.46, il nous est apparu clairement que les installations de la station devaient être reconsidérées. Nous avons vérifié toutes les installations, ce qui a abouti au changement de la conduite de captage d'eau de la station, à l'agrandissement du décanteur lamellaire, nbr de lamelle, et la modification de la taille et du nombre de filtres duel ainsi que des filtres à cartouche, car nous n'étions pas en mesure de les entretenir sur la base des données de conception. Nous avons également dû augmenter le nombre de membranes, et compte tenu de cela. Les membranes existantes ne répondaient pas aux exigences demandées, j'ai choisi d'autres membranes de chez LG Removal, et j'ai également changé la méthode de reminéralisation, car j'ai utilisé la méthode de mélange de l'eau traitée initialement après la microfiltration avec de l'eau de perméat. Il s'avère également que les doses de produits chimiques injectés dans l'eau être augmentée et ont également modifié les diamètres des tuyaux internes, car ils n'étaient pas en mesure de répondre aux exigences. Après tous ces calculs, il est devenu évident que la superficie de l'usine devait être agrandie tout en conservant le même schéma d'écoulement de l'eau et l'emplacement des installations de traitement.

## CHAPITRE VI

### Hygiène et sécurité de travail

## VI.1 Introduction

Les stations de dessalement jouent un rôle crucial dans la production d'eau potable à partir d'eau de mer. Cependant, pour garantir un fonctionnement efficace et sûr, il est essentiel de mettre en place des mesures de sécurité appropriées. Le dimensionnement d'un plan de sécurité de travail pour une station de dessalement est essentiel pour garantir la sécurité du personnel et la fiabilité des opérations.

## VI.2 Gestion des signaux de danger et de risque

La sécurité dans une station de dessalement est primordiale pour protéger le personnel et prévenir les incidents. Voici comment gérer les signaux de danger et les risques :

### 1. Signalisation des Dangers :

Utilisez des panneaux de signalisation normalisés pour indiquer les dangers spécifiques. Par exemple :

- Panneau de danger (triangle jaune avec un pictogramme) pour les produits chimiques dangereux.



FIGURE VI. 52 : PANNEAU DE DANGER.

**Exemple :** produits chimiques dangereux



FIGURE VI. 54 : PANNEAU DE DANGER DES PRODUITS CHIMIQUES.

- Panneau d'interdiction (cercle rouge avec une barre diagonale) pour les zones interdites.



FIGURE VI. 56 : PANNEAU D'INTERDICTION.

**Exemple :** ne pas toucher



FIGURE 58 : PANNEAU D'INTERDICTION INTITULE NE PAS TOUCHEZ.

- Panneau d'avertissement (triangle noir sur fond jaune) pour les risques électriques.



FIGURE VI. 60 : PANNEAU D'AVERTISSEMENT.

**Exemple :** Haute tension danger de mort



FIGURE VI.62 : PANNEAU D'AVERTISSEMENT INTITULE HAUTE TENSION DANGER DE MORT.

**2. Évaluation des Risques :**

- Identifiez les risques spécifiques dans la station (chimiques, électriques, mécaniques, etc.).
- Évaluez la probabilité et la gravité de chaque risque.
- Priorisez les mesures de prévention en fonction de ces évaluations.

**3. Formation du Personnel :**

- Formez le personnel sur les procédures de sécurité et la signification des panneaux.
- Sensibilisez-les aux risques spécifiques liés à leur travail.

**4. Équipements de Protection Individuel (EPI) :**

- Assurez-vous que le personnel porte les EPI appropriés en fonction des risques identifiés.
- Exemples d'EPI : gants, lunettes de protection, combinaisons, casques, etc.

**FIGURE VI.64 : LES EQUIPEMENTS DE PROTECTION INDIVIDUEL.**

**5. Procédures d'Urgence :**

- Élaborez des procédures d'urgence pour les situations critiques (fuites, incendies, etc.).
- Organisez des exercices d'évacuation réguliers.

**6. Gestion des Produits Chimiques :**

- Stockez les produits chimiques correctement et étiquetez-les clairement.
- Respectez les procédures de manipulation et de stockage.

**7. Qualité de l'Eau :**

- Surveillez la qualité de l'eau brute et de l'eau produite.
- Assurez-vous que les paramètres sont conformes aux normes.

