



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des Sciences Appliquées

Département de Génie Civil et Hydraulique

Filière : Hydraulique

OPTION : **RESSOURCES HYDRIQUES**

Mémoire présenté par :

**KARABI Narimane**

**GUENNOUN Kaouther**

En vue de l'obtention du titre de **MASTER**

*Thème :*

***Etude comparative entre deux  
techniques de déminéralisation des eaux  
« Osmose inverse et électrodialyse »  
Dans la région de Ouargla***

Soutenu Publiquement le :29/06/2019

Devant le jury :

SAGGAI.Soufiane	MCA	UKMO	Président
GHERAIRI.Yamina	MAA	UKMO	Examineur
TOUIL.Youcef	MCB	UKMO	Encadreur
MESROUK.Houria	MAB	UKMO	Co-Encadreur

2018/2019



## **DEDICACES**

*Je dédie ce modeste travail en sens de reconnaissance et de respect :*

*A ma mère et mon père pour tous les sacrifices qu'ils ont Consentis à mon égard*

*Ma sœur et mes sœurs qui n'ont pas cessé d'être des exemples d'appréciation, de courage  
et de générosité.*

*A toutes les familles ; **KARABI et KANNOUCHE***

*Tous mes amis*

*A tous mes professeurs du département hydraulique.*

*A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce travail.*

*En fin, à toute la promotion ressource hydrique 2018-2019*

**Narimane**

## **DEDICACES**

*Je dédie ce modeste travail en sens de reconnaissance et de respect :*

*-Je dédie ce modeste travail, à mes chers parents, pour leurs sacrifices et encouragement à  
mon égard que dieu leur accorde une longue vie,*

*-A mes sœurs « Rim et Hana » et A mes frères « Abdelhak, Abdelfatah et Abdeldjouad »*

*-A toutes les familles ; **GUENNOUN et BOUAICHE***

*- A tous mes amis pour m'avoir constamment soutenu et encouragé à aller de l'avant.*

*A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce travail.*

**Kaouther**

## **Remerciements**

- Nous remercions en premier lieu DIEU qui nous a donné le courage et la patience pour mener à bien ce modeste travail.
- A l'issue de ce modeste travail, Nous voulons exprimer nos sincères remerciements à mon promoteur Dr **TOUIL. Y** pour son soutien, Sa gentillesse et ses précieux conseils, et ses encouragements.
- Nous remercions également Dr **MESROUK. H** pour son soutien, ses encouragements et ses conseils.
- Nous remercions également les travailleurs de la Direction régionale de Haoud Berkaoui et **BEN AMOR. R** pour les informations et les conseils fournis
- Nous remercions également le directeur de Laboratoire de bio-géochimie des milieux désertiques, Monsieur **Hadj MAHAMMAD. M**, de nous ont réceptionné, et la mise en disposition le matériel du laboratoire afin constater notre expérimentation.
- Nous remercions également à Dr **SAGGAI. S** pour l'honneur qu'il me fait en présidant le jury de soutenance
- Nous remercions sincèrement Dr **GHERAIRI. Y** pour l'intérêt soutenu qu'elle a porté à ce travail et a accepté d'étudier ce travail en participant à ce jury.
- Nous ne pouvons pas mettre fin à ces remerciements sans associer nos professeurs, nos familles, nos amis et d'autres personnes sans le soutien et les encouragements
- Nous vous disons tout merci

## Résumé

Les ressources en eau souterraines dans la région de Ouargla, par deux grands systèmes aquifères superposés : le Continental Intercalaire (CI) Représenté dans La nappe albiennne et le Complexe Terminal (CT) qui comprend les nappes les plus important le Moi-pliocène et le Sénonien. Où La région de Ouargla est connue par la salinité de ses eaux souterraines ; aussi convient-il d'en améliorer la qualité par des méthodes de dessalement des eaux.

Notre travail a pour but principal de faire une étude comparative entre deux techniques de dessalement (osmose inverse et électrodialyse) Techniquement et économiquement.

Où nous avons effectué un stage pratique et plusieurs visites à différentes stations de dessalement de la région, a travers les résultats que nous avons obtenu que la technique d'osmose inverse est bonne économiquement et la technique électrodialyse est le meilleur de la qualité de l'eau

**Mots clé :** déminéralisation, qualité, économie, osmose inverse, électrodialyse, eau potable

تتمثل موارد المياه الجوفية في منطقة ورقلة، في اثنين من شبكات طبقات المياه الجوفية الكبيرة: القاري البيني (CI) المتمثلة في طبقة المياه الجوفية الألبان والمركب النهائي (CT) والتي تشمل أهم الطبقات وهي ميو-البلايوسين والسنيونية. حيث تتميز منطقة ورقلة بملوحة مياهها الجوفية، لهذا كان من المهم تحسين نوعيتها باستعمال طرق تحليه المياه

هدف دراستنا الرئيسي هو القيام بدراسة مقارنة بين تقنيتي تحليه المياه (التناضح العكسي والفرز الغشائي الكهربائي) من الناحية التقنية والاقتصادية.

حيث قمنا بإجراء تريض تطبيقي و عدة زيارات لمختلف محطات تحليه المياه الموجودة في المنطقة ومن خلال النتائج المتحصل عليها توصلنا الى ان تقنية تناضح العكسي جيدة من الناحية الاقتصادية اما تقنية الفرز الغشائي الكهربائي هي الأفضل من الناحية نوعية المياه

الكلمات المفتاحية: إزالة الاملاح، التناضح العكسي، الفرز الغشائي الكهربائي، الجودة، الاقتصاد، المياه الصالحة للشرب.

Groundwater resources in the Ouargla region, by two major superimposed aquifer systems: The Continental Intercalaire (CI) Represented in the Albian aquifer and the Terminal Complex (CT) which includes the most important aquifers the Pliocene Ego and the Senonian. Where The region of Ouargla is known by the salinity of its underground waters; It is therefore necessary to improve the quality of water by desalination methods.

Our main aim is to make a comparative study between two desalination techniques, reverse osmosis and electro dialysis (Technically and economically).

Where we did a practical internship and several visits to different desalination stations of the region, through the results we obtained that the technique of reverse osmosis is good economically and electro dialysis technique is the best of the quality of the water

Keywords: demineralization, quality, economy, reverse osmosis, electro dialysis, drinking water

## Liste des tableaux

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
Tableau 01	: Classification des eaux selon la salinité	08
Tableau 02	: Les normes de potabilité	09
Tableau 03	: Caractéristiques de forage	47
Tableau 04	: Caractéristiques techniques de l'appareil UV	49
Tableau 05	: Estimation de débits mensuel de la villa et six champs	53
Tableau 06	: Caractéristiques de l'eau brute	56
Tableau 07	: Résultat de calcul de la molarité et la concentration de l'eau d'alimentation	57
Tableau 08	: Résultat de dimensionnement d'osmose inverse	63
Tableau 09	: Résultat de dimensionnement d'électrodialyse	69
Tableau 10	: Comparaison entre l'OI et l'ED (dimensionnement)	70
Tableau 11	: Prix de la construction (OI)	71
Tableau 12	: Prix de la construction (ED)	71
Tableau 13	: Prix de l'équipement principal et auxiliaire (OI)	72
Tableau 14	: Prix de l'équipement principal et auxiliaire (ED)	72
Tableau 15	: Charge de personnel	72
Tableau 16	: Amortissement et charge de réparation et entretien (OI)	73
Tableau 17	: Amortissement et charge de réparation et entretien (ED)	74

## Liste de figures

<b>Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
Figure 01	: Distillation par multiple effet	13
Figure 02	: Distillation par compression de vapeur	14
Figure 03	: Distillation par détente successives	14
Figure 04	: Distillation solaire	15
Figure 05	: Module tubulaire	16
Figure 06	: Modules à fibres creuses	18
Figure 07	: Modules plan	19
Figure 08	: Structure interne d'une membrane à spirale	20
Figure 09	: couts du dessalement (dollar) en fonction de la salinité de l'eau saumâtre	21
Figure 10	: Principe d'électrodialyse	22
Figure 11	: Position géographique de la région de Ouargla	27
Figure 12	: Conductimètre et vanne électrique	36
Figure 13	: Orientation d'une pile à membranes	36
Figure 14	: Les différents types des membranes	38
Figure 15	: Les séparateurs	39
Figure 16	: Répartition de la consommation quotidienne d'eau selon ses différents usage domestique	51



## Liste des schémas

<b>Schéma</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
Schéma 01	: procédés de dessalement industriels	12
Schéma 02	: Schéma général d'une installation de dessalement	12
Schéma 03	: Principe d'osmose inverse	17
Schéma 04	: La station de traitement d'eau par électrodialyse « HAOUD BERKAOUI »	32
Schéma 05	: La station de traitement d'eau par osmose inverse « HAOUD BERKAOUI »	41
Schéma 06	: La station de traitement d'eau par osmose inverse « BEN AMOR »	46
Schéma 07	: La station de traitement d'eau par osmose inverse « MAA SAFI »	50

## Liste des abréviations

<b>NTU</b>	Unité de turbidité Néphélométrie
<b>OMS</b>	Office national de la santé
<b>OI</b>	Osmose inverse
<b>ED</b>	Electrodialyse
<b>F°</b>	Degrés français
<b>TH</b>	Titre hydrométrique
<b>TDS</b>	Seles dissout totaux
<b>MSF</b>	La distillation par détente successive (multi-stage flash)
<b>MED</b>	La distillation par effet multiple
<b>VC</b>	La distillation par compression de vapeur
<b>PH</b>	Potentiel d'hydrogéné
<b>Ppm</b>	Partie par million
<b>TA</b>	Titre alcalimétrique
<b>TAC</b>	Titre alcalimétrique complet
<b>HP</b>	Pompe à haute pression
<b>ANRH</b>	Agence national des ressources hydrauliques
<b>ONM</b>	Office national de météorologie

# SOMMAIRE

Introduction générale	A
-----------------------	---

## Partie bibliographique

### Chapitre I : Généralités sur les eaux potables

I-1 Définition de l'eau	3
I-2 Différents types de l'eau	3
I-2-1 Eaux de surface	3
I-2-2 Eaux souterraine	4
I-2-3Eaux de mer	4
I-3 Propriétés de l'eau	5
I-3-1 Propriétés physiques	5
✚ Température	5
✚ Matières en suspension	5
✚ Dureté	5
I-3-2 Caractères organoleptiques de l'eau	6
✚ Couleur	6
✚ Odeur et saveur	6
✚ Turbidité	7
I-3-3 Caractéristiques physico-chimique	7
✚ Potentiel d'hydrogéné	7
✚ Conductivité électrique	7
✚ Alcalinité	7
✚ Salinité totale	8
✚ Cations et anions	8
I-4 Les normes de l'eau potable	8

## Chapitre II : Les principales techniques de dessalement

II-1 Introduction	11
II-2 Généralités sur le dessalement	11
II-3 Les procédés de dessalement des eaux	11
II-3-1 Les procédés de distillation	13
A. Distillation à multiple effet	13
B. Distillation par compression de vapeur	13
C. Distillation par détente successives	14
D. Distillation solaire	15
E. Les avantages et les inconvénients de distillation	15
II-3-2 Le dessalement par congélation	16
A. Les avantages et les inconvénients de congélation	16
II-3-2 Les procédés membranaires	16
A. Osmose inverse	16
A.1 Principe de l'osmose inverse	17
A.2 Les modules	17
• Les modules tubulaires	18
• Les modules fibres creuses	18
• Les modules plans	19
• Les modules spirales	19
A.3 Les avantages et les inconvénients d'osmose inverse	20
B. Électrodialyse	21
B.1 Principe d'électrodialyse	21
B.2 Les avantages et les inconvénients d'électrodialyse	22
C. Nanofiltration	23

II-3-3 Les procédés chimiques	23
A. Échange ions	23
B. Les avantages et les inconvénients d'échange ions	24
C.	
II-4- les paramètres de choix d'un procédé de dessalement	24
II-4-1 Les conditions techniques	24
II-4-2 Les conditions économiques	25

### **Chapitre III : Présentation la zone d'étude**

III-1- Présentation de la région de Ouargla	27
III-1-1- Situation géographique	27
III-1-2- caractéristique Climatologique	27
III-1-3- les ressources en eau utilisé dans la région de Ouargla	28
✚ Complexe terminal	28
a) La nappe moi-pliocène	28
b) La nappe sénonien	28
✚ Continental intercalaire	28
✚ La nappe phréatique	29
III-2-Présentation de la zone d'étude HOUD BERKAOUI	29

### **Partie expérimentale**

#### **Chapitre IV : présentation les stations de travail**

IV-1-Description des stations de traitement des eaux (EDR et OI) de la région HAUD BERKAOUI	32
IV-1-1-Station traitement des eaux de puits par EDR (électrodialyse)	32
A. Eau brute	33
B. Stockage d'eau brute	33
C. Préfiltration	33
• Filtre à sédiment	34

• Microfiltration	34
D. Unité de dessalement d'électrodialyse	35
E. Description de la pile à membrane	36
*Configuration de la pile	36
*Composants de la pile	37
F. Nettoyage chimique	40
G. Désinfection par l'eau de javel	40
H. Stockage d'eau traité	40
IV-1-2 -station de traitement des eaux saumâtres par osmose inverse	41
A. Préfiltration	42
❖ Filtre à sables	42
❖ Filtre à charbon actif	42
❖ Filtre à cintropur	43
❖ Filtre à cartouche	43
B. Filtration par osmose inverse	43
C. Désinfection	44
D. Stockage d'eau traité	44
E. Les analyses pour OI et EDR	44
IV-2-discipation de la station BEN AMOR	45
A. Caractéristiques de forage	47
B. Préfiltration et microfiltration	47
C. Filtration par osmose inverse	47
*lavage des membranes	48
D. Pompe à haute pression	48
E. Désinfection	48

➤ Désinfection par l'eau de javel	48
➤ Désinfection par l'ultraviolet	48
IV-3-Les étapes de traitement de la station MAA SAFI	50
<b>Chapitre V : dimensionnement et calcul technico-économique deux méthodes de dessalement différent « osmose inverse et électrodialyse »</b>	
1-Estimation des besoins	53
2 -Dimensionnement de l'unité par deux techniques	55
V-2-1-dimensionnement de l'installation de déminéralisation d'osmose inverse	55
V-2-1-1-caractéristiques de l'eau brute	56
V-2-1-2-calcul de la molalité	56
V-2-1-3-calcul de la concentration de l'eau d'alimentation en ppmNaCl	57
V-2-1-4-lesfacteurs influencent le dimensionnement	58
V-2-1-5-les différents types de montage de l'installation d'OI	61
V-2-1-6-arrangement des perméateurs dans l'installation	62
V-2-1-7-intréparation des résultats	63
Conclusion	64
V-2-2 dimensionnement de l'installation d'électrodialyse	64
V-2-2-1-Calcul de l'installation d'électrodialyse	64
V-2-2-2-Le choix de la densité du courant optimal	64
V-2-2-3-La surface de la membrane	65
V-2-2-4-Nombre de membrane	66
V-2-2-5- Nombre de cellule	66
V-2-2-6- Détermination du nombre de pile	66
V-2-2-7-La vitesse d'écoulement dans les compartiments de déminéralisation	66
V-2-2-8- Nombre de cellules dans chaque pile	67

V-2-2-9- quantité de l'eau produite	68
V-2-2-10- L'énergie consommée	68
V-2-3- Une comparaison entre l'osmose inverse et électrodialyse (Dimensionnement)	70
3- Calcul économiques de deux techniques	71
V-3- investissement	71
V-3-1- prix de construction de l'unité	71
V-3-2- prix d'équipement principal et auxiliaire	72
V-3-3- charge annuelles d'exploitation	72
➤ Charge de personnel	72
➤ Amortissement et charge de réparation et d'entretien de la station	73
➤ Cout d'énergie électrique	74
V-3- calcul de prix de revient de m <sup>3</sup> d'eau produite	75
V-3-1- calcul de cout de production	75
<b>Conclusion générale</b>	77
<b>Références bibliographie</b>	80
<b>Annexes</b>	85







# **Introduction générale**

### Introduction générale

L'eau est la vie pour tous les êtres vivants, elle couvre les trois quart (3/4) de la Surface terrestre, et environ les deux tiers (2/3) du corps humain. [01]

Mais est ce que toutes les eaux sont potables et consommable pour l'homme ?

L'eau potable est une eau que l'on peut boire ou utiliser sans risque pour la santé [02]. Les origines des eaux de consommation sont multiples (eaux de surface, eaux Souterrains), mais ceux qui répondent aux normes de potabilités sont très peu nombreuses (Eaux souterraines).

Les eaux souterraines sont considérées comme la seule ressource dans notre région, mais elles présentent une forte salinité car la composition de ces eaux est reliée à la nature chimique des couches géologiques traversées. Cette salinité élevée qui dépasse les normes présente un problème majeur, face à des conditions climatiques défavorable, à une croissance démographique très importante, au développement industriel, les volumes d'eau mobilisées et mobilisable sont insuffisante et le recours à des ressources en eau non conventionnelles telle que : le dessalement des eaux saumâtres semble être la solution incontournable [02].

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

Il y a plusieurs techniques de dessalement sont choisis par apport les conditions techniques et économiques.

Notre travail a pour but principal de faire une étude comparative entre deux techniques de dessalement osmose inverse et électrodialyse du point de vue efficacité technique et économique.

C'est pour cette raison notre travail est partagé en deux parties :

- Partie bibliographique : qui comporte trois chapitres, dans le premier chapitre nous allons parler de généralités sur les eaux potables, dans le deuxième chapitre nous allons parler de du

différent procédé de dessalement et dans le troisième chapitre nous allons parler à présentation de la zone d'étude.

- Partie expérimentale : qui comporte deux chapitres, dans le premier chapitre nous allons parler de maitre de point sur le fonctionnement et les problèmes existe au niveau des stations visité dans la région de Ouargla et dans le deuxième chapitre nous allons parler en dimensionner la station d'osmose inverse et la station d'électrodialyse et déterminer le prix de revient de chaque station et comparer entre les deux techniques.

Et Ce travail se termine par une conclusion et perspectives.



**Partie  
bibliographique**



**Chapitre I :**  
**généralités sur les**  
**eaux potables**

### **Introduction :**

L'eau est indispensable à la vie et tous les hommes doivent disposer d'un approvisionnement satisfaisant en eau (suffisant, sûr et accessible). Un meilleur accès à une eau de boisson saine peut se traduire par des bénéfices tangibles pour la santé. Tous les efforts doivent être consentis pour obtenir une eau de boisson aussi saine que possible.

### **1-définition de l'eau**

L'eau est un liquide transparent, incolore et insipide corps composé, dont les molécules sont formées de deux atomes d'hydrogène et atome d'oxygène (H<sub>2</sub>O). L'eau bout à 100°C à la pression atmosphérique et solidifié à 0°C. sur la terre ; l'eau est la seule substance qu'on trouve dans ses trois phases à l'état naturelle : solide (glace, neige) ; liquide (eau liquide) et gazeux (vapeur d'eau) [03].

### **2-Différents types de l'eau**

On trouve quatre sources principales d'eaux brutes : les eaux de pluie, les eaux de surface, les eaux souterraines et les eaux de mer et saumâtres. Les caractéristiques générales de chacune de ces sources reflètent l'interaction de l'eau et du milieu environnant.

#### **2-1 Eaux de surface**

On peut répartir les eaux de surface en trois catégories : eaux de rivière (partie amont), eaux de rivière (partie aval) et eaux de lac.

- ✓ Eaux de rivière (partie amont)

L'amont d'une rivière est en général situé dans une région montagneuse, ou la densité de population est faible et les industries pratiquement inexistantes. Les principales caractéristiques de ces eaux sont présentées ci – dessous.

- Turbidité élevée
- Contamination bactérienne faible
- Température froide
- Indice de couleur faible [4]

### ✓ Eaux de rivière (partie aval)

L'aval d'une rivière est en général situé dans une région où la population est dense, l'agriculture développée et les industries plus ou moins nombreuses. Les eaux y sont donc habituellement de moins bonne qualité et plus difficiles à traiter qu'en amont. Les principales caractéristiques de ces eaux sont présentées ci-dessous.

- Contamination bactérienne élevée
- Contamination organique et inorganique élevée
- Indice de couleur pouvant être élevé [4]

### ✓ Eaux de lac

On peut considérer un lac comme un bassin naturel de décantation dont la période de rétention est longue. La turbidité de l'eau y est donc faible et la contamination bactérienne habituellement peu importante. Les caractéristiques des eaux de lac varient très lentement au cours de l'année [04]

## 2-2 Eaux souterraines

Les eaux souterraines, en fouies dans le sol, sont habituellement à l'abri des sources de pollution. Puisque les caractéristiques de ces eaux varient très peu dans le temps, les usines de purification n'ont pas à résoudre les problèmes dus aux variations brusques et importantes de la qualité de l'eau brute. Les principales caractéristiques des eaux souterraines sont présentées ci-dessous.

- Turbidité faible
- Contamination bactérienne faible
- Température constante
- Débit constant
- Concentration élevée de fer et de manganèse [04].
- **2-3 Eaux de mer**

Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Les eaux de mer sont caractérisées par leurs



concentrations en sels dissous ; c'est ce qu'on appelle leur salinité. La salinité de la plupart des eaux de mer varie de 33000 à 37000 mg/l [04].

### 3 -Propriétés de l'eau

#### 3-1 Propriétés physique

##### ➤ **Température**

La température de l'eau, joue un rôle non négligeable dans l'intensité de la sensation de l'eau (odeur ou saveur). Avec la clarté et gout, la fraîcheur ou la température sont des facteurs les plus appréciés pour une eau de boisson.

La mesure de la température permet de mieux connaître le caractère d'une eau et comportement dans un circuit.

La température influe également sur certains paramètres physico-chimiques mesurés notamment (pH, conductivité, redox etc). La plupart des appareils de mesure de ces paramètres possède une sonde de température intégrée qui corrige (compense) la valeur à une température de référence (généralement 25°C) [06].

