

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

NATIONAL HIGHER SCHOOL FOR  
HYDRAULICS



المدرسة الوطنية العليا للري

"المجاهد عبد الله عرابوي"

"The MujahidAbdellah ARBAOUI"

ⵓⵎⵓⵎⵉⵏⵏ ⵏ ⵓⵎⵓⵎⵉⵏⵏ ⵏ ⵓⵎⵓⵎⵉⵏⵏ ⵏ ⵓⵎⵓⵎⵉⵏⵏ

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

**Option: Réutilisation des eaux non conventionnelles**

**THEME :**

**Dimensionnement de la chaine prétraitement de la station  
de dessalement -Cap Blanc -Oran**

**Présenté par :**

**HAMIDOUCHE Fatma Zohra**

**Devant les membres du jury**

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

**Session Septembre 2024**

## *Remerciement*

Je remercie **ALLAH**, le Tout-Puissant, de m'avoir donné la foi et de m'avoir permis d'en arriver là.

La réalisation de ce mémoire n'aurait été possible sans l'intervention de certaines personnes. Qu'elles trouvent ici l'expression de ma plus sincère gratitude pour leurs précieux conseils.

Tout d'abord, j'exprime mes vives reconnaissances à Monsieur **HACHEMI Abdelkader** pour son encadrement, ses conseils, et sa disponibilité tout au long de ce travail.

J'adresse mes sincères remerciements à Monsieur **ELHADJ Abid**, mon encadrant de l'Algérienne Energie Compagnie, pour son soutien, son orientation, et la confiance qu'il m'a accordée, constituant ainsi un appui considérable. Je remercie également toutes les personnes de l'entreprise AEC pour leur accueil et leur aide, sans lesquels ce travail n'aurait pas pu être mené à bien.

Par la même occasion, je tiens à remercier Madame **BENMOUHOUB Lydia**, Chef de Centre CTH Boumerdès, ainsi que tout le personnel du centre pour leur accueil et pour toute l'aide qu'ils ont pu me prodiguer au cours de cette expérience.

Je tiens également à exprimer ma gratitude envers toutes les personnes qui m'ont aidée de près ou de loin.

Je souhaite aussi remercier les membres du jury d'avoir honoré ma soutenance et pour l'effort fourni afin de juger ce modeste travail.

## *Dédicaces*

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents, qui ont sacrifié toute leur vie pour que je puisse être là où je suis aujourd'hui. Ils m'ont soutenue, protégée, et élevée avec tant d'amour. Je leur serai éternellement reconnaissante. Vos encouragements incessants et votre confiance en moi ont été les piliers de ma réussite.

À ma sœur Sara, je me considère extrêmement chanceuse d'avoir une sœur comme toi, sur qui je peux toujours compter. Ton soutien et tes encouragements m'ont été inestimables, et je suis tellement fière de toi.

À mon très cher grand-père Tahar, qui nous a quittés bien trop tôt. Ta présence et ton amour inconditionnel continuent de m'accompagner chaque jour. Même si tu n'es plus parmi nous, tu restes gravé dans mon cœur. Je n'oublierai jamais les précieux moments passés avec toi et ta sagesse. Ton absence laisse un vide immense, mais ton souvenir et ton influence demeurent vivants en moi.

À mes amies Nouha, Sabrina, Saoussen, Sarah et Meriem pour leur soutien et leur amitié.

Aux martyrs de Gaza, en hommage à leur courage et à leur sacrifice.

Et enfin, à tous ceux qui ont allumé une lumière sur mon chemin de reconnaissance, ainsi qu'à tous ceux qui auront l'honneur de lire mon travail et d'en tirer des informations.

Je vous adresse mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

*Zahra* 

## ملخص

أصبحت عملية تحلية مياه البحر حلاً أساسياً لمعالجة نقص المياه الصالحة للشرب في المناطق الساحلية لولاية وهران.

تتركز هذه المذكرة على تصميم سلسلة المعالجة الأولية لمحطة تحلية المياه في كاب بلان. حيث تهدف هذه الدراسة إلى تصميم سلسلة معالجة أولية فعالة لضمان جودة المياه المخصصة لعملية التحلية، مع مراعاة الخصائص المحددة لموقع كاب بلان .

**الكلمات المفتاحية:** معالجة أولية لمياه البحر ؛ استخراج المياه ؛ الترسيب ؛ الترشيح.

## Résumé

Le dessalement de l'eau de mer est devenu une solution essentielle pour pallier le déficit en eau potable dans les régions côtières de la wilaya d'Oran.

Ce mémoire porte sur le dimensionnement de la chaîne de prétraitement de la station de dessalement de Cap Blanc. Cette étude a pour objectif de concevoir une chaîne de prétraitement efficace pour assurer la qualité de l'eau destinée au processus de dessalement, en tenant compte des caractéristiques spécifiques du site de Cap Blanc.

**Mot clés :** Prétraitement de l'eau de mer ; captage ; décantation ; filtration .

## Summary

Seawater desalination has become an essential solution to address the potable water deficit in the coastal regions of the Oran province. This project focuses on the design of the pretreatment chain for the Cap Blanc desalination plant. The aim of this study is to design an efficient pretreatment chain to ensure the quality of water intended for the desalination process, taking into account the specific characteristics of the Cap Blanc site.

**Key words :** Seawater Pretreatment , Intake ; settling ; filtration.

## Liste des abréviations

- **ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydriques.
- **AEC** : Algerian Energy Company .
- **ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydriques.
- **ASTM** : American Society for Testing and Materials.
- **CDER** : Station Expérimentale du Centre de Développement des Énergies Renouvelables.
- **DGAH** : Direction des Grands Aménagements Hydrauliques.
- **ENGCB DWT** : Entreprise Nationale de Génie Civil et Bâtiments : Direction Water Treatment.
- **MENA** : Middle East and North Africa (Région du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord).
- **OI** : Osmose Inverse.
- **OMS** : Organisation Mondiale de la Santé.
- **ONM** : Office Algérien de la Météorologie.
- **PEHD** : Polyéthylène Haute Densité.
- **SDI** : Indice de Colmatage (Silt Density Index).
- **SDEM** : Station de Dessalement de l'Eau de Mer.

# Sommaire

<i>Remerciement</i> .....	2
<i>Dédicaces</i> .....	3
<b>Résumé</b> .....	<b>4</b>
<b>Liste des abréviations</b> .....	<b>5</b>
<b>Sommaire</b> .....	<b>6</b>
<b>Liste des figures</b> .....	<b>10</b>
<b>Liste des tableaux</b> .....	<b>11</b>
<b>Liste des Planches</b> .....	<b>11</b>
<b>Introduction générale</b> .....	<b>1</b>
<b>I. Les ressources en eau</b> .....	<b>3</b>
I.1 Introduction .....	3
I.2 Répartition de l'eau sur terre .....	3
I.3 Les ressources d'eaux naturelles dans la terre.....	3
I.4 Ressources conventionnelles .....	4
I.4.1 Les eaux de surface.....	4
I.4.2 Les eaux souterraines :.....	4
I.5 Ressources non conventionnelles .....	4
I.5.1 Eaux usées traitées .....	4
I.5.2 Eaux saumâtres .....	5
I.5.3 Eaux de mer.....	5
I.6 Les ressources en eau en Algérie.....	6
I.7 Disponibilités en eau en Algérie :.....	6
I.7.1 Les ressources en eau de surface .....	6
I.7.2 Les ressource en eaux souterraines.....	6
I.7.3 Les eaux marines .....	7
I.8 Normes de qualité d'une eau potable .....	7
I.9 Critères de potabilité d'une eau destinée à la consommation .....	7
I.9.1 Les paramètres physico-chimiques :.....	7
I.9.2 Les paramètres organoleptiques : .....	7
I.9.3 Les paramètres microbiologiques : .....	7
I.9.4 Les paramètres liés aux substances indésirables : .....	7
I.9.5 Les paramètres liés aux substances toxiques.....	7
I.10 Norme de potabilité sur les sels.....	7

<b>II. Le dessalement de l'eau de mer .....</b>	<b>9</b>
II.1 Introduction .....	9
II.2 Nécessité du dessalement de l'eau de mer .....	9
II.2.1 Indicateurs de ressources : seuil de tension, seuil de pénurie .....	10
II.3 Situation de dessalement dans le monde.....	11
II.3.1 Le manque de l'eau potable dans le monde .....	11
II.3.2 Capacité de dessalement installé à l'échelle mondiale .....	12
II.3.3 Situation en méditerranée.....	13
II.3.4 Situations de dessalement en Algérie .....	14
II.4 Caractéristiques de l'eau de mer.....	15
II.4.1 Matières organiques .....	15
II.4.2 la salinité .....	15
II.4.3 La température.....	16
II.4.4 Le PH .....	16
II.4.5 La conductivité: .....	16
II.4.6 Turbidité.....	16
II.4.7 La viscosité.....	17
II.4.8 Densités des eaux de mer .....	17
II.4.9 Matières en suspension .....	17
II.5 Classification des divers procédés de dessalement.....	17
II.5.1 Procédés thermique.....	18
II.5.2 Les procédés membranaires .....	19
II.6.1 Nature du colmatage .....	22
II.6.2 Conséquences du colmatage sur les performances des membranes d'osmose inverse 22	
II.6.3 Détermination du caractère colmatant .....	22
<b>III. Techniques de prétraitement de l'eau de mer .....</b>	<b>25</b>
III.1 Introduction.....	25
III.2 Le processus de prétraitement.....	25
III.2.1 La prise d'eau .....	25
III.2.2 Tour de prise.....	26
III.2.3 Bassin de captage.....	26
III.2.4 Traitement Préliminaire .....	27
III.2.5 Traitement physico-chimique.....	30
III.2.6 Sédimentation et flottation par air dessous .....	33

III.2.7	La filtration sur media filtrant .....	34
III.2.8	Microfiltration .....	36
<b>IV.</b>	<b>Présentation de la zone d'étude .....</b>	<b>39</b>
IV.1	Introduction.....	39
IV.2	Présentation de la zone d'étude.....	39
IV.2.1	Situation géographique .....	39
IV.2.2	Caractéristiques météorologiques.....	40
IV.2.3	Caractéristiques géologiques.....	42
IV.2.4	Caractéristiques environnementaux et socioéconomique .....	44
IV.3	Analyse de l'eau de mer .....	44
IV.3.1	paramètres physico chimique .....	44
IV.3.2	Paramètres bactériologiques [28] .....	45
IV.3.3	Total des solides en suspension (TSS).....	45
IV.3.4	Total des solides dissous (TDS) .....	45
IV.3.5	Les éléments minéraux .....	46
<b>V.</b>	<b>Dimensionnement de la chaine prétraitement.....</b>	<b>48</b>
V.1	Introduction .....	48
V.2	Le dimensionnement de la chaine de prétraitement de la sdem .....	48
V.2.1	Traitement préliminaire.....	48
V.2.2	Le traitement physicochimique .....	50
V.2.3	Décanteur lamellaire : .....	54
V.2.4	Filtre à sable gravitaire.....	56
V.2.5	Filtre a cartouche .....	58
V.3	Calcule hydraulique .....	59
V.3.1	Calcule des cotes piézométriques des ouvrages .....	59
V.3.2	Débit entrant a la station .....	60
V.3.3	Calcule de diamètre .....	60
V.3.4	Calcule HMT .....	61
<b>VI.</b>	<b>Protection et sécurité de travail .....</b>	<b>66</b>
VI.1	Introduction.....	66
VI.2	L'Objectif de l'étude de la sécurité du travail dans un chantier de réalisation d'une station de traitement : .....	66
VI.3	Les opérations nécessaire pour la réalisation et le fonctionnement de notre station de traitement : .....	66
VI.3.1	Partie génie civil : .....	66



VI.3.2	Partie équipements.....	66
VI.4	Les moyens matériels nécessaire pour la réalisation de la sdem .....	67
VI.4.1	Les moyens matériels.....	67
VI.4.2	A l'interieure de l'entreprise .....	67
VI.4.3	Les moyens humains.....	67
VI.5	Causes des accidents de travail dans un chantier hydraulique.....	67
VI.5.1	Facteurs humains .....	67
VI.5.2	Facteurs matériels .....	68
VI.5.3	Les Conditions dangereuses .....	68
VI.5.4	Les actions dangereuses .....	68
VI.5.5	Le system Algerian de prevention des risques et accidents de travail.....	68
VI.6	Evaluation de L'ensemble des risques lié à notre chantier :.....	69
VI.7	Moyens d'interventions pour éviter les accidents de travail : .....	69
VI.7.1	Protection individuelle .....	69
VI.7.2	Protection collective: .....	69
VI.8	Les acteurs de la prévention :.....	70
VI.8.1	A l'exterieure de l'entreprise :.....	70
VI.9	Etude économique .....	70
VI.9.1	Calcul du coût d'investissement .....	70
VI.9.2	Calcule du cout d'exploitation .....	72
	<b>Conclusion générale .....</b>	<b>75</b>
	<b>Bibliographies .....</b>	<b>76</b>

## Liste des figures

Figure 1 : Répartition de l'eau sur la terre .....	3
Figure 2:Disponibilité mondiale en eau douce .....	9
Figure 3:Carte de vulnérabilité .....	10
Figure 4:Évolution des capacités de dessalement d'eau de mer au Moyen-Orient et en Afrique du Nord .....	12
Figure 5:Capacité globale de dessalement en m <sup>3</sup> /j et % .....	12
Figure 6: Le principe la distillation a simple effet .....	18
Figure 7:Le principe de la distillation a effet multiple (MED) .....	19
Figure 8:L'electrodialyse .....	20
Figure 9:Principe d'osmose inverse .....	20
Figure 10:Principe d'osmose inverse .....	20
Figure 11:Schéma de principe d'une usine d'osmose inverse.....	21
Figure 12:Accumulation des différentes matières sur, dans et au voisinage de membrane.	22
Figure 13:Tour de prise d'eau offshore en acier .....	26
Figure 14 :Structure de traitement dans une sdem.....	26
Figure 15:Tour d'admission verticale avec tamis grossier. ....	27
Figure 16 :Tamis grossiers de prise d'eau terrestre. ....	28
Figure 17:Tamis à tambour . ....	29
Figure 18:Tamis à fils compensés .....	30
Figure 19:Mecanisme de coagulation floculation .....	31
Figure 20:Agitateur statique et rapide .....	32
Figure 21:Décanteur lamellaire (Prise par l'étudiante).....	34
Figure 22:Vue Google MAP sur la station de dessalement .....	40
Figure 23:Température de la région d'Oran .....	41
Figure 24:Précipitations dans la région d'Oran .....	41
Figure 25:Rose des vents général- Région d'Oran .....	42
Figure 26:Localisation des nappes dans la région d'Oran .....	43
Figure 27:Localisation des stations de prélèvements d'eau .....	44

## Liste des tableaux

Tableau 1: Type de l'eau selon la salinité .....	5
Tableau 2 :Norme de potabilité fixé par l'OMS et l'Algérie .....	8
Tableau 3:Les grandes station de dessalement en Algerie .....	14
Tableau 4: Concentrations des Principaux Éléments Contribuant à la Masse des Sels Dissous dans les Océans.....	16
Tableau 5:Caractéristiques des eaux de mer méditerranée . .....	17
Tableau 6 :Paramètres physico-chimique .....	45
Tableau 7:Concentration des ions .....	46
Tableau 8:constante de l'agitateur .....	53
Tableau 9: Coefficient de perte de charge singuliere.....	62
Tableau 10:Caractéristiques techniques de la cartouche et filtre à cartouche.....	59
Tableau 12: Cout de terrassement de chaque ouvrage .....	71
Tableau 13:Cout de béton armé de chaque ouvrage.....	72
Tableau 14 :Bilan énergétique.....	73
Tableau 15: Consommation du produits chimiques.....	74

## Liste des Planches

Planche 1 : Plan de masse de la sdem Cap Blanc.

Planche 2 : Plan schéma du décanteur lamellaire.

Planche 3 : Plan schéma du filtre à sable gravitaires.

Planche 4 : Profil hydraulique.

## Introduction générale

L'accès à l'eau potable est devenu une préoccupation majeure en raison des pénuries croissantes dues à la sécheresse et à la baisse des précipitations, qui affectent les activités économiques et sociales. La demande en eau augmente avec la croissance démographique et le développement industriel, rendant l'approvisionnement en eau de plus en plus difficile. Pour répondre à cette demande, des solutions comme le dessalement de l'eau de mer par osmose inverse sont explorées. Ce procédé, bien que coûteux et nécessitant un entretien rigoureux, est une réponse prometteuse au manque d'eau potable. Cependant, il est limité par les problèmes de colmatage, souvent dus à une mauvaise qualité de l'eau prétraitée. L'amélioration de cette qualité dépend du choix adéquat des méthodes de prétraitement.

L'Algérie, en tant que pays méditerranéen avec un climat principalement aride et semi-aride, est confrontée à des défis significatifs en matière de gestion des ressources en eau. Les périodes de sécheresse prolongées, la croissance démographique rapide et l'urbanisation accrue exercent une pression croissante sur les ressources en eau douce disponibles. Dans ce contexte, le dessalement de l'eau de mer émerge comme une solution stratégique pour garantir un approvisionnement en eau durable et fiable.

Ce travail se concentre sur le dimensionnement de la chaîne de prétraitement de la station de dessalement d'eau de mer de Cap Blanc (Wilaya d'Oran), en mettant en évidence les méthodes clés : le décanteur lamellaire et le filtre à sable gravitaire. Ces deux systèmes de prétraitement sont couramment utilisés pour l'élimination des particules et matières en suspension dans l'eau de mer, produisant ainsi une eau prétraitée apte à alimenter les membranes d'osmose inverse sans risque de colmatage.

Cette étude a pour objectif de proposer une analyse détaillée du dimensionnement de la chaîne de prétraitement dans le cadre de la désalinisation de l'eau de mer. Elle est structurée en six chapitres, chacun abordant un aspect spécifique du dessalement de l'eau de mer.

- ✓ **Chapitre 1 : Les ressources en eau** : ce chapitre traite des différentes sources d'eau disponibles à l'échelle mondiale et locale. Il couvre les types d'eau (douce, saumâtre, salée), leur répartition géographique, et les défis associés à leur gestion. Tu pourrais discuter de la rareté de l'eau douce et des pressions exercées sur les ressources en eau à cause de la croissance démographique et du changement climatique.
- ✓ **Chapitre 2 : Le dessalement de l'eau de mer** Ici, on explore les méthodes de dessalement utilisées pour transformer l'eau de mer en eau potable ou en eau utilisable pour d'autres applications. Cela inclut des technologies comme l'osmose inverse, la distillation, et l'électrodialyse.
- ✓ **Chapitre 3 : Techniques de prétraitement de l'eau de mer** ; Ce chapitre se concentre sur les étapes préalables au dessalement . On discutera les systèmes de prétraitement spécifiques comme les chambres à dégrillage ; le décanteur ; la filtration ...

- ✓ **Chapitre 4 :Présentation de la zone d'étude** ;Ce chapitre décrit le site spécifique où le projet de notre station est en cours. Il inclure des informations sur les caractéristiques géographiques, les conditions climatiques
- ✓ **Chapitre 5 :Dimensionnement de la chaîne de prétraitement** ;Ce chapitre est dédié à la conception détaillée des équipements et des systèmes nécessaires pour le prétraitement de l'eau de mer. Cela inclut le dimensionnement des filtres, des décanteurs, des chambres de dégrillage, et d'autres éléments.
- ✓ **Chapitre 6 :Protection et sécurité de travail**; Ce chapitre vise à garantir un environnement de travail sûr et à prévenir les accidents et les risques environnementaux .

## **Chapitre I : Les ressources en eau**

## I. Les ressources en eau

### I.1 Introduction

L'eau, ressource indispensable à la vie, occupe une place centrale dans les enjeux environnementaux, économiques et sociaux de notre époque. Sa répartition sur Terre est inégale, tant en termes de quantité que de qualité, ce qui engendre des défis majeurs pour de nombreuses régions, dont l'Algérie. La relation entre les ressources en eau disponibles et les besoins croissants de la population humaine pose des questions cruciales sur la gestion durable et l'utilisation efficace de cette ressource précieuse. Dans ce contexte, les normes de potabilité de l'eau, qui varient en fonction de ses différents usages, revêtent une importance capitale pour assurer la santé publique et le bien-être des populations.

Ce chapitre se propose d'examiner la répartition de l'eau sur terre et en Algérie, d'analyser la relation entre les ressources en eau et les besoins humains, et de présenter les normes de potabilité de l'eau. Cette exploration permettra de mieux comprendre les défis liés à l'eau et de poser les bases pour une gestion intégrée et durable de cette ressource essentielle.

### I.2 Répartition de l'eau sur terre

La Terre possède environ 1,4 milliard de km<sup>3</sup> d'eau, dont 97,5 % est de l'eau salée. Seuls 2,5 % représentent de l'eau douce, soit près de 35 millions de km<sup>3</sup>. Parmi cette eau douce, 69,5 % sont sous forme de glace et de neige permanente, 30,1 % se trouve dans les nappes souterraines, 0,27 % dans les lacs et rivières, et les 0,13 % restants se répartissent dans d'autres réservoirs comme l'atmosphère, l'humidité du sol et les marais.[1,2]

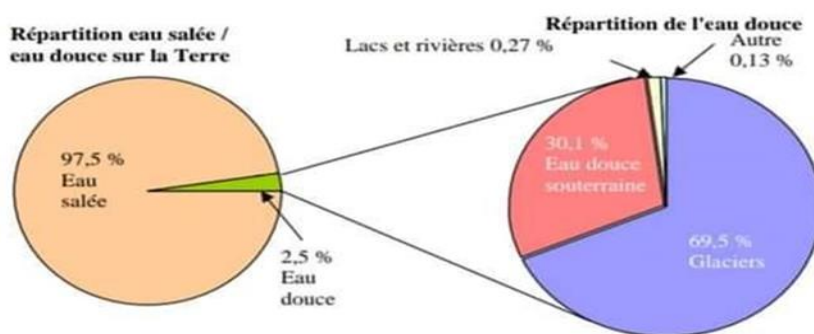


Figure 1 : Répartition de l'eau sur la terre [2]

### I.3 Les ressources d'eaux naturelles dans la terre

Les ressources naturelles en eau incluent les eaux souterraines, telles que les nappes phréatiques et les infiltrations, ainsi que les eaux de surface, comme les barrages, les lacs et les rivières. Elles englobent également les eaux marines et les eaux usées une fois traitées.

On peut catégoriser ces ressources en deux types :

- Les ressources conventionnelles .
- Les ressources non conventionnelles.

#### **I.4 Ressources conventionnelles**

Représentent les eaux superficielles qui sont retenues par les barrages et les lacs collinaires, et les eaux souterraines telles que les nappes phréatiques ou aquifères, nappes profondes.