**8. Maintenance Préventive :**

- Planifiez des inspections régulières pour détecter les défaillances potentielles.
- Remplacez les pièces usées ou défectueuses.

**9. Communication :**

- Communiquez clairement les risques et les mesures de sécurité à tout le personnel.
- Encouragez le signalement des incidents ou des problèmes.

**VI.3 Les normes de signalisation de danger**

Les normes de signalisation pour les stations de dessalement peuvent varier en fonction des réglementations locales et des spécificités de chaque installation. Cependant, voici quelques points généraux à considérer :

**1. Panneaux de Danger :**

- Utilisez des panneaux normalisés pour indiquer les dangers spécifiques, tels que les produits chimiques dangereux, les risques électriques, etc.
- Placez ces panneaux près des équipements concernés et dans des zones bien visibles.

**2. Panneaux d'Interdiction :**

- Ces panneaux signalent les zones interdites d'accès. Ils sont souvent représentés par un cercle rouge avec une barre diagonale.
- Placez-les aux entrées des zones restreintes.

**3. Panneaux d'Avertissement :**

- Utilisez des panneaux d'avertissement pour signaler des risques spécifiques, tels que les zones glissantes, les chutes potentielles, etc.
- Orientez-les de manière que le texte et les pictogrammes soient faciles à lire.

**4. Panneau d'Équipement Sous Pression :**

- Équipement Sous Pression.
- Ce panneau avertit du danger lié à l'équipement sous pression.

**5. Éclairage :**

- Assurez-vous que les panneaux sont bien éclairés, surtout si la station fonctionne la nuit.

**6. Uniformité :**

- Respectez les normes de couleur, de forme et de symboles pour garantir la cohérence.

**VI.4 L'emplacement des panneaux de signalisation**

Le choix de l'emplacement optimal pour les panneaux de signalisation dans une station de dessalement est crucial pour assurer leur efficacité et leur visibilité. Voici quelques conseils pour vous guider :

- **Visibilité** : Placez les panneaux à des endroits bien visibles, où le personnel peut les repérer facilement. Les zones d'accès, les entrées et les sorties sont des emplacements stratégiques.

- **Proximité des Risques** : Installez les panneaux près des équipements ou des zones présentant des risques spécifiques. Par exemple, placez un panneau de danger chimique près des réservoirs de produits chimiques.
- **Hauteur** : Montez les panneaux à une hauteur appropriée pour qu'ils soient clairement visibles, même de loin. Évitez de les placer trop bas ou trop haut.
- **Éclairage** : Si la station fonctionne la nuit, assurez-vous que les panneaux sont bien éclairés. Utilisez des panneaux réfléchissants pour une visibilité accrue.
- **Orientation** : Orientez les panneaux de manière que le texte et les pictogrammes soient faciles à lire. Évitez les angles où ils pourraient être cachés par d'autres structures.
- **Uniformité** : Utilisez des panneaux conformes aux normes de signalisation. Assurez-vous que les couleurs, les formes et les symboles sont cohérents.
- **Cohérence** : Utilisez des panneaux de même style et de même taille pour une cohérence visuelle. Cela facilite la reconnaissance par le personnel.
- **Orientation des Flèches** : Si les panneaux comportent des flèches (par exemple, pour indiquer une sortie), assurez-vous qu'elles pointent dans la bonne direction.
- **Révision Périodique** : Vérifiez régulièrement si les panneaux sont toujours en bon état et lisibles. Remplacez-les si nécessaire.
- **Consultez les Experts** : Impliquez des experts en sécurité ou des professionnels de la signalisation pour vous conseiller sur les emplacements optimaux.

### VI.5 Conclusion

La sécurité au travail dans une station de dessalement est essentielle pour protéger le personnel, prévenir les incidents et garantir un approvisionnement en eau fiable. En suivant ces mesures, vous contribuerez à un environnement de travail plus sûr et à une production d'eau de qualité.

# CONCLUSION GÉNÉRALE

À travers ce mémoire, nous avons conçu la station de dessalement de Beni Haoua, située au centre-nord de l'Algérie dans la wilaya de Chlef. Le but de cette conception est d'agrandir la station dans le but d'approvisionner la daïra de Beni Haoua avec ses trois communes en eau potable, en raison des besoins en eau élevés, sachant que la station actuellement alimente uniquement la commune de Beni haoua.