##### ➤ **Matières en suspension**

Ce paramètre englobe tous les éléments en suspension dans l'eau dont la taille permet leur rétention sur un filtre de porosité donnée ou leur rassemblement, sous forme de culot, par centrifugation. Il n'existe pas de relation générale entre turbidité et MES, mais une telle corrélation peut être établie empiriquement pour chaque type d'eau [07].

##### ➤ **Dureté**

La dureté de l'eau correspond à la somme des concentrations en cations à l'exception des alcalins et du proton. Dans la majorité des cas, la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium. [08].

### 3-2 Caractères organoleptiques de l'eau

#### Couleur

La coloration de l'eau est due à la présence de matières organiques colloïdales en solution ou en suspension. Une eau colorée n'est pas agréable pour les usages domestiques et en particulier pour la boisson, car elle provoque toujours un doute sur sa potabilité. Les eaux profondes sont rarement colorées, mais les eaux de surface ont souvent une turbidité élevée.

Les eaux chargées prennent souvent une coloration jaune verdâtre, avec présence d'acide humique qui s'élimine difficilement à la filtration.

Elle est mesurée par comparaison avec une solution de platine -cobalt. Par exemple, l'eau de seine peut présenter une coloration de 10 à 15 mg/l pt, s'élevant en période pluviale à 60-70[09].

#### L'Odeur, la saveur

Toute eau possède une certaine saveur qui lui est propre et qui est due aux sels et aux gaz dissous. Souvent l'odeur et la saveur de l'eau peuvent être modifiées, soit par la présence de matières organiques en décomposition, soit, par la présence de matières sécrétées par les organismes vivants dans l'eau, en particulier, les algues et les champignons.

Certains produits chimiques même à des doses infinitésimales développent de mauvaises odeurs. C'est le cas des phénols qui forment avec le chlore utilisé pour la désinfection de l'eau, des composés malodorants.

A l'état naturel, une concentration de la minéralisation, introduit un gout plus ou moins accentué dans l'eau. S'il y a absence des sels habituels et d'anhydride carbonique, la saveur de l'eau sera fade, c'est le cas de l'eau des citernes.

Si elle renferme une trop grande quantité de chlorure, l'eau aura une saveur saumâtre. Si elle contient de forte quantité de sels de magnésium, l'eau aura un gout amer. Les mauvais goûts de l'eau ne sont pas graves du point de vue de l'hygiène, mais ils sont désagréables pour l'emploi de cette eau comme boisson [09].

### Turbidité

La turbidité de l'eau est liée à sa transparence. Elle donne une idée de la teneur en matières en suspension. Les eaux troubles chargées de substances finement divisées (grains de silice, matières organiques, limons....) forment parfois d'importants dépôts dans les tuyauteries et dans les réservoirs [09].

### 3-3 Caractéristiques physico-chimiques

#### ➤ Potentiel d'hydrogène (pH)

Le terme pH est la concentration d'ion hydrogène dans solution dans l'eau. Ce facteur est d'une importance exceptionnelle, en particulier dans le procédé de traitement [09].

On définit le pH d'une solution par la relation suivante :

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] \quad [10]$$

#### ➤ Conductivité électrique

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de  $1\text{cm}^2$  de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm : elle est l'inverse de la résistivité électrique [11]

#### ➤ Alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acide faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement à la présence d'hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes.

On distingue comme pour la mesure de l'acidité, deux titres qui sont le titre alcalimétrique (TA) ou titre alcalimétrique complet (TAC).

$$\text{*Titre alcalimétrique complète TAC : } \text{TAC} = [\text{OH}^-] + 2 [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] - [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$\text{*Titre alcalimétrique simple TA : } \text{TA} = [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] - [\text{H}_2\text{CO}_3] - [\text{H}_3\text{O}^+] \quad [11]$$

### La Salinité totale

La salinité totale est la somme de toutes les concentrations des substances minérales dissoute dans l'eau. Il existe de nombreuses sources de minéralisation (sédiment de roches, argiles, sable...). La notion de salinité est importante particulièrement pour les eaux de mer et certaines eaux industrielles, en effet elle permet de procéder à un choix optimal du traitement d'ionisation [03].

Nous disons que l'eau convient à la consommation lorsque la salinité de l'eau est dans l'intervalle [500-1000] mg /L, où la salinité de l'eau peut être connue par la conductivité électrique. Au fur et à mesure que la conductivité électrique augmente, la salinité augmente, et inversement.

**Tableau -01- : Classification des eaux selon la salinité [05]**

Type d'eau	Salinité (mg/l)
Eau douce	< 500
Eau légèrement saumâtre	1000-5000
Eau modérément saumâtre	5000-15000
Eau très saumâtre	15000-35000
Eau de mer	35000-42000

#### ➤ Cations et anions

Les eaux douces, qu'elles soient d'origine souterraine ou superficielle sont plus ou moins minéralisées par des sels naturels. Il est souvent très important de connaître précisément cette minéralisation en plus des indications données par les paramètres globaux de type « titre » et « potentiel ». Par ailleurs, certains des cations et anions minéraux naturels présents dans les eaux sont considérés comme indésirables ou toxiques selon l'usage auquel l'eau douce est destinée (domestique, agricole, industriel, santé, tourisme, refroidissement...) [11]

### 4-Les normes de l'eau potable :

Pour dire qu'une eau est potable il faut qu'elle adhère aux normes de potabilité (de l'O.M. S ou du pays concerné) et que ces caractéristiques physico-chimiques un suivent les normes de l'O.M. S [12,04 ;36].

**Tableau -02- : Normes de potabilité**

<b>Paramètres</b>	<b>Unité</b>	<b>Norme OMS</b>	<b>Norme algérienne</b>
Couleur		25 sans unité	15 mg/l
Odeur	Taux de dilution	Doit être acceptable	4 à 12°C
Saveur	Taux de dilution	Doit être acceptable	4 à 25°C
Conductivité électrique	µs/cm	2800	2800 à 25°C
Turbidité	NTU	1-2	5
Température	°c	25	25
pH	-	6.5-8.5	6.5-8.5
Résidu sec	mg/l	2000	1500
Calcium	mg/l en CaCO <sub>3</sub>	200	200
Magnésium	mg/l	150	150
Sodium	mg/l	200	200
Potassium	mg/l	12	12
Chlorure	mg/l	250	500
Sulfate	mg/l	400	400
Nitrate	mg/l	50	50
Nitrite	mg/l	0.1	0.2
Fer	mg/l	0.3	0.3
Cuivre	mg/l	2	2
Zinc	mg/l	1-5	5
Manganèse	µg/l	0.3	0.05
Plomb	mg/l	0.05	10

**Chapitre II : Les  
principales  
techniques du  
dessalement de l'eau  
saumâtre**

### **Introduction :**

Sur le plan mondial, la demande en eau potable de bonne qualité est de plus en plus forte. En effet, la population augmente rapidement et les besoins en eau de l'industrie et de l'agriculture sont de plus en plus élevés. Il y a actuellement, pour l'ensemble de la planète, suffisamment d'eau pour satisfaire toutes les utilisations [04].

### **1. Généralités sur le dessalement :**

Le dessalement est défini comme un processus d'élimination de sel, en particulier l'élimination du chlorure de sodium (NaCl), pour la rendre douce utilisable soit pour l'alimentation des populations en eau potable ou en irrigation. Plusieurs techniques sont utilisées pour le dessalement des eaux saumâtres ou de mer [13].

### **2. Les procédés de dessalements des eaux**

Les procédés de dessalement de l'eau peuvent être classés en deux grandes familles en plus de technique chimique :

- Les procédés de distillation qui regroupent :
  - La distillation par détente successive (multi-stage flash MSF)
  - La distillation par effet multiple (M.E.D)
  - La distillation par compression de vapeur (V.C)
  - La distillation solaire
  - Congélation
- Les procédés à membrane :
  - Osmose inverse (O.I)
  - Electrodialyse (E.D)
  - Nanofiltration (NF)
- Les procédés chimiques :
  - Echange ions

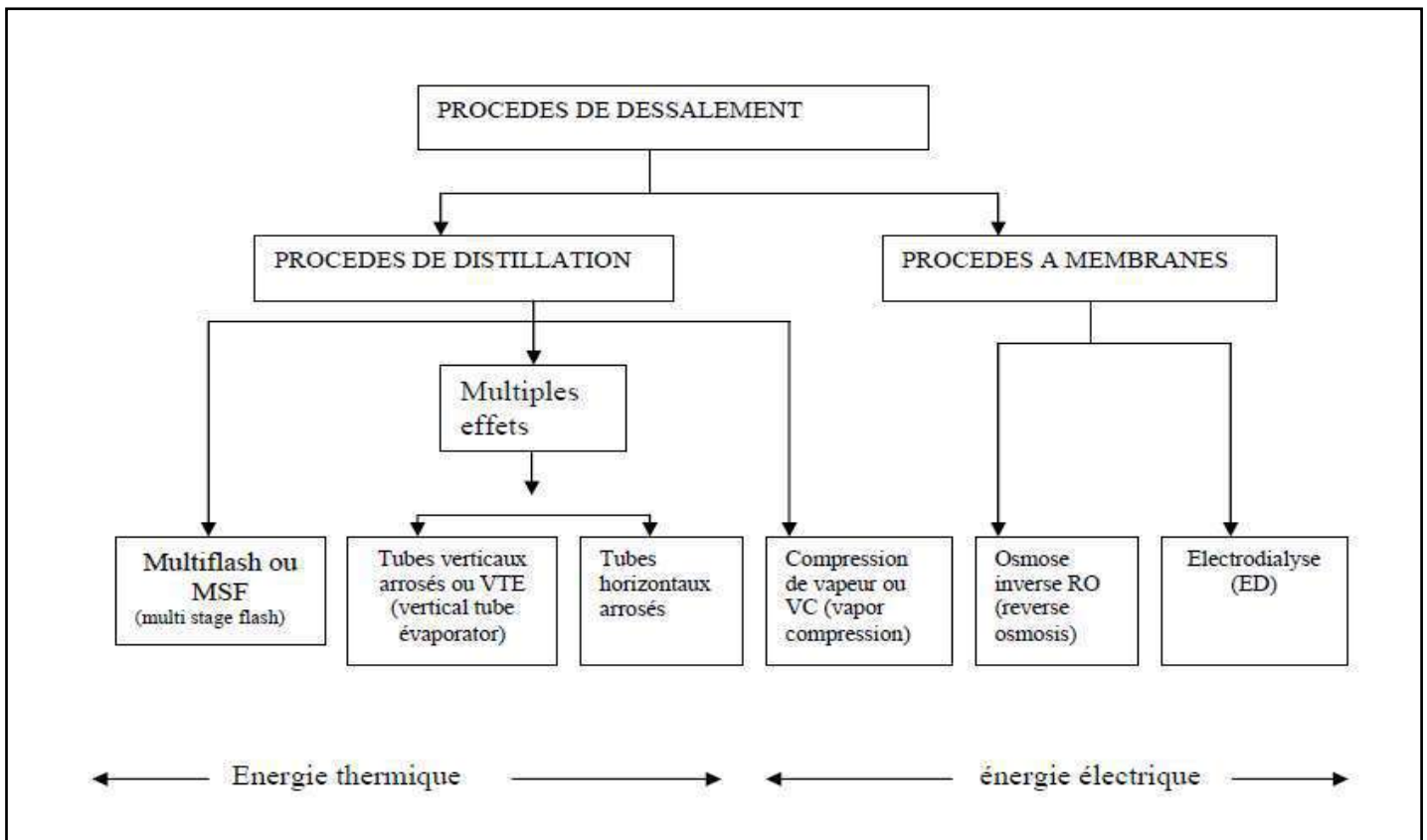


Schéma-01 : procédés de dessalement industrialisés [05]

Une installation de dessalement peut-être schématiquement subdivisée en 4 postes (schéma 02) :

1. Une prise d'eau ;
2. Un post de prétraitement ;
3. L'installation de dessalement proprement dite ;
4. Post-traitement.

Rappelons que l'on appelle taux de conversion le rapport de la quantité d'eau douce produite par rapport à la quantité d'eau saline pompée.

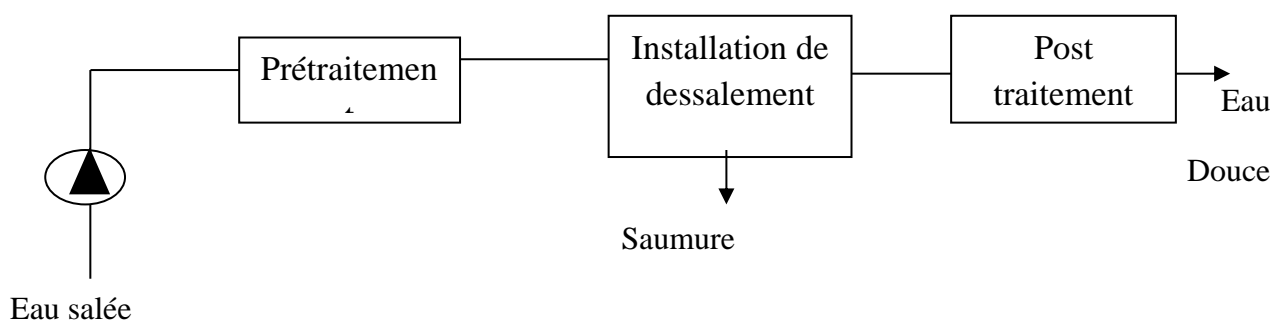


Schéma-02- : Schéma général d'une installation de dessalement [05]



## 1. Les procédés de distillation :

### 1-1 distillation à multiple effet :

Dans ce procédé, La chaleur à fournir à une unité de distillation à multiple effets est uniquement celle qui est nécessaire pour réchauffer l'appoint d'eau de mer dans le premier effet et pour vaporiser la production de ce seul effet.

La chaleur de condensation de la vapeur produite dans la première chambre d'évaporation pour faire fonctionner le faisceau de chauffe d'une seconde chambre à pression et température plus faible, et ainsi de suite.[14]

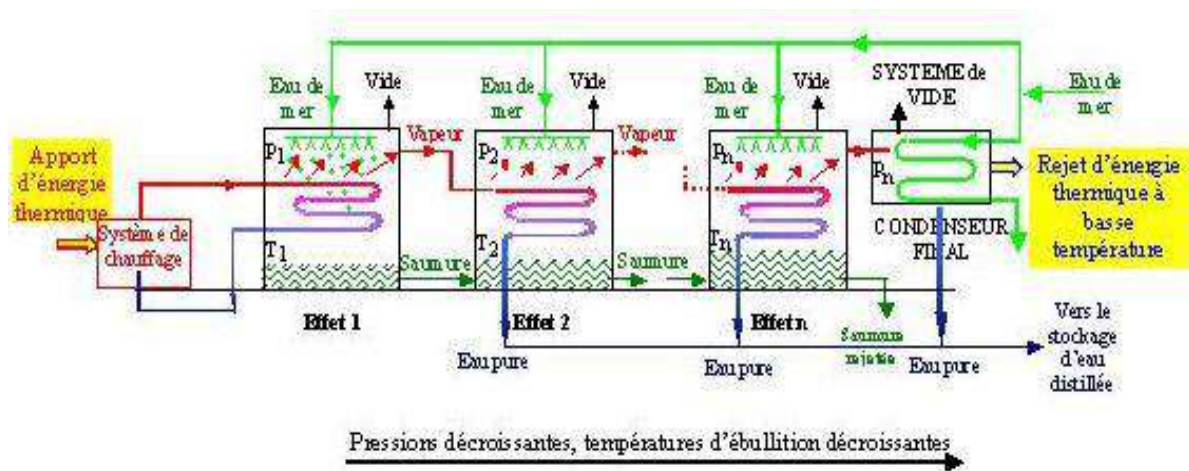


Figure-02- : Distillation par multiples effets [15]

### 1-2 distillation par compression de vapeur :

L'eau à dessaler est portée à l'ébullition dans une enceinte thermiquement isolée .la vapeur produite est aspirée par un compresseur qui s'élève sa température de saturation. Cette vapeur traverse ensuite un faisceau tubulaire placé à la base de l'enceinte et se provoquant l'ébullition de l'eau salée.

L'eau de mer vaporise, par exemple, à la température de 90°C et à pression de 0.7 bar. La vapeur ainsi produite est ensuite comprimée jusqu'à la pression de 1 bar absolu, puis envoyée dans le faisceau de chauffe du bouilleur ou elle se refroidit à pression constante, puis se condense, en cédant à l'eau de mer la chaleur nécessaire à son ébullition [14].

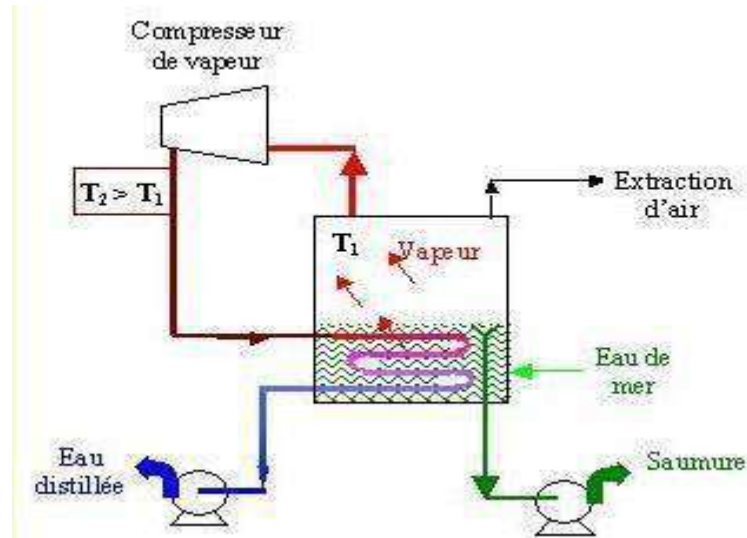


Figure -03- : Distillation par compression de vapeur [15]

### 1-3 Distillation par détentes successives (multi-stage flash)

Appelé aussi multi flash, ce procédé s'est partiellement développé à partir de 1960 par suite des difficultés dues à l'entartrage des surfaces d'échange d'évaporateurs utilisés dans la distillation à multiples effets.

L'eau de mer circule à l'intérieur des condenseurs de la cellule la plus froide vers la plus chaude. En traversant les n cellules, la température s'élève de  $t_0$  à  $(t_0 + \Delta t)$ . Elle est alors admise dans la cellule la plus chaude, où règne la température  $t$ . Cela provoque la première détente. La vapeur produite est transférée dans la cellule voisine, où se produit la deuxième détente. Ce processus se reproduit jusqu'à la cellule la plus froide.

A la sortie de celle-ci, on obtient une saumure à la température  $t$  et un distillat à la même température [14].

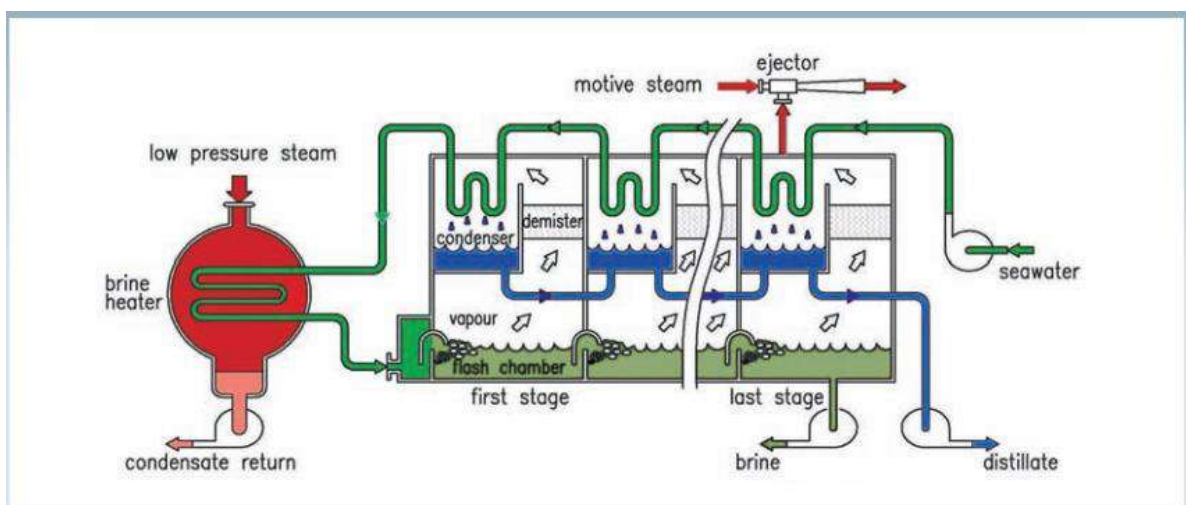


Figure -04- : Distillation par détentes successives [15]

### 1-4 Distillation solaire

On utilise surtout la distillation solaire pour obtenir de petites quantités d'eau douce. Un évaporateur solaire : d'un bac conçu pour contenir l'eau salée à faire évaporer et pour absorber l'énergie solaire, d'une toiture de verre ou de matière plastique, de rigoles destinées à savoir l'eau douce produite.

L'énergie rayonnante de faible longueur d'onde traverse le toit de verre et est absorbée en grande partie par l'eau par le fond du bac, pour être convertie en énergie thermique. Par contre, le rayonnement de grande longueur d'onde émis par l'eau et par le fond de bac ne peut pas traverser le toit de verre, refroidit par l'air et par le vent, joue ici le rôle de condenseur. Dans une telle distillation, la température de l'eau dépasse rarement 70°C [05].