##### **I.4.1 Les eaux de surface**

Ce type des eaux englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages...). La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leur parcours dans l'ensemble des bassins versants. Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. C'est à cause de ça que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement. [3]

##### **I.4.2 Les eaux souterraines :**

Ce sont des eaux de nappe phréatique, leur origine est représentée par l'accumulation des infiltrations d'eau dans le sol qui varient en fonction de porosité et de structure.

Les eaux souterraines sont habituellement de bonne qualité. La composition des eaux souterraines est fonction de la composition des sols qui les contiennent. On peut cependant noter d'une façon générale l'absence d'oxygène, une faible turbidité, et une forte minéralisation. De plus, les eaux souterraines sont de composition relativement constante. La présence de fer et de manganèse et l'agressivité de l'eau due à la haute teneur en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) sont les principales sources de problèmes avec ces eaux. [1]

#### **I.5 Ressources non conventionnelles**

On désigne les eaux usées, les eaux de mer, les eaux saumâtres et les eaux de toute origine injectées dans les systèmes aquifères par la technique de la recharge artificielle. [4]

##### **I.5.1 Eaux usées traitées**

Les eaux usées sont considérées comme un mélange de plusieurs éléments, notamment les effluents domestiques, qui comprennent les eaux-vannes (excréments, urine, boues fécales) et les eaux grises (issues du lavage, de la lessive et des bains). Elles incluent également les eaux provenant des commerces et des institutions, y compris les hôpitaux, les effluents industriels, les eaux pluviales et autres eaux de ruissellement urbain, ainsi que les eaux de ruissellement agricole.. [5]



Le recyclage des eaux usées pour la recharge artificielle des nappes phréatiques devient une solution prometteuse pour contrer les effets de la surexploitation des nappes. Cette technique offre plusieurs avantages, tels que l'augmentation de l'approvisionnement en eau, le renforcement des réserves, la préservation des zones humides, ainsi que la prévention de l'intrusion d'eau salée dans les aquifères.[5]

### I.5.2 Eaux saumâtres

Il s'agit d'une eau légèrement à moyennement salée, dont la teneur en sel varie entre 1 et 10 g/l. Elle peut se former suite à la rencontre entre des masses d'eau douce et d'eau salée. La déminéralisation est utilisée pour mobiliser ces eaux. Elles peuvent parfois être des eaux de surface, mais ce sont souvent des eaux souterraines qui, en traversant les sols, se chargent en sels dissous. La composition de ces eaux dépend des sols traversés, avec des sels dissous tels que le  $\text{CaCO}_3$ , le  $\text{CaSO}_4$ , le  $\text{MgCO}_3$  et le  $\text{NaCl}$ . [6]

### I.5.3 Eaux de mer

Les eaux de mer couvrent 71 % de la surface terrestre et constituent une source d'eau brute utilisée principalement lorsque l'approvisionnement en eau douce est impossible. Elles se caractérisent par une forte concentration de sels dissous, connue sous le nom de salinité. Leurs propriétés physiques varient en fonction de la température, de la pression et de leur composition chimique. [6]

La caractéristique principale des eaux de mer est leur salinité, qui correspond à leur teneur totale en sels dissous, notamment les chlorures de sodium et de magnésium, ainsi que les sulfates et les carbonates.

La salinité moyenne des eaux de mers et océans est de 35 g/l dont : [6]

- 27,2 g/l de  $\text{NaCl}$ ,
- 3,8 g/l de  $\text{MgCl}_2$ ,
- 1,7 g/l de  $\text{MgSO}_4$ ,
- 1,26 g/l de  $\text{CaSO}_4$ ,
- 0,86 g/l de  $\text{K}_2\text{SO}_4$ .

Tableau 1: Type de l'eau selon la salinité [6]

Type d'eau	Salinité (mg/L)
Eau douce	< 500
Eau légèrement saumâtre	1 000 – 5 000
Eau modérément saumâtre	5 000 – 15 000
Eau très saumâtre	15 000 – 35 000
Eau de mer	35 000 – 42 000

## **I.6 Les ressources en eau en Algérie**

L'Algérie est divisée en cinq bassins hydrographiques, englobant 17 bassins versants. Les ressources en eau sont inégalement réparties, tant sur le plan géographique que sur celui de leur quantité ou de leur type (eaux de surface ou souterraines). [7]

La pluviométrie est le paramètre clé pour évaluer ces ressources, variant de plus de 2000 mm/an dans les hauts reliefs près de la Méditerranée à moins de 100 mm/an au nord du Sahara. Les précipitations annuelles moyennes suivent une tendance Nord-Sud, marquant des zones climatiques, avec toutefois des écarts notables entre l'Est et l'Ouest du pays. [7]

## **I.7 Disponibilités en eau en Algérie :**

L'Algérie, comme de nombreux autres pays situés dans des régions arides et semi-arides, est confrontée à des défis majeurs en ce qui concerne la disponibilité en eau. Les ressources hydriques du pays sont limitées et inégalement réparties .

### **I.7.1 Les ressources en eau de surface**

Les récentes études effectuées dans le cadre du Plan National de l'Eau par l'ANRH et la DGAH, qui tiennent compte des années de sécheresse, évaluent les ressources en eau de surface à 12,4 milliards de m<sup>3</sup>, réparties sur différents bassins hydrographiques. [8]

### **I.7.2 Les ressources en eaux souterraines**

L'Algérie possède deux principales régions d'eaux souterraines :

- Le nord du pays.
- Le sud du pays.

#### **I.7.2.1 Dans le Nord du pays**

Les eaux souterraines, évaluées par les services techniques de l'ANRH et de la DGAH dans le cadre du Plan National de l'Eau, s'élèvent à environ 1,9 milliard de m<sup>3</sup>. Ces ressources, relativement plus faciles à exploiter, sont actuellement utilisées à plus de 90 %, et de nombreuses nappes sont en situation de surexploitation critique. On estime plus de 12 000 forages, 9 000 sources et 100 000 puits qui exploitent ces nappes pour répondre aux besoins en eau potable, industrielle et pour l'agriculture. [8]

#### **I.7.2.2 Dans le Sud du pays**

Le sud algérien correspond à une zone désertique d'environ 2.156.000 km<sup>2</sup>, soit 85% du territoire global du pays, avec une population qui dépasse les trois (03) millions d'habitants. Les précipitations sont rares dans cette région où les pluies torrentielles provoquent des crues violentes et dévastatrices. [8]

Ainsi, au niveau de ce grand espace, l'essentiel des ressources en eau est localisé dans deux grands systèmes aquifères : la nappe du Continental Intercalaire (ou Albienne), et la nappe du Complexe Terminal. [8]

### **I.7.3 Les eaux marines**

L'Algérie dispose d'une côte méditerranéenne d'environ 1 200 kilomètres, ce qui lui confère un potentiel pour l'exploitation des ressources marines, y compris les ressources en eau. Toutefois, l'utilisation de l'eau marine en Algérie est principalement orientée vers le dessalement, afin de satisfaire les besoins en eau douce, en particulier dans les régions côtières où cette ressource est rare..

### **I.8 Normes de qualité d'une eau potable**

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Pour pouvoir être consommée en toute sécurité, l'eau doit répondre à des critères de potabilité très stricte dictée par le Ministère de la Santé et le Conseil Supérieur du secteur d'Hygiène Publique. Ces normes varient en fonction de la législation en vigueur et selon qu'il s'agit d'une eau destinée à la consommation humaine. [9]

### **I.9 Critères de potabilité d'une eau destinée à la consommation**

A ce jour, il existe plusieurs critères de potabilité de l'eau, que l'on peut regrouper en cinq grands paramètres : [10]

#### **I.9.1 Les paramètres physico-chimiques :**

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

#### **I.9.2 Les paramètres organoleptiques :**

Ils concernent la couleur, le goût et l'odeur de l'eau. L'eau doit être agréable à boire, claire et sans odeur.

#### **I.9.3 Les paramètres microbiologiques :**

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

#### **I.9.4 Les paramètres liés aux substances indésirables :**

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

#### **I.9.5 Les paramètres liés aux substances toxiques**

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

### **I.10 Norme de potabilité sur les sels**

Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne signifie donc pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur . [10]

Les normes de potabilité d'une eau diffèrent selon la législation des pays. ci-dessous présente les normes définies par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) ainsi que par l'Algérie concernant la salinité totale et les différents sels présents dans l'eau

Tableau 2 : Norme de potabilité fixé par l'OMS et l'Algérie [11]

Paramètres	Norme Algérie	Normes OMS
Turbidité (NTU)	1-2	< 1
pH	6,5-8.5	6,5 _ 9.5
Conductivité ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )	2800 à 25°C	180 1000 à 20°C
Dureté totale ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}\text{CaCO}_3$ )	200	200
Calcium ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ )	75-200	-
Magnésium ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ )	0,4	0,4
Sodium ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ )	200	200
Chlore ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ )	200-500	250
Aluminium ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ )	0,2	0,2
Fer ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ )	0,3	0,3
Cuivre ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ )	0,05-1,5	1,0
Zinc ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ )	1-5	3,0
Manganèse ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ )	0,5	0,1
chlorite résiduel ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ )	-	0,6-1,0
Sulfates ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ )	200- 400	250
Bore ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ )	0,3	0,5

## Conclusion

En conclusion, la répartition inégale des ressources en eau sur Terre et en Algérie souligne l'importance cruciale d'une gestion efficace et durable de cette ressource précieuse. La relation complexe entre les ressources en eau disponibles et les besoins croissants des populations met en évidence la nécessité d'adopter des stratégies de gestion intégrée pour répondre aux défis actuels et futurs.

Les pouvoirs publics ont décidé de s'orienter vers une politique de mobilisation des ressources en eau non conventionnelles, à savoir le dessalement d'eau de mer, des eaux saumâtres et le recyclage des eaux usées afin de pouvoir compenser le déficit en eau enregistré.

## **Chapitre II : Le dessalement de l'eau de mer**

## II. Le dessalement de l'eau de mer

### II.1 Introduction

La nécessité de dessaler l'eau de mer devient de plus en plus pressante dans de nombreuses régions du monde. En Méditerranée, les besoins en eau actuels et futurs connaissent une croissance notable. En Algérie, plus d'une décennie de sécheresse a révélé l'insuffisance des ressources en eau conventionnelles pour subvenir aux besoins de la population, incitant les autorités à explorer d'autres sources pour garantir l'approvisionnement en eau potable.

La solution la plus adaptée, indépendante des aléas climatiques, s'est avérée être le dessalement de l'eau de mer.

### II.2 Nécessité du dessalement de l'eau de mer

La Terre est couverte à 72 % d'eau, mais seulement 3 % de cette eau est douce. Sa répartition est inégale à travers le globe : 10 pays détiennent 60 % des réserves d'eau douce, tandis que 29 pays font face à de fréquentes sécheresses.

Sur le planisphère, on observe que l'Afrique, l'Inde et l'Asie mineure sont particulièrement affectées par le manque d'eau. Cette situation est due au climat aride en Afrique, ainsi qu'à l'insuffisance des nappes souterraines par rapport aux besoins en eau pour l'agriculture et la consommation. [11].

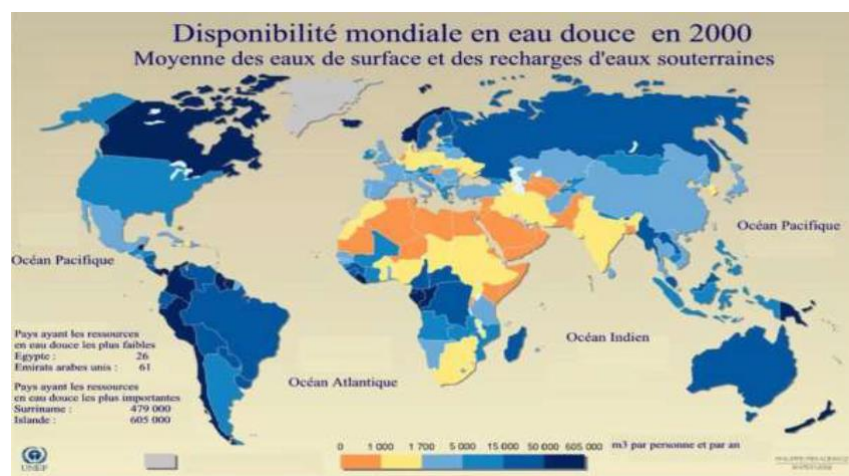


Figure 2:Disponibilité mondiale en eau douce [11]

Face à la demande croissante en eau douce et à l'impossibilité de se satisfaire des ressources naturelles, l'humanité est poussée à explorer et à développer différentes méthodes pour la produire à partir des eaux de mer, des eaux saumâtres et des eaux usées, dans des conditions techniquement et économiquement viables. [12].

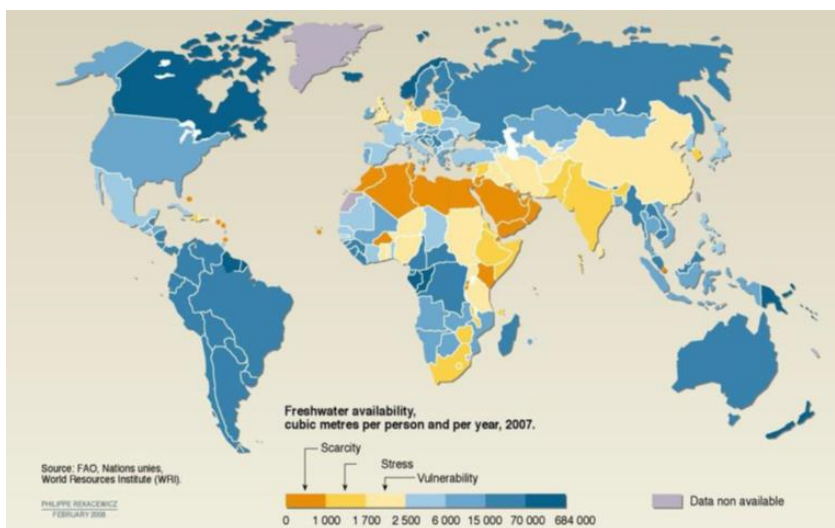


Figure 3: Carte de vulnérabilité [11]

En résumé, les besoins en eau présents et futurs ne peuvent être couverts et satisfaits que si des ressources non conventionnelles (recyclage et dessalement de l'eau) sont utilisées.

**II.2.1 Indicateurs de ressources : seuil de tension, seuil de pénurie**

Rapportées aux populations, les ressources en eau par habitant sont révélatrices des niveaux de richesse ou de pauvreté d'un pays. On distingue en général deux seuils : le seuil de pauvreté ou de tension et le seuil de pénurie avec comme valeurs limites les valeurs suivantes : [1]

	Ressource en m <sup>3</sup> /an/habitant
Seuil de tension	< 1 000
Seuil de pénurie	500

L'indice d'exploitation I est, aussi, un indicateur intéressant à connaître, pour un pays donné, car il permet de quantifier les marges disponibles

$$I_{exp} = \frac{\text{Quantités d'eau prélevées}}{\text{Ressources renouvelables disponibles}}$$

Actuellement, des pays tels que la Libye, Israël(Palestine occupée) ont des indices d'exploitation supérieurs à 100 %, ce qui veut dire qu'ils font appel à des ressources non renouvelables : eaux fossiles, dessalement... [1]

Les indices d'exploitation sont de l'ordre de 100 % pour l'Égypte et la Jordanie et supérieurs à 50 % pour Malte et la Tunisie. Il est généralement admis que les indices d'exploitation : [1]

- égaux ou supérieurs à 25 % sont révélateurs de tensions locales.
- Au-dessus de 50 0/0, ils annoncent des pénuries conjoncturelles plus fréquentes et plus régionales.
- Aux approches de 100 % et a fortiori au-dessus, ils indiquent des pénuries structurelles généralisées.

### II.3 Situation de dessalement dans le monde

Beaucoup de régions dans le monde souffrent du manque en eau douce, à savoir les régions arides et désertiques où l'accessibilité à l'eau de rivière devient presque impossible. Malgré des progrès importants, le problème de l'eau potable se pose toujours et représente un enjeu technique, économique et politique majeur du XXIème siècle.

#### II.3.1 Le manque de l'eau potable dans le monde

Les causes de la raréfaction de l'eau sont multiples, notamment le changement climatique, l'agriculture intensive et la croissance démographique. Cette situation oblige les États à repenser leurs politiques hydriques, essentielles pour garantir leur stabilité, leur résilience et leur souveraineté.

La région du Moyen-Orient et d'Afrique du Nord (MENA) est particulièrement touchée par le manque d'eau. En un peu plus de 25 ans, entre 1975 et 2001, la disponibilité d'eau douce par habitant dans cette région a été réduite de moitié, passant de 3 000 m<sup>3</sup> à 1 500 m<sup>3</sup> par habitant. De plus, une étude de la Banque Mondiale a montré que l'écart entre la demande et l'offre d'eau dans les pays de la région MENA pourrait quintupler d'ici 2050, passant de 42 km<sup>3</sup> par an à environ 200 km<sup>3</sup> par an. [13]

Parmi les solutions en cours de développement pour palier au problème des ressources en eau, deux présentent un intérêt particulier :

- La réutilisation des eaux usées dans l'agriculture .
- Le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres.

Le dessalement d'eau s'impose progressivement comme la solution de premier plan pour faire face au stress hydrique croissant.

Les Nations unies prévoient qu'en 2025, deux tiers de la population mondiale seront confrontés à ces défis liés à l'eau. La capacité de dessalement installée était de 60 m<sup>3</sup> par jour en 2010 et a presque doublé en 2015. En 2020, la capacité mondiale de dessalement était estimée à environ 180 millions de mètres cubes par jour (m<sup>3</sup>/j), ce qui permettait de produire environ 20 % de l'eau potable dans les régions arides et semi-arides du monde. [14]



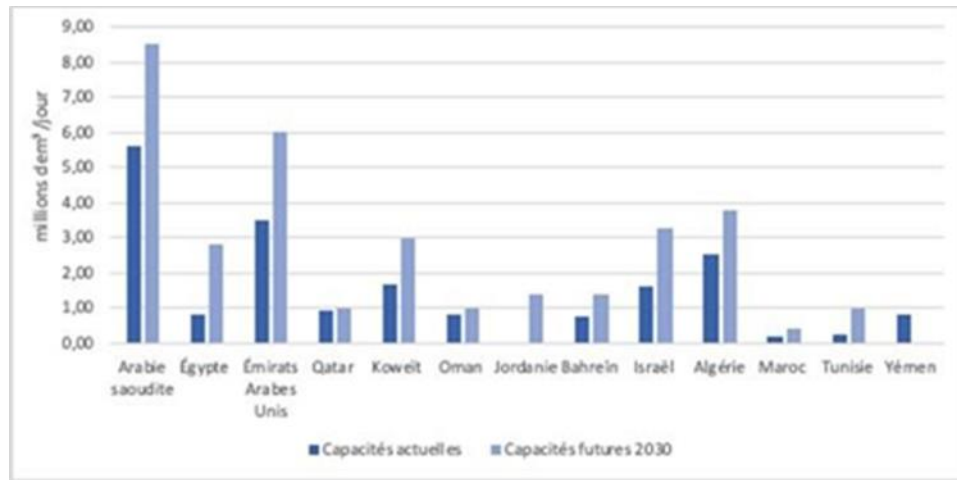


Figure 4:Évolution des capacités de dessalement d’eau de mer au Moyen-Orient et en Afrique du Nord [14].

### II.3.2 Capacité de dessalement installé à l’échelle mondiale

La capacité de production des usines de dessalement a connu une augmentation rapide au cours des dernières décennies. La plupart des installations de grande capacité sont situées au Moyen-Orient, où le dessalement de l'eau de mer représente 65 % de la capacité mondiale totale de dessalement. [13].

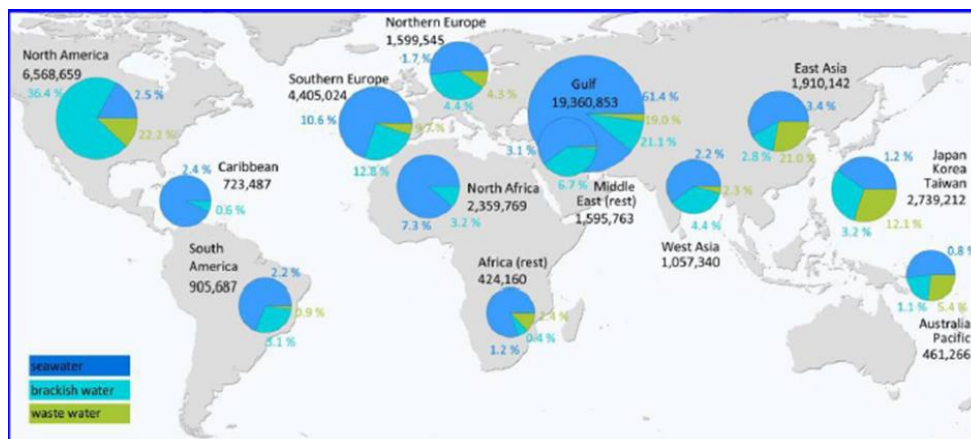


Figure 5:Capacité globale de dessalement en m3/j et % [13]

▪ Les dix plus grandes usines de dessalement dans le monde : [15]

pays	capacité
<b>Ras Al Khair, Arabie Saoudite</b>	1 036 000 m <sup>3</sup> /jour : Procédé hybride qui utilise à la fois des technologies de flash thermique à plusieurs étages (MSF) et d'osmose inverse (OI).
<b>Taweelah , Émirats arabes unis</b>	909 200 m <sup>3</sup> /jour : Taweelah est la plus grande usine de dessalement par osmose inverse autonome au monde et a commencé à exporter 230 000 m <sup>3</sup> /jour sur les 909 200 m <sup>3</sup> /jour d'eau prévus en 2022.
<b>Shuaiba 3, Arabie Saoudite</b>	880 000 m <sup>3</sup> /jour : L'usine de dessalement fonctionne par distillation flash multi-étages (MSF) et peut produire 678 000 m <sup>3</sup> /jour d'eau potable dont 583 080 m <sup>3</sup> /jour destiné au réseau d'eau potable, le reste étant consommé par l'usine et la centrale.
<b>Jubail Water and Power Company, Arabie Saoudite</b>	800 000 m <sup>3</sup> /jour :usine de dessalement par distillation multiple-effets MED
<b>Umm Al Quwain (UAQ), EAU</b>	682 900 m <sup>3</sup> /jour : Usine de dessalement par osmose inverse. Prévu pour être commercialement opérationnel au troisième trimestre de 2022.
<b>DEWA Station M, Dubaï</b>	636 000 m <sup>3</sup> /jour : Utilise la technologie de distillation flash à plusieurs étages (MSF) est utilisée.
<b>Sorek, Israël</b>	624 000 m <sup>3</sup> /jour : Usine de dessalement par osmose inverse (OI)
<b>Jubail 3A IWP, Arabie Saoudite</b>	600 000 m <sup>3</sup> /jour : Le projet de dessalement par osmose inverse de l'eau de mer entièrement nouveau devrait être mis en exploitation commerciale au quatrième trimestre de 2022.
<b>Sorek 2, Israël</b>	570 000 m <sup>3</sup> /jour : En mai 2020, IDE Technologies et Bank Leumi ont construit la deuxième nouvelle usine de dessalement par osmose inverse à Sorek.
<b>Fujairah 2, Émirats arabes unis</b>	591 000 m <sup>3</sup> /jour : Deuxième hybride à rejoindre la liste mais cette fois aux EAU, Fujairah 2 s'empile à 591 000 m <sup>3</sup> /jour..