Avant d'entamer le processus de conception, nous avons décrit la zone d'étude, qui s'est avérée être une région au climat méditerranéen, caractérisée par une végétation abondante et entrecoupée d'une chaîne de montagnes.

Nous avons également abordé un bref aperçu de sujet de l'eau en Algérie, et il nous est apparu clairement que l'Algérie est classée parmi les régions qui souffrent du problème de la sécheresse.

Après cela, nous avons cité les points les plus importants en matière de dessalement de l'eau. Nous avons découvert les différentes méthodes de dessalement de l'eau, avec leurs avantages et leurs inconvénients, et nous avons appris que la méthode d'osmose inverse est la plus utilisée parmi les méthodes de dessalement.

Le processus de conception de l'usine a inclus la quasi-totalité des installations de traitement, pour plusieurs raisons, soit pour leur incapacité à répondre aux exigences, soit pour une autre raison technique, selon l'installation. Le résultat a été la conception d'une conduite d'alimentation en eau d'un diamètre de 800 mm et d'un décanteur lamellaire de 42 mètres de longueur et 2 mètres de largeur contenant environ 442 lamelles, ainsi que la conception de 5 filtres duel d'un diamètre de 5 mètres, et chaque filtre duel est assorti d'un filtre à cartouche contenant 46 Cartouche. Nous avons également ajouté un filtre supplémentaire à chaque unité de filtration comme secours en cas de problème avec l'un des filtres. Pour l'unité d'osmose inverse, le résultat total de la station est un skid à un seul étage avec 501 membranes par ligne. Toutes 7 membranes sont portées par un Vessel, et en option pour un étage, cela pour deux raisons : conserver le même ancien plan de station, et ne pas avoir

## CONCLUSION GÉNÉRALE

besoin d'un deuxième étage, et donc l'ajout d'un deuxième étage augmente le coût d'investissement pour la station. De plus, nous avons calculé les doses des réactifs pour le traitement chimique de l'eau brute et de perméat. Contrairement à l'ancienne conception de la station, le processus de minéralisation de l'eau produit s'effectue en mélangeant l'eau sortant du filtre à cartouche avec l'eau osmose. Après le processus de calcul de l'unité de l'osmose inverse, nous avons simulé les résultats obtenus à l'aide du programme Lg Q+, et il m'est apparu qu'il y avait une différence entre les résultats du programme et les calculs théoriques, je me suis donc appuyé sur les résultats du programme pour s'éviter des problèmes techniques que les programmes montraient lors de la saisie de la valeur de mes calculs théoriques. A titre d'exemple, j'ai augmenté une membrane pour chaque Vessel. En raison du problème du flux, qui dépasse la valeur admissible dans la membrane numéro un du Vessel, ce qui m'a obligé à changer la Vessel en une Vessel qui porte 8 membranes, et cela a affecté le rendement de l'osmose en augmentant la valeur de production et en augmentant la pression d'alimentation.

Au final, le résultat était une eau potable avec une salinité de 358.6 ppm et un débit de 25839 m<sup>3</sup>/j.

Enfin, nous avons abordé un sujet très important lié à la sécurité des travailleurs à l'intérieur de la station, où nous avons fourni les informations les plus importantes sur la façon de faire face aux dangers attendus pendant le travail en prenant des mesures réfléchies qui aident à réduire le danger.