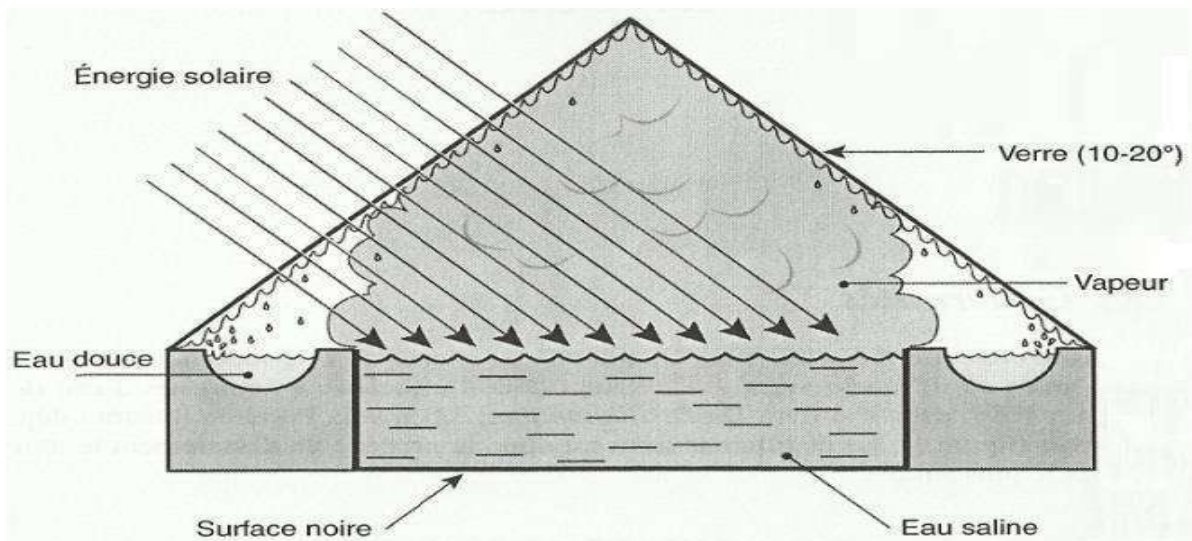


Figure-05- : Distillation solaire [05].

### Avantages et inconvénients de distillation

#### Les avantages :

- ❖ Indépendance à la variation de la qualité d'eau brute ;
- ❖ Utilisation pour des grandes capacités de production d'eau ;
- ❖ Exploitation relativement aisée ;
- ❖ Une eau produite présentant un TDS faible requis particulièrement pour les besoins industriels.

### Les inconvénients :

- ❖ Un taux de conversion bas (inférieur à 35%) ;
- ❖ Une consommation spécifique d'énergie relativement élevée (8 à 25 Kw/m<sup>3</sup> selon le procédé) ;
- ❖ Un non flexibilité par rapport à la variation de la demande en eau ;
- ❖ Un cout d'investissement élevé [15].

### 1-5 Le dessalement par congélation :

La congélation est basé sur le changement de phase liquide-solide de l'eau de mer. Selon la thermodynamique, la glace formée à partir de l'eau de mer est pure. Elle peut être séparée de la solution concentrée, puis fondue afin d'obtenir une eau douce.

En pratique, la glace est contaminée par les sels lors de la congélation pour des raisons cinétiques, et par la saumure elle-même pendant la séparation glace solution ; Le procédé doit permettre de minimiser cette contamination.[39]

### Avantages et les inconvénients de congélation

#### Les avantages :

- ✚ L'absence d'un prétraitement poussé de l'eau de mer.
- ✚ Une consommation énergétique faible
- ✚ Des problèmes de corrosion réduits et bien inférieurs à ceux rencontrés en distillation, grâce aux basses températures de travail

#### Les inconvénients :

- ✚ Cette technique est généralement plus onéreuse que l'évaporation de l'eau : la chaleur nécessaire pour congeler de l'eau est plus coûteuse que celle utilisée pour son évaporation
- ✚ Il existe une difficulté majeure concernant la séparation des cristaux de glace et de la saumure qui nécessite des opérations complexes : il reste une couche limite de saumure collée aux cristaux. [39]

## 2-Procédés à membrane

### 2-1 Osmose inverse :

L'osmose inverse est un procédé de séparation de l'eau et des sels dissous au moyen de membranes semi-perméable sous l'action de la pression (54 à 80 bars pour le traitement de l'eau de mer). Ce procédé fonctionne à température ambiante et n'implique pas de changement de phase. Les membranes polymère utilisée laissent passer les molécules d'eau

et laissent pas passer les particules, les sels dissous et les molécules organiques de  $10^{-7}$  mm de taille. L'énergie requise par l'osmose inverse est uniquement celle électrique consommée principalement par les pompes haute pression. [05]

### A-Principe de l'osmose inverse :

On appelle osmose le transfert de solvant (eau dans la plupart des cas) à travers une membrane semi-perméable sous l'action d'un gradient de concentration.

Soit un système à deux compartiments séparés par une membrane semi-perméable et contenant deux solutions de concentrations différentes. Le phénomène d'osmose va se traduire par un écoulement d'eau dirigé de la solution diluée vers la solution concentrée.

Si l'on essaie d'empêcher ce flux d'eau en appliquant une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Il arrivera un moment où la pression appliquée sera telle que le flux d'eau s'annulera. Si, pour simplifier, nous supposons que la solution diluée est de l'eau pure. Cette pression d'équilibre est appelée pression osmotique [15].

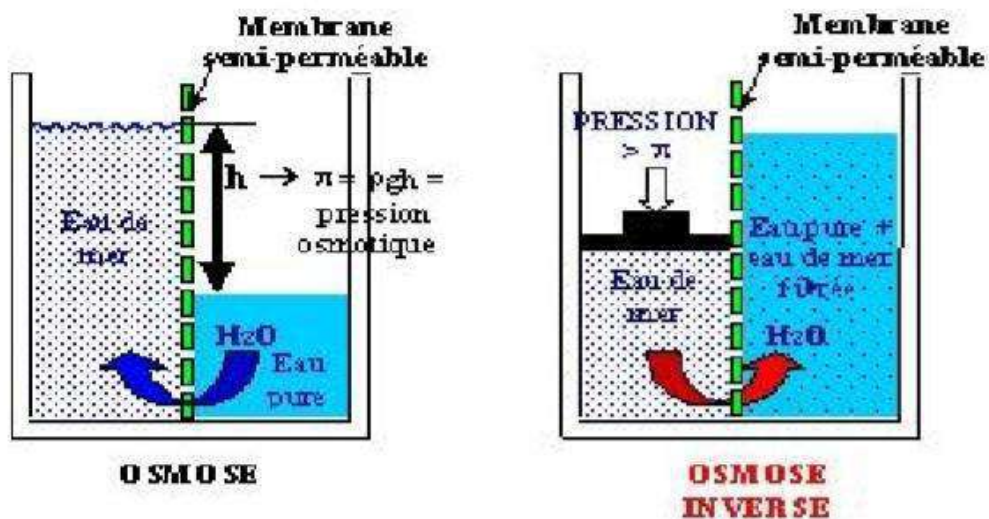


Schéma -03- : Principe d'osmose inverse [16].

### B- Les modules

Il existe 4 grands types de modules supportant les membranes et qui sont commercialisés :

### B-1-Les modules tubulaires :

Un module tubulaire contient plusieurs tubes qui peuvent être en série ou en parallèle. L'eau à traiter circule à l'intérieur des tubes et le perméat est recueilli à l'extérieur des tubes. Les tubes constituent des canaux d'écoulement tangentiel [17].

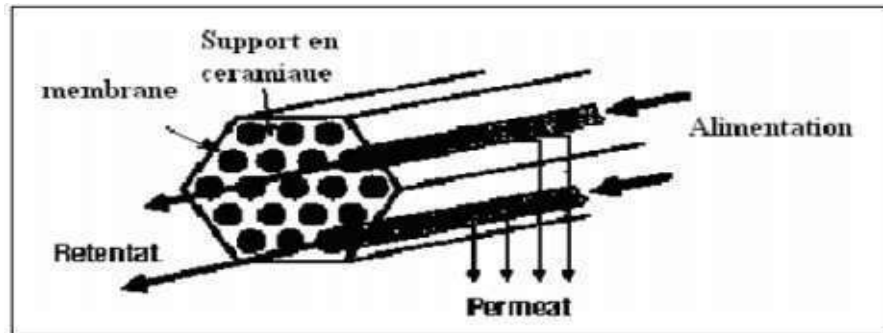


Figure-7- : Module tubulaire [37].

### B-2-Les modules fibres creuses

Les fibres creuses sont assemblées en parallèle suivant deux configurations :

- Configuration Int-Ext (schéma a) : comme c'est le cas pour les modules tubulaires, l'eau à traiter circule à l'intérieur des fibres et le perméat est récupéré à l'extérieur des fibres. Il y a écoulement tangentiel canalisé à l'intérieur des fibres ;
- Configuration Ext-Int (schéma b et c) : l'eau circule à l'extérieur des fibres et le perméat est récupéré à l'intérieur des fibres. L'écoulement entre les fibres est libre [17].

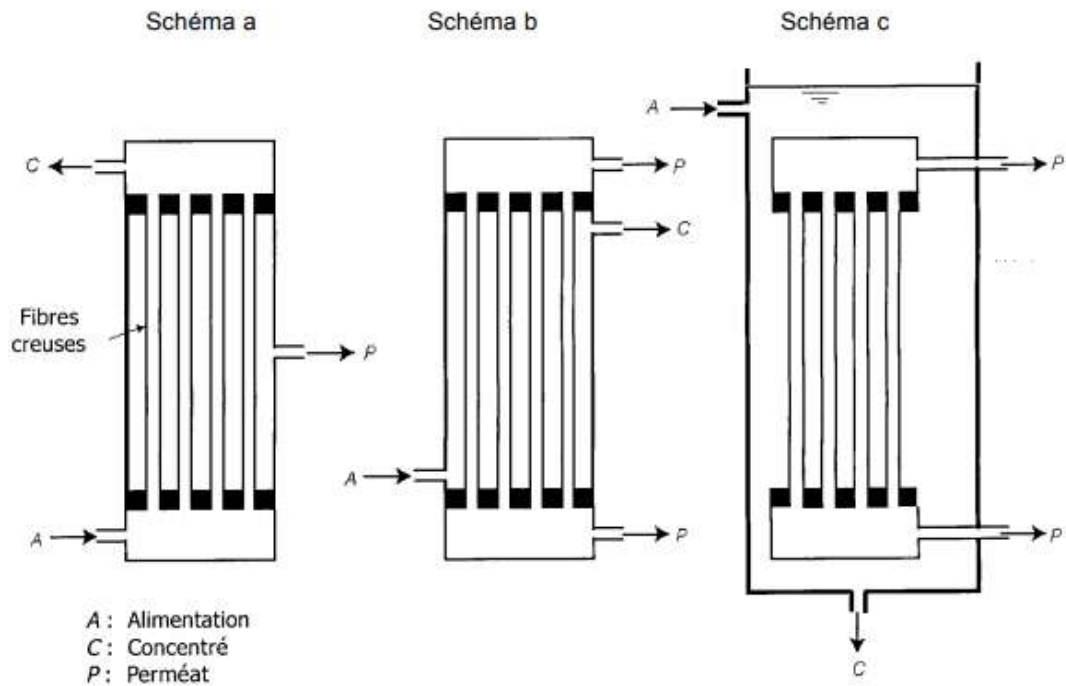


Figure-08- : Modules à fibres creuses [37].

**B-3-b Les modules plans :**

Les modules plans sont les plus anciens et les plus simples : les membranes sont empilées en mille-feuilles séparées par des cadres intermédiaires qui assurent la circulation des fluides [17].

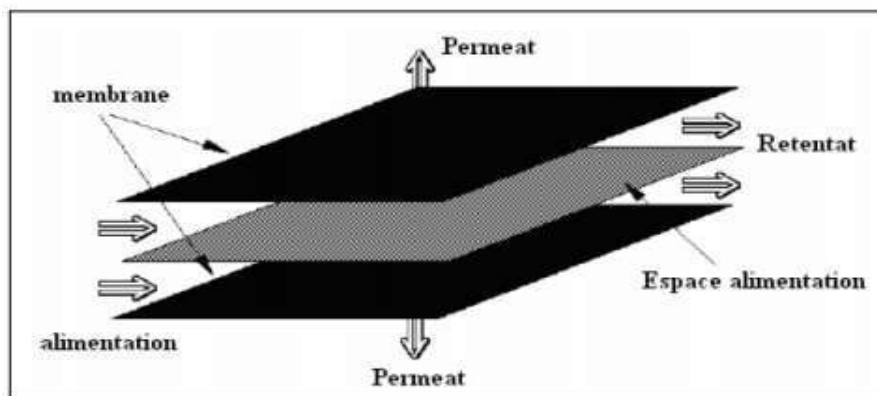
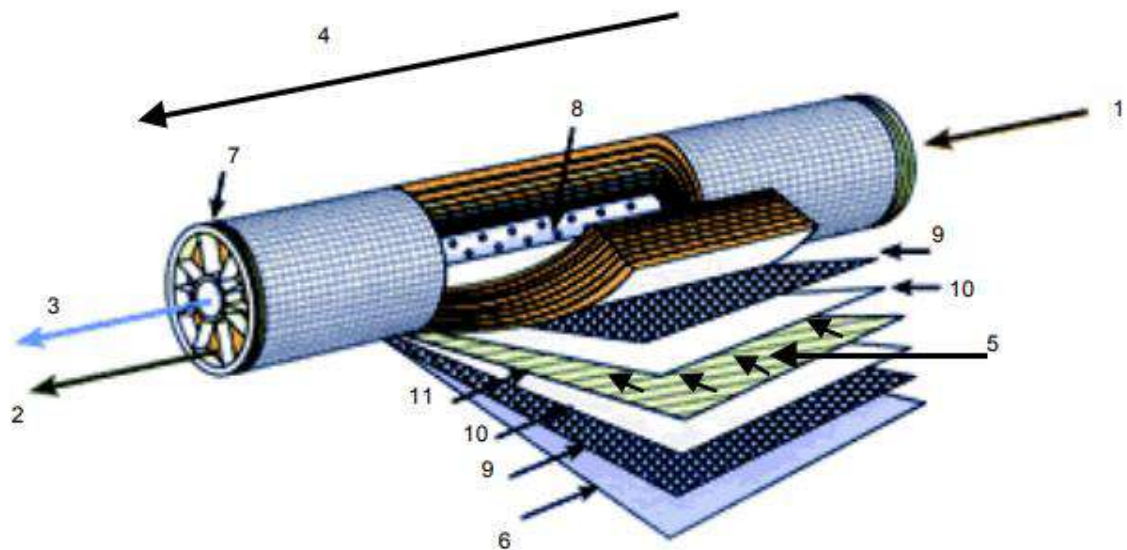


Figure-09- : Module plan [37]

**B-4- Les modules spirales :**

Au sein des modules spirales, une membrane plane est enroulée sur elle-même autour d'un tube poreux qui recueille le filtrat. On obtient ainsi un cylindre multicouche ou

le perméat s'écoule selon un chemin spiralé vers le tube poreux tandis que l'alimentation circule axialement dans les canaux [17].



- 1 Entrée d'eau
- 2 Sortie de concentrat
- 3 Sortie de perméat
- 4 Sens d'écoulement de l'eau brute
- 5 Sens d'écoulement du perméat
- 6 Matériau de protection
- 7 Joint d'étanchéité entre module et enveloppe
- 8 Perforations collectant le perméat
- 9 Espaceur
- 10 Membrane
- 11 Collecteur de perméat

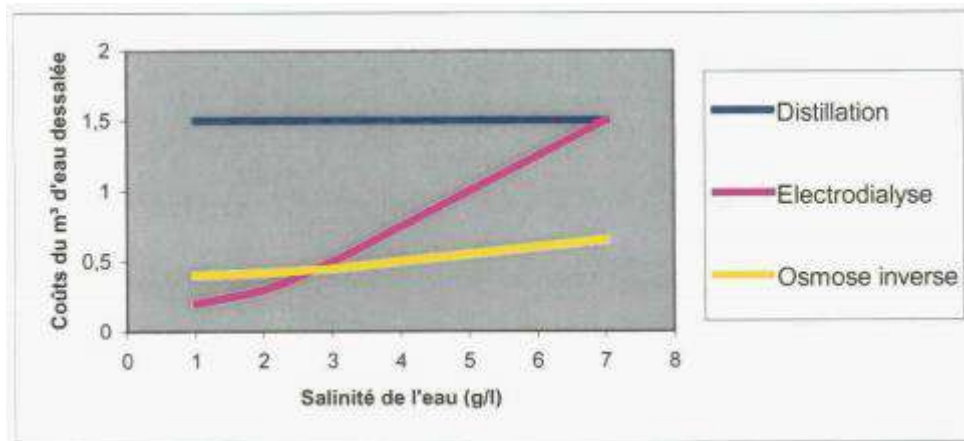
Figure-10- : Structure interne d'une membrane à spirale [37].

### C-Avantages et inconvénients d'osmose inverse

#### Les avantages

- ❖ Un taux conversion élevé (supérieur à 55%) ;
- ❖ Un cout d'investissement relativement bas ;
- ❖ Une durée de mise en œuvre réduite.
- ❖ Est un procédé avec un cout énergétique faible.
- ❖ Augmentation le rendement de la station.
- ❖ Elimination des bactéries.





**Figure-11- : coûts du dessalement (dollar) en fonction de la salinité de l'eau saumâtre [19].**

### Les inconvénients

- ❖ Sensibilité à la quantité d'eau brute et surtout aux pollutions ;
- ❖ Nécessité d'un personnel qualifié ;
- ❖ Exploitation relativement difficile surtout au niveau du prétraitement [16].
- ❖ L'élimination d'un grand pourcentage des sels ce qu'il nécessite une reminéralisations pour être dans les normes coïncement l'eau potable.

### 2-2 électrodialyses

L'électrodialyse (E.D) est un procédé de séparation électrochimique dans lequel les ions sont transférés à travers des membranes d'une solution moins concentrée vers une autre de plus haute concentration, comme résultat d'un courant électrique continu.

Pour comprendre ce procédé plus clairement, il est important de connaître l'effet d'un courant continu sur une solution ionique. Supposez un réservoir rectangulaire, avec une électrode à chaque bout et rempli d'une solution de chlorure de sodium (NaCl) [20]

#### A-Principe électrodialyses :

L'électrodialyse est une technique séparative dans laquelle des espèces ionisées minérales ou organiques dissoutes, telles que sels, acides ou bases, sont transportées à travers des membranes ioniques et sous l'action d'un champ électrique. Lorsqu'une solution ionisée est envoyée dans les compartiments séparés par ces membranes, les cations migrent vers la

cathode(-)est les anions vers l'anode (+), en traversant respectivement les membranes cationique ( C) et anionique (A). Grace à une disposition alternée des membranes, les ions capables de traverser les membranes cationiques sont arrêtés par les membranes anioniques, et réciproquement; il en résulte une augmentation de la concentration dans les compartiments de meme parité ( concentrat) et une diminution dans les compartiments adjacents ( diluat).

Pour chaque farady ( 96 490 coulombs ) traversant l'appareil, il est séparé  $N/2$  équivalent-gramme de sel, N étant nombre total de compartiments autres que ceux qui contiennent les électrodes[15].

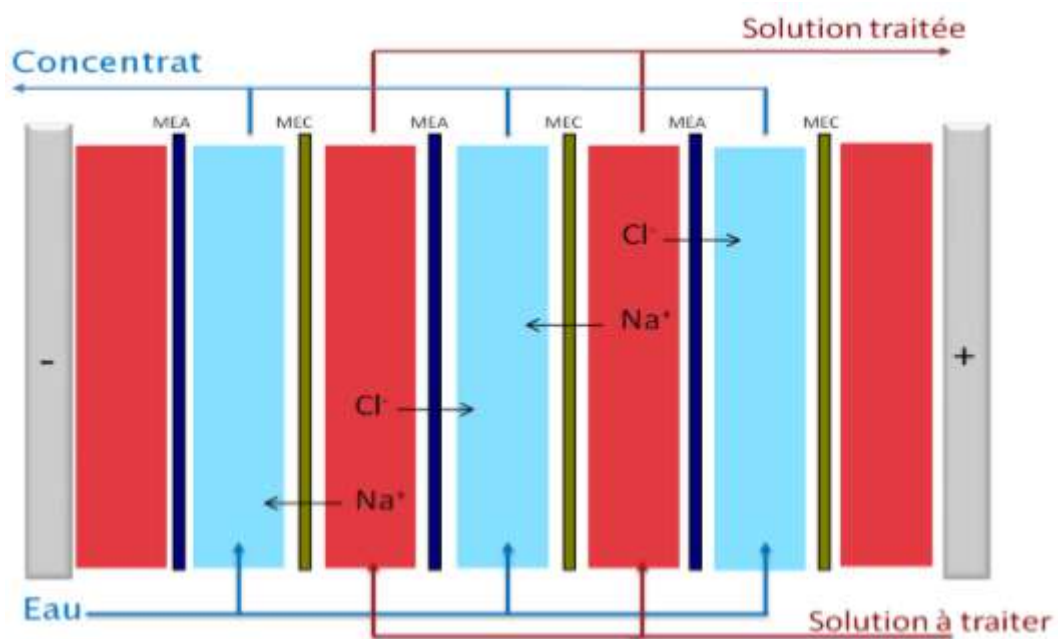


Figure -12- : Principe d'électrodialyse [21].

### B-Avantages et inconvénients l'électrodialyse

#### Les avantages

- ❖ Consommation d'énergie électrique directement proportionnelle à la quantité de sel à extraire ;
- ❖ Limitation du nombre de rinçage ;
- ❖ Meilleur respect de la réglementation des eaux de rejets ;
- ❖ C'est une technique repotique de duré de vie long

### Les inconvénients

- ❖ Faible à la capacité de l'eau saumâtre à moyen (3000 ppm) ;
- ❖ Nécessite un prétraitement avec soin les aliments eau ;
- ❖ Faible capacité de production Pureté affectée par la qualité de l'eau d'alimentation.  
[22]
- ❖ Cout énergétiquement élevé .

### 2-3-Nanofiltration

Nanofiltration (NF) est une technique qui a prospéré au cours des dernières années. Aujourd'hui la nanofiltration est principalement utilisée dans les procédés purification d'eau, tels que l'adoucissement, la décolonisation, et l'élimination de micropolluant.