### II.3.3 Situation en méditerranée

La Méditerranée abrite 60 % de la population mondiale considérée comme "pauvre" en eau, c'est-à-dire ayant moins de 100 m<sup>3</sup> par habitant et par an de ressources en eau renouvelables. Pour faire face à cette situation, les pays méditerranéens se tournent vers des sources alternatives d'approvisionnement, telles que le dessalement de l'eau de mer. [16]

Actuellement, la production totale d'eau à partir des eaux de mer en Méditerranée est d'environ 4 millions de mètres cubes par jour, ce qui représente 14 % de la capacité mondiale. L'Espagne, qui contribue à hauteur de 8 % de la production mondiale, est le troisième pays producteur d'eau dessalée au monde et le premier en Méditerranée.

Alors que les procédés thermiques dominent dans les pays du Golfe et de la mer Rouge, l'osmose inverse est la méthode la plus utilisée en Méditerranée, détenant plus de 70 % de parts de marché. [16]

### II.3.4 Situations de dessalement en Algérie

L'Algérie possède des ressources en eau très limitées, principalement situées dans le nord du pays, où vivent les trois quarts de la population[13]. Des études récentes indiquent une insuffisance en eau au cours des dernières années, plaçant l'Algérie, selon la Banque mondiale, parmi les pays qui se trouvent sous le seuil de la pénurie d'eau. Cette situation est exacerbée par l'irrégularité des pluies, des infrastructures hydrauliques insuffisantes et une gestion inefficace des ressources en eau, tant souterraines que superficielles.

Au cours des 20 dernières années, le taux de pluviométrie en Algérie a diminué de 30 % par rapport à la moyenne des années précédentes. Cette sécheresse, qui risque de s'aggraver dans le futur, a des conséquences négatives sur l'écoulement des rivières, le remplissage des barrages et l'alimentation des aquifères souterrains[17]. En conséquence, l'Algérie est actuellement classée 14ème parmi les pays manquant le plus d'eau, et d'ici 2025, elle pourrait se retrouver à la 6ème place[18].

#### II.3.4.1 Les stations de dessalement en Algérie

Objet d'une dynamique de développement qui a toujours été au cœur des préoccupations des hautes autorités de l'État, les ressources en eau illustrent mieux que tout autre secteur le bond en avant spectaculaire réalisé par l'Algérie depuis le début des années 2000. En effet, le stress hydrique qui a affecté le pays dans les années 90 a poussé les pouvoirs publics à engager un programme d'urgence visant à sécuriser l'approvisionnement en eau potable des zones côtières, notamment par le recours au dessalement de l'eau de mer. [19]

Selon une étude du centre de développement des énergies renouvelables :

- En 1964 : Trois petites unités de 8 m<sup>3</sup>/j chacune ont été installées à Arzew.
- En 1969 : Une unité monobloc de 4560 m<sup>3</sup>/j a été mise en place.
- Années 1980 : Unité de dessalement par osmose inverse de 57600 m<sup>3</sup>/j, la plus grande au monde à l'époque.

Avec une pluviométrie irrégulière, en moyenne comprise entre 100 et 600 mm/an, la crise de l'eau dans les villes du nord devient de plus en plus pesante, et les ressources conventionnelles se révèlent nettement insuffisantes. [19]

#### II.3.4.2 Les grandes stations en Algérie

Un tableau qui résume les plus grandes stations en Algérie dans la période 2008 à 2015. . [19 ;20]

Tableau 3: Les grandes stations de dessalement en Algérie

WILAYA	STATION	MISE EN SERVICE	CAPACITE DE PRODUCTION (m <sup>3</sup> /j)
Alger	El hamma	2008	200 000
Alger	El marsa	2022	60 000
Oran	Mactaa	2015	500 000
Oran	Kahrma Arzew	2005	90 000

<b>Tlemecen</b>	Honaine	2010	200 000
<b>Telemcen</b>	Souk Tlata	2010	200 000
<b>Boumerdes</b>	Cap djenet	2010	100 000
<b>Skikda</b>	Skikda	2009	100 000
<b>Ain Tmouchent</b>	Benisaf	2009	200 000
<b>Chelef</b>	Tenes	2010	200 000
<b>Mostaganem</b>	Mostaganem	2010	200 000
<b>Tipaza</b>	Fouka	2010	120 000
	<b>TOTAL</b>		<b>2 170 000</b>

L'année 2021 a connu une intensification des conditions de sécheresse, avec des impacts significatifs sur l'agriculture et l'approvisionnement en eau. Afin d'assurer au moins 40% de l'eau potable, le ministère de l'énergie, a indiqué que des instructions fermes ont été données pour engager les travaux de réalisation de cinq stations de dessalement d'eau de mer à : [20]

- Zeralda avec une capacité de 300 000 m<sup>3</sup>/jour
- El Taref (300 000 m<sup>3</sup>/jour ),
- Béjaïa(70 000 m<sup>3</sup>/jour )
- skikda avec une capacité de 70 000 m<sup>3</sup>/jour.
- Oran avec une capacité de 300 000 m<sup>3</sup>/jour

Ces usines de dessalement jouent un rôle important dans la résolution des problèmes de pénurie d'eau en Algérie.

## II.4 Caractéristiques de l'eau de mer

### II.4.1 Matières organiques

Les basses concentrations de matières organiques dans l'eau de mer rendent leur analyse chimique très compliquée. Les composants sont difficiles à isoler car ils sont dilués dans un milieu contenant beaucoup d'autres éléments à de plus fortes concentrations. Par convention, on sépare par filtration sur des filtres de 0,5 µm les matières dissoutes des matières organiques particulières.

### II.4.2 la salinité

La salinité mesure la concentration de sel dissous dans l'eau, exprimée en grammes par litre (g/L). Sa valeur la plus basse est généralement observée près des pôles, et elle augmente à mesure que l'on se rapproche de l'équateur .

La pression osmotique de l'eau de mer est d'environ 26 bars et le pH est de 7,5 à 8,4 (l'eau de mer est un milieu légèrement basique) [21]

Les principaux éléments qui contribuent de manière significative à la masse des sels dissous dans les océans comprennent 11 éléments différents, et leurs concentrations sont répertoriées dans le tableau :

Tableau 4: Concentrations des Principaux Éléments Contribuant à la Masse des Sels Dissous dans les Océans

Ions chimiques	Concentration [ppm]	Pourcentage de la teneur totale en sel[%]
Chloride Cl <sup>-</sup>	19,345	55.0
Sodium Na <sup>+</sup>	10,752	30.6
Sulfate SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	02,701	7.6
Magnesium Mg <sup>2+</sup>	01,295	3.7
Calcium Ca <sup>2+</sup>	416	1.2
Potassium K <sup>+</sup>	390	1.1
Bicarbonate HCO <sub>3</sub> <sup>3-</sup>	145	0.4
Bromide Br <sup>-</sup>	66	0.2
Borate BO <sub>3</sub> <sup>3-</sup>	27	0.08
Strontium Sr <sup>2+</sup>	13	0.04
Fluoride F <sup>-</sup>	01	0.003

### II.4.3 La température

La température de l'eau de mer est directement influencée par les échanges thermiques entre la masse d'eau et son environnement. Une température élevée de l'eau stimule la croissance des micro-organismes et peut accroître les problèmes liés au goût, à l'odeur, à la coloration et à la corrosion[21]

### II.4.4 Le PH

L'eau de mer est faiblement alcaline et son pH moyen est de 8.2 avec des variations entre 7 et 8,4. Les variations de pH ont une certaine analogie avec la salinité et la températures. [1]

### II.4.5 La conductivité:

Elle mesure la capacité de l'eau à conduire le courant électrique. La conductivité permet d'apprécier le degré de minéralisation de l'eau dans la mesure où la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La conductivité varie proportionnellement avec les fluctuations de la température, elle s'exprime en Us/cm.

Une conductivité élevée traduit soit des pH anormaux, soit le plus souvent une salinité élevée. Elle est mesurée avec un conductivimètre .

### II.4.6 Turbidité

La turbidité est définie comme la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. La turbidité d'une eau résulte de la présence de particules en suspension, notamment colloïdales, telles que les argiles, les limons, les grains de silice et les matières organiques.

La turbidité est un facteur crucial dans le dessalement de l'eau de mer, en particulier pour les procédés d'osmose inverse. Les particules en suspension, les sédiments et les matières organiques peuvent obstruer les membranes de filtration, réduisant ainsi l'efficacité et augmentant les coûts de maintenance. Il est donc essentiel de surveiller et de contrôler la turbidité de l'eau de mer en amont, grâce à des systèmes de prétraitement. Cela

permet de produire une eau potable de haute qualité et de prolonger la durée de vie des équipements de dessalement..[22]

Tableau 5:Caractéristiques des eaux de mer méditerranée [1].

Propriétés	Minimum	Moyenne	Maximum
Température (°C)	12,7	17,7	27,5
pH	7,74	8,12	8,40
Turbidité (NTU)	0,11	0,45	1,81
Conductivité (mS.cm <sup>-1</sup> )	54,1	56,8	58,9

#### II.4.7 La viscosité

La viscosité de l'eau de mer est une mesure importante qui influence divers processus océaniques et industriels, y compris le dessalement. La viscosité dépend de plusieurs facteurs, notamment la température, la salinité et la pression. En général, la viscosité de l'eau de mer diminue avec l'augmentation de la température et augmente avec l'augmentation de la salinité.

Valeurs Typiques de la Viscosité : une température de 20°C et une salinité de 35 g/kg (typique pour l'eau de mer), la viscosité dynamique de l'eau de mer est d'environ : $1.08 \times 10^{-3}$  Pa·s .

#### II.4.8 Densités des eaux de mer

Rapport de la masse volumique de l'eau de mer à celle de l'eau distillée à une température de 4 °C. La densité des océans est en moyenne de l'ordre de 1.035 à 1.036. Elle varie avec la salinité, la température et la pression.

#### II.4.9 Matières en suspension

Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux. Les teneurs élevées en matières en suspension peuvent être considérées comme une forme de pollution ; Les normes en vigueur préconise que les matières en suspension doivent être absentes dans l'eau destinée à la consommation humaine.

### II.5 Classification des divers procédés de dessalement

Le dessalement de l'eau de mer est un processus qui permet d'éliminer les sels de l'eau salée ou saumâtre. Plusieurs procédés de dessalement ont été développés et commercialisés à l'échelle mondiale. Le choix du procédé à utiliser dépend généralement de la disponibilité de la source d'énergie nécessaire pour faire fonctionner l'appareillage de dessalement..[1]

Les principales techniques de dessalement mondialement connues sont :

- Les procédés thermiques faisant intervenir un changement de phases.
- Les procédés utilisant des membranes.

### II.5.1 Procédés thermique

On a deux procédées :

- La distillation.
- La congélation.

#### II.5.1.1 La distillation

L'eau de mer chauffée émet une vapeur d'eau pure, qui peut être condensée pour obtenir de l'eau douce. Ce principe de dessalement, très simple, est utilisé depuis longtemps dans diverses applications, notamment dans les systèmes de distillation..

##### II.5.1.1.1 Distillation à simple effet

Son principe est simple : il reproduit le cycle naturel de l'eau. Dans une enceinte fermée, un serpentin de réchauffage porte l'eau de mer à ébullition. La vapeur produite se condense au contact d'un deuxième serpentin alimenté par de l'eau de mer froide. Un éjecteur (ou une pompe) évacue les gaz incondensables. Un groupe électropompe soutire l'eau condensée, tandis qu'un second extrait l'eau de mer concentrée ou la saumure.. [1]

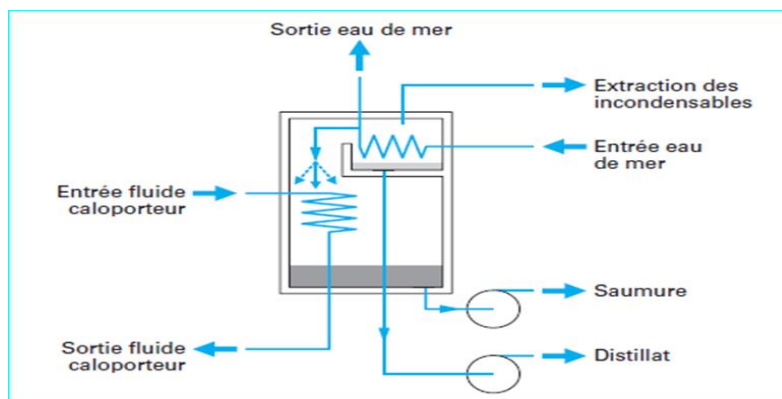


Figure 6: Le principe la distillation a simple effet [24]

##### II.5.1.1.2 Distillation à effets multiples (Multi Effet Distillation MED) :

La distillation à multiples effets est un processus conçu pour maximiser la récupération de chaleur à travers la condensation et l'évaporation sous pression réduite. Ce système est composé de plusieurs cellules, chacune fonctionnant comme un effet simple. Dans un premier temps, de l'eau de mer est chauffée dans la première cellule, atteignant ainsi la température la plus élevée. La vapeur produite est ensuite transférée à la cellule suivante, où la pression est légèrement inférieure, ce qui permet l'évaporation de l'eau de mer présente dans cette cellule, constituant ainsi le deuxième effet. Ce processus peut être répété plusieurs fois, avec une diminution progressive de la température d'ébullition, limitée par la température de l'eau de mer froide.[1]

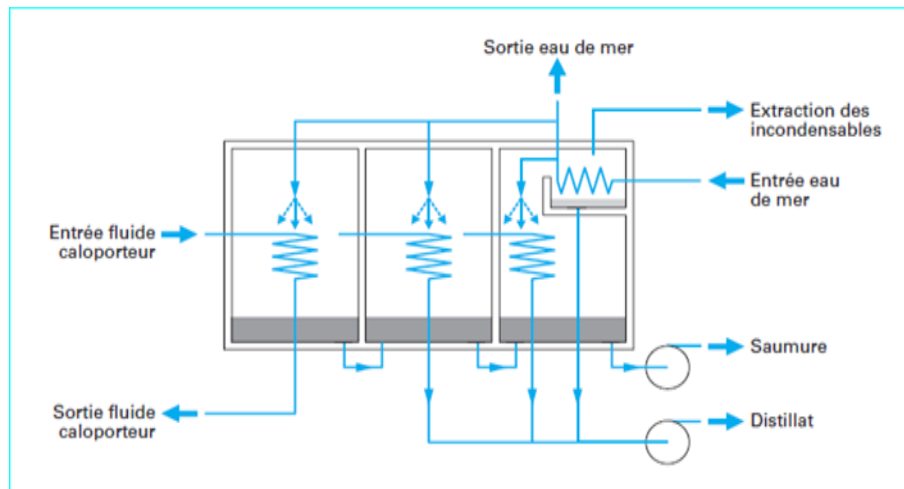


Figure 7: Le principe de la distillation à effet multiple (MED) [24]

### II.5.1.2 La Congélation

C'est un procédé physique basé sur un changement de phase qui ne nécessite pas l'utilisation de réactifs ou de produits additionnels. Le principe de base repose sur le fait que, lorsqu'une solution aqueuse (comme l'eau de mer) est congelée, les cristaux de glace formés sont composés d'eau pure, tandis que le soluté ou le polluant reste dans la phase liquide. [1]

L'image du procédé de congélation que l'on peut mémoriser est que le cristal de glace en cours de formation ne se « nourrit » que de molécules d'eau pures.

### II.5.2 Les procédés membranaires

On a deux majeurs procédés :

- L'électrodialyse
- L'osmose inverse

#### II.5.2.1 L'électrodialyse

L'électrodialyse est un procédé électrochimique qui permet d'extraire les ions présents dans une solution. L'extraction des ions se fait par la migration de ceux-ci à travers des membranes sélectives, qui sont anioniques (A) ou cationiques (C), sous l'effet d'un champ électrique. Ainsi, seuls les anions peuvent traverser une membrane anionique, tandis que seuls les cations peuvent passer à travers une membrane cationique. En disposant plusieurs membranes en parallèle, alternant la passage des ions positifs et négatifs, il est possible d'éliminer certains ions de l'eau. Ce procédé permet d'obtenir divers effets de dessalement. Cependant, dans le cas du dessalement profond, un problème d'entartrage peut survenir, lié à la précipitation de sédiments tels que le  $\text{CaCO}_3$ , le  $\text{CaSO}_4$  et le  $\text{Mg(OH)}_2$  sur la surface des membranes. [1]



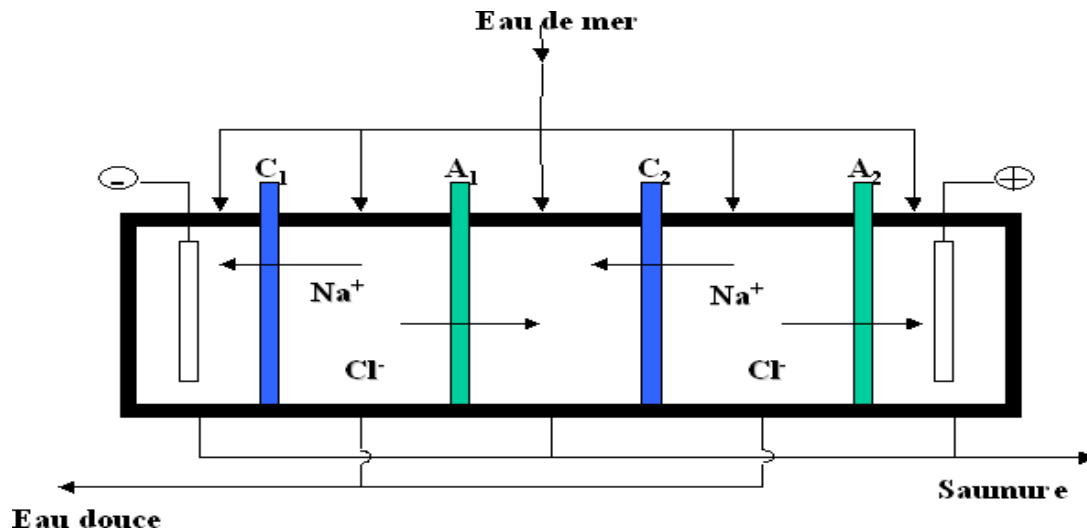


Figure 8:L'electrodialyse [24]

### II.5.2.2 L'osmose inverse :

Le processus de dessalement par osmose inverse repose sur l'utilisation de membranes semi-perméables, qui permettent le passage de l'eau tout en étant imperméables aux sels. En conditions normales, lorsque cette membrane sépare deux solutions de concentrations salines différentes, l'eau s'écoule de la solution moins concentrée vers la solution plus concentrée, un phénomène naturel connu sous le nom d'osmose. Cependant, en appliquant une pression suffisante sur le côté de la solution à haute concentration en sel, il est possible d'inverser ce processus. L'eau pure peut alors migrer de la zone la plus saline vers la zone la moins saline, ce qui constitue le principe fondamental de l'osmose inverse..[1]

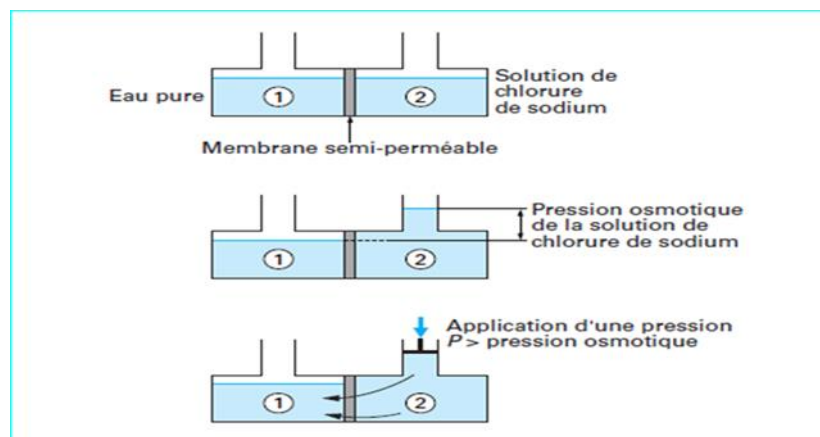


Figure 9:Principe d'osmose inverse [24]

#### II.5.2.2.1 Conception d'une usine d'Osiose Inverse :

Une usine de dessalement d'eau de mer par OI comprend essentiellement :

- un système d'alimentation en eau de mer ;
- un ensemble de prétraitements physico-chimiques de l'eau de mer ;

- un dispositif de mise en pression de l'eau prétraitée ;
- l'osmoseur proprement dit ;
- un système de récupération de l'énergie du concentrât ;
- un ensemble de post-traitements du perméat ;
- un poste de nettoyage chimique des membranes

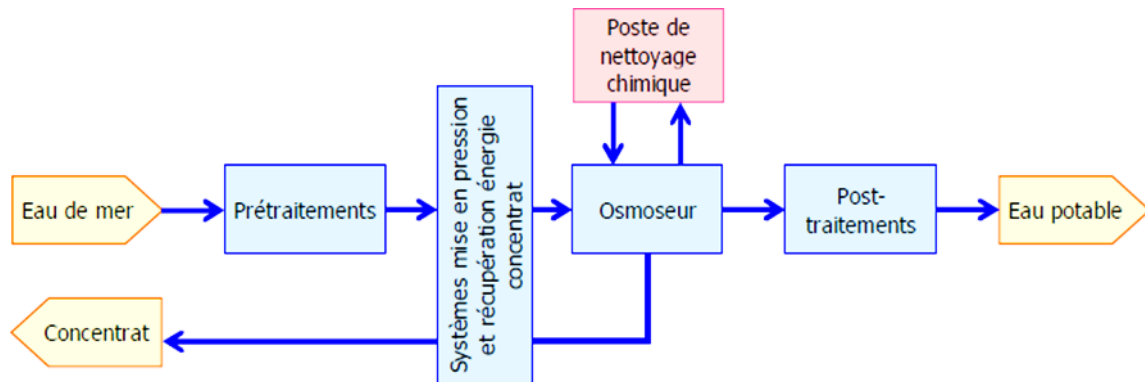


Figure 11:Schéma de principe d'une usine d'osmose inverse

## II.6 Le colmatage des membranes

Le colmatage désigne l'ensemble des phénomènes physiques, chimiques et biologiques qui se produisent à l'interface entre la membrane et la solution, ou au sein du volume poreux de la membrane. Ces phénomènes entraînent une altération des propriétés filtrantes de la membrane, à l'exception des effets liés à la compaction et aux propriétés chimiques.. [23]

Le colmatage résulte du passage de la matière de la phase liquide à la phase solide. Rejetée par la membrane, cette matière non transportée par le flux de concentrat s'accumule et forme dans le temps un dépôt sur et/ou dans la structure du matériau membranaire . Le colmatage résulte également des attractions entre solutés et/ ou entre soluté et membrane, le solvant à son tour peut être un facteur favorisant ces attractions . [23]

L'origine des dépôts peut être variée : [23]

- Concentration trop élevée;
- Présence de matières en suspension qui se déposent sur les membranes .
- Réaction d'adsorption entre certaines molécules et le matériau membranaire.