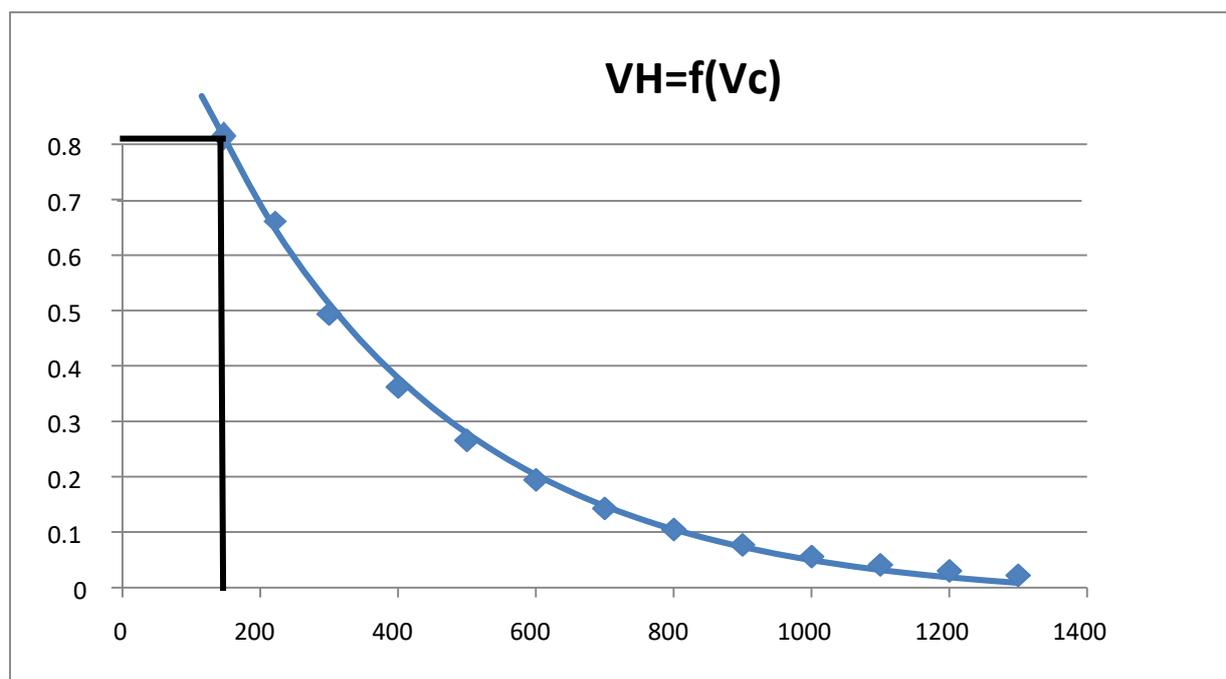
# **ANNEXE**

# ANNEXES

(Dimensions en mm)																		
SDR	33	26	21	17	13,6	11	9	7,4										
S	16	12,5	10	8	6,3	5	4	3,2										
Type	Pression Nominale, PN (bar)																	
PE 40	-	-	-	4	-	6	-	10										
PE 80	4	5	6	8	10	12,5	16	20										
PE 100	5	6	8	10	12,5	16	20	25										
SN (kN/m <sup>2</sup> )	2	4	8	16	32	64	80	128										
DN (Dext)	Épaisseurs Nominale (e) et Diamètre Intérieur (Di)																Pas nominal	
	e	Di	e	Di	e	Di	e	Di	e	Di	e	Di	e	Di	e	Di		
20											2.0	16.0	2.3	15.4	3.0	14.0	15	
25										2.0	21.0	2.3	20.4	3.0	19.0	3.5	18.0	20
32							2.0	28.0	2.4	27.2	3.0	26.0	3.6	24.8	4.4	23.2	25	
40					2.0	36.0	2.4	35.2	3.0	34.0	3.7	32.6	4.5	31.0	5.5	29.0	32	
50			2.0	46.0	2.4	45.2	3.0	44.0	3.7	42.6	4.6	40.8	5.6	38.4	6.9	36.2	40	
63			2.5	58.0	3.0	57.0	3.8	55.4	4.7	53.6	5.8	51.4	7.1	48.8	8.6	45.8	50	
75			2.9	69.2	3.6	67.8	4.5	66.0	5.6	63.8	6.8	61.4	8.4	58.2	10.3	54.4	65	
90			3.5	83.0	4.3	81.4	5.4	79.2	6.7	76.6	8.2	73.6	10.1	69.8	12.3	65.4	80	
110			4.2	101.8	5.3	99.4	6.6	96.8	8.1	93.8	10.0	90.0	12.3	85.4	15.1	79.8	100	
125			4.8	115.4	6.0	113.0	7.4	110.2	9.2	106.6	11.4	102.2	14.0	97.0	17.1	90.8	100	
140			5.4	129.2	6.7	126.6	8.3	123.4	10.3	119.4	12.7	114.6	15.7	108.6	19.2	101.6	125	
160			6.2	147.6	7.7	144.6	9.5	141.0	11.8	136.4	14.6	130.8	17.9	124.2	21.9	116.2	150	
180			6.9	166.2	8.6	162.8	10.7	158.6	13.3	153.4	16.4	147.2	20.1	139.8	24.6	130.8	150	
200			7.7	184.6	9.6	180.8	11.9	176.2	14.7	170.6	18.2	163.6	22.4	155.2	27.4	145.2	200	
225			8.6	207.8	10.8	203.4	13.4	198.2	16.6	191.8	20.5	184.0	25.2	174.6	30.8	163.4	200	
250			9.6	230.8	11.9	226.2	14.8	220.4	18.4	213.2	22.7	204.6	27.9	194.2	34.2	181.6	250	