La nanofiltration est le dernier développement des applications des membranes elle se situe entre l'osmose inverse et ultrafiltration. La nanofiltration se caractérise par un faible taux de rejet des anions monovalents et par un fort taux de rejet des molécules organiques d'un poids molécules supérieur à 200. Les applications courantes sont la décoloration, le contrôle des THM (trihalométhanes) et l'adoucissement des eaux se surfaces et souterraines. En dehors de la production d'eau, on utilise la nanofiltration dans l'industrie agroalimentaire et la séparation de molécules [38]. La taille des particules entre 1 nm et 0.4 nm [23].

### 3-procédé chimique :

#### 3-1 Echange ions

L'échange d'ions est un procédé dans lequel les ions d'une certaine charge contenus dans une solution (exemple : cations) sont éliminés de cette solution par adsorption sur un matériau solide (l'échangeur d'ions), pour être remplacés par une quantité équivalente d'autres ions de même charge émis par le solide. Les ions de charge opposée ne sont pas affectés. Les réactions d'échange d'ions sont réversibles, sélectives et sont régies par la loi des équilibres chimiques, c'est à dire qu'elles se déroulent jusqu'à ce que les concentrations des divers ions atteignent certaines proportions précises.

L'échange d'ions est à la base d'un grand nombre de procédés chimiques qui peuvent être classés dans les trois catégories principales suivantes :

- ✓ **Substitution** : L'ion à extraire présent dans une solution est récupéré sur l'échangeur d'ion et on libère l'ion de l'échangeur. Donc, un ion est retiré de la solution et il est remplacé par un autre.
- ✓ **Séparation** : Une solution contenant un certain nombre d'ions différents traverse une colonne de billes de résine. Les ions sont séparés par ordre croissant d'affinité pour la résine.
- ✓ **Élimination** : En utilisant une combinaison de résine cationique (sous forme de  $H^+$ ) et d'échangeur anionique (sous forme de  $OH^-$ ), tous les ions sont enlevés et remplacés par de l'eau ( $H^+$ ,  $OH^-$ ). La solution est ainsi déminéralisée et ceci est en réalité une variante particulière de la substitution [24].

### A-Avantages et inconvénients d'échange ions

#### Les avantages :

- ❖ Bonne stabilisation physique
- ❖ Grande capacité d'élimination des ions.

#### Les inconvénients

- ❖ Coûts de produits élevés ;
- ❖ Colmatage des résines.

**4-Les paramètres de choix d'un procédé de dessalement :** Il est difficile de donner des coûts suffisamment précis sans une étude effectuée cas par cas en prenant en compte les conditions suivantes :

#### 4-1-Les conditions techniques :

- ✚ Salinité de l'eau à traiter : en général, les procédés de distillation permettent de traiter des eaux de fortes concentrations, tandis que les procédés à membrane sont généralement appliqués aux eaux saumâtres ;
- ✚ Caractéristiques physiques de l'eau (turbidité, matières en suspension...) déterminent le type de prétraitement à utiliser ;
- ✚ Composition chimique de l'eau à traiter surtout dans le cas des eaux saumâtres (dureté, teneur en sulfates) ;

- ✚ Salinité de l'eau produite : selon l'usage qui en sera fait, elle peut varier de 300 à 500 ppm pour l'approvisionnement en eau potable à 15-30 ppm pour l'alimentation en eau industrielle ;
- ✚ Impact sur l'environnement.

### 4-2 Les conditions économiques :

- ✚ Cout de main d'œuvre
- ✚ Condition de financement : détails, taux d'intérêt ;
- ✚ Cout des produits chimique : selon qu'ils sont disponibles localement ou importés ;
- ✚ Fluctuation des monnaies : particulièrement pour les unités d'osmose inverse, provenant de manière quasi exclusive des USA, et dont le coût dépend donc des fluctuations du dollar ;
- ✚ Coût de l'énergie : dépend de sa nature (énergie renouvelable, gaz, fuel) et de sa disponibilité locale (pays importateurs ou producteurs...) ;
- ✚ Inflation variable en fonction des pays et au cours de temps
- ✚ Cout des investissements [05].



**Chapitre III :**  
**présentation la zone**  
**d'étude**

## 1-Présentation de la région de Ouargla :

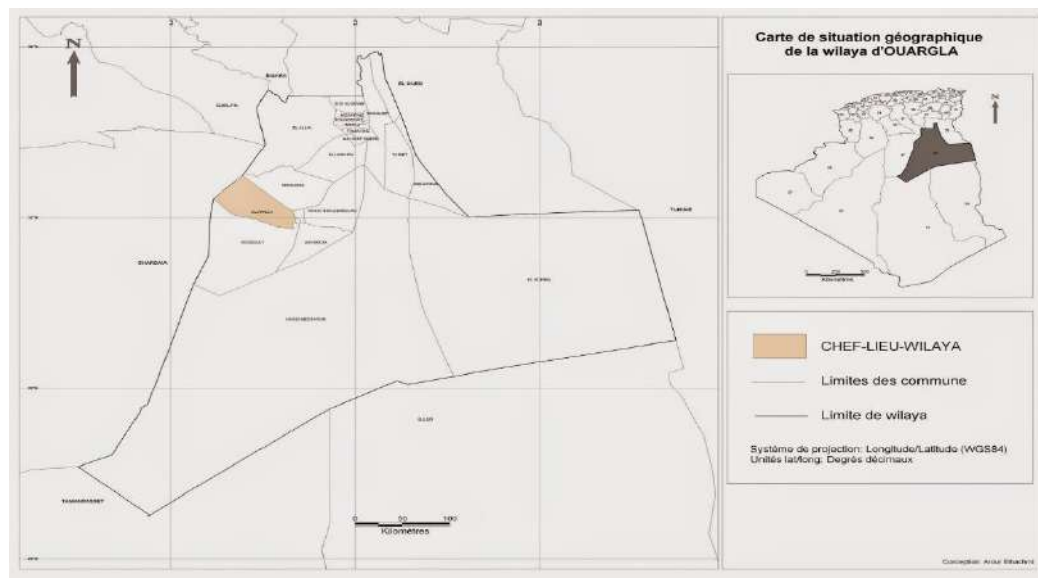
### 1-1-Situation géographique

La wilaya de Ouargla (cuvette de Ouargla) est située au sud pays à 800 Km de la capitale Alger, couvrant une superficie de 163 233 Km<sup>2</sup>, elle est limitée :

- Au nord est par la wilaya de El-oued.
- Au nord-ouest par la wilaya de Djelfa.
- A l'ouest par la wilaya de Ghardaïa.
- Au sud-ouest par la wilaya de Illizi et Tamanrasset.

La région de Ouargla se situe au fond d'une large cuvette de la vallée oued Mya et à une altitude de 165 m avec une longitude de 5°20 est et latitude de 31°57 Nord.

Elle comprend actuellement 21 communes qui sont regroupés en 10dairates, couvrant une superficie de 163.233 km [25].



**Figure-01- : Situation géographique de la région de Ouargla**

### 1-2Caractéristique Climatologie :

La ville de Ouargla est caractérisée par un climat saharien subaride avec une pluviométrie très réduite inférieur de 50mm/ ans, des températures élevées est plus chaud est

atteinte en Juillet avec 44.0°C et les vents dans la région sont fréquents, ils soufflent le long de l'année dans différentes directions en fonction des saisons

#### **1-3 Les ressources en eaux (eaux souterraine) utilisé dans la région :**

La région de Ouargla est pauvre en eaux de surface, et elle a faible précipitation, malgré ça elle possède plusieurs sources d'eaux souterraines (Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT)) qui ont grande importance.

✚ **Complexe Terminal (CT) :** qui comprend les nappes les plus importantes le Moipliocène et le Sénonien.

- **La nappe Moi-pliocène :**

L'exploitation de nappe du Moi-pliocène est très ancienne d'une profondeur allant de 70 à 140 m. elle est constituée de sables fins à grossiers à graveleux, à intercalations de calcaires blancs, tendres et marnes sableuses, d'argiles sableuses rosés et passés de grains et de gypse. La température de ses eaux de l'ordre de 23 à 25 °c et utilisée pour Agriculture [26].

- **La nappe sénonien :**

Elle est séparée de la nappe moi-pliocène par une couche semi-perméable gypseuse-argileuse. C'est la seconde nappe artésienne du sous-sol de la vallée des oueds, se situe à une profondeur comprise entre 450 à 500 m en moyenne et d'une épaisseur varie entre 120 à 280 m.

La température de ses eaux et de 30°C à la surface [26].

✚ **Continental Intercalaire (CI) : Représenté dans La nappe albienne :**

Ce niveau aquifère s'étage entre 1335 et 1400 m de profondeur est celui des argiles sableuses et grains du continental intercalaire les eaux de l'albien sont beaucoup plus chaudes soumise à une forte pression, l'eau remonte très rapidement dans les tubages et arrive en surface à une température de 55 °c [26].



#### **Nappe phréatique :**

La couche de surface n'est pas utilisée pour la consommation car elle est contaminée

#### **2- Présentation de la zone d'étude HOUD BERKAOUI :**

La région de Haoud Berkaoui représente l'une des zones d'hydrocarbures du Sahara algérien. Située au nord de la dépression d'Oued-Mya, à une trentaine de kilomètres au sud-ouest de la ville de Ouargla à 770 Km au Sud-est de la capitale Alger. En ce qui concerne le climat, la région a le même climat que la ville de Ouargla.

La zone pétrolière de Haoud Berkaoui comporte trois champs importants, qui renferment les accumulations d'huiles essentielles de cette zone :

- Champ de Berkaoui (HBK) ;
- Champ de Benkahla (BKH) ;
- Champ de Guellala (GLA) [27].

Parmi les activités principales de la région :

- La production du brut ;
- La récupération du gaz torché ;
- L'injection d'eau aux puits.

Face à des besoins en eau potable, la direction régional HAOUD BERKAOUI se dispose d'un complexe hydraulique pour le stockage et possède une unité de traitement marque IONICS EDR (électrodialyse réversible) et Osmose inverse marque film tec.



**Partie  
expérimentale**



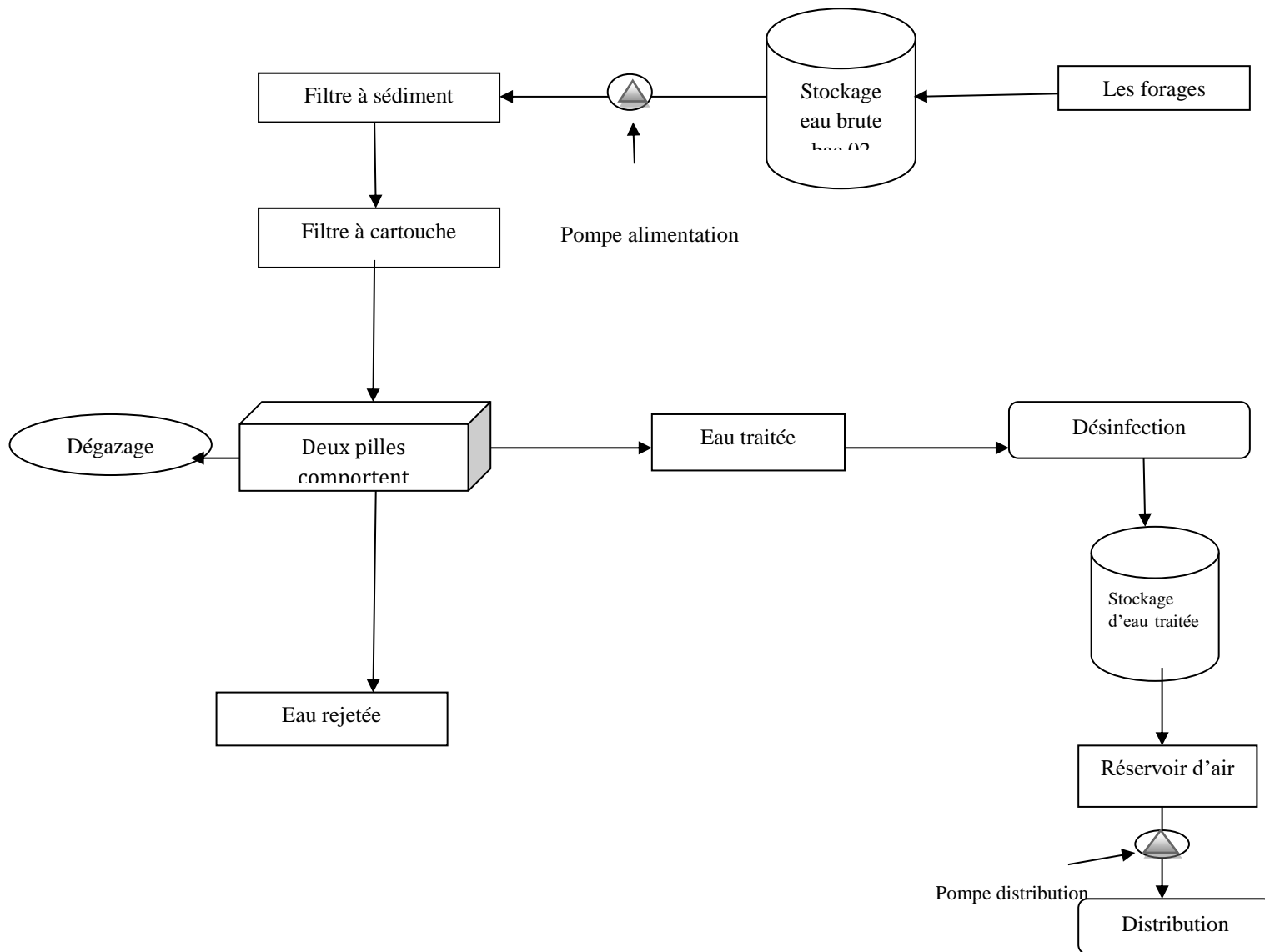
**Chapitre IV :**  
**présentation les**  
**stations de travail**

Nous allons parler dans cette partie de mémoire autour le fonctionnement et les problèmes qui existent au niveau des stations de dessalement visitées dans la région de Ouargla ou nous avons faire un stage pratique dans HAOUD BERKAOUI pour collecter des données et visiter les stations BEN AMOR et MAA-SAFI pour suivre des procédés de production de l'eau dans les stations.

**1-Description des stations de traitement des eaux (électrodialyse et Osmose inverse) de la région HAUOD BERKAOUI :**

**1-1-Station traitement des eaux saumâtres par électrodialyse :**

Les étapes du traitement : L'eau à traiter suit le schéma suivant :



**Schéma- 03- : La station de traitement d'eau par électrodialyse**

### A. Eau de puits

La station est alimentée à partir de 05 forages Hb1, Hb6, Hb9, Hb10, Hb11, tous les puits sont reliés à un collecteur sauf HB7 qu'est relié directement au bac 02 destiné. Pour l'irrigation. Et autre puits en services Hb2, Hb3, Hb4, Hb5, Hb8.

#### Les caractéristiques :

- Des pompes immergées multicellulaire (le choix selon HMT demandé et le débit).
- Refoulent par un débit entre 20 et 59 m<sup>3</sup>/s.
- Les tête des puits en acier.
- Qualité d'eau saumâtre.
- Conductivité électrique 3200 à 3400 us.
- Riche en phosphatât du calcium.
- Les adductions en (PVC, PEHD).
- Les puits refoulent dans un collecteur principal de diamètre de 10 pouces.
- Type des conduites est :
  - ❖ PVC pour la distribution d'eau domestique.
  - ❖ Galvanisé pour la distribution d'eau d'irrigation.

### B. Stockage eau brute :

Le complexe hydraulique équipé de 02 bacs identiques avec une capacité de stockage de 500 m<sup>3</sup> et une hauteur de 10.82 m.

- Le bac 01 destiné pour l'irrigation
- Le bac 2 destiné pour la distribution d'eau domestique

### C. Préfiltration :

La filtration est le passage d'un mélange solide- liquide qui traverse un milieu poreux qui retient les solides et laisse passer le liquide.

Dans tous les cas, des installations d'Osmose inverse et électrodialyse doivent être protégées par :

1. Une filtration à sédiment (rapide).
2. Une microfiltration sur filtre à cartouche de 05 microns.

### ➤ **Filtre à sédiment :**

C'est le filtre rapide est le type de filtre le plus utilisé dans le traitement des eaux de consommation, les matériaux filtrants sont maintenus en place par gravité et l'écoulement de l'eau à lieu de haut en bas.

Les principaux éléments de filtration à sable rapide sont :

- **Fond de filtre** : Le fond de filtre est une structure qui sépare le milieu filtrant de l'eau filtrée. Il doit donc être suffisamment solide pour supporter le milieu filtrant, il permet en outre :
  - De collecteur et évacuer les eaux filtrées et à distribuer uniformément l'eau de lavage.
- **Gravier de support** : le gravier de support, se situe au-dessus du fond de filtre et il sert à retenir le sable du milieu filtrant et à améliorer la répartition de l'eau de lavage ans le filtre.

L'épaisseur et les caractéristiques granulométriques de la couche de gravier de support dépendent des caractéristiques du fond de filtre et de celle du milieu filtrant.

- **Le milieu filtrant** : qui compose des matériaux filtrants et qui sont la plus sauvant des sables et l'anthracite.
- **Lavage du filtre à sédiment** :

Le lavage de filtre à sédiment est réalisé en deux (02) cycles :

1. L'eau brute entrée en bas du filtre à sédiment est agité pour éliminer les matières solides et rejeter vers l'assainissement.
2. L'eau brute entré à haut du filtre à sédiment et éliminer finalement les matières en suspension qui reste sue le filtre, puis rejeté vers l'assainissement.

### ➤ **Microfiltration (Les filtres à cartouches) :(figure 03)**

Ce type de filtre est constitué d'une enveloppe sous pression contenant une ou plusieurs cartouches filtrantes destinées à retenir les impuretés.

Les finesses de filtration sont variables, le plus souvent de 5 à 80 microns, selon la texture du matériau qui constitue la cartouche (papier plissé, feutre, fils bobinés). Dans cette station on utilise cartouche à 05 micro nature laine.

### D. Unité de dessalement d'électrodialyse :

L'eau arrivé à l'unité de traitement à partir du BAC 02, à l'entrée de l'unité on a une pompe d'alimentation refoule l'eau vers le filtre multicouche placé par ordre décroissant selon leur granulométrie, ce filtre a pour but d'éliminer les grosses particules, puis vers le deuxième filtre à cartouche (c'est un cylindre placé verticalement contient 6 bobines en fil de laine) ce filtre a pour but d'éliminer les particules fines.

Après la filtration l'eau s'écoule vers les deux piles pour diminuer leur salinité (charge), chaque pile comporte des cellules (chaque cellule constituer de 2 membranes l'un cationique et l'autre anionique et un séparateur) et une électrode chaque extrémité de l'appareil assure le passage du courant.

Au cours de l'écoulement au sien des piles l'eau passe par 3 étages hydrauliques les membranes assurent la diminution de la conductivité de l'eau, chaque 15 minutes il y a un renversement de polarité.

A la sortie des oilles on a un conductimètre (un appareil qui mesure la conductivité) : **(figure 01et 02 -)**

La conductivité très élevée (plus que la norme  $1500 \mu\text{s/cm}$ ), la vanne électrique de sortie est fermée

- ❖ La vanne électrique de sortie s'ouvre une fois la conductivité est inférieure à  $1500 \mu\text{s/cm}$



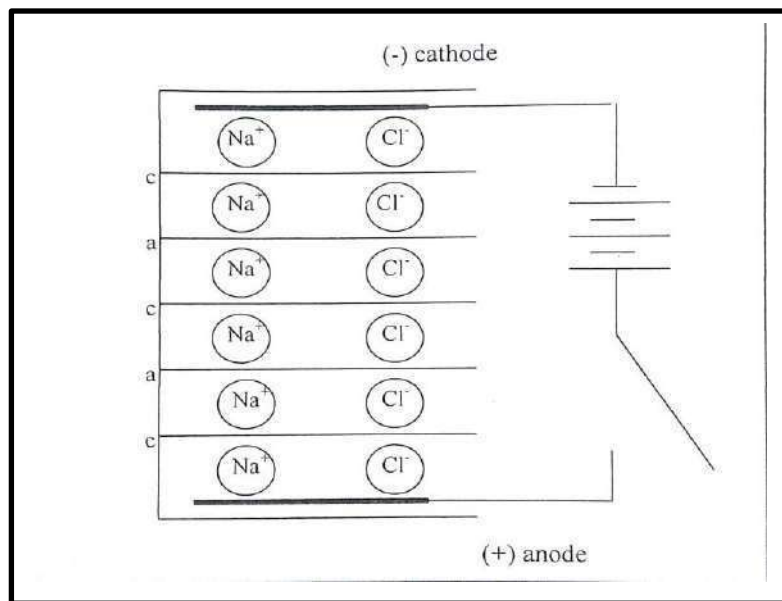
Figure -01- : conductimètre

figure-02- : vanne électrique

**E. Description de la pile à membrane :**

**E.1-configuration de la pile à membrane : [28]**

Si on place la cuve à multi compartiments décrite en figure 4 sur son extrémité, on obtient une pile à membrane ionique standard, comme l'indique la figure ci- dessous



**Figure -03- : orientation d'une pile à membranes**

En remarque l'empilement des membranes cationique et anionique. Les espaces entre les membranes représentent les passages des courants déminéralisés et concentrés formés par les séparateurs en plastique intitulés séparateurs de débit d'eau déminéralisée et séparateurs de débit d'eau concentrée.

Ces séparateurs sont en polyéthylène de faible densité et sont aménagés de telle façon dans la pile à membranes que tous les courants déminéralisés sont collectés ensemble et que tous les courants de concentrés sont également collectés ensemble.



## E.2- composants de la pile à membranes :

### ➤ Membranes :(figure 05)

Trois types de membranes sont utilisés ; les membranes de transfert anionique, les membranes de transfert cationique lourdes (utilisées pour former le compartiment d'électrode et pour séparer les étages hydrauliques).

Les trois types de membranes sont composés de feuilles flexibles de résine doté d'une armature de toile.