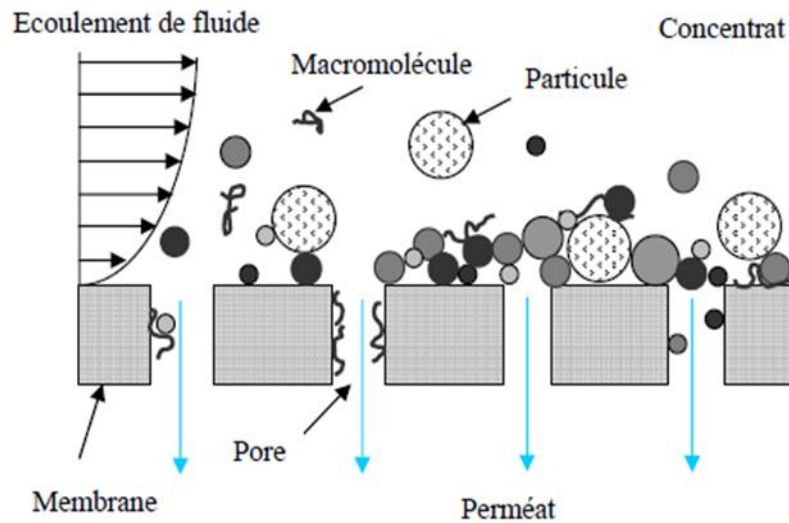


Figure 12: Accumulation des différentes matières sur, dans et au voisinage de membrane [23]

### II.6.1 Nature du colmatage

L'encrassement, également connu sous le terme de « colmatage inorganique », se divise généralement en quatre types principaux qui se produisent sur les surfaces membranaires d'osmose inverse : le colmatage organique, le colmatage par les matières colloïdales et le bio-colmatage (biofouling) [24].

En effet, un très large spectre d'espèces peuvent contribuer au colmatage, comme des macromolécules organiques, des substances organiques et inorganiques dissoutes, des particules colloïdales, des particules en suspension et divers microorganismes.

### II.6.2 Conséquences du colmatage sur les performances des membranes d'osmose inverse

Les conséquences principales du colmatage sont répertoriées comme suit :

- Diminution du flux de perméat.
- Variation de la sélectivité.
- Dégradation et /ou diminution de la vie active des membranes.
- Augmentation des Coûts d'Entretien .

### II.6.3 Détermination du caractère colmatant

L'indice de colmatage (SDI) est un paramètre clé caractérisant le potentiel d'encrassement, défini par la norme D4189 de l'American Society for Testing and Materials (ASTM). C'est l'indice d'encrassement le plus largement appliqué pour l'osmose inverse de l'eau de mer, en raison de sa simplicité et de son acceptation étendue par l'industrie.

Un essai de SDI consiste à filtrer un liquide à travers une membrane de 0,45  $\mu\text{m}$  de diamètre de pores (microfiltration) et d'une surface filtrante de  $1,73 \times 10^{-4} \text{ m}^2$  (équivalent au diamètre de membrane de 47 mm) sous une pression transmembranaire constante de 2,07 bars (30 PSI).

⇒ **Procédure de mesure :**

Afin de mesurer ce paramètre, plusieurs étapes doivent être respectées :

- placer la membrane d'ester de cellulose de marque Millipore de porosité 0,45 µm sur le support et l'humidifier ;
  - purger l'air du circuit ;
  - ajuster la pression à 2,07 bars ;
  - lancer le chronomètre et la filtration de l'eau en même temps et ne plus arrêter le chronomètre et la filtration pendant la durée de l'opération
- La pression est maintenue constante (2,07 bars) pendant l'opération de filtration à travers la membrane de SDI.
  - L'indice  $SDI_T$  est exprimé en [%/minute] et calculé par :

$$SDI_T(\%/min) = \frac{(t_1 - t_0)}{t_1 \times T} \times 100$$

Avec :

- $t_0$  (sec) : le temps initial nécessaire pour filtrer 500 ml d'eau dans une éprouvette graduée .
- $t_1$  (sec) : le temps final nécessaire pour filtrer 500 ml d'eau dans une éprouvette graduée .
- $T$  (min) : la période de l'opération de filtration à travers la membrane .

Sachant que le  $SDI_5$  et le  $SDI_{15}$  correspondent respectivement à une durée de filtration de 5 min et de 15 min.

**Conclusion :**

Le dessalement de l'eau de mer par osmose inverse s'impose comme une solution incontournable pour pallier le déficit hydrique en Algérie, Cependant, le colmatage des membranes représente un défi significatif, affectant l'efficacité et la rentabilité des systèmes de dessalement. Une gestion proactive du colmatage, à travers le prétraitement de l'eau, des techniques de nettoyage adaptées, est cruciale pour assurer le succès et la durabilité des installations .

**Chapitre III : Techniques de prétraitement de l'eau  
de mer**

### **III. Techniques de prétraitement de l'eau de mer**

#### **III.1 Introduction**

Le prétraitement est l'un des principales filières dans les stations de dessalement de l'eau de mer, il évite la formation de dépôts sur les surfaces membranaires et afin de produire une eau conforme à l'alimentation des systèmes d'osmose inverse [3]. En plus, il a une importance prédominante tant en ce qui concerne les qualités physico-chimiques, organiques et microbiologiques de l'eau à traiter, ainsi en ce qui concerne la dureté de vie des membranes, et ce en minimisant le colmatage réversible ou irréversible à long terme [26].

Le prétraitement a pour but d'éliminer les matières décantables et de réduire les matières en suspension, ainsi que la turbidité.

#### **III.2 Le processus de prétraitement**

Pour garantir la qualité de l'eau brute alimentant une usine de dessalement, il est crucial de combiner divers processus de prétraitement adaptés aux spécificités de l'eau de mer.

La sélection des méthodes de prétraitement doit tenir compte des conditions les plus défavorables du site afin d'assurer un fonctionnement optimal de l'usine. Cela nécessite des études approfondies, comprenant l'échantillonnage et l'analyse de l'eau de mer, ainsi que l'exploitation de pilotes sur une période prolongée pour évaluer l'efficacité des solutions proposées.

En osmose inverse, une variété de techniques de prétraitement est appliquée telles que :

##### **III.2.1 La prise d'eau**

Le captage d'eau de source saline est crucial pour une usine de dessalement, car il assure un débit et une qualité constants d'eau tout au long de la durée de vie de l'usine. Le type et la configuration du captage influencent les contaminants présents dans l'eau, impactant la complexité du système de prétraitement nécessaire pour protéger les membranes de filtration. [27]

Deux types de captages sont couramment utilisés : les captages de surface et les captages souterrains.

##### **III.2.1.1 Captage souterraine**

Les prises d'eau souterraines captent l'eau à partir d'aquifères saumâtres ou salins pour approvisionner une usine de dessalement. Cette eau passe à travers les sols de l'aquifère, qui agissent comme un filtre naturel, éliminant ainsi les débris, les organismes marins et certaines matières organiques. Ce processus réduit le risque d'encrassement des membranes RO. Par conséquent, l'utilisation de prises d'eau souterraines simplifie généralement le prétraitement nécessaire par rapport à l'eau collectée par des prises d'eau de surface [27]

##### **III.2.1.2 Captage de surface**

Les captages de surface, qui prélèvent directement l'eau de plans d'eau via une structure de prise d'eau terrestre ou offshore et un pipeline reliant cette structure à l'usine

de dessalement. L'eau de source recueillie par ce type de captage contient généralement des débris, des solides grossiers et fins, du limon et des organismes aquatiques (ex. : poissons, algues, bactéries, etc.), qui rendent le prétraitement de cette eau plus complexe .

Les prises d'eau offshore ouvertes sont le type de prises d'eau le plus couramment construit pour les usines de dessalement d'eau de mer de moyenne et grande taille dans le monde entier. Ces systèmes de distribution d'eau comprennent les éléments clés suivants : une structure de prise d'eau en mer (tour de prise) ; un bassin de captage. [27]

### III.2.2 Tour de prise

La tour de prise est conçue pour capter l'eau de mer de manière efficace tout en minimisant l'entrée de débris et de matières indésirables. Elle joue un rôle crucial dans la protection des équipements en aval, comme les pompes et les membranes de filtration, en réduisant les risques d'encrassement et d'endommagement.[27]



Figure 13: Tour de prise d'eau offshore en acier [27]

### III.2.3 Bassin de captage

La fonction principale du bassin de captage dans une station de dessalement d'eau de mer est de capter les eaux de mer venantes de la partie offshore à travers des tours de prises situées à des centaines de mètres du rivage. Les eaux de mer captées sont stockées pour être par la suite pompées vers les installations de prétraitement en aval en utilisant des pompes d'eau de mer.

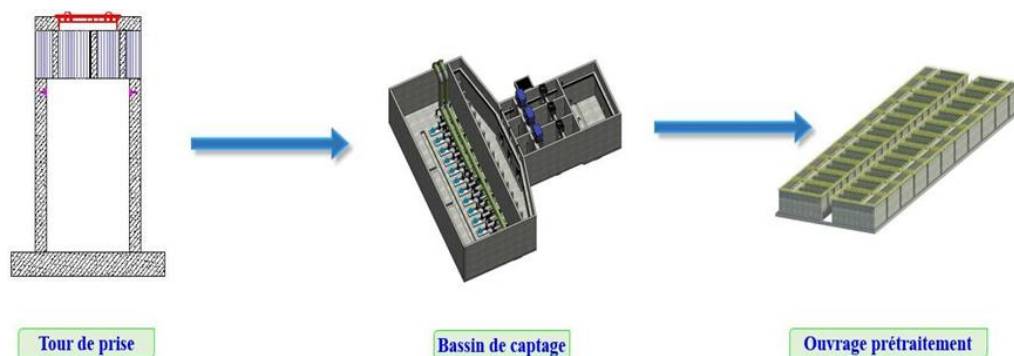


Figure 14 : Structure de traitement dans une sdem

### III.2.4 Traitement Préliminaire

Les principales méthodes de traitement préliminaire dans un processus de dessalement sont :

#### III.2.4.1 dégrillage

Les dégrilleurs d'entrée sont généralement à barres grossières avec une distance entre les barres de 50 à 300 mm . La longueur de la barre est généralement comprise entre 1,0 et 3,0 m et est déterminée en fonction de la distance maximale sélectionnée entre le limiteur de vitesse du tamis et la surface de l'eau et le fond. La vitesse maximale de conception à travers le dégrilleur varie en fonction de la teneur en méduses dans l'eau de source et se situe généralement dans une plage de 0,10 à 0,15 m/s. [27]

Généralement, les barres sont fabriquées en acier super duplex ou en alliages cuivre-nickel (ces derniers sont préférés) pour supprimer la croissance marine. La croissance des coquillages sur les grilles pourrait réduire l'espace ouvert entre les barres de plus de 50 % et, par conséquent, soit les barres doivent être nettoyées manuellement toutes les plusieurs années, soit la vitesse à travers la grille est augmentée de 0,10 cm/s . entre 0,12 et 0,15 m/s dans un délai de 1 à 2 ans après l'installation . [27]



Figure 15: Tour d'admission verticale avec tamis grossier. [27]

#### III.2.4.2 Tamisage

Il existe différents types de tamis fins :

##### III.2.4.2.1 Tamis rotatif

Les tamis à barres mécaniques autonettoyants fins ont généralement des ouvertures de 3 à 10 mm. ; Ils sont installés verticalement dans les canaux de prise d'eau en aval des tamis grossiers et sont équipés d'un équipement de nettoyage rotatif souvent associé à des buses de pulvérisation d'eau pour éliminer les débris de la surface du tamis. Ces buses pulvérisent périodiquement de l'eau de lavage fournie par des pompes dimensionnées pour 45 à 68 m<sup>3</sup> /h avec des pressions de 4 à 7 bars . [27]



Étant donné que l'une des fonctions principales des tamis fins est de protéger les pompes d'aspiration contre les dommages, les ouvertures réelles des tamis doivent être choisies pour être plus petites que la distance entre les roues des pompes d'aspiration. [27]



Figure 16 : Tamis grossiers de prise d'eau terrestre. [27]

#### III.2.4.2.2 Tamis a bande

Ces cribles mobiles verticaux sont constitués de panneaux de criblage individuels dotés d'ouvertures à mailles fines, fixés sur des chaînes à rouleaux de support et installés à leur tour sur des rails de guidage à ossature métallique. [27]

À mesure que l'eau de la source d'admission traverse les tamis, les débris contenus dans l'eau sont retirés et accumulés sur les panneaux grillagés. Le maillage du panneau d'écran est généralement fabriqué en polyamide, polyester ou en acier inoxydable super duplex pour les applications en eau de mer et en acier inoxydable duplex pour les prises d'eau saumâtre.

En règle générale, les tamis à bande sont conçus pour entrer dans le cycle de nettoyage à un différentiel d'élévation de l'eau de 0,10 à 0,20 m (0,33 à 0,66 pi) pour une réduction de 30 % de la zone de tamisage. La plupart des écrans à bande disponibles dans le commerce se déplacent à des vitesses de 2 à 10 m/min pour une réduction de 30 % de la zone de tamisage. [27]

Ces cribles sont généralement conçus pour un fonctionnement à deux vitesses ou à vitesse variable. Le facteur d'efficacité de la surface de tamisage de conception pour les tamis à bandes est généralement de 0,5 à 0,6 (c'est-à-dire que 50 % à 60 % de la surface de tamisage est une zone de filtration active utilisée pour déterminer la vitesse à travers le tamis). Ces tamis fins sont conçus pour maintenir à tout moment une vitesse à travers le tamis inférieure à 0,15 m/s et fonctionnent normalement à des vitesses de 0,06 à 0,10 m/s .

#### III.2.4.2.3 Tamis à mailles fines

Les tamis à mailles fines sont des tamis à bandes modifiées, qui utilisent des panneaux de tamisage plus fins avec des ouvertures de tamis de 0,5 à 1,0 mm et qui sont

parfois équipés de seaux permettant de capturer les poissons et autres organismes aquatiques. Il a été constaté que de tels écrans réduisent considérablement l'entraînement des organismes aquatiques et sont parfois installés en aval des écrans à bandes de taille conventionnelle. [27]

#### III.2.4.2.4 Tamis à tambour

Ces écrans sont constitués d'un cadre cylindrique rotatif recouvert de tissu grillagé. Ce châssis est situé dans une structure à tamis et soutenu par un arbre central horizontal qui tourne lentement sur des roulements à rouleaux. Les tamis sont entraînés en rotation par un entraînement situé au niveau de l'arbre. [27]

Le modèle d'eau le plus couramment utilisé pour de tels tamis est « entrée-sortie » (également appelé « double entrée ») : l'eau de source pénètre par le côté intérieur du cylindre et se déplace radialement vers l'extérieur, créant un modèle d'écoulement convergent hydrauliquement bénéfique. Les débris déposés sur la surface intérieure des tamis sont éliminés par un jet d'eau pulvérisé situé sur le dessus du tamis et collectés dans un abreuvoir .

Les cribles à tambour ont des capacités unitaires allant jusqu'à 3 000 000 m<sup>3</sup> /jour ; Semblables aux écrans à bande, ils sont également disponibles dans des configurations à entrée simple, à double sortie sortie-entrée et entrée-sortie, ainsi qu'en configuration de débit à double entrée-sortie unique (sortie vers entrée). [27]

Les tamis à tambour sont plus avantageux pour les applications où les débris et les matériaux de l'eau de source peuvent fluctuer considérablement car ils sont moins susceptibles de surcoupler en raison de l'afflux important de solides vers le tamis sur une courte période de temps, ce qui pourrait se produire dans les prises d'eau ouvertes à terre ou prises d'eau en mer peu profondes. De plus, les tamis à tambour créent généralement des pertes de charge plus faibles pour le même débit.

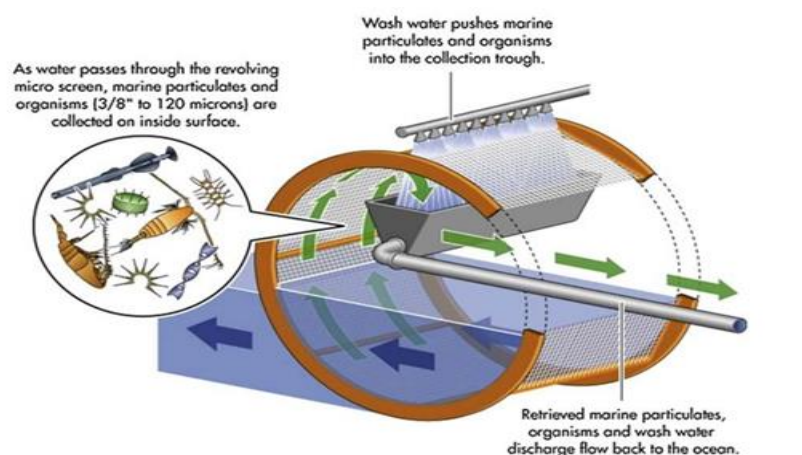


Figure 17: Tamis à tambour .[27]

### III.2.4.2.5 Les tamis à fils compensés

Les tamis à fils compensés sont des équipements de tamisage passifs situés en mer, directement connectés à l'extrémité d'aspiration de la station de pompage d'admission, éliminant ainsi le besoin d'installations supplémentaires de tamisage grossier ou fin. [27]

Ces écrans sont conçus pour être placés dans un plan d'eau où des vitesses de courants transversaux ambiants dominants 0,3 m/s se produisent plus de 90 % du temps. Cette vitesse de flux transversal élevée permet aux organismes qui autrement empièteraient sur l'entrée du fil en coin d'être emportés avec le flux. Les écrans devront être installés à au moins 1 m du fond pour éviter l'entrée de sable et de limon dans les écrans. [27]

Le matériau utilisé pour ces écrans est un alliage cuivre-nickel, de l'acier inoxydable duplex ou du titane. Les alliages cuivre-nickel offrent généralement une combinaison optimale entre des coûts raisonnables et une résistance à la corrosion et à l'érosion. [27]

L'USEPA considère les écrans en fil métallique comme la meilleure technologie disponible pour la réduction de l'impaction et de l'entraînement. [27]



Figure 18: Tamis à fils compensés [27]

### III.2.5 Traitement physico-chimique

Pour réduire le risque d'encrassement dans les systèmes de dessalement utilisant l'osmose inverse (OI), l'eau de mer brute est traitée avec divers produits chimiques avant le processus de séparation. Ces produits comprennent des coagulants et des flocculants, inhibiteurs de tartre, oxydants, et des produits chimiques d'ajustement du pH. [27]

Le conditionnement de l'eau de mer par coagulation et floculation avant la filtration du milieu granulaire est une étape très importante pour le prétraitement de l'eau de mer. Lorsque l'eau de mer brute n'est pas bien conditionnée, les filtres granulaires sont susceptibles d'éliminer uniquement les particules de plus de 50 µm. La coagulation-floculation permet au processus de filtration granulaire d'éliminer les plus fines particules dans l'eau jusqu'à 0,2 µm. [27]

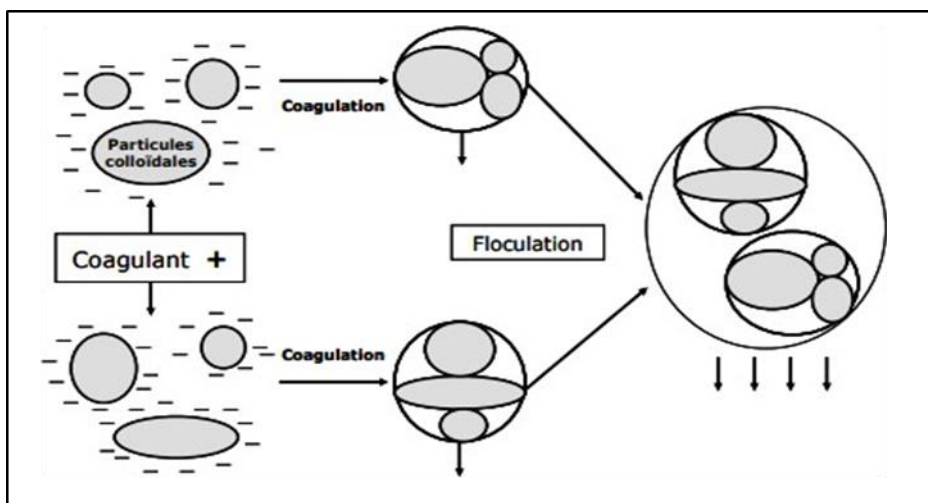


Figure 19: Mécanisme de coagulation floculation .[25]

### III.2.5.1 Coagulation ou déstabilisation des particules

La coagulation est une déstabilisation des particules qui peut être réalisée par la neutralisation des charges électriques, en ajoutant des réactifs minéraux contenant des cations multivalents; La coagulation permet au processus de filtration granulaire d'éliminer également les débris de particules fines (par exemple, le limon) et le microplancton de la source d'eau. [27]

#### III.2.5.1.1 Ajout des Coagulants

L'ajout de coagulant est effectué avant les bassins de sédimentation de prétraitement, les unités de flottation à air dissous ou les filtres L'efficacité du traitement dépend du coagulant utilisé, elle est directement liée à la valence des cations. Les coagulants sont classés comme suit: [27]

- coagulants inorganiques : ceux sont des sels comme le chlorure ferrique, le sulfate d'aluminium, le sulfate ferreux et le chlorure d'aluminium.
- coagulants organiques : polymères et polyélectrolytes synthétiques avec des groupes fonctionnels anioniques ou cationiques .
- coagulants naturels comme le sagou, la chitine, la paparine, le moringa oleifera.