280			10.7	258.6	13.4	253.2	16.6	246.8	20.6	238.8	25.4	229.2	31.3	217.4	38.3	203.4	250	
315	9.7	295.6	12.1	290.8	15.0	285.0	18.7	277.6	23.2	268.6	28.6	257.8	35.2	244.6	43.1	228.8	300	
355	10.9	333.2	13.6	327.8	16.9	321.2	21.1	312.8	26.1	302.8	32.2	290.6	39.7	275.6	48.5	258.0	350	
400	12.3	375.4	15.3	369.4	19.1	361.8	23.7	352.6	29.4	341.2	36.3	327.4	44.7	310.6	54.7	290.6	400	
450	13.8	422.4	17.2	415.6	21.5	407.0	26.7	396.6	33.1	383.8	40.9	368.2	50.3	349.4	61.5	327.0	450	
500	15.3	469.4	19.1	461.8	23.9	452.2	29.7	440.6	36.8	426.4	45.4	409.2	55.8	388.4			500	
560	17.2	525.6	21.4	517.2	26.7	506.6	33.2	493.6	41.2	477.6	50.8	458.4	62.5	435.0			550	
630	19.3	591.4	24.1	581.8	30.0	570.0	37.4	555.2	46.3	537.4	57.2	515.6	70.3	489.4			600	
710	21.8	666.4	27.2	655.6	33.9	642.2	42.1	625.8	52.2	605.6	64.5	581.0	79.3	641.4			700	
800	24.5	751.0	30.6	738.8	38.1	723.8	47.4	705.2	58.8	682.4	72.6	654.8	89.3	621.4			800	
900	27.6	844.8	34.4	831.2	42.9	814.2	53.3	793.4	66.1	767.8	81.7	736.6					900	
1000	30.6	938.8	38.2	923.6	47.7	904.6	59.3	881.4	73.5	853.0	90.8	1018.4					1000	
1200	36.7	1126.6	45.9	1108.2	57.2	1085.6	71.1	1057.8	88.2	1023.6							1200	
1400	42.9	1314.2	53.5	1293.0	66.7	1266.6	83.0	1234.0	102.8	1194.4							1400	
1600	49.0	1502.0	61.2	1477.6	76.2	1447.6	94.8	1410.4	117.5	1365.0							1600	
1800	55.1	1689.8	68.8	1662.4	85.8	1628.4	106.6	1586.8									1800	
2000	61.2	1877.6	76.4	1847.2	95.3	1809.4	118.5	1763.0									2000	
2250	70.0	2110.0	86.0	2078.0	107.2	2035.6											2250	
2500	77.7	2344.6	95.6	2308.8	119.1	2261.8											2500	

Figure 01 : catalogue des conduites PEHD.

## ANNEXES



**Figure 02 : Charge hydraulique superficielle limite en fonction du volume corrigé (décanteurs lamellaires), d'après CTGREF, 1979.**