Certaines propriétés sont caractéristiques des membranes des transfert anioniques, cationique et cationique lourdes, à savoir :

- Faible résistance électrique.
- Insolubilité dans les solutions aqueuses.
- Semi-rigides pour un facilité de manœuvre en cours de mélange e la pile.
- Résistances aux changements de pH de 1 à 10.
- Fonctionnement à des températures excédant les quarantaines degrés.
- Résistances au gonflement osmotique (expansion du volume causée par une prise d'eau pendant les cycles situés entre 220 ppmà30000ppm de solution salée.
- Longue durée de vie.
- Résistances à l'encrassement.
- Imperméabilité à l'eau sous pression.

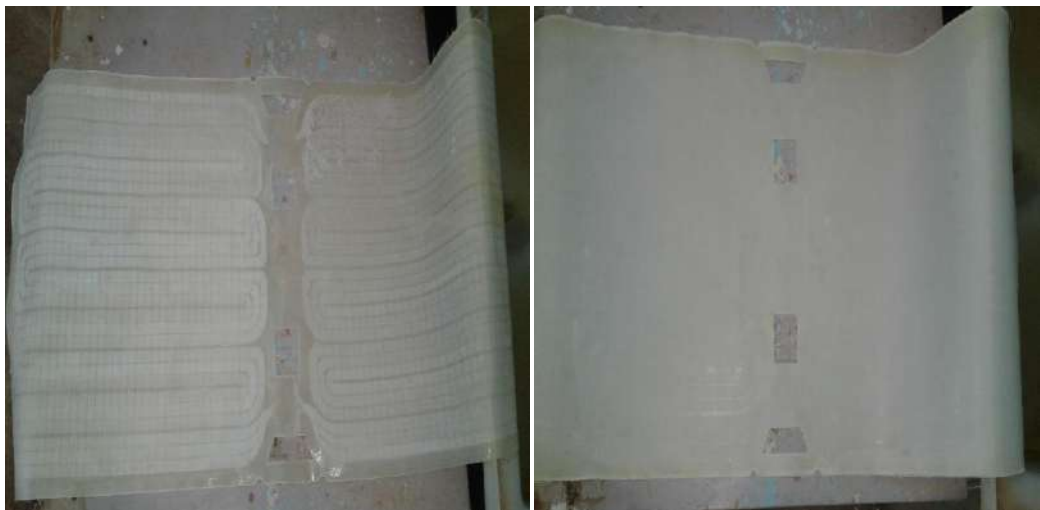


Figure-05- : Les différents types de membranes

### ➤ Séparateurs : (figure 06)

Ils sont formés de deux couches de polyéthylène de faible densité dont les découpages de tubulures conviennent aux découpages de la membrane.

Lorsqu'une pile à membrane proprement assemblée, les découpages de tubulures des membranes et de séparateurs forment des conduites verticales dans la pile.

L'eau s'écoule dans un séparateur entre les deux membranes et travers des passages de débit d'eau qui sont reliés aux découpages de tubulures.

Il existe deux types de découpages de tubulures de séparateur qui permettent l'écoulement de l'eau dans des caniveaux sélectionnés entre la membrane de sorte à former deux courants séparés : l'un déminéralisé, l'autre concentré.



**Figure-06- : Séparateur**

### ➤ Les électrodes :

Le rôle des électrodes métalliques situées à chaque extrémité de la pile à membranes est d'appliquer une intensité de courant continu en travers de chaque étage électrique de la pile.

L'électrode est en titane platiné

La zone des électrodes juxtaposées aux collecteurs est masquée de sorte à éviter les courts-circuits dans les collecteurs et inhiber la fragilité de l'électrode par l'hydrogène.

Le matériau utilisé pour masquer les zones périphériques des collecteurs et des orifices de courant d'électrodes est composé d'une matière de type caoutchouc non conductible, et la zone masquée recouvrant le collecteur obturé est composée d'une bande conductible.

Le compartiment d'électrode se compose d'une électrode, d'un séparateur de débit d'eau d'électrode, et d'une membrane cationique lourde.

### **F. Nettoyage chimique**

#### **Réservoir d'acide pour lavage des piles :**

- **Conseils de nettoyages en place (CIP) :**

Un système de nettoyage en place centralisé est utilisé pour nettoyer le tartre et les saletés du patin EDR et des piles, ce système est composé d'une cuve CIP d'un conduit d'alimentation d'eau reliée à la cuve. La cuve sera remplie d'eau de service 20 l et (5%) d'acide hydro chlorique (5%) par un cercle fermé.

- **Conseils de nettoyages en place des électrodes (ECIP) :**

Un système ECIP centralisé est utilisé pour injecter de l'acide hydrochlorique à l'intérieur des compartiments d'électrode de pile d'EDR et sortir l'entartrage des électrodes.

- **Ventilateur de dégazage :**

Le rôle de la Ventilateur de dégazage son but est de protéger la machine contre l'explosion d'oxygène gazeux et d'hydrogéné résultant de l'électrolyse de l'eau.

### **G. Désinfection par l'eau de Javel :**

Cette étape, commune à tous les traitements, est la plus importante. Elle a pour but de neutraliser tous les virus et bactéries pathogènes.

Elle n'est efficace que si l'eau a été préalablement bien traitée, notamment dans le cas des eaux de surface.

Bien que les eaux souterraines soient souvent naturellement exemptes de micro-organismes, la désinfection prévient le risque d'une contamination par infiltration dans la ressource et dans le réseau.

### **H. Stockage d'eau traité :**

Après le traitement de l'eau, il sera stocké dans des citernes d'une capacité totale de 20 m<sup>3</sup>

1-2-Station traitement des eaux saumâtres de puits par osmose inverse : L'eau à traité suit

le schéma suivant :

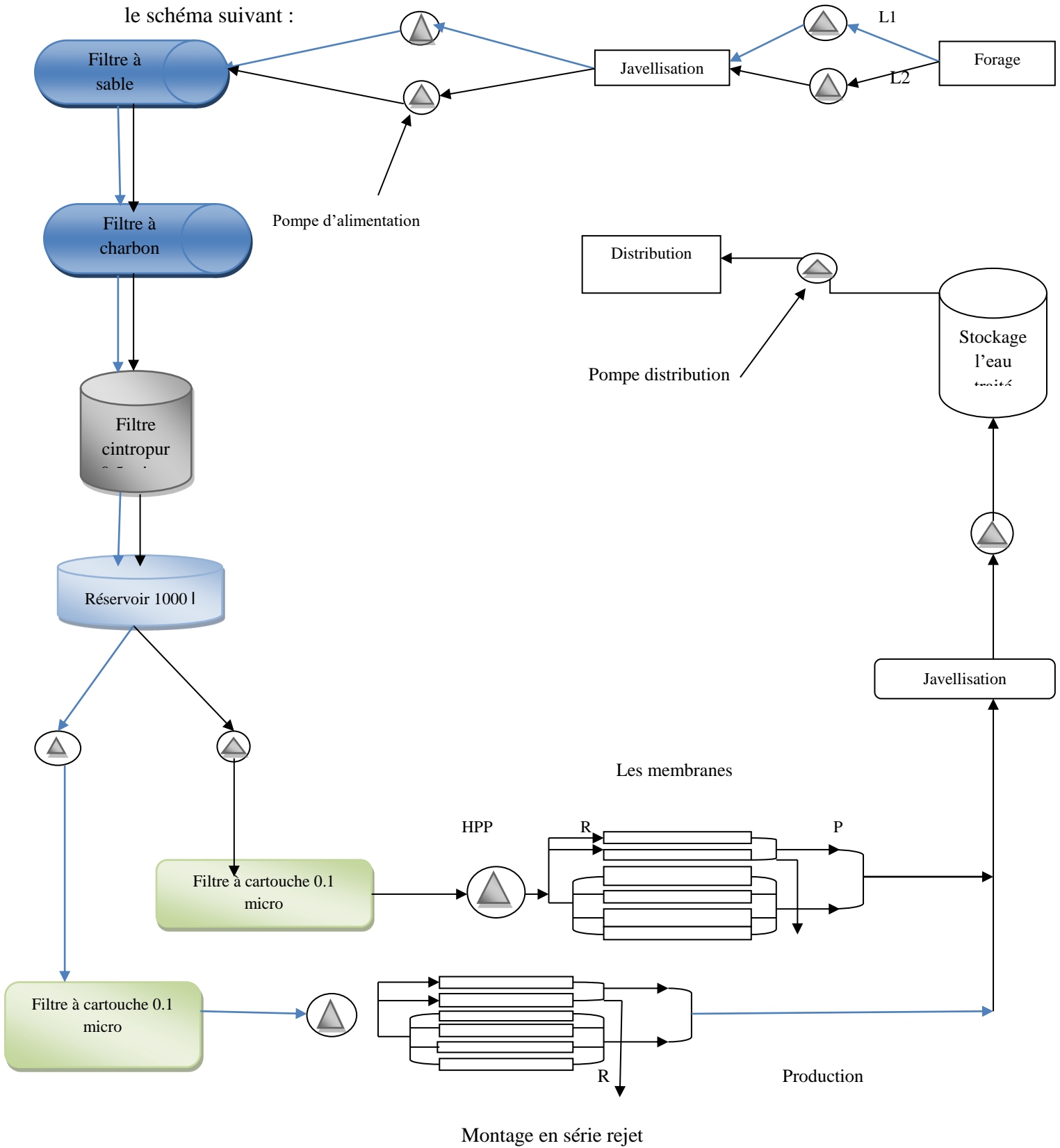


Schéma -04- : la station de traitement d'eau par l'osmose inverse

### a) Préfiltration :

Qui se compose deux filtres :

#### ➤ Filtre à sable :

La filtration des eaux sur un matériau (sable ou sable plus anthracite dans le cas des filtres bicouches) de différentes granulométries. On distingue des filtres lents ou filtres ouverts et des filtres rapides ou filtres fermés.

- Les filtres lents sont utilisés pour des eaux moyennement et fortement chargées en matières solides en suspension, l'eau dans ce cas percole par gravité à travers le lit de sable disposé dans des grands bassins ouverts à l'air libre.
- Les filtres rapides, dont la vitesse de filtration est comprise entre 30 et 70 m/h, sont utilisés pour des eaux faiblement chargées de matières solides en suspension, l'eau dans ce cas est envoyée sous pression à travers le lit de sable disposé dans des réservoirs clos réalisés par chaudronnerie ou en résine armée de fibres de verre.

Ils sont utilisés dans le traitement des eaux de consommation pour éliminer les particules en suspension et substances organiques.

#### ➤ Filtre à charbon actif :

Il est déposé après le filtre à sable ce charbon actif a le pouvoir de retenir par adsorption (c'est-à-dire en concentrant à sa surface les substances dissoutes) les molécules organiques qui donnent à l'eau des odeurs et des saveurs désagréables. Utilisé également comme catalyseur, il permet d'éliminer le chlore résiduel.

Grâce à ces propriétés, les filtres à charbon sont utilisés pour désodoriser l'eau et supprimer les traces et les goûts de chlore.

Le charbon actif se présente sous forme de poudre ou de grains : Sous forme de poudre.

#### ➤ Lavage du filtre à sédiment :

Le lavage de filtre à sédiment lieu automatique, c'est fait chaque semaine pendant 5 à 20 min est le rejeter vers l'assainissement.

Après Pré filtration viens scène Microfiltration :

➤ **Filtre à Cintropur de 05 microns :**

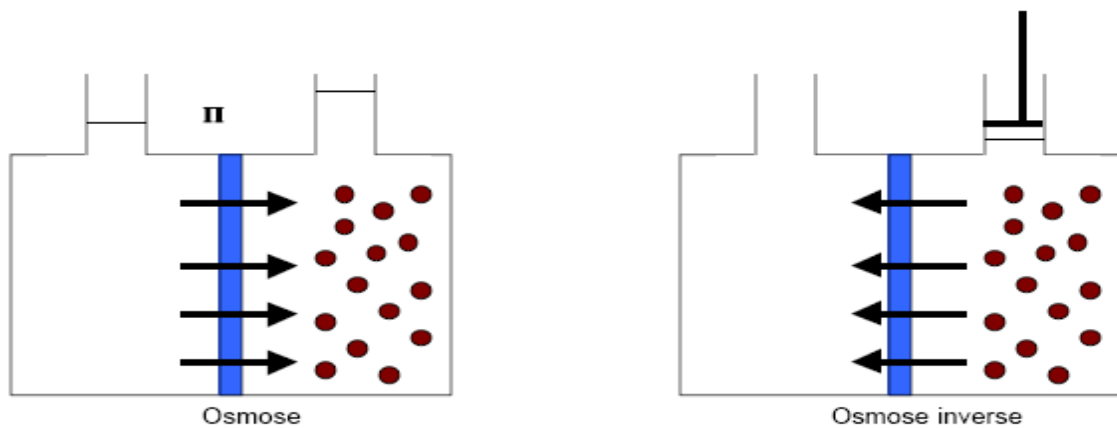
Pour Protection d'installations industrielles, collectives et agricoles, ils ont utilisé la filtration des particules solides (terre, sable, rouille...) en suspension dans l'eau de diamètre de 05 microns.

➤ **Filtres à cartouches :**

La même étape de station de dessalement EDR (électrodialyse).

**b) Filtration par l'osmose inverse :**

L'osmose inverse est un système de purification de l'eau contenant des matières en solution par un système de filtrage très fin que ne laisse passer que les molécules d'eau. L'osmose inverse est un procédé industriel efficace de dessalement.



**Figure- 12- : Principe de l'osmose inverse**

Le système d'osmose inverse de la station consiste en deux (2) lignes Chaque ligne d'osmose inverse est configurée en six (6) membranes qui sont utilisé dans la station sont des modules spirales.

Les Pompe haute pression aspire l'eau (10 bars) à partir des filtres à cartouches et à une pression adéquate pour traverser le train des membranes, cette augmentation de pression sera régulée de façon à produite la qualité d'eau nécessaire.

Les membranes de l'unité d'osmose inverse sont mises en place de type série pour obtention d'un taux de conversion totale 70%.

Le rejet de 04 modules de premier étage (lignes 01 et lignes 02) est filtré pour la deuxième fois par les 02 modules 2<sup>émé</sup> étage pour maintienne le maximum de débit de production et minimise le rejet.

### ➤ **Lavage des membranes :**

Le nettoyage des membranes à pour but de limiter le colmatage irréversible de perméabilité, et par le fait même, à prolonger la durée de vie des membranes.

Ce nettoyage se fait avec l'acide chaque mois.

### c) **Désinfection :**

La même étape de station de dessalement EDR (électrodialyse).

### d) **Stockage :**

Après le traitement de l'eau, il sera stocké dans des citernes d'une capacité totale de 50 m<sup>3</sup>.

## **2-Les analyses pour OI et EDR :**

Dans notre projet, on a fait des analyses physico-chimique et bactériologique de l'entrer et de la sortie de la station, c'est-à-dire on a pris des prélèvements du forage et des eaux traitées et dirigées vers le consommateur, pour :

- a) Vérifier l'efficacité des techniques (l'osmose inverse et électrodialyse).
- b) Vérifier la qualité de l'eau traitée.

A travers notre stage :

- ❖ Nous avons collecté des données pour déterminer le dimensionnement ;
- ❖ Connaitre les détails de chaque pièce trouvée dans les équipements en termes de forme, de mode de fonctionnement et de structure interne ;



- ❖ Connaître le fonctionnement des équipements à chaque station ;

Après avoir connu toutes les étapes de fonctionnement de chaque station, Nous avons comparé les deux stations et trouvé les différences citées dans les points suivants :

L'eau produite d'électrodialyse est utilisée pour produire la boue de forage spécifique et l'eau de l'osmose inverse va à la distribution ;

- ✚ L'étape de prétraitement est différente entre les deux stations où pour la station d'électrodialyse est une simple filtration sur sable parce que l'eau est circulée entre les membranes et pour l'osmose inverse il y a une nécessité d'un prétraitement bien déterminé car les modules d'OI sont très sensibles et ceci afin d'éviter le risque de pochage des membranes Parce que l'eau passe à travers les membranes (la taille de particules inférieure de 0.4nm) [30]
- ✚ Duré de fonctionnement des stations est différente

### **2-Description la station BEN AMOR :**

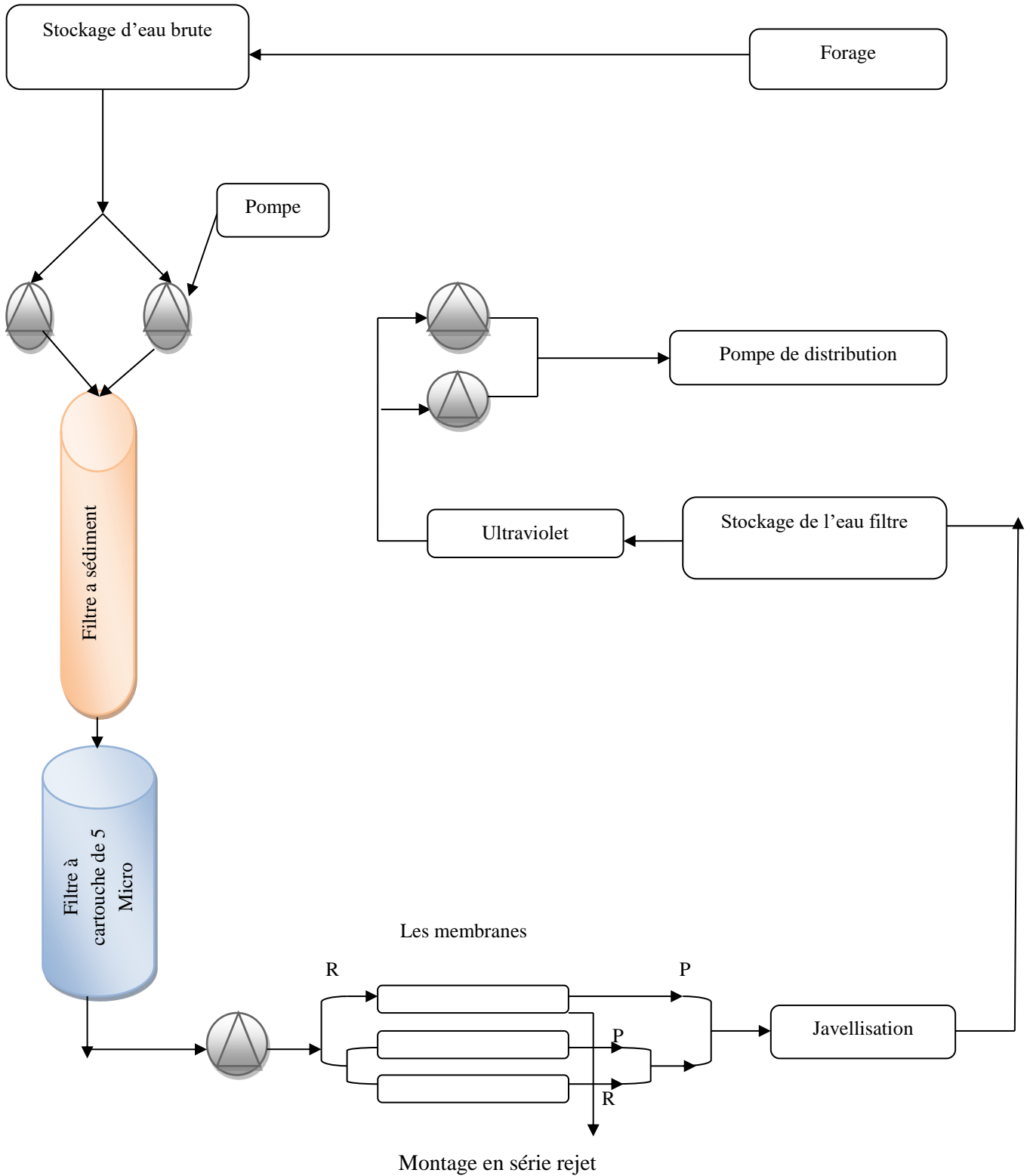
La station de dessalement des eaux SARL BEN AMOR Frères est située dans la zone industrielle d'Ouargla. Et est occupé une surface de 2400 m<sup>2</sup>, cette station est limitée par :

- Au nord : l'entreprise de SONAC.
- Al' ouste : l'entreprise de distribution des céréales et diverses.
- A l'est : par poste police numéro (04).

La station de BEN AMOR Frères est basée dans son fonctionnement sur le système d'osmose inverse, la production d'eau filtrée est 70% de l'eau arrivée dans la station avec un débit maximale égale à 24m<sup>3</sup>/h, et les 30% qui restent sera rejeté.

**Les étapes de traitement :**

L'eau de station à traité suit le schéma suivant :



**Schéma 05 : station de traitement d'eau par osmose inverse « station BEN OMAR »**

**A- Les caractéristiques du forage :**

La station est alimentée par une eau de forage qui a les caractéristiques suivantes :

**Tableau -01- : Les caractéristiques de forage**

Nappe	Sénonien
Profondeur (m)	160
Tubage (m)	13''318
Débit(l/s)	35
Crépine à persienne Inox	8''518
Niveau dynamique (m)	30.80
Niveau statique	9.20
Rabattement (m)	21.60

**B- Pour la Préfiltration et Microfiltration**

Même description qui est pour la station de HAOUD BERKAOUI

Les filtres à cartouches choisi pour notre cas sont de type consommable avec les dimensionnements suivants :

- Nature : polypropylène.
- Pores : 05 microns.
- Caractéristique : thermoplaste (résiste les températures élevées).
- La durée de vie des cartouches : entre 2 à 3 mois.

**C-Filtration par l'osmose inverse :**

Les membranes qui sont utilisé dans la station sont des modules spirales de nature polyamide (susceptible d'être attaqué par le chlore résidu), au nombre de trois lignes composées de six modules. Les membranes de sont mises en étapes de type série rejet pour membrane un taux de conversion totale 70%.

Les conditions favorables pour un bon fonctionnement sont :

- 1- Le traitement de l'eau à filtrer : 20F° (-7°c) – 120F° (49°c).
- 2-La pression de l'eau à l'intérieur des membranes : 20 bars (290psi).
- 3-Les matières en suspension de l'eau à filtre < 5 NTU.
- 4-pH d'eau à 4-9.
- 5-La turbidité de l'eau < 1NTU.