Il est important de dire que les coagulants naturels sont prometteurs et ont attiré l'attention de nombreux chercheurs car ils sont économiques par rapport aux coagulants inorganiques Cependant, l'utilisation des coagulants naturels entraîne inévitablement une augmentation de la production de matières organiques dans l'eau traitée, nécessitant un ajout de chlore . [25]

Par conséquent, l'utilisation de coagulants naturels dans le prétraitement de l'eau de mer par osmose inverse n'est pas très encourageante car elle conduit à un biocolmatage des membranes.

Le dosage optimal de coagulant dépend du pH et doit être établi sur la base d'un pot sur site ou d'un test pilote pour les conditions spécifiques au site d'une application donnée. L'expérience pratique indique que le pH optimal pour la coagulation des particules dans les

eaux salées dépend fortement de la température. À mesure que la température diminue, le pH optimal pour la coagulation augmente et vice versa .[27]

Les deux types des systèmes de mélange de coagulants les plus largement utilisés dans les usines de dessalement sont :

- Des mélangeurs statiques en ligne avec ports d'injection de produits chimiques
- Et mélangeurs mécaniques (flash) installés en coagulation réservoirs .



Figure 20: Agitateur statique et rapide [25]

### III.2.5.2 Flocculation

Durant la flocculation, les particules en suspension se regroupent pour former des flocs plus grands et plus denses. Un mélange doux est essentiel pour permettre la formation des flocs sans les briser, car un mélange trop intense peut casser les flocs formés, diminuant l'efficacité du processus . [25]

#### III.2.5.2.1 Ajout des Flocculants

Les flocculants sont des polymères naturels (extraits de substances animales ou végétales: amidons, alginates), ou bien de synthèse, ou des minéraux (silice activée  $\text{SiO}_2$ , bentonite); les plus utilisés sont des polymères de synthèse apparus plus récemment et qui ont fait évoluer considérablement les performances de la flocculation. Ils conduisent souvent à un volume de boues très faible. Cependant, l'ajout de polymère même légèrement surdosé, peut provoquer un encrassement organique des membranes RO ce qui peut nuire à l'efficacité du processus .[25]

### III.2.6 Sédimentation et flottation par air dessous

Les systèmes de prétraitement, tels que l'élimination du sable, la sédimentation et la flottation dissoute, visent à réduire la présence de matériaux grossiers comme le gravier, les débris et les matières en suspension. Ces systèmes permettent de minimiser la charge de solides collectés par l'admission d'eau de l'usine, protégeant ainsi les installations de filtration en aval contre une surcharge de solides. [27]

#### III.2.6.1 Décantation

La sédimentation est généralement utilisée en amont des médias granulaires et des filtres à membrane lorsque l'eau de source de l'usine à membrane présente une turbidité moyenne quotidienne supérieure à 30 NTU ou connaît des pics de turbidité de 50 NTU ou plus qui se poursuivent pendant plusieurs heures. [27]

Les bassins de sédimentation pour le prétraitement doivent être conçus pour une décantation avec une turbidité inférieure à 2,0 NTU et un SDI15 inférieur à 6.

La décantation est une méthode physique de séparation des matières en suspension et des colloïdes rassemblés en floc, après l'étape de coagulation-floculation. La décantation aura lieu quand la densité des floes est supérieure à celle de l'eau. Les particules s'accumulent au fond du bassin de décantation d'où on les extrait périodiquement

##### III.2.6.1.1 Bassins de sédimentation conventionnels

Des bassins de décantation conventionnels (clarificateurs ou décanteurs) sont utilisés pour éliminer les matières en suspension. solides avant filtration lorsque la turbidité de l'eau de source dépasse 20 NTU mais est inférieure à 50 NTU. Ces clarificateurs ne peuvent pas produire une eau suffisante pour alimenter directement les membranes RO et l'effluent clarifié devra être filtré par média granulaire ou filtration membranaire. [27]

Les bassins de sédimentation conventionnels pourraient être configurés sous forme de structures rectangulaires ou circulaires.

##### III.2.6.1.2 Bassins de sédimentation à lamelles

Les bassins de sédimentation à lamelles (clarificateurs ou décanteurs) ont généralement des performances supérieures et un encombrement trois à quatre fois inférieur à celui des clarificateurs conventionnels et ils peuvent gérer une turbidité de l'eau de source jusqu'à quatre fois plus élevée (par exemple, jusqu'à 200 NTU). Donc, ils ont trouvé une application plus large pour le prétraitement de l'eau saline que les bassins de sédimentation conventionnels. Ces clarificateurs contiennent des modules de plaques à lamelles en plastique installés dans la partie supérieure partie des réservoirs des clarificateurs, qui améliorent le processus de sédimentation en raccourcissant le chemin des particules solides vers le fond des clarificateurs. [27]

Les clarificateurs à lamelles peuvent être configurés sous forme de structures rectangulaires ou circulaires. Cependant, les clarificateurs à lamelles rectangulaires ont trouvé l'application la plus large pour le prétraitement de la solution saline.



Figure 21: Décanteur lamellaire (Prise par l'étudiante)

### III.2.6.2 La flottation par air dissous

C'est une alternative à l'étape de sédimentation. Il s'agit d'utiliser de fines bulles d'air pour faire flotter les particules légères et les substances organiques contenues dans l'eau de mer. Ces composés ainsi amenés en surface par flottation sont collectés pour être éliminés. L'eau clarifiée est acheminée vers la suite de la filière. Cette alternative est particulièrement mise en œuvre lorsque la qualité de l'eau de mer brute est mauvaise et ne permet pas à la sédimentation d'éliminer efficacement les algues, les huiles ou d'autres polluants. [27]

### III.2.7 La filtration sur media filtrant

La filtration sur sable est une étape de traitement physique très appliquée dans une filière de production d'eau potable, en particulier dans les stations de dessalement par osmose inverse. Au fur et à mesure que l'eau passe à travers le lit filtrant, les particules sont piégées dans les pores des grains des média filtrants. Les filtres généralement utilisés sont les filtres rapides ou lents (filtres biologiques). [25]

#### III.2.7.1 Matériaux filtrants

Des différents matériaux filtrants sont utilisés, tels que : gravier, sable, diatomée, éponge, coton, charbon actif et anthracite). Ces matériaux doivent être insolubles, non friables, et ne doivent libérer aucune substance susceptible d'altérer la qualité de l'eau. [25]

- Le sable est un matériau naturel, à base de silice, il est soit concassé ou sable roulé; sa densité réelle est de 2,5 à 2,7.
- L'anthracite est un matériau à base de carbone, obtenu par calcination du matériel végétal, il se présente sous forme de grains durs et anguleux ; sa densité réelle est de 1,45 à 1,75.
- Le charbon actif est également un matériau à base de carbone, obtenu par calcination et activation de bois, houille ou noix de coco.

En pratique, la filtration bicouche est la plus utilisée dans le traitement de l'eau potable, où une partie de la couche supérieure fine du sable est remplacée par un autre matériau filtrant de densité faible, dont le diamètre effectif est supérieur à celui du sable, comme l'anthracite. Ainsi, on évite que les couches composées de grains fins ne se mélangent à celles des grains plus gros. [25]

### III.2.7.2 Efficacité du procédé de filtration

Elle dépend de plusieurs paramètres à savoir :[25]

- Les caractéristiques du matériau filtrant (la porosité, le diamètre des pores, la taille et la forme des grains);
- La qualité de l'eau à traiter (la concentration, la taille, la forme et la densité des particules)
- Les caractéristiques du fluide (viscosité et densité);
- Les caractéristiques de l'écoulement (débit).

La filtration utilisée dans le prétraitement de l'eau de mer est à double média (sable et anthracite) avec un seul étage. La couche supérieure est composée d'anthracite (0,4 à 0,8 m) et la couche inférieure du média filtrant est composée de sable (1 à 2 m). Généralement, pour les unités qui utilisent des filtres à deux étages, le premier est conçu pour éliminer les solides et les grosses matières organiques et le deuxième retient les solides fins, le limon et les matières organiques solubles qui sont éliminés par la biofiltration. [25]

Les filtres à deux couches sont plus efficaces que les filtres à une seule couche pour l'élimination des matières organiques solubles. Souvent, l'anthracite est remplacé par le charbon actif en granulés pour l'élimination d'une teneur élevée en matières organiques. Cependant, les filtres composés de trois couches peuvent être utilisés lorsqu'il y a des apports sévères contenant du limon fin ou des efflorescences d'algues afin d'améliorer la filtration.

### III.2.7.3 Type des filtres à sable

Il existe deux types de filtre à sable (FAS), classés selon la force motrice de filtration :

- FAS gravitaire
- FAS sous pression

#### III.2.7.3.1 Filtration gravitaire

En règle générale, les filtres gravitaires sont des structures en béton armé qui fonctionnent avec une chute de pression de l'eau à travers le média comprise entre 1,8 et 3,0 m. La pression hydrostatique sur le lit filtrant fournit la force nécessaire pour surmonter la perte de charge dans le média. Les filtres gravitaires à double média à un étage et à flux descendant sont le type prédominant de technologie de prétraitement de filtration utilisé dans les usines de dessalement. [27]

Les filtres à gravité fonctionnent sans qu'il soit nécessaire de pressuriser l'eau d'alimentation à travers le média filtrant.

**Avantages clés des filtres gravitaires :** [27]

- Meilleure élimination des matières algues de l'eau de source
- Durée utile plus longue de la structure du filtre
- Consommation d'énergie faible



- Capacité de rétention de solides plus élevée et meilleure manipulation des points de turbidité
- Inspection et entretien plus simples

### III.2.7.3.Filtration a pression

Les filtres sous pression ont une configuration de lit filtrant similaire à celle des filtres à gravité, sauf que le média filtrant est contenu dans un récipient sous pression en acier ou en plastique. Dans la plupart des cas, pour une bonne qualité d'eau de source (SDI < 5 et turbidité inférieure à 5 NTU), les filtres sous pression sont conçus comme des unités à un étage et à double média (anthracite et sable). [27]

#### Avantages clés des filtres à pression :[27]

- Coûts de construction réduits.
- Empreinte plus petite.
- Installation plus simple.
- Aucun effet de la lumière soleil sur la croissance des algues sur les déverseurs filtrants .

#### A titre de comparaison :

- Les filtres à sables gravitaires sont utilisés dans des petites et grandes usines, alors que les filtres à sables sous pression sont plus couramment rencontrés dans des usines de petite et moyenne tailles. [27]
- Les filtres gravitaires ont un volume de média filtrant et un temps de rétention environ deux à trois fois plus importants que les filtres à pression, pour la même capacité de production d'eau. [25]

### III.2.8 Microfiltration

La microfiltration est l'étape finale des prétraitements de l'eau destinée à l'alimentation des membranes d'osmose inverse. Elle permet donc la rétention des particules en suspension, des bactéries, des colloïdes et de certains ions après fixation de ces derniers sur de plus grosses particules obtenues par complexation, précipitation ou floculation. [25]

Dans les systèmes de dessalement par osmose inverse, la microfiltration est réalisée à l'aide de cartouches filtrantes ayant une taille de pore de 5 à 10  $\mu\text{m}$ . Ces filtres sont placés en amont des tubes de pression pour garantir une meilleure protection des membranes. [27]

**Conclusion :**

En somme, les divers processus de prétraitement sont tous conçus pour éliminer les impuretés et prévenir l'encrassement des membranes. Le choix des techniques de prétraitement doit être adapté aux conditions spécifiques du site, y compris les variations de la qualité de l'eau de mer, pour assurer un fonctionnement efficace et durable de la station

## **Chapitre IV : Présentation de la zone d'étude**

## **IV. Présentation de la zone d'étude**

### **IV.1 Introduction**

Le projet de la station de dessalement de Cap blanc , annoncé par le gouvernement en juillet 2021, est une initiative visant à résoudre le problème de pénurie d'eau potable .La réalisation de cette station de dessalement d'eau de mer a été un choix d'urgence adopté par les hautes autorités du pays pour faire face à la rareté de l'eau et sécuriser l'alimentation en eau potable.

La station de dessalement d'eau de mer de Cap Blanc devra sécuriser l'alimentation en eau potable dans la wilaya d'Oran et renforcer les capacités hydriques d'autres wilayas comme Aïn Temouchent, Relizane et Mascara.Oussama Helaili, Directeur général de la Société de l'eau et de l'assainissement d'Oran (SEOR), qui distribue l'eau de dessalement, a expliqué qu'un nouveau schéma hydrique pour la wilaya d'Oran sera adopté, sitôt la station de Cap blanc entré en service.

Cette station impactera de manière directe la région ouest de la wilaya d'Oran, les communes de la daïra d'Aïn El-Turck en l'occurrence, qui connaissent beaucoup de perturbations dans l'AEP, notamment au cours de la saison estivale", a-t-il souligné, ajoutant que la région Est de la wilaya, dont les ressources sont partagées avec une partie de la région Ouest, sera impactée de manière indirecte.

L'objectif principal de ce projet est de maitre en oeuvre une usine de dessalement d'eau de mer utilisant la technologie de l'osmose inverse. Cette usine aura une capacité de production de 300 000 mètres cubes d'eau douce par jour.

Le dessalement de l'eau de mer par osmose inverse est une technologie couramment utilisée pour produire de l'eau potable à partir de l'eau de mer. Elle consiste à forcer l'eau de mer à travers une membrane semi-perméable pour éliminer les sels et les impuretés, produisant ainsi de l'eau douce de haute qualité.

Il est important de noter que le projet de la station de dessalement de Cap Blanc a été réalisé par l'ENGCB DWT (Entreprise Nationale de Génie Civil et Bâtiments : Direction Water Treatment), une entreprise spécialisée dans la construction et l'exploitation d'infrastructures de traitement de l'eau. Cette entreprise est détenue par deux actionnaires : Sonatrach, une importante société nationale algérienne du secteur de l'énergie, et AEC (Algerian Energy Company), une société algérienne spécialisée dans le secteur de l'énergie .

### **IV.2 Présentation de la zone d'étude**

Pour une présentation de la zone d'étude de la station de dessalement Cap Blanc, il est important de couvrir plusieurs aspects .

#### **IV.2.1 Situation géographique**

La station de dessalement de Cap blanc est située dans la commune de Ain el karma, dans la wilaya de Oran, à une distance d'environ 450 kilomètres à l'ouest de la wilaya d'Alger, en Algérie.

La station, occupe une superficie total et de 12 Ha avec une superficie bâtie de 10.58 Ha, délimité comme suit :[28]

- **A l'Ouest** : par un terrain agricole ;
- **A l'Est** : par un terrain agricole;
- **Au nord** : par la mer méditerranée ;
- **Au sud** : par la montagne Djebel Eng El Djemel;
- La station de dessalement est située aux coordonnées  
GPS : 35.6855230, -0.9830772



Figure 22: Vue Google MAP sur la station de dessalement [28]

La proximité de la station à la mer Méditerranée constitue un atout majeur pour le dessalement, car elle offre une source abondante d'eau de mer à transformer en eau potable. Cette situation géographique stratégique aide à résoudre le problème de pénurie d'eau potable dans la région .

Ainsi, L'usine se compose de 3 parties essentielles :

1. La chaîne de production d'eau composée de :
  - Le captage
  - Le Prétraitement
  - L'osmose inverse
  - La reminéralisation
  - Le pompage d'eau produite vers un réservoir de stockage .
2. Le bâtiment administratif
3. Le laboratoire d'analyse d'eau

#### IV.2.2 Caractéristiques météorologiques

Les données météorologiques ont été relevées à la ville d'Oran. Les relevés, fournis par l'Office Algérien de la Météorologie (ONM). L'ONM est un service national de prévision météorologique chargé de collecter et de surveiller les données météorologiques. [28]

### a) Température

Les températures moyennes enregistrées sont souvent plus basses que celle présumées.

La Figure ci-dessous montre les statistiques mensuelles de la température de l'air enregistrées entre 01-01-2022 et 01-01-2023. La Figure inclue les valeurs minimums et maximum observées ainsi que les moyennes.

Pendant la période de suivi, la température de l'air a présenté une valeur moyenne qui dépasse les 35°C dans la région d'Oran.

L'amplitude thermique (variation de température entre le jour et la nuit) est importante aussi bien en été qu'en hiver avec des températures de plus de 15°C de différence.

Ces variations extrêmes de températures ont une influence directe sur les matériaux et équipements utilisés .

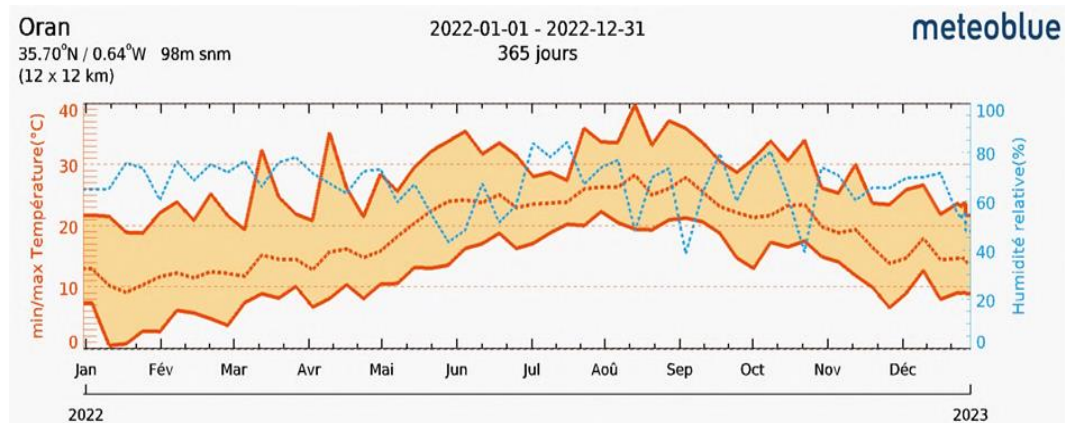


Figure 23: Température de la région d'Oran [28]

### b) Pluviométrie

Dans la région du nord, les précipitations sont généralement importantes et irrégulières. Certaines années sont totalement humides tandis que d'autres comptent de violents orages produisant en quelques heures toutes les précipitations de l'année.

Pendant l'année 2022, les mois les plus pluvieux dans la région de Oran, sont Février et Novembre. Cependant, la moyenne mensuelle des précipitations est variable et irrégulière avec de périodes de sécheresse de Juin à Aout. [28]

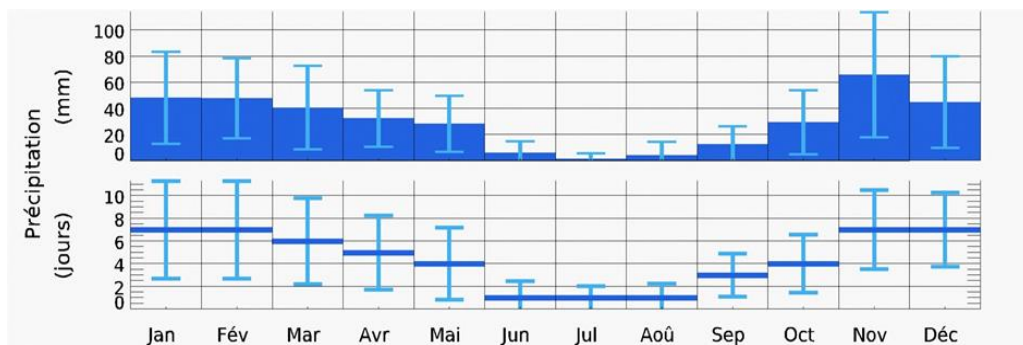


Figure 24: Précipitations dans la région d'Oran [28]

### c) Régime des vents

Le vent présente également un facteur climatique important. La région d'Oran est située au nord où les vents d'hiver et de printemps sont typiquement très forts.

La Figure ci-dessous montre respectivement les roses de vent annuelles dans la région d'Oran. Les vitesses du vent les plus fréquentes sont celles qui sont comprises entre 1 et 61 Km/h. [28]

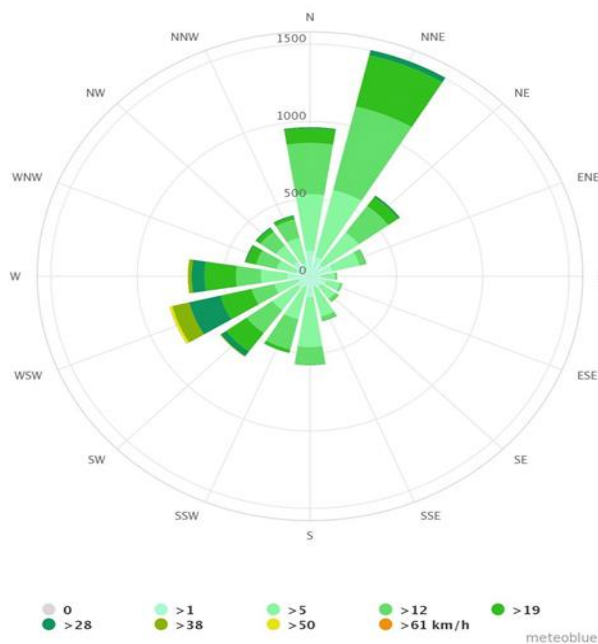


Figure 25: Rose des vents général- Région d'Oran [28]

### d) Rugosité du sol

Lorsqu'une masse d'air entre en contact avec le sol, l'effet de rugosité dû à la surface crée une zone de turbulence à l'interface. La notion de rugosité sous-entend que les éléments (la végétation par exemple) qui la définissent, sont beaucoup plus petits que le volume d'air considéré.

Le facteur de rugosité a une grande influence sur la dispersion car elle influence fortement le paramètre vertical de répartition des concentrations dans un nuage.

Il faut noter que c'est la rugosité en amont de la zone géographique étudiée qui est importante car c'est elle qui influence le champ de vent qui sera porteur de l'effluent libéré. [28]

## IV.2.3 Caractéristiques géologiques

### a) Géologie de la région d'étude

La région d'Oran se situe sur la plaine de la Mitidja avec des formations géologiques d'âge quaternaire. Les sédiments quaternaires recouvrent la majeure partie du

territoire de l'Algérie du Nord, reposent en discordance sur les formations plus anciennes. [28]

### b) Hydrologie

La plaine de la région d'Oran est traversée par six importants oueds qui assurent le drainage des bassins versants montagneux de la chaîne de l'Atlas Tellien. Nous rencontrons d'Est en Ouest les oueds: Oued de Béni Bahdel, Oued de Sidi Abdelli, Oued Tesmanit, Oued Tazergha et l'Oued Tarzaza. [28]

### c) Hydrogéologie

Dans le Nord de l'Algérie, on identifie le complexe triasique (mal connu) et les complexes jurassique, crétaé et paléogène-néogène.

Dans les hauts plateaux, le système hydrodynamique du complexe jurassique est ouvert. A partir d'une ligne de partage des eaux situées dans l'Atlas saharien plissé, les hauteurs potentiométriques baissent en direction des hauts plateaux et de la Plateforme Saharienne où la fermeture des réservoirs témoigne du rôle d'écran joué par l'accident sud-atlasique.