# ANNEXES

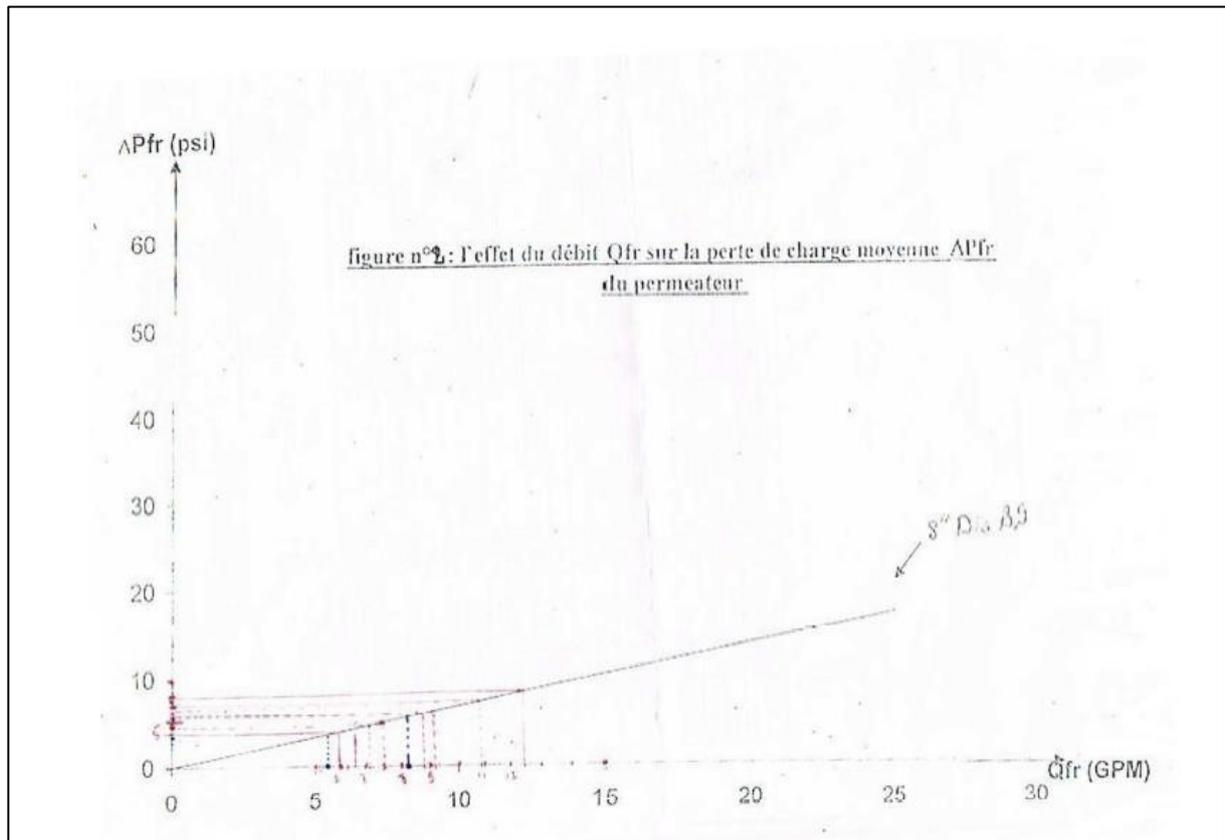


Figure 03 : l'effet de débit  $Q_{fr}$  sur la perte de charge moyenne de membrane  $\Delta P_{fr}$ .

## BIBLIOGRAPHIE

# BIBLIOGRAPHIE

- [1] Djelloul, B. (2014). Les dons de la mer : Beni haoua de la tribu.
- [2] Diarra, A. (2017, Décembre). Suivi de l'évapotranspiration des cultures irriguées du Sud de la Méditerranée par télédétection multi-capteurs et modélisation globale.
- [3] Mouhouche, P. (2012). Les problèmes de manque de l'eau en Algérie : une réalité qui fait peur. Djadid El-iktissad.
- [4] (2000). *L'EAU EN ALGERIE : LE GRAND DEFI DE DEMAIN / 15ème Session plénière/*. Conseil National Economique et Social (CNES).
- [5] Miloud, m. (2015, Décembre 15). Mémoire de magister étude de la station de dessalement de Mostaganem.
- [6] Lisa, M. (2020, NOVEMBRE). MFE : Etude de dimensionnement de la station de déminéralisation des eaux saumâtres. (W. EL Oued).
- [7] Toubbali, H. (2024). Cours de : « Dessalement de l'eau de mer ». L'université Ibn Zohr d'Agadir Maroc.
- [8] Scholz M, W. M. (2011). Design of membrane modules for Gas separations. In: Drioli E (ed) Membrane engineering for the treatment of gases : gas-separation problems with membranes.
- [9] sma Adda, W. M. (June 2016). Modélisation et optimisation de la consommation d'énergie d'une station de dessalement par procédé d'osmose inverse en Algérie. Journal of Renewable Energies 19(02) :157 – 164 DOI : 10.54966/jreen. v19i2.557 License CC BY-SA 4.0 A.
- [10] Jean-Luc Boudenne, N. C. (2020). *Utilisation des procédés membranaires pour la filtration des eaux de piscine*.
- [11] Ludwig, h. (s.d.). Volume 2 swro desalination.

## BIBLIOGRAPHIE