6- La chlore à l'eau nul.

**C-1-Lavage des membranes :** Le nettoyage des membranes a pour but de limiter le colmatage irréversible de perméabilité, et par le fait même, à prolonger la durée de vie des membranes.

Les cycles de lavage des membranes dans la station sont comme suite :

- L'arrêt de l'alimentation.
- Relie des membranes avec une citerne de solution de lavage.

Le premier cycle est de nature acide pH=2 sert à éliminer les matières inorganiques. Le deuxième cycle est de nature basique pH=11 sert à éliminer les matières organiques pour équilibrer le PH de milieu.

La solution du lavage qui sort des membranes sera filtrée par un filtre à cartouche de 05 microns avant qu'elle soit recyclée.

A la fin de nettoyage des membranes, on fait circuler l'eau pendant (10 min) pour éliminer le reste des solutions de lavage.

### **D-Pompe à haute pression**

C'est une pompe verticale de haute pression, nécessaire pour le travail de l'osmose inverse, avec un débit de 30 m<sup>3</sup>/h.

### **E-Désinfection :**

- **Désinfection par l'eau de Javel :**

Elle a le même écrit que la station de Haoud Berkaoui.

- **Désinfection par l'Ultraviolet :**

Procédé de désinfection par rayonnement émis par des lampes à vapeur de mercure avec une longueur d'onde de 256 nanomètres (U.V) La désinfection par ultra-violet n'a pas d'effet rémanent, c'est-à-dire que son effet désinfectant ne persiste pas.

L'eau ainsi purifiée n'a aucune action purifiante sur son environnement et n'est pas protégée contre une pollution ultérieure. Cependant, le principal avantage de ce procédé est de n'apporter aucun additif à l'eau traitée ; il est donc particulièrement adapté à la désinfection des eaux ultrapures.

Cette désinfection est instantanée, et utilisée au moment de la distribution pour une meilleure protection on utilise l'UV comme une dernière étape de traitement et pour éliminer les virus et les bactéries, puisqu'elle donne :

- Action bactéricide immédiate sans nécessité de réservoir de contact
- Aucune nécessité d'addition de produits chimiques.
- Aucune modification de qualité chimique de l'eau.
- Entretien minime (changement de la lampe toutes les 7500 heures).

**Tableau -02- : Caractéristique technique de l'appareil UV [29]**

Matériel du corps	Inox 3161
Volume de chambre UV	35 litres
Pression de service maximum	4 bars _ 7 bars
Température minimum/maximum	0 à 30 °C
Alimentation électrique	220 V – 50 Hz
Rayonnement	25mJ /cm <sup>2</sup>
Débit admissible	22m <sup>3</sup> /h

### 3-Description la stations de MAA-SAFI :

La station de MAA-SAFI est une station qui traité les eaux par le même technique des autre stations, la différence entre cette station et les autres stations dans l'étape de prétraitement ces nombres des cartouches et le type fonctionnement (en parallèle) .

#### Les étapes de traitement de station MAA-SAFI :

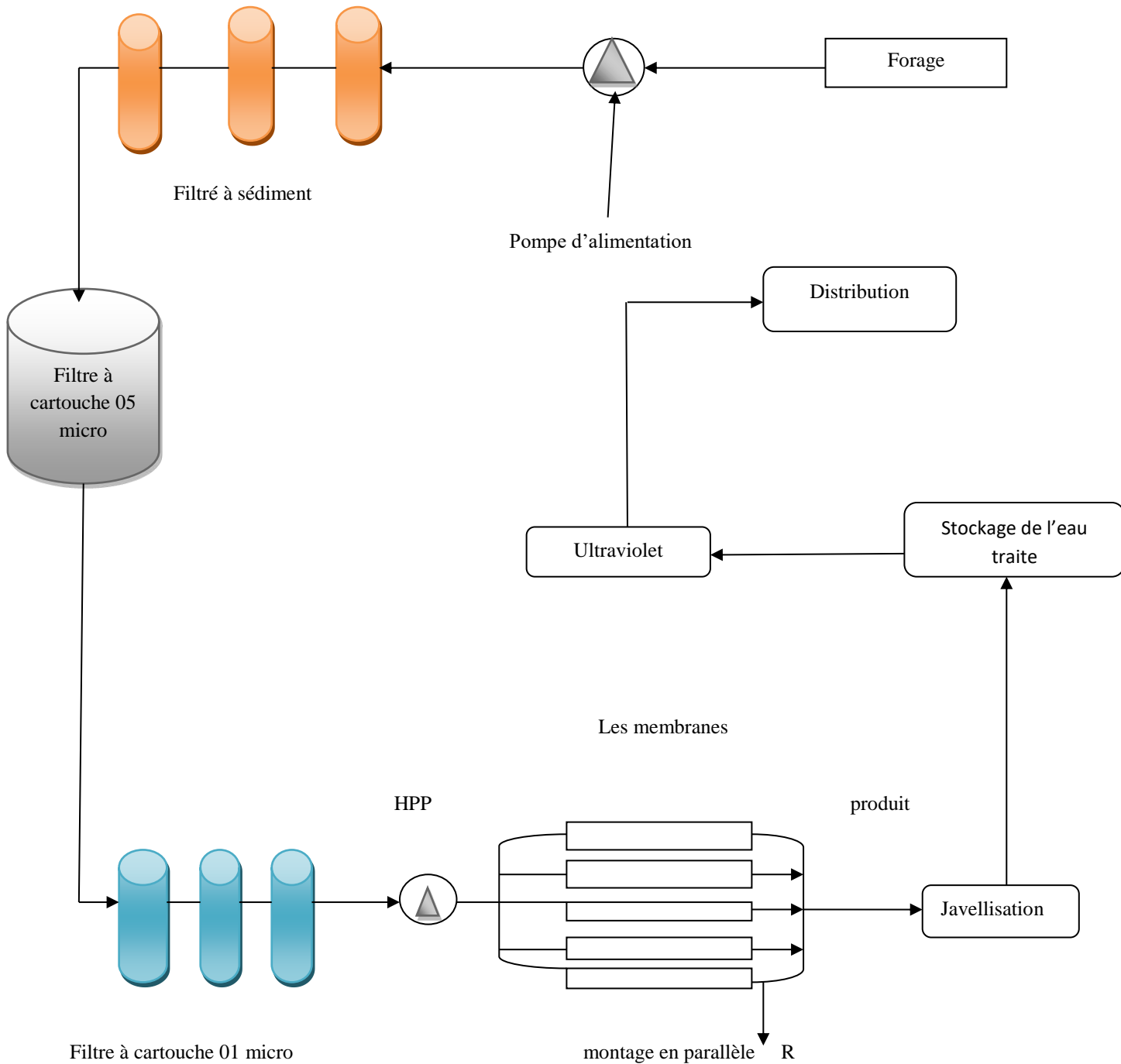


Schéma 06 : station de traitement de l'eau par l'osmose inverse (MAA-SAFI)

Après avoir vu toutes les stations, nous avons trouvé une différence entre les stations par technique osmose inverse est représenté ci-dessous :

- L'arrangement des modules, station HAOUD BERKAOUI (4/2) et station BEN AMOR (2/1)
- La station de MAA SAFI est différente des stations Haoud Berkaoui et de Ben Amor en fonction de montage, ou les stations Ben Amor et Haoud Berkaoui fonctionnent en montage série rejet et station MAA SAFI fonctionne en montage en parallèle.
- La chaîne de prétraitement : station de HAOUD BERKAOUI, il y a un filtre à sables et un filtre à charbon et en plus un filtre de cintré, ou station de BEN AMOR il existe un filtre à sédiment et il y a dans la station MAA-SAFI trois filtres à sédiment ;
- La durée de fonctionnement des stations ;
- Le débit de production et le débit de rejet de chaque station est différent ;

**Chapitre IV :**  
**dimensionnement et calcul**  
**technico-économique deux**  
**méthodes de dessalement**  
**« osmose inverse et**  
**électrodialyse »**



**Chapitre IV : dimensionnement et calcul technico-économique deux méthodes de dessalement « osmose inverse et électrodialyse »**

**1-Estimation des besoins :**

Les besoins en eau potable varient en fonction du mode de vie de la population et des installations nécessaires. La région de HBK fournit de l'eau potable à la base de vile ; les villas ; les champs : Champ de Benkahla (BKH) ; Champ de Guellala (GLA) ; champ PSP ; champ Guellal nord-est (GLANE) ; champ Prcin ; champ Tersi.

**Le tableau -01- :** Estimation des débits mensuel de la base de vile et six champs

Base de vile	Q = 350 m <sup>3</sup> /mois
Champ de BENKAHLA	Q = 6 m <sup>3</sup> /mois
Champ de GUELLALA	Q = 6 m <sup>3</sup> /mois
Champ PSP	Q = 10 m <sup>3</sup> /mois
Champ GUELLALA NORS-EST	Q = 6 m <sup>3</sup> /mois
Champ PRICIN	Q = 6 m <sup>3</sup> /mois
Champ TERSI	Q = 6 m <sup>3</sup> /mois

Donc :

$$Q_T = \sum \text{des débits} = 390 \text{ m}^3/\text{mois} = \frac{390}{30} = 13 \text{ m}^3/\text{j}$$

**Estimation des besoins des villas :**

La zone des villas divise en deux parties grande villa est petite villa donc le nombre d'habitant est estimé 160 d'habitant

Chaque être humain utilise quotidiennement de l'eau : en tant que boisson, pour préparer ses aliments, pour le ménage, pour laver sa voiture, ect.

La quantité d'eau nécessaire consommée par l'habitant est 150 l/j/hab. cette quantité Répartie selon ses différents usages domestique :[30]

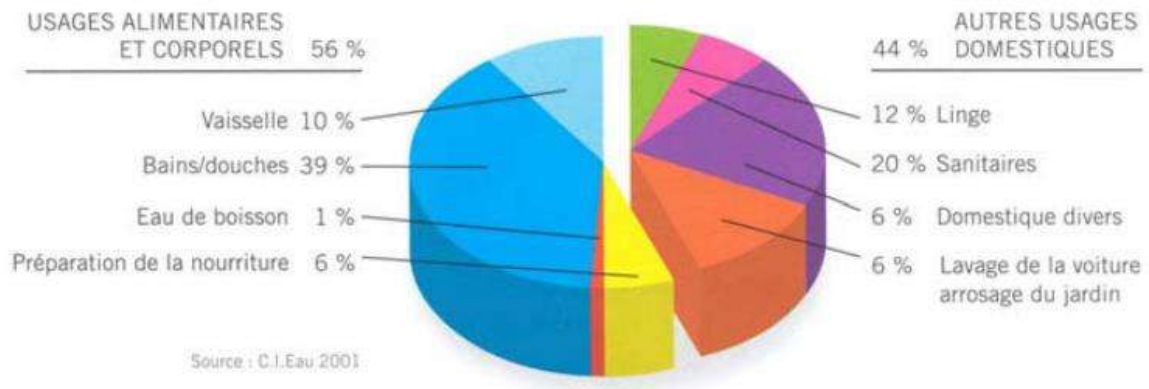


Figure 15 : répartition de la consommation quotidienne d'eau selon ses différents usages domestique

La quantité d'eaux utilisée pour l'alimentation directe 7% donc le débit est 12.5 l/j/h et Les pertes de l'eau 20% danc le débit est 15 l/j/h.

On calcul ces besoins par :

$$Q_{moyj} = D.N$$

N : Nombre d'habitants

D : Dotation

A.N :

$$Q_{moyj} = 15 * 160 = 2400 \text{ l/j} = 2.4 \text{ m}^3/\text{j} = 72 \text{ m}^3/\text{mois}$$

Donc :

$$Q_{moyj} = 390(\text{m}^3/\text{mois}) + 72 (\text{m}^3/\text{mois}) = 462 \text{ m}^3/\text{mois}$$

Le débit maximal journalier :

$$Q_{max j} = Q_{moyj} * K_j$$

$K_j$  : coefficient journalier maximum, sa valeur prend entre [1.1 – 1.3]

Nous prenons  $K_j = 1.3$

Don :

$$Q_{\max j} = 462 * 1.3 = 600.6 \text{ m}^3/\text{mois} = \frac{600.6}{30} = 20.02 \text{ m}^3/\text{j}$$

## **2-dimensionnement de l'unité « OI et EDR »**

### **2-1-Dimensionnement de l'installation de déminéralisation d'osmose inverse :**

Pour concevoir le système d'osmose inverse qui permet de produire 80m<sup>3</sup>/j contenant de solides totaux dissous (TDS) < 1000 ppm à partir d'eau des 5 forages, Contenant 3008 ppm de TDS

Dans notre cas, nous avons choisi le perméateur (DUPONT PERMAZEP type B9), qui est le mieux adapté aux eaux saumâtres de la zone et la salinité de l'eau brute est proche de ce type. Nous proposons un montage en série rejet à deux étages avec un arrangement 2/1 pour réduire au maximum le débit de production et minimiser le débit de rejet.

Ces perméateurs ont un débit de production  $Q_{w0}$  établi sous les conditions standards de fonctionnement préconisés par les constructeurs :

- Débit spécifique initial  $Q_{w0}=52.99 \text{ m}^3/\text{j}$   
GPD : gallon par jour et  $1\text{m}^3/\text{j}=264\text{GPD}$   
GPM : gallon par minute
- Diamètre: 8 inchs=20.32 cm (1 inch=2.54 cm)
- Conversion=75%
- Température=25°C dans les conditions standards de perméateur
- Pression de fonctionnement :  $P_f=400 \text{ psis}= 27.2 \text{ atmo}$   
 $1 \text{ psi}=0.068 \text{ atmo}$  et  $1 \text{ atmo} =10^5 \text{ pas}$
- Concentration de l'eau d'alimentation (en NaCl) :  $C_{F0}=1500 \text{ mg/l}$
- Taux de passage de sel :  $SP_0=10\%$
- La perte de charge moyenne :  $\Delta P_{FR0}/2=3 \text{ psis}$  [32]

C'est sous ces conditions que le constructeur a établi les caractéristiques du module B9.

Dans notre cas, les conditions de fonctionnement sont différentes des conditions standard, par conséquent quelques corrections s'imposent, notamment la salinité de l'eau.

En effet le constructeur a utilisé une solution ne contenant que NaCl donc il faut qu'on ramène la salinité de notre eau à une salinité équivalente exprimée en ppm NaCl.

### **2-1-1-Caractéristique des eaux brute :**

Le dimensionnement de notre unité est basé sur la quantité moyenne des 5 forages qui alimentent la région de HBK. La qualité de ses eaux saumâtres est récapitulée dans le tableau suivant N°0

**Tableau-02- : caractéristiques des eaux brutes**

<b>Éléments</b>	<b>C(mg/l)</b>	<b>C (méq/l)</b>
Ca <sup>+2</sup>	382.68	19.10
Mg <sup>+2</sup>	132.2	10.87
Fe	0.22	0.01
Na <sup>+</sup>	480	20.87
K <sup>+</sup>	39.1	1.00
Cl <sup>-</sup>	789.98	22.28
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	1040	21.67
OH <sup>-</sup>	0	0.00
CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0	0.00
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	143.59	2.35
PH	7.98	
Conductivité	3650µs/cm	
TDS	3008 mg/l	
Salinité	2.5 g/l	

### **2-1-2-Calcul de la molalité (m=mol/1000 gr d'eau) :**

La molalité est déterminée par la relation suivante :

$$m_i = \frac{C_i * 1000}{[M_i(10^6 - TDS)]}$$

C<sub>i</sub> : Concentration de l'élément i (mg/l)

$M_i$  : masse molaire de l'élément (g)

TDS : total des sels dissous (mg/l)

$$TDS = \sum C_i$$

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

### 2-1-3-Calcul de la concentration de l'eau d'alimentation en ppm NaCl :

Par l'égalité entre les eaux équations (1) et (1)' représenté ci-dessous on peut déterminés la concentration de l'eau d'alimentation en ppm NaCl :

$$\Pi = 1.12 \cdot (T+273) \cdot m_t \dots \dots \dots (1)$$

$$\Pi = \frac{0.0385 \cdot CF \cdot (T+273)}{1000 - \left(\frac{CF}{1000}\right)} \dots \dots \dots (1)'$$

$$(1) = (1)' \longrightarrow CF = \frac{1.12 \sum m_i \cdot 10^6}{38.5 + 1.12 \sum m_i}$$

**Tableau -03- : Résultat de calcul du la molalité et la concentration de l'eau d'alimentation**

Eléments	Charge	Masse molaire (mg/l)	C(mg/l)	C (méq/l)	Molalité (mol/Kg)
Ca <sup>+2</sup>	2	40.1	382.68	19.086	0,00957
Mg <sup>+2</sup>	2	24.3	132.2	1.0881	0,00546
Na <sup>+</sup>	1	23	480	20.870	0,02093
K <sup>+</sup>	1	39.1	39.1	1	0,00100
Cl <sup>-</sup>	1	35.5	789.98	22.253	0,02232
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	2	96.1	1040	21.644	0,01085
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1	61	143.59	2.354	0,00236
TDS=3008		$\sum m_i = 0,07250$		C <sub>FI</sub> =2105	

### 2-1-4-Les facteurs influençant le dimensionnement :

Etant donné que les conditions de fonctionnement sont différentes des conditions standard du perméateur, quelques corrections s'imposent, notamment le débit de production

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

$$Q_{w0} = K_{wi} (\Delta P_0 - \Delta \Pi_0)$$

Avec :

$Q_{w0}$  : débit initial à travers la membrane

$K_{wi}$  : perméabilité initiale de la membrane

$\Delta P_0$  : différence de pression à travers la membrane

$\Delta \Pi_0$  : différence de pression osmotique

$$\Delta P = P_{Fr} - P_p$$

$$P_{fr} = \frac{PF + PR}{2} = p_{fads} - \frac{\Delta p_{fr}}{2}$$

Où :

$P_{fads}$  : pression absolue de l'alimentation en (psi)

$P_p$  : pression de l'eau produite en (psi)

$P_{Fr}$  : pression moyenne de l'eau dans le module en (psi)

$\Delta p_{Fr} = PF - PR$  : perte de charge à travers le module

Si on connaît le débit initial aux conditions standard précitées, il est possible de calculer la perméabilité de la membrane qui est à son tour utilisée dans des conditions autres que standard :

$$K_{wi} = \frac{Q_{w0}}{\Delta p - \Delta \Pi}$$

On pose :

$$K'_{wi} = \frac{1}{(\Delta p_0 - \Delta \Pi)}$$

$K_{wi}$  : perméabilité initiale de la membrane

$K'_{wi}$  : facteur de pression aux conditions standards en (psi)

La pression osmotique  $\Pi$  peut être calculée à partir des deux expressions suivantes :

$$\Pi = 1.12(T+273) \sum m_i \text{ en (psi)}$$

$$\Pi = \frac{0.0385 * C * (T+273)}{1000 - C/1000}$$

Où :

T : température en (°C)

$m_i$  : molalité de la soluté i en (moles/1000 gr de H<sub>2</sub>O)

C : concentration en (ppm NaCl)

Dans les conditions standards nous avons :

$$\Delta p_{Fr} = 41.4 \text{ kpa}$$

$$P_{F0} = 2760 \text{ kpa}$$

D'où

$$\Delta p_0 = 2739.3 \text{ kpa}$$

$\Delta \Pi_0$  : différence de pression osmotique

La différence de pression osmotique entre l'entrée et la sortie dans les conditions standards [33]

$$\Delta\Pi_{Fr} = \frac{0.2654 * CFR * (T + 273)}{1000 - \frac{CFR}{1000}}$$

La concentration en sel dans l'eau de rejet

$$C_{R0} = \frac{C_{F0}}{1 - Y0}$$

$C_F$  : Concentration en sels dans l'eau d'alimentation en (ppm NaCl)

$C_R$  : Concentration en sels dans l'eau de rejet en (ppm NaCl)

$Y$  : Taux de conversion = 0.75

$C_{R0}$  = 6000 ppm NaCl

La concentration moyenne en sel entre l'alimentation et le rejet

$$C_{FR0} = \frac{C_{F0} + C_{R0}}{2} = \frac{1500 + 6000}{2}$$

$C_{FR0}$  = 3750 ppm NaCl

D'où

$$\Delta\Pi_{FR0} = 297.7 \text{ KPa}$$

Et

$$K'_{w0} = \frac{1}{(\Delta p_0 - \Delta \Pi_0)} \quad \rightarrow \quad K'_{w0} = 4.10 * 10^{-4} \text{ KPa}^{-4}$$

Le facteur de correction de la pression

$$PCF = K'_{w0} (\Delta p - \Delta \Pi) = K'_{w0} (\Delta p - \Pi_{FR})$$

Avec :

$$\Delta p = P_F - \frac{\Delta P_{fr}}{2}$$



Donc la relation de PCF devient :

$$PCF = K'_{w0} \left( P_F - \frac{\Delta P_{fr}}{2} - \Pi_{FR} \right)$$

PCF : facteur de correction de la production pour obtenir une productivité du perméateur aux conditions de travail.

Un autre facteur peut entrer en compte, il s'agit du coefficient de rétention de l'eau au niveau de la membrane, il varie linéairement avec la pression pour une durée de vie donnée. (Voir annexe tableau n° 1)

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

$$TCF = \frac{Q_w(T)}{Q_w(25^\circ c)} = 1.03^{(T-25)}$$

Où :

TCF : facteur de correction du débit de production

$Q_w(T)$  : débit de l'eau à la température ambiante

$Q_w(25^\circ c)$  : débit de l'eau à 25°c

D'où le débit corrigé :

$$Q_{pi} = PCF_i \cdot TCF \cdot MFRC_i \cdot Q_{w0} \quad [32]$$

### **2-1-5-Les différents types de montage de l'installation d'OI :**

1. **Montage en série de production :** c'est-à-dire le débit le produit de l'étage 1 va alimenter l'étage 2 et cela pour avoir une bonne qualité d'eau produite, ce type de montage offre une bonne qualité d'eau produite mais un grand débit de rejet.
2. **Montage en série de rejet :** le débit de rejet du 1<sup>er</sup> étage alimente le 2<sup>ème</sup> étage et on aura ainsi un débit de production de chaque étage avec des qualités différentes.