Dans l'avant-fosse pré-tellienne, seule la partie Est (sous les nappes) montre des hauteurs potentiométriques élevées et une bonne fermeture hydrogéologique. Ailleurs, on rencontre des pressions inférieures aux pressions hydrostatiques, indiquant une ouverture aux infiltrations. [28]

L'hydrogéologie régionale ou locale de la région d'étude est mal connue.

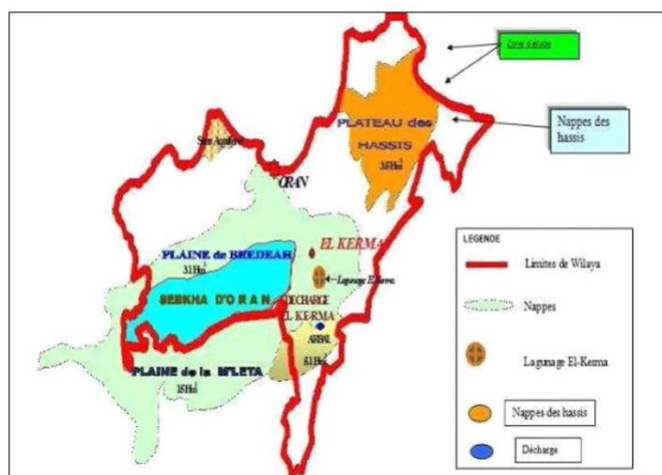


Figure 26: Localisation des nappes dans la région d'Oran [28]

### d) Sismicité

L'Algérie du Nord est caractérisée par une sismicité qui est causée par l'affrontement des plaques africaine et eurasiatique : Cette sismicité se matérialise généralement par des séismes modérés à faibles quoique parfois des séismes violents puissent se produire. Ces séismes génèrent bien souvent des catastrophes Le territoire Algérien est divisé en cinq régions sismiques :

- Zone 0 : Sismicité négligeable.



- Zone I : Sismicité faible ;
- Zone II a et II b : Sismicité moyenne ;
- Zone III : Sismicité élevée ;

La wilaya d'Oran est classée comme une zone de sismicité élevée, c'est-à-dire en zone III. [28]

#### IV.2.4 Caractéristiques environnementaux et socioéconomique

##### a) Population de la wilaya d'Oran

La population totale de la wilaya d'Oran est de 1,468 million (2019) habitants.

En ce qui concerne la population de la commune de Ain El Kerma 7 513 hab (2019). [28]

##### b) Occupation des sols

La station est implantée sur le territoire de la commune de Ain El Kerma comprend plusieurs terrains agricoles mais ne contient pas des activités et des unités industrielles. [28]

#### IV.3 Analyse de l'eau de mer

La campagne de prélèvement d'eau et de sédiments marins pour analyses chimiques et biologiques au laboratoire a été effectuée durant le mois de Juillet, au niveau de six (06) stations réparties entre les isobathes -12 m et – 22 m . [28]



Figure 27: Localisation des stations de prélèvements d'eau [28]

##### IV.3.1 paramètres physico chimique

Les mesures in-situ effectuées, au niveau des sites d'études sont présentées pour les paramètres suivants :

Tableau 6 : Paramètres physico-chimique [28]

Température (°C)	23-25.2
Potentiel Hydrogène (pH)	8.15
Salinité ‰	37.65
Oxygène Dissous (mg /l)	9.14
Conductivité (mS/cm)	56.75
Turbidité (NTU)	0.43-0.71

#### IV.3.2 Paramètres bactériologiques [28]

- L'analyse des coliformes totaux révèle des résultats compris dans l'intervalle [55 -375] qui restent en deçà de la valeur limite 10 000 UFC/100ml.
- L'analyse des coliformes fécaux révèle des résultats en dessous de la valeur guide 100 UFC/100ml.
- L'analyse des streptocoques fécaux révèle trois stations (St1, St2 et St4) qui dépassent la valeur guide fixée par la réglementation en vigueur soit 100 UFC/100ml.
- Une présence de salmonelle ssp arizonae au niveau d'une seule station (St4).
- Par ailleurs, une absence totale d'Escherichia coli (100 ml) au niveau de la zone de prélèvements.

#### IV.3.3 Total des solides en suspension (TSS)

Les solides en suspension sont décrits comme étant la quantité totale de matière organique en suspension dans une eau brute. Si ce paramètre n'est pas éradiqué correctement par un traitement adéquat, les concentrations élevées réduiront pour sûr la qualité de l'eau.

Les valeurs de ce paramètre sont comprises entre 0 et 4,8 mg/l. [28]

#### IV.3.4 Total des solides dissous (TDS)

TDS, ou Total des Solides Dissous, se réfère à la teneur combinée de toutes les substances inorganiques et organiques dissoute dans l'eau brute

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), des niveaux de TDS inférieurs à 300 mg/L sont considérés comme excellents pour l'eau potable. Des niveaux supérieurs à 1000 mg/L sont généralement considérés comme inacceptables pour la consommation.

Les valeurs enregistrées varient dans un intervalle compris entre 36,13 et 37,314 g/l. [28]

### IV.3.5 Les éléments minéraux

Les valeurs moyennes des éléments chimiques analysés sont :

**Tableau 7: Concentration des ions [28]**

Ion	Concentration (mg/l)
Calcium (Ca)	420
Potassium (K)	390-400
Magnésium (Mg)	1320-1350
Sodium (Na)	10930-11330
Chlorures (Cl)	19700-20140
Sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	2750-2810
Bore (B)	2,51-3,94
Fluor (F)	0,30-0,61
Strontium (Sr)	2,838-4,286
Baryum (Ba)	0,009 -0,062
Nitrates	0.003-0.008
Silice	0.0117-0.128
Phosphate (PO <sub>4</sub> )	0.004-0.07
Ammonium	0.002-0.005
Ammoniac	0.002-0.006

Les valeurs des éléments minéraux se rapprochent de ceux d'une composition d'eau de mer naturelle.

### Conclusion

L'analyse détaillée de la zone d'étude et des caractéristiques de l'eau de mer constitue une étape cruciale pour la planification et la mise en œuvre du projet de la station de dessalement de Cap Blanc. Les informations collectées permettent de confirmer la faisabilité technique et de planifier les opérations de manière efficace.

**Chapitre V : Dimensionnement de la chaine  
prétraitement**

## V. Dimensionnement de la chaîne prétraitement

### V.1 Introduction

Le succès opérationnel et le bon fonctionnement d'une station de dessalement repose largement sur l'efficacité de sa chaîne de prétraitement, Cette étape essentielle influence directement la performance du processus de dessalement en protégeant et en prolongeant la durée de vie des membranes d'osmose inverse, tout en assurant et garantissant une qualité optimale de l'eau traitée.

Dans ce chapitre, nous nous concentrons sur le dimensionnement de la chaîne de prétraitement de la station de dessalement de Cap Blanc.

### V.2 Le dimensionnement de la chaîne de prétraitement de la sdem

La chaîne de prétraitement de la station de Cap Blanc se compose de plusieurs unités fonctionnelles :

- Un système de dégrillage manuelle,
- Un bassin de coagulation , floculation ,
- Un décanteur lamellaire
- Un filtre à sable gravitaire
- Et filtre a cartouche

#### V.2.1 Traitement préliminaire

Le traitement préliminaire est une étape essentielle dans le processus de dessalement, visant à préparer l'eau de mer brute pour les étapes de traitement ultérieures. Cette section se concentre sur le système de dégrillage.

##### V.2.1.1 Système dégrillage

Dans cette étape on élimine tous les éléments solides volumineux et grossiers (sables, corps gras) qui pourraient d'ailleurs endommager les installations par la suite ; Son principe est extrêmement simple, puisqu'il consiste à faire passer l'eau brute à travers des grilles composées de barreaux placés verticalement ou inclinés

Pour dimensionner un dégrilleur, on doit déterminer la surface de la grille. La formule est donnée par KIRSCHMER :

$$S = \frac{Q_e}{V_e \cdot a \cdot c}$$

- $Q_{\max}$  : débit d'alimentation maximale ( $m^3/s$ )
- $V_e$  : vitesse de l'eau (m/s)
- $C$  : coefficient de colmatage compris entre 0.1 et 0.3 pour une grille manuelle
- $a$  : Coefficient de passage libre donné par la relation :

$$a = \frac{\text{espace libre entre barreaux}}{\text{espace libre} + \text{épaisseur de barreaux}}$$

On va opter pour 3+1 dégrilleurs

- $Q_e$  : 674 000  $m^3/J$  alors  $\frac{Q_e}{3} = 224\ 666.6\ m^3/J$

- Diamètre de la conduite de captage : 2.5 m
- C : pour une grille manuelle, est compris entre 0,1 et 0,3 ; on prend 0,25
- Épaisseur des barreaux :  $l = 5 \text{ mm}$
- Espacement entre les barreaux :  $e = 50 \text{ mm}$
- Hauteur immergée des barreaux : 12.5 m

a) La vitesse d'approche dans le canal :

$$v_e = \frac{Q}{S}$$

$$S = \pi \frac{D^4}{4}$$

$$S = 4.91 \text{ m}^2$$

Alors on trouve la vitesse  $V_e = 0.53 \text{ m/s}$

b) Calcul de la surface du dégrilleur :

$$a = 0.83$$

$$S = 23.46 \text{ m}^2$$

c) La largeur de la grille est calculée comme suit :

$$L = N_e \cdot e + N_b \cdot b$$

- $N_b$  : Nombre des barreaux
- $N_e$  : Nombre d'espacement
- $N_e = N_b + 1$  e : espacement entre les barreaux (m)
- b : diamètre des barreaux ( $b = 2 \text{ cm}$ )

d) Calcule la largeur comme suit :

$$L = \frac{S}{H}$$

- Pour  $H = 12.5 \text{ m}$

On trouve  $L = 2 \text{ m}$

e) Calcul de nombre de barreaux :

$$N_e = N_b + 1$$

$$L = N_e \cdot e + N_b \cdot b$$

$$L = (N_b + 1) \cdot e + N_b \cdot b$$

On trouve :  $N_b = 67$

$N_e = 68$

La présence d'une surface dégrillée de 24 mètres carrés avec 67 barreaux indique que le dégrilleur peut efficacement retenir les débris solides de grande taille, comme les

branches, les feuilles et les déchets flottants, avant qu'ils rentrent dans les étapes suivantes du traitement. Cela réduit le risque de blocages dans le système.

Une surface dégrillée suffisamment grande permet de prolonger les intervalles entre les nettoyages du dégrilleur, bien qu'un programme de nettoyage régulier soit toujours nécessaire pour assurer un fonctionnement optimal.

**f) Calcul de perte de charge :**

$$\Delta H = \beta \left(\frac{d}{e}\right)^3 \sin\theta \frac{v^2}{2g}$$

- $\beta$  : coefficient qui tient compte de la forme des barreaux choisis selon la forme du dégrilleur: dans le cas d'un dégrilleur de section rectangulaire  $\beta = 2.42$
- L'angle d'inclinaison de dégrilleur par rapport à l'horizontal  $\theta = 90^\circ$
- Espacement entre les barreaux  $e = 25 \text{ mm}$
- Largeur des barreaux  $d = 5 \text{ mm}$
- Vitesse de l'eau  $v = 0.8 \text{ m/s}$

Après le calcul on trouve :  $\Delta H = 0.01 \text{ m}$

Une faible perte de charge de 0,01 mètre d'eau indique que le dégrilleur facilite un passage fluide de l'eau de mer à travers ses grilles ou barreaux, sans créer de résistance excessive à l'écoulement.

**V.2.1.1.1 Maintenance d'un Dégrilleur Manuel :**

La maintenance d'un dégrilleur manuel est cruciale pour garantir son efficacité et prolonger sa durée de vie. Voici les étapes clés pour un entretien optimal :

- Retirer manuellement les débris accumulés sur les barreaux ou la grille à l'aide d'outils comme des pelles ou des râpeaux.
- Examiner les barreaux, grilles, chaînes et autres composants pour détecter des signes d'usure, de corrosion ou de dommages.
- Lubrifier les éléments mobiles selon les recommandations du fabricant pour réduire l'usure et assurer un bon fonctionnement.

**V.2.2 Le traitement physico-chimique**

Le traitement physico-chimique est essentiel pour le prétraitement de l'eau de mer avant son passage aux membranes d'osmose inverse. Ce traitement vise principalement à éliminer les matières en suspension, les colloïdes, les microorganismes et les particules fines. L'objectif est de protéger les membranes de dessalement contre l'encrassement et d'optimiser ainsi l'efficacité du processus.

### V.2.2.1 Le système de coagulation

Le mélangeur statique est un dispositif clé dans le processus de coagulation des stations de dessalement. Un coagulant est injecté pour neutraliser les charges électriques des particules, assurant ainsi leur déstabilisation. Le mélangeur statique permet d'assurer un mélange homogène du coagulant avec l'eau brute, facilitant l'agglomération des particules en suspension en floccs plus gros.

Contrairement aux mélangeurs mécaniques, il ne comporte pas de pièces mobiles, ce qui réduit les besoins en maintenance et augmente la fiabilité. Une fois l'eau traitée, elle est ensuite dirigée vers la zone de floculation pour poursuivre le traitement.

En étant installé directement dans la conduite où le coagulant est injecté, le mélangeur statique optimise l'efficacité du processus de coagulation tout en réduisant les coûts opérationnels et énergétiques, grâce à une installation simple et sans consommation d'énergie supplémentaire.

### V.2.2.2 Dosage et produit chimique :

Produit à utiliser : Sulfate d'Aluminium ( $Al_2(SO_4)_3$ ) :

Le chlorure de fer ( $FeCl_3$ ) est un coagulant robuste qui s'adapte à différentes conditions de température (haute et basse), de turbidité, et au large plage de pH ; Cette adaptabilité en fait un choix favorable pour notre station.

Le  $FeCl_3$  est utilisé pour déstabiliser les particules colloïdales présentes dans l'eau, Une fois déstabilisées, ces particules se regroupent pour former des floccs plus gros, qui peuvent être facilement séparés de l'eau par sédimentation ou filtration.

#### a) Calcul du débit de dosage :

$$Q_{dosage} = \frac{Q \times dose\ de\ produit}{1000 \times masse\ volumique \times concentration}$$

On a :

- Concentration de dosage : 40%
- Dose a utilisé : 10 ppm
- Masse volumique : 1.42 kg/l
- Débit d'écoulement : 28083.3 L/h
- Nombre de compartiment 20

Application : **Qd = 35.1 l/h**

- Débit de la solution de coagulant requis : **702 L/h**
- Débit de dosage par compartiment : **35.1 L/h**

La dose de chlorure de fer ( $FeCl_3$ ) dans chaque compartiment devrait être de 35,10



L/h pour traiter un débit d'eau de 674,000 m<sup>3</sup>/jour réparti sur 20 compartiments.

Pour maximiser l'efficacité du FeCl<sub>3</sub> sous diverses conditions : effectuer des tests de jarre en laboratoire pour ajuster les doses de FeCl<sub>3</sub> en fonction des conditions spécifiques (température, turbidité, pH) de l'eau brute.

### V.2.2.3 Dimensionnement de système floculation :

Après le processus de coagulation, l'eau traverse les bassins de floculation où un polymère floculant est ajouté. Ce polymère agit comme un agent de liaison entre les particules, augmentant leur masse pour faciliter leur séparation ultérieure dans les décanteurs lamellaires. Chaque bassin de floculation est équipé d'un agitateur lent fonctionnant à basse vitesse pour assurer un mélange efficace du polymère et des particules suspendues.

Chaque bassins de floculation est alimenté par un débit unitaire de 1404.1 m<sup>3</sup>/h et le temps de séjours est 24 min.

#### a) Le volume du bassin :

$$V=Q.t$$

$$V=561,64 \text{ m}^3$$

On prend la valeur **V= 562 m<sup>3</sup>**

#### b) Les dimensions des bassins de floculation :

La profondeur du bassin de floculation peut être ajustée selon les exigences spécifiques du processus, typiquement située entre 3et 5 mètres. Opter pour une profondeur de 4 mètres pourrait être une solution adaptée .

$$\text{On a : } V = S.h$$

- S : surface de l'ouvrage de floculation
- V : volume de l'ouvrage de floculation
- H : profondeur de l'ouvrage de floculation

Application : **s =140.41 m<sup>2</sup>**

La forme de la base du bassin est en forme rectangulaire, les dimensions seront donc

$$\mathbf{14x10x4m^3}$$

#### c) Agitation :

Le choix d'un système d'agitation pour un bassin de floculation est influencé par divers facteurs tels que la taille du bassin, sa profondeur, le débit d'eau d'alimentation, les caractéristiques de l'eau brute, ainsi que les objectifs spécifiques de la floculation.

Les turbines à mélange lent, également connues sous le nom de turbines à faible vitesse, sont fréquemment privilégiées dans ce contexte. Ces turbines fonctionnent à des vitesses de rotation réduites, assurant un mouvement de mélange doux et uniforme au sein du bassin.

Cette approche permet une dispersion homogène des agents de floculation dans l'eau brute, facilitant ainsi la formation efficace de floccs.

d) **Calcul de puissance :**

puissance P requise pour un agitateur peut être calculée à partir de la densité du fluide  $\rho$ , du débit Q, de la vitesse maximale v, et de la surface de la section transversale A.

$$P = \frac{1}{2} \rho Q V^2$$

- On prend la densité de l'eau de mer égale à 1025 kg/m<sup>3</sup>
- Vitesse maximale des pales : 3 m/s

Application : **P= 3.6KW**

e) **Calcul du diamètre de mélangeur :**

$$P = N_p \cdot n^3 \cdot D_i^5 \cdot \rho$$

$$D = \sqrt[5]{\frac{P}{N_p \cdot n^5 \cdot \rho}}$$

- D : diamètre des pales l'agitateur (hélice)
- n : vitesse de rotation (s-1) égales à 1.28 s-1
- $\rho$  : masse volumique de l'eau de mer à 25° c'est 1.025 g/l
- $N_p$  : constante de l'agitateur donnée dans le tableau suivant :

Tableau 8: constante de l'agitateur [27]

Type d'agitateur	Plage de numéro de puissance
Ancre	0.1- 0.3
Ruban Hélicoïdal	0.3 -0.5
Pagaie	0.3- 0.5
Hélice	0.5- 2.5
Turbine	2.5- 5
Disque	5 -10

Application : Pour  $N_p = 0.35$  un agitateur ancre on trouve **D = 1.4 m**

Un agitateur de 1.4 mètre de diamètre assure une grande capacité de mélange, ce qui est très important pour disperser efficacement le coagulant dans l'eau brute. Cette capacité permet de traiter des volumes d'eau plus importants.

#### V.2.2.4 Dosage du flocculant :

Produit à utiliser : polymère anionique

Les polymères anioniques sont introduits dans l'eau brute pour optimiser le processus de floculation. Leur rôle consiste à neutraliser les charges électriques négatives des particules en suspension, favorisant ainsi leur agglomération et la formation de floccs.

##### a) Calcul du débit de dosage :

$$Q_{dosage} = \frac{Q \times \text{dose de produit}}{1000 \times \text{masse volumique} \times \text{concentration}}$$

- Concentration de dosage : 0.5%
- Dose à utiliser : 0.5 ppm
- Masse volumique : 1.06 kg/l
- Débit d'écoulement : 1404.16 m<sup>3</sup>/h
- N° Compartiment : 20

Application :

- Débit de la solution de flocculant requis : **140.4 L/h**
- Débit de dosage par compartiment : **7.02 L/h**

#### V.2.2.4.1 Maintenance du système coagulation-floculation

Pour maintenir efficacement le système de coagulation-floculation dans les stations de dessalement, suivez ces étapes :

- Nettoyage des réservoirs : Vidangez et nettoyez régulièrement pour éliminer les dépôts chimiques.
- Inspection des équipements: Vérifiez les pompes, agitateurs, mélangeurs, vannes et instruments pour détecter l'usure ou les dysfonctionnements et procédez aux réparations nécessaires.
- Gestion des produits chimiques: Stockez les produits chimiques correctement, surveillez les niveaux et vérifiez l'intégrité des conteneurs pour éviter les fuites.

Ces actions garantissent un fonctionnement optimal du système.

#### V.2.3 Décanteur lamellaire :

Les dimensions du décanteur sont calculées par la charge hydraulique, on obtient la surface puis les dimensions du décanteur.

La charge est donnée égale à 7 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h

On a 20 décanteurs dont la surface est calculée ainsi :  $S = \frac{Q}{H}$

Tels que :

- S : surface décanteur.
- Q : débit d'entrée du décanteur 1404 m<sup>3</sup>/h.
- H : charge hydraulique.

Application : **S=200.6 m<sup>2</sup>**

#### a) Calcule le temps de séjour

Soit un décanteur rectangulaire de longueur L de hauteur H et de largeur l et de surface S, traversé uniformément par un débit Q. La vitesse d'une particule entrant dans le bassin à son niveau supérieur a deux composantes V1 : vitesse horizontale du fluide égale à Q/s, Vs: vitesse verticale limite donnée par la loi de Stokes (vitesse de sédimentation).

Toutes les particules dont la vitesse de sédimentation est supérieure à la vitesse de Hazen (charge hydraulique superficielle), vont décanter dans la zone de boue :

$$V_s > \frac{Q}{s_h} = V_h$$

Toutes les particules dont la vitesse de sédimentation est inférieure à la vitesse de Hazen ne seront pas éliminées .

Application ; **t<sub>s</sub>=59min 38s**

Le résultat est tout à fait approprié en fonction des besoins spécifiques de notre système de traitement de l'eau.

#### b) Calcule de la hauteur d'eau

$$H = \frac{Q \times T_s}{S}$$

- Debit = 33700m<sup>3</sup>/j
- Temps de séjour T<sub>s</sub> = 59min38s
- Surface=200.6 m<sup>2</sup>

Application : **H=7m**

Pour un temps de séjour de 59 min et 38 s , la hauteur d'eau dans le décanteur devrait être 7 mètres.

#### c) Calcule la surface et le nombre de lamelle a utilisé:

La surface effective ou surface de décantation nécessaire pour atteindre la charge hydraulique initialement souhaitée de 7 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·h est :

$$S = \frac{Q}{H}$$

- Q : débit d'entrée du décanteur 1404.16 m<sup>3</sup>/h.
- H : charge hydraulique H= 7 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·h.

- l'inclinaison des lamelle est 60°.
- Séparation des lamelles : e=50 mm.
- Surface unitaire des lamelle =10m<sup>2</sup>.

Application : **S=401.14 m<sup>2</sup>**

- La surface totale projetée est calculé par la relation :

$$\mathbf{STP = S \times \cos\theta}$$

Application : **STP= 190 m<sup>2</sup>**

- Nombre de lamelle nécessaires est :

$$N = \frac{\text{Surface effective}}{\text{Surface unitaire lamelle}}$$

Application : **N= 38**

On peut utilisé **38** lamelles par décanteur d'une surface unitaire de **10m<sup>2</sup>** avec les dimensions suivante : **5.5m × 2m** .

#### V.2.4 Filtre à sable gravitaire

Le processus de filtration gravitaire repose essentiellement sur la gravité. Cela implique que l'eau traverse le média filtrant simplement sous l'effet de la gravité, sans l'utilisation de pompes actives .

##### a) Le dimensionnement d'un filtre :

Les Paramètres donnés :

- Nombre de filtres : 48.
- Surface totale des filtres : 12400 m<sup>2</sup>.
- Dimensions de la surface totale des filtre :
  - Longueur (L) : 155 m.
  - Largeur (W) : 80 m.

##### b) Débit de passage par filtre :

$$Q_f = \frac{Q_{totale}}{48}$$

- Q<sub>totale</sub>=674,000 m<sup>3</sup>/jour

Application : **Q<sub>f</sub>=14041.6m<sup>3</sup>/j**

##### c) Calcul de la surface filtrante :

Pour trouver la surface filtrante en divisant le débit quotidien (en litres par jour) par le taux de filtration souhaité (en l/m/m<sup>2</sup>)

Le taux de filtration d'un filtre gravitaire varie en fonction de nombreux facteurs, tels que la conception du filtre, le type de média filtrant utilisé, la qualité de l'eau et les objectifs de traitement. En règle générale, ce taux se situe entre 12 et 24 litres par minute par mètre carré (lpm/m<sup>2</sup>).

Pour une eau avec une concentration élevée en matières en suspension (MES), il est souvent préférable d'utiliser des taux de filtration plus lents pour assurer une meilleure élimination des particules.

Un taux de filtration de 20 l/m/m<sup>2</sup> est considéré comme adéquat dans notre situations.

$$S_f = Q \times \text{Taux de filtration}$$

$$S_f = 9361.11 \text{ m}^2$$

La surface de filtration par filtre est  $S = 195 \text{ m}^2$ .

#### d) Caractéristique du filtre à sable

- La surface du filtre, mesurée en mètres carrés, est définie par les dimensions du filtre à sable, c'est-à-dire sa longueur et sa largeur. La profondeur du lit de sable, en mètres, est la distance entre la surface du sable et la base du filtre.
- La porosité indique la proportion d'espace dans le lit de sable occupée par le sable, exprimée en pourcentage.

Les valeurs de porosité et de profondeur des lits de sable, de gravier et de Filtralite dans un filtre gravitaire peuvent varier en fonction des spécifications du projet, des matériaux utilisés et des exigences de traitement. Voici des estimations générales :

##### a) Sable

- Porosité : environ 40 % à 45 %, ce qui signifie que 40 % à 45 % de l'espace dans le lit de sable est constitué de vides où l'eau peut circuler.
- Profondeur du lit : généralement entre 0,6 et 1,2 mètres (60 à 120 cm), mais peut varier selon les spécifications du projet.

##### b) Gravier

- Porosité : environ 35 % à 45 %, légèrement inférieure à celle du sable.
- Profondeur du lit : similaire à celle du lit de sable, généralement entre 0,6 et 1,2 mètres (60 à 120 cm), mais peut varier selon les exigences du projet.

##### c) Filtralite

- Porosité : supérieure à 50 %, offrant une grande capacité de rétention des particules tout en permettant un bon écoulement de l'eau.
- Profondeur du lit : comparable à celle des lits de sable et de gravier, généralement entre 0,6 et 1,2 mètres (60 à 120 cm), mais peut varier selon les spécifications du projet.

#### d) Le volume des médias

Le calcul des médias dans les filtres à sable gravitaires se base essentiellement sur le volume de sable requis pour remplir le lit de sable du filtre. La formule principale pour déterminer la quantité de média (sable) nécessaire pour un filtre à sable gravitaire est la suivante :

$$\text{Volume de sable (m}^3\text{)} = \text{Surface du filtre (m}^2\text{)} \times \text{Profondeur du lit de sable} \times \text{Porosité}$$

Avec les données précédentes, il est possible d'estimer le volume de chaque média de la manière suivante :

- Volume sable : entre 74.4 m<sup>3</sup> et 148.8 m<sup>3</sup>
- Volume gravier : entre 83.7 m<sup>3</sup> et 167.4 m<sup>3</sup>
- Volume filtralite : entre 93 m<sup>3</sup> et 186 m<sup>3</sup>

#### V.2.4.1 Lavage des filtres :

Le lavage des filtres se fait avec l'air et l'eau de saumure. Le remplissage du réservoir de saumure se fait grâce à une conduit provenant du rejet des unités d'osmose. Le lavage des filtres avec saumure est recommandé pour les raisons suivantes :

- La saumure est un sous-produit qui, dans ce cas, est réutilisée.
- Le lavage avec saumure permet une diminution des besoins en eau filtrée et donc une économie énergétique dans le pompage d'eau de mer.
- Le lavage avec saumure permet un choc osmotique aidant au contrôle de la croissance bactérienne.

#### V.2.5 Filtre à cartouche

L'eau filtrée provenant des filtres à sable doit passer par une étape supplémentaire de microfiltration, à l'aide de filtres à cartouches de 5 µm. Cela permet d'éliminer les microparticules de sable et les impuretés qui auraient pu traverser le filtre à sable. Cette étape est essentielle pour éviter l'encrassement particulaire des membranes d'osmose inverse, qui pourrait entraîner une réduction de la production d'eau douce.

Dans le cadre de notre étude, nous utilisons des cartouches de filtration industrielles en polypropylène meltblown. Leurs caractéristiques sont détaillées dans le tableau suivant.

**Table 10:Caractéristiques techniques de la cartouche et filtre à cartouche**

<b>Cartouche de microfiltration</b>	
Matériau	Polypropylène
Longueur	1016 mm
Diamètre	64 mm
Degré de filtration	5 µm
Température de fonctionnement maximale	80°C
Pression différentielle maximale	2 bar (à 30°C)
Perte de charge	1.2 bars
Débit	11 m3/h
<b>Filtre à cartouches</b>	
Nombre de cartouches par filtre	160
Pression maximale	10 bar
Pression nominal	4 bar

**a) Calculer le nombre de cartouches :**

Le nombre de cartouches de la station de dessalement est calculé comme suit :

$$Nc = \frac{Qf}{Qc}$$

Avec :

- Nc: Nombre de cartouches.
- Qf : Débit total à filtrer (prévenant de la filtration granulaire) = 28083 m<sup>3</sup>/h.
- Qc : Débit unitaire de la cartouche = 11 m<sup>3</sup>/h.

Application : **Nc= 2553 Cartouches.**

**b) Calculer le nombre de filtres à cartouches :**

Donc le nombre de filtres à cartouches à installés est :

$$NFC = \frac{Nc}{170}$$

- Nombre de cartouches par filtres=170 .
- NC=2533.

Application : **NFC=12**

Donc il faut 12 filtres à cartouches pour filtrer un débit de 28083 m<sup>3</sup>/h.

**V.3 Calcule hydraulique**

Le calcul hydraulique est essentiel pour le dimensionnement des conduites. Cette partie couvre les principes de base :

- ✓ Les méthodes de calcul du débit,
- ✓ Les dimensions des conduites,
- ✓ Et le calcul de la hauteur manométrique totale (HMT).

**V.3.1 Calcule des cotes piézométriques des ouvrages**

On calcule les cotes piézométriques en se basant à l'équation de Bernoulli, puis on la simplifie donnée par :

$$Cp_1 = H_1 + Z_1 : \text{Cote piézométrique au point (1)}$$

$$Cp_2 = H_2 + Z_2 : \text{Cote piézométrique au point (2)}.$$

$$Cp' = Cp_2 + H_{1-2}$$

- Z2 et Z1 : cotes des points (1) et (2).
- H1-2 : pertes de charges dans le tronçon (1-2)



### V.3.2 Débit entrant a la station

Dans une station de dessalement des eaux de mer par osmose inverse, le débit journalier entrant la station est calculé comme suit :

$$Q_e = \frac{Q_p}{\tau}$$

Où :

- $Q_e$ : Débit journalier entrant la station à partir de la mer
- $Q_p$ : Débit journalier produit par la station.
- $\tau$ : Taux de conversion des membranes

Notre station est dimensionnée pour un débit maximum qui est 1.1 de débit nominale pour couvrir les pertes du débit dans le bassin de captage et le système de prétraitement assurant ainsi le lavage des filtres et besoins sanitaires des travailleurs .

$$Q_e = \frac{Q_p}{\tau} \times 1.1$$

- $Q_p=300\ 000\ \text{m}^3/\text{j}$
- $\tau=45\%$

Application :  $Q_e=674\ 000\ \text{m}^3/\text{j}$ .

Le débit de chaque pompe est en fonction de nombre des pompes et de ligne de production (rack) à adopter : Pour une production optimale un Skid doit être conçu pour une production journalière de  $20\ 000\ \text{m}^3/\text{j}$  à  $25\ 000\ \text{m}^3/\text{j}$ .

- Nombre de pompe : **12+1** .
- Débit entrant par pompe : **56 166.66 m<sup>3</sup>/J.**
- Débit entrant par pompe : **2340.3 m<sup>3</sup>/h.**

### V.3.3 Calcule de diamètre

Equation de base :  $Q=S \times V$

- $Q$  est le débit volumique ( $\text{m}^3/\text{s}$ ),
- $S$  est la section transversale de la conduite ( $\text{m}^2$ ),
- $V$  est la vitesse de l'eau ( $\text{m}/\text{s}$ ).

Dans le choix des diamètres des conduites pour le calcul hydraulique des stations d'eau de mer, il faut tenir en compte :

- Les vitesses d'aspiration maximale des pompes est d'environ 1,5 m/s.
- Les vitesses maximales de refoulement est d'environ 2,8 à 3,0 m/s.
- Dans la partie offshore (Conduite d'aménée), il est conseillé une vitesse d'écoulement entre 1 et 2 m/s.

Le diamètre de la conduite peut être estimé à partir de la relation entre le débit et la

vitesse selon la relation suivante :  $D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$

En tenant compte des critères économiques et techniques (normaliser les diamètres). Il est donc important d'assurer que la vitesse reste dans une plage optimale .

### V.3.4 Calcule HMT

HMT est essentielle pour le dimensionnement des pompes et des systèmes de conduite, car elle détermine la capacité nécessaire pour transporter l'eau vers les ouvrages de traitement. la HMT tient en compte la différence de hauteur géométrique et les pertes de charge .

$$HMT = H_g + \Sigma \Delta H$$

#### V.3.4.1 Les pertes de charges

Les pertes de charge,  $\Delta H$ , due à l'écoulement de l'eau de mer dans une conduite en charge sont la somme des pertes de charges linéaires et singulières

$$\Sigma \Delta H = \Sigma \Delta H_{\text{linéaire}} + \Sigma \Delta H_{\text{singulières}}$$

##### a) Pertes de charges linéaires

Les pertes de charge linéaires sont calculées comme suit :

$$\Sigma \Delta H_{\text{linéaires}} = \frac{\lambda L V^2}{D 2g}$$

- L : longueur de la conduite.
- $\rho$  : densité d'eau de mer (1030 kg/m<sup>3</sup> pour la mer méditerranée).
- D : diamètre intérieure de la conduite.
- V : vitesse d'écoulement dans la conduite
- g : accélération de la pesanteur (9.81 m/s<sup>2</sup>)
- $\nu$  : viscosité cinématique
- $\lambda$  : Coefficient de pertes de charges linéaires.

Le coefficient de perte de charge linéaire se calcule comme suit :

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad \text{Si } Re < 2000$$

$$\lambda = 0.316 \times Re^{-0.25} \quad \text{Si } 2000 < Re < 100000$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \log \left( \frac{5}{371 \times D} + \frac{2.51}{Re \times \sqrt{\lambda}} \right) \quad \text{Si } Re > 100000$$

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

##### b) Pertes de charges singulières

Les pertes de charge singulières sont calculées comme suit :

$$\Sigma \Delta H_{\text{singulières}} = \frac{V^2}{2g} \Sigma K_i$$

- V : vitesse d'écoulement dans la conduite
- K : coefficient de pertes de charges singulière (sans dimension), dépend de l'élément particulier et de sa configuration.

Tableau 9: Coefficient de perte de charge singulière

Singularité	Coefficient de perte de charge
Coude 90°	0,75
Coude 45°	0,35
Tée	0,3
Vanne papillon	0,05
Clapet anti-retour	2
Joint de dilatation en caoutchouc	0,2
Réducteur (Elargissement)	0,4
Réducteur (rétrécissement)	0,9
Du réservoir vers conduite	0,5
De la conduite vers réservoir	1

#### V.3.4.2 Station de pompage intermédiaire

Il est recommandé que l'eau prétraitée passe à travers un filtre à cartouche avant de passer à travers la membrane d'osmose inverse. Les filtres à cartouche sont utilisés pour une filtration et une protection sûres des membranes d'osmose inverse. Lorsque ces éléments filtrants se bouchent et que la différence de pression entre eux atteint un maximum spécifié, ils sont remplacés par de nouveaux éléments.

Le bon fonctionnement du filtre à cartouche nécessite une pression d'au moins 2 bars et ne doit pas dépasser 5 bars. Pour cette raison, afin d'assurer la pression de travail du filtre à cartouche, une deuxième station de pompage, dite « station de pompage intermédiaire », doit être prévue avant l'élément filtrant à cartouche.

On note également que la pression minimale requise à l'entrée de la pompe haute pression (pompe HP) est de 2 bars.

Le choix des caractéristiques des pompes (débit et HMT) et la position des stations de pompage intermédiaires dans la chaîne de traitement dépend largement du système de prétraitement.

### V.3.4.3 Application

Considérons le plan de masse pour une station de dessalement le suivant :

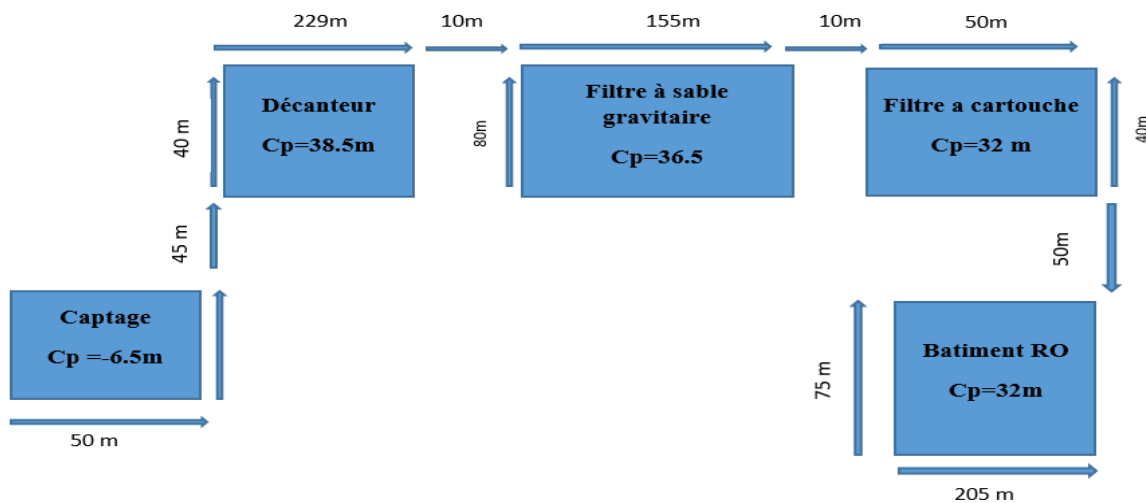


Figure 26: Schéma de plan de masse explicatif

#### ⇒ Données de base

- Production journalière de la station : 300 000 m<sup>3</sup>
- Taux de conversion des membranes : 45 %
- Débit entrant la station : 674 000 m<sup>3</sup>/J
- Nombre de pompe: 12+1
- Débit entrant par rack : 56 166.66 m<sup>3</sup>/J
- Matériau de la conduite : PEHD
- Rugosité : 0.015 mm
- Accélération de la pesanteur 9,81 m/s<sup>2</sup>
- Densité eau de mer 1035 kg/m<sup>3</sup>
- Viscosité dynamique  $\eta=0,0013$  Pa.s

#### ⇒ Calcul de diamètre et HMT

Ce tableau récapitule les principaux calculs nécessaires pour dimensionner efficacement les conduites et sélectionner les pompes :

On note :

- Bassin de captage Cp = -6.5 m.
- Décanteur Cp = 38.5 m.
- Filtre à sable Cp = 36.5 m.
- Filtre à cartouche Cp = 32 m.
- Osmose inverse Cp = 32 m.

L'écoulement entre le décanteur et le filtre à sable est gravitaire, donc on peut économiser l'énergie de pompage donc le pompage intermédiaire sera donc

installé après le filtre à sable gravitaires .

### V.3.4.3.1 Captage-Filtre à sable gravitaire :

a) Partie aspiration :

Calcul hydraulique partie aspiration				
Débit (m <sup>3</sup> /s)	<b>Q</b>	0,65		
Vitesse admissible (m/s)	<b>Va</b>	1,5		
Diamètre calculé des conduites (mm)	<b>Dc</b>	740		
Diamètre sélectionné (mm)	<b>D</b>	<b>800</b>		
Vitesse des conduites corrigées (m/s)	<b>V</b>	1,29		
Nombre de Reynolds	<b>Re</b>	793846		
Linéaire des conduites (m)	<b>L</b>	5		
Pertes de charge linéaire				
Coefficient de perte de charge linéaire	$\lambda$	0,01		
Pertes de charge linéaires (m)	<b>0,053m</b>			
Pertes de charge singulières		Valeur	Nombre	Valeur
Vanne		0,05	1	0,05
Joint dilatation		0,2	1	0,2
Réducteur (Convergeant)		0,9	1	0,9
Pertes de charge singulières (m)	<b>0.09 m</b>			
Somme des pertes de charges	<b>0.143m</b>			

b) Partie refoulement :

On calcule tout d'abord le diamètre de la conduite de refoulement principale tel que :

$$Q'=6 Q=3.9 \text{ m}^3/\text{s}$$

Calcul hydraulique partie refoulement				
Débit (m <sup>3</sup> /s)	<b>Q</b>	3.9		
Vitesse admissible (m/s)	<b>Va</b>	2,8		
Diamètre calculé des conduites (mm)	<b>Dc</b>	1460		
Diamètre sélectionné (mm)	<b>D</b>	1600		
Vitesse des conduites corrigées (m/s)	<b>V</b>	2,3		
Nombre de Reynolds	<b>Re</b>	1061538.5		
Linéaire des conduites (m)	<b>L</b>	573		
Pertes de charge linéaire				
Coefficient de perte de charge linéaire	$\lambda$	0,01		
Pertes de charge linéaires (m)	<b>2.57m</b>			
Pertes de charge singulière		Valeur	Nombre	Valeur
Coude 90°		0,75	5	3,75
Vanne		0,05	1	0,05
Clapet anti retour		2	1	2
Joint dilatation		0,2	1	0,2

Réducteur (Divergeant)	0,4	1	0,4
Pertes de charges singulières (m)	<b>0.9m</b>		
Pertes de charges totales (m)	<b>3.48 m</b>		

-Caractéristique des pompes d'eau de mer :

- **Nombre de pompe = 12+1**
- **Débit : 2340.3 m<sup>3</sup>/h**
- **HMT : 49 m**

#### V.3.4.3.2 Filtre a sable – Ro

Le pompage intermédiaire doit garantir une pression minimale de 2 bars à l'entrée du filtre à cartouche et 2.2 bars aussi à l'entrée des pompes à haute pression dans le bâtiment RO

Il est important de prendre en consideration les pertes de charges à travers les filtres à cartouche qui sont 1.2 bars.

##### a) Partie aspiration

Calcul hydraulique partie aspiration				
Débit (m <sup>3</sup> /s)	<b>Q</b>	0,65		
Vitesse admissible (m/s)	<b>V<sub>a</sub></b>	1,5		
Diamètre calculé des conduites (mm)	<b>D<sub>c</sub></b>	740		
Diamètre sélectionné (mm)	<b>D</b>	<b>800</b>		
Vitesse des conduites corrigées (m/s)	<b>V</b>	1,29		
Nombre de Reynolds	<b>Re</b>	793846		
Linéaire des conduites (m)	<b>L</b>	5		
Pertes de charge linéaire				
Coefficient de perte de charge linéaire	$\lambda$	0,01		
Pertes de charge linéaires (m)	<b>0,053m</b>			
Pertes de charge singulières		Valeur	Nombre	Valeur
Vanne		0,05	1	0,05
Joint dilatation		0,2	1	0,2
Réducteur (Convergeant)		0,9	1	0,9
Pertes de charge singulières (m)	<b>0.09 m</b>			
Somme des pertes de charges	<b>0.143m</b>			

##### b) Partie refoulement

Calcul hydraulique partie refoulement		
Débit (m <sup>3</sup> /s)	<b>Q</b>	3.9
Vitesse admissible (m/s)	<b>V<sub>a</sub></b>	2,8
Diamètre calculé des conduites (mm)	<b>D<sub>c</sub></b>	1460

Diamètre sélectionné (mm)	<b>D</b>	1600	
Vitesse des conduites corrigées (m/s)	<b>V</b>	2,3	
Nombre de Reynolds	<b>Re</b>	1061538.5	
Linéaire des conduites (m)	<b>L</b>	230	
<b>Pertes de charge linéaire</b>			
Coefficient de perte de charge linéaire	$\lambda$	0,03	
Pertes de charge linéaires (m)		<b>1.1m</b>	
<b>Pertes de charge singulière</b>	<b>Valeur</b>	<b>Nombre</b>	<b>Valeur</b>
Coude 90°	0,75	4	3
Vanne	0,05	1	0,05
Clapet anti retour	2	1	2
Joint dilatation	0,2	1	0,2
Réducteur (Divergeant)	0,4	1	0,4
Pertes de charges singulières (m)	<b>1.52m</b>		
Pertes de charges totales (m)	<b>2.62 m</b>		

- Caractéristique des pompes intermédiaire :
  - **N° de pompes =12+1**
  - **Débit : 2340.3 m3/h**
  - **HMT : 36.6 m**

## Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons procédé au dimensionnement des principales ouvrages du système de prétraitement de la station de dessalement de Cap Blanc Oran. Les résultats obtenus mettent en évidence l'importance de concevoir chaque composant en fonction des spécificités du projet, telles que le débit, les caractéristiques des eaux brutes et les critères de qualité de l'eau.

Le dimensionnement des équipements tels que les grilles, les dégrilleurs, les bassins de décantation et les filtres à sable ont été réalisés en conformité avec les normes techniques.

Les calculs hydrauliques ont permis de s'assurer que les dimensions et les capacités des ouvrages sont adaptées pour traiter les volumes d'eau projetés tout en garantissant une efficacité opérationnelle optimale.