3. **Montage en parallèle** :: ce montage est le plus simple. Tous les postes élémentaires opèrent dans les mêmes conditions (même pression, même eau en entrée).

Le taux de conversion est suivi grâce aux deux manomètres branchés sur le rejet et sur la sortie d'eau traitée. [34]

#### 4. 2-1-6 Arrangement des perméateur dans l'installation

Dans notre cas, nous opérerons avec une conversion de 75% en utilisant deux étages de perméateurs, placés en série rejet, c'est-à-dire le rejet du 1<sup>er</sup> étage alimente le 2<sup>ème</sup> étage.

Nous admettons un taux de conversion de 50% par étage :  $Y_1=Y_2$

Chaque fois on propose une valeur de conversion et calculer conversion et comparer par les valeurs des littératures, jusqu'à ce que nous atteignons la valeur acceptable

**Tableau -04- : Résultat de dimensionnement d'osmose inverse**

Paramètre	Relation	Résultat	Unité
$Q_{sp}$	$Q_{SP}=Q_p/n$	1,52	m <sup>3</sup> /h
$Q_{al}$	$Q_{al}=Q_p/Y$	4,45	m <sup>3</sup> /h
N	$N=Q_p/Q_{sp}$	2	-
$N_1$	$N_1=(N*n_1) / \sum n$	1	-
$N_2$	$N_2=(N*n_2) / \sum n$	1	-
$Q_{p1}$	$Q_{p1}=Q_{p1}*N_1$	1.63	m <sup>3</sup> /h
$Q_{p2}$	$Q_{p2}=Q_{p2}*N_2$	1,31	m <sup>3</sup> /h
$Q_{pt}$	$Q_{pt}=Q_{p1}+Q_{p2}$	2.94	m <sup>3</sup> /h
$Q_{rt}$	$Q_{rt}=N_2*Q_{r2}$	1.52	m <sup>3</sup> /h
Y	$Y=Q_{pt}/Q_{al}$	0,66	%
$SPCF_1$	$SPCF_1= CF_0.CFR_1/PCF_1.CF_1.CFR_0$	0,62	-
$SPCF_2$	$SPCF_2= CF_0.CFR_2/PCF_2.CF_2.CFR_0$	0,72	-
$SP_1$	$SP_1=SP_0*SPCF_1$	0,062	-
$SP_2$	$SP_2=SP_0*SPCF_2$	0,072	-
$TDS_{p1}$	$PDS_{p1}=SP_1*TDS_{a1}$	186	mg/l
$TDS_{r1}$	$TDS_{r1}=(TDS_{a1}-Y*TDS_{p1}) / (1-Y_1)$	6164	mg/l
$TDS_{p2}$	$TDS_{p2}=SP_2*TDS_{r1}$	441	mg/l
$TDS_{p2}$	$TDS_{r2}=(TDS_{R1}-Y*TDS_{p2}) / (1-Y_2)$	10856	mg/l
$TDS_T$	$TDS_T=(Q_{p1}*TDS_1+Q_{p2}*TDS_2) / (Q_{p1}+Q_{p2})$	259	mg/l

La station fonctionne selon les besoins. Donc Pour assurer le débit journalier, nous obtenons la durée de fonctionnement de la station 6 heures 49 min.

### 2-1-7- Interprétation des résultats

Pour la détermination de conversion totale et de débit de production, on a étudié un seul arrangement 2/1 parce que le débit d'alimentation petit, les résultats obtenus on est la plus efficace et a donné :

- Le débit de production total :  $Q_{Pt} = 70.49 \text{ m}^3/\text{j}$
- La qualité d'eau traitée satisfaisante :  $\text{TDS}_T = 259 \text{ mg/l}$
- Un taux de conversion total :  $Y_T = 66 \%$

La salinité de l'eau produite est faible (259 ppm) < 500 ppm donc on est dans l'obligation de faire une reminéralisation soit mélange l'eau produite a une quantité d'eau saumâtre Sous réserve de pré traitement, soit ajouter les sels minéraux pour augmenter le taux de sels minéraux dissous vers les normes (500- 1000 ppm). Dans cette station la reminéralisation est réalisée par un mélange simple contrôlé.

### **Conclusion :**

Osmose inverse est une technique qui donné en bonne qualité de l'eau et éliminer une grande quantité des sels avec en taux de conversion acceptable. Mais il a un problème de la manière de reminéralisation.

Nous proposé une étude pour voire la meilleure méthode pour la reminéralisation.

## **2-2-Dimensionnement de l'installation d'électrodialyse :**

Pour concevoir l'unité d'EDR nous proposons une installation comportant plusieurs étages (en fonction de la salinité d'eau à traiter et le taux d'extraction) et parmi les caractéristiques de l'installation on cite le taux de conversion qui est l'ordre de 92%.

### **2-2-1-Calcul de l'installation d'électrodialyse :**

Pour pouvoir utiliser la méthode membranaire d'EDR pour déminéraliser les eaux de la région HAUD BERKAOUI pour un débit de  $87,04 \text{ m}^3/\text{j}$  et une salinité de 3008 mg/l.

Il faut déterminer le nombre d'étages et la surface de membrane par étage nécessaire pour atteindre une salinité de 500 ppm.

### **2-2-2-Le choix de la densité du courant optimal :**

On peut calculer cette densité pour le minimum de cout de production de  $1 \text{ m}^3$  d'eau

$$I_{opt} = 0.48 [1/Y * K_{mc} / (K_e r) * n_r / n_m]^{1/2}$$

$I_{opt}$  : densité du courant optimale [A/cm<sup>2</sup>]

Y : la durée de vie de la membrane =10 ans

$n_r$  : Rendement de conversion du courant=0.8

$n_m$  : Rapport d'efficacité de la membrane=0.67

$K_e$  : prix unitaire de l'énergie=12DA

r : résistance de la cellule =130  $\Omega$ /m<sup>2</sup>

$K_{mc}$  : cout de la membrane.

$K_m$  : prix de membrane =3276 DA/cm<sup>2</sup>

Donc le cout de membrane est :

$$K_{mc} = K_m * 1.2$$

### 2-2- 3-La surface de la membrane :

La quantité des sels retirés de chaque 1cm<sup>2</sup> de cellule quand on fait circuler un courant de densité I égale à  $I * n_c / F$  (g equiv), dont  $n_c$  est le rendement de Colomb, F est une constante de faraday et concernant le NaCl, l'équivalent gramme égale à 58.45 g. ainsi la quantité de sel enlevé en gramme quand on applique un courant de densité I est  $58.45 * n_c * I / F$  gramme chaque seconde pour 1 cm<sup>2</sup>.

$$A = Q_F * (C_F - C_P) * F / 58.45 * I * n_c \text{ [cm}^2\text{]}$$

$A_t$  : surface de la membrane cm<sup>2</sup>

$Q_F$  : Débit d'eau à traiter m<sup>3</sup>/s

$C_F$  : concentration de l'eau à traiter ppm

$C_p$  : concentration de l'eau traitée ppm

F : constante de Faraday= 96500

$n_c$  : rendement Colomb=0.7

#### **2-2-4-Nombre de membranes :**

$$N_m = A_t / S$$

$A_t$  : surface de la membrane  $\text{cm}^2$

S : surface d'une seule membrane

Avec :

$$S = b * h = (102 * 46)$$

#### **2-2-5-Nombre de cellules n :**

$$N = N_m / 2$$

#### **2-2-6-Détermination du nombre de piles :**

Pour déterminer le nombre des piles il faut calculer la vitesse minimale permise et ensuite la détermination de nombre d'étages et celui des cellules dans chaque pile.

#### **2-2-7-La vitesse d'écoulement dans les compartiments de déminéralisation :**

Il faut que cette vitesse ne soit pas inférieure à celle su solution à l'intérieur des compartiments d'adoucissement qui est la vitesse minimale permise, et cela pour minimiser la polarisation par concentration qui se produit lors du passage du courant électrique, ce qui provoque la défragmentation de la molécule d'eau, la valeur de cette vitesse se détermine comme suit :

$$V_{\min} = K_e * I_{opt} / (C_p * b) \text{ [cm/s]}$$

$V_{\min}$  : vitesse minimale dans les cellules

$K_e$  : coefficient =45000

$C_p$  : concentration de l'eau traitée

$b$  : Epaisseur de cellule 0.1 cm

$I_{opt}$  : Densité de courant A/cm<sup>2</sup>

### **2-2-8-Nombre de piles :**

Lors de la conception de l'unité d'EDR il faut que la vitesse à l'intérieur des compartiments d'adoucissement soit supérieure à la vitesse min, elle se détermine comme suit :

$$V_{cellule} = Q_F / (b \cdot h \cdot n / s)$$

$V_{cellule}$  : vitesse dans la cellule

$b$  : Epaisseur de la cellule (0.1cm)

$h$  : Largeur de la membrane (46 cm)

$n$  : Nombre de cellules

$s$  : Nombre de pile

La surface  $b h n$  représente la section d'écoulement de la solution et  $b h n / s$  représente la surface d'écoulement pour chaque pile.

$S$  : étant le nombre de piles qui vérifie la condition suivante :

$$V_{min} < V_{cellule} = Q_F / b h n / s$$

$$D'où s > V_{min} b h n / Q_F$$

### **2-2-9-Nombre de cellules dans chaque pile :**

Il faut réunir un nombre déterminé et adéquat de cellules pour constituer une pile et ceci afin de :

- Eviter les difficultés de maintenance quand le nombre de cellules devient important.
- Eviter d'atteindre une vitesse supérieure à 1 m/s dans les compartiments intérieurs.
- Assurer une distribution équitable à l'intérieur des compartiments.

Si le nombre de cellules par piles est de  $M=n/s$ , on peut alors déterminer le nombre de cellules par pile.

Le nombre d'étages par pile  $m=n/(s*M) = 1$  étage.

Mais on doit vérifier la condition suivante :

$$Q_F/mhb < 1 \text{ m/s}$$

$0.027 / (1 * 0.46 * 1.02) = 0.057 \text{ m/s}$  donc la condition est vérifiée et on peut mettre un étage par pile

### **2-2-10-Quantité de l'eau produite :**

La quantité d'eau produit par l'EDR est calculée par la formule suivant :

$$Y = Q_P / Q_F$$

Où :

Y est le taux de conversion qui peut aller jusqu'à 92%, (cette valeur est une valeur théorique et en pratique le taux est entre 75% à 80% et même moins des fois)

$Q_F$  est le débit à l'entrée =  $87,04 \text{ m}^3/\text{j}$  et,

$Q_P$  est le débit d'eau produite  $Q_P = Y * Q_F$

### **2-2-11-Energie consommée :**

L'énergie consommée pour l'adoucissement de  $1 \text{ m}^3/\text{h}$  de la concentration d'entrée  $C_F$

A celle de la sortie  $C_P$  est donnée en Kw/h

$$E_c = 4.59 * 10^{-4} * ((C_F - C_P) / (n_c * n_r)) I_{opt} * r$$



**Tableau -05- : Résultat de dimensionnement d'électrodialyse**

Paramètre	Relation	Résultat	Unité
$K_{mc}$	$K_{mc}=1,3*K_m$	4258,8	DA/cm <sup>2</sup>
$I_{opt}$	$I_{opt}=0,48[1/Y*K_{mc}/(K_e*r) *nr/nm]^{1/2}$	0,27	A/cm <sup>2</sup>
A	$A=2*Q_F*(C_F-C_p) *F/58045*I_{opt}*n_c$	64911,23	cm <sup>2</sup>
$N_m$	$N_m=A/S$	14	Membranes
N	$N=N_m/2$	7	Cellules
$V_{min}$	$V_{min}=K_e*I_{opt}/(C_p*b)$	246,65	cm/s
S	$s>V_{min}*b*h*n/Q_F$	8	Piles
M	$M=n/s$	2	Cellules
$E_c$	$E_c=4,59*10^{-4}*((C_F-C_p)/(n_c*n_r)) *I_{opt}*r$	73,24	Kw/h
M	$m=n/(s*M)$	1	Étage
$Q_p$	$Q_p=y*Q_{al}$	3,34	m <sup>3</sup> /h
$Q_r$	$Q_r=Q_{al}-Q_p$	0,29	m <sup>3</sup> /h

Pour assurer le débit journalier, nous obtenons la durée de fonctionnement de la station 6 heures.

### **Comparaison entre l'osmose inverse et électrodialyse :**

Nous allons une étude comparative en fonction de dimensionnement dans le résultat dans le tableau ci-dessous :

**Tableau-13- : comparaison entre l'OI et l'ED(dimensionnement)**

<b>Paramètre Technique</b>	<b>L'osmose inverse</b>	<b>L'électrodialyse</b>
La durée de vie de membrane	3 ans	6 ans
Débit de produit en m <sup>3</sup> /h	2.94	3,34
Débit de rejet en m <sup>3</sup> /h	1,52	0,29
La conversion en %	66%	92%
La salinité d'eaux produit en ppm	Inferieur a 500 (la valeur obtenue est de 259ppm)	500
Le prétraitement	Nécessite un prétraitement bien déterminé car les modules d'OI sont très sensibles	Une simple filtration sur sable
La température d'eau d'alimentation en C°	30 – 35	45
Utilisation du produit chimique	La technique d'OI demande des produits chimiques Spéciaux surtout au moment de la reminéralisation et le prétraitement et le nettoyage	L'électrodialyse nécessite des produits chimique Seulement pour le rinçage des électrodes et le nettoyage des membranes
Entretien et exploitation	Difficile	Facile

A partir ce tableau en conclue les suivants :

- La durée de vie de membranes d'électrodialyse (6 ans) est résistance à celle de l'osmose inverse (3 ans).
- Le débit de rejet de l'osmose inverse est élevé par rapport d'électrodialyse. Par conséquence une alimentation plus importante (plus gaspillage d'eau)
- La salinité d'eau traité par l'électrodialyse est la meilleure pour cette eau.

### **3-Calcul économique de deux technique « OI et EDR »**

#### **3-1-L'investissement :**

L'investissement est l'acte par lequel une entreprise dépense de l'argent pour en gagner plus. Au contraire d'une charge qui est la résultante de l'exploitation, l'investissement est un engagement de l'entreprise et de ses actionnaires. Il peut par exemple consister en l'achat de machines plus performantes, ou en l'ouverture de nouveaux points de vente. Une société peut effectuer plusieurs investissements en même temps 4.[34]

#### **3-1-1 prix de la construction de l'unité :**

La construction concerne tous ce qui est bâtie (bâtiment, réservoir, conduites ...) y compris les charges relatives (main d'œuvre transport ...).

**Tableau-06- : prix de la construction (OI) [35]**

Nature des ouvrage	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total
Bâtiment	m <sup>2</sup>	1	800000	800000
Forage	m	200	50000	10000000
Conduite de 63mm	m/l	30	580,87	17426,1
Conduite de 90mm	m/l	100	1018,44	101844
Réservoir de stockage 10m <sup>3</sup>	U	2	180000	360000
Réservoir de stockage 10m <sup>3</sup>	U	3	180000	540000
<b>Total</b>				<b>11459270,1</b>

**Tableau-07- : prix de la construction (ED)**

Nature des ouvrage	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total
Forage	m	200	50000	10000000
Bâtiment	m <sup>2</sup>	1	1000000	1000000
Conduite de 63mm	m/l	30	580,87	17426,1
Conduite de 90mm	m/l	100	1018,44	101844
Réservoir de stockage 10m <sup>3</sup>	U	2	180000	360000
Réservoir de stockage 25m <sup>3</sup>	U	1	450000	450000
<b>Total</b>				<b>12379270,1</b>

**3-1-2 prix de l'équipement principal et auxiliaire :**

Les équipements sont tous qui appareillages et installation, et sont installé à l'intérieur du hangar.

**Tableau -08- : prix de l'équipement principal et auxiliaire (OI)**

Nature de l'ouvrage	Nombre	Prix unitaire	Prix total
Groupe électrogène	1	3200000	3200000
Pompe haute pression	1	900000	900000
Pompe doseur	1	35000	35000
Pompe immergée	1	200000	200000
Pompe centrifuge	1	50000	50000
<b>Total</b>			<b>4385000</b>

**Tableau -09- : prix de l'équipement principal et auxiliaire (ED)**

Nature de l'ouvrage	Nombre	Prix unitaire	Prix total
Groupe électrogène	1	3200000	3200000
Pompe immergée	1	200000	200000
Pompe centrifuge	1	50000	50000
<b>Total</b>			<b>3450000</b>

**3-1-3-Charge annuelle d'exploitation :**

**a) Charges de personnel :**

**Tableau-10- : Charge de personnel**

Fonction	Nombre	Durée (mois)	Salaire	Salaire total
Ingénieur	1	3	65000	195000
Technicien	1	6	45000	270000
Ouvrier	1	12	30000	360000
Agent de sécurité	2	12	25000	600000
<b>Total</b>			<b>1425000</b>	

Pour le tableau le choix du nombre de personnels de la station est en fonction de la taille de la station, de son importance et son régime de marche (6 H).

Les rotations personnelles, les récupérations et les congés sont pris en considération.

Les valeurs données dans le tableau représentent les sommes mensuelles et annuelles brutes

**b) Amortissement et charges de réparation et d'entretien de la station :**

L'amortissement est la constatation comptable et annuelle de la perte de valeur des actifs d'une entreprise subie du fait de l'usure, du temps ou de l'obsolescence. L'amortissement comptable permet d'étaler le coût d'une immobilisation sur sa durée d'utilisation.

On retiendra deux types de calcul de l'amortissement :

Amortissement constant : L'amortissement constant impose un fardeau constant sur la durée utilitaire de l'actif.

Est calculer par la relation suivent :

$$\text{Annuité d'amortissement} = \text{valeur d'achat} / \text{nombre d'année}$$

Amortissement dégressif : La méthode d'amortissement décroissante entraîne une diminution de la charge sur la durée de vie utile de l'actif. L'amortissement est appliqué aux équipements qui contribuent directement à la production au sein de l'institution autres que les bâtiments résidentiels, les ateliers et les magasins utilisés pour l'activité de cette institution.

Est calculer par la relation suivent :

$$\text{Annuité d'amortissement} = \text{valeur d'achat} / \text{taux d'amortissement [35]}$$

Dans cette étude en choisi l'amortissement constante

Les résultats trouvés dans le tableau rentrent dans les charges annuelles

**Tableau-11- : Amortissement et charges de réparation et d'entretien de la station (OI)**

Nature des ouvrages	Capital investissement	Durée de vie	B%	Amortissement	%	Réparation et entretien
Bâtiment	800000	50	0,02	16000	1,5	12000
Forage	10000000	30	0,033	333333,333	1	100000
Pompes	1185000	5	0,2	237000	2,5	29625
Conduites	119270,1	30	0,033	3975,67	1,5	1789,0515
Réservoirs	900000	30	0,033	30000	1	9000
Groupe électrogène	3200000	20	0,05	160000	2	64000
			Total	780309,003	Total	216414,052

**Tableau-12- : Amortissement et charges de réparation et d'entretien de la station (ED)**

Nature des ouvrages	Capital investissement	Durée de vie	B%	Amortissement	%	Réparation et entretien
Bâtiment	1000000	50	0,02	20000	1,5	15000
Forage	10000000	30	0,033	333333,333	1	100000
Pompes	250000	5	0,2	50000	2,5	6250
Conduites	119270,1	30	0,033	3975,67	1,5	1789,0515
Réservoirs	1260000	30	0,033	42000	1	12600
Groupe électrogène	3200000	20	0,05	160000	2	64000
			Total	609309,003	Total	199639,052

**a) Coût de l'énergie électrique :**

Est  $ce = p * 12$

P : la puissance de la station

**Pour l'électrodialyse :**

P = puissance de l'unité + puissance des pompes

$$P = 73,24 + 5,5 + 51,03$$

$$P = 129,77 \text{ kw}$$

$$Ce = p * 12$$

$$Ce = 129,77 * 12 * 24 * 12 * 30$$

$$Ce = 3363638,4 \text{ DA/ans}$$

Application :

**Et pour l'osmose inverse :**

P = la puissance des pompes

$$P = 5,5 + 1,5 + 32,1 + 51,03$$

$$P = 91,13 \text{ kw}$$

$$C_e = p * 12$$

$$C_e = 91.13 * 12 * 24 * 30 * 12$$

$$C_e = 2696718,96 \text{ DA/ans}$$

### 3-2-calcul de prix de revient du m<sup>3</sup> d'eau produite :

#### 3-2-1 calcul de cout de production coût<sub>TP</sub> :

Pour déterminer le cout d1 m<sup>3</sup> d'eau par la formule suivante :

$$\text{Coût}_{ip}(\text{DA/m}^3) = \text{charges annuelles d'exploitation (DA/ans)} / \text{quantité d'eau produite (DA/ans)}$$

Application :

#### Pour l'unité d'osmose inverse

Charge annuelle d'exploitation

$$C = (1425000 + 2696718,96 + 780309,003 + 216414,052) = 5118442,01 \text{ DA/ans}$$

$$\text{Coût}_{ip} = 5118442,01 / (80.08 * 365) = 175,11 \text{ DA /m}^3 \text{ HT}$$

#### Pour l'unité d'électrodialyse :

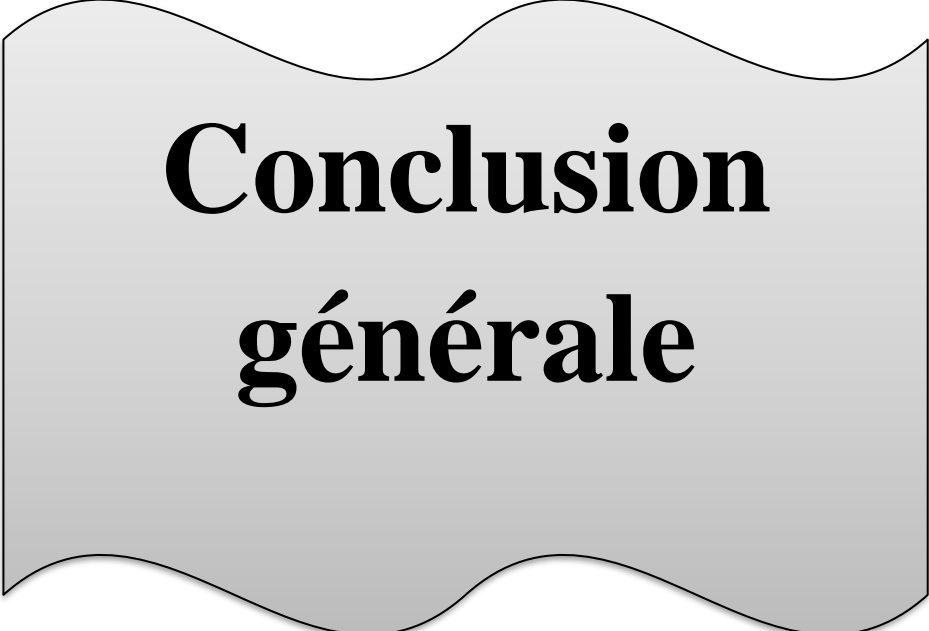
Charge annuelle d'exploitation

$$C = (1425000 + 3363638,4 + 609309,003 + 199639,052) = 5597586,45 \text{ DA/ans}$$

$$\text{Coût}_{ip} = 5597586,45 / (80.08 * 365) = 191,51 \text{ DA/m}^3 \text{ HT}$$

#### Conclusion :

Le prix de revient 1 m<sup>3</sup> pour électrodialyse (195.51 DA/m<sup>3</sup>) est chère par rapport l'osmose inverse (175.11 DA/m<sup>3</sup>) presque l'énergie consommé par l'électrodialyse est élevée.



**Conclusion  
générale**



## Conclusion générale :

A l'issue de cette étude on peut tirer la conclusion suivante :

Le dessalement est une technique très intéressante pour résoudre le problème de manque d'eau est une solution pour approvisionnement en eau potable dans certaines régions qui souffrent une pénurie d'eau douce.

La région de Ouargla est connue par la salinité de ses eaux qui dépasse les normes de potabilité, aussi convient-il d'en améliorer la qualité par des méthodes de dessalement des eaux par électrodialyse et l'osmose inverse.

Dans de ce contexte nous avons visité quelques stations de dessalement des eaux dans la région de Ouargla et nous avons suivi de chaîne traitements pour les stations d'osmose inverse et la station d'électrodialyse. La comparaison entre les deux techniques utilisées dans notre zone d'étude nous a permis de retirer les points suivants :

- La durée de vie de membranes d'électrodialyse (>6 ans) est supérieure à celle de l'osmose inverse (3 ans).
- Le débit de rejet de l'osmose inverse est élevé par rapport à l'électrodialyse. Par conséquent une alimentation plus importante (plus gaspillage d'eau)
- Le m<sup>3</sup>d'eau produite par l'électrodialyse est cher par rapport à celui produit par l'osmose inverse.
- La consommation d'énergie, cela a rendu l'eau plus chère.
- Actuellement le prix de vente d'eau potable par les services de l'ADE (d'algérienne des eaux) est nettement inférieur au prix de revient de la production par osmose inverse ou l'électrodialyse le prix calculé [175.11-195.51 DA/m<sup>3</sup>]

Globalement on peut dire que l'osmose inverse est une technique qui donne une bonne qualité de l'eau et le prix de revient acceptable ; mais cette technique a les inconvénients suivants la qualité d'eau de sortie est trop déminéralisée parce que l'eau brute n'est pas trop salée, ainsi l'eau traitée nécessite une reminéralisation.

L'électrodialyse est une technique qui nous produit une eau qui présente des caractéristiques dans les normes requises mais elle demande beaucoup d'énergie.

Par rapport la qualité de l'eau produite la technique d'électrodialyse est la meilleure.

Nos perspectives sont :

- Etudier la reminéralisation dans le cas de l'osmose inverse.
- Faire étudier des autres techniques de dessalement.
- Faire la même étude pour les grandes installations.
- Faire la même étude pour des eaux très salées (les eaux de mer).



**Références  
bibliographiques**

## Références bibliographiques

- [01] GUERD. H. MESGHOUNI A. Performances de la station de dessalement des eaux dans la région d'el-oued. 2007. mémd'études supérieures en biologie : biochimie : université Ouargla
- [02] Rodier. J. L'analyse de l'eau. 9e édition. Paris. 2009
- [03] ISSAADI .M. et KHEBAT. A. Contrôle du procédé combiné osmose inverse-électrodéionisation CEDI par analyses physicochimiques des eaux de process de CEVITAL. 2015. Mém master : génie de l'environnement, génie des procédés : université Bejaia.
- [04] Desjardins. R. Le traitement des eaux. 2e édition. Montréal, 1997. pp 3-7
- [05]. Maurel. A. Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres, 2e édition, Paris. 2006.
- [06] Tharreau. V. Techniques du traitement de l'eau dans les bâtiments. 3e édition .paris. 2009.
- [07] Roval. J. Memento technique de l'eau Tome 1, 10e édition, France. 1995.
- [08] marcel. D. Chimie des oxydants et traitement des eaux., 1993.
- [09] fondation nationale de la santé. Manuel pratique d'analyse de l'eau. 4e édition. Brasilia. 2013. pp 57-59
- [10] Ravomanana. F. Chimie générale. 2e édition. Paris. 2007.
- [11] Rodier. L'analyse de l'eau. 9e édition. Paris. 2009
- [12] Journal officiel de la république algérienne, (2011).
- [13] Ouhssain. M et Arrili. E. Financement des projets de dessalement des eaux. Séminaire International sur : le dessalement eaux : une opportunité pour les régions en pénurie d'eau ?, 8-10 mai 2009 : Tenger : AIGR. 2009. pp 113-118
- [14] Akili D. Khawaji and all. Advances in seawater desalination technologies. European desalination society and center for research and technology Hellas (CERTH), Sani resort

2008, vol.221. issues 1-3, pp 47–69.

[15] HABET. Contribution à l'étude des impacts du dessalement des eaux de mer sur l'environnement : cas du littoral de Boumerdes. 2010. Thèse de magister : traitement des effluents industriels : génie d'environnement : Université Boumerdes

[16] Jariri. S. expérience de l'onep en matière de dessalement. Séminaire International sur : le dessalement eaux : une opportunité pour les régions en pénurie d'eau ?, 8-10 mai 2009 :Tenger : AIGR. 2009. pp 97 -102

[17] BERLAND.J. JUERY.C. Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau. Ministère de l'agriculture de l'alimentation et de la pêche et des affaires rurales et Direction de l'Espace Rural et de la Forêt. Document. 2002. technique FNDAE N°4. pp 16-18

[18] MARION.A. nanofiltration osmose inverse. 2016. INP ENSIACET et INP ENSAT.

[19] Le Guen et all. Dessalement et recharge artificielle : synthèse technico-économique .2003 BPCM-52262-FR. rapport final

[20] J. Luis, P. Talavera. Aspects techniques, financiers et économique des divers procédés de dessalement des eaux. Séminaire International sur : le dessalement eaux : une opportunité pour les régions en pénurie d'eau ?, 8-10 mai 2009 :Tenger : AIGR. 2009, pp 37-60

[21] GHALLOUSSI.R. Contribution à l'étude du vieillissement de membranes échangeuses d'ions utilisées dans un procédé d'électrodialyse pour l'industrie agroalimentaire. 2012. thèse de doctorat : Chimie et Sciences des Matériaux, Chimie – physique : université Paris-Est et Carthage de Tunis.

[22] Samaké.O. Analyse thermo-économique d'un système de de dessalement par thermocompression vapeur et conception et conception de l'éjecteur. 2016. Thèse de doctorat : université Canada

[23] hydranet. Traitement des eaux [en ligne]. [Consulté le 20.06.2019]. Disponible à l'adresse : <http://www.hydranet.net>

[24] Benaïssa, A. Optimisation des conditions opératoires de l'extraction de La (III), Cd (II) et Pb (II) par les résines Lewatit TP 207, 214 et 260. 2017. thèse de doctorat : chimie analytique et environnement : Université Tlemcen.

[25] DAHOU, A. BREK, A. Lagunage à ère zone aride performance épuratoires cas de (région d'Ouargla). 2013. Mém master : génie de l'environnement, génies procédés : université Ouargla.

[26] agence nationale des ressources hydrauliques

[27] ATTAB. Amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration HAUD BARKAOUI par l'utilisation d'un filtre à sable local. 2011 Mém magister : Microbiologie Appliquée, Biologie : université Ouargla.

[28] catalogues IONICS.

[29] catalogues d'appareil UV

[30] PAUL, M.. Usage domestique de l'eau. Conseil économique, social et environnemental. 2009. paris

[31] Audinos, R. Membrane semi-perméable – membrane d'osmose inverse, 2000 techniques de l'ingénieur, référence K362.

[32] OUIS, A. Dimensionnement d'une station de déminéralisation des eaux souterraines de la ville de Souk Naàmane par différentes méthodes « OI et ED ». 2013. mém master : hydraulique urbaine, hydraulique urbaine : université Oum el bouaghi

[33] [http://fr.wikipedia.org/wiki/Filtration\\_sur\\_membrane#Les\\_diff.C3.A9rents\\_types\\_membrane](http://fr.wikipedia.org/wiki/Filtration_sur_membrane#Les_diff.C3.A9rents_types_membrane)

[34] PASCAL, Q. YANN. Pierre verimmen finance d'entreprise. 10<sup>ème</sup> édition. 2017. paris

[35] générateur de prix de la construction. Algérie. cypeingerieros, S.A [en ligne]. [consulté le 15.06.2019]. disponible à l'adresse : [http://www.algerie.prixconstruction.info/espaces\\_urbains/Reseaux\\_divers/Distribution\\_d'eau/Eau\\_potable/Tube\\_en\\_PVC\\_0\\_0\\_0\\_0\\_0\\_0\\_0\\_0\\_0\\_2\\_1\\_0.html](http://www.algerie.prixconstruction.info/espaces_urbains/Reseaux_divers/Distribution_d'eau/Eau_potable/Tube_en_PVC_0_0_0_0_0_0_0_0_0_2_1_0.html)

[36] Directive de qualité pour l'eau de boisson.2017. Organisation mondiale de la santé. Quatrième édition.

[37] DAHMANI .T étude computationnelle de la déminéralisation des eaux par osmose inverse.2017.mém master :chimie physique et analytique :chimie

[38] MARION.A. nanofiltration, osmose inverse.2016.INP ENSIACET, INP ENSAT.

[39] MANDRI.Y. Étude paramétrique du procédé de dessalement de l'eau de mer par congélation sur paroi froide. 2011.thèse de doctorat : Génie des procédés. France



# **Annexes**



**Annexe 01 : les équipements e station de HAUD BERKAOUI (électrodialyse)**



**Figure-01- : réservoir eau brute.**



**Figure-02- : filtre à sable**



**Figure-03- : filtre à cartouche**



**Figure-04- : La pile de membrane**



**Figure-08- : réservoir de d'eau traité**



**Figure-07- : ECIP et CIP**

**Annexe 02 : les équipements de station HAUD BERKAOUI (osmose inverse)****Figure-09- : unité de l'osmose inverse****Figure-10- : Les filtres à sable et charbon****Figure-11- : Filtres cintropur****Figure-12- : filtres à cartouches**



Figure -13- : Les membranes

Annexe 03 : les équipements de station BEN AMOR



**Figure -14- : Forage d'eau**



**Figure-15- : Filtre à cartouche**



**Figure -16- : Filtre à sédiment**

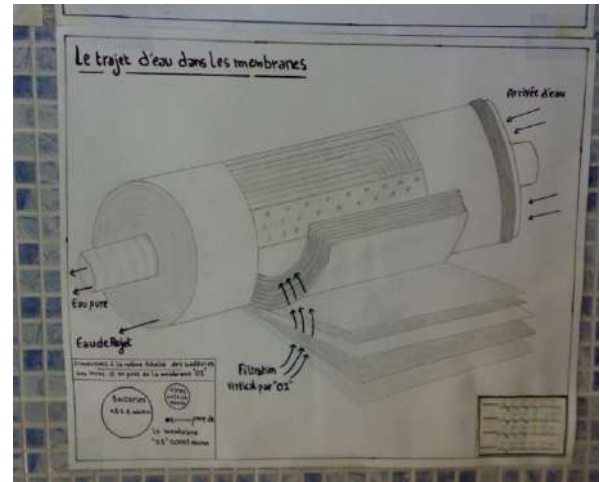


Figure-17- : Les membranes à 0,0001 micron



Figure -18 - : Pompe à haute pression

Figure -19- :la méthode de Javellisation



Figure -20- :désinfection UV

**Annexe 04 :les équipement de station MAA-SAFI**



Figure-21- :Filtre à sédiment



figure -22-: Filtre à cartouche



**Figure-23- : Les membranes à 0,0001 micron**



Tableau- 01- : Les caractéristiques de l'eau brute de HAOUD BERKAOUI

<b>Analyse physico-chimiques</b>		
<b>Éléments</b>	<b>Échantillon</b>	
	<b>Entrée de la station</b>	
	<b>Concentration</b>	
	<b>mg/l</b>	<b>még/l</b>
<b>Calcium (Ca<sup>2+</sup>)</b>	<b>382.68</b>	<b>19.10</b>
<b>Magnésium (Mg<sup>2+</sup>)</b>	<b>132.20</b>	<b>10.87</b>
<b>Fer total (Fe)</b>	<b>0.22</b>	<b>0.01</b>
<b>Sodium (Na<sup>+</sup>)</b>	<b>480</b>	<b>20.87</b>
<b>Potassium(k<sup>+</sup>)</b>	<b>39.10</b>	<b>1.00</b>
<b>Chlorure (Cl<sup>-</sup>)</b>	<b>789.98</b>	<b>22.28</b>
<b>Sulfate (SO<sub>4</sub><sup>-</sup>)</b>	<b>1040</b>	<b>21.67</b>
<b>Hydroxydes (OH<sup>-</sup>)</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>Carbonate (CO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>Bicarbonate (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</b>	<b>143.59</b>	<b>2.35</b>
<b>pH</b>	<b>7.98</b>	
<b>Conductivité en µs/cm</b>	<b>3650.00</b>	
<b>Turbidité en NTU</b>	<b>2.99</b>	
<b>TDS en mg/l</b>	<b>3008</b>	
<b>Dureté totale en ppm de CaCO<sub>3</sub></b>	<b>1798.40</b>	
<b>Dureté totale en degrés français</b>	<b>149.84</b>	
<b>Titre alcalimétrique complet (TAC) en ppm CaCO<sub>3</sub></b>	<b>117.70</b>	
<b>Titre alcalimétrique complet (TAC) en degrés français</b>	<b>11.77</b>	
<b>Salinité</b>	<b>2.5</b>	

Tableau -02 -: Les caractéristiques de l'eau traité (EDR) de HAOUD BERKAOUI

<b>Analyses physico-chimiques de l'eau brute</b>		
<b>Éléments</b>	<b>Échantillon</b>	
	<b>Sortie de la station IONICS</b>	
	<b>Concentration</b>	
	<b>mg/l</b>	<b>még/l</b>
<b>Calcium (Ca<sup>2+</sup>)</b>	<b>70.94</b>	<b>3.54</b>
<b>Magnésium (Mg<sup>2+</sup>)</b>	<b>21.26</b>	<b>1.75</b>
<b>Fer total (Fe)</b>	<b>0.09</b>	<b>0.00</b>
<b>Sodium (Na<sup>+</sup>)</b>	<b>170.00</b>	<b>7.39</b>
<b>Potassium(k<sup>+</sup>)</b>	<b>10.50</b>	<b>0.27</b>
<b>Chlorure (Cl<sup>-</sup>)</b>	<b>215.44</b>	<b>6.08</b>
<b>Sulfate (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)</b>	<b>220.00</b>	<b>4.58</b>
<b>Hydroxydes (OH<sup>-</sup>)</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>Carbonate (CO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>Bicarbonate (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</b>	<b>74.05</b>	<b>1.21</b>
<b>pH</b>	<b>7.99</b>	
<b>Conductivité en µs/cm</b>	<b>1092.00</b>	
<b>Turbidité en NTU</b>	<b>0.96</b>	
<b>TDS en mg/l</b>	<b>782.19</b>	
<b>Dureté totale en ppm de CaCO<sub>3</sub></b>	<b>264.40</b>	
<b>Dureté totale en degrés français</b>	<b>26.44</b>	
<b>Titre alcalimétrique complet (TAC) en ppm CaCO<sub>3</sub></b>	<b>60.70</b>	
<b>Titre alcalimétrique complet (TAC) en degrés français</b>	<b>6.07</b>	
<b>Salinité</b>	<b>0.60</b>	

Tableau -03 - : Les caractéristiques de l'eau traité (OI) de HAUD BERKAOUI

<b>Analyses physico-chimiques de l'eau brute</b>		
<b>Éléments</b>	<b>Échantillon</b>	
	<b>Sortie de la station (osmose inverse)</b>	
	<b>Concentration</b>	
	<b>mg/l</b>	<b>még/l</b>
<b>Calcium (Ca<sup>2+</sup>)</b>	<b>32.59</b>	<b>1.63</b>
<b>Magnésium (Mg<sup>2+</sup>)</b>	<b>10.17</b>	<b>0.84</b>
<b>Fer total (Fe)</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>Sodium (Na<sup>+</sup>)</b>	<b>82.93</b>	<b>2.34</b>
<b>Potassium(k<sup>+</sup>)</b>	<b>52.80</b>	<b>2.30</b>
<b>Chlorure (Cl<sup>-</sup>)</b>	<b>5.80</b>	<b>0.15</b>
<b>Sulfate (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)</b>	<b>89.00</b>	<b>1.85</b>
<b>Hydroxydes (OH<sup>-</sup>)</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>Carbonate (CO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>Bicarbonate (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</b>	<b>15.13</b>	<b>0.25</b>
<b>pH</b>	<b>6.71</b>	
<b>Conductivité en µs/cm</b>	<b>521.00</b>	
<b>Turbidité en NTU</b>	<b>0.34</b>	
<b>TDS en mg/l</b>	<b>288.42</b>	
<b>Dureté totale en ppm de CaCO<sub>3</sub></b>	<b>123.10</b>	
<b>Dureté totale en degrés français</b>	<b>12.31</b>	
<b>Titre alcalimétrique complet (TAC) en ppm CaCO<sub>3</sub></b>	<b>12.40</b>	
<b>Titre alcalimétrique complet (TAC) en degrés français</b>	<b>1.24</b>	
<b>Salinité</b>	<b>0.20</b>	

Tableau -04- : Les caractéristiques des électrodes

<b>Puissance d'introduction nécessaire</b>	<b>380 v, triphasé, 50 Hz</b>
<b>Charge total électrique MAXI</b>	<b>64 KVA</b>
<b>Charge de redresseur</b>	<b>45KVA</b>
<b>Pompe d'alimentation (P1)</b>	<b>15 HP</b>
<b>Pompe de saumure (P2)</b>	<b>7.5 HP</b>
<b>Ventilateur de dégazage</b>	<b>0.5 HP</b>

Tableau -05- : Configuration de la pile

<b>Mise en Marche</b>	<b>1994</b>
<b>Puissance d'introduction nécessaire</b>	<b>380V, triphasé, 50HZ</b>
<b>Charge totale électrique</b>	<b>64 KVA</b>
<b>Charge de redresseur</b>	<b>45 KVA</b>
<b>Pompes d'alimentation</b>	<b>15 hp</b>
<b>Pompe de saumure</b>	<b>7.5hp</b>
<b>Ventilateur de dégazage</b>	<b>0.5 hp</b>
<b>Nombre de pile</b>	<b>2</b>
<b>Type de pile</b>	<b>MK III-3</b>
<b>Nombre des voies</b>	<b>2</b>
<b>Nombre de paires de cellules par pile</b>	<b>500 paires</b>
<b>Nombre et type de membrane anionique par pile</b>	<b>500 AR204SRA</b>
<b>Nombre et type de membrane cationique par pile</b>	<b>498 CR67KMR</b>
<b>Nombre et type de séparateur par pile</b>	<b>1000 MK III-3</b>
<b>Nombre et type d'électrode par pile</b>	<b>4 MKIII</b>
<b>Nombre et type de séparateur d'électrode par pile</b>	<b>4 MKIII-3</b>
<b>Nombre et type de membrane cationique lourde par pile</b>	<b>5 CR61AZL389</b>
<b>Etages électriques</b>	<b>2</b>
<b>Etages hydraulique</b>	<b>3</b>
<b>Configuration de paires de cellule</b>	<b>//180 /140//180//</b>

**Tableau -06- : Facture de correction du flux de rétention de la membrane en fonction de la pression, de la température et du temps**

Pression (Psig)	Température(°c)	Capacité initiale	Rétention	
			1 <sup>er</sup> année	2 <sup>ème</sup> année
400	5	0.55	0.914	0.900
	10	0.64	0.907	0.890
	15	0.74	0.891	0.872
	20	0.86	0.868	0.845
	25	1.00	0.828	0.800
	30	1.16	0.767	0.730
	35	1.34	0.675	0.629
300	5	0.40	0.936	0.925
	10	0.46	0.929	0.917
	15	0.54	0.919	0.905
	20	0.62	0.901	0.883
	25	0.72	0.868	0.845
	30	0.83	0.817	0.787
	35	0.97	0.736	0.695
200	5	0.24	0.956	0.952
	10	0.28	0.953	0.947
	15	0.32	0.946	0.937
	20	0.37	0.934	0.923
	25	0.43	0.910	0.894
	30	0.50	0.871	0.848
	35	0.58	0.807	0.776

## Annexe -06- : courbe donnant Dfr en fonction de débit