## **Chapitre VI : Protection et sécurité de travail**



## **VI. Protection et sécurité de travail**

### **VI.1 Introduction**

Dans tous les secteurs professionnels, les travailleurs peuvent être exposés à une multitude de risques sur le lieu de travail. Les mesures d'hygiène et de sécurité s'attaquent à tout l'éventail des dangers présents sur le lieu de travail, de la prévention des accidents à des dangers plus insidieux .

Dans ce contexte, la mise en œuvre de mesures préventives efficaces est indispensable pour minimiser les risques de maladies professionnelles et d'accidents, contribuant ainsi à un milieu de travail plus sûr et plus productif.

### **VI.2 L'Objectif de l'étude de la sécurité du travail dans un chantier de réalisation d'une station de traitement :**

- promouvoir et maintenir le plus haut degré possible de bien-être physique, mental et social des travailleurs ;
- prévenir les effets néfastes sur la santé des travailleurs dus à leurs conditions de travail;
- protéger les travailleurs contre les dangers qui menacent leur santé ;
- placer et maintenir les travailleurs dans un environnement de travail adapté à leurs besoins physiques et mentaux ;
- Améliorer les conditions de travail et évaluer les risques qui existent sur leur propre lieu de travail.

### **VI.3 Les opérations nécessaire pour la réalisation et le fonctionnement de notre station de traitement :**

#### **VI.3.1 Partie génie civil :**

- Installation de chantier ;
- Terrassement généraux du site et aménagement ; Tuyauterie du site ;
- Sélection du Site de Captage
- Conception des Structures de Prise d'Eau et le transport d'eau
- Station de pompage
- Installation des ouvrages de chaque traitement
- Réservoirs d'eau apres chaque traitement;
- Bâtiments des réactifs.
- Laboratoires Administrations
- Locaux pour les ouvriers les sanitaires
- les différentes annexes de filière de traitement

#### **VI.3.2 Partie équipements**

- Equipement de la filière de traitement (en fonction de la capacité de station);
- Montage des équipements ;
- Mise en service et exploitation après 16 mois ;

- Formation des agents

#### **VI.4 Les moyens matériels nécessaire pour la réalisation de la sdem**

Les moyens matériels et humains nécessaire pour effectuer les différentes opérations nécessaires pour la réalisation et le fonctionnement de notre station de dessalement :

##### **VI.4.1 Les moyens matériels**

- Engins de levage ; Les bulldozers ;
- Les pelles hydrauliques (le nombre varie selon le besoins) ; Les camions et les voiture et les moyens de transport ;
- Au moins une ambulance ;
- Des bétonnières mobiles (le nombre varie selon la cadence du travail) ;
- Les matériaux de construction (sable ; graviers ; ciment ; accessoires ; les produit....etc.) ;
- Autre engin de terrassement selon les activités et les travaux.

##### **VI.4.2 A l'interieure de l'entreprise**

La participation active des collaborateurs est essentielle pour l'efficacité des mesures de sécurité et de santé au travail. Les salariés, étant directement concernés,. Plusieurs services et organisations doivent également être intégrés dans cette démarche :

- Les représentants du personnel (membres du comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail ou délégués du personnel) .
- l'encadrement, les responsables techniques (les managers ou responsables d'équipes), les personnes dédiées à des fonctions particulières en matière de sécurité et de santé au travail .
- Les services de ressources humaines.

##### **VI.4.3 Les moyens humains**

- Des ingénieurs en hydraulique, génie civil, et en chimie ; Des administrateurs et managers et gestionnaires ;
- Des Technicien supérieur ;
- Des conducteurs d'engin qualifié ; Main d'ouvre qualifié ;
- Des infirmiers ; Coordinateurs de tâches ; Des formateurs ;

#### **VI.5 Causes des accidents de travail dans un chantier hydraulique**

##### **VI.5.1 Facteurs humains**

Les causes d'accidents de facteurs humains proviennent soit:

- Manque de contrôle et négligence
- La fatigue des travailleurs,
- Encombrement dans les différentes phases d'exécution des travaux.
- Suivre un rythme de travail inadapté.

### VI.5.2 Facteurs matériels

Le facteur matériel concerne les conditions dangereuses susceptibles d'évoluer au cours de travail.

- Outillage, engins, et machines de travail.
- Nature des matériaux mis en œuvre.
- Les installations mécaniques et électriques
- De la profession en général et du poste de travail en particulier.
- De la nature et de la forme des matériaux mis en oeuvre.
- Des outils et machines utilisés : implantation.
- De l'exécution du travail : difficultés particulières.
- Du lieu de travail : éclairage, conditions climatiques, etc.
- Des conditions d'hygiène et sécurité : ventilation protection, etc.

### VI.5.3 Les Conditions dangereuses

- Installations non protégées ou mal protégées.
- Outillage, engin et équipement en mauvais état
- Matière défectueuse, stockage irrationnel.
- Défaut dans la construction.
- Eclairage défectueux.
- Facteurs d'ambiance impropre.
- Conditions climatiques défavorables.
- Bruits dans le chantier.
- Terrain glissant ( période d'hiver).

### VI.5.4 Les actions dangereuses

- Intervenir sans précaution sur des installations sous tension, sous pression ou contenant des substances toxiques ou inflammables.
- Intervenir sans protection sur des machines en mouvement .
- Agir sans prévenir ou sans autorisation.
- Ne pas utiliser l'équipement de protection individuelle.
- Imprudence durant la manutention des charges.

### VI.5.5 Le system Algerian de prevention des risques et accidents de travail

L'Algérie a mis en place tout un dispositif de prévention basé sur un ensemble de moyens :

- Législatifs et réglementaires .
- Techniques : services d'hygiène et sécurité, services de médecine du travail.
- Prévention des risques professionnels.
- Des niveaux de concertation : commission d'hygiène et de sécurité,
- Conseil national d'hygiène, de sécurité et de médecine du travail.
- Comité de participation.
- De contrôle : Inspection du travail .

- Des instruments (règlements intérieurs des organismes employeurs).

#### **VI.6 Evaluation de L'ensemble des risques lié à notre chantier :**

Un nombre de risques peuvent être présents sur notre chantier. Il y a des conditions de travail manifestement dangereuses, comme les machines non protégées, les sols glissants ou l'insuffisance des précautions contre l'incendie, mais il y a aussi des risques plus insidieux, moins évidents, tels que:

- risques chimiques (exposition à des liquides, des solides, des poussières, des vapeurs et des gaz) ;
- risques physiques tels que bruit, vibrations, mauvais éclairage, rayonnements et risques biologiques tels que bactéries, virus, déchets infectés et infestations ;
- risques liés à la non-application des principes de l'ergonomie, par exemple machines, engins et outils mal conçus, sièges et postes de travail inadaptés ou méthodes de travail mal conçues.
  - risque électrique ;
  - risque d'incendie ;
  - températures extrêmes ;
  - risques psychologiques (stress) ;

#### **VI.7 Moyens d'interventions pour éviter les accidents de travail :**

Il est essentiel de mettre en place divers moyens d'intervention :

##### **VI.7.1 Protection individuelle**

Dans notre projet on utilise :

- Protection de tête on propose les casques de protection pour les ouvriers qui pose les canalisations parce que ils sont exposés au chutes de terre.
- Protection des yeux on propose les lunettes de sécurité pour éviter les poussières
- Protection respiratoire on prévoit les masques jetables pour les poussières
- Protection des mains on prévoit des gants
- Protection des pieds on prévoit des bottes contre les terres humides d'hiver
- Protection du corps on propose des vêtements contre le froid et les poussières

##### **VI.7.2 Protection collective:**

- Entretien des engins
- Application stricte des règlements de sécurité
- Délimiter une zone de sécurité autour des engins
- Information du salarié par le médecin du travail sur les risques et les précautions à prendre.
  - Contrôler la machine avant et après démarrage.
  - Amélioration des ambiances de travail

- La formation des personelles responsables des ouvrages et installation
- La formation des conducteurs

### VI.8 Les acteurs de la prévention :

Les acteurs internes de la prévention sont l'employeur, les ressources humaines et les chargés de prévention, ainsi que les Comités d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail, ou CHSCT, et les Comités sociaux et économiques, ou CSE.

#### VI.8.1 A l'extérieure de l'entreprise :

Des acteurs externes à votre entreprise peuvent vous accompagner et vous conseiller dans la mise en place de votre plan de prévention :

- L'Assurance Maladie – Risques professionnels au travers de ses caisses régionales.
- Le médecin du travail.
- Les fédérations professionnelles.
- L'Institut national de recherche et de sécurité (INRS).

### VI.9 Etude économique

L'étude économique est une étape essentielle dans la réalisation d'un projet, car elle évalue sa faisabilité financière. Cette analyse permet de décider si le projet peut être lancé en examinant les gains escomptés, les coûts d'investissement et le retour sur investissement.

Nous procéderons donc à une analyse financière du projet que nous avons précédemment étudié.

#### a) Le coût d'investissement :

Le coût des travaux de génie civil (terrassement et construction en béton). Les équipements tels que les racleurs, les turbines, les pompes, les tuyaux...

$$CTOT\ INV = CTOT\ CIV + CVRD + C_{eq}$$

#### b) Le coût de fonctionnement

- Coût d'exploitation
- Coût de renouvellement du matériel électromécanique.
- Frais financiers et de la main d'œuvre.

Avec :

- $CTOT\ INV$  : le coût d'investissement,
- $C_{eq}$  : le coût de génie civil.
- $CVRD$  : le coût VRD (les voiries et Réseaux divers).

#### VI.9.1 Calcul du coût d'investissement

##### VI.9.1.1 Le coût de terrassement

L'épaisseur prévue pour la couche végétale est de 30 cm. Le coût du mètre cube de terrassement est estimé à 2500 DA, selon les informations fournies par l'entreprise.

## a) Le volume de la couche végétale

$$V = Shi \times 0.3$$

Avec :

V : volume de terrassement de l'ouvrage considéré.

Shi : surface horizontale de l'ouvrage considéré.

## b) Le coût d'un ouvrage

$$Cout = Vi \times 2500$$

Tableau 12: Cout de terrassement

Ouvrages	Nombre	La surface horizontale (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Coût (DA)
Décanteur lamellaire	20	200.6	60.18	150 450
Bassin de floculation	20	140.41	42.12	105 307.5
Filtre a sable gravitaire	40	195	58.5	146 250
<b>TOTAL</b>				<b>402 007.5</b>

## VI.9.1.2 Le Coût du béton armé

Le prix du béton armé de classe (25/30) est de 40 000 DA/m<sup>3</sup>, selon CIVIL MANIA.

Le coût du béton armé est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$Ci = Vtb \times Pu$$

- Vtb : le volume total du béton.
- Epaisseur des murs de l'ouvrage em : (0.15 à 0.5) m
- Epaisseur en radiers de l'ouvrage er : (0.3 à 0.4) m.
- Cb : le coût de béton.

## a) Calcul du volume de béton armé

Le volume total du béton pour chaque ouvrage sera la somme des deux volumes

$$Vtb = Vr + Vm$$

$$Vr = Sh + Er$$

$$Vm = p \times h \times Em$$

Avec :

- Vr : volume du radier.

- $V_m$  : volume du mur.

On prend :

- L'épaisseur du mur  $e_m = 0.3$  m.
- L'épaisseur du radier  $e_r = 0.3$  m (selon les informations de l'entreprise).
- $P$  : périmètre de l'ouvrage.
- $H$  : Hauteur de l'ouvrage.

**Table 13: Cout de béton armé de chaque ouvrage**

Ouvrages	Surface (m <sup>2</sup> )	$V_r$ (m <sup>3</sup> )	$V_m$ (m <sup>3</sup> )	$V_{tb}$ (m <sup>3</sup> )	Cout (DA)
Décanteur lamellaire	200.6	60.18	421.26	481.44	1925760
Bassin de floculation	140.4	42.123	168	210.123	840492
Filtre a sable gravitaire	195	58.5	75.33	133.83	535320
<b>TOTAL</b>					<b>3 301 572</b>

### VI.9.1.3 Coût total du génie civil

$$CTOT\ CIV = CTR + CTBA$$

- CTR : Coût total du terrassement.
- CTBA : Coût total du béton armé.

$$CTOT\ CIV = 33\ 417\ 727.5\ DA$$

### VI.9.1.4 Coût des voiries et réseaux divers (VRD)

Le coût des VRD est estimé à 25% de CTOT CIV.

$$CVRD = 8\ 354\ 431.9\ DA$$

### VI.9.1.5 Coût des équipements électromécaniques et électriques et des installations hydromécaniques

Il est estimé à 40% du coût de G.C et VRD:

$$C_{eq} = 3\ 341\ 772.8\ DA$$

$$\text{Coût total des investissements de la chaîne prétraitement} = 45\ 113\ 932.2\ DA$$

### VI.9.2 Calcul du cout d'exploitation

Le cout d'exploitation dans notre cas (partie prétraitement) comprend seulement le cout de consommation d'énergie et le cout de consommation des produits chimiques .

#### VI.9.2.1 Bilan énergétique

Le tableau ci-dessous présente le bilan énergétique du système de prétraitement de la station de dessalement de Cap Blanc :

Tableau 14 :Bilan énergétiques

L'équipement	N° d'unité	Consommation horaire d'électricité en kW	N° d'heures de fonctionnement	Consommation totale en kWh
Pompes d'eau De mer	12	446.8	24	<b>128678.4</b>
Pompes doseuse du sulfate d'aluminium	4	0.35	24	<b>33.6</b>
Pompes doseuses Du polymère	20	0.56	24	<b>268.8</b>
Agitateur du bassin de floculation	20	0.66	24	<b>126.72</b>
Racleur	20	2.82	3	<b>169.2</b>
Pompe intermediaires	12	333.8	24	<b>96134.4</b>

La consommation approximative de ce système est donc : **225411.12 Kwh**

C'est-à-dire : **0.75 kW h/m<sup>3</sup>**

### VI.9.2.2 Frais liés à la consommation énergétique

Les coûts liés à la consommation énergétique du système de prétraitement constituent un aspect crucial dans le processus de dessalement, influençant directement les dépenses opérationnelles. Une gestion optimisée de l'énergie à cette étape initiale est essentielle pour assurer l'efficacité globale du système de dessalement et minimiser les coûts énergétiques associés.

Selon les tarifs applicables aux clients alimentés en haute tension de SONALGAZ on a :

- Heures de jour = 7.5h (6 :00 - 22 :30) → prix d'énergie = **428,30 DA/kWh**
- Heures de nuits = 16.5h (22 :30 - 6 :00) → prix d'énergie = **102,40 DA/kWh**

Les calculs montrent que pour une consommation de 225411.12 kWh :

- Consommation pendant les heures de jour : **70 469,75 kWh**
- Consommation pendant les heures de nuit : **154 941,37 kWh**



- Frais pendant les heures de jour : **30 195 166,79 DA**
  - Frais pendant les heures de nuit : **15 868 429,44 DA**
- Frais totaux : **46 063 596.23 DA**

### VI.9.2.3 Cout de consommation du produit chimique

Tableau 15: Consommation du produits chimiques

Produit chimique	La consommation (Kg)	Prix unitaire (DA)	Prix total (DA))
<b>Coagulant</b>	912,6	1730	1578798
<b>Floculant</b>	182,52	1450	264654
<b>Total</b>			<b>1843452 DA</b>

Le prix d'exploitation totale = **47907048.23DA**

**Le prix totale estimatif de la chaine prétraitement est =81324775.73 DA**

### Conclusion

Dans les secteurs de l'approvisionnement en eau potable et de l'hydraulique, les travaux tels que les excavations, les terrassements, et les creusements présentent des risques élevés d'accidents du travail. Ce chapitre a pour objectif de minimiser ces risques en présentant des recommandations essentielles pour assurer la sécurité des travailleurs et des équipements.

Après avoir calculé le coût d'investissement de la partie prétraitement ainsi que le coût d'exploitation, nous avons établi une estimation du coût.

## Conclusion générale

Le dessalement de l'eau de mer constitue une solution incontournable pour répondre à la demande croissante en eau potable, notamment dans les régions arides comme l'Algérie. À travers cette thèse, nous avons exploré en détail le processus de prétraitement des stations de dessalement, en mettant l'accent sur le projet de Cap Blanc, situé à Oran.

L'importance du prétraitement dans le processus de dessalement réside dans sa capacité à protéger les unités de filtration membranaires, telles que l'osmose inverse, en éliminant efficacement les matières en suspension, les impuretés organiques et minérales, ainsi que les micro-organismes nuisibles. Le dimensionnement adéquat des ouvrages de prétraitement, y compris les grilles de dégrillage, décanteurs, les filtres à sables gravitaires permet d'améliorer la performance globale de l'installation, tout en assurant sa durabilité et en minimisant les coûts d'exploitation et de maintenance.

Dans le cadre du projet de la station de dessalement de Cap Blanc de la wilaya d'Oran, nous avons démontré que la conception soignée de la chaîne de prétraitement, adaptée aux spécificités locales du site et aux caractéristiques de l'eau de mer, est essentielle pour garantir un rendement optimal du processus de dessalement. Les résultats de cette étude confirment que le respect des normes de dimensionnement, combiné à une gestion rigoureuse des étapes de prétraitement, contribue non seulement à l'efficacité du dessalement mais aussi à la préservation des ressources en eau sur le long terme.

L'étude des coûts d'investissement et d'exploitation de la chaîne de prétraitement vise à évaluer la rentabilité et la viabilité économique du projet. Elle permet d'identifier les opportunités d'optimisation des ressources pour réduire les coûts opérationnels, de planifier le budget en prévoyant les besoins financiers à court et long terme.

## Bibliographies

- [1] Maurel, A. (2006). "Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres" (2e éd.).
- [2] Morel, J. (2007). "Les ressources en eau sur Terre : origine, utilisation et perspectives dans le contexte du changement climatique – un tour d'horizon de la littérature". Laboratoire d'économie de la production et de l'intégration internationale.
- [3] Degremen, T. (2005). "Mémento technique de l'eau" (Tome I). Lavoisier.
- [4] United Nations Digital Library. "The United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change". United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Récupéré sur <https://digitallibrary.un.org/> visité le : 30/04/2024
- [5] UNESDOC Digital Library . "Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2017: Les eaux usées: une ressource inexploitée". Récupéré sur <https://unesdoc.unesco.org/> visité le : 29/05/2024
- [6] Renaudin, V. (2013). "Le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres". Culture Sciences Chimie.
- [7] Remini, B. (2005). "La problématique de l'eau en Algérie du nord".
- [8] A.N.R.H. (n.d.). "Centre national de la recherche scientifique | Sagascience". Récupéré sur <https://sagascience.com/>
- [9] Centre national de la recherche scientifique. (n.d.). "Sagascience". Récupéré sur <https://sagascience.com/> visité le : 25/05/2024
- [10] Médecine et santé. (n.d.). "Eau potable". Récupéré sur [www.medecine-et-sante.com](http://www.medecine-et-sante.com)
- [11] Clément, G. (2014). "Le dessalement de l'eau de mer". Docs. school Publications.
- [12] Kettab, A. (2001). "Les ressources en eau en Algérie: stratégies, enjeux et vision". Desalination, 136, 25-33.
- [13] Gourai, K. (2018). "Osmose Inverse Alimentée par l'Énergie Solaire pour le Dessalement des Eaux Saumâtres et Tests d'Adsorption sur la Bentonite Activée" (thèse de doctorat en Physico-chimie des Matériaux).
- [14] Eyl-Mazzega, M.-A., & Cassagnol, É. (2022). "Géopolitique du dessalement d'eau de mer". Étude de l'Ifri. Institut français des relations internationales. Récupéré sur <https://www.ifri.org/fr/> visité le : 24/05/2024
- [15] Rowater. (n.d.). "Les dix plus grandes usines de dessalement au monde". Récupéré sur <https://fr.rowater-ts.com/news> visité le : 24/05/2024
- [16] Plan Bleu. (2010). "Environnement et Développement en Méditerranée : Notes N° 16". Dépôt légal et ISSN : 1954-9164.

- [17] Mooij, C. (2007). "Hamma Water Desalination Plant: planning and funding". Desalination, 203.
- [18] Lugan, H., & Fethi, K. (2008). "Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres par osmose inverse: les bonnes pratiques d'ingénierie (WORKSHOP)". MEDRC.
- [19] Centre de développement des énergies renouvelables (CDER). (2009). "Dessalement : une solution limpide à la pénurie d'eau en Algérie". Récupéré sur <https://www.cder.dz/> Visité le 23/04/2024
- [20] Ministère de l'énergie et des mines (n.d.). "Dessalement d'eau de mer : Nouvelles stations prévues en 2025". Récupéré sur <https://www.energy.gov.dz/> visité le : 29/05/2024
- [21] Lefebvre, M. Y. (1993). "Comité des techniciens, Circuits eaux de mer : Traitement et Matériau". Édition Technip.
- [22] Blum, A., Rouzeau, O., & Guiraud, A. (2014). "Suivi de la turbidité des eaux de Guyane. État des lieux et recommandations. Approche par télédétection". Rapport BRGM/RP-61632-FR.
- [23] Maurel, A. (1993). "Techniques séparatives à membranes". Techniques de l'ingénieur, J2, J2790 (Tome1).
- [24] Visvanathan, C., Boonthanon, N., Sathasivan, A., & Jegatheesan, V. (2002). "Pretreatment of seawater for biodegradable organic content removal using membrane bioreactor". Desalination.
- [25] Hout, S. (2021). "Conception et optimisation d'un système de filtration pour le prétraitement de l'eau de mer" (thèse de doctorat, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Algérie).
- [26] Roth, E., Fabre, B., & Faller, B. (1998). "Study of fouling of reverse osmosis membranes used to produce water for hemodialysis". Revue des sciences de l'eau, 3.
- [27] Voutchkov, N. (2017). "Pretreatment for reverse osmosis desalination". Elsevier.
- [28] GCB. (2024). Données obtenues lors d'une consultation avec l'entreprise. [Données non publiées].

**Site internet :**

<https://scholar.google.com/>

<https://www.researchgate.net/>

<https://www.dgrsdt.dz/fr>

## ANNEXE

À la fin du prétraitement dans une station de dessalement, certaines exigences doivent être atteintes pour garantir une performance optimale de l'installation et protéger les membranes (pour les techniques comme l'osmose inverse ou la nanofiltration).

Voici les principales exigences à atteindre résumé dans un tableau :

Paramètres	Valeur
Ph	7.5-8.5
TDS mg/l	150-500
Bore mg/l	<1.3
Dureté totale mg/l en CaCO <sub>3</sub>	65-80
LSI	0-0.4
Turbidité NTU	1 maximum
Teneur en bromate	
Chlore résiduel mg/l	0.1-03
Alcalinité mg/l	
Autres paramètres	